



691.92
BIBLIOTECA
VAL



FACULTAD DE ING.
EN CIENCIAS DE LA TIERRA

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

FACULTAD DE INGENIERIA EN

CIENCIAS DE LA TIERRA

*REVESTIMIENTO DE CANALES ABIERTOS
DE CONDUCCION DE AGUA, CON POLIETILENO
DE ALTA DENSIDAD. APLICACIÓN:
TRASVASE DAULE - SANTA ELENA.*

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de

INGENIERO CIVIL

Presentada por :

LUIS RAFAEL VALDEZ GUZMAN

**Guayaquil - Ecuador
1998**



BIBLIOTECA FIC
ESPOL

ESCUELA SUPERIOR
POLITECNICA DEL LITORAL.

FACULTAD DE INGENIERIA EN
CIENCIAS DE LA TIERRA

REVESTIMIENTO DE CANALES ABIERTOS
DE CONDUCCION DE AGUA, CON POLIETILENO
DE ALTA DENSIDAD. APLICACIÓN:
TRASVASE DAULE - SANTA ELENA.

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de

INGENIERO CIVIL

Presentada por :

LUIS RAFAEL VALDEZ GUZMAN

Guayaquil - Ecuador
1998



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

DEDICATORIA

A mi Padre y a mi Madre

y la colaboración

Al Ing. Dgva. [illegible]
director de esta [illegible]
brindado para la [illegible]

AGRADECIMIENTO

A mis Padres quienes me han apoyado en todo momento desde el inicio de mi carrera.

A la Constructora Norberto Odebrecht, a sus directivos y personal por el apoyo y la colaboración para el desarrollo de mi Tesis.

Al Ing. David Matamoros Camposano director de esta Tesis, por su ayuda y tiempo brindado para la culminación de la Tesis.



BIBLIOTECA FIC
ESPOL

DECLARATORIA EXPRESA.

La responsabilidad del contenido de esta Tesis de grado, me
Corresponde exclusivamente y el patrimonio intelectual de la
misma a la

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL.



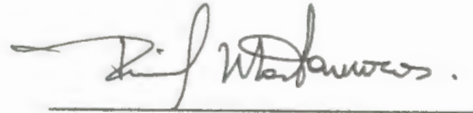
BIBLIOTECA FIG.
ESPOL

LUIS RAFAEL VALDEZ GUZMAN

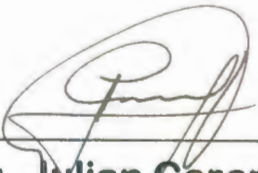
MIEMBROS DEL TRIBUNAL



Ing. Enrique Luna
Presidente del Tribunal



Ing. David Matamoros
Director de la Tesis



Ing. Julian Coronel
Vocal

Ing. Angel Montoya
Vocal

BIBLIOTECA



FACULTAD DE ING.
EN CIENCIAS DE LA TIERRA

INDICE DE TABLAS

	Pag.	
Tabla # 1	Características de las compuertas Avio y Avis.	27
Tabla # 2	Características del Sifón Guayacanes	29
Tabla # 3	Valores de propiedades de los suelos de la traza del canal	41
Tabla # 4	Tipos de Prueba para el HDPE	109
Tabla # 5	Pruebas de corte en juntas de HDPE	110
Tabla # 6	Pruebas de desprendimientos es juntas de HDPE	110
Tabla # 7	Descripción de costos unitarios por metro cuadrado para el revestimiento de Polietileno.	212
Tabla # 8	Descripción de costos unitarios por metro cubico para fabricación de hormigón H-200	213
Tabla # 9	Comparativo respecto a la solución de revestimiento del canal de hormigón H-200 Kg. / cm ³	214
Tabla # 10	Valores de Permeabilidad de diferentes materiales de revestimientos	221
Tabla #11	Valores de velocidad de flujo y coeficiente de Mannig para distintos revestimiento	223
Tabla # 12	Parámetros para soldadura con suelda automática	258

INDICE DE FOTOS

Foto # 1 Bobcat excavando zanja de anclaje, lado camino de servicio	31
Foto # 2 Retroexcavadora retaludando el canal.	40
Foto # 3 Instalación del Geo-Grid.	65
Foto # 4 Geomembrana soldada por polilock a un pate de hormigón.	66
Foto # 5 Combinación de PVC, Bentonita y HDPE en una membrana.	67
Foto # 6 Muestra de Geocompuesto que sirve como barrera de l líquidos y vapores.	69
Foto # 7 Máquina para el ensayo del índice de fluidez.	152
Foto # 8 Péndulo de prueba de resistencia al impacto.	157
Foto # 9 Aguja que debe penetrar un milímetro para comprobar punto de ablandamiento	163
Foto # 10 Máquina para deflectar por temperatura muestra de HDPE	167
Foto # 11 Durómetro Shore ensayando una muestra de HDPE	168
Foto # 12 Instalación de una capa delgada de revestimiento de tierra en un canal.	175
Foto # 13 Máquina concretera revestidora de canales completamente mecanizada.	183
Foto # 14 Revestimiento de un canal pequeño con hormigón proyectado.	186
Foto # 15 Compactación de suelo cemento en un talud lateral.	188
Foto # 16 Instalación de Elementos prefabricados de concreto asfáltico.	190
Foto # 17 Construcción de un revestimiento con membrana asfáltica cubierta.	197
Foto # 18 y Foto 19 Camión grúa descargando los rollos de HDPE.	240
Foto # 20 Retroexcavadora abriendo el cajero del canal.	245
Foto # 21 Trabajadores colocando el Polilock sobre hormigón fresco del paté.	251
Foto # 22 Máquina de suelda automática soldando láminas de HDPE	255
Foto # 23 Suelda manual con aire caliente.	263
Foto # 24 Suelda por extrusión.	265
Foto # 25 y Foto # 26 Pruebas de presurización	269
Foto # 27 Compactación de la zanja de anclaje.	274
Foto # 28 Construcción de cunetas lado de banqueta.	294
Foto # 29 Excavación de zanja de anclaje en ambos lados para el HDPE.	294



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

INDICE GENERAL

RESUMEN
INDICE GENERAL
INDICE DE TABLAS
INDICE DE FOTOS

CAPITULO 1

1. INTRODUCCION:	1
1.1. Antecedentes	1
1.2. Objetivos	4
1.3. Características de la obra	5
1.3.1. Primera etapa	5
1.3.2. Segunda etapa	13
1.3.3. Características de los suelos de la Península de Santa Elena	31
1.4. Teoría sobre canales abiertos	43
1.5. Clases de Revestimientos	53

CAPITULO 2

2. POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD	57
2.1. Generalidades	57
2.1.1. Descripción básica de los Geosintéticos	59
2.1.2. Materiales Poliméricos	70
2.1.3. Membrana de Geosintético de HDPE	78
2.2. Propiedades de las láminas de HDPE	85
2.2.1. Propiedades Físicas	86
2.2.2. Propiedades Mecánicas	97
2.2.3. Propiedades de Durabilidad y resistencia al paso del tiempo	116

2.2.4. Propiedades Químicas	129
2.3 Características y Ventajas	133
2.4. Utilización	135
2.5. Formas de empleo	143
2.6. Análisis de laboratorio	150

CAPITULO 3

3. ANALISIS DE ALTERNATIVAS PARA LA ELECCION DEL TIPO DE REVESTIMIENTO.	171
3.1. Consideraciones Generales	171
3.2. Selección del tipo de revestimiento	172
3.3. Alternativas de revestimientos estudiados	174
3.3.1. Canal de tierra	175
3.3.2. Revestimientos expuestos	181
3.3.3. Revestimientos con membranas cubiertas o enterradas	296
3.3.4. Revestimientos de canales de canales con sellantes para el suelo	202
3.4. Características de la Instalación de Geomembrana de Polietileno de alta densidad	206
3.5. Comparativo de costos	208
3.6. Selección de alternativa optima	214



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

CAPITULO 4

4. METODOLOGIA DE INSTALACION DEL REVESTIMIENTO DE HDPE EN EL CANAL CHONGON - SUBE Y BAJA , Y EL CANAL AZUCAR - RIO VERDE.	
4.1. Consideraciones Generales	227
4.2. Disposición de la lámina	239
4.3. Procedimiento de instalación	243
4.4. Criterio para el corte de la geomembrana	248
4.5. Soldadura de láminas de polietileno de alta densidad	252

- 4.5.1. Suelda automática
- 4.5.2. Suelda manual con aire caliente
- 4.5.3. Suelda por deposición de material (Extrusión)
- 4.6. Propiedades de suelda y procedimientos de prueba de campo
- 4.7. Reparación de trabajos defectuosos
- 4.8. Anclaje de la lámina

CAPITULO 5

- 5. ANALISIS DEL ESPESOR DEL HDPE POR MEDIO DEL PROGRAMA SAP 90

CAPITULO 6

- 6. RENDIMIENTOS Y PROBLEMAS PRINCIPALES PRESENTADOS DURANTE LA INSTALACIÓN DE LA GEOMEMBRANA

CAPITULO 7

- 7. CONCLUSIONES

APENDICES

BIBLIOGRAFIA

RESUMEN



Los suelos son porosos y pueden erosionarse. Los revestimientos de hormigón pueden fisurarse para conducir largos volúmenes de agua eficientemente en distancias muy largas se requiere seguridad y recubrimientos impermeables.

Instalar una geomembrana es una manera más efectiva de asegurar la contención de agua durante largos periodos. Las geomembranas han sido utilizadas como recubrimiento de canales desde 1953 , pero es recién en 1996 cuando se decide utilizar el HDPE (Polietileno de alta densidad) en las obras del Trasvase Daule – Santa Elena.

Por lo tanto está Tesis tratará sobre una alternativa innovadora en nuestro país.

En el Segundo Capítulo hablaremos sobre el material que reviste el canal, el HDPE con sus propiedades Físicas, Químicas, en su utilización y las formas de empleo.

En el Tercer Capitulo encontramos un análisis de alternativas para la selección del tipo de revestimiento donde se hace una revisión de las características de la instalación del HDPE, se realiza un análisis comparativo

de costos y se selecciona la alternativa óptima entre varios tipos de revestimientos.

En el Cuarto Capítulo se realiza una revisión sobre la metodología de instalación de revestimiento de Polietileno.

Se realiza también un análisis del espesor del HDPE por medio del programa SAP 90 y se obtienen rendimientos y se describen los principales problemas suscitados durante la instalación de la geomembrana.

Hay que mencionar que el HDPE es muy utilizado en la Industria minera, en la petrolera, en la construcción y tiene otras muchas aplicaciones

CAPITULO 1



INTRODUCCION

BIBLIOTECA FICT
ESPOL

1.1 ANTECEDENTES

Ubicado en una superficie de 6.050 Km La península de Santa Elena comprende gran parte de la Provincia del Guayas, que abarca los cantones de Salinas, Santa Elena, además de cinco parroquias rurales del cantón Guayaquil. En cuanto al clima la Península de Santa Elena tiene clima tropical y no presenta variaciones significativas de temperatura, debido a que es una zona relativamente plana.

Una de las limitaciones más importantes que presenta la Península de Santa Elena para su desarrollo es la falta de recursos de agua dulce. La proximidad a la Cuenca del río Guayas, una de las más importantes vertientes al Océano Pacífico en continente americano, con su gran potencial de utilización de recursos hídricos, favorece a considerar su aprovechamiento.

La Cuenca del río Guayas representa un 13% del territorio ecuatoriano y está constituida por el sistema fluvial que integran los ríos Daule Vences y Babahoyo con sus respectivos afluentes, los cuales confluyen al norte de Guayaquil formando un único río, el Guayas, que descarga anualmente en el Océano Pacífico una media de 35.000 millones de metros cúbicos, luego de drenar una vasta zona geográfica de aproximadamente 34.000 Km².

El río Daule que es el más próximo de la Península de Santa Elena, drena aproximadamente la tercera parte del área total de la cuenca, y su aportación media es del orden de 11.500 Hm³ / año.

Los ríos que conforman la cuenca del Guayas en general, y el Daule en particular, son de régimen variado, lo que dificulta para su adecuado aprovechamiento; por lo que es preciso construir obras hidráulicas con el objetivo de regularizar su caudal.

Para lograr un máximo aprovechamiento y regularización del caudal del río Daule, se construye la presa Daule - Peripa, que con su embalse de 6.000 Hm³ de capacidad constituye en una de las más importantes obras del país.

El trasvase Daule - Santa Elena es un conjunto de obras hidráulicas que tiene como objetivo suministrar agua para múltiples propósitos:

- Abastecimiento poblacional urbano
- Abastecimiento industrial
- Abastecimiento para riego

este último es su principal finalidad.

Las obras, al estar construidas, permitirán el riego de cerca de 42 mil has. Distribuidas por toda la Península de Santa Elena, desde Chongón hasta Playas, y desde la zona del azúcar y Zapotal hasta Javita.

Las obras han sido ejecutadas en dos etapas.

- Primera etapa: Tramo II y Tramo I
- Segunda etapa: Fase Inicial y Fase Final



BIBLIOTECA FICT
Ecuador
Ecuador
Ecuador

1.2 OBJETIVOS

Los de este trabajo son:

Informar y dar a conocer una alternativa innovadora en nuestro país como el revestimiento de canales de conducción de agua a cielo abierto con Polietileno de alta densidad.

Comparar y describir diferentes alternativas de revestimiento convencionales y no convencionales, señalando ventajas y desventajas en su caso.

Establecer las razones por los cuales se escoge el Polietileno como la mejor opción, tanto por la parte técnica como por la económica.

Plantear y explicar la metodología de revestimiento del canal con la membrana de Polietileno y señalar los problemas observados en el campo.

1.3 CARACTERISTICA DE LA OBRA

1.3.1 PRIMERA ETAPA

TRAMO II: EL PROYECTO PILOTO

Durante 1988 y 1992 fueron hechas, por la constructora Norberto Odebrecht S.A., las primeras estructuras hidráulicas del trasvase Santa Elena; presa Chongón, canal de riego Chongón - Cerecita y la infraestructura de riego de las zonas de Chongón, Daule y Cerecita; en total 4.373 has.

El principal objetivo de iniciar las obras del Trasvase con la construcción del Tramo II, fue probar una parte de las zonas de riego (aproximadamente un 10 % de las áreas a ser irrigadas por todo el proyecto), y demostrar las potencialidades agrícolas del sector. Los sistemas de riego instalados en las zonas de Chongón, Daule y Cerecita están compuestos por estaciones de bombeo, tuberías y accesorios subterráneos de distribución y red móvil de riego.

Fueron construidas cinco estaciones de bombeo: cuatro en el canal Chongón - Cerecita (Daular I y II, Cerecita I y II), y una abastecida por el embalse Chongón. Estas estaciones operan de acuerdo con la necesidad de reposición de consumo de agua en las tuberías de distribución; son interconectadas por un sistema de radio y controladas por computadora, logrando así una operación totalmente automatizada.

El desarrollo de esta región tiene un ritmo acelerado a fines de 1995, el área irrigada contemplaba cerca de 3.500 has., conformadas por un grupo superior a un centenar de agricultores. Respecto a los cultivos desarrollados, hay un predominio por los frutales para la exportación como lo son: el mango, los cítricos, el melón y otros.

TRAMO I

A finales de 1995, se concluyeron las obras del Tramo I y que garantizan el abastecimiento de la presa de Chongón y extiende las áreas beneficiadas por el riego hasta Playas. Con estas obras se irrigarán más de 15.000 has. De tierras nunca antes cultivadas.

Las obras que componen el Tramo II y el Tramo I de la Primera etapa son las siguientes:

ESTACION DE BOMBEO DAULE

- Canal de alimentación: descorre desde el pie del río Daule en una extensión de aproximadamente 200 mts hasta la estructura de transición junto a la toma, de sección trapezoidal y excavado el suelo a cielo abierto con protección de enroscado sobre los taludes.
- Toma de agua: ubicada en el extremo del canal de alimentación en sentido opuesto al río, compuesta de cuatro módulos integrados en una estructura común de hormigón armado en cuyas caras internas se alojan las rejas de protección que cubren las cuatro entradas a la central de bombeo.
- Central de Bombeo: compuesta de un edificio principal formado por una nave de 51 metros de largo y 14,5 mts. de ancho, donde se alojan cuatro grupos de motor - bomba de eje vertical y de 11.200Kw de potencia unitaria de los cuales los grupos uno

y dos serán instalados en esta fase. Adosado al edificio principal y ubicado del lado de la tubería de impulsión se encuentra un edificio auxiliar, destinado a la sala de mando y servicios varios.

- Tubería de impulsión: de 1.244 mts. de longitud formado de dos tuberías de 2,70 mts. de diámetro interior, originadas en la central y que efectúan la conducción a partir de la cota + 67,50 donde se une a la obra de enlace. El actual contrato contemplaba la instalación de una sola tubería, la segunda tubería se instalará en una segunda fase, salvo el tramo hormigonado bajo carretera donde se instalará las dos líneas.
- Obra de enlace de las tuberías con el canal Daule - Túnel, compuesta de una estructura de hormigón de 30,50 mts. de longitud, con ataguías para las tuberías y una transición de paso a la sección de canal.
- Acueducto sobre las tuberías de EPAG-G, estructura que se constituye en el arranque del canal Daule - Túnel de Cerro Azul, esta formado por un vano de hormigón armado de 26 mts. de longitud, apoyado en estribos y muros.



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

- Subestación : de 138 Kv. , a la intemperie y ubicada a 15 mts. de la central de ella parten tres canales para los cables de alimentación eléctrica de los grupos motor - bombas.
- Línea de Transmisión de 138 Kv., desde la Subestación Pascuales con una longitud de 9 Km.

CANAL DAULE - TUNEL DE CERRO AZUL

Canal de sección trapezoidal con capacidad para transportar $44\text{m}^3/\text{seg.}$ revestido de hormigón de 12cm de espesor. El canal comprende 23.484,38 mts de longitud con una pendiente de 4×10^{-4} (0.4 %). Acompañando al canal por un lado se desarrolla el camino de servicio de 5,00 mts de ancho y al lado opuesto una berma al nivel de plataforma.

- Tramo de enlace con el canal correspondiente a dos tramos de canal entre la obra de enlace y entrada al acueducto EPAG-G con 185 mts y tramo entre la salida del Acueducto y el inicio del Canal con 129 mts. de longitud, francos de Canal con igual

características anteriormente mencionado y como su nombre lo indica es el enlace entre las obras de Impulsión de la Estación de Bombeo y el propio Canal.

- Cinco sifones metálicos con diámetro de 3,40m y extensión de 3.424,00 mts. siendo estos: Germania, El Lago, Sécales, Iguanas y Romano.
- Seis alienadores: con dispositivos que sirven para control del nivel en el agua y se encuentran ubicados antes de cada sifón y uno antes de la entrada del túnel, constan de un vertedero lateral de 20 mts. de ancho y descarga a través de una tubería de $D= 140$ cm.
- Dos cruces de camino (puentes): ubicados en el $Pk = 6+719,55$ de trazado de la variante " Flor de Bastión " y $PK = 7+362$ del trazado del proyecto básico.

BIBLIOTECA FIC
ESPOL

TUNEL DE CERRO AZUL

- Estructura de Transición de entrada y salida de 22 y 25 mts lineales de longitud respectivamente.
- Falso túnel de entrada de 116,42 mts. de longitud de sección tipo baúl.
- Túnel con 6.336,00 mts. de longitud de sección tipo herradura de 5.00 mts. de altura, con revestimiento provisional en paredes y bóvedas. Revestimiento definitivo en las boquillas de entrada y salida así como los tramos de boca tipo III (aproximadamente 210 metros) y de solera con hormigón simple en toda la extensión del túnel.

CANAL TUNEL DE CERRO AZUL - CHONGON

- Canal de sección trapezoidal, revestido de hormigón en 12 cm. De espesor. El Canal comprende 3.815 mts. de longitud con una pendiente de 4×10^{-4} . (0,4 ‰)

- Camino de servicio lateral acompañado al canal en toda su longitud.
- Obra de entrega al embalse de Chongón de 740 mts. de longitud, canal embocado en un espesor de 20 cm.
Siete obras de drenaje transversal bajo y sobre el canal.
Drenajes longitudinales dispuestos a lo largo del canal. Un paso de camino
(Puente) ubicado en el Pk = 2+562

CANAL CERECITA - PLAYAS (TRAMO V- VI)

- Canal de sección trapezoidal de 30.953,00 mts. de longitud de los cuales 27.530 mts de canal son revestidos en hormigón con un espesor de 10 cm y los 3.423 mts restantes revestidos en roca con un espesor de 20 cm. Y con capacidad para transportar $9\text{m}^3/\text{seg}$.
- Camino de servicio paralelo al canal revestido, con un ancho de vía de 350 mts. y con sobre anchos para maniobras cada 500 mts..

- Dos sifones metálicos: Sifón San Cristóbal con 2,80 mts de diámetro y extensión de 478,00 mts. y Sifón El Mate con 2,40 mts. de diámetro y extensión de 65,00 mts.
- Diversas obras de drenajes transversal bajo y sobre el canal dispuestas a lo largo del mismo, de tipo cajón tubería, sifones y vaguadas.
- Drenaje longitudinal subterráneo, cunetas de pie de talud y de guarda.
- Pasos de camino o puentes situados en las diferentes cruces del canal con los caminos existentes.

1.3.2 SEGUNDA ETAPA

Las obras que corresponden a la segunda etapa del proyecto son las siguientes

Estación de Bombeo Chongón.

- Canal de alimentación: Que nace en un sector del margen derecho del embalse de la Presa Chongón y consiste en un canal excavado sin revestir con un ancho de solera de 9 mts. , taludes de $4H = 1 V$ y una longitud de 430 mts.
- Toma de Agua: Compuesta de una estructura de hormigón adosado al canal de alimentación de 20 mts de longitud, con una transición de solera desde la cota + 41,00 de la embocadura a la cota + 37,00 de la toma de la central. Esta formada de muros de loza y hormigón armado, al final de este canal y adosada a la central se encuentra la toma propiamente dicha, compuesta de cuatro módulos de hormigón armado, en cuyas caras internas se alojan las rejas de protección que cubren las cuatro entradas a la central.
- Central de Bombeo: Compuesta de un edificio principal formado por una nave de 25,00 mts. de largo y 18.00 mts de ancho , donde se aloja cuatro grupos de motor - bomba de 2,3 MW de

potencia unitaria, de los cuales los grupos 1 y 2 serán instalados en esta fase. Adosado al edificio principal y del lado de la impulsión se encuentra un Edificio Auxiliar, destinado a alojar las salas de mando, cables y servicios diversos. La superestructura de estructura metálica, dentro de otros equipos se incluye el montaje del puente, grúa, máquina, limpia rejillas, tableros, cuadro de mandos etc.

- Tubería de Impulsión: Se inicia en la Central, con cuatro tuberías de 1mt de diámetro. Estos cuatro ramales se unen dos a dos mediante sendas piezas colectoras, dando lugar a la conducción formada de dos tuberías de 2.955 mts. de longitud que va de desde la cota + 41,00 en el extremo inferior y se une con la Obra de Enlace en la cota + 112,97 . El diámetro interior de la tubería es de 1,60 metros. En este proyecto se contempla la instalación de una línea de tuberías, la segunda se instalara en una segunda fase.
- Subestación Eléctrica: A la intemperie y ubicada a 60,0 mts. de la Central de Bombeo. De ella parten cuatro canales para los cables de alimentación eléctrica de los grupos motor - bombas



BIBLIOTECA FIC
ESPOL

contemplando en ellas el montaje de transformadores interruptores, seccionadores, para rayos y posición de salidas para futura ampliación.

- Chimenea de Equilibrio: Es un depósito cilíndrico de estructura metálica de sección circular de 7,50 mts. de diámetro y 27,00 mts. de altura empotrada a un macizo de 16.00 m de diámetro y 5,00 m de espesor, este macizo atraviesa las dos tuberías de impulsión de 1.60 m de diámetro.
- Obra de Enlace: Es una obra de Hormigón que sirve de enlace entre la Tubería de Impulsión y el Canal Chongón sube y baja, compuesta de una estructura de 40.10 mts. de longitud se ha previsto la colocación de ataguías accionadas mediante un mono riel sujeto por pilares con pescantes.
- Línea de transmisión eléctrica: constituida por una línea a doble circuito a 138 KV con una longitud de 3,5 KM

CANAL CHONGON - SUBE Y BAJA

- Canal y camino de servicio: De sección trapezoidal con capacidad para transportar $9,2 \text{ m}^3/\text{seg.}$, con pendiente (0.15%) $1,5 \times 10^{-3}$ y revestido con una manta impermeable de polietileno de alta densidad de 2,5 mm de espesor. El canal tiene una longitud de 17.630 mts. y paralelo al mismo se desarrolla el camino de servicio con 3,50 mts de ancho y al lado opuesto una berma a nivel de banquetta con 3 m de ancho. Entre el firme del camino y el pie del canal se dispondrá de un retiro, que servirá para el anclaje de la manta impermeable.
- Al final del revestimiento se prevé la ejecución de un tramo de canal denominado " canal de entrega " a los causes naturales del río Cachul con aproximadamente 1.800,0 m el que será revestido de enrocado.
- Sifones: Dispuestos a lo largo del canal se encuentran cuatro sifones metálicos con cuatro hileras de tubos de 2,90 mts. de diámetro, para este contrato se prevé la instalación de una sola línea de tuberías. Los sifones a ejecutar son:

- Sifón El Ceibo 229,81 m
 - Sifón La Miel 566,42 m
 - Sifón Las Chacras 218,23 m
 - Sifón Las Juntas 170,11 m
- Aliviaderos: Cuatro obras de esta naturaleza, las cuales son dispositivos que sirven para control del nivel de agua y se encuentran ubicadas antes de cada sifón. Constan de un vertedor lateral de 25,80 m de ancho en cada lado del canal y descarga a través de una tubería de $D = 140$ cm. Las ubicaciones de los mismos son: PK 9+587; PK10+390, Pk15+223 y Pk 16+124.
- Drenajes transversales: Existen sesenta y seis obras dispuestas a lo largo del canal del tipo alcantarilla, de tubería de hormigón con embocaduras de aletas y de pozo. Habiéndose optimizado la ubicación de estos drenajes se definió la ejecución de únicamente 41 alcantarillas.
- Pasos y cruces de caminos: Son puentes diseñados para salvar el canal en los cruces con los caminos de la zona, así como



BIBLIOTECA FICTICIA
ESPOL

cuando el camino de servicios cambia de margen consisten en estructuras de 7,5 m de ancho con 16 m de luz, como estribos en ambas márgenes del canal y tablero de hormigón armado. Ubicados en los Pk 6+277 y Pk 17+085.

ADECUACIÓN DE CAUCES DE RIOS

- Adecuación: Se realizará la adecuación de los lechos del río Grande - Cachul, que escurren en sentido Este - Oeste que enlazarán el final del Canal de entrega del Canal Chongón Sube y Baja y la entrega a la presa del Azúcar.

REPARACIÓN Y TERMINACIÓN DE LA PRESA DEL AZUCAR

- Presa: Consiste en la remoción del cuerpo de la presa desde su coronación cota +47,60 hasta la cota +42,00 desde donde se procederá a la elevación de la presa hasta la cota + 49,10. La Presa tendrá una corona de 9,00 m de ancho con un núcleo de arcilla de 8,00 m de base y 3,00 m en la parte superior. Además

contará con espaldones de arena fina, poca arcilla. Se colocarán cuadros embocados de protección en los taludes aguas arriba y en los taludes aguas abajo, de 0,50m, 0,30m de espesor, respectivamente. Se colocará un filtro de arena limpia de 0,60m entre el núcleo y el espaldón aguas abajo. Sean provisto sistemas de impermeabilización y de drenaje

- **Vertedor de Servicio:** Se mejorará y adecuará el aliviadero de servicio existente, subiendo 0,80m la cresta del vertedor para llegar así hasta la cota +45,00. Los muros laterales existentes serán recrecidos y reforzados con un recubrimiento de hormigón proyectado. Se efectuarán reparaciones en la solera además se renovarán los dentellones y disipadores existentes.

- **Transformación del aliviadero de emergencia en aliviadero de servicio:** Consiste en la ejecución de un Canal excavado a cielo abierto de aproximadamente 50,00 m de ancho y 150 m de longitud. Las características de la estructura son:

- Vertedor con labio a la cota + 45,50 y ancho de 50,00
- Canal de descarga de aproximadamente de 23,00 m de largo.
- Dispositivo amortiguador con deflectores,
- **Obra de Toma:** Con una tubería metálica de 2.000 mm de diámetro recubierta de hormigón. Dos estructuras una de entrada y otra de salida que alojará la ataguía y rejas. Se prevé una válvula de seguridad de compuertas de regularización de 2.000 mm de diámetro. Estas válvulas van alojadas en una cámara de hormigón de 14,70 x 8,00 m de área y 11,40 m de altura.

Embalse Regulador de Cola.

- **Presa de tierra:** Formada por 110 m de longitud de presa y 250 m de dique, con una altura media 13,70 m de altura y 10,00 m de ancho en la corona cuya cota es + 28,70. El cuerpo de la presa estará constituido por el núcleo de arcilla impermeable y



- Espaldones de areniscas con taludes 3,0: 1,0 aguas arriba y de 2.5:1 aguas abajo.

Para la alimentación de la presa se ha proyectado un in out de 8,00 m de base y +/- 5,00 m de profundidad. Tanto en el talud aguas arribas y agua abajo de la presa se colocará escollera de protección de 0.50 m de espesor.

- **Aliviadero:** Consiste en una estructura de descarga ubicada en el PK; 0+173,25 de la presa. Se trata de una estructura de hormigón armado con un vertedor tipo abanico cuya cresta se ubica en la cota + 26,50, con un canal o rápida que tiene una longitud de 96,90 m y un ancho de 10,00 m. En la intersección del aliviadero con la presa se ha dispuesto la construcción de un puente que da continuidad al trayecto por la coronación de presa, esta estructura se apoya sobre estribos incorporados a los muros del canal o rápida.
- **Obra de Toma:** Consistente en un conducto compuesto de dos tuberías metálicas de 1.500 y 700 mm cuyas longitudes son 73,00 y 69,00 m respectivamente ambas revestidas de

hormigón, las que atraviesan transversalmente a la presa en el PK; 0+278,00. Forma parte de esta obra una estructura de entrada que consiste en una torre de toma de 5,00 x 5,00 m de área, que aloja una válvula de control tipo mariposa, la cual se maneja desde la parte superior de la loza, ubicada en la cota + 28,70, donde se ubicará un polipasto que servirá para las operaciones de mantenimiento. La estructura de salida que consiste en una torre de 6,00 x 6,00 m de dimensiones interiores, donde se aloja una válvula mariposa que servirá para futura entrega de agua a la zona de Playas. De igual manera se equipará de un polipasto que servirá para las operaciones de mantenimiento.

- **Desagüe de Fondo:** Conducto constituido por un tubo de acero de 0,80 m de diámetro, ubicado en el PK: 0+087 de la intersección con la presa, longitud de 100, 00 m. Se Ubicará una válvula de seguridad tipo mariposa para la restitución de agua al río San Juan, constituida además por una estructura de toma que se encuentra en el embalse de Cola con solera de hormigón armado en la cota +16,00 con rejillas laterales para basura. Una

torre de hormigón armado de 3,00 m donde se alojan las válvulas de seguridad.

- **Compuertas en el Canal Cerecita - Playas:** El proyecto actual incluye la instalación de compuertas automáticas de control del nivel Tipo " AVIS " 110/212 y 110/236, las que serán instaladas en las Obras de Control que se encuentran a lo largo del Canal Cerecita - Playas cuya obra civil se encuentra lista.

CANAL AZUCAR - RIO VERDE

- **Canal y Camino de Servicio:** De sección trapezoidal con capacidad para transportar $5,48 \text{ m}^3/\text{seg.}$, en el tramo del canal desde la toma en la presa del Azúcar hasta el PK 8+100 (transición) y de $3,5 \text{ m}^3 / \text{seg.}$ hasta la obra de entrega al Río Verde en el PK 19+980. El Canal se desarrolla con una pendiente de 0.2 % (2×10^{-3}). Será revestido con una manta impermeable de Polietileno de alta densidad de 2mm de espesor de características físicas, mecánicas y químicas similares al Canal Chongón Sube y Baja. Junto al canal paralelo a él discurre el camino de servicio con la disposición tanto en



BIBLIOTECA FIC
ESPOL

planta como en sección. Sobre la excavación de la banquetta de 4,2 m se dispone un firme de forma que el camino resultante tenga una calzada de 3,35 m de ancho y dos arcenes de 0,50 m cada uno. Al lado opuesto del camino de servicio se desarrolla una berma al nivel de banquetta de 3,00 m de ancho.

Transversalmente el camino tiene una pendiente del 2 % con él fin de que las aguas lluvias drenen hacia el talud exterior de relleno o la cuneta.

Entre el firme del camino de servicio y el revestimiento del canal se dispuso una zona de retiro de 85 cm. que sirvió para el anclaje de la membrana.

- **Cunetas:** En el trazado en desmonte, al lado del canal y camino de servicio se disponen cunetas trapezoidales revestidas de hormigón H-100 y espesor de 10 cm. Por encima de los desmontes y como mínimo a 4 m de su intersección de su ladera se prevén cunetas de guardas sin revestir y de sección variable con el fin de desviar los canales que no puedan evacuarse con las cunetas ya citadas.

- **Obras de control:** Las compuertas AVIS y AVIO son reguladores automáticos de nivel, la parte activa de cada compuerta está constituida únicamente por un sistema móvil articulado alrededor del eje y perpendicular al flujo.

Dicho sistema comprende:

Un tablero cilíndrico de sección trapezoidal adecuando un bastidor rígido y con un flotador ubicado al otro lado del eje.

Contrapesos de equilibrio.

El flotador está instalado en una cámara fija que comunica con el canal mediante un conducto, lo que permite amortiguar las oscilaciones debidas al flujo aguas abajo del tablero y así favorecer la estabilidad de funcionamiento.

Esta compuerta se coloca dentro de una obra de hormigón a medida, su ejecución es basado en chapas, tubos y perfiles de acero ensamblados mediante soldadura y pernos cuidadosamente protegidos contra la corrosión.

Se encuentra dispuestas ocho compuertas a lo largo de este canal de las cuales cinco son de tipo AVIS dos tipo AVIO y 1 tipo gaveta al final del canal en la obra de entrega. Estas compuertas tienen las siguientes características:

Tabla # 1, Características de las compuertas Avio y Avis.

Modelo	PK	Ancho de la	Cota de la	Q
	Referencial	Solera	Solera (msnm) ¹	Máximo
Avio 200/315	0+352,98	1,2	38.229	5,48
Avis 140/300	2+615,00	1,2	37.777	5,48
Avis 140/300	5+425,00	1,2	37.215	5,48
Avis 110/212	8+000,00	Transición	36.949	5,48
Avis 110/212	10.985,00	0,75	36.352	3,5
Avio 110/200	12+133,16	0,75	34.361	3,5
Avis 110/212	15+625,00	0,75	33.662	3,5
Gaveta	19 +980,00		32.791	3,5

¹msnm= metros sobre el nivel del mar.

Obras de drenaje transversal: Las obras de drenaje comprendidas en este tramo son cuarenta y dos (42) y consisten en alcantarillas en tubos de hormigón de diámetros variables o tipo cajón en hormigón estructural, siendo en ambos casos ejecutados también los muros cabezales con aletas y losas inferiores agua arriba de dichas alcantarillas.

- Pasos interiores y cruces de camino: Consisten en estructuras de hormigón armado diseñados con el fin de dar continuidad a las vías y caminos interceptados por la traza del canal y además cuando el camino de servicio debe cambiar de margen.
- Se encuentran dispuestos en las siguientes abscisas $Pk = 1+875$; $Pk = 4+750$; $PK = 8+075$; $PK = 11+731,37$; $PK = 14+241,30$; $Pk = 17+420$ y $PK = 19+155,00$



BIBLIOTECA FIC I
ESPOL

- **Sifón “ El Guayacan “**

Como sabemos, los sifones son estructuras hidráulicas que suponen una alternativa a los acueductos en el objetivo común de salvar grandes depresiones de terreno.

Están constituidas por una serie de tubos unidos que conducen el agua a presión, dos dispositivos, uno de entrada y otro de salida denominados cabezas que se encargan del buen funcionamiento hidráulico del sistema precedidos y seguidos por sendas transiciones para acomodar las secciones tipo correspondiente pasando siempre de la sección tipo a la sección de la cabeza del sifón y viceversa.

El sifón tiene las siguientes características

TABLA # 2, Características del Sifón Guayacan.

PK inicio		11+314,84
PK final		12+120,79
Longitud (m)		1,2
Caudal máx. (m ³ /seg)		3,5

Los elementos que conforman el "Sifón" El Guayacan " son los siguientes:

Transiciones de Entrada y Salida.- Son estructuras de tipo canal a cielo abierto de hormigón macizo tipo H-200 de 17m de longitud construidas en módulos de 3 m cada uno, la sección transversal de estos corresponde a la sección típica del canal. La sección rectangular tiene un ancho de 1,20 m equivalente al diámetro de la tubería.

Cabezales de Entrada y Salida.- Son estructuras de hormigón masivo tipo H-200 de 7 m de longitud ubicado inmediatamente aguas abajo y aguas arriba de las transiciones de entrada y salida respectivamente. Este elemento permite el anclaje de la tubería metálica, en el se aloja la transición metálica de circular a

rectangular de 0,90 m de longitud y constan de una rejilla contra basura y una ataguía metálica.

Tuberías metálicas.- Constituye el cuerpo principal del sifón, es de hierro dúctil de diámetro 1,20 m con una longitud de 805,95 m, cada tramo de tubería tiene una longitud de 6.00 m y se une mediante el sistema espiga - campana, cada tubo ya formado con polietileno de baja densidad de 2mm de espesor, el cual sirve como protección anticorrosiva previniendo el contacto del tubo con el material circundante en el.

Accesorios.- Para la etapa de operación y mantenimiento se ha previsto una cámara de inspección y una cámara de desagüe.

1.3.3. CARACTERISTICAS DE LOS SUELOS DE LA PENINSULA DE SANTA ELENA.

El canal está situado en el área denominada, desde el punto de vista geológico Región Occidental de la Costa. Esta gran unidad geológica está integrada por dos grandes conjuntos Litoestratigráficos. El más antiguo corresponde al Cretácico Inferior, Eoceno Medio, y el más moderno está formado por sedimentos terciarios que constituyen, en el área de nuestro estudio, La Península de Santa Elena.

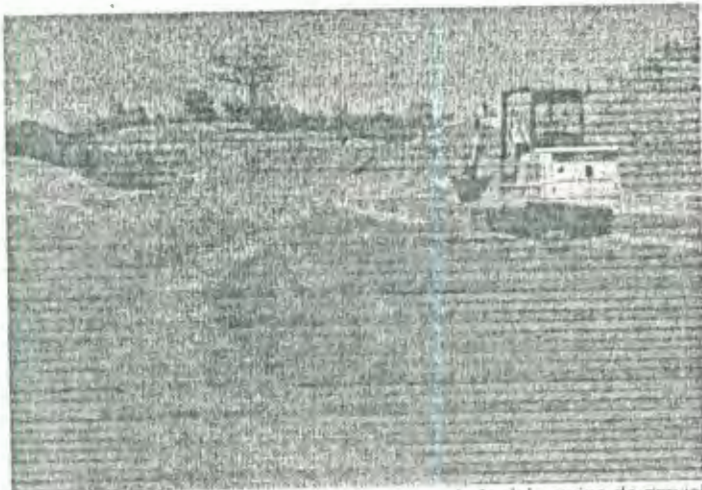


Foto # 1 Bobcat excavando zanja de anclaje, lado del camino de servicio

Los materiales del Cretácico se disponen en relación con la alineación monoclinial Chongon - Colonche, con relieve de dirección NW - SE. A partir de estos relieves, hacia el SW se

disponen los materiales terciarios, de tipo detrítico, el rasgo estructural más característico es la cuenca Miocénica de Progreso

Desde la Toma en el río Daule hasta el Túnel de Cerro Azul, el Canal discurre por terrenos cretácicos, formados por rocas volcánicas y sedimentarias. Las fajas volcánicas se denominan Formación Piñón y está compuesta por basaltos, andesitas y pequeños enclaves tobaceos. La facies sedimentaria se denomina Formación Cayo, y esta compuesta por sedimentos terrígenos bien consolidados de granulometría gruesa a fina. El miembro superior de la Formación Cayo (denominada Formación Guayaquil) consiste en Lutitas silificadas, finalmente estratificadas que constituyen el final de la sedimentación Cretácica en esta área.

El contacto entre formaciones volcánicas y sedimentarias suele ser discordante y generalmente fallado.

En los terrenos Cretácicos la traza del canal se emplaza en un 40 % en las facies volcánicas y el 60 % restante en rocas sedimentarias.

Existen también algunas intrusiones plutónicas denominadas Formación Pascuales de edad intra o post Cayo, constituidas por cuarzodioritas muy duras, de aspecto semejante a un granito biotítico.

Sobre la Formación Guayaquil se instala concordantemente la denominada Formación San Eduardo, constituida por materiales calcáreos. Son calizas con cierto grado de impurezas (arcilla y Sílice libre) y módulos de sílex interestratificados. La potencia de estas calizas es muy variable, oscilando entre 100 y 300 metros. Su edad es de Paleoceno a Eoceno Medio

En concordancia con la Formación San Eduardo y por encima de ella, aparecen limolitos blanquecinos muy compactas, finamente estratificadas y con frecuencia silificadas, que constituyen la Formación Las Masa. En esta Formación se sitúa la boca Sur del Túnel de cerro Azul.

La disposición estructural de estos materiales Cretácico Eoceno es monoclinial de rumbo NW. – SE. y constituyen el flanco Norte - Noroeste del gran terciario que constituye la Península de Santa

Elena. Respondiendo probablemente a los mismos esfuerzos que originaron la alineación Chongón - Colonche, aparecen sistemas de fallas conjugadas con rumbos WNW - ESE. También se observan algunas estructuras de rumbo N-S, aunque con menos frecuencia. El rumbo de los estratos es generalmente E - W .

A partir del Túnel de Cerro Azul, el canal atraviesa formaciones terrígenas del terciario, correspondientes a una cuenca somera muy inestable. Los tramos basales son fáciles olitostrómicas de edad Eoceno Superior, que engloban masas de rocas (olistolitos) procedentes de formaciones más antiguas. Estas facies olitostrómicas pertenecen al denominado Complejo Olitostrómico Santa Elena, y en nuestra cartografía se distinguen dos grupos de rocas: Grupo Azúcar con predominio de areniscas y Grupo Ancón con facies. Turbidíticas en las que predominan materiales lutíticos. Por encima de estos materiales olitostrómicos y en discordancia con ellos aparecen materiales detríticos de la Formación Tosagua. El Tranco basal de esta formación denominado Formación Zapotal, consiste básicamente en materiales detríticos gruesos (conglomerados y areniscas) con algunas intercalaciones arcillosas hacia el techo. Por transición lateral (hacia el W) y hacia

arriba aparece la Formación Dos Bocas, miembro superior de la Formación Tosagua " y parcialmente sincrónica con los materiales de la " Formación Zapotal " . La litología característica de la formación Dos Bocas son arcillas yesíferas similares a las que aparecen en los troncos superiores de la formación Zapotal.

Sobre los materiales de la Formación tosagua se emplaza la cuenca subsiguiente de Progreso, ocupada por areniscas conglomeradas y depositadas en el Mioceno Superior que constituyen la Formación Progreso. Los sedimentos de tipo molásico corresponden a fascies marinas de plataforma con predominio de materiales detríticos finos.

Los materiales terciarios presentan gran diversidad estructural. En Conjunto y muy especialmente los materiales olitostónicos de los grupos Ancón y Azúcar, se encuentran afectados por una intensa tectónica de fracturación en bloques con fuertes variaciones estructurales de carácter local. Las capas de las Formaciones Tosagua y Progreso presentan buzamientos subhorizontales hasta 30 grados con una dirección principal de fracturación NW-SE.



BIBLIOTECA Y ARCHIVO
NACIONAL DE MEXICO
ESPOL

otro sistema ortogonal conjugado de rumbo EN - SW de menor importancia y continuidad.

GEOLOGÍA DE DETALLE

Formación Progreso

Desde el final de la impulsión Chongón hasta la presa de Sube y Baja, el canal atraviesa sedimentos detríticos de la Formación Progreso.

Estos sedimentos presentan una granulometría variable, aunque con un predominio general de areniscas de grado fino. Siguen en su orden de importancia las Lutitas (Limolitas y arcillas) y por último los conglomerados que abundan en las cercanías de Las Juntas que aparecen ocasionalmente a lo largo de todo la traza del canal.

Las rocas sedimentarias de la Formación Progreso se encuentra en una fascies molásica, por lo que las variaciones laterales son rápidas y muy frecuentes, con las siguientes dificultades para

correlacionar los diversos puntos de investigación (sondeos, calicatas, afloramientos). No obstante, se ha tratado de representar una distribución de litofacies teniendo en cuenta tanto criterios morfológicos y fotogeológicos como la información proporcionada por las calicatos. Se han identificado tres litofacies:

1.- **Fascies de areniscas y conglomerados.**

Los relieves más escarpados en el área en el área corresponden a esta litofacies, en la que hay un predominio muy marcado de areniscas excepto en las proximidades de las Juntas, donde los conglomerados adquieren gran importancia 50 %. Las areniscas son de grano fino, limosas, poco cementadas excepto niveles ocasionales endurecidos por cemento calcáreo. Los conglomerados son arenosos poligénicos y heterométricos, con clastos subredondeados.

Los colores dominantes son marrones claro, amarilló y ocre.

2.- Fascies lutíticas.

Son áreas de relieve suave, caracterizadas por el predominio de limolita y arcillas. En muchos casos se dan tipo Litológicas intermedios entre linolita y arena fina limosa.

Las fascies lutíticas presentan colores de marrón claro a gris.

3.- Fascies de areniscas y Lutitas.

Se trata de zonas no encuadradas claramente en ninguna de las dos anteriores. Originan relieves intermedios entre los suaves de las facies areniscosas lutíticas y los abruptos de las facies areniscosas y conglomeráticas. En es área, los materiales investigados en las calicataş son unas veces areniscosas y otras lutíticos, lo que indica una alternancia irregular en paquetes gruesos de ambos tipos Litológicos.

La disposición general de las capas de Formación Progreso es subhorizontal. Los buzamientos más frecuentes se sitúan entre 5 y 10 grados aunque, en algunos casos (generalmente en la proximidad de fracturas) se han medido buzamientos de hasta 35

grados. Los materiales de la Formación Progreso se encuentran afectadas por una tectónica de bloques a favor de fracturas de rumbo NW - SE.

El diaclasamiento es también muy variable. En las areniscas se definen entre dos y cuatro sistemas de juntas, generalmente sub - verticales, cuyas direcciones dominantes parecen ser NNW - SEE y WNW - ESE. En los tramos Lutíticos el diaclasamiento es más irregular, de planos ondulados, resultando difícil definir sistemas de juntas.

El espaciado observado en los sistemas de Juntas es generalmente menor de medio metro.

Las Lutitas que encontraremos a lo largo del canal están muy alteradas y fracturadas hasta profundidades superiores a los tres metros. Las presiones de linchamiento, de acuerdo a los ensayos efectuados en los estudios geotécnicos alcanzan los 4,6 Kg.Km²



BIBLIOTECA FIC1
ESPO1

ESTABILIDAD DE TALUDES

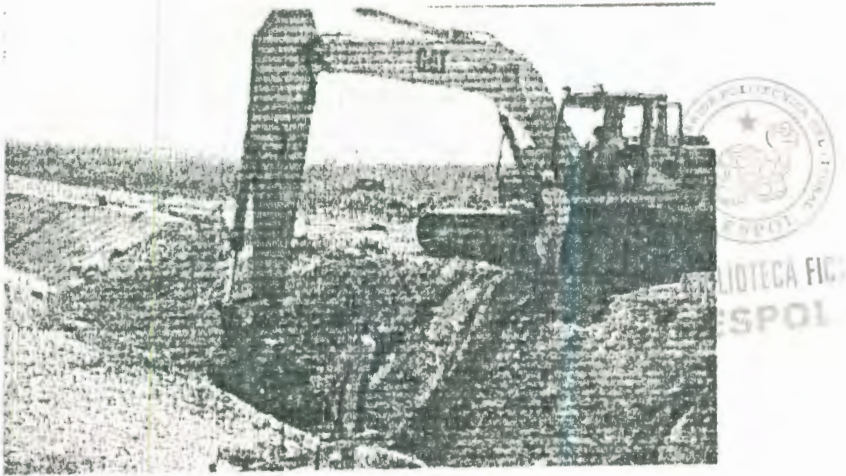


Foto # 2 Retroexcavadora reconfirmación el canal

Uno de los puntos más importantes que tiene que ver con el diseño de un Canal es el Talud o Taludes del mismo para los taludes del Canal Chongón - Sube y Baja y el Canal Azúcar - Río Verde se escogió un talud de 1,5:1

A continuación proveemos o demostramos que con estos taludes tenemos un factor de seguridad optimo

Para esto es importante definir algunas características de los materiales que encontramos a lo largo de la traza del canal y el material de sustitución que es una mezcla de arenisca con arcilla.

TABLA # 3 Valores de propiedades de los suelos de la traza del canal.

Materiales	Densidad Seca	ϕ Angulo de fricción	C Cohesión	Densidad Humedad
Arenisca con arcilla	1.500 Kg / m ³	29 grados	2000 Kg / m ²	1.600 Kg / m ³
Arenisca Cementada	1.750 Kg / m ³	32 grados	1.000 Kg / m ²	2.090 Kg / m ³
Arenisca sin Cohesión	1.430 Kg / m ³	27 grados	0 Kg / m ²	4.890 Kg / m ³
Limolitas y Lutitas	1.553 Kg / m ³	25 grados	2.000 Kg / m ²	1.759 Kg / m ³

Fuente = CEDEGE

Para comprobar esto utilizaremos un método analítico y un software llamado G-Slope

Vamos a determinar el factor de seguridad del talud de 1.5:1 para el material de sustitución que se empleo en el canal este es:

Arenisca Seca 0 1.500 Kg. / m³

Vamos a utilizar la figura 5.26 del libro " Designing with geomembranas " de Robert Koener.

$$FS = \frac{C}{N_s \cdot H}$$

FS = Factor de Seguridad

C = Cohesión

δ = Densidad

H = Altura vertical del talud

Ns = Número de Estabilidad dado por la figura

$$n = \frac{D \cdot H}{H}$$

D = 1 m ya que hasta abajo de 1m de la solera se hace la sustitución

$$n = \frac{1 + 2,5}{2,5} = 1,4 \quad Ns = 0,16$$

$$Fs = \frac{2000 \text{ Kg} / \text{m}^2}{0,16 (1500 \text{ Kg} / \text{m}^2) (2,5 \text{ m})} = 3,33$$



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

Un factor de seguridad mayor a 1,5 es un factor adecuado menor o igual a 1,5 es factor de seguridad incipiente.

Ahora veamos el factor de seguridad para la arenisca cementada

$$C = 1.000 \text{ kg} / \text{m}^2$$

$$\delta = 1750 \text{ Kg} / \text{m}^3$$

Esto nos da un factor de seguridad mucho menor al obtenido con el material de sustitución. FS = 1,5

En el apéndice A, se da una descripción del programa para análisis de estabilidad de taludes GSLOPE y se muestran los resultados de los factores de seguridad para dos casos con capas de diferentes materiales.

1.4 TEORIA SOBRE CANALES ABIERTOS

Los canales son estructuras hidráulicas las cuales conducen agua desde la fuente hasta el área donde el agua será distribuida.

Estas estructuras deben tener una máxima eficiencia y tener los costos más bajos en construcción y mantenimiento y operación de ellas.

Los requerimientos, antes mencionados deben ser satisfechos por el diseño de la sección del canal, por el tipo de estructura y por la selección de los materiales.

El diseño del canal debe tener en cuenta el suelo y por lo tanto el talud así como la rugosidad del revestimiento.

Ya con una sección y talud establecido el canal es una función del coeficiente de fricción o rugosidad.

Cualquier conducto que permita una superficie libre para el líquido se clasifica como canal abierto y son abundantes los ejemplos de canales naturales. Los canales artificiales reciben diferentes nombres, por ejemplo, acequia, canalizo, atarjea, etc. algunos de estos términos se utilizan en forma imprecisa. Una acequia se excava directamente en el terreno si puede llevar o no algún tipo de revestimiento. Las acequias generalmente son muy largas con una pendiente muy reducida, y se pueden utilizar para irrigación, para conducir agua provenientes de tormentas o para navegación. Un canalizo generalmente se construye por encima del nivel del terreno con objeto de conducir agua a través de una depresión. Las atarjeas, que se diseñan para conducir agua solo parcialmente llenas, constituyen pequeños canales cubiertos que se emplean para poder drenar el agua por abajo de las carreteras o de los terraplenes del ferrocarril.

Los canales se pueden construir con diferentes formas para la sección transversal y pendiente constantes se denomina canal prismático. Los canales revestidos se construyen generalmente con una sección

transversal rectangular o trapezoidal en tanto que los pequeños canales y fosas son triangulares. Las atarjeas y túneles pueden ser circulares o elípticos. Por otra parte los canales naturales ofrecen una forma irregular y no prismática, pero muchas veces se pueden aproximar mediante secciones trapezoidales o paraboloidales.

Hay dos grandes tramos diferenciados de canal, uno el que corresponde al tramo Chongón Sube y Baja y el otro el de Azúcar - Río Verde.

El canal Chongón - Sube y Baja es una canal prismático cuyo caudal previsto es de $9.2 \text{ m}^3 / \text{seg.}$ y una pendiente de 1.5×10^{-4} (0.15 ‰).

El canal Azúcar - Río Verde tiene variaciones de caudal debido a las transiciones que son compuertas reguladoras de caudal, estos caudales son inicialmente de $5.5 \text{ m}^3 / \text{seg.}$ Luego de $3.5 \text{ m}^3 / \text{seg.}$, todo el tamo con una pendiente de 2×10^{-3} (0.2 ‰)

DISEÑO DE CANALES REVESTIDOS



Los Canales revestidos se construyen por las siguientes razones

- 1.- Permite el transporte de agua a altas velocidades a través de terreno con excavaciones profundas o difíciles en forma económica.
- 2.- Permite el transporte de agua a alta velocidad con un costo reducido de construcción.
- 3.- Disminuir la infiltración conservando el agua y reduciendo la sobrecarga en los terrenos adyacentes al canal.
- 4.- Reduce el costo anual de operación y mantenimiento.
- 5.- Asegura la estabilidad de la sección transversal del canal.

PROCEDIMIENTO PARA EL DISEÑO DE CANALES REVESTIDOS

1.-) Debemos estimar el valor de n (coeficiente de rugosidad) para el material de revestimiento. En cuanto a nuestro caso vamos a comparar el revestimiento de hormigón que tiene un $n = 0,015$ de revestimiento de polietileno de alta densidad de $n = 0,013$ (aquí tomamos los datos de Caudal del Canal Chongón - Sube y Baja.)

2.-) Calcule el factor de sección

$$AR^{2/3} = nQ / \sqrt{S_b} = 33$$

$Q = 9,2 \text{ m}^3 / \text{seg.}$ (Caudal de Chongón - Sube y Baja)

$S_b = 1,5 \times 10^{-4}$ (pendiente de Chongón - Sube y Baja)

para $n = 0,015$

$$AR^{2/3} = 0,015 (9,2 \text{ m}^3 / \text{seg.}) / \sqrt{1,5 \times 10^{-4}} = 11,268 \text{ m}^3 / \text{seg.}$$

para $n = 0,013$

$$AR^{2/3} = 0,013 (9,2 \text{ m}^3 / \text{seg.}) / \sqrt{1,5 \times 10^{-4}} = 9,765 \text{ m}^3 / \text{seg}$$



BIBLIOTECA FIC
ESPOL

A continuación determinamos valores de tirante máximo

Para Q = 9,2 m³ / seg. , b (ancho de solera) = 3 m

Para Sb = 1,5 x 10⁻⁴ , α = 34° (talud 1.5:1)

Para n= 0,015 (Revestimiento de Hormigón)

AR^{2/3} = 11.27 m³ / seg.

A= y (b + y cota)

$$R = [Y (b + Y \text{ cota}) / b + 2y / \text{Sen} x]^{2/3}$$

$$Y = [3 + y (1,48)] [y [3 + y (1,48)] / 3 + 24 / 0,56] = 11,27 \text{ m}^3 / \text{seg.}$$

$$(3y + 1,48y^2)^{5/3} / (3 + 3,57y)^{2/3} = 11,27 \text{ m}^2 / \text{seg.}$$

Utilizamos el método de ensayo – error para determinar el tirante máximo.

En este método damos valores hasta obtener por medio de la fórmula el valor más cercano a 11,27 m³ / seg.



Y	$AR^{2/3}$
1,5	7,50
1,6	8,51
1,7	9,60
1,8	10,74
1,84	11,23
1,85	11,35

Tomamos como Y max. = 1,84 mts. Ya que con este valor nos acercamos a 11,32. Por esto el tirante máximo sería 1,84 mts.

Para un $Q = 9,2 \text{ m}^3/\text{seg.}$, b (ancho de solera) = 3 m.

$S_b = 1,5 \times 10^{-4}$, $\alpha = 34^\circ$ (Talud 1,5 : 1)

$N = 0,013$ (Revestim. Con HDPE)

$$AR^{2/3} = \frac{nQ}{\sqrt{S_b}}$$

$$AR^{2/3} = 9,765$$



BIBLIOTECA FIC1
ESPOL

Entonces:

Y	$AR^{2/3}$
1,5	7,50
1,6	8,51
1,7	9,60
1,71	9,7
1,8	10,74



BIBLIOTECA FICTICIA
ESPOL

Y max. = 1,71 m

Un caudal de $9,2 \text{ m}^3 / \text{seg.}$ Se da mientras trabajen cuatro bombas pero inicialmente con dos bombas funcionando se produce un caudal de $4,6 \text{ m}^3 / \text{seg.}$, lo que daría para el canal revestido con hormigón un tirante máximo de 1,30 mts. y para el canal revestido con HDPE tendríamos un tirante máximo de 1,20 mts.

Tomando el caudal de $9,2 \text{ m}^3 / \text{seg.}$ Saquemos los valores de área de flujo, perímetro mojado y radio hidráulico.

$$A = y (b + y \text{ cota})$$

Para $n = 0,015$ (hormigón) y $Y = 1,84$

$$A = 1,84 [3 + (1,84 \cot. \alpha 340)] = 10,54 \text{ m}^2$$

$$P = b + 2y / \text{Seno } 34^0 = 3 + 2 (1,84) / \text{Seno } 34^0 = 9,58 \text{ m}$$

$$Rh = y (b + \cot. \alpha) / b + 2y / \text{Sen}$$

$$= 1,84 (3 + 1,84 \cot 34^0) / 3 + 2 (1,84) / \text{Sen } 34^0 = 1,10 \text{ m.}$$

Para $n = 0,013$ (HDPE) y $Y = 1,71$

$$A = 1,71 [3 + (1,71 \cot. 340)] = 9,47$$

$$P = 3 + \frac{2 (1,71)}{0,5592} = 9,12 \text{ m.}$$



$$Rh = \frac{(1,71) [3 + (1,71 \times 1,46)]}{3 + \frac{2 \times 1,71}{0,5592}} = 1,037 \text{ m.}$$

A continuación determinamos la velocidad mínima permisible y el número de Froude, recordemos que esta debe prevenir el crecimiento vegetal y la sedimentación.

$$A = (b + Z y) y$$

$$Z = \text{es el talud } 1,5: 1 \Rightarrow Z = 1,5$$

Para $y = 1,84 \text{ m}$ (con revestimiento de hormigón)

$$A = [3 + 2(1,84)](1,84) = 0,75 \text{ m}^3 / \text{seg} = 12,29 \text{ m}^2$$

$$u = \frac{Q}{A} = \frac{9,2 \text{ m}^3 / \text{seg.}}{12,29 \text{ m}^2} = 0,75 \text{ m} / \text{seg} \text{ velocidad mínima}$$

$$Fr = \frac{u}{\sqrt{g \times y}} = \frac{0,75 \text{ m} / \text{seg}}{\sqrt{9,8 \times 1,84}} = 0,18$$

Para $y = 1,71$ (revestimiento de HDPE)

$$A = [3 + 2(1,71)](1,71) = 10,98 \text{ m}^2$$

$$U = \frac{Q}{A} = \frac{9,2 \text{ m}^3 / \text{seg.}}{10,98 \text{ m}^2} = 0,84 \text{ m} / \text{seg.} ; FR = 0,20$$

Los flujos a través de canales abiertos se pueden clasificar de acuerdo con el número, de Froude.



BIBLIOTECA FIC
ESPOL

- $Fr <$ El flujo es subcrítico o tranquilo. Sus disturbios pueden viajar en dirección aguas arriba; las condiciones aguas abajo pueden afectar al flujo de aguas arriba.
- $Fr = 1$ El flujo es crítico.
- $Fr > 1$ El flujo es supercrítico o rápido. Los disturbios no pueden viajar en dirección aguas arriba; las condiciones aguas abajo no afectan ni se perciben en la región aguas arriba.
- Como vemos el canal no importando el revestimiento, tendrá un flujo subcrítico o tranquilo.

1.5 CLASES DE REVESTIMIENTOS.

La selección del tipo adecuado de revestimiento para un canal es un proceso no muy simple. La información para llegar a la selección es insuficiente e incompleta, los resultados sobre la funcionalidad del revestimiento bajo condiciones dadas en raras ocasiones pueden ser precedida. Sin embargo debido al acompañamiento y experiencia se puede determinar que tipo de revestimiento puede y cual no puede ser usado, y como debe ser construido y cuanto costará su construcción. Un

factor decisivo para la selección y construcción de un tipo de revestimiento es el costo último, que es la suma del costo original y el costo de mantenimiento del revestimiento en una condición óptima de servicio. Hay que acumular información sobre el tiempo útil o de buen servicio que presta un revestimiento antes de ser cambiado.

Factores que afectan la selección del revestimiento.

Antes de entrar a enumerar algunos factores hay que recordar, que no todos los revestimientos pueden ser usados en todos los casos y que todos los revestimientos requieren de mantenimiento. Los que realizan el planeamiento al igual como los que diseñan, los que instalan y los encargados de dar mantenimiento; son los responsables de elegir el tipo de revestimiento a ser usado.

La determinación de las pérdidas por filtraciones en un canal existente y la localización de posibles áreas donde pueden ocurrir filtraciones es punto de mayor importancia para determinar el alcance del revestimiento en un canal, ya que sabemos que la principal función del revestimiento es evitar pérdidas por filtración.

Es prioritario estudiar el tipo de suelo sobre el cual se construye el canal se deben identificar los suelos que pueden sufrir expansión y aquellos que pueden sufrir asentamiento, cuando están húmedos o hidratados y cuando están saturados, o aquellos donde sub - presiones pueden ocurrir. Estos suelos deben ser indicados antes de la construcción y se les debe hacer un seguimiento durante el proceso de construcción, los revestimientos de los canales llevan consigo una reducción en las pérdidas por filtraciones, sobre todo el plástico lo que representa un ahorro en el sistema de bombeo y una reducción en tamaño de presas, reservorios y en la sección del canal.

Para escoger el tipo de revestimiento de un canal, para el diseño se deben anticipar algunos factores estos son:

- 1.- El servidor requerido, que incluye la capacidad para alcanzar los caudales demandados.
- 2.- Provisión de facilidades para proveer de agua a los sectores adyacentes al canal.

3.- Seguridad en las propiedades de los materiales debajo del canal incluyendo protección contra daños por pérdidas debidas a filtración.

4.- Y el punto más importante es la conservación del recurso agua.

Hay varias clases de revestimientos, los hay rígidos y de membranas expuestas así como membranas enterradas o cubiertas ya sea por hormigón o suelo. También tenemos los revestimientos de tierra o terreno natural y por último sellantes e imprimantes que se adicionan al terreno natural para mejorar sus propiedades tanto de impermeabilidad como de coeficiente de fricción, todos ellos se discutirán más adelante.

CAPITULO 2

POLIETILENO DE ALTA DENDIDAD



2.1 GENERALIDADES

Actualmente en la Ingeniería Civil existe un nuevo capítulo sobre materiales de ingeniería que han surgido de la práctica.

Hay varias razones por las cuales estos materiales se han expandido rápidamente y con gran aceptación:

- Debido al riguroso control de calidad al que son sometidos en las fábricas.
- Generalmente reemplazan a recursos de materia prima.
- El periodo de instalación es muy apropiado.
- Su uso es solicitado por la ley en muchos casos.

- El costo es competitivo con relación a terreno, hormigón, suelo natural que ellos reemplazan.
- Desde hace algún tiempo (años) están en el mercado y existen muchas variantes para usarlo en diferentes actividades.

Las profesiones donde más fuerte influencia ejercen la ingeniería geotécnica, la ingeniería de vías de comunicación y transporte, inclusive todo lo relacionado con suelos, rocas y agua subterránea caen dentro de las variadas aplicaciones.

Geosintéticos : significa Geo: se refiere a la Tierra y sintético a todo material creado por el hombre.

La ASTM (American Society , for Testing and Materials) definen en la terminología D 4439 a Geosintéticos como sigue:

- Geosintéticos son productos planos manufacturados a partir de materiales poliméricos, usados con suelo, roca, tierra u otro tipo de material correspondiente a la ingeniería geotécnica como una parte

integral de un proyecto, estructura o sistema echo por el hombre. La mayoría de los materiales empleados en la manufacturación de los geosintéticos proviene de la industria del plástico, esto es que gran parte de ellos es polimeros, sin embargo el cancho, la fibra de vidrio y materiales naturales son muchas veces escasas.

2.1.1 DESCRIPCIÓN BASICA DE LOS GEOSINTETICOS

Los primeros esfuerzos para reforzar el suelo se han perdido en la historia; la adición de los materiales que poseen propiedades que pueden mejorar el comportamiento del suelo tiene que haber sido hecha mucho antes de lo que tenemos registrado. Parece razonable pensar que los primeros intentos fueron para estabilizar terrenos, pantanos, y suelos pantanosos usando tronco de árboles y pequeñas ramas. Se agregan al suelo blando estos materiales fibrosos hasta que actúa todo como una masa que tuviera adecuadas características. Es razonable suponer que se continuo usando estos materiales fibrosos debido a las propiedades mejoradas del nuevo suelo reforzado, o se paro con empleo debido a un número de factores, por ejemplo:

- Insuficientes materiales de refuerzo para las cargas que descansan sobre él.
- La presión que ejerce el suelo hacia arriba a través del material reforzado.
- La degradación del material fibroso con el tiempo, regresando a las desfavorables condiciones originales.

Los esfuerzos para estabilizar suelos pantanosos continuaron con el avance de las técnicas creando un sistema uniformizado en tamaño y longitud de troncos de madera que amarrados creando una superficie homogénea, esto se remonta al año 3.000 A.C. donde los progresos llegaban a un punto de obtener sobre algo blando una superficie rígida. Este conjunto de elementos para estabilizar es cubierto con suelo estabilizado e inclusive con bloques de piedra. Pero aquí de nuevo la deterioración de la madera y lo que las unías entre sí, era un problema.

El concepto de reforzar, los suelos pobres continua hasta hoy. El



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

primer uso de elementos fabricados para reforzar carreteras fue logrado por el departamento de carreteras de Carolina del Sur en 1926. Un elemento pesado de algodón fue colocado en lugar de una capa de base de tierra, asfalto caliente se aplicó al elemento fabricado y una capa delgada de arena se colocó sobre el asfalto. El Departamento publicó sus trabajos en 1935 describiendo resultados ocho lugares distintos. Hasta que el elemento fabricado se deterioro y los resultados que la carretera se mantuvo en buenas condiciones y que se redujeron las grietas, las deformaciones y las fisuras localizadas en la carretera. Este proyecto fue el que dio inicio a la separación y al reforzamiento de las funciones de los materiales geosintéticos como los conocemos hoy en día.

Hay tres usos sumamente importantes que se les da a los geosintéticos y de ahí su división:

- La separación y refuerzos de sólidos.

- Provee un adecuado material intermedio entre dos materiales diferentes con el propósito de drenaje de agua filtración de suelos.

- Proveer una barrera de grietas comprobada que evite que los líquidos se desplacen de un punto a otro.

El último punto es el que tiene mayor importancia para mi investigación. Históricamente se han utilizado líneas de conducción con suelos de pobre drenaje, especialmente suelos arcillosos de baja permeabilidad. Los acueductos romanos fueron hechos de esa manera y esa tecnología los precedió por muchos años. Líneas de conducción hechas con material bituminoso y diferentes cementos fueron usados desde 1900, pero fue el hule sintético en 1940 que se utilizó para desarrollar mantas poliméricas. Actualmente este tipo de mantas son ordenadas para aplicaciones relacionadas con el medio ambiente.

Los nuevos materiales de recubrimiento son combinaciones de materiales tanto suelo como sintéticos usados como materiales geocompuestos.

Los geosintéticos presentan las cinco principales funciones: separar, reforzar, filtrar, drenar y una barrera contra los líquidos. El uso de los geosintéticos tiene dos objetivos principales: Hace un mejor trabajo (sin que se deterioren los materiales o excesivo paso de líquidos) y realizar un trabajo más económico (tanto a través de bajos costo inicial o a través de una gran durabilidad y una mayor vida útil, así reducimos costo de mantenimiento.)

Las principales familias de Geosintéticos que existen son los siguientes:

- Geotextiles.
- Geobarras o Geoestructurales.
- Geomallas.
- Geomembranas
- Mantas de arcilla geosintética.
- Geotuberías.



GEOTEXTILES.

El crecimiento de los Geotextiles en los últimos quince o veinte años ha sido asombroso, desde luego son textiles en su esencia tradicional, pero consiste de fibras sintéticas distintas de las

naturales que son: algodón, lana, seda; de esta forma la biodegradación no es un problema. Las características de estos geotextiles son su flexibilidad y su porosidad, fabricados por una máquina tejedora standar o son enrolladas en una forma desordenada, o no tejidas; Algunas son tejidas a mano pero el punto importante de esto es que deben ser porosos para permitir el paso del agua a través o por dentro de su superficie, pero en un extenso y variado rango. Hay por lo menos ochenta aplicaciones específicas para los Geotextiles que han sido desarrolladas: Sin embargo este género por lo menos presenta una de las siguientes funciones.

- 1.- Separa
- 2.- Refuerza
- 3.- Filtra
- 4.- Drena
- 5.- Barrera contra los líquidos (cuando quedan impregnados en el Geotextil)

GEOGRIDS .- GEOBARRAS O GEOESTRUCTURALES



Foto # 3 Instalación del Geogrid.

Representa un rápido crecimiento dentro del área de los geosintéticos. Más bien que ser estrechamente tejido, o no tejidos, o tejidos a mano, los geogrids son como barra de plástico formados en una muy abierta configuración. Los geogrids pueden ser unidos por avanzadas propiedades físicas o hechas en máquina tejedora por métodos uniformes por lo menos hay veinticinco áreas de aplicación, sin embargo su función es exclusivamente de refuerzo de materiales.

GEONETS .- GEOMALLAS

Constituyen otro segmento especializado dentro del área de los geosintéticos. Están usualmente formados por una continua extrusión de grupo de varillas poliméricas paralelas en ángulos agudos, todas unidas. Cuando las varillas están abiertas, una apertura relativamente larga se forma en la configuración de la malla. La función para la cual son diseñadas estas completamente dentro de las áreas de drenaje, donde son usadas para conducir fluidos de todo tipo.

GEOMEMBRANAS



Foto # 4 Geomembrana soldada por pollock a un pate de hormigón.

Son los geosintéticos más vendidos. Su crecimiento ha sido estimulado por regulaciones gubernamentales originalmente decretadas en 1982. El material resultante con laminas delgadas impermeables de hule o plástico usadas para canales o para el recubrimiento de reservorios de líquidos o sólidos. Así su principal función es para retener líquidos su rango de aplicación es muy extenso y hay por lo menos treinta aplicaciones individuales en la Ingeniería Civil que se han desarrollado.

RECUBRIMIENTOS DE ARCILLA CON GEOSINTETICOS

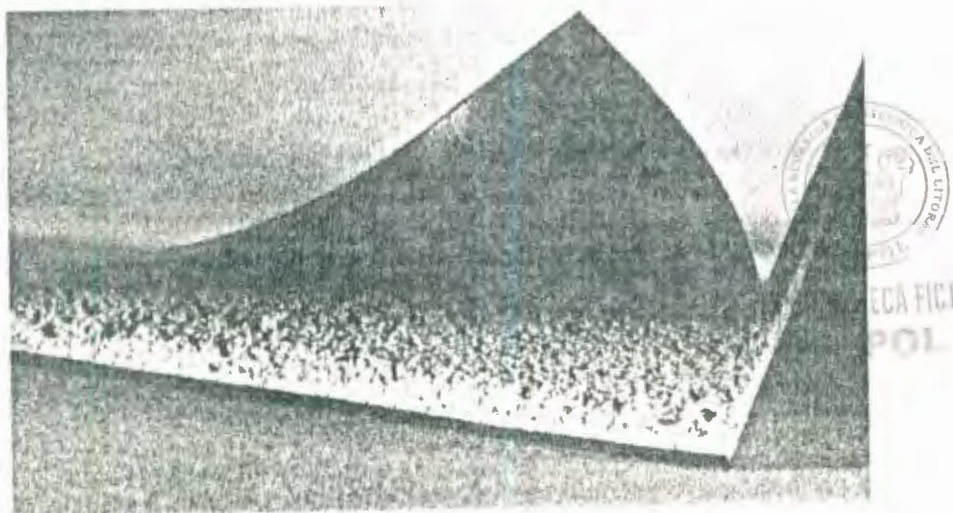


Foto # 5 Combinación de PVC , bentonita , y HDPE en una membrana.

Es lo nuevo en materiales geosintéticos. Son rollos hechos en fábricas, de capas delgadas de arcilla bentonita atrapada en

medio de dos Geotextiles o pegada a una geomembrana. La integridad estructural es mantenida por hilos y costuras o por materiales adhesivos. Son utilizados como elemento compuestos debajo de una geomembrana o sola como un recubrimiento primario o secundario. Este tipo de recubrimiento es usado como una barrera hidráulica.

GEOTUBERÍAS

Las geotuberías son empleadas en todos los aspectos de la Geotécnica, transportes, ingeniería ambiental con un diseño poco complicado y con prueba de conocimiento público. La función principal de este elemento de los geosintéticos que tiene por responsabilidad soportar altas presiones es la de drenaje.

GEOCOMPUESTOS

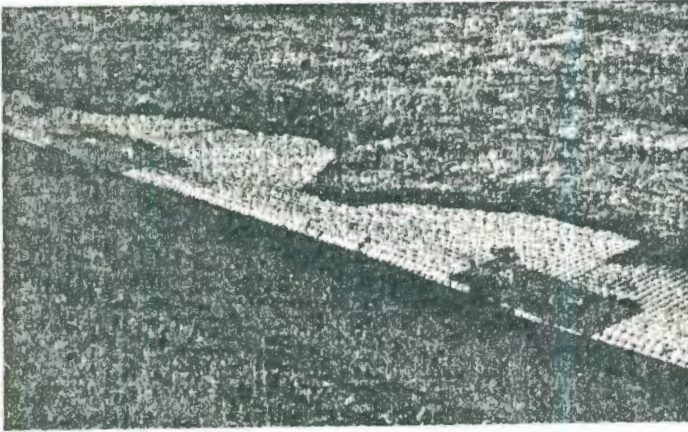


Foto # 6 Muestra de geocompuesto que sirve como barrera de líquidos y vapores.

Los geocompuestos consisten en una combinación de Geotextiles y Geomallas o de Geobarras y de Geomembranas; Geotextil, Geomembrana, y Geobarras; o de una de estos cuatro Geosintéticos con otro material sólido (diferentes sólidos, Láminas de plástico deformado, cables de acero, anclajes de acero). Esta área nos brinda los esfuerzos más creativos en la ingeniería, manufactura y en la construcción. Las áreas de aplicación son múltiples y crecen a paso seguro. Las principales funciones engloban todos los rangos de funciones, listados para los anteriores Geosintéticos: separación, refuerzo, filtración, drenaje y una barrera que impide el paso de líquidos.

GEO-OTROS

En el área de los Geosintéticos hay tanta innovación que hay algunos sistemas que no se los puede categorizar. Dentro de los Geo-Otros encontramos sólidos formando hilos o fibras, anclajes, poliméricos, y celdas de sólidos en cápsulas.

Solo para darnos una idea del tremendo crecimiento que los Geosintéticos han tenido podemos tomar como referencia que en 1992 se obtuvo una ventas totales de \$ 648 millones de Geomembrana, y de \$ 390 millones de Geotextil, solo en los Estados Unidos lo que por venta totales de Geosintéticos dio \$ 1.3 Billones en 1992. Nunca antes algún material había captado tanto la atención de la comunidad de la ingeniería.

2.1.2. MATERIALES POLIMERICOS

La mayoría de los Geosintéticos están hechos a partir de polímeros sintéticos. A continuación se dará una breve descripción sobre la composición estructural de los polímeros.

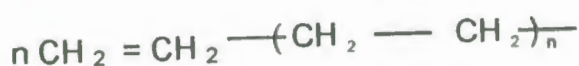
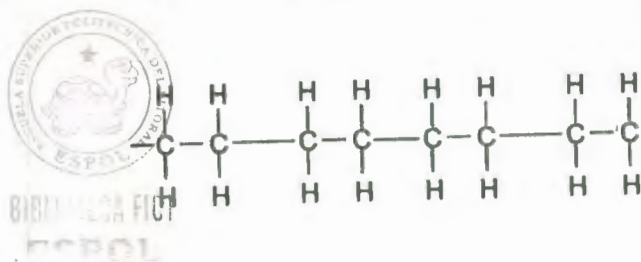
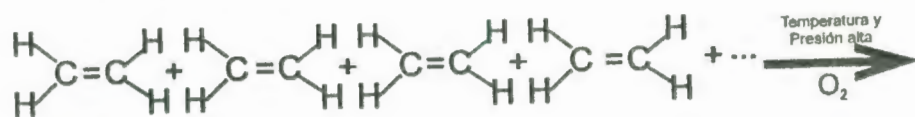
El término Polímero proviene del término griego POLYS = que significa " MUCHOS " y MEROS = que significa " PARTES " . Entonces un Polímero consiste en muchas partes unidas formando un todo. Cada parte o unidad es llamada un manómero. El Manómero es el elemento molecular usado para producir el polímero. Los Manómeros y las unidades moleculares repetidas son diferentes. Esto es debido al proceso de polimerización. La funcionalidad (que es el número de sitios donde una molécula manomérica puede conectarse con otras moléculas manomérica) determina el tipo y longitud de la cadena.

Para explicar mejor el asunto de los Polímeros y al Polimerización veamos algo de Química Orgánica:

Como todos sabemos la química orgánica no se reduce al estudio de los productos naturales o compuestos producidos por organismos vivos. Es el estudio de los componentes del carbono. Estos pueden experimentar reacciones ácido - base, oxidación - reducción , polimeración y muchas otras más. La extensión de sus propiedades es enorme. Algunos compuestos del carbono temen la resistencia del acero y provienen del petróleo, que es una mezcla

de compuestos de carbono gaseoso, líquidos y sólidos, que se encuentran en depósitos de rocas sedimentarias en toda la tierra. El petróleo contiene miles de compuestos químicos diferentes, pero sus principales componentes son los hidrocarburos, compuestos de hidrogeno y carbono únicamente.

Los alquenos son un grupo de hidrocarburos gaseosos entre ellos el etileno. La reacción característica de los alquenos es la adición. Tiene gran importancia el que las moléculas de alquenos se unen entre sí en determinadas condiciones; a altas presiones y temperatura y en presencia de oxígeno, el etileno experimenta una polimerización de adición. En esta reacción las moléculas de etileno se unen entre sí y producen alcanos de cadenas largas lo que constituye los plásticos.



Este producto se denomina Polietileno. En esta reacción el etileno se llama monómero (unidad simple), y el polietileno se llama polímero (muchas unidades). Debido a que el Polietileno es fuerte insoluble en muchos líquidos comunes y resistente al ataque químico ha reemplazado en muchas aplicaciones al vidrio, el acero, el cobre y el aluminio.

Las propiedades físicas del polietileno y de otros polímeros dependen de la longitud de la cadena y del peso molecular promedio. Según su aplicación la industria química produce polietileno con pesos moleculares promedio entre 20.000 y 100.000 g/mol. Fíjense que hablamos que hablamos del peso molecular promedio de un polímero sintético. A diferencia de las reacciones de moléculas pequeñas, las reacciones de polimerización originan productos con una gran variedad de pesos moleculares, los químicos de los polímeros han aprendido a controlar el peso molecular promedio y a producir un polímero en el cual los pesos moleculares individuales no difieran mucho del promedio, esto lo veremos más adelante donde definirá el PECC = Polietileno de alto Peso Molecular y Calidad controlada.

La formación de un polímero se inicia cuando un radical libre o un ion puede unirse a un monómero para activarlo. Tal sustancia se denomina iniciador. Si la concentración de iniciadores es alta, se formarán simultáneamente muchas cadenas de polímeros. Si la concentración de iniciadores es baja solo se formarán unas cuantas cadenas. Cuando la concentración del iniciador es alta se formarán muchas cadenas cortas o de peso molecular bajo; cuando la concentración del iniciador es baja, sólo se formarán algunas cadenas largas o de peso elevado. Por lo tanto el principal control sobre la longitud de la cadena es la proporción iniciador - monómero en el sistema de reacción de polimerización.

Hay un concepto importante en los polímeros que tiene que ver con la unión entre las moléculas poliméricas y sus cadenas que define su comportamiento y presentación.

Lo que unidas a las moléculas poliméricas son las fuerzas de Van Der Waals dipolas permanentes o enlaces de hidrógeno. Entre las cadenas moleculares los enlaces son generalmente muy débiles y deben ser complementados por cierta forma de conexiones

cruzadas debido a enlaces covalentes o Sistemas de enlace covalentes ¹.

El concepto de conexiones cruzadas separa dos grandes tipos de materiales poliméricos, los polímeros termoplásticos que son los que son de nuestro interés son calentados y se vuelven suaves y se les da forma y se los trabaja, luego después de enfriarse, mantienen la forma que se les dio. En el otro tipo de polímeros los duroplásticos al darles calor se derriten y degradan. Esto se debe a que enlaces cruzados no se dan en los materiales termoplásticos. Ejemplos de Termoplásticos son el polietileno (PE) , Polipropileno (PP) y el Polyester (PET) . Todos los Geosintéticos están compuestos de materiales termoplásticos.

La cristalización también existe entre los Polímeros, pero tiene un extenso rango de variaciones. Las porciones alineadas de cadenas de polímeros en pequeñas regiones son llamadas cristales. Las regiones no alineados son llamadas amorfas.

¹ Fuerzas de Van Der Waals son fuerzas eléctricas débiles, la atracción entre las moléculas polares es un ejemplo de la acción de las fuerzas de Van Der Waals (Fuente Longo pág. 144 Química General)

La mayoría de los polímeros usados en la manufactura de los Geosintéticos son termoplásticos amorfos o semicristalinos. El grado de cristalización varía desde 0 hasta 30 % en algunos

Cloruro de Polivinilo (PVC) y llega hasta un 70 % en Polietilenos de alta densidad (HDPE)

Un incremento en la cristalización acarrea los siguientes resultados:

- Incremento en la rigidez y la dureza.
- Incremento en la resistencia al calor.
- Incremento en la fortaleza a la tensión.
- Incremento a la resistencia química.
- Decrecimiento de la permeabilidad difusiva (o transmisión de vapor).
- Decrecimiento de la flexibilidad.
- Decrecimiento de la resistencia a los esfuerzos de corte.



No existe ningún material Geosintético 100 % puro de resina de polímero. En todos los casos, la resina principal lleva en su formulación aditivos, selladores, extrusores y otros agentes para una variedad de propósitos. Los aditivos, en estado líquido o sólido son usados como colorantes, absorbentes de rayos ultravioleta, plastificantes, retardantes de combustión, estabilizadores de temperatura, Lubricantes, agentes formadores o agentes antiestáticos. La mezcla resultante puede ser homogénea o heterogénea, dependiendo de los parámetros de solubilidad de los aditivos contra la resina polimérica primaria.

Los aditivos en estado de partículas más comunes son:

- Carbonato de calcio.
- Carbón Negro
- Esferas de vidrio, pedazos pequeños y gránulos.
- Polvos metálicos y virutas.
- Minerales de Silicato como la arcilla, el talco y la mica.
- Minerales de Sílica como el cuarzo.
- Oxidos metálicos como la alúmina.
- Bioxidos.
- Otros Polímeros sintéticos.

- Aditivos Líquidos
- Plastificante
- Selladores
- Colorantes.

Aditivos Fibrosos (no muy utilizados)

- Vidrio.
- Carbón y Grafito.
- Celulosa como la alfa celulosa.
- Polímeros sintéticos como el nylon.
- Metales (hilos de acero)



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

2.1.3. MEMBRANA GEOSINTÉTICA DE HDPE

HDPE (High Density Polyethylene) o Polietileno de alta densidad o polietileno de calidad controlada son los nombres que se asignan a la Geomembrana escogida para revestir los canales Chongón - Sube y Baja y el Canal Azúcar - Río Verde, este es un tipo de revestimiento flexible que garantizará la impermeabilidad del lecho del canal, aplicada directamente sobre la superficie refinada de la excavación o terraplén, debidamente anclada en los bordes y en otros puntos adecuados.

Para la especificación de una Geomembrana, deben considerarse varios factores; desde los económicos, los reglamentos de preservación del medio ambiente, facilidades de instalación entre otros.

España ha elaborado proyectos de normas (UNE) para cubrir los aspectos de fabricación e instalación de Geomembranas, lo que implica un acervo de investigaciones para definir las especificaciones. El proyecto de Norma UNE 104.421 define las exigencias para la puesta en obra y conservación de los sistemas de impermeabilización de embalses para riego o reservas de agua con Geomembranas impermeabilizantes formadas por laminas de polietileno de alta densidad (HDPE).

Por su parte, los Estados Unidos de América, a través de la ASTM, tiene desarrollada, desde hace mucho tiempo la normativa que cubre todos los aspectos de calidad de los materiales, así como los métodos de ensayos de materiales en fábrica. Siendo esta normativa de uso internacional reconocido, son adaptadas en diversos países, para la fabricación de sus productos. Así, en Brasil, las normas NBR 9690 de la asociación Brasileña de Normas

Técnicas, también establece parámetros para las Geomembranas de HDPE, sin embargo los productos fabricados en ese país cumplen muchas veces tanto los requisitos de su norma local, como el requerimiento exigidos por los Standares de la ASTM y del DIN.

La fabricación de Geomembranas en Alemania es regulada por las Normas DIN. La Internacional Standar Organizati3n (ISO), tiene establecidas normas que pretenden tener aplicaci3n internacional.

Las especificaciones que deben prevalecer en un pliego de condiciones para la ejecuci3n de cualquier obra est3n relacionadas sustancialmente con las propiedades f3sicas y mec3nica del material, sobre lo cual se debe ejercer un estricto control en f3brica.

Estos par3metros se observan como estrictos acordes con la calidad y durabilidad esperada de la obra. Existen algunos fabricantes que elaboran materiales que cubren estas especificaciones, en Europa, Estados Unidos de Am3rica y en Sudam3rica. Ellos est3n preocupados constantemente en la

mejora de sus productos. Ultimamente se ha investigado, incluso, el comportamiento de las placas bajo esfuerzos microbiológicos, para lo cual se instituyó un ensayo denominado test de "altramuz", en el cual se observa, después de varias semanas de enterrado que no hay penetración alguna de raíces ni huellas de raíces o vegetaciones. Se ha comprobado también la resistencia a las termitas y a los roedores.

Con relación a la capacidad de conducción de los canales revestidos con láminas plásticas, los estudios más confiables y concretos identificados, corresponden a los Martin Vide J.P.; Puertas Argudo, J, y Dolz Ripolles, J (dpto. Ing. Hidráulica Marítima y Ambiental - UPC; Barcelona, España, el que se determinó en experimentaciones en sitio un coeficiente de Manning, de 0.0135 para recubrimientos de HDPE, de 1mm de espesor, lo que lo ubica con características superiores a los demás plásticos y al hormigón. Obviamente el escaso espesor de la lámina probada refleja en el coeficiente determinado, la influencia del sustrato por lo que con espesores mayores puede esperarse coeficientes todavía más bajos.

MATERIA PRIMA Y PROCESO DE FABRICACIÓN DEL HDPE

Las resinas del HMW - HDPE (High Molecular Weight , High Density Polyethylene) son hechas con una gran variedad de diferentes catalizadores que incluyen: aluminun, Trialkyl / Titanium, Tetrachloride catalizadores (del tipo Ziegler) Oxido de Cromo en una matriz de Silicio y Alúmina (Tipo Phillips), o en un sistema fluido de fase gaseoso (tipo UNIÓN CARBIDE)

Las resinas de HMW - HDPE que mencionamos anteriormente es la materia primar para la fabricación de la Geomembrana junto con los siguientes componentes: varios aditivos, como antioxidantes, plastificantes, selladores, carbón negro y lubricantes (como ayuda para el proceso). Recordemos la tabla en que especificábamos las cantidades de los diferentes materiales usados para hacer los materiales Geosintéticos comerciales, la cual está en el apéndice A. Estas materias primas son procesadas en láminas de geomembranas de diferente ancho y espesor de una de las tres formas para fabricar las Geomembranas.

Hay tres métodos para producir Geomembranas estos son:
Extrusión, Por calandra o roladora y por tendido de capas.

La fabricación de la membrana a partir de la materia prima se hace por extrusión en cabezote lineal o calandra (roladora). En este proceso sólo se utiliza el HDPE y el calor. Es decir, las membranas flexibles de HDPE son fabricadas a partir de resinas de Polietileno de alto peso molecular. Obtenidas como ya se indico, de la polimerización del etileno. A través del proceso físico de extrusión - calandra, las resinas son transformadas en Geomembranas de espesor homogéneo. Los espesores de las láminas que obtenemos por este proceso van desde 30 hasta 120 mil (es decir 0,75 hasta 3 mm). El ancho de las láminas varía desde 6 a 15 pies (1,8 a 4,6 metros), cuando dos extrusoras paralelas son usadas podemos conseguir mantas de hasta 30 pies (9,1 metros).

La extrusora contiene un tornillo continuo y las mezcla de la resina polimérica con otros componentes entre por una tolva vibradora y pasa a través de una sección alimentadora, una sección de compresión y una sección de medición. Luego saldrá por un molde final después de haber sido filtrada, mezclada y moldeada.

Durante el proceso de extrusión - calandra no se agregan productos complementarios a las resinas básicas lo que da a la membrana de HDPE una excelente estabilidad térmica y dimensional, además de un mejor control de calidad del producto final.

Hay procesos para dar aspereza a las láminas de HDPE pero este no es nuestro caso, ya que necesitamos que el coeficiente de rugosidad de manning sea bajo.

El producto final debe garantizar el cumplimiento de las características ya detalladas, lo que se traduce en una óptima calidad, para reunir las características de: densidad del material, índice de fluidez, Propiedades mecánicas (tensión a la fluencia, tensión a la rotura, elongación de la fluencia, elongación a la rotura, Módulos de elasticidad); Dureza shore, fragilidad a la temperatura, estabilidad dimensional, fisura de esfuerzo en el medio, resistencia al punzonamiento; coeficiente de dilatación térmica lineal; tiempo de inducción oxidativa.



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

PROPIEDADES DE LAS LAMINAS DE HDPE

Para diseñar con Geomembranas es decir para adaptar a nuestra solución las diferentes alternativas de geomembranas y de otros materiales como el concreto o arcilla etc. debemos tener conocimiento de las diferentes propiedades de las láminas HDPE.

A continuación pasaremos a describir muchas de estas propiedades que las hemos divididos en cuatro grupos y mencionáremos y describiremos los métodos y las normas que se usan, como referencia para medir estas propiedades.

Los cuatro diferentes grupos de propiedades son:

- Propiedades Físicas.
- Propiedades Mecánicas
- Propiedades relacionadas con el buen mantenimiento de la lámina.
- Propiedades Químicas.

2.2.1. PROPIEDADES FÍSICAS

Las propiedades físicas tienen que ver con el estado en que se reciben las láminas y en un estado relajado. Estas son importantes para una apropiada identificación.

Espesor.- El espesor de la geomembrana es muy importante y está relacionada directamente con el costo de los rollos de HDPE, la determinación del espesor de la manta se la realiza directamente. En la prueba se usa un micrómetro de basta extensión bajo una presión especificada, como resultado tenemos el valor deseado. En el ASTM D5199 esta la metodología para la medición de la geomembrana, la presión que debe darse por medio del micrómetro es de 20 KPA (2,9 Pb / in^2). Las láminas de HDPE pueden superar los 5 mm de espesor y su medición debe realizarse en diferentes puntas.

Densidad.- La densidad o gravedad específica de la geomembrana depende de los materiales básicos con los que fue hecha. Existe una variación notable incluso entre polímeros genéricos. El polietileno viene en una muy baja densidad, baja densidad lineal,

densidad media y variedades de alta densidad. El rango de todas las geomembranas de polímeros cae dentro de los límites generales 0,85 hasta 1,50g / cm³. Un método muy aplicado es el ASTM D792 este se basa en el principio fundamental de Arquímedes de gravedad específica que es el peso del objeto en el aire dividido para su peso en el agua.

Un método más seguro y que puede ser usado para materiales con densidad menor a 1, es el ASTM D1505, que es la determinación de la densidad por la columna de densidades. Una larga columna de vidrio conteniendo líquido que varía desde una densidad alta en el fondo hasta una densidad alta en el borde superior es usada. Por ejemplo Isopropanol y agua son muy usados para medir densidades menores a 1, mientras que Bromuro de Sodio y agua son usadas para densidades mayores de 1. Esferas de densidad conocidas se sumergen en la columna para formar una curva de calibración. Pequeños pedazos del polímero puesto a prueba se hecha a la columna son usados para la calibración de la curva para hallar la densidad desconocida. La presión es buena, alrededor de 0,002g/cm³, cuando los cuidados adecuados son tomados en cuenta.

La clasificación ASTM para las resinas de HDPE requiere de una densidad $\geq 0,941 \text{ g / cm}^3$, a pesar que todas mantas de HDPE comerciales usan resinas desde 0,934 hasta 0,938 g / cm^3 . Así la resina esta actualmente en el rango de densidad media, o MDPE. Solo agregando carbón negro y aditivos a la formulación su densidad aumenta hasta 0,941, o mucho más alta. Así todo lo que llamamos HDPE por la industria de las geomembranas es hecha a partir de resinas MDPE.

Índice de fluidez o de Fusión.- Esta prueba es usada regularmente por fabricantes de geomembranas como un método para contratar la uniformidad de los polímeros. Esta se relaciona a la fluidez del polímero en su estado de fusión. Esto es usado tanto para la resina tanto como para la lámina final de HDPE. El método usado para esta prueba es el ASTM D1238. Se da una cantidad de Polímero y se la calienta en un horno hasta que se derrita, una carga constante presionará la muestra a través de un orificio y fuera del recipiente de la prueba. El índice de fluidez es el valor del peso del material extrusado en gramos de 10 mm. Mientras mayor es este índice de fluidez menor la densidad del polímero.

En la prueba se consideran dos diferentes pesos que obligan a que el material extrusado salga del orificio: por ejemplo, un ensayo se lo hace con un peso de 2.16 Kg y el siguiente con un peso de 1 Kg. Las resultantes valores del IF están dados por la siguiente relación.

$$TF = IF_{5.0} / IF_{2.16}$$

Donde TF = Tasa de fluidez

$IF_{5.0}$ = Indice de fluidez bajo 5 Kg. de peso

$IF_{2.16}$ = Indice de fluidez bajo 2,16 Kg. De peso.

Un alto valor de tasa de fluidez indica una amplia distribución de pesos moleculares, y un sin número de relaciones han sido propuestas,

Este ensayo es muy importante para controlar la calidad tanto de la geomembrana como la resina de polietileno y veremos con mayor detalle y resultados en la sección 2.6

Masa por Unidad de Area (Peso).- El peso de la Geomembrana que es la consideración de la masa por unidad de área pero se le



llama simplemente peso, que lo expresamos en onzas por yarda cuadrada (Oz / yd²) o en gramos por metros cuadrados (g / m²).

La conversión entre estas dos unidades es:

$1 \text{ Oz / yd}^2 = 33.9 \text{ g / m}^2$. Para esta prueba seguimos lo establecido por ASTM D1910.

Transmisión de Vapor de Agua.- Desde que sabemos que no existe nada absolutamente impermeable. El cálculo de la impermeabilidad relativa de las geomembranas es un punto muy importante . Este método es usado como una adaptación de una prueba de ingeniería Geotécnica usando el agua como elemento penetrante: Sin embargo esto podría resultar impráctico. En este caso los cabezales hidráulicos requeridos serían tan grandes que provocarían en la muestra resultados muy variables. Con cabezales hidráulicos muy bajos, tiempo muy largos de prueba ocasionarían problemas de evaporación. En una prueba de transmisión de vapor de agua, la muestra es sellada sobre una copa de aluminio con agua y un agente secador en ella, y una diferencia de humedad relativa es mantenida. Las normas de la prueba están en el ASTM E 96. Con agua en la copa (100 % de

humedad relativa) y baja humedad relativa fuera de este, una ganancia de peso con el tiempo se podrá monitorear. El tiempo requerido es variable es variable, pero es usualmente desde 3 hasta 30 días.

Los materiales con extremado bajo valor de TVA no son necesariamente los mejores para contener todo tipo de líquidos, esto lo veremos mejor más adelante.

Transmisión de Vapores de Solventes.- Cuando lo que se contiene es un líquido diferente al agua, el concepto de permeabilidad debe ser considerado. El peso molecular y la atracción del líquido con el material polimérico lineal da como resultado diferentes valores de transmisión de vapor que cuando se usa agua. Como veremos en la tabla de materiales los solventes orgánicos están en esta categoría.

La prueba es similar a la del ASTM E96 , del test de transmisión de vapor de agua, con el cambio de que ahora el solvente es colocado dentro de la copa. Lógicamente se debe tener cuidado y un apropiado procedimiento cuando se usa materiales peligrosos o

radiactivos. Por lo general esta prueba se debe hacer cuando la membrana en su uso está expuesta a químicos, gases de radón, Hidrocarburos etc.

Dureza Shore.- Esta propiedad determina o da una idea de la dureza de la Geomembrana. Este método se basa en la penetración de un aparato llamado lápiz durómetro Shore diseñado para medir y determinar esta dureza, ya dentro de las propiedades físicas de las geomembranas la dureza es una de las más importantes si es que no la más importante, tiene directa relación con la respuesta en el campo de aplicación. El lápiz durómetro Shore emplea una escala vernier graduada cada cinco con interpolación a dos puntos, que puede ser medido a simple vista.

Las muestras a las que se les va a medir su dureza deben tener un espesor mínimo de 6 mm, en nuestro caso donde la geomembrana que es de HDPE tiene 2,0 y 2,5 mm de espesor midió su dureza colocando varias capas una encima de la otra. Se recomienda el ensayo sea hecho en una temperatura de $23 \pm$. Para esta prueba se sigue lo establecido en el ASTM D2240. Este ensayo lo veremos detallado con resultados en la sección 2.6

Variación de Espesor.- Para establecer la variación del espesor en la manta de Geomembrana seguimos los pasos de la ASTM D1593, donde nos dice que las mediciones de espesor deben hacerse en cinco diferentes y espaciados lugares y porcentaje de variación del espesor para rollos a partir de un proceso de calandrado y extrusión, como es el caso de la membrana HDPE debe ser del orden de ± 10 por ciento en relación con el espesor especificado.

Deflexión por Temperatura.- Siguiendo las especificaciones del ASTM D648. El método de la deflexión por temperatura de elementos plásticos bajo carga flexionantes lo que este cubre es la determinación de la temperatura a la cual una deformación arbitraria ocurre cuando mis muestras son expuestas a una serie de condiciones arbitrarias en la prueba. Los datos obtenidos esta prueba pueden ser usados para el comportamiento de la geomembrana a elevadas temperaturas. Sólo cuando los factores de tiempo , temperatura , métodos de carga y tensión en las fibras son similares a las especificadas por las pruebas. Este método se

aplica a láminas no menores de 3 mm y de mayor espesor que bajo condiciones normales de temperatura es rígido.

Para láminas de espesor menor que 3 mm. pero mayor de 1mm. se deben unir varias muestras para tener un espesor mínimo del conjunto de 3 mm.

Este método consiste en someter a una barra de sección transversal rectangular como si fuera una viga simple bajo una carga aplicada al centro de la misma para dar una máxima tensión en las fibras de 455 K Pa o 1820 K Pa. La muestra es colocada bajo cargas en un medio de un ascenso en la temperatura de 2 ± 0.2 °C / min. La temperatura en el medio es medida, cuando la barra de la muestra se ha deflectado 0,25 mm. Esta temperatura es anotada como la temperatura de deflexión bajo cargas flexionantes de la muestra.

Este ensayo lo veremos detallados con resultados en la sección 2.6

Punto de Ablandamiento.- Llamado punto de Ablandamiento para plásticos de Vicat, se siguen las especificaciones dados por la



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

ASTM designación D1525. El objetivo de esta prueba es determinar la temperatura a la cual la penetración de una aguja especificada ocurre en muestras a condiciones de pruebas indicadas. Este método es especialmente utilizado para elementos de polietileno pero puede emplearse en otros materiales. El dato obtenido por este método puede ser usado para comprar las cualidades de ablandamiento al calor de los materiales de Polietileno. Las variaciones de los valores en este método entre diferentes laboratorios esta en 3°C , mientras la variación dentro de un mismo laboratorio es de 2°C .

Como ya se había mencionado el punto de ablandamiento Vicat es la temperatura a la cual una aguja de punta plana de 1mm^2 de sección transversal va a penetrar una profundidad de 1mm . bajo una carga específica usando un incremento uniforme de temperatura. Existen dos razones de incremento de temperatura que pueden usarse.

Razón A $50 \pm 5^{\circ}\text{C} / \text{h}$

Razón B $120 \pm 12^{\circ}\text{C} / \text{h}$



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

El valor promedio de punto de ablandamiento para el Polietileno de alta densidad es de 127.9 °C .

Existen otras propiedades físicas que algunos fabricantes señalan a sus compradores para que tengan una mejor idea de la respuesta que puede tener la Geomembrana bajo condiciones de trabajo, algunas de estas propiedades físicas son:

Viscosidad Específica

Tensión de Fracción DIN 53455

Tensión límite flexión DIN 53452

Módulo resistencia torsión DIN 53447

Módulo Plástodeformación

Dureza bola DIN 53456

Resistencia Impacto entalladura DIN 53453

Coefficiente medio dilatación lineal DIN 52328

Conductividad Térmica A 200C DIN 52612

Resistencia Transversal

Resistencia Superficial

Rigidez dieléctrica



BIBLIOTECA FICTICIA
ESPOL

Temperatura de trabajo (que puede ir desde -40°C hasta 80°C).

Módulo de elasticidad.

Peso molecular



2.2.2. PROPIEDADES MECÁNICA

Existen muchas pruebas mecánicas para probar la respuesta de las láminas poliméricas o diferentes tipos de esfuerzos. Las principales las explicamos a continuación.

RESISTENCIA AL PUNZONAMIENTO.- El estado de cargas que se define bajo el nombre de punzonamiento es el que tiene lugar cuando un objeto de pequeños tamaños, sobresaliendo de una plano de base, punza la lámina tendiendo a hincarse en esta. El concepto de resistencia al punzonamiento puede relacionarse con la perforación, ya que daño resultante es la perforación de la lámina.

Este estado de esfuerzos se da tanto en servicio de bajo carga de agua. Aspecto importante por su condición de carga permanente, como al poner la lámina en obra (basta pensar en la lámina

extendida en el suelo sobre gravilla o arena mientras circula el personal y la maquinaria por encima) Asimismo el crecimiento de raíces bajo la lámina puede ser otro motivo para comprometer a la geomembrana.

Al llenar de agua obra revestida con una lámina expuesta en superficie, sea en un canal o en otra obra hidráulica una de sus caras se ve sometida a un estado hidrostático de presiones. La cara opuesta estará sometida a cargas compensadoras ejercidas por el soporte; cuando más irregular sea este, mayor probabilidad habrá de que las cargas se ejerzan de un modo puntual por medio de vértices y aristas, creando una situación de punzonamiento.

En estas condiciones, una lámina con insuficiente resistencia que sufra una perforación ocasionará el colapso de todo el revestimiento, ya que se perderá la impermeabilidad y se crearán bolsas de agua bajo la lámina que impedirán la estabilidad geométrica del canal. Los problemas de este tipo en la manta solo se aprecian cuando ya una fisura o abertura se ve en la manta.

El método más aproximado para simular las condiciones de punzonamiento que se ven en la práctica es el de ASTM D5494, pero un método alternativo para medir esta resistencia es el de la designación D4833 (que es sugerido para todos los geosintéticos) . En este método la geomembrana de HDPE es sujeta sobre un molde o anillo vacío de 45mm de diámetro. Este elemento ensamblado es colocado dentro de una máquina compresora que posee una vara dentro con botón biselado o plano. La vara presiona la geomembrana mientras la empuja . La razón de carga recomendada es de 30 cm / min. La resistencia al punzonamiento de geomembranas está en el orden de 45 a 450 N para los que son de espesor fino y no reforzadas se puede llegar hasta valores de 0.2 hasta 2.2 KN. Para nuestro caso que tenemos una geomembrana de HDPE de 2 y de 2.5 mm los valores esperados son de acuerdo al gráfico abajo mostrado de :

Resistencia al punzonamiento

HDPE de 2 mm \approx 900 N

HDPE de 2.5 mm \approx 1000 N



NOTECIA FICT
FSPOL

RESISTENCIA AL IMPACTO.- Objetos que caen, incluyendo materiales de cobertura del plástico pueden penetrar y causar grietas, fisuras e inclusive pueden iniciar un proceso de propagación de fisuras o roturas. Esta hace imprescindible el cálculo de la resistencia al impacto de la geomembrana. Existen una serie de numerales en el ASTM sobre esto los cuales son:

ASTM	D1709(lanzamiento en caída libre)
ASTM	D3029(caída de pesos)
ASTM	D1822, D746, D256, y D3998 (impacto de tipo pendular)



Como podemos ver hay varios métodos para poder estimar la resistencia al impacto, inclusive existe una adaptación a la prueba de desgarramiento de Elmendorf hecha por Spencer; en la cual se utiliza un péndulo para generar energía e impactar a una muestra que esta sujeta por un mecanismo, esta medición nos da en Joules o pies , libras este procedimiento esta en el ASTM D1424.

En el ASTM 1822 se utiliza una muestra con una ranura y con forma ancha en sus extremos y redondeada, unidas por una parte

más angosta en esta prueba el péndulo imparte un esfuerzo de tensión al impactar, esto es comúnmente usada para geomembranas de polietileno, para las muestras de 2 y 5 mm con el método anterior se obtuvieron los siguientes valores de energía.

HDPE	2mm	≈	62 J
------	-----	---	------

HDPE	2.5mm	≈	84 J
------	-------	---	------



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

Este ensayo con sus resultados lo veremos en la sección 2.6

RESISTENCIA AL DESGARRO.- Esta propiedad representa un estado complejo de esfuerzos consistentes en una fracción unida a un esfuerzo cortante.

Estos estados de carga son comunes tanto en servicio como durante la puesta en obra. Una lámina, debido a la presión hidrostática sufre tracciones en las zonas que no esta directamente apoyada sobre el soporte. Esta tracción unida a un punzonamiento, bien sea por un defecto del substrato o por una acción externa (el impacto de un cuerpo flotante por ejemplo) produce los efectos

antes señalados. En las maniobras de extensión de la lámina asimismo cualquier defecto de éste unido a la tracción propia de la extensión, puede dar lugar a situaciones de desgarro.

El estado de esfuerzos se logra en laboratorios, creando una línea de rotura preferente, ya sea por un corte o por un ángulo vivo, y traccionando la muestra de modo que se generen además, debido a la geometría de la misma, tensiones tangenciales. La resistencia al desgarro representa en esencia la oposición que ofrece la lámina a la propagación de una rotura bajo estados de carga que tiendan a abrirla. Esto se ve reflejado en los ensayos normales que presentan direcciones de rotura muy marcadas simulando zonas débiles o roturas de la lámina.

En el caso de láminas no armadas, de comportamiento isotropo, no importará la dirección del ensayo.

La resistencia al desgarro puede ser hecha de muchas formas: ASTM D2263, D1004, D751, D 1424, D2261 y D1938, todos cubren el mismo tema.

Todos los métodos de ensayo se basan en el llamado " Tongue Tear-method ". Se toma una muestra alargada (3 X 8 pulgadas en ASTM D751) y se práctica un corte en el lado corto para crear una dirección de rotura preferente paralela al lado largo (de 75 mm de longitud en ASTM D751). Se toman con dos sendas grapas las dos bandas resultantes y mediante una prensa se separan rasgando la muestra a velocidad constante (12 pulg/min. En ASTM D751, 20 pulg./min en ASTM D624, 2 pulg/min. En ASTM D1004) registrando la fuerza que es necesario aplicar.

Una variante es utilizar probetas de tipo " pantalón " en que la dirección de rotura preferente se obtiene mediante un ángulo de 90° que tiende a abrirse al traccionar la probeta.

Siguiendo el procedimiento del ASTM D1004 se obtuvo para una lámina de HDPE de 2 mm de espesor una resistencia al desgarre o rotura de 4000Lb/plg. Es decir 27.56 MPa .

RESISTENCIA HIDROSTÁTICA.- La presión hidrostática es proporcional a la profundidad de inversión. Es una carga siempre normal a la superficie sobre lo que se aplica. En este sentido es

una carga de compresión ordinaria que será tanto más importante cuando mayor sea la profundidad. Así será en general más importante en revestimientos de impermeabilización de embalses que de canales.

Esta propiedad representa la resistencia a lo que podríamos llamar "perforación inversa". En efecto la superficie de apoyo de la lámina en el soporte puede tener tanto elementos sobresalientes (resistencia al punzonamiento como a la inversa oquedades o vacíos. En estas regiones la carga no se encuentra compensada por la reacción del substrato, la lámina se deforma adaptándose a la oquedad y las presiones hidrostáticas actuando sobre la lámina deformada representa un estado complejo de tensiones. Debe considerarse además que los defectos de vacío en el apoyo de las láminas pueden ser más frecuentes y de una mayor magnitud que los de punzonamiento, especialmente en la reparación de canales antiguos.

La resistencia hidrostática se relaciona en los ensayos con el primer defecto de permeabilidad en la lámina sometida a tal estado de cargas. Las normas ASTM recogen en sus standard D751 una

descripción del instrumental y los procedimientos de ensayos recomendados. La norma propone dos métodos de ensayo.

■ Método A

El instrumental consiste en una prensa hidráulica de presión regulable. La lámina se coloca en un anillo de 4 pulgadas de diámetro exterior, quedando un diámetro interior expuesto a la presión de 1.75 pulg. Existen dos procedimientos de ensayo.

A-1 Ejercer una presión creciente hasta que se detecte Paso de agua a través de la lámina. Se toma como resultado la media de presión en los ensayos significativos (con resultados no discrepantes en exceso).

A-2 Aplicar una presión constante de 14 KP a durante 5 minutos y comprobar que el agua no ha traspasado la lámina en ese tiempo. El ensayo da por válido la lámina si este resultado se da en ocho muestras en diez ensayos.



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

■ Método B

El instrumental consiste en una columna de agua de altura variable, en cuya base se dispone un anillo de 6.75 pulg. De diámetro interior, en la cual se sitúa la lámina. Existen así mismos dos procedimientos de ensayo

B-1 Llenar la columna gradualmente y medir la altura para lo que se registra el pase de la primera gota a través de la membrana.

B-2 Llenar hasta una altura determinada y mantenerla en cierto tiempo, la norma no especifica los valores íntimos

COMPORTAMIENTO DE JUNTAS.- La unión de láminas de geomembrana debido a una junta puede ser más débil que la geomembrana sola. Esto es una verdad en las juntas hechas en el campo, ya que aquellas realizadas en fábrica son supervisadas bajo un estricto control de calidad y superan a las anteriores en resistencia. Diferentes métodos de juntas y soldaduras de las geomembranas serán discutidos más adelante. Para determinar la resistencia de la junta de las geomembranas hay varias pruebas:

ATSM D4337, D3083, D751, D4437, D413. En dos tipos de métodos se agrupan las anteriores pruebas en métodos por corta y por el método de desprendimiento o en inglés llamado " peel " que significa pelar. En el primero de los extremos de las láminas unidas o soldadas se tensan para tratar de separarlas creando de esfuerzo de corte en la junta. Para el segundo método de " peel " se agarran o fijan los extremos. Libres de las láminas a la máquina que ejerce Tracción quedando la zona de la junta entre los extremos y sometida a tracción. El método de corte refleja mejor la realidad, es decir los esfuerzos cortantes que soporta la geomembrana. Los resultados entre estos métodos variara mucho y dependen del tipo de junta. Luego de hechos los ensayos nos daremos cuenta que la resistencia de la junta es menor a la del material original. Para realizar estas pruebas hay que considerar los siguientes puntos:

A que tipo de prueba hay que someter, a la junta a la de corte a la de desprendimiento o ambos para asegurar un mejor funcionamiento de la manta bajo condiciones de uso.

Donde ocurrió la falla en la zona de la junta o en algunas partes adyacentes a esta del material de la geomembrana.

¿ Que porcentaje de resistencia del material de HDPE soporta la junta. ?

Es la elongación en la falla de extrema importancia para medir la calidad de la junta.

COMPORTAMIENTO BAJO TENSIÓN.- Hay un número de pruebas para chequear el comportamiento bajo tensión de muestras de geomembranas las cuales suelen ser pequeñas en tamaño, y comúnmente son usadas para control de calidad y una calidad garantiza en la manufactura de las láminas los procedimientos de las pruebas generalmente usados son cubiertos en el ASTM D638, D882, D751. En la tabla que a continuación mostramos están los detalles de las pruebas más recomendadas.

La respuesta de la manta al hacer estas pruebas es la de seguir un gráfico que se genera, es la de mostrar un pronunciado punto de fluencia, una ligera o suave caída, y luego se extiende en una

deformación que puede llegar al 1000 % luego de haberse dado la falla. Las pruebas antes mencionadas las llamamos pruebas de índice o indicadores, en estas usamos anchos y espesores originales de las muestras para calcular esfuerzos y un medidor de longitud para controlar la deformación.

Detalles las pruebas recomendadas para las geomembrana de HDPE y de las juntas para los ensayos de corte y desprendimientos.

TABLA # 4 Tipos de prueba para el HDPE

TIPO DE PRUEBA	HDPE
Prueba de tensión de láminas	
ASTM Prueba	D638
Forma de Muestra	Dumbell
Ancho de Muestra (in)	0.25
Longitud de muestra (in)	4.50
Longitud de calibración (in)	1.30
Tasa de deformación (ipm)	2.0
Esfuerzo (psi) o (lb)	Fuerza / (0.25 T)
Deformación (in / in)	Elong. / 1.30
Módulos (psi)	Del Gráficos

TABLA # 5 Pruebas de corte en juntas de HDPE

PRUEBA DE CORTE EN JUNTAS	
ASTM PRUEBA	D4437
Forma de muestra	Tira) Rectangular)
Ancho de muestra (in)	1.00
Longitud de muestra (in)	6.0 + junta
Longitud de calibración (in)	4.0 + junta
Tasa de deformación (ipm)	2.0
Esfuerzo (psi) , (ppi) o (lb)	Fuerza / (1.00 x t)



TABLA # 6 Pruebas de desprendimiento en juntas de HDPE

Prueba de desprendimiento en juntas	
ASTM PRUEBA	D4437
Forma de muestra	Tira (Rectangular)
Ancho de muestra (in)	1.00
Longitud de muestra (in)	4.00
Longitud de calibración (in)	n / a
Tasa de deformación (ipm)	2.0
Esfuerzo (psi) o (ppi)	Fuerza / (1.00x t)

BIBLIOTECA FACI
55901

Donde: n / a =no aplicable

t=espesor de la geomembrana

psi=Libras/pulgadas al cuadrado de la sección transversal del espécimen

ppi=Libras/pulgadas lineales ancho de muestra

ipm=Pulgada/minuto

Fuerza=La máxima fuerza conseguida para la falla de una muestra.

In=Pulgadas

Dumbbell=Con extremos esfericos y una unión más delgada entre ellos.

Dentro del estudio del comportamiento a la tensión, está el método de ancho uniforme. El factor más crítico en el anterior método descrito es la contracción en la región central dando un comportamiento unidimensional que no se da en el campo de aplicación. Por esto un ancho uniforme y mayor en la muestra es el deseable. Que tan ancho, es materia de discusión pero se adoptado 200mm para probar geomembranas (ASTM D4885). La tasa de deformación recomendada por la D4885 para geomembranas es 1mm / min. Por esto para una geomembrana

como la HDPE que tiene 1.000 % de deformación a la falla, la prueba requiere de 16,7 horas.

Existe otra forma de estudiar el comportamiento bajo tensión en forma simétrica axial. Hay situaciones cuando la tensión sale de los planes de esfuerzos cuando se presenta una deformación bajo la geomembrana es un ejemplo de este caso. Esta situación puede ser modelado colocando una geomembrana en un contenedor vacío, un apropiado sello se hace a la sección de cobertura y el agua es introducida sobre la geomembrana. Se incrementa la presión hasta que la falla se da en la muestra de prueba, a esta prueba se le puede hacer una serie de variaciones hay que señalar que el HDPE falla a pequeñas elongaciones pero teniendo que soportar altos esfuerzos.

ANCLAJE DE LA GEOMEMBRANA.- La membrana de HDPE cuando es usada como recubrimiento de canales esta entre dos materiales y en sus extremos es sometida a tensión debida al anclaje de la manta. Este comportamiento se lo puede simular en laboratorio utilizando una geomembrana de ancho de 200mm

medida entre varios canales. Los canales están sometidos a presión debido a gatos hidráulicos y la parte final suelta es colocada con elementos sujetadores a una máquina de prueba de tensión. Los canales son arreglados con materiales de características similares a los encontrados en el terreno de aplicación. La tensión se propaga desde el extremo que se tensa hasta la parte anclada para propósitos de diseño uno busca la profundidad de anclaje necesario para movilizar una posición de la geomembrana sometida a esfuerzo. Dependiendo de los esfuerzos normales aplicados la distancia de anclaje varía de 50 a 250 mm.

TENSIÓN A LAS GRIETAS (FLEXIÓN DE TIRAS).- Llamado grietas esforzadas debido al medio ambiente, que está en ASTM D1693, esta prueba solo se aplica al polietileno. Mientras mayor es la densidad, incrementa la cristalización y mayor importancia tiene la prueba. Las pequeñas muestras son de 38 x 13 mm, hechas una controlada imperfección en su superficie; que es una ranura de la mitad del espesor de la membrana que va en el centro a lo largo de la dimensión mayor. Las muestras se las dobla en forma de U y se la coloca en soportes de un canal. Esta unión es inmersa en una superficie húmeda a una temperatura de 50°C.

Tensión a las grietas es definido como una interna o externa ruptura en el plástico causado por esfuerzos de tensión menores a los esfuerzos mecánicos' de periodo reducido. El ensayo trata sobre la porción del total de ensayos hechos que se agrietan en un tiempo dados por lo general las especificaciones hablan de 0 ensayos agrietados en 1.500 horas.

TENSIÓN A LAS GRIETAS (CARGA CONSTANTE).- Un tipo diferente de ensayo para geomembranas de polietileno es la ASTM D5397 . En este una muestra de forma chimbell (acampanado) es sometida a una carga constante (a un porcentaje de su esfuerzo de fluencia) en una superficie con un agente húmedo a una temperatura de 50°C , con la muestra ranurada. Luego de haber evaluado una serie de muestras queda indicado el comportamiento de dúctil quebradizo para diferentes porcentajes de esfuerzos de fluencia.

RUGOSIDAD HIDRÁULICA.- Los cálculos de movimiento del agua en láminas libres llevan asociados un coeficiente empírico de rugosidad que debe estimarse previamente. La estimación del más común de ellos, el coeficiente de rugosidad de Manning, se hace

recurriendo a la experiencia o a la guía proporcionada por diversas tablas. La elección de un valor del coeficiente de rugosidad influye notablemente en dimensionamiento de un canal para el transporte de un cierto caudal, en las expectativas de aumento de capacidad después de una intervención de mejora de su revestimiento o en los perfiles del agua durante la explotación.

En diversas actuaciones de mantenimiento reparación o mejora de un canal se modifican las características de rugosidad del revestimiento. Esto puede ser resultado indirecto de intervenciones cuyo objetivo es la estabilidad estructural del canal o la supresión de las filtraciones. Cuando la deseada impermeabilidad se consigue mediante un nuevo revestimiento superficial (por ejemplo con láminas de polímeros) , también puede contemplarse como resultado de la actuación una mejora de las características de rugosidad del canal. Esto representaría un aumento de capacidad de transporte, sin realizar obra civil de ampliación de sección.

La estimación del coeficiente de Manning de revestimientos con materiales nuevos, como las láminas de HDPE , carecen incluso de la orientación proporcionada por las tablas. De este modo no

existe base alguna para estudiar que mejora en la capacidad de transporte puede esperarse de un revestimiento de esta clase. En el caso de la geomembrana de HDPE existen varios problemas para determinar el coeficiente en cada caso al cual la manta se adapta a sus irregularidades además de los defectos de la puesta en obra (arrugas, dobleces, etc.) pueden influir decisivamente en la rugosidad final.

Existe una indicación dada por la International Commission of Irrigation and Drainage que en ausencia de otra información puede usarse un coeficiente de rugosidad de Mannig de 0,018, dada la incertidumbre sobre la calidad de la puesta en obra en un caso real.

La evaluación del coeficiente de rugosidad de Mannig de láminas plásticas debe enfrentarse en primer lugar a una dificultad de orden metodológico. El coeficiente de Manning es un coeficiente empírico que analizado rigurosamente resulta dependiente del calado para un canal dado y del tamaño del canal para una familia de canales de la misma geometría y mismo revestimiento pero diferentes tamaños. Por lo tanto solo tiene sentido asignar un valor del

coeficiente a un canal determinado y aún así subsiste la limitación de ser solo válido para un tipo determinado de movimientos (el movimiento turbulento rugoso) .

En España se han realizado varios ensayos por parte de la Universidad Politécnica de Catalunya

El procedimiento se basó en colocar en colocar la lámina sobre un substrato petrificado de hormigón y el ensayo hidráulico de un régimen permanente gradualmente variado midiendo el perfil de la superficie libre (curva de remanso) . Mediante el análisis de estos perfiles y su ajuste a la ecuación del movimiento se obtuvo la rugosidad hidráulica del conjunto formado por lámina y substrato tipo.

Luego de concluir los ensayos se apreció una reducción sustancial en el coeficiente de rugosidad de Mannig, cuando se instala una lámina plástica como revestimiento expuesto de un canal considerablemente rugoso, siempre que la puesta en obra sea de buena calidad evitando la formación de arrugas. Concretamente un canal con revestimiento de hormigón rugoso ($n \approx 0,017$) vería



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

reducido su coeficiente de rugosidad a valores de $n \approx 0,013$ utilizando la membrana de HDPE como revestimiento del canal.

2.2.3. PROPIEDADES DE DURABILIDAD Y RESISTENCIA AL PASO DEL TIEMPO.

Las láminas de polímeros expuestas a la acción de la intemperie, en su uso como revestimiento de canales y obras hidráulicas, sufren una degradación más o menos intensa. La degradación puede entenderse como una alteración y merma de las propiedades mecánicas en general, por ejemplo : volviéndose rígidas y frágiles, y otras de alteraciones de color, brillo, etc. . Los agentes causantes de la degradación , en acción combinada o no, son la radiación solar, el oxígeno y ozono, la temperatura, la humedad y otros . Desde un punto de vista químico la degradación es una función de estabilidad del polímero es decir de las energías de disociación de los enlaces químicos presente en su estructura molecular.

Como acciones de la intemperie las más importantes son radiación solar ultravioleta, ozono y la temperatura. La inmersión puede tener

importancia como acción alternante en ciclos de humedad - sequedad y así es contemplada en combinación con la radiación solar.

Las acciones debidas a intemperie e inmersión deben considerarse por tanto de gran importancia en la durabilidad del revestimiento. El defecto de durabilidad por la degradación mencionada se describe también como envejecimiento de la lámina.

ENVEJECIMIENTO TÉRMICO.

Dada la zona climática en la que se encuentra un canal o una obra hidráulica que debía ser revestida, las elevadas temperaturas pueden actuar de modo negativo sobre la durabilidad de una lámina. Esto se acentúa significativamente cuando la membrana es de color negra, caso que es usual. Los polímeros expuestos a altas temperaturas pueden sufrir cambios físicos y químicos en general con deterioro de las propiedades resistentes.

Entre los posibles efectos de la temperatura sobre una lámina polimérica debe destacar los siguientes:

- Evaporación de plastificantes, sustancias volátiles y agua tanto superficial como interna, lo que puede implicar cierta contracción en el material.
- Variación de rigidez del material, teniendo en general a remblandeserce con el calor si bien en algunos casos (duroplastos) el efecto es contrario.
- Esfuerzos térmicos.
- Evaporación de sustancias colorantes que producen manchas y alteran el aspecto inicial de la lámina.

La norma ASTM D3045 propone las directrices de un ensayo de envejecimiento térmico. El instrumental es un horno de aire caliente de temperatura variable junto al equipo para los ensayos de las propiedades mecánicas cuya variación se pretende estudiar.

Se somete a las muestra a cuatro diferentes temperaturas al menos, en un rango recomendado entre 50°C y 325°C y para cada temperatura se mantiene la exposición durante diferentes periodos de tiempo, en un rango recomendado comprendido entre dos días y cuarenta y ocho semanas. Al cabo de cada exposición se mide la merma de la propiedad mecánica ensayada (generalmente

resistencia a la atracción) . A las temperaturas más elevadas corresponden periodos cortos de exposición y a las menos elevadas periodos más largas. Esta correspondencia de duraciones y temperaturas caracteriza el procedimiento como un ensayo de envejecimiento térmico acelerado.

Para expresar el resultado del ensayo se representa gráficamente la correlación entre las temperaturas de ensayo y los tiempo necesarios para alcanzar un determinado porcentaje de merma en la propiedad mecánica ensayada, porcentaje que debe ser elegido según la aplicación de la lámina. En todo caso la extrapolación de la gráfica hacia el rango de temperaturas a que estará sometida a la lámina en su aplicación real proporciona una estimación de los tiempos para llegar a dichos porcentajes de merma de la propiedad mecánica en la aplicación real.

Las bajas temperaturas afectan también a los polímeros confiriéndoles fragilidad, por lo que el la sollicitaciones tensionales bajo estas condiciones pueden llegar a la ruptura frágil de la membrana.



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

A fin de evaluar este efecto se realizan ensayos de fragilidad, entre los que cabe citar el ASTM D746 . El ensayo se basa en tomar una muestra someterla a bajas temperaturas mediante líquidos criogénicos y , en estas condiciones provocar el impacto de una cuchilla sobre ellas.

DURABILIDAD ANTE EL OZONO

Las membranas expuestas a la intemperie quedan sometidas a la acción del ozono, que en mayor o menor concentración según el tiempo atmosférico está presente en la atmósfera. La acción del Ozono puede dar lugar a la ruptura del enlace químicos con la siguiente desnaturalización del polímero,

Las normas que recogen este fenómeno con ASTM D1149 , DIN 53509 o 150 1431 . Las condiciones del ensayo según estas normas coinciden en establecer en una cámara un concentración de ozono de 50 ± 5 partes por cien millones y una temperatura de $40^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$.

La membrana se dispone con una deformación impuesta del $20 \pm 2\%$.

RADIACIÓN ULTRAVIOLETA.

Una membrana expuesta a la intemperie sufre necesariamente la radiación solar. El contenido energético de la radiación es inversamente proporcional a la longitud de onda, puede afectar a la estabilidad química del polímero, ocasionando un envejecimiento o una merma de propiedades mecánicas superior a la que cabría esperar a igualdad de tiempo para una muestra no expuesta al sol.

Un ensayo real que reprodujera la influencia de la radiación solar debería demorarse varios años. Esto obliga a utilizar procedimientos que simulen efectos de la radiación solar sobre la lámina .

Los principales ensayos se basan en la utilización de lámparas que irradian distintas longitudes de ondas en la banda ultravioleta con altas potencias. Hay dos tipos fundamentales de lámparas :

■ De arco de Xenon . Ensayos:

- ISO - 105 - B2
- ISO - 4892
- ASTM G - 26
- ASTM D2565

■ De arca de Carbono . Ensayos

- ISO - 4892
- ASTM G - 23
- ASTM D1499
- ASTM D750



Estas normas recogen tanto el tipo de lámpara como la metodología de ensayo.

Las exigencias sobre el comportamiento de la lámina una vez transcurridos un determinado número de ciclos, son de dos tipos:

- Comprobación visual de la degradación de la muestra.
- Merma de propiedades mecánicas (resistencia de la atracción, alargamiento en rotura, etc.)

ENVEJECIMIENTO ACELERADO POR RADIACION SOLAR.

Una variante de los ensayos de envejecimiento por radiación ultravioleta en laboratorio con arcos de carbono o xenon son los ensayos de campo en condiciones extremas. Un ensayo que corresponde a este tipo es el conocido como EMMAGUA (Equatorial Mount with Mirrors for acceleration plus wates spray) .

Este ensayo esta patentado por DSET Lab. Inc. Y actualmente se realiza en Phoenix (Arizona Estados Unidos) . El dispositivo de ensayo permite que las láminas giren para absorber a cada momento el máximo de radiación acentuando esta exposición con un espejos que concentra la luz.

Adicionalmente, y de forma opcional, se puede incluir en el ciclo de ensayos el rociado de las láminas con agua cada determinado tiempo. Se calcula que un año de exposición en estas condiciones equivale a 7 - 8 años de intemperie en condiciones normales. No obstante sobre determinados productos por ejemplo el PE , las condiciones pueden ser demasiado desfavorable, es decir pueden producirse alteraciones en las laminas que en su vida normal no se

darían. Actualmente se estudia la correlación entre los resultados de ensayo y las condiciones reales de envejecimiento.

El resultado del ensayo se presenta como una puntuación, de 0 a 10, siendo 10 el estado original y 0 el colapso completo.

RESISTENCIA AL ENTERRAMIENTO.-

Una lámina de polímeros tanto en el caso de que este expuesto a la intemperie como si está protegida con una capa de material granular, esta sujeta a la actividad microbionológica del suelo sobre el que reposa, que en algunos casos, puede producirles serias agresiones.

Para valorar esta acción, los ensayos se basan en el enterramiento de una lámina en un suelo particularmente activo durante un cierto periodo: posteriormente se mide la merma de propiedades mecánicas ocasionadas por dicho enterramiento. Se establecen máximos admisibles respecto al porcentaje de pérdida.

La norma ASTM D3083 recoge un ensayo de entrenamiento. Seis muestra de 150 x 25 mm² se entierran a una profundidad de 125 mm en un suelo activo, del tipo usado en jardinería, durante treinta días en un ambiente muy húmedo y caluroso (32 - 38 °C) . La actividad del suelo se comprobará enterrando también un patrón de algodón que debe perder el 70 % de sus propiedades mecánicas al cabo de una semana y el 90% al cabo de dos.

RESISTENCIA A LA ABRASION.-

Además de las acciones debida a los agentes atmosféricos, una lámina empleada como revestimiento de un canal puede sufrir acciones mecánicas de abrasión.

El agua transporta en un canal distintos materiales sólidos que pueden llegar a las laderas o desde la toma del canal: pueden ser troncos y otros cuerpos flotantes que pueden causar un punzonamiento y desgarró sobre la lámina en las cajeras o bien materiales sólidos que son arrastrados por el fondo.



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

El arrastre de materiales sólidos causa un esfuerzo sobre la lámina más acentuado cuanto más rápido es el movimiento, cuanto más duro es el material, cuanto más agudas son sus aristas. Este esfuerzo se conoce como abrasión y es una fricción o rozamiento superficial que tiende a desgastar o reducir el espesor de la lámina hasta llegar a romperla por completo.

Los ensayos de abrasión se basan, en someter al material a un ciclo acelerado por medio de una rueda abrasiva calibrada. El ensayo ASTM C - 501 propone un método basado en el dispositivo " Taber Abraser ".

Hay otras exposiciones a las que se somete la geomembrana que son a la radioactividad que si pasa de 10^6 o 10^7 rads puede causar la degradación del polímero rompiendo la cadena, es decir no es bueno utilizar la geomembrana en contenedores de altos niveles de desechos radiactivos.

2.2.4. PROPIEDADES QUIMICAS

Formula Molecular $-(CH_2 - CH_2)_n-$ Las láminas de geomembranas de HDPE posee excelente propiedades químicas y solubles en todos los solventes orgánicos e inorgánicos; sólo es atacado a temperatura ambiente y en el transcurso del tiempo por oxidantes muy fuertes ($CH_2 SO_4$ concentrado, HNO_3 concentrado agua regia).

Los halógenos en estado libre (cloro, Bromo, etc.), a temperatura forman polietileno hálogenoado con desprendimiento de haluro de hidrógeno. La estructura del material nos queda destruida pero cambian las propiedades físicas y químicas.

Otros elementos que deben ser almacenados en láminas de HDPE son: Tetracloruro de carbono, disulfito de carbono , cloroformo , flúor ozono, trióxido sulfuro , cloruro de Thyoni tolueno , xileno , tricloroetileno.

La permeabilidad a los gases es muy baja, para una pared de 50 micrones de grueso (1.25mm) el coeficiente de permeabilidad específico a $20^{\circ}C$ es : (aire=2.4 ; gas natural= 5.6 , oxígeno= 7 ,

hidrógeno=20 ; $\text{SO}_2 = 45$; $\text{CO}_2 = 18$; $\text{N}_2 = 2$; $\text{CH}_2 = 6$) ; (cm cm
 Sumbar)₁₀

Al quemarse, las láminas de HDPE desprenden CO , CO_2 , H_2O ,
 pero ningún gas corrosivo.

Por lo general el fabricante de la materia prima de la geomembrana
 de HDPE da una referencia sobre la resistencia al ataque agentes
 químicos. Los datos que a continuación mostramos fueron dados
 por los fabricantes de la materia prima Hostalen GM 5010T2 de
 Hoechst Alemania.

Resistencia a los agentes químicos: Los resultados que facilitamos
 a continuación se obtuvieron después de 55 días , en probetas de
 50 x 25 x 1mm.

Signos Convencionales:

x = Resistente.

/ = Resistente bajo determinadas condiciones.

- = No resistente.

D = Decoloración



BIBLIOTECA FICT
 ESPOL

MEDIO	20°C	60°C
Aceite de coco	x	/
Aceite de linasa	x	x
Aceite de Parafina	x	x
Aceite de Silicona	x	x
Aceite de Diesel	x	/
Aceites Minerales	x	x
Acetato de Butilos	x	/
Acetato de Etilo	/	-
Acetato de Plomo	x	x
Acetona	x	x
Acido Acético 10 %	x	x
Acido Borico	x	x
Acido Bitríco	x	x
Acido Carbónico	x	x
Acido Cítrico	x	x
Acido Clorulfurico	x	D
Acido Cromico 80 %	x	/
Acido Fluorhidrico 40 %	x	/
Acido Fórmico	x	x
Acido Sulfihidrico	x	x



Agua de Mar	-	-
Agua regia	x	x
Alcohol etílico	-	-
Anhídrido Sulfúrico	-	-
Bromo	-	-
Cloro líquido	-	-
Tolueno	/	-



El fabricante de materias primas nos da una lista del comportamiento del polietileno de alto peso molecular frente a distintos agentes químicos; sin embargo, las tablas de resistencia químicas corresponden a elementos puros que normalmente no son los que la lámina tiene que enfrentar en la práctica, para mayor seguridad, cuando se diseña un depósito para sustancias químicas, se solicita al cliente una muestra de la sustancia química que se quiere almacenar y se somete al siguiente procedimiento a la temperatura máxima de trabajo esperada:

- 1.-) Se confeccionan veintiocho probetas de prueba, procediéndose a su pesaje.

- 2.-) Se colocan estas probetas dentro de un recipiente con la sustancia que se quiere probar.
- 3.-) Se saca una probeta cada día; se la pesa y se le somete a un test de tracción, ASTM D638 .
- 4.-) Se comparan los resultados de la probeta del líquido con probetas que no han sido introducidas en el líquido. Se permite una variación máxima de 5 % de variación en el peso y 10 % en las propiedades físicas para considerar el material aprobado para el líquido ensayado.
- 5.-) Se hace el mismo tipo de ensayo para soldadura.

CARACTERISTICAS Y VENTAJAS.

Las láminas de HMW - HDPE o llamadas también PECC (Polietileno de calidad controlada) poseen un promedio de peso molecular del orden de 300 mil a 500 mil existen un polietileno de ultra alto peso molecular (UHMWPE) que tiene un peso molecular de 3 a 6 millones. Esta características del HDPE unida a la bajísima permeabilidad que está en el rango de 10^{-11} y 10^{-13} cm / seg. contra la permeabilidad de la arcilla compactada que está aproximadamente en 10^{-7} cm/seg. , le da a las láminas de polietileno una gran variedad de ventajas y usos .

Las principales ventajas de las láminas de HDPE son.-

- Peso reducido.
- Fácil Transporte.
- Fácil Instalación.
- Resistencia a los agentes químicos y corrosión.
- Resistencia a ataque biológico.
- Insensibilidad a la congelación, estabilidad térmica
- Flexibilidad.
- Bajo efecto incrustación.
- Atóxico, resistencia stress crack
- Impermeable (Valores entre 10^{-11} a 10^{-13} cm/seg.)
- Resistente al impacto.
- Alta resistencia a la abrasión.
- Resistencia a roedores y penetración de peces.



Las principales aplicaciones de las láminas de HDPE son:

- Canales y Ríos.
- Tanques de tierra, protecciones estructurales.
- Pozas para tratamiento de aguas servidas.
- Estanques de agua potable.

- Estanques emergencia para petróleo.
- Reimpermeabilización de estructuras de concreto deterioradas.
- Depósitos de basura.
- Estanques de depósitos de materiales agresivas.
- Sellados de caminos en zona de protección de agua potable
- Impermeabilización de fondo de pilas de lixiviación con recolección de soluciones.
- Cubiertas protectoras de estanques en lámina de HDPE.
- Estanques circulares autosoportantes.
- Revestimientos de tolvas y chutes con placa HDPE.

2.4. UTILIZACIÓN

Ya hemos detallado y explicado propiedades y métodos para medirlas así como características del HDPE pero hablemos más de sus principales aplicaciones. Antes de esto recordaremos que las láminas y placas de HDPE son diseñadas para la más duras condiciones climáticas y de agresividad químicas, tienen un excelente comportamiento en -40°C y $+60^{\circ}\text{C}$

APLICACIONES DEL HDPE

Canales y ríos.- La escasez de agua en algunos lugares del planeta ha llevado la necesidad de cuidar al máximo el líquido elemento. Una de las mayores pérdidas de agua la tenemos en filtraciones en canales y ríos, sobre todo al atravesar suelos arenosos y muy permeables.

Las láminas de HDPE son una excelente solución para este problema, se puede prefabricar en rollo la lámina del ancho del canal en tramos de 150 mts. de tal manera este se desenvuelva longitudinal, disminuyendo la soldadura de terreno. En canales demasiados anchos se pueden colocar las láminas en forma transversal.

En aquellos lugares donde la capa subterránea genera subpresiones siendo susceptible de subir sobre el fondo del canal, se pueden colocar válvulas de un sentido hacia el interior del canal para aliviar la presión. Un adecuado sistema de drenaje bajo la lámina soluciona también este tipo de dificultad.

La superficie lisa de las láminas de HDPE disminuye el coeficiente de roce en un canal con lo cual se puede transportar una mayor cantidad de

agua. Además, no permite el crecimiento de flora, lo que también mejora el escurrimiento y disminuye costos de limpieza.

Tanques de tierra, protecciones estructurales.- Un alto contenido de agua en los muros de un tanque de tierra es peligroso para la estabilidad de este. Una lámina HDPE colocada en el taniel interior del muro de tierra es la solución ideal que elimina el escurrimiento de agua a través de las paredes y por lo tanto mejora considerablemente la estabilidad del tanque.

Estanques de Agua Potable.- La forma más económica y eficaz de conservar agua potable es excavando un tanque en tierra. Las pérdidas de agua originadas por la permeabilidad del suelo o por fallas estructurales del terreno nos lleva a las láminas HDPE, que además de eliminar las fugas mantiene el agua limpia y protegida contra posible filtraciones de agua contaminada.

También se puede revestir con las láminas HDPE antiguas estructuras de hormigón dañadas por movimientos sísmicos o por fallas estructurales. En general la gran flexibilidad de las láminas HDPE le permiten adaptarse a cualquier terreno y resistir en forma segura movimientos telúricos o desplazamiento de terrenos.

Pozas para tratamiento de agua potable.- La forma más común de tratamientos de aguas servidas es los tranques o pozas. Estas pozas se usan en:

- Depositación y remoción de elementos sólidos de aguas servidas.
- Almacenamiento de aguas servidas.
- Aireación de Aguas servidas.
- Tratamiento biológico, neutralización.
- Evaporación de las aguas servidas, etc.

Tradicionalmente estas pozas se impermeabiliza con arcillas, pero el aumento de la contaminación por fugas en este tipo de depósitos, ha hecho que las Municipalidades exijan recubrimiento de las pozas con láminas tipo HDPE.

Protección de emergencia para contenedores de Petróleo.-

Normalmente el petróleo se almacena en grandes depósitos de acero sobre el nivel del suelo, construyéndose por fuera un pretil capaz de soportar el petróleo contenido en el depósito en caso de rotura o filtración de este último. El piso de es tranque, incluyendo el pretil, se revisten con láminas HDPE de tal manera que los posibles derrames se mantengan

dentro de un área impermeable, eliminando con ello la contaminación y haciendo factible la recuperación del combustible.

Reimpermeabilización de estructuras de cemento deterioradas.- El tiempo, los movimientos telúricos, el contacto con sustancias agresivas, deterioran estructuras de concreto que fueron concebidas para ser impermeables pero que no cumplen su objetivo. En este caso se puede proteger y actualizar recubriéndolas con láminas HDPE. Pueden incluirse en este caso estructuras de concreto dentro de los cuales se desea almacenar soluciones ácidas que terminan por destruir el hormigón.

Depósitos de Basura.- Los rellenos sanitarios sobre antiguos pozos de grava es una técnica cada vez más usada en grandes ciudades donde la depositación de la basura y la contaminación son cada vez un problema mayor.

Los depósitos sanitarios consisten básicamente en depositar la basura por capas, tapándolas con tierra, eliminando el problema de malos olores, este sistema produce una descomposición anaeróbica de la basura, que origina gas y líquidos percolados. Con el objeto de que el gas no migre en sentido horizontal creando problemas en los terrenos eircundantes, y para

que los líquidos percolados, elementos fuertemente contaminantes no circulen deteriorando las aguas subterráneas, se ha ideado revestir todo el relleno sanitario con lámina HDPE . Este tipo de instalación es la solución ideal para la eliminación de basura en los próximos años. El gas producido y los líquidos percolados son extraordinariamente agresivos y solo las láminas HDPE son adecuados para este problema.

Depósitos de materiales agresivos.- El desarrollo de la industria química, nuclear y minera esta produciendo una gran cantidad de desechos agresivos que están destruyendo la flora y fauna de los ríos, mares y lagos.

Los recubrimientos HDPE ayudan a resolver este problema permitiendo la construcción de grandes lagunas impermeables para el depósito de estos desechos. Los productos de cianuración de oro, el almacenaje de relaves agresivos, los desechos de refinerías de cobre, desechos con arsénico, desecho de plantas nucleares, etc. , se pueden almacenar a un costo bajo y con máxima seguridad en lagunas protegidas con lámina HDPE.

Sellados de caminos.- En la construcción de caminos es usual sellar el piso sobre el cual se construye. Cuando estos caminos pasan por áreas

de donde se obtiene agua potable, el sello con láminas PECC es imprescindible .

Impermeabilización de fondos de pilas de lixiviación con circulación de soluciones.- La circulación en pilas de minas de oro, cobre, y salitre es una tecnología a la que nuestra empresa a contribuido con gran éxito a desarrollar.

La técnica consiste básicamente en nivelar y compactar una superficie sobre la cual se coloca un lámina HDPE . En caso que la pila opere en forma dinámica, se coloca sobre la lámina HDPE arena con arcilla o relave para proteger la lámina. Sobre la protección se coloca tubería de drenaje y encima se construye la pila usando cargador frontal o un apilador de correas transportadoras. La lámina de fondo termina en un canal recolector de soluciones.

Encima de la pila se usa un sistema de riego que depende de las características del mineral y de las pruebas de laboratorio.

Estanques circulares autosoportantes.- Con la lámina HDPE se fabrican estanques circulares autosoportantes económicos.

Estos estanques en fábrica en láminas HDPE y se refuerzan con perfiles circulares para darles la rigidez necesaria según la aplicación.

Los estanques circulares se fabrican para capacidad entre 200 y 10.000 litros en fábrica.

También se fabrican para diseños específicos de acuerdo con los proyectos .

Cubierta protectora de estanques con láminas HDPE.- En algunas aplicaciones, para eliminar pérdidas de agua por evaporación o bien para proteger soluciones almacenadas de contaminación con polvo, se usa sobre estanques una lámina HDPE que flota sobre el agua.

Esta lámina se empotra o se suelda a la lámina que constituye el estanque base.

Revestimiento de Tolvas y Chutes con placas HDPE: Las placas HDPE sobre 5 mm se usan en el revestimiento de tolvas para minerales como carbón, concentrado de cobre, caolín, salitre, azufre. El bajo peso la



ESPOL

propiedad autolubrificante y la gran resistencia a la abrasión permite eliminar los embarcamientos en grandes tolvas de almacenamiento.

Por ser un material inerte no contamina los productos con óxidos de hierro, productos de corrosión usuales en las tolvas de acero. El alto coeficiente de deslizamiento permite trabajar con productos húmedos, los cuales no se adhieren a las placas HDPE .

2.5. FORMAS DE EMPLEO

Espesor recomendado

El espesor de la geomembrana de HDPE es muy importante ya que entre otras cosas está el costo económico de por medio. Por lo general las láminas vienen en rollos hasta un espesor de 3mm.

El espesor de lámina a diseñar para una instalación dada está determinado en general por los factores siguientes.

- a) Confiabilidad de la soldadura en función del espesor de la lámina de revestimiento HDPE.

b) Material a colocarse sobre la lámina de revestimiento HDPE, analizado en conjunto con los sistemas de disposición y eventual remoción considerados.

c) Substrato sobre el cual se instalará la lámina de revestimiento HDPE.

Entremos a analizar mejor los factores indicados:

a) Además que se disponga de una alta tecnología de soldadura de lámina de revestimiento, tanto en talleres como en terrenos es importante considerar el factor humano involucrado en operaciones de soldadura.

El control necesario de variables como: temperatura, caudal de aire, velocidad de soldado, etc. se hace más crítico a medida que disminuye el espesor de lámina a soldar.

Según la experiencia de varios fabricantes como la " Tehmco " que es una industria chilena afirma que para espesores de 1,5 mm y mayores, la probabilidad de falla de la unión termo fundida es prácticamente nula,

quedando esta con propiedades de resistencia incluso mejores, dado el traspaso de material, que la lámina misma.

Esta seguridad es particularmente importante cuando se trata de revestimiento de estanques o tranques de proceso cuya puesta fuera de servicio para reparación es dificultosa o cara, así como en el caso de revestimiento de impermeabilización bajo lecho de mineral de oro, plata o cobre de alta ley en sistemas de lixiviación en que la filtración de soluciones ricas significa una grave pérdida económica.

Es el caso también de instalaciones piloto de lixiviación incluso de minerales de cobre de baja ley, puesto que si bien una filtración local no significara en este caso un monto económico significativo, ni atentara contra el cálculo metalúrgico por balance de soluciones que servirá de base a la evaluación técnico - económica de un proyecto mayor.

b) El espesor a elegir de la lámina de revestimiento de HDPE, como función de las características del material a depositarse sobre ella, así como del sistema de disposición, debe basarse fundamentalmente en la experiencia existente en instalaciones similares y en pruebas de terreno. Es perfectamente factible realizar estas últimas sobre láminas



de dimensiones relativamente reducidas, disponiendo sobre ellas, en la forma como se hará industrialmente, el material en cuestión removiéndola a continuación y verificando el estado de la lámina subyacente. El resultado obtenido es perfectamente reproducible en la práctica industrial, puesto que no media el factor tiempo o envejecimiento en el comportamiento del revestimiento frente a las sollicitaciones existentes en cada sistema.

A modo de ejemplo se indican a continuación algunas aplicaciones, señalando tipo de sistema de disposición asociado a espesores de láminas de revestimiento HDPE y cuando corresponde a espesores y características de la capa de material utilizado como protección superior al revestimiento. (estos datos son proporcionados por la industria chilena Tehmco)

- Tranque de soluciones ricas de cobre, 50.000 m³ de capacidad, 4mts de profundidad, excavando en tierra, taludes 45⁰, terreno compactado, libre de piedras y elementos punzantes, revestido con láminas de revestimiento HDPE de 1.5mm.

- Estanque de solución, refino de extracción por solventes de cobre, 800m³ de capacidad , 3 mts. de profundidad , excavando en tierra, taludes 45° , terreno compactado y limpio revestido con lámina de revestimiento de 1,5 mm.

- Estanques cabezas y refino en proceso de extracción por solventes de cobre, de concreto afinado, superficialmente, revestidos con láminas de HDPE, 3mm en el fondo , 2mm en paredes.

- Pilas de lixiviación de minerales de oro y cobre terreno compactado y limpio, pendiente uno a dos por ciento para escurrimientos de soluciones. Revestimientos HDPE de 1,0 a 2,0 mm de espesor sobre el cual se instala un red de tuberías perforadas de drenaje.

Apilamiento realizado mediante cargador frontal tipo Caterpillar 966 , formando pilas de 2 a 4 mts. de altura y aproximadamente 2500 a 10000 TM , de mineral chancado entre 3 / 16 y 1,5 de pulgada.

Estas pilas de lixiviación son del tipo " dinámico " esto es, después de un ciclo de 12 a 30 días el mineral es removido mediante cargador frontal y enviado a botadero de ripios u operación de lixiviación secundaria, procediéndose a cargar otra pila en el mismo sitio.

A objeto de evitar el deterioro del revestimiento y de las tuberías de drenaje como consecuencia de las sucesivas operaciones de remoción de minerales, al finalizar la primera descarga se deja sin remover una capa de aproximadamente 30 cm del mismo material, espesor en el cual se encuentra incluido el sistema de drenaje de la pila.

Desde el punto de vista de protección del revestimiento, si bien el esquema descrito no ha presentado problema es incluso mejor disponer sobre la lámina HDPE una capa de aproximadamente 20 cm de un material fino tipo arena o relave de concentración, por flotación, sobre el cual se dispone la red de drenaje dándose inicio posteriormente al cargío de la pila. Al retirar el material después del ciclo de lixiviación, se procede del modo precedentemente señalado dejando sin remover un capa de material lixiviado que protege y otorga protección adicional al revestimiento.

c) Ya se ha señalado las características generales de la superficie sobre las cuales se instalará láminas de revestimiento HDPE.

El alisamiento y compactación del terreno es de gran importancia en términos de que un revestimiento de poco espesor, del tipo 1 a 2 mm de un óptimo resultado de durabilidad.

Cuanto más delgada sea la lámina de revestimiento menor será su capacidad para distribuir hacia áreas vecinas una tensión local producida por deformación original del terreno o carga operacional puntual la que al no ser repartida aumentaría la probabilidad de ruptura de una zona específica.

La razón de este efecto es que la lámina, por su reducido espesor quedará anclada en las irregularidades del terreno por la carga superior, no pudiendo entonces transmitirse los esfuerzos creados en una zona determinada, aumentando por tanto la probabilidad de falla.

Este problema puede tener dos soluciones; una de ellas es instalar una lámina de revestimiento de gran espesor y consiguiente de alto costo, o proceder a un adecuado alisamiento y compactación del terreno, que normalmente no constituye una inversión significativa teniendo en esto la posibilidad técnica de acceder a un revestimiento de costo considerablemente menor.

El aspecto de limpieza del terreno en términos de no existir objeto únzante o piedras de aristas afiladas es importante en orden a que no se produzcan roturas que causen pequeñas filtraciones sin embargo, y fundamentalmente en tranques que contienen soluciones ácidas de lixiviación el problema no es tanto la cantidad o valor de las soluciones que está con los carbonatos del subsuelo que reaccionarán con el ácido generando gases cuya presión formarán bolsones bajo el revestimiento disminuyendo la capacidad del tranque o estanque.

2.6. ANALISIS DE LABORATORIO

Vamos a proceder a analizar e indicar los resultados obtenidos siguiendo los procedimientos de las siguientes pruebas hechas todas en los laboratorios de materiales plásticos "Ing. Felipe Costa Von Buchwald" convenio **ASEPLAS- ESPOL**.

La Asociación Ecuatoriana de Plásticos **ASEPLAS**, entidad fundada en el año de 1978, tiene sus oficinas ubicadas en la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Espol Campus Prosperina , donde se encuentra el laboratorio de pruebas de materiales plásticos. En él se realizaron las siguientes ensayos:

- Índice de Fluidez (Melt Index)
- Resistencia al impacto
- Temperatura de Deflexión
- Punto de Ablandamiento (Vicat)

Adicional a estos ensayos realizamos el de dureza shore donde comprobamos y comparamos valores del fabricante del **HDPE** y los obtenidos en el laboratorio.

INDICE DE FLUIDEZ (MELT INDEX)

Para este ensayo seguimos al procedimiento detallado en el ASTM D1238.

Esta prueba sirve para medir el índice de Fluidez de resinas en este caso del HDPE pasa a través de un mecanismo con una longitud y diámetro dado bajo más condiciones de temperatura, carga y posición del pistón dentro del barril al tiempo que el índice es medido.



BIBLIOTECA FIC
ESPOL

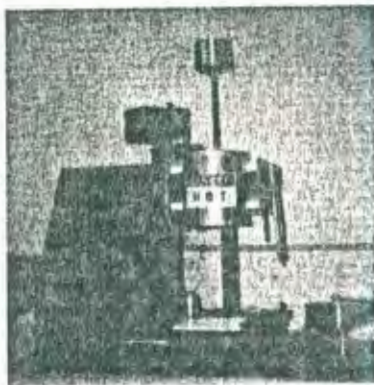


FOTO # 7 Máquina para el ensayo de Índice de fluidez

Para el ensayo utilizamos una muestra total de resina de polietileno de alta densidad de 3,5 gramos, nosotros seguiremos un procedimiento manual en el cual utilizamos un aparato llamado plastometro que consiste en un cilindro de acero en cuyo interior posee un pistón con punta cúbica. Este aparato mantiene regulada la temperatura del cilindro según las condiciones de la prueba.

Para el polietileno existen las siguientes condiciones:

Polietileno :

125/0.325	190/0.325	190/21.60	310/12.5
125/2.16	190/2.16	190/10	

Donde el primer valor son los grados centígrados y el segundo valor el peso en kilogramos, que este último es la carga que se ejerce sobre la resina.

También el ensayo lo hicimos para la condición 190/10.

Esto lo hacemos para poder determinar la relación o razón del índice de fluidez que es un número adimensional que se deriva de la división de la condición de índice de fluidez 190/10 para la condición de índice de fluidez 190/2.16

Tomamos una muestra de 3,5 g ya que esperamos un índice de fluidez entre 15 y 3,5g/10min. Debemos hechar los 3,5 g dentro del cilindro y prender el equipo para que llegue a la temperatura deseada de 190°C.

Como el pistón pesa 100 gr. y debemos tener un peso total de 2160 gr se le agrega peso al pistón hasta completar los 2160 gr.

BREVE DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO

Primero se debe preparar el barril contenedor metiendo dentro de él dos barriles pequeños por donde, debido a un orificio que tienen, fluirá el HDPE, luego se coloca en el barril la muestra previamente pesada y sobre, esta dentro del barril se pone, un pistón de 100gr. de peso, al cual hay que agregarle peso para cumplir las condiciones iniciales del ensayo.

El pistón tiene señalada una pulgada de longitud y la máquina está calibrada para sonar su alarma cada vez que el pistón recorra un cuarto de pulgada debemos desprender la tira de HDPE que haya salido inmediatamente después de haber sonado la alarma y pesarla ya que la máquina necesita el peso de la tira para calcular la densidad y la viscosidad del material a la temperatura de 190°C . Antes de haberse iniciado este procedimiento se debió haber encendido el equipo, unos 30 minutos tarda en alcanzar los 190°C , hay que tener presente que a 180°C el HDPE ya se solidifica.

Lo último que hemos mencionado es importante y nos damos cuenta de esto cuando al efectuar la soldadura la máquina trabaja sobre los 200°C .

Luego que se ha llegado a 190°C hay que dejar pasar 6 min. es decir 360 segundos antes de dar por inicio el ensayo, se debe desprender este pedazo de tira luego de los 6 minutos y no tomar en cuenta el peso de este pedazo de tira.

RESULTADOS DE ENSAYO DE FLUIDEZ

<u>CONDICIÓN</u>		190/2.16
<u>TEMPERATURA</u>	=	190°C
<u>CARGA</u>	=	2.160 Kg.
<u>DIÁMETRO DEL ORIFICIO</u>	=	0.0825 Pulg.
(POR DONDE FLUYE EL HDPE)		
<u>PESO DE LA MUESTRA</u>	=	0.3450 Gramos
<u>DENSIDAD</u>	=	0.7650 Gr/cm ³
<u>VISCOSIDAD</u>	=	21583.1 Pa.sec
(PROMEDIO)		
<u>INDICE DE FLUIDEZ</u>	=	0.381 GM/10



(PROMEDIO)

$$\text{RAZÓN DEL ÍNDICE DE FLUIDEZ} = \frac{190/10}{190/2.16} = \frac{3.83 \text{ g}/10}{0.381 \text{ g}/10}$$

$$\text{RAZÓN DEL ÍNDICE DE FLUIDEZ} = 10$$

RESULTADOS DE ENSAYO DE FLUIDEZ

CONDICIÓN 190/2.16

TEMPERATURA = 190°C

CARGA = 10 Kg.

DIÁMETRO DEL ORIFICIO = 0.0825 Pulg.

(POR DONDE FLUYE EL HDPE)

PESO DE LA MUESTRA = 0.35 Gramos

DENSIDAD = 0.7760 Gr/cm³

VISCOCIDAD (promedio) = 10020.1 Pa.sec

ÍNDICE DE FLUIDEZ (promedio) = 3.839 g/10



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

ENSAYO DE RESISTENCIA AL IMPACTO

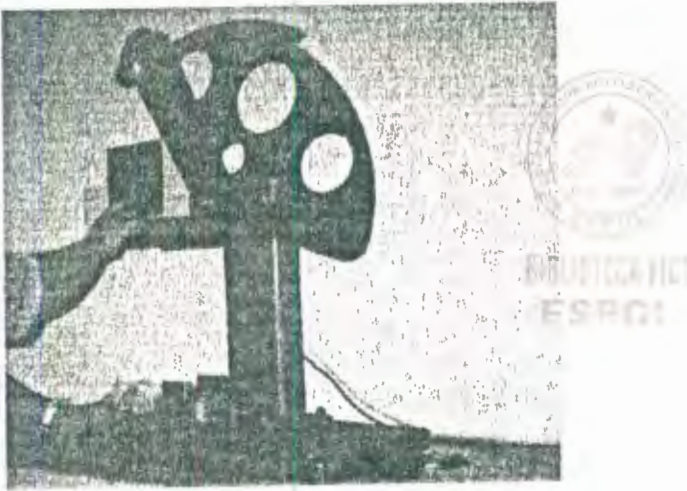


FOTO # 8 Péndulo de prueba de resistencia al impacto.

En este ensayo determinamos la resistencia al impacto de un péndulo sobre una muestra ranurada de polietileno de alta densidad.

Para este ensayo seguimos el procedimiento que está en la designación D256-93 a del ASTM.

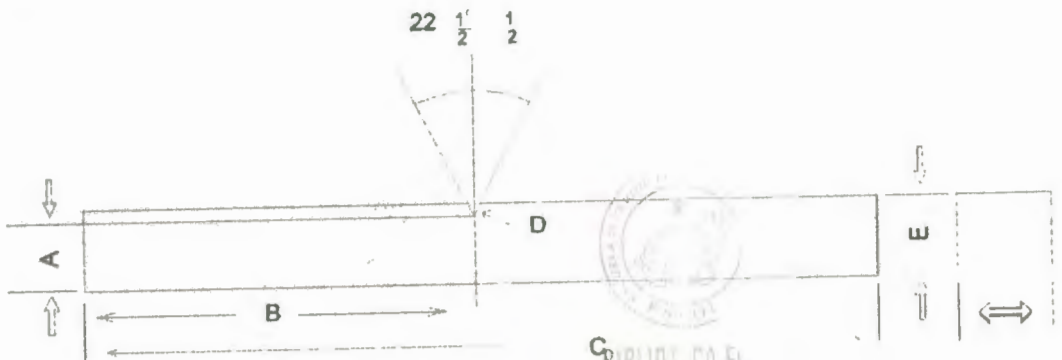
Existen dos tipos de métodos para comprobar la resistencia al impacto uno es el Charpy y el otro de Izod, el método utilizado fue el de Izod.

En el método de Izod utilizamos una máquina con un péndulo que cuenta con un mazo que golpea una sola vez a nuestra ranurada colocada

verticalmente a la cual se le puede adicionar peso para aumentar la energía de impacto. Hay que tomar en cuenta que si el espesor del material es muy pequeño hay que formar una sola muestra con la unión de varios pedazos del material HDPE.

El ASTM D256 señala que cuando el material es muy delgado se debe completar una muestra de varios pedazos con un espesor total entre 6.35 y 12.7 milímetros. Hay que tener en cuenta el tipo de adhesivo que se usa ya que este no debe afectar la resistencia al impacto.

Las dimensiones para la muestra del ensayo de Izod son las siguientes



mm.

- A $10,16 \pm 0,05$
- B 63,50 max.
61,00 min.
- C 127,00 max.
124,50 min.
- D $0,25 R \pm 0,05$
- E $12,70 \pm 0,15$

Antes de chequear los resultados hay que señalar a pesar de unir varias muestras de HDPE de 2 y de 2,5 milímetros no se pudo comprobar su resistencia al impacto debido a su flexibilidad no así una muestra de polilock que es de polietileno de alta densidad pero mucho más rígido y de espesor 5,2 milímetros.



ENSAYO 1

ESPEJOR DE MUESTRA = 5,2 mm (polilock de HDPE)

ENERGÍA INICIAL¹ = 2,7227 Joules

¹ Energía inicial = Es la energía potencial disponible que puede dar el aparato con el péndulo.

ESFUERZO = 468,89 Joules/metro

RESULTADO = Se fracturó.

ENSAYO 2

ESPEJOR DE MUESTRA = 7,8 mm (4 HDPE; espesor 2mm)

ENERGÍA INICIAL = 2,7227 Joules

ESFUERZO = 292,17 Joules/metro

RESULTADO = Ninguno



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

ENSAYO 3

ESPEJOR DE MUESTRA = 6 mm (3 muestras unidas)

ENERGÍA INICIAL = 5,5450 Joules

ESFUERZO = 226,85 Joules/metro

RESULTADO = Ninguno

Nota: En este ensayo se adiciona peso para aumentar la Energía inicial y el esfuerzo.

ENSAYO 4

ESPEJOR DE MUESTRA = 6 mm (3 muestras de 2 mm)

ENERGÍA INICIAL	=	11,163	Joules
ESFUERZO	=	319,88	Joules/metro
RESULTADO	=	Ninguno	

Nota: En este ensayo se aumentó aun más el peso que el anterior, desde luego esto se hace colocando mazas o pesos en el péndulo.

ENSAYO 5

ENERGÍA INICIAL	=	11,163	Joules
ESFUERZO	=	453,50	Joules/metro
RESULTADO	=	Ninguno	



ENSAYO 6

ESPEJOR DE MUESTRA	=	6 mm (3 placas unidas de 2 mm)	
ENERGÍA INICIAL	=	22,377	Joules
ESFUERZO	=	374,07	Joules/metro
RESULTADO	=	Ninguno ²	

PUNTO DE ABLANDAMIENTO (VICAT)

Para esta prueba seguimos el procedimiento de la designación D1525-91 del ASTM.

Esta prueba es un método por el cual se determina la temperatura, a la cual una aguja de sección circular de 1 milímetro cuadrado penetrara a un termoplástico en este caso al polietileno de alta densidad una profundidad de 1mm bajo una carga especificada usando un incremento constante de temperatura.

Esta temperatura a la cual la aguja penetra 1 milímetro dentro de la muestra de polietileno es la llamada "Temperatura de ablandamiento Vicat".

Un aspecto importante dentro de este ensayo es el equipo empleado el cual debe ser como se muestra en la foto.

referimos como ninguno al resultado quiere decir que las placas unidas no actuaron como una sola , debido a su flexibilidad no se rompieron.



FOTO # 9 Aguja que debe penetrar para comprobar punto de ablandamiento.


El aparato debe constar de 5 partes indispensables:

- El lugar donde se realiza el baño de inmersión donde debe estar un líquido que transfiere calor, un termometro y un calentador. Los calentadores deben tener controladores para seleccionar el incremento de temperatura o para que sea automático.
- El líquido para transferir calor en nuestro caso es de aceite de cilicona.
- La máquina debe tener un soporte para las muestras para poder ser sumergido en el baño de aceite de cilicona.
- La máquina también debe tener un mecanismo para medir la penetración de 1mm en la muestra.

- Un grupo de pesas es muy importante para poder someter a la muestra a una presión de la aguja constante en nuestro caso usamos 1 Kilogramo de peso para poder tener una fuerza de 10 Newtons.
- El aparato debe tener una termocupla o algún mecanismo para poder leer la temperatura a la cual se penetra 1mm dentro de la muestra.
- La aguja que penetra la muestra debe ser de final plano y con una sección transversal circular de 1mm^2 , de acero.

La muestra a ser sometida debemos prepararla de una ancho mínimo de 12 milímetros , y un espesor mínimo de 3 mm.

RESULTADOS DE PUNTO DE ABLANDAMIENTO

TEMPERATURA INICIAL	=		27°C
TASA DE INCREMENTO	=		2°C
FUERZA APLICADA	=	BIBLIOTECA FICT ESPOL	10
Newton			
RECORRIDO DE LA AGUJA	=		1
milímetro			
TEMPERATURA DE ABLANDAMIENTO	=		122.5°C

TEMPERATURA DE DEFLEXIÓN

Este método o prueba determina la temperatura a la cual una deformación arbitraria ocurre cuando una muestra es sometida a un grupo de condiciones todo esto está especificado en la designación D648-42 del ASTM donde se puede revisar esta norma.

Hay que someter en esta prueba a una barra rectangular como a una viga sometida a una carga aplicada en el centro para ejercer un esfuerzo entre las fibras de 455kPa o 1820 kPa. La muestra es inmersa bajo una carga en un medio de transferencia de calor bajo un incremento de temperatura de 2°C/mm.

La temperatura en el "medio" es medida cuando la barra se ha deflectado 0,25 milímetros, esta temperatura es registrada como la temperatura de deflexión bajo una carga flectora a la muestra.

Este ensayo no debe ser usado para predecir el comportamiento de los materiales plásticos a elevadas temperaturas excepto cuando los factores como:

tiempo, temperatura, método de carga y esfuerzo en las fibras son similares a los especificados en el ensayo. Este ensayo no tiene como objetivo diseñar o predecir la resistencia al paso del tiempo bajo elevadas temperaturas de manta de HDPE.

El aparato usado para la prueba es similar al de punto de ablandamiento, y cuenta con:

- Soporte para la muestra
- Cámara para realizar un baño de inmersión con un líquido que transfiere el calor como es el aceite de silicona.
- Mecanismo de medición de la deflexión, que debe medir 0.25mm de deflexión.
- Un grupo de pesas para someter a la muestra a un esfuerzo en las fibras de 1820 kPa o 455kPa.
- Por último debe contar con un sistema para medir la temperatura.

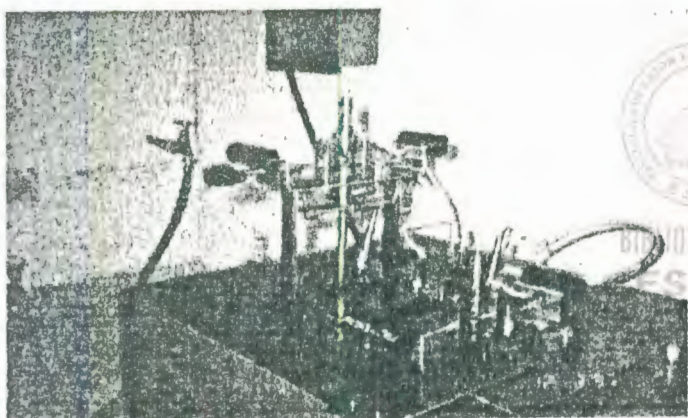


FOTO # 10 Máquina para deflectar por temperatura muestra de HDPE.

La muestra debe tener 127 milímetros de longitud, una profundidad de 13mm no importando si el ancho es 3 o 13 mm.

Esta prueba la realizamos a una muestra de polilock de polietileno de alta densidad debido a su rigidez con un espesor de 10,5 mm. La presión que aplicamos a la muestra fue de 0,45Mpa (66 psi).

RESULTADOS DE DEFLEXIÓN POR TEMPERATURA

La presión aplicada fue de 0.45Mpa (66 psi)

Peso total sobre el experimento = 469 gr (pesos)

Fuerza Aplicada = 6.174 N

La deflexión de la barra o viga de polilock de 0.250 mm ocurrió a una temperatura de 118.1°C.

DUREZA SHORE

Para este ensayo se sigue la norma, D2240 ASTM

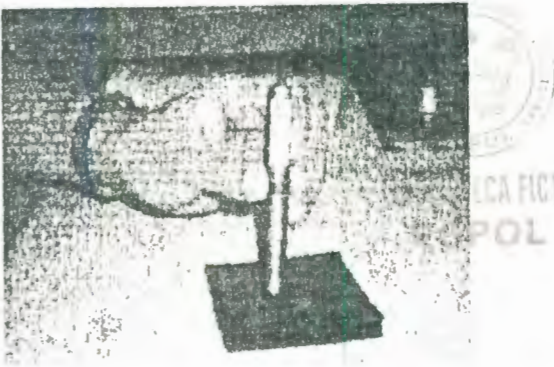


FOTO # 11 Durómetro Shore ensayando una muestra de HDPE

En esta prueba obtenemos un valor de dureza del caucho o del plástico, este último nuestro caso.

Aquí utilizamos un durómetro en forma de lápiz o pluma que posee una punta que al desplazarse señala en la escala Vernier el valor de la dureza como respuesta a un punzonamiento realizado por el durómetro.

El valor de la dureza al punzonamiento está inversamente relacionado con la penetración de la punta del durómetro y depende de las características del módulo elástico y del comportamiento viscolástico del material.

La dureza es una de las características más importantes del HDPE ya que está directamente relacionado con su comportamiento bajo servicio.

El aparato utilizado el durómetro shore es muy liviano y sencillo de manejar, la escala de medición es vernier graduada cada 5 y con interpolaciones de dos puntos. Las dimensiones del durómetro son: 12.7 x 114 mm (diámetro y longitud).

OPERACIÓN DEL DURÓMETRO:

Para usarlo primeramente hay que quitarle alguna presión remanente antes de guardarlo se haya fijado en el aparato.

Hay que colocarlo sobre la muestra la cual debe tener un espesor mínimo de 6 mm, y presionar sin hacerlo violentamente y evitando presiones excesivas. Luego se remueve suavemente el durómetro y se lee la escala. Antes de proceder a realizar la siguiente medición hay que quitarle al presión al durómetro.

RESULTADOS DE DUREZA

La prueba se la debe realizar a una temperatura de $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$.

Se utilizó 4 pedazos de 80 x 80 centímetros para la prueba, completando así una muestra de espesor 10 mm. Los resultados variaron entre 56 y 65.

CAPITULO 3



ANALISIS DE ALTERNATIVAS PARA LA SELECCIÓN DEL TIPO DE REVESTIMIENTO

3.1. Consideraciones Generales

Para la construcción de obras de conducción a cielo abierto, o libres, la práctica convencional es la implementación de canales revestidos en diferentes tipos de materiales. La selección del material apropiado se basa en el tipo de terreno por donde cruzará la conducción; esto es, del análisis de sus condiciones topográficas y geotécnicas, del tipo y del uso que se le dará al agua a conducir o trasvasar; así como de consideraciones de tipo económicas relacionadas con la sección hidráulica del canal, conjugadas con los aspectos de durabilidad de la obra y servicios a prestar.

En este capítulo vamos a señalar todos los criterios para la selección del material de revestimiento, analizaremos inclusive materiales no convencionales, que han dado excelentes resultados técnicos económicos en diferentes proyectos implantados en diferentes países, prestando un servicio eficiente.

Se analizará en detalle las ventajas y desventajas técnicas de cada alternativa de revestimiento, esencialmente, el revestimiento clásico de hormigón y se caracterizará y dimensionará el espesor de geomembrana alternativo, para finalmente comparar los costos de implantación de las alternativas seleccionadas y establecer la más apropiada.

Selección del tipo de revestimiento.

En resumen, a lo largo de la traza del canal Chongón - Sube y Baja se encontrarán los siguientes tipos de terreno (referencia capítulo 1)

- a-) Formaciones arcillosas o limosas sin peligro de hinchamientos y sin yeso.
- b-) Arcillas expansivas sin yeso.
- c-) Arcillas expansivas con yeso.

- d-) Rocas con cuyos productos de excavación no se pueden conseguir, pedraplenes de la suficiente impermeabilidad.
- e-) Roca con cuyos productos de excavación y debido a su friabilidad y a su estado de disgregación pueden conseguirse pedraplenes suficientemente impermeables.
- f-) Formaciones arcillosas o limosas sin peligro de hinchamientos y con yeso.

Varias de las formaciones que atraviesa el canal, presentan un contenido apreciable de yeso, lo que genera el riesgo de disolución de este material con la probabilidad de falla en la estructura de soporte del canal o de revestimientos rígidos; y , el peligro potencial de que aguas selenitosas alcancen el revestimiento del canal produciendo su ruina, en caso de que este sea de hormigón con cemento Portland.

El estudio geotécnico destaca la presencia en alta proporción de arcillas con un alto potencial expansivo, a todo lo largo de la traza del canal, lo que obliga a diseñar revestimientos flexibles.(Ref, pág. G-19 ; Plan hidráulico Acueducto Santa Elena; diseño del acueducto; Canal Chongón Sube y Baja.: memoria técnica Mayo 1984) .

A la vez señala que los terraplenes deben ejecutarse con especial atención en su compactación, para evitar los efectos perjudiciales sobre el revestimiento (de hormigón del canal) por posibles asientos diferenciales. Para los tramos de canal en roca, se indica que, cuando los productos de excavación den lugar a pedraplenes de gran permeabilidad, se presenta un grave peligro de fugas, si se disponen con revestimiento delgado de hormigón apoyado en dichos pedraplenes: debiendo de substituirse la parte superior del pedraplen por terreno adecuado, intercalando entre ambos una capa de material con características de filtro " bastos " .

3.3. Alternativas de revestimientos estudiadas.

Podemos dividir las alternativas en dos grandes grupos: revestimientos rígidos y revestimientos flexibles. Identificando como revestimientos rígidos a las alternativas que involucran el uso del hormigón, pese a la existencia de juntas de construcción entre los paños o losetas a instalarse.

En esta parte vamos a descomponerlos en:

- Canal en tierra.

- Revestimientos expuestos.
- Revestimientos con membranas cubiertas.
- Revestimientos con sellantes e impermeabilizantes.

3.3.1. Canal en tierra.



FOTO # 12 Instalación de una capa delgada de revestimiento de tierra en un canal.

En esta parte vemos canales hechos cortando terreno natural y dándoles la forma sea esta trapezoidal como en nuestro caso, basándose en equipo caminero.

También encontramos recubrimientos con tierra es decir sustituyendo un tipo de material por otro, con material ya sea

compactada o suelto, mezclas de suelo con arcilla o bentonita y suelos con otro tipo de adición.

Los recubrimientos con tierra compactada deben ser de un grosor estandar que va desde 90 cm a 2,45 mts. , medida esta horizontalmente en los taludes del canal y un espesor en el fondo de 30 cm. a 60 cm. ; o puede ser un recubrimiento más fino, que consiste en una capa de suelo cohesivo de 15 cm. a 30 cm. en los taludes y en el fondo, que se sugiere sea protegido con una capa de 15 a 30 cm. de suelo fuerte o de grava.

Costos de construcción relativamente bajos son posibles con un recubrimiento grueso, si el trabajo es lo suficientemente largo como para justificar el uso de equipo pesado de movimiento de tierras y si suficiente suelo esta fácil y cercanamente disponible, evitando así el sobre acarreo de material, (algunas especificaciones señalan que a partir de 1 Km. de distancia se considera sobre-acarreo.). Un recubrimiento grueso compactado de tierra se ha verificado en la práctica que es altamente impermeable, con pérdidas en el orden de $2,469 \times 10^{-5}$ cm / seg.

Hay otros factores que afectan el costo que son condiciones climáticas, los requerimientos de mezcla del material, la preparación y conformación de los taludes y los materiales de cobertura.

Los mejores tipos de suelo para este tipo de canal con una capa gruesa de tierra son las gravas y arenas con arcilla como ligante y mezclas pobremente graduadas de arena grava y arcilla ; estas son las más indicadas por ser de baja permeabilidad, de alta estabilidad y buena resistencia a la erosión.

Antes de colocar como recubrimiento los anteriores suelos hay que controlar en el laboratorio la máxima densidad, humedad óptima y permeabilidad.

En el caso de una capa delgada de tierra compactada como recubrimiento recordemos que sobre esta capa se debe de colocar una de grava o suelo fuerte con variaciones de espesor debido a la velocidad que va a conducir el canal, al tipo de suelo usado y a condiciones de trabajo.

Los mejores suelos para este tipo de cobertura son: graba con arena y un ligante de arcilla, grabas arcillosas, arena con arcilla como ligante, arena arcillosa y suelos ricos en arcilla. Debe controlarse en laboratorio la máxima densidad, la humedad óptima y la permeabilidad. Este tipo de revestimiento no se usa en canales muy largos debido a los daños que puede tener por erosión y por efecto de operaciones de limpieza.

También se utiliza como recubrimiento colocar tierra suelta no compactada, este se debe hechar y regar sobre el fondo y taludes en capas de 30 cm. de espesor. Las filtraciones y pérdidas de agua pueden ser reducidas a una cantidad económica empleando suelos lo suficientemente finos como para en estado sueltos ser impermeables, con una adecuada estabilidad y un aceptable resistencia a la erosión. El tipo de suelo debe ser arcilloso.

El equipo para hechar la tierra suelta al canal y darle forma es muy simple. Si bien es cierto las pérdidas por filtración son mayores los costos son mucho menores que en canales con recubrimiento de capas compactadas finas o gruesas.

Hay otro tipo de recubrimiento con arcilla o con suelo bentonítico.

La bentonita es una arcilla que contiene un alto porcentaje de sodio tipo arcilla está caracterizada por una alta absorción de agua acompañado con un hinchamiento, impermeable, y resbaladiza (poca estabilidad). El hecho de que la bentonita se hinche y se vuelva impermeable bajo condiciones de humedad la vuelve muy útil en el control de filtraciones.

La bentonita y otras arcillas son premezclados con suelos arenosos y hechados sobre el perímetro del canal o mezclados en el sitio para formar una capa de 5 a 10 cm y en ocasiones un poco mayor. La cantidad apropiada de bentonita para este revestimiento de mezcla de suelo está entre 5% y 25 % , pero debe ser predeterminado en laboratorio. Se recomienda colocar suelo estable o grava sobre este recubrimiento.

También se utilizan para estabilizar y sellar el canal y los taludes una serie de resinas tratadas, químicos , cal, cemento portland, asfalto y otras combinaciones de estos, para mejorar el suelo.}

La ejecución del canal en tierra, fue descartada desde los estudios originales del CEDEX (Referencia Base de Diseño del Acueducto de Santa Elena y Canal de Santa Elena, secciones del canal, este último elaborado en Julio de 1981 , por los profesores Dr. Ing. de camino canales y puertos , Tomas Padillas y Lidia Montañes) .

Las razones para desechar esta solución se resumen en:

- a) La climatología de la zona favorece a un crecimiento de la vegetación que disminuiría notablemente la capacidad del canal y exigiría unas labores costosas de limpieza.

- b) La mayor rugosidad del canal sin revestimiento, aumentada por el efecto de la vegetación unida a la menor velocidad admisible para evitar la erosión, generaría un canal mucho más ancho, lo que sería un gran inconveniente en un canal que se desarrolla, en algunos tramos, por media ladera de pendientes del orden del 20% y mayores.

Estas mismas razones condujeron a los diseñadores del Proyecto a descartar todas las soluciones sin revestimiento, incluidas aquellas que, para evitar otros inconvenientes, utilizan membranas

impermeables enterradas (que veremos más adelante) , tierra mejorada en la zona de contacto con el agua o impermeabilización del terreno natural.

3.3.2. Revestimientos expuestos

Revestimientos expuestos son todos aquellos que están en contacto con el agua transportada y soportan el desgaste, la erosión y la deterioración debido al paso del agua; con excepción de los revestimientos de tierra que vimos anteriormente.

En esta categoría incluimos todos los materiales rígidos como son: materiales asfálticos, hormigón y morteros con cemento Portland, suelo cemento, ladrillos y rocas; también materiales de membranas delgadas de materiales asfálticos, plásticos (geosintéticos ejemplo HDPE) y cauchos sintéticos colocados directamente sobre el canal sin ninguna capa de cobertura.

No hay que olvidar que los revestimientos con cemento Portland son los más costosos y son recomendados cuando la seguridad estructural del revestimiento es la prioridad.

REVESTIMIENTO CON HORMIGÓN DE CEMENTO PORTLAND.

Es bastante resistente a la erosión mucho más que otros materiales de revestimiento; por esto se lo requiere cuando tenemos altas velocidades en el canal. Con un apropiado diseño, construcción y mantenimiento podemos tener al rededor de cuarenta años de vida útil de canal. Revestimientos con o sin refuerzo o armadura elimina el crecimiento de hiervas y como resultado tenemos mejores condiciones de flujo y una reducción en los costos de mantenimiento. Los animales o el hombre pueden dañar otros tipos de revestimiento pero no pueden romper el hormigón.

El hormigón de cemento Portland es susceptible al daño ocasionado por agua alcalina, a condiciones de congelamiento y de deshielo. Revestimiento de hormigón sufren rupturas debidas a presiones hidrostáticas externas y otro tipo de presiones. Con este recubrimiento podemos tener velocidades del flujo de agua de hasta 2.5 m/seg. con una profundidad adecuada . Los hormigones sin refuerzo son más propensos a sufrir daños por diferentes

presiones (entre ellas la hidrostática) a diferencia de los reforzados pero su diferencia de costo no justifica.

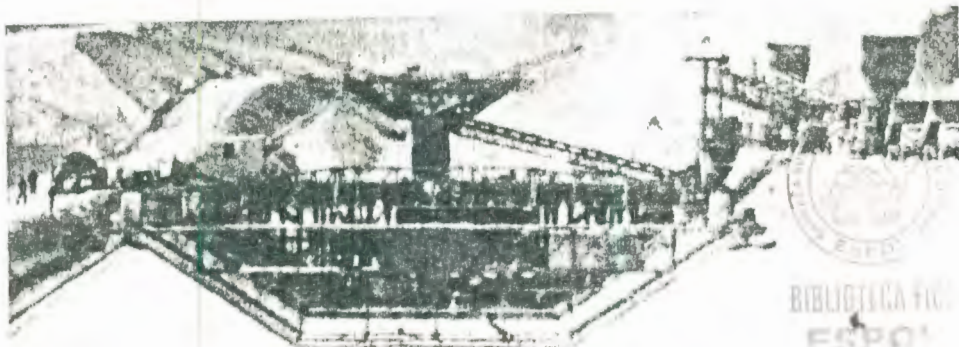


FOTO # 13 Máquina concretera revestidora de canales completamente mecanizada.

Actualmente con una máquina de revestimiento de hormigón se pueden hacer trabajos con mucha rapidez y esto se aprovechó con éxito en los tramos de canal construidos para el Traslase, a pesar de los inconvenientes que presenta.

Los principales inconvenientes que se evidencian son:

- a) Es muy rígido y quebradizo ante empujes o asientos diferenciales; debido a ello cuando el canal se desarrolla por terrenos expansivos, es preciso sustituirlos por otro de características adecuadas para evitar los esfuerzos que dan lugar a la rotura.

- b) Su comportamiento es malo cuando el canal esta vacío, generándose deformaciones permanentes.
- c) En la unión de sectores de corte y de relleno se producen grietas por las diferentes densidades y porosidad de los mismos, así como en zonas de alcantarillas.
- d) La impermeabilidad de los terrenos arcillosos genera subpresiones que afectan la estabilidad del revestimiento. Esto exige una especial atención al sistema de drenaje, lo que implica disponer de materiales permeables de calidad seleccionada, no existentes en el área de implantación del Proyecto.
- e) El sellado de las puntas y grietas que se generan exigen la utilización de compuestos sellantes bituminosos o de otro tipo, que presentan significativos costos de suministro e instalación, por cuanto exige mano de obra especializada y la ejecución es un trabajo minucioso.
- f) Es frecuente el sellado de los filtros y drenes por contaminación con materiales finos, eliminando las funciones de estos elementos y generando el colapso de las placas del revestimiento.
- g) En experiencias de canales revestidos con hormigón se han observado fisuras graves que generan altas pérdidas del caudal

conducido, causadas por: retracción por secado; retracción térmica; ataque por sulfatos; reactividad álcalis – sílica ; expansividad de vida al MgO , o al CaO libre en el concreto.

En el caso del Canal Chongón – Sube y Baja, como se ha señalado anteriormente la traza atraviesa por suelos de mala calidad, que exigen sustituciones de terrenos, de manera que un canal revestido de hormigón pueda apoyarse siempre en terreno de condiciones adecuadas de plasticidad y permeabilidad. Esta sustitución está indicada como mínimo de un metro. Así también los estudios geotécnicos exigen que los terraplenes correspondientes arcilla expansiva sean ejecutados con material de sustitución; e igual disposición rige para la zona disgregada del terreno natural situada debajo del canal, de las banquetas y de los terraplenes.

REVESTIMIENTO COM MORTERO DE CEMENTO PORTLAND.

Por lo general el recubrimiento con mortero se lo aplica como hormigón proyectado (shotcrete) , es decir es proyectado en sitio por medio de presión preúmatica . Debido a esto los revestimientos

con hormigón proyectado tienen la ventaja de ser fácilmente colocados sobre una superficie rugosa y áspera que los revestimientos con hormigón. Este revestimiento puede o no ser reforzado con acero, pero está comprobado que reforzar el hormigón proyectado incrementa los años de servicio satisfactorio. El uso de este revestimiento debe ser limitado a canales pequeños o a climas suaves donde los requerimientos de servicio no son severos.



FOTO # 14 Revestimiento de un canal pequeño con hormigón proyectado

Por lo general el espesor del hormigón proyectado es menor que el de hormigón, los primeros sufren daños con mayor rapidez debido a presiones hidrostáticas y por asentamiento, expansión o contracción del material bajo el revestimiento. Hay un problema al

tener que controlar el espesor del hormigón proyectado esto da como resultado que en ciertas áreas débiles haya un espesor menor al especificado.

Este tipo de revestimiento no es económico para trabajos muy grandes pero pueden llegar a tener una vida útil bajo las condiciones indicadas anteriormente por más de 20 años.

Al hormigón proyectado se lo conoce como Gunita y son conocidas sus desventajas por la formación de grietas, con una gran pérdida de impermeabilidad y muy vulnerable a la vegetación. Se descartó también en los orígenes del proyecto por ser inadecuado, salvo para tramos excavados en roca compacta.

SUELO CEMENTO.



FOTO # 15 Compactación de suelo cemento en un talud lateral.

En condiciones climáticas suaves, este tipo de revestimiento brinda un buen rendimiento. Este revestimiento es la mezcla de cemento Portland y suelo arenoso natural que este disponible en el sitio, en ocasiones puede ser un gran ahorro en relación con el revestimiento de hormigón.

Los suelos usados para este recubrimiento deben ser bien graduados con un tamaño máximo de 2 cm. y con un pasante de finos por el tamiz 200 entre 10 % y 35 % ,

Hay dos tipos de Recubrimientos de suelo - cemento , uno es el llamado estándar y el otro llamado plástico. El estándar es compactado con el contenido de humedad optimo o apenas mayor determinado en el laboratorio. El suelo - cemento plástico tiene mayores contenidos de agua y de cemento y una consistencia similar a la del hormigón de cemento Portland.

CONCRETO ASFÁLTICO.

Este puede ser un sustituto económico para hormigones reforzados de cemento Portland para canales pequeños, donde el bajo costo del asfalto sustituye su corta vida útil y donde el agregado para el asfalto esta al alcance no así el agregado para el hormigón con cemento Portland. Una de las ventajas del uso de este revestimiento es su fácil ajuste a una superficie irregular y a sus cambios y que esté puede colocarse en climas muy fríos caso contrario ocurre con el hormigón.

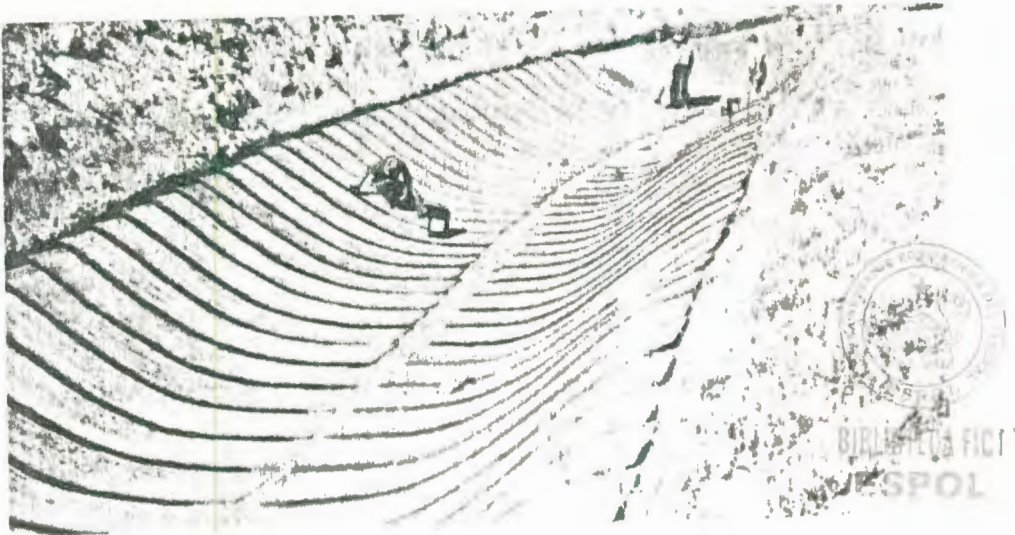


FOTO # 16 Instalación de elementos pre – fabricados de concreto asfáltico.

El concreto asfáltico puede ser usado para reparar partes deterioradas de recubrimiento con hormigón creando una capa de 4 cm. a 5 cm. de espesor. Las velocidades en este revestimiento deben ser limitadas a 1.5 m/seg. , y hay peligro de crecimiento de hiervas. Este tipo de recubrimiento presenta insuficiente resistencia a presiones hidrostáticas externas y del suelo.

Las características de los suelos de la Península de Santa Elena justifican el uso de este tipo de revestimiento. El hormigón bituminoso ofrece una serie de propiedades, como la impermeabilidad y la flexibilidad que cubren los potenciales

problemas de los suelos a cruzar. Desde luego la ejecución y proyección deben ser bien realizadas para aprovechar tales ventajas.

Sin embargo se evidencia una desventaja que es la posibilidad comprobada de permitir el crecimiento de vegetación, lo que, a la larga, conduce a la destrucción del revestimiento.

Su construcción exige una ejecución cuidadosa y esmerada, y la experiencia en el mundo en cuanto a este tipo de canales es bastante limitada.

Hidraulicamente presentan un coeficiente de rugosidad superior a otros revestimientos lo que obviamente haría aumentar los costos para un caudal determinado.

REVESTIMIENTOS DE MAMPOSTERIA.

Hechos con ladrillos, piedras y cascajos. Este tipo de revestimiento requiere de mucha mano de obra que en países como Estados Unidos es muy costosa no así en nuestro país. En países como la

India han sido muy utilizados los ladrillos para recubrir con resultados satisfactorios.

Los ladrillos son colocados utilizando mortero como ligante y como junta. En Estados Unidos se han utilizado y poca filtración se ha determinado.

Recubrimiento con enrocado y con cascajo fueron muy usados en el pasado, en varios países se lo ha utilizado con buenos resultados; inclusive en la obras de entrega del Canal Chongón - Sube y Baja y del Azúcar - Río Verde , se utilizó un enrocado a volteo como recubrimiento.

MEMBRANA ASFALTICA EXPUESTA.

Aquí consideramos tanto las capas delgadas esparcidas en sitio de cemento bituminoso; y láminas prefabricadas y rollos de materiales asfálticos han sido experimentados pero sin muchos éxitos, ya que son fácilmente dañadas; y necesitan de algún tipo de cobertura protectora.

REVESTIMIENTOS CON PLACAS PREFABRICADAS DE HORMIGÓN.

El uso de bloque, placas o losetas para recubrir pequeños canales y laterales tiene ciertas aplicaciones limitadas y bajo algunas condiciones puede ser relativamente económico. En caso donde contamos con los materiales adecuados de menor costo y personal libre puede ser utilizado como ventajoso, entonces la fabricación de estas placas puede ser factible vía mano de obra. De no ser este el caso se debe utilizar pequeños bloques prefabricados en masa.

Para este tipo de revestimiento se necesita una cantidad grande de mano de obra hay algunos problemas en la instalación de las placas en curvas, tangentes y en las puntas que deben ser mortero de materiales bituminosos; por estas razones este tipo de revestimiento se vuelve lento.

En diversos estudios se ha puntualizado, que este tipo de revestimiento, si bien representa un revestimiento flexible en su conjunto, y por lo tanto poco agrietable, su permeabilidad es

grande por la longitud de juntas, con lo que desaparece dicha ventaja. Por otro lado, como contrapartida de la flexibilidad, existe el peligro de desorganización del revestimiento.

La ventaja de construcción en losetas prefabricadas está superada por la utilización de las máquinas de revestimiento de hormigón, que proporciona a las obras un abaratamiento de los costos y una celeridad en los trabajos, comparados con esta alternativa.

El tamaño de la obra tampoco justifica la instalación de una fábrica de premoldeados que ocasionaría retrasos en el cronograma de ejecución de las obras.

REVESTIMIENTOS CON GEOMEMBRANAS

Ya hemos enumerado las ventajas y usos de los materiales plásticos concretamente de la manta de Polietileno de alta densidad seleccionada como revestimientos para el Canal Chongón - Sube y Baja y el del Azúcar Río Verde.

Frente a las ventajas técnicas y económicas que presenta, se ha indicada como única desventaja su vulnerabilidad a los actos

vandálicos lo que pondría en inseguridad una obra de la magnitud de esta infraestructura hidráulica. El establecimiento de las medidas que conduzcan a evitar esta situación controlaría esta desventaja. Los actos de vandalismo que pueden ocasionar daños de magnitud en un revestimiento plástico - particularmente de Polietileno de alta densidad deben ser intencionalmente dirigidos o planificados para este fin, con el uso de herramientas y la aplicación de procedimientos especiales que puedan afectar la integridad del material, dadas sus características de alta dureza y gran resistencia al punzonamiento.

Antes de proceder a explicar mejor algunas ventajas, usos y donde se ha utilizado con éxito la membrana de HDPE , hay que señalar que existen otras alternativas de revestimientos utilizando la misma membrana de HDPE pero cubierta ya sea por hormigón o capas de asfalto o por algún tipo de suelo, también hay otras alternativas cubriendo aún emparedado de geosintéticos con gaviones todas estas alternativas son válidas y dependen de un análisis técnico donde esta incluido el suelo y un serio análisis económico.

Existe otro procedimiento para mejorar la impermeabilidad y evitar o reducir filtraciones por medio de productos químicos como aditivos selladores y estabilizadores aplicados con spray o inyectados para mejorar las características antes citadas para conducir agua a través de un canal a cielo abierto. Para evitar filtraciones se colocan emulsiones de asfalto caliente o hasta GROUT para reparar o mejorar suelos. Sin embargo estas últimas alternativas han sido descartadas por razones expuestas anteriormente.

3.3.3. REVESTIMIENTOS CON MEMBRANAS CUBIERTAS O ENTERRADAS.



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

El revestimiento de un canal con membrana cubierta o enterrada consiste en una relativamente delgada e impermeable barrera contra el agua cubierta por una capa protectora que forman la cubeta o el conducto prismático del agua. Las alternativas de materiales para este tipo de revestimiento son las siguientes:

- Asfalto colocado en sitio (caliente)
- Materiales asfálticos prefabricados.
- Plástico (PVC , Polietileno de alta o baja densidad, etc.)

- Capas finas de bentonita.
- Otros tipos de arcilla.



FOTO # 17 Construcción de un revestimiento con membrana asfáltica cubierta.

Estos materiales son colocados para evitar filtraciones de agua (o reducirlas) y son cubiertas para protegerlas de la exposición a diferentes elementos y del daño ocasionado por aguas turbulentas, sedimentos, crecimientos de plantas o mantenimientos de equipos. La necesidad de la cobertura se vuelve indispensable cuando el revestimiento muestra señales de deterioro indicando que tiene poca resistencia a factores y peligros del lugar.

La tierra y la grava son las coberturas más empleadas y con menos frecuencias debido al costo: hormigón proyectado o gunita, todos para proteger a las membranas. De la cobertura que se le dé

a las membranas dependerá la vida útil y sus funcionamientos en el campo.

De las coberturas anteriormente mencionadas la más económicas es la de tierra y para darle una real protección a la membrana la sección del canal debe ser completamente estable para tener muy poco o nada de erosión o para que no hallen deslizamientos del material de cobertura.

La cobertura de tierra debe ser con un material no consolidable que se saturara cuando el canal entre en uso, que descansa sobre una membrana que introduce un pequeño plano de corte, y que se sostiene sobre una base de material hidratado o no hidratado. No se puede decir que exista un tipo de talud para este revestimiento pero el más aconsejado es el de 2:1. Se recomienda un talud más horizontal si es que el tipo de cobertura es con material graduado arenoso o si es grava muy fina.

Además de que el canal sea estable y con poca pendiente, lo que implica mayor movimiento de tierra se debe limitar la velocidad permisible del agua para evitar la erosión de la cobertura.

Otra desventaja implica el mantenimiento adicional que se necesita para el control de malezas, hierba mala, plantas e inclusive árboles que pueden crecer en una cobertura de tierra. Las raíces de los Sauces u otros árboles pueden dañar los revestimientos de membranas asfálticas. Debido a esta razón un revestimiento de este tipo es descartado en un clima caliente donde el crecimiento de frondosa vegetación será un gran problema. Los recubrimientos con grava reducirían el riesgo anterior, pero pueden llegar a incrementar mucho los costos dependiendo de la disponibilidad y del tamaño del material.

Las siguientes son algunas de las Membranas que pueden ir enterradas o cubiertas.

REVESTIMIENTOS CON MEMBRANA DE ASFALTO CUBIERTA.

Esta se trata de un revestimiento con una membrana de 3 a 10 cm. de espesor, compuesta de un asfalto bajo condiciones de alta temperatura y de mucha trabajabilidad sobre una bien tratada sub-base para formar una barrera impermeable, revestida o recubierta con una capa de tierra o de grava. Otras capas protectoras como

de hormigón proyectado o de hormigón con cemento Portland son menos usadas por su costo.

REVESTIMIENTO CON MEMBRANA PRE FABRICADA DE ASFALTO.

Este revestimiento fue desarrollado para permitir el uso de una membrana asfáltica en pequeños canales o en tramos relativamente pequeños de un canal extenso donde el uso de las máquinas que aplican el asfalto requiere de personal y equipo sofisticado. El espesor de esta membrana prefabricada varía entre 3 y 6 mm. Y son diseñadas para ser manejables en sitio y enrollable.

REVESTIMIENTO CON MEMBRANA DE PLASTICO Y CAUCHO SINTETICO CUBIERTAS.

Este es un buen tipo de revestimiento para un canal para asegurar la impermeabilidad pero con el perjuicio de reducir la velocidad permisible para evitar la erosión de la cobertura a la cual habría que hacerle un mantenimiento por la vegetación que si bien no

destruye el revestimiento por ser flexible si altera su coeficiente de rugosidad.

Si bien la cobertura del revestimiento de polietileno de alta densidad lo hace menos vulnerable al vandalismo, incrementa mucho el costo del canal por excavación; seguramente hacer más horizontal el canal, por lo menos de 2:1. El tratamiento del material de cobertura implica también un costo que se suma al mantenimiento.

En un canal revestido con PVC o con Polietileno de baja resistencia si se necesita un cobertura que impida que agentes como la radiación ultravioleta entre otros disminuyan dichas membranas. En este caso si es necesario un recubrimiento sobre todo con hormigón proyecta (gunita) o con hormigón de cemento Portland.

Revestimientos con caucho sintéticos como el neopreno han sido usados con éxito desde luego con su respectiva capa de cobertura lo que incrementa el costo del proyecto.

REVESTIMIENTO CON MEMBRANA DE BENTONITA.

La bentonita es un material de tierra que contiene grandes porcentajes de sodio, este tipo de arcilla se caracteriza por su gran capacidad de absorber agua acompañado de hinchamiento, impermeabilidad y deslizamiento (poca estabilidad). El hecho es que la bentonita se hincha y se convierte en impermeable bajo la humedad esto hace que se un material muy usado para el control de las filtraciones en canales. La bentonita se la esparce sobre la sub - base del canal como una membrana de 2 a 8 cm. de espesor o más , cubierta por una capa de tierra estable o grava de 12 a 25 cm. de espesor.

3.3.4 REVESTIMIENTOS DE CANALES CON SELLANTES PARA EL SUELO.



No siempre es práctico el utilizar los revestimientos convencionales de más bajo costo, debido a consideraciones económicas; y la búsqueda de métodos de control de pérdidas por filtraciones aún continua. La acción de agregar a nuevos canales sin revestimientos sedimentos, es una práctica aceptada para reducir

las pérdidas en un sistema de conducción de agua. Un sellado natural ocurre cuando un canal en operación acarrea bastantes sedimentos. En canales donde el agua es relativamente clara, los sedimentos son agregados naturalmente.

Además los sedimentos naturales o artificiales, selladores químicos son otra de las opciones para agregar sobre la sub-base de un canal para mejorar su impermeabilidad.

SELLANTES CON SEDIMENTOS.

Una depositación de material arcilloso sobre el área mojada de un canal sin revestimiento frecuentemente ha reducido las pérdidas por filtración significativamente. El revestimiento de sedimento resultante es una capa relativamente delgada.

Los sedimentos pueden ser agregados artificialmente, el control de la filtración puede ser afectado dramáticamente si los sedimentos cubren los huecos en la sub - base del canal. La colocación de grava como cubierta protectora provee de una plataforma para los

sedimentos y reduciendo las pérdidas por filtración en muchos casos.

Es importante que los sedimentos sean constantemente adicionados y cuando estos materiales finos son requeridos se acostumbra por ejemplo bajar el nivel del reservorio para que el fondo del reservorio se erosione y se formen sedimentos; otra forma echando material de laderas al canal ; construyendo diques con sedimentos en partes vacías del canal y dejando que corra esto con el paso del agua; entre otras soluciones.

El costo para la aplicación de este tipo de revestimiento es muy bajo, pero considerando el grado de impermeabilidad obtenido y el costo que representa repetir periódicamente el proceso, es más conveniente y más agua se reserva a menor costo con medios convencionales.

La efectividad del tratamiento con sedimentos aparentemente depende de las características del material usado, de la velocidad del agua en el canal y de las formaciones estructurales a través de las cuales las filtraciones ocurran. Las capas de sedimentos son

muy sensibles a la erosión, al punzonamiento, al deterioro debido al clima, y a destrucción por operaciones de limpieza.

La sedimentación con Bentonita es otra de las opciones, al momento de realizar sedimentaciones artificiales. La teoría señala que pequeñas partículas de bentonita pueden ser acarreadas a considerables profundidades en el canal para formar camas de materiales donde la filtración puede ocurrir.

SELLADORES QUIMICOS.

Este término es usado para productos químicos que pueden ser aplicados a la sub-base o subrazante del canal donde estos reaccionarán químicamente para formar gel o sólidos y semi-sólidos, que se depositarán en los vacíos de los suelos, o que harán que la subrazante se vuelva impermeable al agua debido a su predominio por acción física. Diferentes métodos de aplicación se emplean, como utilizar sprays, por inyección al suelo, o por la adición de químicos al canal que luego se sedimentarán y penetrarán dentro del suelo del cual fue excavado el canal. El método seleccionado dependerá para su uso del tipo de sellado

escogido y de las condiciones ambientales que existan en el lugar de aplicación.

3.4 CARACTERISTICAS DE LA INSTALACIÓN DE GEOMEMBRANA DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD.

La puesta en obra de la Membrana de HDPE, es una operación sencilla y que no exige de la asistencia de mano de obra especializada ni equipo pesado de gran volumen lo que nos dará como resultado rangos de producción eficientes . Los fabricantes y proveedores de estos productos por lo general publican sus recomendaciones sobre la ejecución de estos trabajos, establecen detalles constructivos y dan asesoría técnica inicial para la ejecución de los trabajos.

En el caso particular del Canal Chongón - Sube y Baja, se propone colocar la lámina del espesor calculado en forma expuesta (no enterrada) , anclada a una guía que inicialmente se la penso de hormigón H - 100 sobre el cajero, pero luego se rechazo esta idea de anclaje y se opto como medida más económica un anclaje con el mismo material con que se excavo la zanja pero debidamente hidratado y compactadas en capas. Lo que presento mayores ventajas para la instalación y la inspección.



BIBLIOTECA FIC
ESPO

Por otro lado como ha sido indicado el canal deberá ampliar su capacidad en el futuro. La colocación de este tipo de recubrimiento ofrece la facilidad, de incrementar la sección con la simple construcción de una mureta encima del cajero original, al que se adosará un anclaje plástico que recibirá en el futuro la ampliación del recubrimiento plástico, evitando así cualquier pérdida por filtración.

Las especificaciones técnicas del contrato para la ejecución de los trabajos del revestimiento de los canales de la parte alta del trasvase Santa Elena enfatizar en las medidas que deben aplicarse en el sustrato antes de instalar la geomembrana, las tolerancias, en cotas de acabado, en desviaciones de eje, etc. y detallan los requisitos de control de calidad de la soldadura de campo.

La colocación de la geomembrana no exige sustitución de suelos inadecuados que no tengan una adecuada capacidad de soporte o que presenten características químicas de agresividad debido a las ventajas de la del material plástico.

La colocación de la geomembrana se realiza un vez que las excavaciones han sido aprobadas. Se realiza el corte del material en función de la

características geométricas del canal considerando los anclajes, curvas, elementos estructurales, etc.

Se abren los rollos en los frentes de trabajo, se hacen los cortes y las soldaduras del caso. Las soldaduras podrán ser ejecutadas con aire caliente o con aporte de material, por medios manuales o automáticos dependiendo de la situación específica.

Las arrugas que suelen presentarse entre los empates de los paños como consecuencia de soldaduras automáticas en gran longitud o en fuertes pendientes, deberán merecer especial atención, a fin de no alterar el coeficiente de Manning, procediendo a cortar el tramo arrugado y repetir una nueva suelda, con un adecuado " traslape " evitando en cualquier caso tensiones localizadas. Obviamente sólo se tratarán aquellas arrugas que requieran ser arregladas por presentar problemas potenciales al flujo o a la calidad misma de la obra.

3.5 COMPARATIVO DE COSTOS.



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

Las ventajas económicas que representa el uso de revestimiento flexible, se refleja no solo en los costos de la inversión inicial, esto es en los

precios netos de construcción, sino también en aquellos que corresponden a la conservación del canal, ya en su fase operativa.

A efectos de esta comparación se analizarán únicamente los primeros como se detallan en los cuadros siguientes, entendiéndose que el costo de mantenimiento, en el caso de revestimiento plásticos será sumamente inferiores a los de canales con revestimiento de hormigón, pues estos demandan materiales y mano de obra para reparación de fisuras o reposición de juntas de paños; reconstrucción de paños defectuosos ; en tanto que el revestimiento plástico no requiere mantenimiento ninguno.

En el análisis económico se hace un estudio comparativo entre el uso de la geomembrana de HDPE de 2.5 mm. Y 2.0 mm. de espesor, respecto a la solución de revestimiento del canal con hormigón f 'c 200 Kg / cm², incluyendo todos los rubros involucrados, tanto para la ejecución del revestimiento de hormigón, como para la ejecución en plástico, incluyendo la preparación del substrato suministro e instalación de materiales (desarrollado, desplegado, contado, soldado, y fijado a los anclajes longitudinales)

Los primeros cuadros nos dan una idea del ahorro solo en los costos directos de instalación de los revestimientos para el caso de revestimientos en hormigón, en el cuadro 2 se detalla el costo de producción de hormigón 4 - 200 que es utilizado para estos casos.

El canal Chongón - Sube y Baja tienen una longitud de 18.950 Km. con una superficie de revestimiento de 246.668,72 m² y un volumen de hormigonado de 19794,31 m³. El canal Azúcar - Río Verde tiene una longitud de 16.760 Km. con una superficie de revestimiento de 185.548,72 m² y un volumen de hormigonado de 14889,6 m³. Es decir que el recubrimiento de ambos canales es igual a 36.683,91 m³ de hormigón H-200 o 432216,86 m² de Polietileno.

La tabla 9 tiene el desglose de todos los costos directos involucrados en los revestimientos y cuyos resultados se ven reflejados en el siguiente cuadro.

REVESTIMIENTO	COSTO (USA)	UTILIDAD
HORMIGON	\$ 9.720.011,34	\$ 4.774.687,66
POLIETILENO	\$ 4.945.323,68	

Fuente Odebrecht

Estos son los costos totales para el revestimiento de los canales y podemos darnos cuenta que resulta una oferta mucho más atractiva el revestimiento con Polietileno. El revestimiento con HDPE representa el 50.8% del costo de revestimiento con hormigón, es decir que la misma cantidad de dinero hubiéramos revestido 50.8 de hormigón, mientras que con HDPE hubiéramos revestido el 100 % .

Esto nos lleva a la conclusión de que si hubiéramos revestido con hormigón apenas se hubiera revestido 9.626,6 m. de los 18.950 m. que tiene la traza del Canal Chongón - Sube y Baja y 8.514,08 m. de los 16.760 m. del Canal Azúcar - Río Verde.

El costo del revestimiento con HDPE es casi la mitad del costo del revestimiento con Hormigón H-200 lo cual nos lleva a la conclusión de que económicamente hablando el revestimiento es sumamente superior al revestimiento de hormigón, sin contar aparte de los gastos extras de mantenimiento luego de que entre en funcionamiento el canal, donde los costos del HDPE siguen siendo menores.

TABLA # 7

**DESCRIPCION DE COSTOS UNITARIOS POR M² PARA EL
REVESTIMIENTO DE POLIETILENO**

Descripción	Unidad	Precio US \$	Costo Unit. US \$
Ayudante de producción total	H	1.00	<u>00.5</u> 0.05
Geomembrana e = 2.5 mm.	m2	3.54	3.85
e = 2,0 mm.	m2	1.27	
Banda de Polilock	m	6.20	1.38
alambre recocido # 18	Kg	0.68	0.09
Clavos varios	Kg	0.72	0.00
Total			396 1.47
Cargadora CAT - 966	H	43.33	0.16
Grúa Neumática	H	57.42	0.03
Camión Grúa 6 Ton.	H	22.25	0.00
Trailes	H	39.83	0.01
Total			0.22
Taller Eléctrico	H	109.79	0.10
Taller Industrial	H	12.89	0.01
Central Encofrado	m2	12.28	0.04
Central Armasón	T	513.53	0.30
Total			0.20

Total costo Unitario

\$ 4.99 \$ 1.94

Precio Ofertado al Cliente

\$ 12.00 \$ 9.6

Fuente Odebrecht.

TABLA # 8

**DESCRIPCION DE COSTOS UNITARIOS POR M³ PARA FABRICACIÓN DE
HORMIGON H-200**

Descripción	Unidad	Precio US \$	Costo Unit. US \$
Ayudante de producción	H	1.00	1.42
Albañil	H	1.13	1.59
total			3.01
Material Diverso Consumo	US \$	1.00	0.98
Total			0.98
Camión Tanquero 9 m3	H	13.70	0.73
Camión Grúa 6T	H	11.32	0.04
Pavimentación de Hormigón	H	88.04	4.84
Total			5.62
Taller Eléctrico	H	3.00	0.02
Central Encofrado	H	14.05	1.42
Central de Hierro	T	367.55	0.00
Fabricación de Hormigón 200	m3	47.49	56.69
Maquinaria menor de hormigón	m3	1.30	1.30
Total			59.16

Total costo Unitario

\$. 68.79

Total Ofertado al cliente

\$. 75.17

Fuente Odebrech

3.6. SELECCIÓN DE ALTERNATIVA OPTIMA

El uso de membrana impermeable para el recubrimiento de canales tiene más de dos décadas de estudios y desarrollo posteriores a la introducción de la membrana plástica, lo que permite tener suficiente soporte técnico para la utilización de estas membranas para la construcción de canales impermeables y estancos. Las técnicas han sido afinadas durante dicho período para cubrir las necesidades del presente. Ahora se dispone de procesos mecanizados para la construcción de canales recubiertos por membranas que dan rendimientos de instalación más altos y una inmejorable calidad de instalación. El recubrimiento con membrana es considerado universalmente en la actualidad como el método más efectivo de control de infiltración y de capacidad de conducción.

Muchos países han desarrollado investigaciones con instalaciones pilotos y con construcciones efectivas, para determinar entre otras cosas, su expectativa de vida útil bajo condiciones reales en campo evaluando el nivel de deterioro que podrían presentar, y pérdidas de filtración. En la descripción que se hace en los numerales siguientes se presenta el resultado de las experiencias existentes y se detallan brevemente

algunas de las instalaciones existentes lo que permite conocer el desempeño de los recubrimientos plásticos de canales.

El año de 1.983, significativas áreas de diversos países habían sido habilitadas para riego, con canales revestidos de membranas plásticas.

Se mencionan:

- China, con 50 millones de hectáreas.
- India, con 45 millones de hectáreas.
- URSS, con 35 millones de hectáreas.
- Estados Unidos, con 26 millones de hectáreas.
- Medio Este, 26 millones de hectáreas.

➤ Referencia : Hawkins, Gordon ; Development & Use of Membrane Linings for Canal Construcción Worldwide , Denver U.S.A.)

Hay varios tipos de membranas utilizadas para revestimientos de canales, aunque el polietileno (PE) y el Cloruro de Polivinilo (PVC) se han mantenido como los materiales más utilizados para este propósito, otras membranas también han sido evaluadas para su aplicación en la construcción de canales. Ha inicio de los 50 un nuevo Polímero llamado Hypalon fue desarrollado, que presentaba muchas ventajas, pero

generalmente más expansivo. A mediados de los 60 una membrana Bituminosa reforzada con naylon llamada Hypofors fue introducida. En los 70 se presente el producto llamado Poliolefina. La membrana de polietileno de alta densidad (HDPE) tiene alrededor de 20 años de uso. En Sud - Africa se ha utilizado una aleación de polietileno HDPE impregnado con caucho que presenta excelentes características de resistencia a las variaciones del intemperismo de esa área.

Sin embargo, del amplio rango de materiales plásticos disponibles para revestimientos de canales, las evaluaciones de los materiales, pruebas de campo y análisis económicos, han reducido la lista de materiales a considerar a los siguiente:

- 1.- Lámina de polietileno (PE)
- 2.- Cloruro de Polivinilo (PVC) de costo 1.25 veces superior al PE y que exige protección de la radiación solar, suelos y hormigón (Referencia W.B. Kays : Construction Of Linings for Reservoirs , Tanks and Pollution Control Facilities ; Wiley Int. 1986 : referido al costo puesto en obra, en el mercado de E.U.A.)

Espesor de Geomembrana.

Calculo : comprobación del espesor de 2.5 mm de la geomembrana de HDPE para revestir el canal de Chongon - Sube y Baja. Del libro " Designing with Geosynthetics " del autor Robert M Koerner extraemos la siguiente fórmula.

$$\frac{P}{\cos \beta} = \frac{X}{T}$$


Donde:

V_a = Es el esfuerzo admisible de la geomembrana.

e = Espesor de la Geomembrana.

x = Distancia que se estira o deforma la lámina de HDPE

β = Angulo del talud del canal.

P = La presión sobre el revestimiento.

δ_u = Angulo entre el líquido conducido por el canal y el revestimiento.

δ_L = Angulo entre el revestimiento y el terreno.

El talud es 1.5 : 1 es decir 3 ; 2 (H : V) , lo que da un ángulo $\beta \approx 34^\circ$

P, la presión la calculamos como la densidad del líquido (agua) por el tirante máximo, que objeto de estudio la igualamos a la distancia vertical entre la solera del canal y el nivel de banqueteta.

V_a , el esfuerzo admisible es el último esfuerzo de tensión para nuestra membrana el valor es 22 N/mm^2 (22 Mpa)

La distancia de deformación por la que asumimos de 6 pulgadas (0.1524 m) según investigaciones hechas en el libro del PHD , D ; P.E Robert M. Koermer ; para láminas HDPE.

Lo que podemos decir en este caso es que considerando solo la presión que ejerce el agua y no esfuerzos de tensión que sobre la manta pueden darse debido a fallas en el terreno y al hecho que la manta esta anclada a zanjas, un mejor análisis considerando lo dicho lo vemos más adelante utilizando el programa SAP 90 .

En lo que se relaciona con la capacidad de este espesor para resistir condiciones severas de impacto o punzonamiento como consecuencia de efectos no controlados del substrato o de acciones intencionales de vandalismo u otros actos accidentales, está comprobado que para el

espesor propuesto una resistencia al punzonamiento - en laboratorio - de 530 N , resulta holgadamente suficiente para un espesor de 2.5 mm .

La directiva ICID 108 (International Commision of Irrigation and Drainage ; Guideline 108 , Use of flexible membranes for irrigation canal and reservoir lining) , conforme es citada en el documento de la Universidad Politécnica de Cataluña (Marin Vide , Puertas Argudo y Dolz Ripolles) , y la norma estandar 54 de NSF (National Sanitation Foundation : STD número 54 , Flexible Membrane Linners) , dos de los documentos más importantes sobre láminas flexibles, no incluyen valores mínimos exigidos y recomendados para esta propiedad. Cabe indicar que el ICID 108 presenta todas las propiedades mecanicas que el organismo considera necesaria para la aceptación de un material, basada en la normativa ISO y señalando su corresponden con otras normas (ASTM, Bristish Standars) .

A pesar de la falta de límites normalizados, en relación con es esta propiedad del plástico y dada la importancia que representa esta característica para la garantía del buen uso del revestimiento se ha verificado el espesor bajo los lineamientos de los ensayos presentados por diversos fabricantes de este producto. Por ejemplo por " Schlegel

Lining Technology " de resistencia contra la penetración mecánica y de " Eugepol S.A. " En el primer caso, para un espesor de 2.5 mm , se ha determinado con un percutor de 500 gr. una altura de caída de 2.5 m esta experiencia es basada en cinco millones de metros cuadrados tendidos de placas impermeabilizantes. En el caso de Eugepol S.A., la resistencia al punzonamiento es de 530 Joules.

Los valores experimentales de laboratorio y en sitios son superiores a las incidencias que pueda tener el uso de las herramientas manuales de utilización en la construcción y en las labores agrícolas y hasta el caso de utilización de cargadoras tipo Bobcat.

Permeabilidad.

No existe un material completamente impermeable, sin embargo las láminas de polímeros tienen valores muy bajos de permeabilidad en comparación con las de otros materiales de revestimiento. A continuación presentamos una tabla con dichos valores para damos cuenta de la diferencia apreciable entre las geomembranas y revestimientos de tierra, hormigón, entre otros.

Estos valores son proporcionados por ensayos hechos en obras de canales de conducción de agua en Estados Unidos.

TABLA # 10 Valores de permeabilidad de diferentes materiales de revestimiento.

Permeabilidad.

Geomembrana (HDPE)	0.5×10^{-10}	a	0.5×10^{-13} cm / seg.
Membrana Asfálticas cubiertas por suelo	1.1×10^{-3}	a	3.5×10^{-6} cm / seg.
Membrana asfálticas expuestas	1.05×10^{-3}	a	3.5×10^{-6} cm / seg
Hormigón Armado	2.93×10^{-4}	a	2.47×10^{-5} cm / seg
Bloques de Hormigón	2.93×10^{-4}	a	7.06×10^{-5} cm / seg
Gunito o Mortero Hormigón Proyectado	1.058×10^{-5} cm / seg		
Capa de tierra compactada	1.51×10^{-4}	a	1.76×10^{-5} cm / seg
Tierra suelta	6.91×10^{-4}	a	1.9×10^{-4} cm / seg
Suelo Cemento	3.35×10^{-4}	a	1.06×10^{-5} cm / seg

Estos valores de permeabilidad dependen de los siguientes factores:

- Característica del material de revestimiento.
- Tirante máximo de agua.
- Flujo de agua filtrada.
- Extensión relativa del área de contacto con el agua del canal.
- Porcentaje de aire atrapado en el suelo.

- Velocidad de flujo.
- Acción de capilaridad y gravedad.
- Temperatura del suelo y del agua.
- Pendiente del canal (con dirección al flujo del canal)
- Química del suelo.

Los efectos de los factores anteriores son muy difíciles de estimar así como el orden de importancia de cada uno.

Rugosidad.

En un canal dada el caudal es inversamente proporcional a la rugosidad del revestimiento. El coeficiente de rugosidad usado nos indica un grado de rugosidad de la superficie del revestimiento. Un punto que hay que tomar en cuenta es que no debemos tomar en consideración la rugosidad que presenta u revestimiento apenas instalado o construido sino después de algunos años de uso:

TABLA # 11 Valores de velocidad de flujo y coeficiente de Manning para distintos revestimientos.

Tipo de revestimiento	Velocidad del flujo	Coficiente de Manning
HDPE	0,983 m / seg	0,0135
PVC	0,969 m / seg.	0,0137
Hormigón	0,948 - 0,781 m / seg.	0,014 - 0,017
Gunita	0,781 m / seg.	0,017
Materiales asfálticos	0,885 m / seg.	0,015
Suelo Cemento	0,885 - 0,829 m / seg.	0,015 o 0,016

Características del canal Chongón Sube y Baja =

(L) Longitud = 17.630 m (sb) Pendiente longitud = 1.5×10^{-4}

(Rh) Radio Hidráulico = Area / Perímetro Mojado = 1.28 m

Velocidad = $Rh^{2/3} Sb^{1/2} / m$

La velocidad es un factor sumamente importante que está inversamente proporcional relacionado con el coeficiente Manning (n) .

Por razones de sobrevaloración en las curvas, fenómenos ondulatorios etc., se aconsejan que exista en el canal una velocidad máxima de 2.50

m/seg. Y para que no se formen sedimentos en el canal se aconseja que la velocidad mínima debe estar entre 0,3 y 0,5 m/seg.

Los criterios expuestos en los numerales precedentes otorgan las mayores ventajas técnicas y económicas al uso de membranas HDPE para revestimientos de los canales de la parte alta del Trasvase Santa Elena. Las características de los suelos de la traza de los canales la posibilidad de incrementar la sección en el futuro con la sencilla construcción de una mureta. Las facilidades constructivas, así como la comprobada calidad de producto especificado, conducen a determinar esta alternativa como la más adecuada.

Los demás revestimientos analizados - inclusive el hormigón convencional - presentan claras ventajas frente al recubrimiento de plástico propuesto, dada la naturaleza de los suelos por donde cruzarán los canales, con alta incidencia de arcilla expansivas, aglomerados, y la presencia de suelos inestables y agresivos con alta concentración de yeso y de sales solubles que atacan el hormigón lo que exige grandes volúmenes de sustitución de suelo, así como especiales cuidados y la adopción de medidas extraordinarias a ser tomadas, en algunos casos in situ , sobre la marcha de la obra, con los inconvenientes que esto

ocasiona, sin que se garantice totalmente la estabilidad de la obra y la ausencia de grietas iniciales o averías posteriores. La geomembrana es un material flexible e inerte que neutraliza todos los efectos inapropiados de los suelos dando una hermeticidad absoluta a la conducción del agua e inhibe, de esta forma, cualquier reacción del suelo, además de que evita pérdidas por ex-filtración .

La sección recomendada se presenta en el capítulo cuatro, en el que se indica el espesor recomendado de la placa de polietileno de alta densidad y el anclaje de la manta arriba del cajero. El espesor ha sido determinado en 2.5 mm, basándose en los cálculos detallados en el capítulo 5.

Obviamente, la implementación de nuevas tecnologías para la construcción de obras en determinados medios, trae aparejado una natural resistencia para aceptar producto o técnicas que no correspondan a lo tradicional o convencional lo que refleja en primer instancia a la duda en cuanto a la durabilidad de las obras en que se ha invertido - o se invertirá - grandes montos. Solo una adecuada justificación basada en la aplicación de normas técnicas y el conocimiento de obras reales ejecutadas puede contrarrestar esa resistencia dando lugar al desarrollo de las técnicas de ingeniería, que es lo que ha contribuido y esta

contribuyendo a la optimización de la utilización de los cada vez más escasos recursos económicos de los países, en procura de su progreso. Los ahorros que se logran efectivizar en una obra permiten la aplicación de estos capitales en otras y así dependen al crecimiento de la macroeconomía del medio.

En el caso del uso del HDPE como material de revestimiento del canal Chongón - Sube y Baja -, existen suficientes antecedentes de obras importantes en diversos países con canales operando en forma satisfactoria durante un significativo periodo de tiempo, lo que respalda la aplicación de esta tecnología para el uso propuesto.

CAPITULO 4



METODOLOGIA DE INSTALACIÓN DEL REVESTIMIENTO DE HDPE EN EL CANAL CHONGON - SUBE Y BAJA , Y EL CANAL AZUCAR RÍO VERDE.

4.1 CONSIDERACIONES GENERALES.

Tanto las empresas fabricantes de láminas como diversos organismos internacionales que regulan su uso publican recomendaciones sobre la ejecución de los revestimientos con estos materiales. A continuación señalamos algunas de las recomendaciones.

Los revestimientos con lámina expuesta presentan como ventajas:

- Facilidad de inspección, reparación o sustitución. La rápida detección de zonas degradadas evita la propagación de daños.
- Menor resistencia del flujo (rugosidad) , en caso de estar bien ejecutadas. En sentido contrario hay que señalar la influencia negativa de las arrugas en la puesta en obra de la lámina sobre la resistencia del flujo.

Tiene como inconvenientes:

Su resistencia a todas las acciones derivadas de su exposición a la intemperie debe ser mayor, lo que repercute en su precio.

- Esta más expuesta a acciones vandálicas.
 - Presenta dificultades a la limpieza de la solera por medios mecánicos.
- Un problema asociado a un revestimiento expuesto, es el riesgo al limpiar la solera del canal por medios mecánicos, dado que el paso de la maquinaria podría dañar la lámina. En caso de rasgado o rotura en algún lugar, el defecto puede apreciarse por simple inspección y su reparación, en caso de que se trate de un tramo seco es inmediata.

Al diseñar un revestimiento deben contemplarse varios factores fundamentales: el substrato, las condiciones climáticas del lugar, la carga de agua sobre la membrana y la subpresión entre otros.

El Substrato.

Dependiendo de si el substrato es térreo o de hormigón, las recomendaciones son muy distintas. Como punto fundamental, el

substrato de ser regular para no provocar punzonamientos en la membrana.

En canales de tierra se debe contemplar como aspectos esenciales el diámetro del grano y la estabilidad estructural del canal, incluyendo el control de los asentamientos. La base sobre la que se dispondrá la lámina debe ser una superficie relativamente lisa y sin granos gruesos. El informe editado por la United States Environmental Protection Agency (USEPA), sobre revestimientos de balsa, propone como tamaño máximo aceptable el correspondiente al tipo SP (Arenas mal graduadas con pocos finos y tales que la mitad de fracción gruesa pasa por el tamiz No.- 4) , según la calificación unificada de suelos, con un 100 % de material lavado por debajo de 0.25 pulgadas (0.6 cm) y con áridos redondeados. Este es también el tamaño recomendado por el documento Standar 54 de la National Sanitation Foundation (NSF) . El espesor mínimo de esta capa de estas características debe ser de 15 cm.

La colocación del revestimiento impermeable de HDPE debe efectuarse sobre un terreno aplanado, firme y compactado. De no existir un terreno de dichas características debe colocarse una capa de arena - granulometría 1/8 - de, por lo menos 5 - 10 cm de espesor. El grado de

compactación debe corresponder a un 95 % de la densidad proctor simple.

En casos especiales es recomendable proteger la lámina del suelo usando geotextil. Esta solución se usa principalmente con láminas delgadas. En esta aplicación es importante que los extremos de la lámina quedan siempre enterrados en el suelo.

Los taludes y solera deben compactarse de modo que se asegure su estabilidad, ya que la membrana, debido a su reducido espesor, no colabora a la estabilidad del talud.

En todo caso de canales de hormigón en mal estado, debe hacerse una reparación previa, no tanto para asegurar su impermeabilidad como para evitar la ruptura de la membrana por punzonamiento o por presión no compensada en un hueco o fisura del hormigón. No es preciso reparar las pequeñas fisuras, pero sí aquellas que dejen sin apoyo a la lámina.



BIBLIOTECA FIG
ESPOI

Influencia del nivel freático Drenaje.

Al vaciar un canal la presión del agua deja de ejercerse quedando la lámina descargada. Si el nivel freático está bajo la solera del canal, esto será efectivamente así; si está por encima de la solera las presiones intersticiales en el terreno tendrán un rápido camino de disipación a través del talud. El nivel de agua tras la membrana se mantendrá aproximadamente en el nivel freático, con lo que se verá sometida a una presión en sentido contrario al usual, con la agravante de que esta presión no encontrará más compensación que el peso propio (cuando no está anclada) o la tensión de la lámina (cuando está anclada).

Esto puede ocasionar el colapso del revestimiento, bien por levantamiento en el primer caso o por rotura de la lámina o fallo en los anclajes en el segundo caso. Si se prevé la existencia de un nivel freático alto, ya sea pre-existente o debido a posibles filtraciones, será necesario la disposición de un sistema de drenaje.

El sistema de drenaje, en el caso de un canal de tierra, incluye una capa granular sobre el substrato en los taludes, que cumple dos funciones: evita el transporte de finos del terreno (filtro), y recargar y transportar el agua

hasta la solera (drenaje) . La permeabilidad mínima de este material, según cifras de USEPA, debe ser de 1 cm / seg. y su espesor mínimo debe ser de 30 cm (La arena tipo SP descrita anteriormente cumpliría estos requisitos siempre que no tuviera excesos de finos) . Sobre esta capa se coloca la lámina. En la solera, en ambas esquinas, se sitúan dos colectores, formados por un lecho de material granular muy permeable y una tubería perforada, que tienen la misión de transportar el agua. El sistema se completa con interceptores de descarga a distancia regulares, que aseguran que los colectores no entran en presión. La solera debe tener una cierta inclinación ($\approx 2\%$) de modo que el agua intersticial se dirija en sentido transversal a los colectores.

La principal limitación de este sistema de drenaje es la estabilidad del talud de material granular, que difícilmente pueda alcanzar, pendientes superiores a 2V / 1 H

La tubería perforada debe soportar ciertas cargas, tanto verticales en servicios como en punzonamientos y flexiones en construcción. Se debe asegurar la resistencia mecánica de la tubería y además se deben contemplar tres aspectos fundamentales.

- El material en contacto con la tubería debe estar libre de finos que puedan taponar los orificios.
- Se debe exigir a la tubería las mismas condiciones de resistencia química y al enterramiento que se exijan a la lámina.
- Los materiales de filtro deben ser tales que no se disuelvan con el paso del agua, pudiendo provocar precipitaciones en la tubería que obstruyan los orificios (aspecto especialmente importante en tercios calizas.)

Para garantizar que no habrá migración de finos, las distintas capas (Terreno, filtro y lecho o capa drenante) deben tener granulometrías que cumplen las condiciones de Terzaghi relativas a las diferencias de tamaños de grano de las distintas capas.

Asimismo, para garantizar que el terreno del lecho drenante no se introducirá en los orificios de la tubería, se debe verificar: (US. Corps of Enginners).

Para orificios alargados (ranuras)

$$\frac{D_{85}}{\text{ancho ranura}} \geq 1,2$$

para orificios circulares de diámetro \emptyset

$$\frac{D_{85}}{\emptyset} \geq 1,2$$

Bien



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

$$\frac{D_{85}}{\text{máxima magnitud}} \geq 2$$

donde D_{85} representa el diámetro del tamiz tal que pasa el 85 % del material granular.

Actualmente algunos de los elementos mencionados tienden a sustituirse por otros que presentan mejoras en determinados casos, y cuyo uso es muy ventajoso en el caso de un canal de hormigón con taludes elevados, ya sea nuevo o en reparación. Como materiales de filtro y drenaje en sustitución de la capa granular, puede usarse la combinación de un geotextil que evite el transporte de finos y una georrieta de drenaje, cuya transmisividad mínima (T) debe cifrarse, según USEPA, en $5 \times 10^{-4} \text{ m}^2 / \text{seg.}$, teniendo las redes comerciales una transmisividad del orden de $2 \times 10^{-3} \text{ m}^2 / \text{seg.}$

Se recuerda que :



$$T = K \times b$$

T : Transmisividad ($\text{m}^2 / \text{seg.}$) ; K permeabilidad ($\text{m} / \text{seg.}$) ; b : espesor de la capa o red (m).

El uso de estos materiales sintéticos tiene ventajas, como son:

- Apenas representan pérdida de sección
- Admiten todo tipo de taludes, en oposición a los filtros granulados.

- El transporte y puesta en obra es mucho más económico.

No es preciso usar redes de drenaje en todo el perímetro del canal. Se puede permitir que el agua resbale entre el talud y la lámina para ser recogida en la solera. La magnitud de los efectos de la carencia de drenaje debe orientar la decisión.

El lecho en el que se instale la tubería puede ser asimismo de hormigón poroso en lugar de material granular muy permeable. Si se asegura por ejemplo mediante un geotextil, que no se colmatarán sus poros con finos al hormigón poroso supera con creces las prestaciones de lecho granulado, ya que colabora en la resistencia y descarga a la tubería, evitando así la rotura o aplastamiento de la lámina de terraplén. El material resultante de la excavación no se acopiara al lado de la zanja de tal forma que obstaculice la libre esorrentía de las aguas, debiendo ser tendido en sitio definido por la Fiscalización.

Camino de Servicio.

Junto al canal y paralelo a él discurre el camino de servicio, con la disposición, tanto en planta como en sección que se indica en los planos

de contrato. Sobre la explanación de la banquetta se dispone un firme compuesto por sub-base granular de forma que el camino resultante tenga una calzada de tres metros y cincuenta centímetros (3,50 m) de ancho.

Transversalmente, el camino tendrá una pendiente del 2 % con el fin de que las aguas de lluvia drenen hacia el talud exterior del relleno o la cuneta, según el tipo de sección de que se trate.

Entre el firme del camino de servicio y el pie del canal se dispondrá una zona de retiro de noventa centímetros (0.90 m), que servirá para el anclaje de la membrana de polietileno de alta densidad.

Desagües Transversales.

Comprenden las obras encaminadas a salvaguardar permanentemente el canal de la acción de las aguas debidas a corrientes naturales superficiales que interceptan su trazado.

Las obras se dividen en aquellas que pasan bajo el canal las cuales son: con sección circular (en tubo) o con sección rectangular (en marco) y

las obras que pasan bajo el canal con sección rectangular (paso de vaguada) . Las alcantarillas, a su vez pueden estar constituidas por uno o varios tubos o marcos respectivamente, según las necesidades.

Para el encauzamiento de la corriente a la entrada se disponen dos aletas divergentes de hormigón en masa H -175, o bien un foso o pozo cuya solera y paredes laterales son de hormigón armado H-200. Las embocaduras en pozo solo se presentan en las alcantarillas circulares. La definición detallada de cada una de ellas se reflejan en los planos.

La salida del desagüe se resuelve prolongando los tubos o marcos en una longitud suficiente reflejada en planos.

Las dimensiones interiores de los desagües son las siguientes:

Sección circular (tubos)	2Ø100 cm. , 1Ø100 cm. , 1Ø200 cm.
Sección Rectangular Marcos	Secciones de 3 x 2,50 m, 4 x 3,20 m
Pozo de vaguada (rectangular)	1 □ 2 x 0,50 m

1 □ 3 x 1,00 m



BIBLIOTECA FIC
ESPOI

Estas dimensiones interiores de los desagües son datos del canal Chongón - Sube y Baja y Canal Azúcar - Río Verde.

La presentación en obra de la lámina, puede ser en rollos o mantas, dependiendo del fabricante.

4.2. DISPOSICION DE LA LAMINA

La presentación en obra de la lámina, puede ser en rollos o mantas, dependiendo del fabricante. En el primer caso, el ancho de la lámina es fija y, según el fabricante y las especificaciones de la obra, pueden adoptarse distintas anchuras, si bien no son iguales anchuras inferiores a un metro ni superiores a 10 metros.

En el caso del Traslase Daule - Santa Elena para el tramo de Chongón - Sube y Baja los rollos tenían un longitud de 89 m. de largo por 7,3 m de ancho y un espesor de 2,5 mm , lo que ha debido a la densidad del HDPE de 955 Kg / m³ un peso por rollo de aproximadamente 2,00 toneladas, debido a esto para trasladar y colocar en el sitio los rollos eran transportados y cargados por un camión a la que se adaptó una grúa con suficiente capacidad como para manejar el peso de los rollos.

Para el tranco Azúcar - Río Verde los rollos median 108 m de largo por 7,3 m de ancho y un espesor de 2 mm lo que nos daba un peso aproximado de 1.5 toneladas estos rollos también se maniobraban con la ayuda del camión grúa



FOTOS # 18 Y 19 Camión grúa descargando los rollos de HDPE.

Excepto en canales de pequeño perímetro no es usual revestir todo el canal de una pieza en sentido longitudinal. Puede optarse por revestirlos por piezas en sentido transversal (el de la sección tipo) o longitudinal (el de la alineación de canal).

La conveniencia de uno u otro método dependerá de la geometría de los taludes y de las dimensiones de la sección. En taludes tendidos o que permitan su revestimiento con una sola pieza puede optarse por el revestimiento longitudinal que presenta menos resistencia al flujo. En taludes de fuerte pendiente, incluso verticales, es usual un revestimiento

transversal, por facilidad de puesta en obra. La planificación y el control de la obra es también más fácil si el revestimiento es transversal, ya que se reviste sección tras sección.

Previamente a la disposición de la lámina debe inspeccionarse el substrato y drenaje, si lo hay. Una vez aceptado, se posesionarán los rollos o mantas de modo que sea fácil extenderlos. Es fundamental seguir un orden en la disposición que evite el tener que transitar por una zona ya revestida. Para ello se puede seguir como norma general comenzar desde un extremo (en general será mejor el superior, según el flujo del canal.) y tener accesos de material y maquinaria que no obliguen a pisar el revestimiento. Esto es particularmente importante en zonas de montaña, en que los accesos son limitados. Si el plan de obra aconseja comenzar desde distintos puntos para acelerar la ejecución, los sectores deben definirse en función de los accesos. El paso de la maquinaria sobre la lámina puede dañar el revestimiento.

El viento es un problema importante a la hora de extender una lámina particularmente agudo en el caso de grandes superficies. La circulación de aire baja la lámina puede levantarla y hacer complicado el trabajo de posicionamiento. Deben disponerse elementos de lastrado temporal para

asegurar que no se producirán estos levantamientos. Hay muchos materiales útiles para este fin, por ejemplo sacos de arena, neumáticos, etc. , No es recomendable el uso de objetos metálicos o de hormigón, ya que podrían producir punzonamientos y roturas al retener la lámina frente a la acción del viento.

Como ya indicamos anteriormente, el material que forma el substrato, ya sea granular o rígidos, debe estar libre de elementos salientes que puedan dañar la lámina. En el caso de que la superficie presente serias irregularidades, y que su adecuación o reparación represente desventajas de coste, plazos u otros, se puede proteger la lámina con un geotextil de los señalados en la parte de drenaje. El uso de un geotextil interpuesto entre el substrato y la lámina tiene no obstante limitaciones: los defectos más sobresalientes del substrato deben ser eliminados.

Esto evidentemente solo tiene sentido en revestimientos expuestos de canales con un substrato consistente, como el hormigón o un aglomerado asfáltico, y si bien elimina los problemas de arrastres y elevación por el viento y permite además una perfecta adaptación geométrica, libre de arrugas y otros defectos (lo que mejorará el comportamiento hidráulico),

presenta el inconveniente esencial de que no soporta movimientos en el substrato.

Una particularidad de los revestimientos flexibles es su perfecto comportamiento ante pequeños movimientos del substrato, como pueden ser asentamientos, retracciones del hormigón, etc. Es cierto siempre que la lámina no se adhiera totalmente a él , ya que en este caso la lámina se fisuraría del mismo modo que el hormigón del substrato. Aunque el alargamiento a rotura de las láminas de polímeros es muy importante (en el caso de nuestra membrana de HDPE el alargamiento en rotura es mayor al 700 %) sólo responderá a la sollicitación la zona afectada por la fisura, sin colaboración del resto de la lámina. En zonas en las que se prevé actividades en este sentido no es recomendable usar láminas totalmente adheridas.

4.3. PROCEDIMIENTO DE INSTALACION.

A continuación procederemos a detallar los trabajos de revestimientos efectuados en el Canal Chongón - Sube y Baja, y en el Canal Azúcar - Río Verde; desde la excavación del canal hasta la colocación del revestimiento propiamente dicho (geomembrana de HDPE).

Procedimientos Previos.-

Para la instalación de la geomembrana, serán necesario los siguientes procedimientos previos:

- Reconocimiento del sitio de instalación antes del inicio de los trabajos.
- Observación de la superficie del tramo del canal ha ser revestido, identificando la presencia de objetos agudos como piedras o ángulos vivos en el terreno, los mismos que serán removidos para evitar que exista el punzonamiento de la geomembrana, se observarán las tolerancias en la geomembrana de acuerdo a las especificaciones.
- Localización de los puntos de abastecimientos de energía, fundamentales para garantizar, el funcionamiento de las máquinas de soldadura.
- Establecer los sitios para stock de los rollos de polietileno de alta densidad (HDPE) , los mismos que serán en ciertos puntos a lo largo del canal para conseguir que sean los más próximos al sitio de lanzamiento, así se economiza esfuerzo y tiempo.



FOTO # 20 Retro excavadora abriendo el cajero del canal.

En lo que tiene que ver con la ejecución del canal a cielo abierto; previo a la excavación que se realiza sobre una franja de ancho variable, que abarcará la mayor dirección transversal de la obra más cinco metros para cada lado, un despeje y desbroce de la capa vegetal en una profundidad máxima de treinta centímetros en toda la traza del canal.

Los pasos sobre vaguadas o depresiones del terreno, donde no se alcanza la cota adecuada se resuelven mediante terraplenes compactados de talud $H/V = 2/1$.

El material necesario para la ejecución de estos paso de vaguada preferencialmente será obtenido de las excavaciones obligatorias o podrán ser de prestamos ubicados en zonas aprobadas necesariamente

por el ingeniero fiscalizador. El terreno donde se sientan el terraplén se prepara convenientemente excavando con una profundidad variable mínima de 0.5 m hasta encontrar la cimentación adecuada.

No esta demás señalar que para estos movimientos de tierra necesitamos maquinaria pesada como son: Tractores, motoniveladora, retroexcavadora, cargadoras, volquetes, tanqueros, entre otros equipos y un correcto y permanente acompañamiento y supervisión de topógrafos y de laboratoristas de ensayo de suelo.

En tramos donde el canal cambia de " sección en desmonte " a " sección en terraplén " , siendo la pendiente del terreno, según la traza, superior al 100 % solo se utilizarán en el terraplenado suelo adecuados, en una longitud de 15 metros a partir del cambio y la densidad mínima exigida no será inferior al 100 % de la máxima obtenida en el ensayo Proctor normal. La fiscalización indicará con siete días de anticipación otros francos del canal donde la utilización de suelos adecuados sea necesaria.

En los tramos en los cuales el canal será revestido con membrana de polietileno de alta densidad, los terraplenes serán ejecutados con adecuados o tolerables.

Las superficies de la caja del canal, previamente a colocar la membrana de polietileno de alta densidad deberán quedar perfectamente refinadas y con estas operaciones de refino se harán siempre recortando y no recreciendo. Con respecto a lo último hay y hubo ocasiones en las que al momento de dar el refino por medio de una retroexcavadora " sin uñas " en su pala al ser terreno rocoso se desprendían pedazos los cuales dejaban excesos en la excavación los cuales debían ser rellenados con hormigón H-100 , y se lo hace cuando se rebasa 5 cm. para suelo y 15 cm. para terrenos rocosos.

El refino es mecánico (es decir sigue una secuencia de trabajo con equipo pesado) , de manera que la tolerancia absoluta en cota en cualquier punto de la sección del refino, en cualquier punto del trazado será de 5 cm. respecto al punto de nivelación de referencia más próximo.

La tolerancia absoluta en planta del eje del canal será 5 cm. en alienaciones rectas y de 10 cm. en curvas respecto a las coordenadas planimétricas del punto de referencia más próximo.

La tolerancia para el acabado de la superficie refinada se establece prescribiendo que la fecha máxima o irregularidad admisible en

parámetros planos en cualquier dirección, medida con respecto a una regla de tres metros de longitud será inferior a 5 cm. En parámetros curvos la tolerancia será la misma, medida con un escantillón de la curvatura teórica y de tres metros de longitud.

En los sitios de empalme del revestimiento de membrana con estructura de hormigón se deja envevido una franja de polietileno de alta densidad de 15, 20 cm de anchos y 5.4 mm de espesor llamado Polilock , esto se coloca para la posterior suelda a la lámina de HDPE .

El Revestimiento puede ser realizado tan pronto lo permitan las actividades de reconformación del talud.

4.4. CRITERIO PARA EL CORTE DE LAS GEOMEMBRANAS

Es importante señalar que los rollos de HDPE se acostumbran mantener un área despejada que pueda ser plana o mucho mejor con cierta pendiente para poder deslizar y desarrollar las láminas para proceder a su corte en esa área, luego de esto ser transportadas en un camión grúa hasta el lugar del trabajo donde se la tenderá soldará y luego anclará.

Lo primero para determinar el corte de la geomembrana es estudiar el levanta del proyecto, donde son estudiados todos los parámetros de orden técnicos para dimensionar los paños que irán al revestimiento. La sección típica del canal tiene un desarrollo transversal tal como se indica en el esquema No.- 1 ; razón por la cual se decidió emplear paños típicos del HDPE de 7,20 por desarrollo, de manera de optimizar el uso del material. En lo que respecta a la zanjas de anclaje, dado que ellas tienen una sección transversal pequeña se efectuará la excavación con de una retroexcavadora de un cucharón adaptado con las dimensiones de las zanjas (esta excavación fue hecha también por equipos bobcat.) .

En vista que los trechos rectos se encuentran limitados por estructuras (zonas patees, ataguías, pasos drenantes , transición de sifones) , existe la posibilidad que la distancia entre las estructuras no sea divisible para la longitud de los paños (7,2 m.) , circunstancia en la cual los trechos finales de acabado serán medidos y cortados en sitio.

En curvas los paneles tendrán dimensiones variadas, conforme sean los ángulos formados por sus radios con longitud de curva. Serán llevados al campo para el revestimiento de las curvas, paneles de 7,20 m. en sitio del tamaño de la pieza necesaria para acompañar la curvatura del canal y

entonces proceder al corte, estos serán realizados de acuerdo a lo indicado en el esquema No.- 2, con la finalidad de contribuir al ahorro de material y a la vez se elimina la posibilidad de ajustes en el campo.

El corte de material de los tramos rectos se lo hace en los sitios de stock y como mencionábamos anteriormente, para luego llevarlos a la instalación en el canal.

Regresando a las superficies a ser revertidas, estas no deben presentar fisuras, ni materiales sueltos, su geometría será revisada en cada tramo por la fiscalización, de forma que los trabajos de revestimientos solo serán ejecutados una vez liberada topográficamente el área por la fiscalización. Los tramos a ejecutar están comprendidas entre las estructuras (zonas de patees, ataguías, etc.).



BIBLIOTECA P.
E.S.P.O.

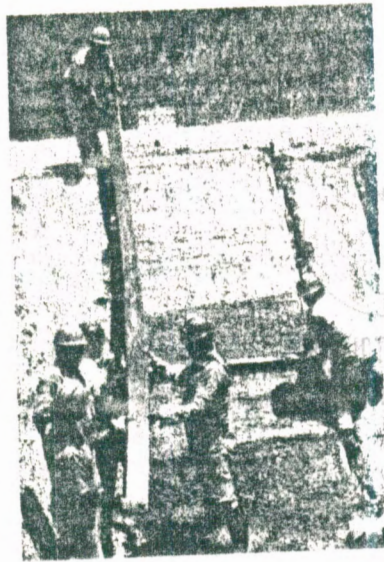


FOTO # 21 Trabajadores colocando el Pollock sobre hormigón fresco del pate.

Una vez cortados los paños provenientes del área de stock, deben ser abiertos y estirados a lo largo del área a ser revestida, posteriormente se sujetará los paños con sacos de arena tal como se lo indica en el esquema No.- 3 , con la finalidad de evitar deslizamientos de los mismos y a la vez facilitar el proceso de soldadura en campo.

4.5. SOLDADURA DE LÁMINAS DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD

La soldadura en el campo o lugar de empleo de la lámina de HDPE es un factor crítico para el funcionamiento de ésta como una barrera que impida el paso de líquidos y algunas veces vapores.

El concepto de soldar o formar una junta entre láminas de geomembrana poliméricas es la temporal reorganización de la estructura polimérica de sus superficies opuestas a ser unidas bajo un procedimiento controlado ya sea por fricción o por ablandamiento del material, esto luego de la aplicación de cierta presión en un periodo determinado, resulta en la formación de una junta. Esta reorganización se debe a la adición de energía procedente de procesos químicos o térmicos

Hay que tener en cuenta que el tipo de soldadura que apliquemos a los materiales depende de sus propiedades y características y que los valores de resistencia a esfuerzos de tracción de unas láminas soldadas podrían variar muy poco con relación a valores de una lámina entera, esto depende mucho de las condiciones y cuidados que se hayan hecho en el lugar de aplicación del revestimiento.

Para las geomembranas termoplásticas como la es el HDPE se aplican procesos térmicos que son: soldadura por termofunción y por extrusión. Para los " Termoset " o termoduros se les aplica disolventes o adhesivos para crear las juntas.

Hay un tipo de soldadura que se la llama unión eléctrica y solo es utilizable con polímeros que presenten polaridad, lo cual excluye el polietileno. En este proceso se produce un campo electromagnético oscilante sobre el material que se traduce en calor que funde el material.

Hay dos métodos de Fusión - Térmica o Termo - Fusión que pueden ser usados para todas las geomembranas termoplásticas, en los dos casos las superficies opuestas se fusionan. Para lograr buenos resultados hay que controlar la presión, la temperatura, y la velocidad de soldadura. Si se produce exceso de fluidez del material en las juntas puede resultar muy débil a los esfuerzos de tracción. Hay dos métodos uno por soldadura por calor, y la otra por aire caliente. En la soldadura por calor una máquina automatiza el proceso creando por medio de la pasada de redes a determinada presión, temperatura y velocidad de una franja soldada de espesor constante que pueden ser también dos franjas paralelas con un espacio entre ellas para evaluar la calidad de la soldadura ; al aplicar

cierta presión en ese espacio se monitorea cualquier descenso en la presión que implique alguna fisura en la junta.

En el método de fusión con aire caliente se aplica el aire caliente entre los dos elementos que han de unirse fundiendo una zona superficial de cada uno de ellos. Presionando se forma una interfase, que posteriormente solidifica. El aire caliente presenta no obstante tendencia a oxidar el material, por lo que usan también otros gases más inertes. La fusión con aire caliente es aplicada a la unión de termoplásticos.

La soldadura por extrusión es usada exclusivamente para Polietileno de baja y alta densidad, una tira de polímero derretido es extrusado en el extremo de una de las láminas en el extremo de una de las láminas de geomembrana a ser soldadas o en medio de ellas. El Polímero extrusado causa que las superficies de las láminas se calienten y se fusionen, luego que se enfrían se formará una sola masa o junta. La extrusión donde el polímero derretido se aplica en el extremo se denomina fillet y es muy útil y utilizada para parches y para usarlo en áreas poco accesibles cerca de tuberías y en juntas muy pequeñas. Como en los anteriores métodos una adecuada temperatura y velocidad de soldadura son importantes.

4.5.1. Suelta Automática.

Básicamente son máquinas autopropelidas con control automático de la velocidad y la temperatura cuyos ajustes pueden ser hechos de manera continua. Los controladores de velocidad y temperatura

Son lo suficientemente sensible para mantener constante tanto temperatura como velocidad, independientemente de las variaciones ambientales y de terreno.

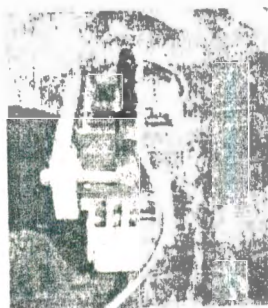


FOTO # 22 Máquina de suelta automática soldando láminas de HDPE.

Características básicas: del equipo empleado en el canal.

Máquina electromecánica para mantas de 1,5 a 5,0 de HDPE .

- Marca : Columbine.
- Tensión / potencia : 220 V / 4200 W
- Peso : 12,50 Kg

- Temperatura : 20 a 650 °C
- Velocidad: 1 a 3,50 m / minutos.

Situación de uso:

- Unión de extremos de mantas por sobreposición.
- Reparación para eliminar arrugas.
- Reparaciones de grandes dimensiones.

El equipo de marcha del aparato esta constituido en tal forma que esta totalmente asegurado un deslizamiento de soldadura libre de defectos en un terreno irregular. La temperatura de soldadura de 20 a 650 °C , se regula por medio de un potenciómetro , cualquier temperatura de soldadura sin necesidad de cambiar la resistencia.

Secuencia.

Para dimensionar parámetros ideales :

- Ajustar temperatura entre 450 / 520 °C (durante cinco minutos)

- Ajustar velocidad entre 0,8 y 1,2 m / minutos.
- Marcar traslape de paños, 10 cm.
- Colocar un trapo frente a los paños para que el auxiliar complemente limpiando el frente.
- Poner a la atmósfera las muestras durante aproximadamente 10 minutos y realizar las pruebas mecánicas y de geometría.
- Si hubiese problemas en cualquiera de las dos pruebas alterar la velocidad $\pm 0,1$ m / minuto , repetir la prueba hasta que se cumpla con las especificaciones detalladas más adelante.

Hay que tomar en cuenta varios factores; la máquina soldadora automática al llegar a la temperatura de 450°C transmite a las láminas en su traslape o zona de junta una temperatura de $220 \pm 10^{\circ}\text{C}$ que es la del aire caliente de la máquina y es la que lleva a los materiales de HDPE a un estado de función .

La unión entre geomembranas de HDPE debe realizarse sobre superficies completamente secas y libres de cualquier suciedad o incrustación. Se prohíbe en consecuencia el extendido con lluvia o fuerte humedad relativa mayor del 50 % y 10 % fuerte viento más

de 40 K m / h, sin la adecuada protección, o cuando la temperatura de la lámina este fuera del intervalo entre + 2⁰C y + 3⁰C

A continuación mostramos una tabla dada por el fabricante de la máquina soldadora por calor Wedge-it Hot Wedge Welder; aquí la Columbine International , Ltd . da valores de temperaturas y de velocidad sin considerar la humedad y la temperatura ambiente. Hay que señalar que nuestro equipo de soldadura contaba con rodillos de acero lo que nos permitía soldar las láminas de 2 y 2,5 mm. espesor

Tabla # 12 Parámetros para soldadura con suelda automática.

Material	Temperatura de soldadura	Velocidad	Presión de los rodillos	
			Rodillos de acero	Rodillos de caucho
HDPE 0,5MM	350 ⁰ C	5,5 m / min.		0.5 , 0.75 o 1 mm
HDPE 0,8MM	350 ⁰ C	5,5 m / min.	0.5 , 0.75 o 1 mm	0.5 , 0.75 o 1 mm
HDPE 1mm	350 ⁰ C	4 m / min.	1 o 1.5 mm	1 o 1.5 mm
HDPE 1.5 mm	370 ⁰ C	3 m / min.	1.5 mm	
HDPE 2 mm	370 ⁰ C	2 m / min.	2 mm	
HDPE 2.5 mm	370 ⁰ C	1.5 m / min.	2.5 o 2 mm	
HDPE 2 mm	370 ⁰ C	1 m / min.	2.5 o 2 mm	

Fuente : Catalogo.

De la práctica en el campo se puede determinar que con la humedad ambiente en la península, una temperatura ambiente de 300C más láminas de 2 mm de espesor como la que se instaló en

el tramo Azúcar - Río Verde; deben ser soldadas a una velocidad de 3 metros en 1 minuto .

Una manta de 2.5 mm. de espesor debe tener un avance en su soldadura más lento esto es 60 cm. más lento , por lo tanto a una temperatura de 30⁰C el avance para una geomembrana de 2.5 mm. será de 3,60 metros por minuto. Vemos que este valor difiere por el propuesto por el fabricante, pero este fue el que mejor resultado dio al momento de realizar las pruebas; hay que recordar que un exceso de fluencia de los materiales forman una junta débil así como muy poco tiempo de calor sobre una superficie de la junta forma una débil soldadura.

Ahora si la soldadura o la junta la hacíamos en la noche por ejemplo con una temperatura ambiental de 20⁰C y unas mantas de espesor 2mm. el avance debe ser de 2 metros por minuto, es decir al variar 10⁰C el avance se vuelve más lento, disminuye en un metro. Con un espesor de 2,5 mm de las láminas y 20⁰C el avance debe ser de 1,40 metros por minuto.

Para suelda en el campo con la suelda Automática.

- Ajustar a los parámetros ideales obtenidos conforme los descrito anteriormente y además estabilizar la temperatura.
- Marcar Traslape de los paños , 10 cm.
- Colocar una tira de geomembrana con señalización del recorrido a seguir " Gravata " para de esta manera tener una suelda rectilínea.
- Efectuar la limpieza de los cinco primeros metros con un trapo y solicitar que el auxiliar de suelda vaya efectuando una limpieza y resane.
- Utilizar la máquina e iniciar la operación.
- El operador debe acompañar el avance de la suelda, ayudándola donde sea necesario.
- Un auxiliar deberá ir haciendo la limpieza, la remoción de sacos de arena, la verificación del traslape y la retirada de la " Gravata " cuando sea necesario.

4.5.2. Suelda Manual con Aire Caliente.

El equipo de Lester TRIAC O CLEMENTS produce por medio de un generador de aire caliente con regulación continua de la temperatura del aire desde 20⁰C a 700⁰C máximo, de forma

progresiva y suave, independiente de la tobera o boquilla elegida y de las irregularidades de la quilla elegida y de las irregularidades de la tensión. Normalmente son utilizadas en caso que no se puedan realizar soldas automáticas o por disposición de material extruido.

En la escala graduada de cada aparato, se puede leer la temperatura de aire caliente que puede ser regulada con el potenciómetro, sin necesidad de cambiar la resistencia. La resistencia tiene una larguísima vida y está doblemente protegida por una foto - célula y un Klixón.

El caudal de aire caliente producido es regulable suavemente de 50 a 230 litros por minuto, por medio del regulador situado en la parte posterior del mango.

El aparato es apto para el más duro trabajo y solo pesa 1,4 Kg. Con tres metros de cable de conexión.

El TRIAC , junto con los distintos tipos de boquillas, rodillos y herramientas especiales, se usa para aplicaciones de detalle en

terreno y el taller. Para efectuar los remiendos y los empates se emplea una boquilla de pico chata, que es una tobera de ranura ancha de 20 mm.

Características Básicas.

- Leister TRUIAC o CLEMENTS
- Tensión / Potencia : 220 V / 1700 W
- Peso : 1/4 Kg.
- Temperatura : 20°C a 700°C

Situación de uso.

- Reparaciones / Remiendos.
- Conformación de superficies para posterior remiendo.
- Punteado de fijación y alineamiento para posterior suelda automática o por deposición de material (extrusora) .
- Trabajo en lugares de difícil acceso.

Luego de ajustar la temperatura hay que esperar de 2 a 3 minutos para homogeneización .



FOTO # 23 Suelta manual con aire caliente.

Regulación del flujo de aire.

- Evitar el trabajo prolongado de la máquina en posición vertical.
- Raspar o lijar toda la superficie a ser soldada inclusive la zona de suelta de acabado por extrusión.
- Con una máquina Leister TRIAC iniciar la fusión de dos superficies iniciando por el centro y con movimientos sincronizados del rollo de silicón ir presionando/soldando o remendando el paño en sentido circular de adentro hacia afuera. El remiendo debe ser

completamente hermético, para ello se efectuarán dos pases de soldadura en la zona central.

4.5.3 Suelda por deposición de material (Extrusión) .

El equipo de extrusión tiene un motor y un sistema de calefacción eléctrica, controlado por un sistema eléctrico de alta calidad. El tornillo del extrusor está especialmente desarrollado para esta aplicación. En la salida del extrusor se tienen boquillas de teflón que ubican el cordón plastificado de soldadura. Estas boquillas se cambian y tienen distintos diseños geométricos para diferentes aplicaciones. Además tienen al lado de la boquilla un soplador de aire caliente, que precalienta la zona donde se alojará el cordón plastificado de tal manera de producir una optima soldadura. La ejecución de este tipo de trabajo requiere de personal altamente especializado y el sistema necesita supervisión profesional.

El extrusor se alimenta con material granulado por medio de una tolva, pudiendo también ser alimentado con cordón de soldadura.



FOTO # 24 Suelda por extrusión.

Características Básicas.

- Marca : Munsch Tipo UK
- Velocidad de suelda: 0,80 Kg / Hora
- Diámetro de aporte: 3,00 a 5,00 mm.
- Peso; 5,50 Kg.
- Tensión / Potencia : 220 V , Motor 480 W. , Extrusora 500 W
- Suministro de aire 200 W.
- Temperatura : ajustable : 0 a 999⁰C

- Presión / Consumo de aire : 0,40 Bars - 400 litros / minuto.

Situación de uso.

- Soldadura a estructuras de concreto (Polylock).

PROPIEDADES DE SUELDA Y PROCEDIMIENTOS DE PRUEBA DE CAMPO.

Las soldaduras de inyección de aire caliente, por extrusión y soldadura automática, que son realizadas en campo deben de cumplir con las siguientes propiedades básicas.

Resistencia al cizallamiento.

En este caso para considerar como aceptable la soldadura, esta debe ser superior al valor representado por el 95 % de la tensión de escurrimiento de la geomembrana, limitando el valor mínimo de 1,9 Kgf / mm. de largo por mm de espesor.

Resistencia al escurrimiento.

En este caso el resultado debe ser mayor a 70 % de la tensión de escurrimiento, limitado al mínimo de $1,4 \text{ Kg} / \text{mm}^2$. En lo que respecta a las pruebas existen dos tipos de test, destructivos y no destructivos ; los destructivos son las pruebas al cizallamiento, y de escurrimiento, para los que se considerará que:

- Las muestras de soldadura deben tener un longitud de 25 mm.
- Las pruebas descritas anteriormente deben ser repetidas en 5 muestras, de las cuales cuatro deben cumplir las condiciones.
- Debe ser observado, en cada muestra una variación geométrica de suelda. El cordón de soldadura debe tener un espesor correspondido entre la suma de dos espesores de mantas soldadas menos a 0,1 mm. como mínimo y menos 0,2 mm. como máximo.
- Todas las muestras se deben romper por rasgadura de membrana FTB (Fil Tear Bond) . El FTB es una condición en que una de las membranas soldadas rompe por rasgadura, en tanto que la unión de ella permanece intacta. En otras palabras la membrana se rasga antes que la suelda se separe.

Se realizan ensayos destructivos en los siguientes casos:

- 1 - Al inicio de cada día de trabajo de revestimiento.
- 2 - Cuando exista una nueva calibración del equipo de soldadura.
- 3 - Cuando existan variaciones climáticas considerables.

Entre los ensayos no destructivos, se tendrán:

- **Ensayo de Penetración.**

Realizado con destornillador a lo largo de toda la soldadura. Este ensayo busca identificar puntos de discontinuidades de la soldadura, que no pudiesen ser detectados en la inspección visual. El destornillador o cualquier herramienta similar debe ser presionada firmemente entre las dos láminas soldadas de manera tal que se note la discontinuidad.

Prueba de Presurización del canal.

Esta se aplicará en el caso de la soldadura automática, sobre el canal que resulta de la soldadura, la prueba consiste en

Aplicar una presión de 2 Kg / cm^2 (3 psi) durante 5 minutos, se aprobará todo tramo de soldadura que tuviere una pérdida menor que $0.07 \text{ Kg /$

cm^2 (1 psi) . La aprobación de la soldadura se la realizará en la longitud total del trabajo.

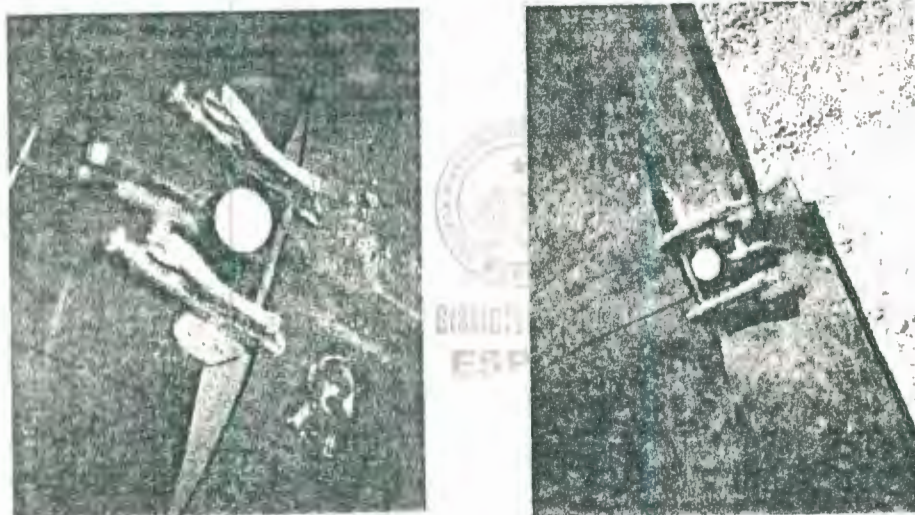


FOTO # 25 Y 26 Prueba de Presurización

4.7. REPARACIÓN DE TRABAJO DEFECTUOSOS.

Equipo necesario.:

- Soplador de aire caliente.
- Punta plana.

- Rollo de silicón.
- Máquina de extrusión.
- Esmerilizadora.

Pasos a seguir:

- Lijar con la esmerilizadora el área en la que se presenta soldadura defectuosa para lo que se usará lija tipo nr 100 o nr 120 , previendole 1,5 a 2,0 de más para así garantizar el acabado de la soldadura.
- Recortar la posición de remiendo (parche de polietileno de alta densidad en forma circular) , de manera tal que cubra el área esmerilizada.
- Preparar chaflanes de 45° de inclinación alrededor de la porción de remiendo, con el uso de la máquina esmerilizadora, para de esta manera asegurar un buen cordón de soldadura.
- Soldar conforme procedimiento o de soldadura manual.:

- Ajustar la temperatura de la máquina conforme le indica la tabla adjunta a la máquina correspondiente, esperar 2 a 3 minutos con la finalidad de que la temperatura se estabilice.
- Regulación del flujo de aire.
- Limpiar la zona a reparar.
- Sobreponer parche de rendimiento sobre la zona defectuosa y proceder a soldar.
- Evitar operación de la máquina en posición vertical.

Dar acabado a la reparación de los defectos, como lo indicamos anteriormente en soldadura por disposición de material fundido.

Remiendo con parches circulares de Radio ≥ 30 cm. (Solda Automática.)

Para remiendos de grandes dimensiones donde es necesario la reparación de grandes áreas, se efectuará reparaciones con el uso de máquinas de soldadura manual y automática.

Equipos necesarios.

- Máquina automáticas.
- Soplador de aire caliente.
- Punta Plana.
- Rollo de Silicón.
- Máquina de extrusión.
- Esmerilizadora.



Pasos a seguir:

- Cortar el parche de manera que cubra el área afectada con aproximadamente 5 cm. de exceso.
- Escoger la zona de entrada y la de salida de la máquina automática, con la finalidad de facilitar reparaciones posteriores.
- Iniciar la soldadura conforme procedimiento indicado para soldadura automática.
- La zona de entrada y salida de la máquina de soldadura automática deberá ser preparada y recuperada siguiendo los pasos para el anterior procedimiento de remiendo.

4.8 ANCLAJE DE LA LAMINA.

Una vez tendidas y soldadas las láminas de geomembranas de HDPE , se retiran los sacos de arena, se aparta cualquier sustancia ajena al material de relleno, y finalmente se rellena la zanja de anclaje.

El anclaje de la lámina al soporte o zanja tiene como objeto fundamental la sujeción de la lámina para evitar el corrimiento o el arrastre por la corriente de agua. No existe información técnica sobre las velocidades máximas admisibles del agua en un revestimiento con láminas expuestas, pero debe considerarse que este es un aspecto importante que puede provocar el corrimiento de la lámina o la inestabilidad de bolsas de aire y otras interferencias geométricas. En la fase de puesta en obra el anclaje que puede ser provisional con sacos de arena sujeta la lámina frente a levantamientos por acción del viento.

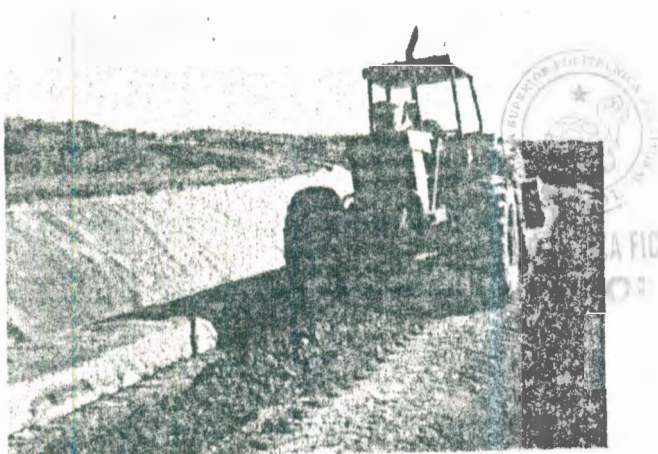


FOTO # 27 Compactación de la zanja de anclaje.

Después de revestido el canal y en situación de vacío o descarga del mismo anclaje sujeta la lámina ante las eventuales presiones negativas del terreno saturado aunque esta situación debe evitarse con un sistema de drenaje. Finalmente, un sistema de anclaje cuidadoso es el mejor método para reducir la patología geométrica de un revestimiento expuesto (bolsas, arrugas, etc,) que tan directamente influyen en las características hidráulicas (rugosidad) del canal revestido. Cabe señalar que la adhesión total del substrato evita las irregularidades geométricas totalmente, pero este método es solo factible para láminas asfálticas y requiere un substrato muy liso lo que no es frecuente en los canales

antiguos. Además como ya se ha señalado, una lámina adherida está indefensa ante movimientos o asentamientos diferenciales del substrato.

La densidad de los anclajes dependerá de las características de la obra.

Como regla general, una mayor densidad implica una mayor regularidad geométrica, si bien la disposición de los mismos debe adaptarse a las necesidades de cada obra; es preferible una menor cantidad de anclajes, en los lugares adecuados que una gran cantidad de anclajes en los lugares adecuados, que una gran cantidad dispuesta de forma arbitraria. Evidentemente la ejecución de anclajes eleva el presupuesto de la obra, por lo que hay que llegar a un compromiso entre ambos factores.

Hay varios tipos de anclajes:

- a) Por zanja excavada y rellena de tierra, hormigón o grava (la más usual).
- b) Por lastrado en berma o en las líneas de máxima pendiente.
- c) Por fijación mecánica a soportes de fábrica.

Zonas de anclaje;

- a) Anclaje en coronación
- b) Anclaje en pie de talud.
- c) Anclaje intermedio en talud.
- d) Anclajes en fondo.
- e) clajes en líneas de máxima pendiente.

Los anclajes pueden efectuarse dependiendo del material, con adhesivos sobre el hormigón, como pueden ser puntos o bandas de masilla adhesiva o mástic, siempre compatibles con la composición química de la lámina y sobre un substrato competente y no agresivo, aunque la más habitual es utilizar bulones y arandelas.

Las juntas y anclajes se ejecutarán en el sentido que presenten menor resistencia a la corriente, tanto por motivos resistentes como hidráulicos.

En el caso de que la lámina deba ser anclada al substrato, lo cual debe ser práctica habitual en revestimientos expuestos, se puede hacer coincidir los anclajes con las juntas de modo que los bulones de anclaje queden protegidos por la lámina.

Además de los anclajes sobre el canal, es prácticamente preceptivo en cualquier tipo de revestimiento, ya sea con substrato de tierra o de hormigón, la ejecución de anclajes de coronación que consisten en anclajes longitudinales continuos en la unión del canal con la banqueteta, para evitar el paso de agua o agentes externos entre la lámina y el substrato, convirtiendo el revestimiento en una estructura cerrada y contribuyendo así mismo a la estabilidad estructural del revestimiento.

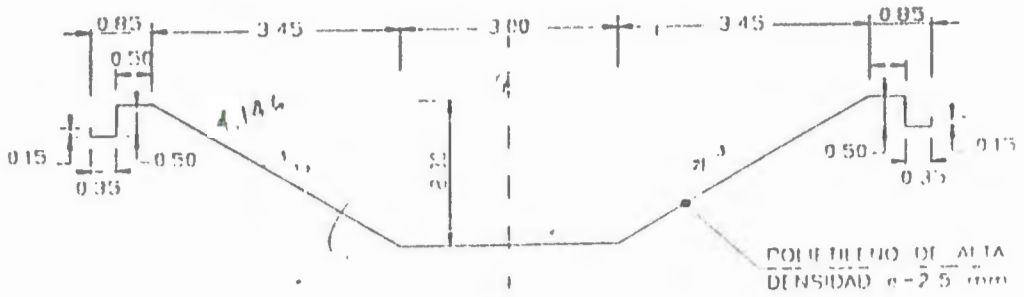
Estos anclajes se pueden hacer, en el caso de substrato de hormigón, con bulones, y tanto en caso de hormigón con tierra con zanjas de anclaje rellenas con hormigón pobre. En casos de canales de tierra de grandes dimensiones y canales de hormigón en general, pueden hacerse también anclajes continuos en solera, semejantes a los de coronación. Estos anclajes deben ser siempre compatibles con el sistema de drenaje, de modo que no formen una barrera a la evacuación del agua intersticial. Esto puede obligar a establecer varios drenes independizando así los sistemas de drenaje de ambos cajeros y solera.

En el caso de que los anclajes se realicen por medio de bulones, puede no ser necesaria esta precaución, siempre que se considere que el agua no tendrá dificultad en pasar bajo la zona bulonada. Las banquetas donde

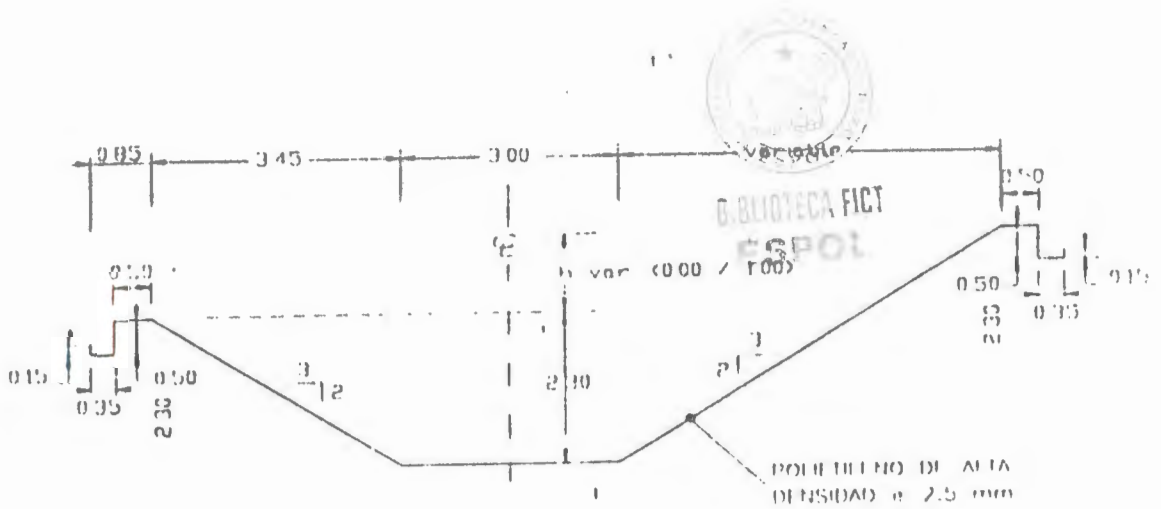
se realizan los anclajes de coronación deben tener una ligera pendiente ($\approx 1\%$ o 2%) que evite que el agua y materiales sólidos entren en el canal.

Lo utilizado para el Canal Chongon - Sube y Baja y el Canal Azúcar - Río Verde fueron anclajes de coronación, luego de haber concluidos los trabajos de refine del canal se procedía con la ayuda de retro - excavadora y equipos bobcat a excavar zanjas que al inicio se las hizo cuadradas y luego trapezoidales, ya que estas últimas resultaban más estables, es decir no requerían de tanto hormigón para reconfigurarlas como las primeras. En nuestro caso teníamos zanjas de 50 cm. de altura y 35 a 40 cm de ancho alejadas 50 cm. de la coronación del talud. Estas zanjas luego de soldar las láminas y de retirar los sacos de arena de anclaje momentáneo se debe proceder a rellenar con dos capas compactadas al 100 % de material perfectamente hidratado y por lo general este material es que quedo a un lado al hacer la excavación de la misma zanja y que ahora es empujado por una motoniveladora y compactando con varias pasadas de un compactador manual o con las llantas de un canguro o cargadora. Es así como la manta queda perfectamente anclada a la zanja.

SECCIONES TRANSVERSALES

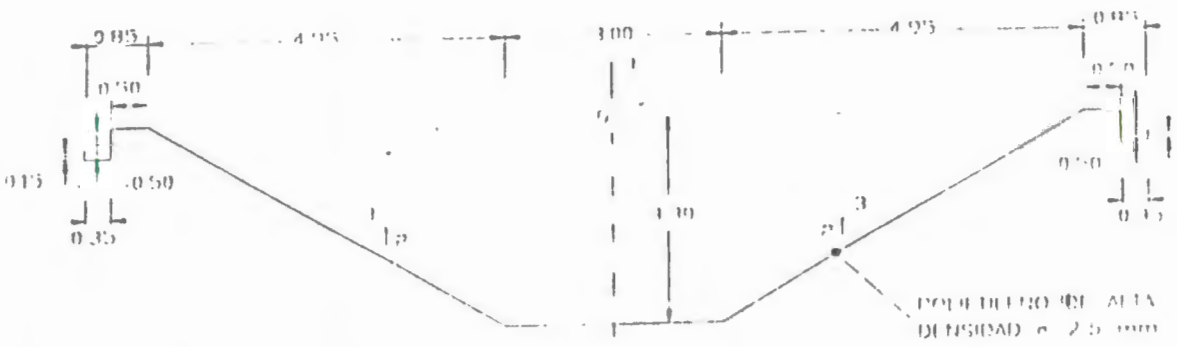


LD = LONGITUD DE SARROLLADA (HDPE) = 14.30
 LDP = LONGITUD DE SARROLLADA POLYLOCK = 12.30
 SECCION TIPICA DEL CANAL



LD = LONGITUD DESARROLLADA (HDPE) = 14.30 + 1.80 m
 LDP = LONGITUD DESARROLLADA POLYLOCK = 12.30 + 1.80 m
 SECCION TIPO
 P.K. 3+475.00 A 4+200.00 (LIBRO DE OBRA # 30 CSB)

SECCIONES TRANSVERSALES



LD = LONGITUD DE CARROZADA (4000) = 12.90
 LDP = LONGITUD DE CARROZADA POR TACK = 12.50

SECCION HDG

P.K. 181500.00 A 181350.00 (TUBO DE 400 # 245 CSR)



LD = LONGITUD DE CARROZADA (HDG) = 13.76
 LDP = LONGITUD DE CARROZADA (HDG) = 13.00

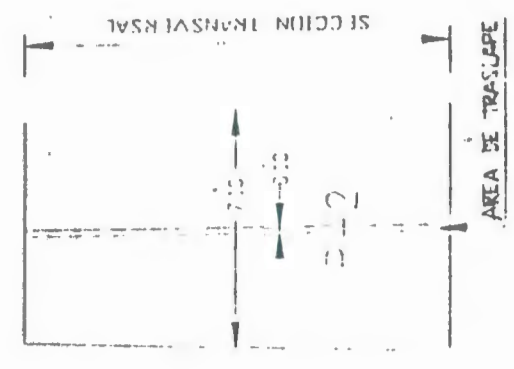
SECCION EE ALMIRANTE

LONGITUD ALMIRANTE 33.00 METROS (33.00) EN
 P.K. 91587.50 , 01190.00 , 151101.00 , 161137.59

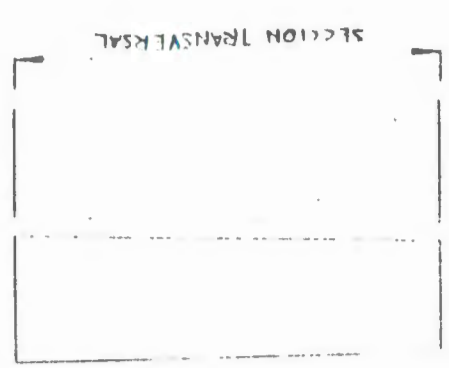
SOLDADURA EXTERNA

CONFIGURACION PARA TRAMOS CURVOS

CONFIGURACION



CORTE



PUNTO P-1



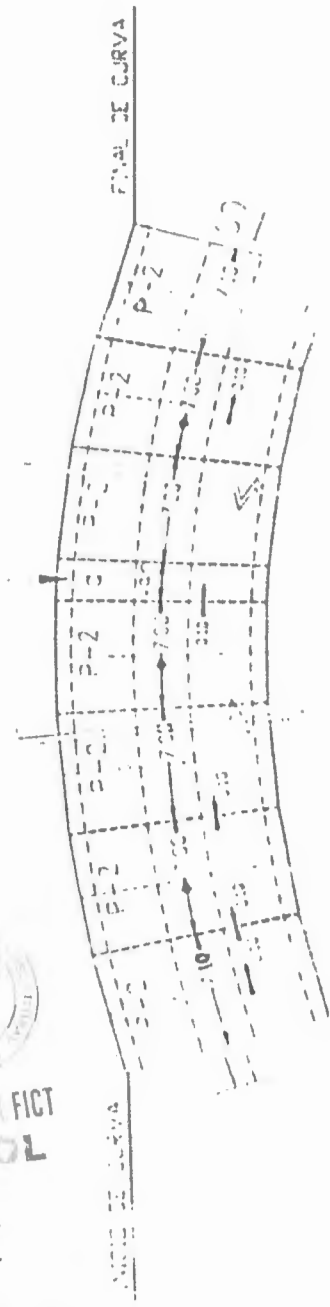
EN FUNCION DEL RADIO DE LA MEDICION Y LAS CURVAS DE CANAL

PUNTO TYPICO



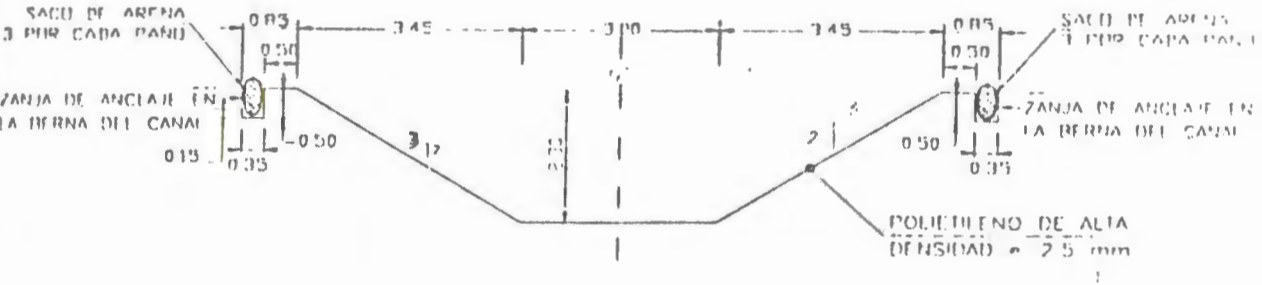
BIBLIOTECA FICT
ESPOL

PLAN DE ALIATE



VISTA PARA TRAMOS RECTOS DE T. LEANEN RANOS P-1

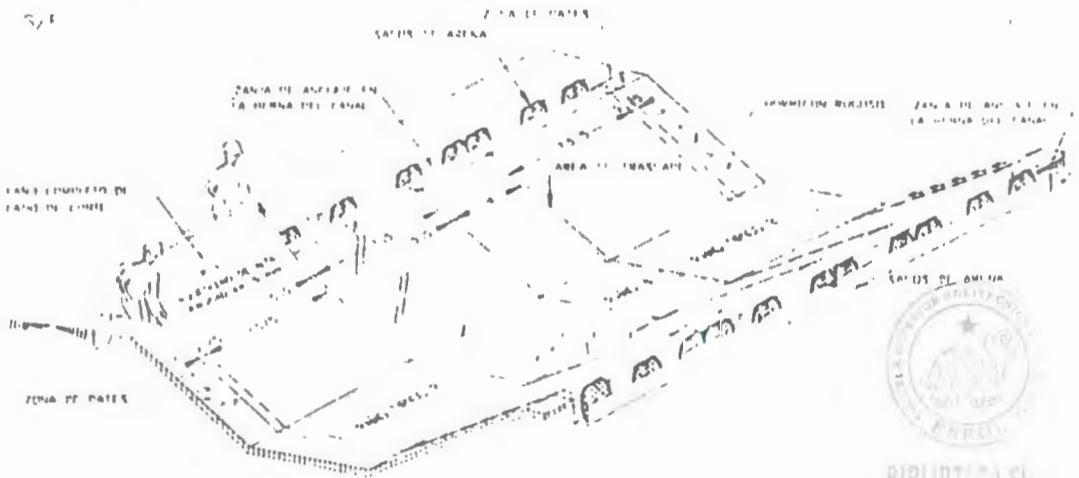
SISTEMA DE ANCLAJE DE PIEDR



SECCION TIPICA DEL CANAL
ESC 1 : 100

UBICACION DE LOS CARROS DE PIEDR

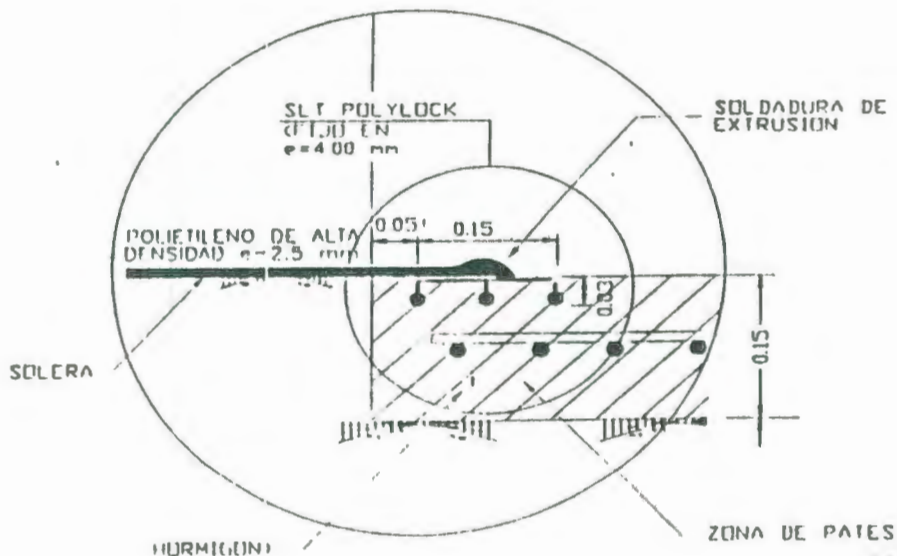
GEOMETRIA



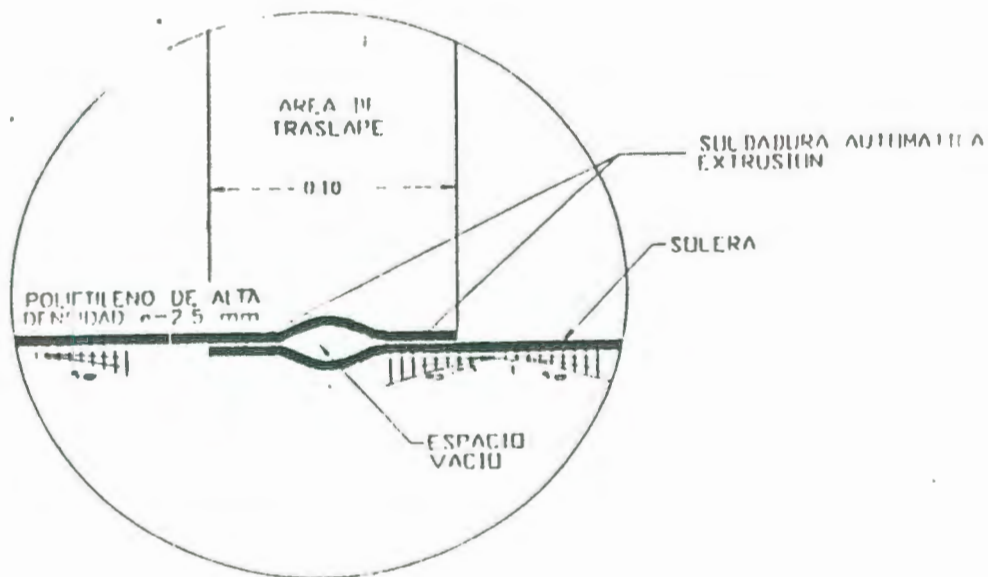
LOS CARILLETES METALICOS SE IRAN IMPLEMENTANDO CONFORME EL AVANCE DE LOS TRABAJOS

BIBLIOTECA FIL
ESPEC

SOLDADURA DE ESTRUCCION PAÑO - POLYLOCK



SOLDADURA AUTOMATICA PAÑO - PAÑO



BIBLIOTECA FIG
ESPO

CAPITULO 5



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

ANALISIS DEL ESPESOR DE LA GEOMEMBRANA POR MEDIO DEL PROGRAMA SAP 90

Cálculo de las tensiones en la lámina de Polietileno de alta densidad considerando la carga máxima de agua.

Hipótesis de Cálculo.

Se ha considerado la hipótesis más desfavorable que es la del canal con su recrescimiento para el caudal de $27,5 \text{ m}^3 / \text{seg}$.

Se ha verificado con el espesor de 2mm. y las siguientes características del material para el caso que cubre el tope del rango de especificaciones de los materiales existentes en el mercado.

$$A = 0,2 \times 100 = 20 \text{ cm}^2 \text{ (área de un metro de sección)}$$

$$J = 0 \text{ cm}^4 \text{ (inercia de un metro de sección)}$$

Caso:

$$E = 9000 \text{ Kg / cm}^2 \text{ (módulo de elasticidad)}$$

$$F = 180 \text{ Kg / cm}^2 \text{ (tensión de fluencia)}$$

Para el módulo de reacción de la sub-razante se ha estimado un mínimo de 0,50 Kg / cm³

Modelo Estructural.

Se ha modelado la estructura en el programa SAP 90. La geometría considerada y las condiciones de apoyo de la estructura se aprecian en el gráfico de la página 304 se ha considerado un metro típico de canal para el modelo.

Los resortes se calcularon considerando el módulo de reacción de la subrasante por el área de comprensión correspondiente a cada uno.

Nudo	L) Horiz.	K) Vert.	L) Vert.	K) Horiz.
2	64.6875	3234.375	43.125	2156.25
3	43.125	2156.25	28.75	1437.50
4	43.125	2156.25	28.75	1437.50

5	43.125	2156.25	28.75	1437.50
6	43.125	2156.25	28.75	1437.50
7	43.125	2156.25	28.75	1437.50
8	43.125	2156.25	28.75	1437.50
9	46.5625	2328.125	14.375	718.75
10	50	2500	0	0
11	50	2500	0	0
12	25	1250	0	0



Entrada de Datos.

En la página 301 se muestra la entrada de datos al programa SAP 90.

Diagrama de deformaciones.

Apreciamos deflexiones pequeñas solo en el nudo # 5 provocamos una deflexión de 3,54 cm simulando un hueco bajo esta junta para aumentar la tensión y así provocar una situación desfavorable para la manta de HDPE. Ver gráfico de la página 305.

Tensiones en la lámina.

En las páginas 302, 303 se presentan las fuerzas axiales, cortantes y los momentos calculados por el programa SAP 90.

Se verifica que la fuerza máxima ocurre en el nudo 9 y tiene una magnitud máxima de 1498.289 KG. Lo que genera una tensión de $1498.289 (0,2 \times 100) = 74,91 \text{ Kg. / cm}^2$ lo que significa que $180 \text{ Kg. / cm}^2 / 74,91 \text{ Kg. / cm}^2 = 2,4$ que es el factor de seguridad, perfectamente compatible con las condiciones de aplicación.

De esto sacamos de un revestimiento de 2 mm perfectamente puede soportar las condiciones de tensión tanto por el caudal como por problemas de huecos en el talud del canal.

REVESTIMIENTO PLASTICO (e=2mm). CON RECRECIMIENTO. Kg, cm
SYSTEM

L=1

JOINTS

- 1 X=0 Y=230
- 9 X=345 Y=0 G=1,9,1
- 12 X=495 G=9,12,1
- 13 X=-50 Y=230

RESTRAINTS

- 1 R=0,1,1,1,1,0
- 2 11 1 R=0,0,1,1,1,0
- 12 R=1,0,1,1,1,1
- 13 R=1,1,1,1,1,0

SPRINGS

- 2 K=2156.25,3234.375
- 3 8 1 K=1437.5,2156.25
- 9 K=718.75,2328.125
- 10 11 1 K=0,2500
- 12 K=0,1250

FRAME

NM=1 NSL=11

- 1 A=0.2*100 E=9000
- 1 WL=-9.6375,-9.6375
- 2 WL=-12.5125,-12.5125
- 3 WL=-15.3875,-15.3875
- 4 WL=-18.2625,-18.2625
- 5 WL=-21.1375,-21.1375
- 6 WL=-24.0125,-24.0125
- 7 WL=-26.8875,-26.8875
- 8 WL=-29.7625,-29.7625
- 9 WL=0,-31.2
- 10 WL=0,-31.2
- 11 WL=0,-31.2
- 1 1 2 M=1 LP=1,0 NSL=1
- 2 2 3 M=1 LP=1,0 NSL=2
- 3 3 4 M=1 LP=1,0 NSL=3
- 4 4 5 M=1 LP=1,0 NSL=4
- 5 5 6 M=1 LP=1,0 NSL=5
- 6 6 7 M=1 LP=1,0 NSL=6
- 7 7 8 M=1 LP=1,0 NSL=7
- 8 8 9 M=1 LP=1,0 NSL=8
- 9 9 10 M=1 LP=1,0 NSL=9
- 10 10 11 M=1 LP=1,0 NSL=1.0
- 11 11 12 M=1 LP=1,0 NSL=1.1
- 12 1 13 NSL=0



BIBLIOTECA FICT
ESPOL

DISPLACEMENTS

- 5 U=-3.54,-3.54,0

STRUCTURAL ANALYSIS PROGRAMS

VERSION 5.41

Copyright (C) 1978-1994
EDWARD L. WILSON
All rights reserved

STRUCTURAL ANALYSIS PROGRAMS

VERSION 5.41

Copyright (C) 1978-1994
 EDWARD L. WILSON
 All rights reserved

RAM:SAP90/FILE:RAFAPLAS.F3F
 ESTIMIENTO PLASTICO (e=2mm). CON RECRECIMIENTO. Kg, cm

ELEMENT FORCES

LOAD COND	DIST ENDI	1-2 PLANE SHEAR	1-2 PLANE MOMENT	AXIAL FORCE	1-3 PLANE SHEAR	1-3 PLANE MOMENT
1	.000			-789.833		
	.000	249.755	.000			
	25.915	-.001	3236.186			
	51.830	-249.755	.000			
	51.830			-290.324		
1	.000			-1007.445		
	.000	324.260	.000			
	25.915	-.001	4201.585			
	51.830	-324.260	.000			
	51.830			-358.925		
1	.000			-1093.762		
	.000	398.766	.000			
	25.915	-.002	5166.984			
	51.830	-398.766	.000			
	51.830			-296.231		
1	.000			-1326.071		
	.000	473.271	.000			
	25.915	-.002	6132.383			
	51.830	-473.271	.000			
	51.830			-379.530		
1	.000			-315.565		
	.000	547.776	.000			
	25.915	-.002	7097.783			
	51.830	-547.776	.000			
	51.830			779.987		
1	.000			-484.995		
	.000	622.282	.000			
	25.915	-.002	8063.182			
	51.830	-622.282	.000			
	51.830			759.568		
1	.000			-416.549		
	.000	696.787	.000			
	25.915	-.003	9028.581			
	51.830	-696.787	.000			
	51.830			977.025		

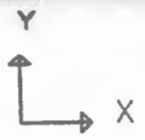


GRAM: SAP90/FILE: RAFAPLAS.F3F
 ESTIMIENTO PLASTICO (e=2mm). CON RECRECIMIENTO. Kg, cm

A M E E L E M E N T F O R C E S

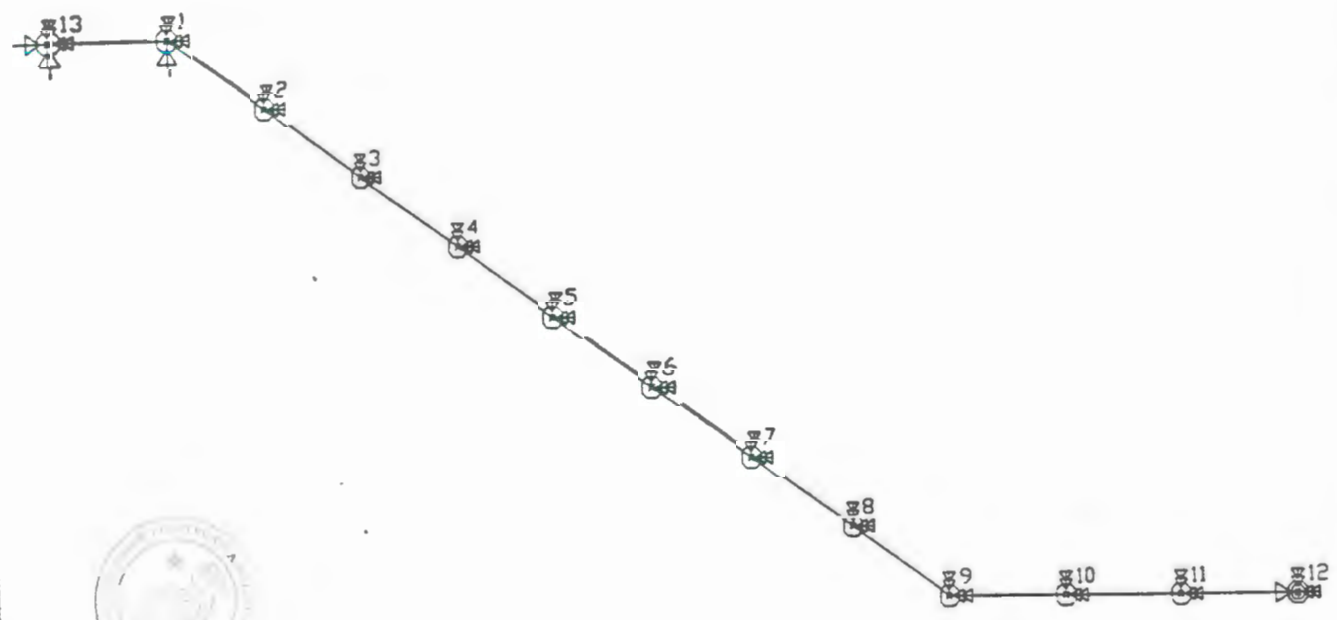
LT ID	LOAD COND	DIST ENDI	1-2 PLANE SHEAR	1-2 PLANE MOMENT	AXIAL FORCE	1-3 PLANE SHEAR	1-3 PLANE MOMENT
8	1	.000			-44.296		
		.000	771.292	.000			
		25.915	-.003	9993.980			
		51.830	-771.292	.000			
		51.830			1498.289		
9	1	.000			1047.236		
		.000	780.000	.000			
		25.000	-.003	9750.000			
		50.000	-780.000	.000			
		50.000			1047.236		
10	1	.000			1047.236		
		.000	780.000	.000			
		25.000	-.003	9750.000			
		50.000	-780.000	.000			
		50.000			1047.236		
11	1	.000			1047.236		
		.000	780.000	.000			
		25.000	-.003	9750.000			
		50.000	-780.000	.000			
		50.000			1047.236		
12	1	.000			-795.720		
		.000	.000	.000			
		50.000	.000	.000			
		50.000			-795.720		

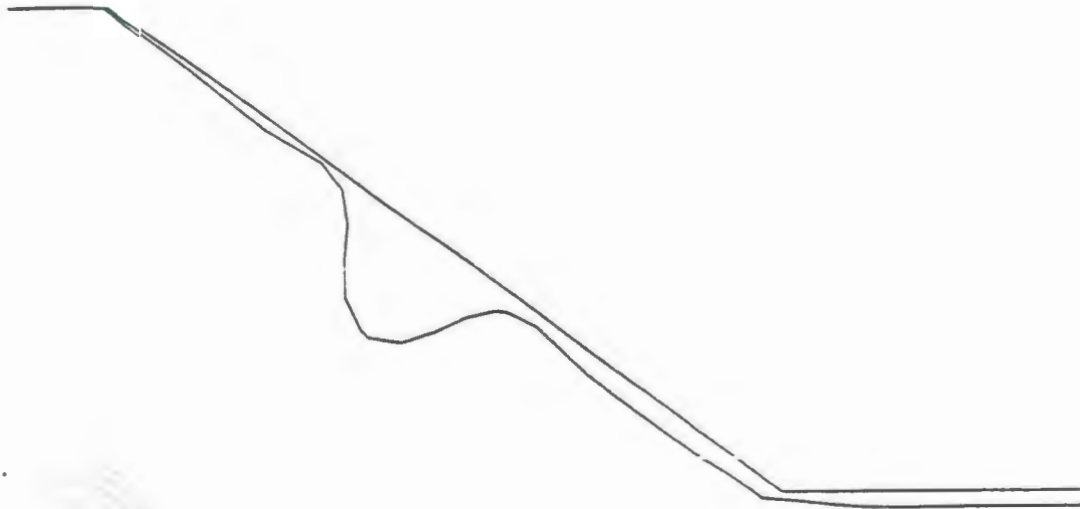
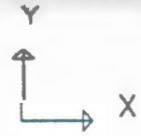




RAFAPLAS
UNDEFORMED
SHAPE

OPTIONS
JOINT IDS
ALL JOINTS
RESTRAINTS
WIRE FRAME





RAFAPLAS

DEFORMED
SHAPE

LOAD 1

MINIMA

X $-.3540E+01$

Y $-.3540E+01$

Z $.0000E+00$

MAXIMA

X $.0000E+00$

Y $.0000E+00$

Z $.0000E+00$



BLIOTECA FICT
ESPOL

CAPITULO 6



BIBLIOTECA FICU
ESPOL

RENDIMIENTOS Y PRINCIPALES PROBLEMAS DURANTE LA INSTALACIÓN DE LA GEOMEMBRANA DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD.

Dentro del proyecto Trasvase " Santa Elena " la Constructora Norberto Odebrecht desarrolla trabajos en el tramo denominado Sube y Baja, entre las obras principales destaca la construcción de un Canal de sección Trapezoidal, con capacidad de transportar $9,2 \text{ mts}^3 / \text{seg}$. Y su longitud es de 17,6 Kms. Paralelo al Canal, esta obra se complementa con un camino de servicio de 3,8 mts de ancho, en el lado opuesto una berma al nivel de banquetta de 2,0 mts de ancho.

En el canal propiamente dicho, se diseño su revestimiento con manta impermeabilizante de polietileno de alta densidad (HDPE) de espesor 2,5 mm.

Para la colocación del Polietileno se llevó una secuencia constructiva que por medio de Fotos detallamos a continuación.

- Conformación de un terraplén al nivel de banqueteta a lo largo del canal, inclusive retaludar. (Ver Foto # 2, Pág. # 40)
- Construcción de cunetas del lado de banqueteta

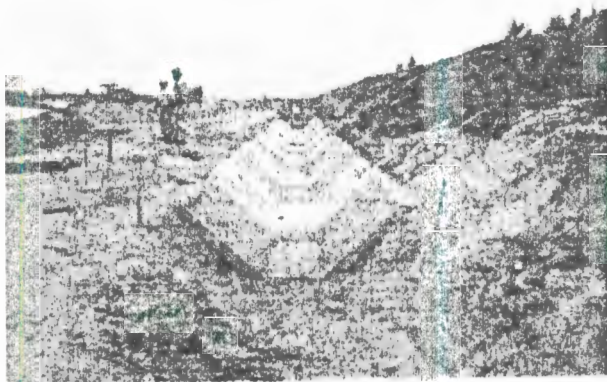


FOTO # 28

- Excavación de cubetas en canal. (Ver Foto # 20 , Pág. 245)
- Excavación de zanja de anclaje, en ambos lados para el HDPE.



FOTO # 29

- Refine de cubeta. (Ver Foto # 2 , Pág. 40)
- Tendido del polietileno de alta densidad.
- Soldadura del HDPE. (Ver Foto # 22 , Pág. 255)
- Relleno y compactación.(Ver Foto # 27 , Pág. 274)
- Tendido y tratamiento de capas de sub-base espesor 20 cm.

A continuación determinamos el rendimiento real de los servicios considerados críticos dentro de la secuencia antes mencionada, estos son:

- 1.- Excavación de zanja de anclaje.
- 2.- Revestimiento del canal con manta de polietileno.
- 3.- Relleno de zanja de anclaje.

El periodo en el cual se ejecutó este servicio data desde el 16 de Octubre de 1996 alcanzando un pico de desempeño en el mes de Diciembre de 1996 , lapso en el cual se realizo este trabajo.

Premisas existentes durante el periodo de estudio:

- Se logró dimensionar el equipo de trabajo adecuado a la velocidad de avance del revestimiento.

- Se trabajo en el periodo final de la época de verano.
- El nivel de concientización de la fiscalización con respecto al nuevo servicio ayudo para su ejecución.
- Se contaba con la suficiente destreza por parte del personal de Odebrecht para la ejecución de este servicio.
- Había a la fecha una considerable longitud de revestimiento tendida en el canal, no obstante, no estaba soldada, consecuentemente se encontraba sin rellenar.

PROYECTO HIDRAULICO ACUEDUCTO DE SANTA ELENA

CANAL "CHONGON - SUBE Y BAJA"

ACOMPAÑAMIENTO DEL REVESTIMIENTO DEL CANAL CON POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD H.D.P.E

	EJE CENTRAL		LONGITUD DE CANAL	LONGITUD ZONA PATES	LONGITUD ACUMULADA POLIETILENO	No DE TRASLAPES	LONG SECCION CANAL	REVESTIMIENTO H.D.P.E. (M)		FECHA DE EJECUCION	POR REALIZAR
	TRAMO RECTO LONG	TRAMO CURVO LONG.						PROYECTADO	EJECUTADO		
Pk0 + 0 a Pk0 + 024	24.14		24.14		24.14	4.00	14.30	24.14	1.14	16-Oct-96	23.00
Pk0 + 024 a Pk0 + 076		51.40	51.40		75.54	15.00	14.30	51.40	51.40	16-Oct-96	
Pk0 + 076 a Pk0 + 129	53.53		53.53		129.07	9.00	14.30	53.53	53.53	16-Oct-96	
Pk0 + 129 a Pk0 + 216		87.15	87.15		216.22	26.00	14.30	87.15	87.15	17-Oct-96	
Pk0 + 216 a Pk0 + 350	133.76		133.76	1.50	345.48	20.00	14.30	132.26	132.26	23-Oct-96	
Pk0 + 350 a Pk0 + 425		76.05	76.05		424.52	22.00	14.30	76.05	76.05	24-Oct-96	
Pk0 + 425 a Pk0 + 585	158.79		158.79	1.50	581.81	23.00	14.30	157.29	157.29	25-Oct-96	
Pk0 + 585 a Pk0 + 643		58.11	58.11		639.92	17.00	14.30	58.11	58.11	28-Oct-96	
Pk0 + 643 a Pk0 + 744	101.46		101.46		741.38	15.00	14.30	101.46	101.46	29-Oct-96	
Pk0 + 744 a Pk0 + 788		44.06	44.06	1.50	783.96	13.00	14.30	42.56	42.56	30-Oct-96	
Pk0 + 788 a Pk0 + 838	49.55		49.55		833.50	8.00	14.30	49.55	49.55	30-Oct-96	
Pk0 + 838 a Pk0 + 894		56.77	56.77		889.27	17.00	14.30	56.77	56.77	30-Oct-96	
Pk0 + 894 a Pk0 + 964	70.00		70.00		959.27	11.00	14.30	70.00	70.00	31-Oct-96	
Pk0 + 964 a Pk1 + 50		86.11	86.11	1.50	1.043.86	25.00	14.30	84.61	84.61	01-Nov-96	
Pk1 + 050 a Pk1 + 130	80.25		80.25		1.124.14	12.00	14.30	80.25	80.25	01-Nov-96	
Pk1 + 130 a Pk1 + 217		86.72	86.72		1.210.86	26.00	14.30	86.72	86.72	06-Nov-96	
Pk1 + 217 a Pk1 + 229	12.57		12.57	1.50	1.221.83	3.00	14.30	11.07	11.07	07-Nov-96	
Pk1 + 229 a Pk1 + 317		88.05	88.05		1.309.98	26.00	14.30	88.05	88.05	08-Nov-96	
Pk1 + 317 a Pk1 + 338	20.23		20.23		1.330.26	4.00	14.30	20.23	20.23	11-Nov-96	

CANAL "CHONGON - SUBE Y BAJA"

ACOMPAÑAMIENTO DEL REVESTIMIENTO DEL CANAL CON POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD H.D.P.E.

	EJE CENTRAL		LONGITUD DE CANAL	LONGITUD ZONA PATES	LONGITUD ACUMULADA POLIETILENO	No DE TRASLAPES	LONG. SECCION CANAL	REVESTIMIENTO H.D.P.E. (M)		FECHA DE EJECUCION	POR REALIZAR
	TRAMO RECTO LONG.	TRAMO CURVO LONG.						PROYECTADO	EJECUTADO		
Pk1 + 409 a Pk1 + 449		40.45	40.45		1.441.46	12.00	14.30	40.45	40.45	12-Nov-96	23.00
Pk1 + 449 a Pk1 + 486	36.75		36.75		1.478.23	8.00	14.30	36.75	36.75	12-Nov-96	
Pk1 + 486 a Pk1 + 551		64.93	64.93	1.50	1.541.67	19.00	14.30	63.43	63.43	13-Nov-96	
Pk1 + 551 a Pk1 + 554	3.62		3.62		1.545.29	2.00	14.30	3.62	3.62	13-Nov-96	
Pk1 + 554 a Pk1 + 628		74.00	74.00		1.619.29	22.00	14.30	74.00	74.00	14-Nov-96	
Pk1 + 628 a Pk1 + 717	88.96		88.96		1.708.25	14.00	14.30	88.96	88.96	22-Nov-96 25-Nov-96	
Pk1 + 717 a Pk1 + 819		101.86	101.86	1.50	1.808.61	29.00	14.30	100.36	100.36	03-Ene-96	
Pk1 + 819 a Pk1 + 906	86.92		86.92		1.895.53	13.00	14.30	86.92	86.92	05-ene-96	
Pk1 + 906 a Pk1 + 987		81.22	81.22		1.976.75	24.00	14.30	81.22	81.22	05-Ene-96	
Pk1 + 987 a Pk2 + 106	118.57		118.57	1.50	2.093.82	17.00	14.30	117.07	117.07	06-Ene-96	
Pk2 + 106 a Pk2 + 145		39.58	39.58		2.133.40	12.00	14.30	39.58	29.40	06-Ene-96	0.18
Pk2 + 145 a Pk2 + 186	50.46		50.46	1.50	2.182.36	8.00	14.30	48.96			48.90
Pk2 + 186 a Pk2 + 237		41.42	41.42		2.223.78	13.00	14.30	41.42			41.42
Pk2 + 237 a Pk2 + 373	135.62		135.62		2.359.41	20.00	14.30	135.62			135.62
Pk2 + 373 a Pk2 + 431		58.27	58.27	1.50	2.416.18	17.00	14.30	56.77			56.77
Pk2 + 431 a Pk2 + 562	130.38		130.38		2.546.55	19.00	14.30	130.38			130.38
Pk2 + 562 a Pk2 + 623		61.64	61.64		2.608.20	16.00	14.30	61.64			61.64
Pk2 + 623 a Pk2 + 725	102.01		102.01	1.50	2.708.71	15.00	14.30	100.51			100.51
Pk2 + 725 a Pk2 + 862		136.49	136.49		2.845.20	39.00	14.30	136.49			136.49
Pk2 + 862 a Pk2 + 885	23.20		23.20		2.868.40	4.00	14.30	23.20			23.20
Pk2 + 885 a Pk2 + 987		101.65	101.65	1.50	2.969.55	29.00	14.30	100.15			100.15

CANAL "CHONGON - SUBE Y BAJA"

ACOMPAÑAMIENTO DEL REVESTIMIENTO DEL CANAL CON POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD H.D.P.E.

	EJE CENTRAL		LONGITUD DE CANAL	LONGITUD ZONA PATES	LONGITUD ACUMULADA POLIETILENO	No DE TRASLAPES	LONG. SECCION CANAL	REVESTIMIENTO H.D.P.E (M)		FECHA DE EJECUCION	POR REALIZAR
	TRAMO RECTO LONG.	TRAMO CURVO LONG.						PROYECTADO	EJECUTADO		
Pk3 + 090 a Pk3 + 442	352.01		352.01	1.50	3.422.80	50.00	14.30	350.51	192.30	22-Nov-96	158.21
Pk3 + 442 a Pk3 + 510		67.78	67.78	1.50	3.489.06	20.00	16.10	66.28	66.28	23-Nov-96	
Pk3 + 510 a Pk3 + 552	42.20		42.20		3.531.26	7.00	16.10	42.20	42.20	30-Nov-96	
Pk3 + 552 a Pk3 + 591		38.89	38.89		3.570.18	12.00	16.10	38.89	38.89	30-Nov-96	
Pk3 + 554 a Pk3 + 648	56.70		56.70	1.50	3.625.38	9.00	16.10	55.20	55.20	23-Nov-96	
Pk3 + 648 a Pk3 + 719		71.20	71.20		3.696.58	21.00	16.10	71.20	71.20	23-Nov-96	
Pk3 + 719 a Pk3 + 730	11.17		11.17		3.707.76	3.00	16.10	11.17	11.17	23-Nov-96	
Pk3 + 730 a Pk3 + 820		89.68	89.68		3.797.44	26.00	16.10	89.68	89.68	23-11-96	
Pk3 + 820 a Pk3 + 856	35.84		35.84		3.833.29	6.00	16.10	35.84	35.84	24-Nov-96	
Pk3 + 856 a Pk3 + 936		79.97	79.97	1.50	3.911.75	23.00	16.10	78.47	78.47	24-Nov-96	
Pk3 + 936 a Pk4 + 012	75.78		75.78		3.987.53	12.00	16.10	75.78	75.78	24-Nov-96	
Pk4 + 012 a Pk4+ 071		59.61	59.61		4.047.14	18.00	16.10	59.61	59.61	25-Nov-96	
Pk4 + 071 a Pk4 + 076	5.16		5.16		4.052.31	2.00	16.10	5.16	5.16	25-Nov-96	
Pk4 + 076 a Pk4 + 166		89.70	89.70		4.142.01	26.00	16.10	89.70	89.70	25-Nov-96	
Pk4 + 166 a Pk4 + 286	119.69		119.69	1.50	4.260.20	18.00	16.10	118.19	118.19	25-Nov-96	
Pk4 + 286 a Pk4 + 373		87.68	87.68		4.347.87	26.00	16.10	87.68	87.68	26-Nov-96	
Pk4 + 373 a Pk4 + 382	8.47		8.47		4.356.34	2.00	14.30	8.47	8.47	26-Nov-96	
Pk4 + 382 a Pk4 + 448		66.09	66.09		4.422.43	20.00	14.30	66.09	66.09	26-Nov-96	
Pk4 + 448 a Pk4 + 468	20.03		20.03		4.442.46	4.00	14.30	20.03	20.03	26-Nov-96	
Pk4 + 468 a Pk4 + 622		153.87	153.87	1.50	4.594.83	44.00	14.30	152.37	152.37	26-Nov-96	



CANAL "CHONGON - SUBE Y BAJA"

ACOMPAÑAMIENTO DEL REVESTIMIENTO DEL CANAL CON POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD H.D.P.E.

	EJE CENTRAL		LONGITUD DE CANAL	LONGITUD ZONA PATES	LONGITUD ACUMULADA POLIETILENO	No DE TRASLAPES	LONG. SECCION CANAL	REVESTIMIENTO H.D.P.E (M)		FECHA DE EJECUCION	POR REALIZAR
	TRAMO RECTO LONG.	TRAMO CURVO LONG.						PROYECTADO	EJECUTADO		
Pk3 + 090 a Pk3 + 442	352.01		352.01	1.50	3.422.80	50.00	14.30	350.51	192.30	22-Nov-96	158.21
Pk3 + 442 a Pk3 + 510		67.78	67.78	1.50	3.489.06	20.00	16.10	66.28	66.28	23-Nov-96	
Pk3 + 510 a Pk3 + 552	42.20		42.20		3.531.26	7.00	16.10	42.20	42.20	30-Nov-96	
Pk3 + 552 a Pk3 + 591		38.89	38.89		3.570.16	12.00	16.10	38.89	38.89	30-Nov-96	
Pk3 + 554 a Pk3 + 648	56.70		56.70	1.50	3.625.36	9.00	16.10	55.20	55.20	23-Nov-96	
Pk3 + 648 a Pk3 + 719		71.20	71.20		3.696.56	21.00	16.10	71.20	71.20	23-Nov-96	
Pk3 + 719 a Pk3 + 730	11.17		11.17		3.707.76	3.00	16.10	11.17	11.17	23-Nov-96	
Pk3 + 730 a Pk3 + 820		89.68	89.68		3.797.44	26.00	16.10	89.68	89.68	23-11-96	
Pk3 + 820 a Pk3 + 856	35.84		35.84		3.833.29	6.00	16.10	35.84	35.84	24-Nov-96	
Pk3 + 856 a Pk3 + 936		79.97	79.97	1.50	3.911.75	23.00	16.10	78.47	78.47	24-Nov-96	
Pk3 + 936 a Pk4 + 012	75.78		75.78		3.987.53	12.00	16.10	75.78	75.78	24-Nov-96	
Pk4 + 012 a Pk4 + 071		59.61	59.61		4.047.14	18.00	16.10	59.61	59.61	25-Nov-96	
Pk4 + 071 a Pk4 + 076	5.16		5.16		4.052.31	2.00	16.10	5.16	5.16	25-Nov-96	
Pk4 + 076 a Pk4 + 166		89.70	89.70		4.142.01	26.00	16.10	89.70	89.70	25-Nov-96	
Pk4 + 166 a Pk4 + 286	119.89		119.89	1.50	4.260.20	18.00	16.10	118.19	118.19	25-Nov-96	
Pk4 + 286 a Pk4 + 373		87.68	87.68		4.347.87	26.00	16.10	87.68	87.68	26-Nov-96	
Pk4 + 373 a Pk4 + 382	8.47		8.47		4.356.34	2.00	14.30	8.47	8.47	26-Nov-96	
Pk4 + 382 a Pk4 + 448		66.09	66.09		4.422.43	20.00	14.30	66.09	66.09	26-Nov-96	
Pk4 + 448 a Pk4 + 468	20.03		20.03		4.442.46	4.00	14.30	20.03	20.03	26-Nov-96	
Pk4 + 468 a Pk4 + 622		153.87	153.87	1.50	4.594.83	44.00	14.30	152.37	152.37	26-Nov-96	



CANAL "CHONGON - SUBE Y BAJA"

ACOMPAÑAMIENTO DEL REVESTIMIENTO DEL CANAL CON POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD H.D.P.E.

	EJE CENTRAL		LONGITUD DE CANAL	LONGITUD ZONA PATES	LONGITUD ACUMULADA POLIETILENO	No DE TRASLAPES	LONG. SECCION CANAL	REVESTIMIENTO H.D.P.E. (M)		FECHA DE EJECUCION	POR REALIZAR
	TRAMO RECTO LONG.	TRAMO CURVO LONG.						PROYECTADO	EJECUTADO		
Pk7 + 348 a Pk7 + 471		123.14	123.14		7.427.48	38.00	14.30	123.14	123.14	28-Dic-96	
Pk7 + 471 a Pk7 + 559	88.45		88.45	1.50	7.514.43	13.00	14.30	88.95	86.95	28-Dic-96	
Pk7 + 559 a Pk7 + 646		86.59	86.59		7.601.01	25.00	14.30	86.59	86.59	14-Nov-96	
Pk7 + 646 a Pk7 + 801	154.59		154.59	1.50	7.754.11	23.00	14.30	153.09	153.09	15-Nov-96	
Pk7 + 801 a Pk7 + 946		145.64	145.64		7.899.74	42.00	14.30	145.64	145.64	15-Nov-96	
Pk7 + 946 a Pk8 + 110	164.03		164.03	1.50	8.062.27	24.00	14.30	162.53	162.53	15-Nov-96	
Pk8 + 110 a Pk8 + 172		62.21	62.21		8.124.45	19.00	14.30	62.81	62.81	16-Nov-96	
Pk8 + 172 a Pk8 + 236	63.58		63.58		8.188.07	10.00	14.30	63.58	63.58	17-Nov-96	
Pk8 + 236 a Pk8 + 305		68.62	68.62	1.50	8.255.39	20.00	14.30	67.32	67.32	17-Nov-96	
Pk8 + 305 a Pk8 + 623	316.25		316.25	1.50	8.572.13	46.00	14.30	316.75	316.75	18-Nov-96	
Pk8 + 623 a Pk8 + 734		110.57	110.57		8.682.71	32.00	14.30	110.57	110.57	18-Nov-96	
Pk8 + 734 a Pk8 + 750	15.99		15.99		8.698.70	3.00	14.30	15.99	15.99	18-Nov-96	
Pk8 + 750 a Pk8 + 858		108.55	108.55	1.50	8.805.75	31.00	14.30	107.05	107.05	19-Nov-96	
Pk8 + 858 a Pk9 + 200	341.62		341.62	1.50	9.145.87	49.00	14.30	340.12	340.12	19-Nov-96	
Pk9 + 200 a Pk9 + 256		56.62	56.62	1.50	9.200.99	17.00	14.30	55.12	55.12	20-Nov-96	
Pk9 + 256 a Pk9 + 470	213.30		213.30		9.414.29	31.00	14.30	213.30	213.30	20-Nov-96	
Pk9 + 470 a Pk9 + 555		84.67	84.67	1.50	9.497.96	25.00	14.30	83.37	83.37	20-Nov-96	
Pk9 + 555 a Pk9 + 708	150.94		150.94		9.648.90	22.00	14.30	150.94	150.94	21-Nov-96	
Pk9 + 708 a Pk9 + 774	38.80		38.80		9.687.40	6.00	14.30	38.80	38.80	21-Nov-96	



CANAL "CHONGON - SUBE Y BAJA"

ACOMPAÑAMIENTO DEL REVESTIMIENTO DEL CANAL CON POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD H.D.P.E.

	EJE CENTRAL		LONGITUD DE CANAL	LONGITUD ZONA PATES	LONGITUD ACUMULADA POLIETILENO	No DE TRASLAPES	LONG SECCION CANAL	REVESTIMIENTO H.D.P.E (M)		FECHA DE EJECUCION	POR REALIZAR
	TRAMO RECTO LONG	TRAMO CURVO LONG						PROYECTADO	EJECUTADO		
Pk10 + 427 a Pk10 + 534		108.55	108.55		10.158.46	31.00	14.30	108.55	108.55	03-Dic-96	
Pk10 + 534 a Pk10 + 552	17.84		17.84		10.176.10	3.00	14.30	17.84	17.84	03-Dic-96	
ALIVIADERO											
Pk10 + 552 a Pk10 + 590	38.80		38.80		10.214.90	6.00	14.30	38.80	38.80	03-Dic-96	
Pk10 + 590 a Pk10 + 707	116.19		116.19	1.50	10.329.59	17.00	14.30	114.69	114.69	03-Dic-96	
Pk10 + 707 a Pk10 + 770		62.94	62.94		10.892.53	19.00	14.30	62.94	62.94	03-Dic-96	
Pk10 + 770 a Pk10 + 793	23.47		23.47	1.50	10.414.50	4.00	14.30	21.97	21.97	04-Dic-96	4.50
TES LA MIEL											
FTSS LA MIEL											
Pk11 + 464 a Pk11 + 493	29.36		29.36	1.50	10.442.36	5.00	14.30	27.86	27.86	04-Dic-96	2.00
Pk11 + 493 a Pk11 + 555		61.67	61.67		10.504.03	18.00	14.30	61.67	61.67	04-Dic-96	
Pk11 + 555 a Pk11 + 772	216.69		216.69	1.50	10.719.22	31.00	14.30	215.19	215.19	04-Dic-96	
Pk11 + 772 a Pk11 + 850		77.87	77.87		10.797.09	23.00	14.30	77.87	77.87	04-Dic-96	
Pk11 + 850 a Pk11 + 871	21.04		21.04		10.818.13	4.00	14.30	21.04	21.04	04-Dic-96	
Pk11 + 871 a Pk11 + 991		120.83	120.83	1.50	10.937.46	35.00	14.30	119.33	119.33	04-Dic-96	
Pk11 + 991 a Pk12 + 216	224.58		224.58	3.00	11.159.04	32.00	14.30	221.58	221.58	05-Dic-96	
Pk12 + 216 a Pk12 + 333		116.50	116.50		11.275.54	34.00	14.30	116.50	116.50	05-Dic-96	
Pk12 + 333 a Pk12 + 492	159.76		159.76	1.50	11.433.80	23.00	14.30	158.26	158.26	05-Dic-96	
Pk12 + 492 a Pk12 + 556		63.46	63.46		11.497.25	19.00	14.30	63.46	63.46	05-Dic-96	
Pk12 + 556 a Pk12 + 909	352.97		352.97	1.50	11.847.22	50.00	14.30	349.97	349.97	06-Dic-96	10.00
Pk12 + 909 a Pk12 + 946		37.26	37.26		11.884.48	11.00	14.30	37.26	37.26	03-Ene-97	

CANAL "CHONGON - SUBE Y BAJA"

ACOMPAÑAMIENTO DEL REVESTIMIENTO DEL CANAL CON POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD H.D.P.E.

	EJE CENTRAL		LONGITUD DE CANAL	LONGITUD ZONA PATES	LONGITUD ACUMULADA POLIETILENO	No DE TRASLAPES	LONG. SECCION CANAL	REVESTIMIENTO H.D.P.E (M)		FECHA DE EJECUCION	POR REALIZAR
	TRAMO RECTO LONG.	TRAMO CURVO LONG.						PROYECTADO	EJECUTADO		
Pk13 + 140 a Pk13 + 272	131.56		131.56		12.206.54	20.00	14.30	131.56	131.56	06-Dic-96	
Pk13 + 272 a Pk13 + 317		45.13	45.13		12.253.68	14.00	14.30	45.13	45.13	09-Dic-96	
Pk13 + 317 a Pk13 + 370	53.16		53.16		12.306.82	8.00	14.30	53.16	53.16	09-Dic-96	
Pk13 + 370 a Pk13 + 436		66.56	66.56	1.50	12.371.88	20.00	14.30	66.56	66.56	09-Dic-96	
Pk13 + 436 a Pk13 + 712	275.62		275.62	1.50	12.646.20	40.00	14.30	274.32	274.32	09-Dic-96	
Pk13 + 712 a Pk13 + 771		58.67	58.67		12.704.87	18.00	14.30	58.67	58.67	10-Dic-96	
Pk13 + 771 a Pk14 + 014	243.56		243.56	1.50	12.946.93	35.00	14.30	242.06	242.06	10-Dic-96	
Pk14 + 14 a Pk14 + 125		110.46	110.46		13.057.39	32.00	14.30	110.46	110.46	10-Dic-96	
Pk14 + 125 a Pk14 + 177	52.10		52.10	1.50	13.107.99	6.00	14.30	50.60	50.60	10-Dic-96	
Pk14 + 177 a Pk14 + 287		109.94	109.94		13.217.93	32.00	14.30	109.94	109.94	10-Dic-96	
Pk14 + 287 a Pk14 + 567	280.00		280.00	1.50	13.496.44	40.00	14.30	278.50	278.50	11-Dic-96	
Pk14 + 567 a Pk14 + 631		64.44	64.44		13.560.88	19.00	14.30	64.44	64.44	19-Dic-96	
Pk14 + 631 a Pk14 + 646	14.27		14.27	1.50	13.573.84	3.00	14.30	12.77	12.77	19-Dic-96	
Pk14 + 646 a Pk14 + 753		107.12	107.12		13.680.77	31.00	14.30	107.12	107.12	19-Dic-96	
Pk14 + 753 a Pk14 + 852	99.21		99.21		13.779.98	15.00	14.30	99.21	99.21	19-Dic-96	
Pk14 + 852 a Pk14 + 896		43.72	43.72		13.823.70	13.00	14.30	43.72	43.72	19-Dic-96	
Pk14 + 896 a Pk14 + 978	82.45		82.45	1.50	13.904.66	12.00	14.30	80.95	80.95	20-Dic-96	
Pk14 + 978 a Pk15 + 052		73.56	73.56		13.978.18	22.00	14.30	73.56	73.56	20-Dic-96	
Pk15 + 052 a Pk15 + 053	0.97		0.97		13.979.18	1.00	14.30	0.97	0.97	20-Dic-96	
Pk15 + 053 a Pk15 + 154		100.99	100.99		14.080.17	29.00	14.30	100.99	100.99	20-Dic-96	

PROYECTO HIDRAULICO ACUEDUCTO DE SANTA ELENA

CANAL "CHONGON - SUBE Y BAJA"

ACOMPAÑAMIENTO DEL REVESTIMIENTO DEL CANAL CON POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD H.D.P.E.

	EJE CENTRAL		LONGITUD DE CANAL	LONGITUD ZONA PATES	LONGITUD ACUMULADA POLIETILENO	No DE TRASLAPES	LONG SECCION CANAL	REVESTIMIENTO H.D.P.E (M)		FECHA DE EJECUCION	POR REALIZAR
	TRAMO RECTO LONG.	TRAMO CURVO LONG.						PROYECTADO	EJECUTADO		
ALVIADERO											
Pk15 + 242 a Pk15 + 310	67.83		67.83		14,235.21	11.00	14.30	67.83	53.23	20-Dic-96	14.60
Pk15 + 310 a Pk15 + 402		91.53	91.53	1.50	14,325.24	27.00	14.30	90.03	90.03	20-Dic-96	
Pk15 + 402 a Pk15 + 481	78.87		78.87		14,404.11	12.00	14.30	78.87	78.87	20-Dic-96	
Pk15 + 481 a Pk15 + 552		69.45	69.45		14,473.55	21.00	14.30	69.45	61.36	21-Dic-96	8.06
Pk15 + 552 a Pk15 + 552				1.50	14,472.05	1.00					
ITES LAS CHACRAS											
FTSS LAS CHACRAS											
Pk15 + 842 a Pk15 + 952	109.91		109.91		14,581.97	18.00	14.30	109.91	72.35	28-Dic-96	37.56
Pk15 + 952 a Pk16 + 011		59.09	59.09		14,641.06	18.00	14.30	59.09	59.09	28-Dic-96	
Pk15 + 011 a Pk16 + 105	93.59		93.59	1.50	14,733.15	14.00	14.30	92.09	92.09	28-Dic-96	
ALVIADERO											
Pk15 + 952 a Pk16 + 011	38.80		38.08		14,771.95	8.00	14.30	38.80	5.40	28-Dic-96	33.40
ALVIADERO											
Pk16 + 143 a Pk16 + 154	11.09		11.09		14,783.04	3.00	14.30	11.09			11.09
Pk16 + 154 a Pk16 + 200		45.42	45.52		14,828.46	14.00	14.30	45.52	24.80	29-Dic-96	20.62
Pk16 + 200 a Pk16 + 234	34.44		34.44		14,852.90	8.00	14.30	34.44	34.44	29-Dic-96	
Pk16 + 234 a Pk16 + 383		128.72	128.72	1.50	14,990.12	37.00	14.30	127.22	100.78	29-Dic-96	26.48
Pk16 + 383 a Pk16 + 386	2.60		2.60		14,992.72	1.00	14.30	2.60			2.60
ITES LAS JUNTAS											
FTSS LAS JUNTAS											
Pk16 + 638 a Pk16 + 638	0.37		0.37		14,993.09	1.00	14.30	0.37			0.37

CANAL "CHONGON - SUBE Y BAJA"

ACOMPAÑAMIENTO DEL REVESTIMIENTO DEL CANAL CON POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD H.D.P.E.

	EJE CENTRAL		LONGITUD DE CANAL	LONGITUD ZONA PATES	LONGITUD ACUMULADA POLIETILENO	No DE TRASLAPES	LONG. SECCION CANAL	REVESTIMIENTO H.D.P.E. (M)		FECHA DE EJECUCION	POR REALIZAR
	TRAMO RECTO LONG	TRAMO CURVO LONG						PROYECTADO	EJECUTADO		
Pk16 + 853 a Pk16 + 905		33.57	33.57	1.50	15.238.75	10.00	14.30	32.07	32.07	21-Dic-96	
Pk16 + 929 a Pk16 + 941	12.29		12.29		15.251.03	3.00	14.30	12.29	12.29	21-Dic-96	
Pk16 + 941 a Pk17 + 010		69.41	69.41		15.320.44	21.00	14.30	69.41	69.41	21-Dic-96	
Pk17 + 010 a Pk17 + 063	52.96		52.96		15.373.40	8.00	14.30	52.96	52.96	21-Dic-96	
Pk17 + 063 a Pk17 + 130		66.75	66.75	1.50	15.438.85	20.00	14.30	65.25	65.25	21-Dic-96	
Pk17 + 130 a Pk17 + 143	13.36		13.36		15.452.02	3.00	14.30	13.36	13.36	21-Dic-96	
Pk17 + 143 a Pk17 + 214		70.93	70.93		15.522.95	21.00	14.30	70.93	70.93	22-Dic-96	
Pk17 + 214 a Pk17 + 223	8.87		8.87		15.531.82	2.00	14.30	8.87	8.87	22-12-96	
Pk17 + 223 a Pk17 + 335		111.36	111.36		15.643.20	32.00	14.30	111.36	111.36	22-Dic-96	
Pk17 + 335 a Pk17 + 343	8.50		8.50		15.651.70	2.00	14.30	8.50	8.50	22-Dic-96	
Pk17 + 343 a Pk17 + 390		46.39	46.39	1.50	15.698.59	14.00	14.30	44.89	44.89	22-Dic-96	
Pk17 + 390 a Pk17 + 826	436.07		436.07	1.50	16.131.16	62.00	14.30	434.57	434.57	22-Dic-96	
Pk17 + 826 a Pk17 + 888		62.84	62.84	1.50	16.192.49	18.00	14.30	61.34	61.34	22-Dic-96	
Pk17 + 888 a Pk17 + 996	107.83		107.83		16.300.32	16.00	14.30	107.83	107.83	26-Dic-96	
Pk17 + 996 a Pk18 + 079		82.39	82.39		16.382.71	24.00	14.30	82.39	82.39	26-Dic-96	
Pk18 + 079 a Pk18 + 367	267.90		267.90	1.50	16.650.11	41.00	17.90	266.40	266.40	26-Dic-96	
Pk18 + 367 a Pk18 + 517		150.46	150.46	1.50	16.818.06	43.00	17.90	148.96	113.41	27-Dic-96	35.55
Pk18 + 517 a Pk18 + 617	99.74		99.74		16.917.81	15.00	17.90	99.74			99.74
Pk18 + 617 a Pk18 + 946											99.74



TENDIDO DE HDPE

Personal entre 12 y 15 trabajadores

Considerando todas las horas paradas

Avance promedio diario entre tramos rectos y curvos por día (de dos turnos)

400 ml/día

Avance promedio tramo recto

235 ml/día

Avance promedio tramo curvo

165 ml/día

Considerando un avance continuo sin paras independientes al tendido

Avance promedio diario entre tramos rectos y curvos por día (de dos turnos)

550 ml/día

Avance promedio tramo recto

350 ml/día

Avance promedio tramo curvo

200 ml/día

EXCAVACION DE ZANJA CANAL SUBE Y BAJA

EXCAVACION DE ZANJAS:

FECHA	ABSCISAS	DIST	MIN TRAB	MIN PARAD	RENDIMIENTO	REND IDEAL min/metros
16-dic-96	17+140 a 17+325	185	470	130	3.24	2.54
17-dic-96	17+540 a 17+745	205	485	115	2.93	2.37
18-dic-96 LD	17+910 a 18+110	200	495	105	3.00	2.48
19-dic-96 LI	17+986 a 18+034	48	120	30	3.13	2.50
19-dic-96	18+205 a 18+365	160	410	95	3.16	2.56
22-dic-96	18+515 a 18+585	70	170	40	3.00	2.43
23-dic-96	18+730 a 18+880	150	345	90	2.90	2.30
27-dic-96	1+830 a 2+020	190	440	130	3.00	2.32
28-dic-96	2+180 a 2+300	120	260	65	2.71	2.17
29-dic-96	2+480 a 2+560	80	180	30	2.63	2.25
				Promedio	2.97	2.39

De las 10 horas se puede avanzar 205 m / turno

Equipos utilizados:

- 1 Bobcat cucharón de uña;
- 1 Bobcat cucharón liso;
- 1 ayudante.

EXCAVACION DE ZANJAS:

FECHA	ABSCISAS	DIST	MIN TRAB min	MIN PARAD min	RENDIMIENTO min / metro	REND IDEAL min / metro
22-dic-96	18+510 a 18+545	35	70	10	2.29	2.00

Equipo que se utilizó:

Una retroexcavadora CASE 580

En las 10 horas de trabajo, incluido el tiempo de paradas se puede avanzar hasta 260 metros / turno.

BIBLIOTECA FIC
ESPOL

EXCAVACION DE ZANJAS:

FECHA	ABSCISAS	DIST	MIN TRAB	MIN PARAD	RENDIMIENTO	REND IDEAL
			min	min	min / metro	min / metro
23-dic-96	16+095 a 16+010	85	100	18	1.39	1.18

Equipo que se utilizó:

Una retroexcavadora JCB.

En las 10 horas de trabajo, incluido el tiempo de paradas se puede avanzar hasta 430 metros / turno.

Aproximadamente 850 metros / día.

BIOTECNA FICT
ESPOL

NOTA:

En la excavación es indiferente que sea del lado del camino o de la banqueta ya sea curvo o recto, porque el avance es cada 1 - 1 1/2 metros.

Ademas los equipos, tales como Bobcat, retroexcavadoras JCV Y CASE pueden ingresar sin dificultad en ambos lados.

Los problemas principales son:

El problema principal es cuando el terreno es muy duro, sin embargo se soluciona con la ayuda de un Bobcat martillo.

En ese item se origina pocos problemas, se pierde tiempo solamente cuando se van a comer y toman un descanso muy pequeño, como para tomar agua.

RELLENO DE ZANJA CANAL SUBE Y BAJA

RELLENO DE ZANJAS: LADO DE BANQUETA

FECHA	ABSCISAS	DIST	MIN TRAB	MIN PARADA	RENDIMIENTO	REND IDEAL min/metros
13-dic-96	10+450 a 10+538	88	320	115	4.94	3.64
16-dic-96	11+465 a 11+510	45	155	55	4.67	3.44
17-dic-96	11+632 a 11+708	76	270	92	4.76	3.55
18-dic-96	11+850 a 11+975	125	420	180	4.80	3.36
20-dic-96	12+020 a 12+165	145	390	210	4.14	2.69
22-dic-96	12+310 a 12+432	122	410	190	4.92	3.36
23-dic-96	12+556 a 12+597	41	140	46	4.54	3.41
26-dic-96	12+630 a 12+740	110	395	135	4.82	3.59
27-dic-96	12+842 a 12+902	60	200	65	4.42	3.33
28-dic-96	13+010 a 13+115	105	340	110	4.29	3.24
29-dic-96	13+220 a 13+315	95	300	95	4.16	3.16
30-dic-96	13+455 a 13+570	115	398	130	4.59	3.46
Conclusión:				Promedio	4.59	3.35

De las 10 horas (600 min), incluido el tiempo de parada, se podría avanzar hasta 130 m / turno
Este relleno es hecho con un personal de entre 14 y 19 trabajadores y tres vibradores de plancha, o con la ayuda de un rodillo doble tambor Dinapac

RELLENO DE ZANJAS:

LADO DE CAMINO

FECHA	ABSCISAS	DIST metros	MIN TRAB min	MIN PARAD min	RENDIMIENTO min/metros	REND IDEAL min/metros
13-dic-96	10+530 a 10+790	260	205	175	1.46	0.79
16-dic-96	11+465 a 11+575	110	105	90	1.77	0.95
17-dic-96	12+070 a 12+420	350	300	175	1.36	0.86
18-dic-96	12+605 a 12+905	300	385	205	1.97	1.28
19-dic-96	13+105 a 13+185	80	100	70	2.13	1.25
20-dic-96	13+310 a 13+463	153	220	120	2.22	1.44
21-dic-96	13+710 a 14+090	380	395	225	1.63	1.04
23-dic-96	14+560 a 14+770	210	195	155	1.67	0.93
26-dic-96	14+970 a 15+220	250	335	215	2.20	1.34
29-dic-96	16+850 a 17+010	160	220	175	2.47	1.38
30-dic-96	17+210 a 17+305	95	120	100	2.32	1.26
				Promedio	1.93	1.14

Equipos:

Cargadora CASE 580 o tractor VALMET. (Uno de dos).

De 4 a 5 trabajadores

De las 10 horas (600 min.), se podría avanzar hasta 310 m/turno

Aproximadamente 620 mts por día.

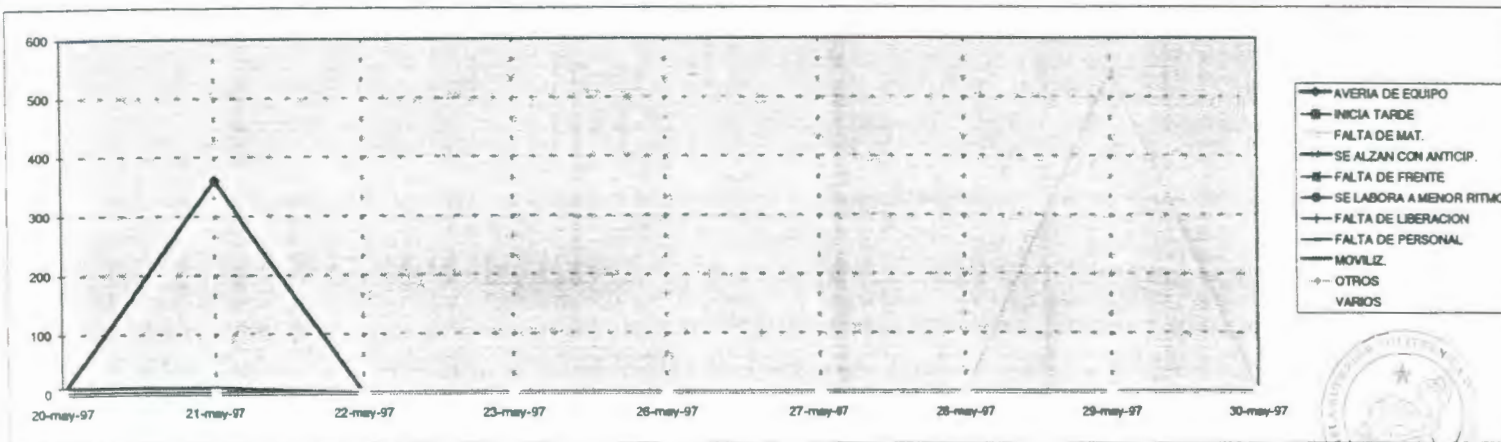
Si se trabaja 8 horas con rend ideal se avanzaría 421 m / turno.

**REVESTIMIENTO CON
POLIETILENO H.D.P.E.
CANAL AZUCAR - RIO VERDE."**

CUADRO DE ACOMPAÑAMIENTO DE LOS SERVICIOS DEL CANLA AZÚCAR RÍO VERDE

B.- DESTRONQUE

TRAMO	DIA	DISTANCIA	TIEMPO TRAB.	TIEMP. PARAD.	NORMALMENTE	ALMUERZO	AVERIA DE EQUIPO	INICIA TARDE	FALTA DE MAT.	SE ALZAN CON ANTICIP.	FALTA DE FRENTE	SE LABORA A MENOR RITMO	FALTA DE LIBERACION	FALTA DE PERSONAL	MOVILIZ.	OTROS	VARIOS
CC	20-may-97	105	625	70	625	60									10		
CC	21-may-97	185	780	430	780	60	360								10		
CC	22-may-97	130	570	60	570	60											
CC	23-may-97	80	510	60	510	60											
CC	26-may-97	100	560	60	560	60											
CC	27-may-97	170	1140	120	1140	120											
CC	28-may-97	70	510	60	510	60											
CC	29-may-97				600	60											540
CC	30-may-97	70	600	60	600	60											
TOTAL		910	5,295	1,520	5,295	600	360								20	540	



NOTA: EL ITEM "OTROS" HACE REFERENCIA A QUE LA MAQUINA SE DETUVO DE HACER ESTE SERVICIO POR REALIZAR REFINE GRUESO

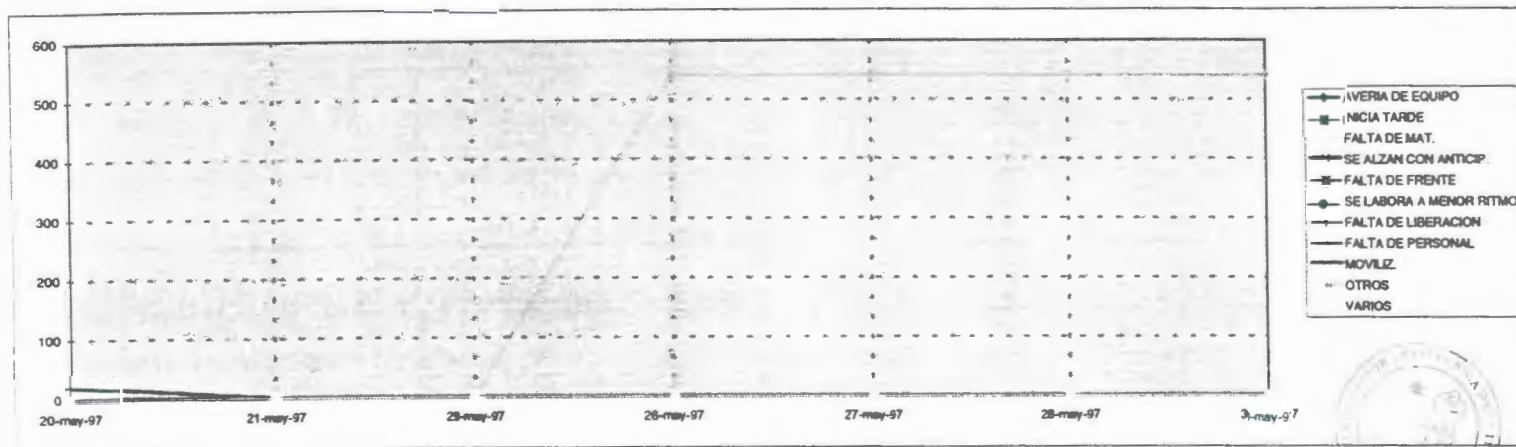


BIBLIOTECA FIC
ITESO

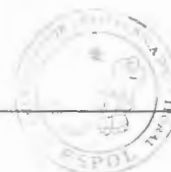
CUADRO DE ACOMPAÑAMIENTO DE LOS SERVICIOS DEL CANLA AZÚCAR NO VERDE

C.- REFINE GRUESO

TRAMO	DIA	DISTANCIA	TIEMPO TRAB.	TIEMP. PARAD.	NORMALMENTE	ALMUERZO	AVERIA DE EQUIPO	INICIA TARDE	FALTA DE MAT.	SE ALZAN CON ANTICIP.	FALTA DE FRENTE	SE LABORA A MENOR RITMO	FALTA DE LIBERACION	FALTA DE PERSONAL	MOVILIZ.	OTROS	VARIOS
CC	20-may-97	150	500	80	500	60									20		
CC	21-may-97	290	1490	180	1490	180											
CC	29-may-97	100															
CC	26-may-97			600		60											540
CC	27-may-97			600		60											540
CC	28-may-97			600		60											540
CC	30-may-97			600		60											540
TOTAL		540	1.990	2.690	1.990	480									20		2.160



NOTA: EL ITEM "OTROS" HACE REFERENCIA A QUE LA MAQUINA SE DETUVO DE HACER ESTE SERVICIO POR REALIZAR DESTRONQUE Y REFINE FINO

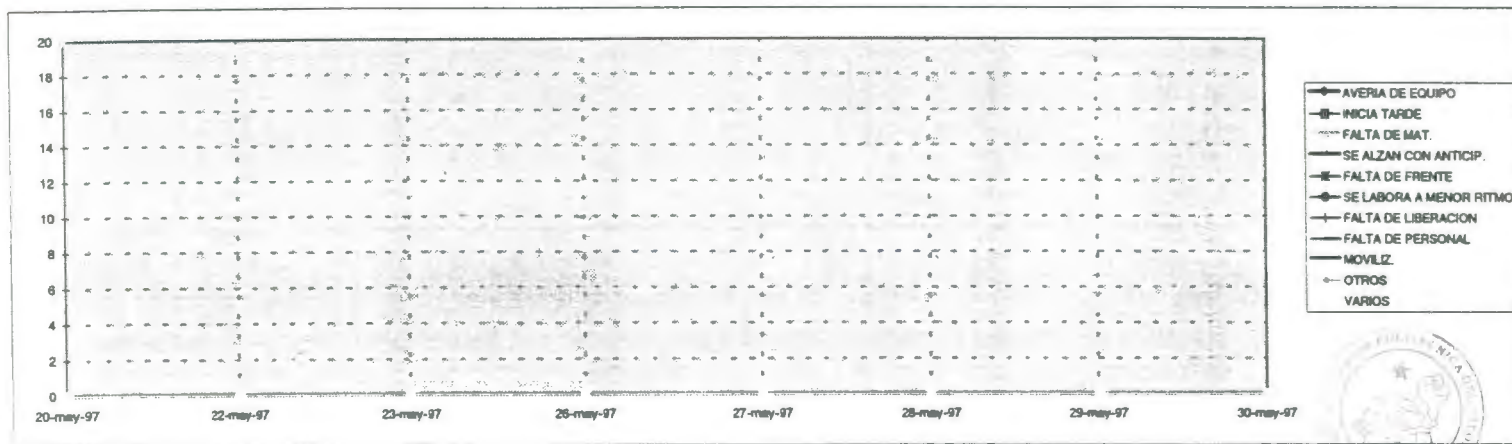


BIBLIOTECA FICT
ESPOL

CUADRO DE ACOMPAÑAMIENTO DE LOS SERVICIOS DEL CANJA AZÚCAR RÍO VERDE

D.- REFINE FINO

TRAMO	DIA	DISTANCIA	TIEMPO TRAB.	TIEMP. PARAD.	NORMALMENTE	ALMUERZO	AVERIA DE EQUIPO	INICIA TARDE	FALTA DE MAT.	SE ALZAN CON ANTICIP.	FALTA DE FRENTE	SE LABORA A MENOR RITMO	FALTA DE LIBERACION	FALTA DE PERSONAL	MOVILIZ.	OTROS	VIARIOS
CC	20-may-97	320	550	80	550	60			20								
CC	22-may-97	197.8	580	60	580	60											
CC	23-may-97	157.2	450	60	450	60											
CC	26-may-97	120	560	60	560	60											
CC	27-may-97	130	585	60	585	60											
CC	28-may-97	120	570	60	570	60											
CC	29-may-97	150	570	60	570	60											
CC	30-may-97	120	585	60	585	60											
TOTAL		1.315	4.450	500	4.450	480			20								

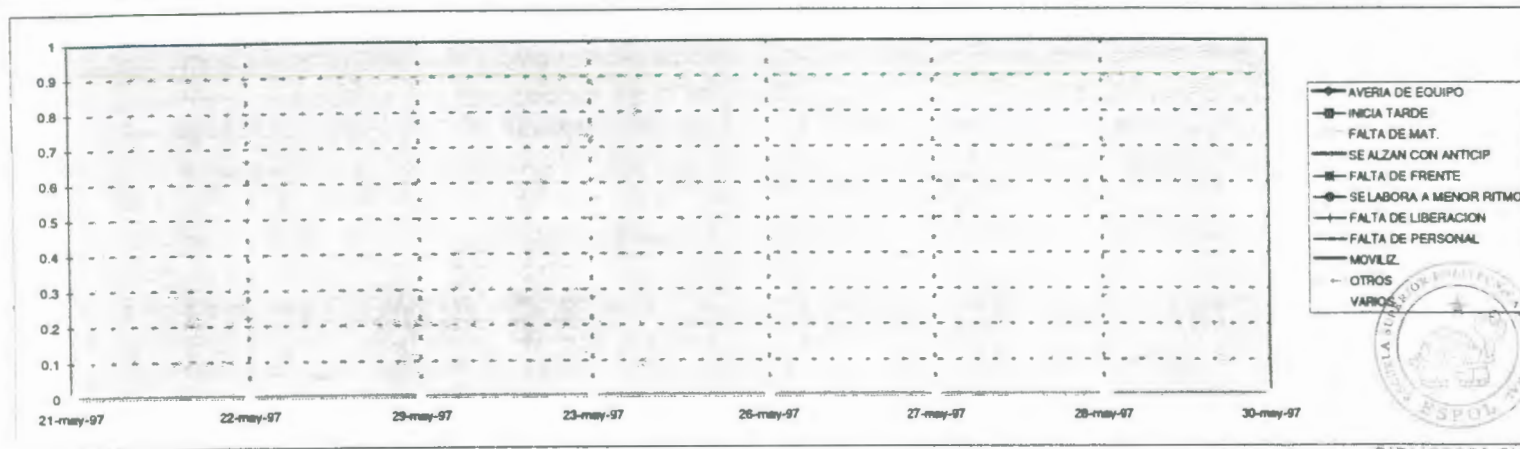


BIBLIOTECA FICT
ESPOL

CUADRO DE ACOMPAÑAMIENTO DE LOS SERVICIOS DEL CAMLA AZÚCAR RÍO VERDE

E-REPARACIONES

TRAMO	DIA	DISTANCIA	TIEMPO TRAB.	TIEMP. PARAD.	NORMALMENTE	ALMUERZO	AVERIA DE EQUIPO	INICIA TARDE	FALTA DE MAT.	SE ALZAN CON ANTICIP.	FALTA DE FRENTE	SE LABORA A MENOR RITMO	FALTA DE LIBERACION	FALTA DE PERSONAL	MOVILIZ.	OTROS	VARIOS
CC	21-may-97	130	330		330												
CC	22-may-97	225	530		530												
CC	29-may-97	134	570	60	570	60											
CC	23-may-97	279	270	60	270	60											
CC	26-may-97	60	510	60	510	60											
CC	27-may-97	216	600	60	600	60											
CC	28-may-97	127	570	60	570	60											
CC	30-may-97	305	240	60	240	60											
TOTAL		1,476	3,620	360	3,620	360											

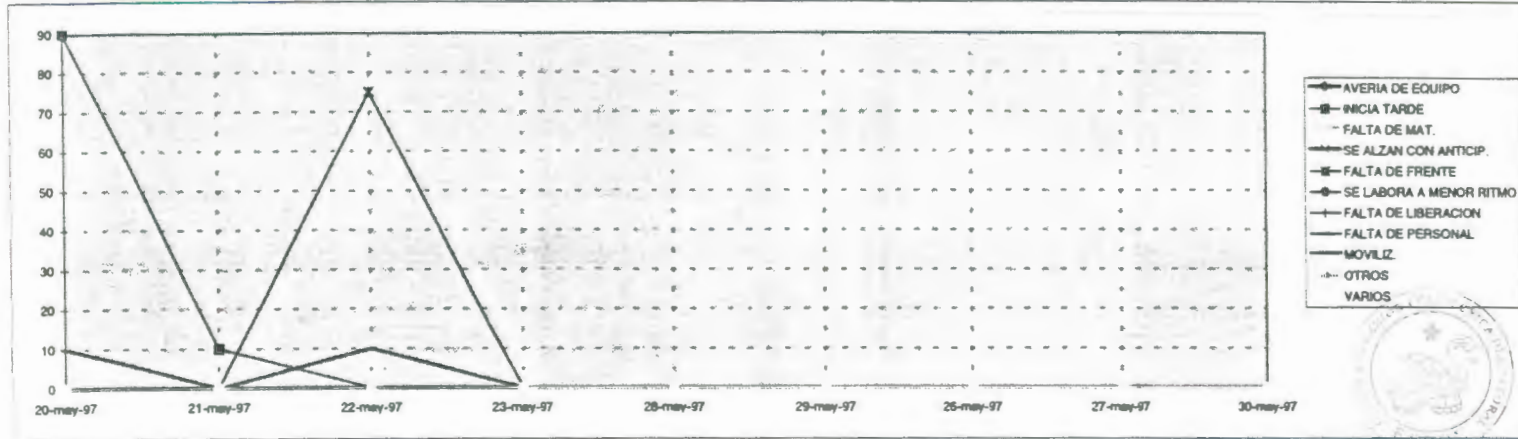


BIBLIOTECA FICT
ESPOL

CUADRO DE ACOMPAÑAMIENTO DE LOS SERVICIOS DEL CAMLA AZÚCAR RÍO VERDE

F.- EXCAVAC. EN ZANJA LADO BANQUETA

TRAMO	DIA	DISTANCIA	TIEMPO TRAB.	TIEMP. PARAD.	NORMALMENTE	ALMUERZO	AVERIA DE EQUIPO	INICIA TARDE	FALTA DE MAT.	SE ALZAN CON ANTICIP.	FALTA DE FRENTE	SE LABORA A MENOR RITMO	FALTA DE LIBERACION	FALTA DE PERSONAL	MOVILIZ.	OTROS	VIARIOS
CC	20-may-97	100	470	180	470	80		90							10		
CC	21-may-97	152	520	70	520	80		10									
CC	22-may-97	50	395	145	395	80					75				10		
CC	23-may-97	80	390	80	390	80											
CC	28-may-97	160	420	60	420	80											
CC	29-may-97	50	570	60	570	80											
CC	26-may-97	200	420	60	420	80											
CC	27-may-97	279	270	60	270	80											
CC	30-may-97	375	560	80	560	80											
TOTAL		1.446	4.015	735	4.015	540		100			75				20		

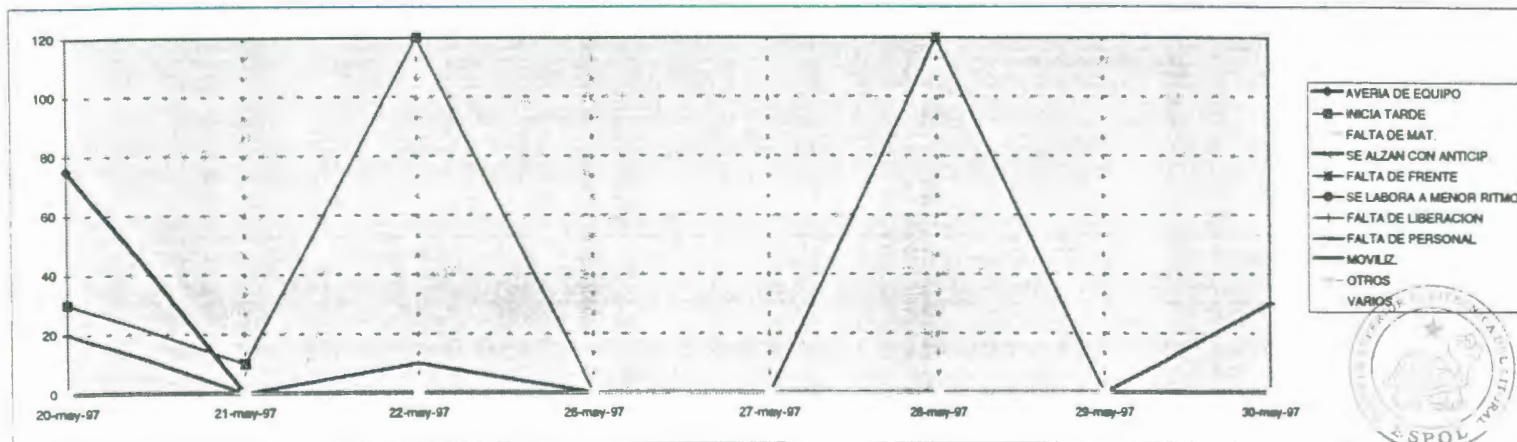


BIBLIOTECA FICT
ESPOL

CUADRO DE ACOMPAÑAMIENTO DE LOS SERVICIOS DEL CANAL AZÚCAR RÍO VERDE

G.-EXCAVACION DE ZANJA LADO CAMINO

TRAMO	DIA	DISTANCIA	TIEMPO TRAB.	TIEMP. PARAD.	NORMALMENTE	ALMUERZO	AVERIA DE EQUIPO	INICIA TARDE	FALTA DE MAT.	SE ALZAN CON ANTICIP.	FALTA DE FRENTE	SE LABORA A MENOR RITMO	FALTA DE LIBERACION	FALTA DE PERSONAL	MOVILIZ.	OTROS	VIARIOS
CC	20-may-97	130	380	185	380	60	75	30							20		
CC	21-may-97	152	520	70	520	90		10									
CC	22-may-97	145	455	130	455			120							10		
CC	26-may-97	300	870	120	870	120											
CC	27-may-97	179	570	60	570	60											
CC	28-may-97	120	360	180	360	60					120						
CC	29-may-97	150	570	60	570	60											
CC	30-may-97	475	870	150	870	120									30		
TOTAL		1.651	4.595	955	4.595	540	75	160			120				50		

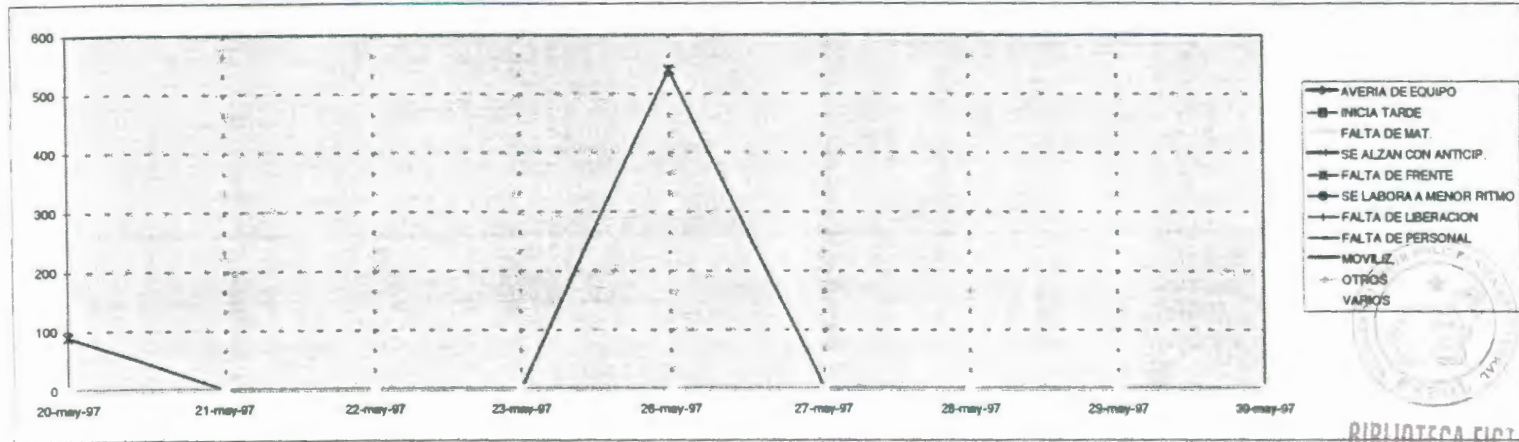


BIBLIOTECA FICTICIA
ESPOL

CUADRO DE ACOMPAÑAMIENTO DE LOS SERVICIOS DEL CANLA AZÚCAR RÍO VERDE

H.- REVESTIMIENTO CON PLÁSTICO

TRAMO	DIA	DISTANCIA	TIEMPO TRAB.	TIEMP. PARAD.	NORMALMENT E	ALMUERZO	AVERIA DE EQUIPO	INICIA TARDE	FALTA DE MAT.	SE ALZAN CON ANTICIP.	FALTA DE FRENTE	SE LABORA A MENOR RITMO	FALTA DE LIBERACION	FALTA DE PERSONAL	MOVILIZ.	OTROS	VARIOS
CC	20-may-97	184.5	480	150	480	60					90						
CC	21-may-97	105	240	80	240	60											
CC	22-may-97	133	170	80	170	60											
CC	23-may-97	336															
CC	26-may-97			600		60					540						
CC	27-may-97	373	570	210	570	210											
CC	28-may-97	338															
CC	29-may-97	170	300	120	300	120											
CC	30-may-97	381	570	60	570	60											
TOTAL		2,021	2,330	1,260	2,330	630					630						

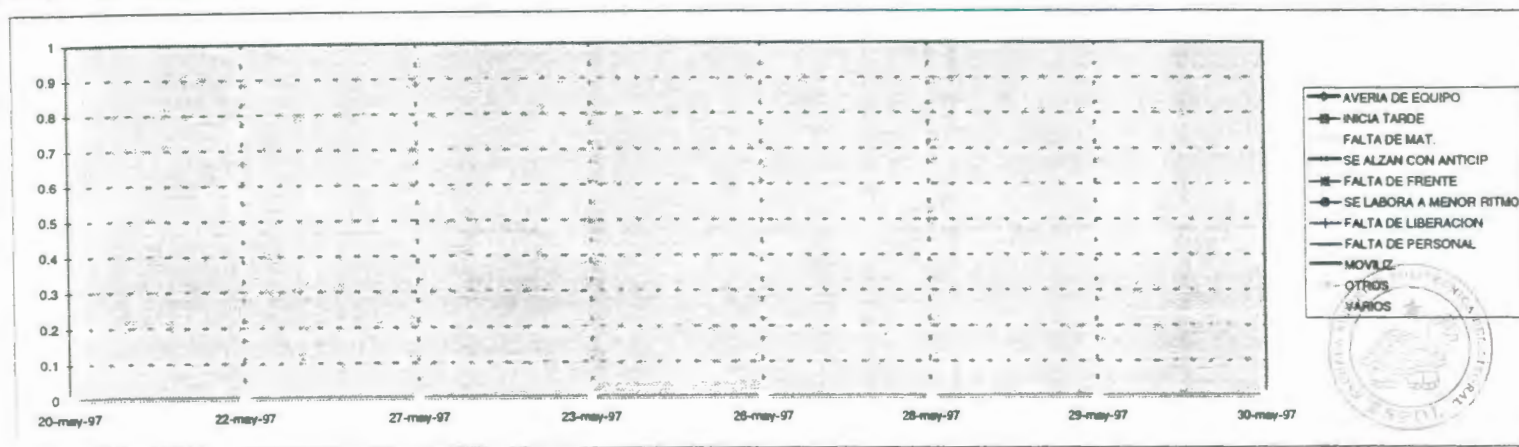


BIBLIOTECA FICT
ESPOL

CUADRO DE ACOMPAÑAMIENTO DE LOS SERVICIOS DEL CAMLA AZÚCAR RÍO VERDE

L- PRUEBAS

TRAMO	DIA	DISTANCIA	TIEMPO TRAB.	TEMP. PARAD.	NORMALMENTE	ALMUERZO	AVERIA DE EQUIPO	INICIA TARDE	FALTA DE MAT.	SE ALZAN CON ANTICIP.	FALTA DE FRENTE	SE LABORA A MENOR RITMO	FALTA DE LIBERACION	FALTA DE PERSONAL	MOVILIZ.	OTROS	VARIOS
CC	20-may-97	272	510	60	510	60											
CC	22-may-97	192	180	60	180	60											
CC	27-may-97	232	480	60	480	60											
CC	23-may-97	40	480	60	480	60											
CC	26-may-97	275	480	60	480	60											
CC	28-may-97	396	480	60	480	60											
CC	29-may-97	57	480	60	480	60											
CC	30-may-97	374	570	60	570	60											
TOTAL		1.838	3.660	480	3.660	480											

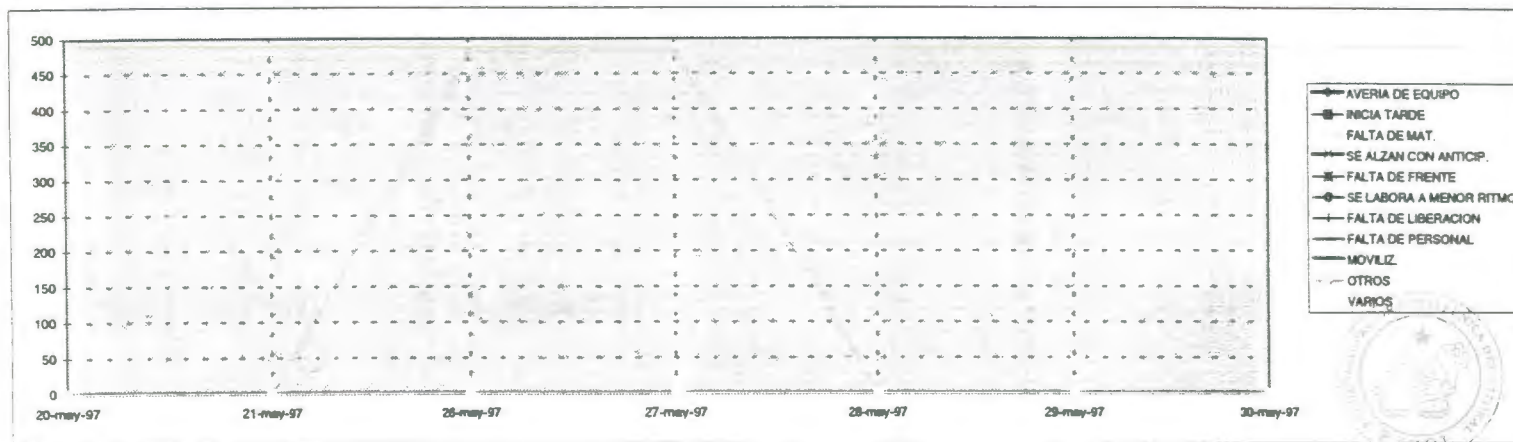


BIBLIOTECA FIC/ESPOL

CUADRO DE ACOMPAÑAMIENTO DE LOS SERVICIOS DEL CAMLA AZÚCAR RÍO VERDE

J.- RELLENO DE ZANJA LADO BANQUETA

TRAMO	DIA	DISTANCIA	TIEMPO TRAB.	TEMP. PARAD.	NORMALMENTE	ALMUERZO	AVERIA DE EQUIPO	INICIA TARDE	FALTA DE MAT.	SE ALZAN CON ANTICIP.	FALTA DE FRENTE	SE LABORA A MENOR RITMO	FALTA DE LIBERACION	FALTA DE PERSONAL	MOVILIZ.	OTROS	VARIOS
CC	20-may-97	55	510	60	510	60											
CC	21-may-97																
CC	26-may-97			540		60										480	
CC	27-may-97			540		60										480	
CC	28-may-97	580	540	60	540	60											
CC	29-may-97	311	660	120	660	120											
CC	30-may-97	420	420	60	420	60											
TOTAL		1.366	2.130	1.380	2.130	420										960	



NOTA: EL ITEM "OTROS" HACE REFERENCIA A QUE LA MAQUINA TRABAJÓ EN EL LADO DEL CAMINO

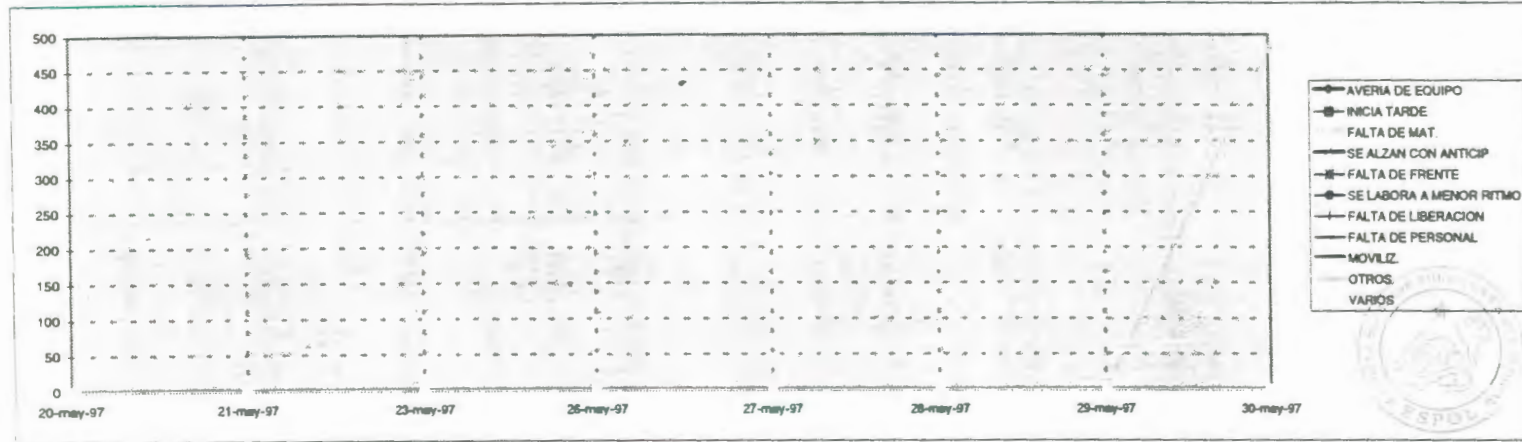


BIBLIOTECA FIC
ESPOL

CUADRO DE ACOMPAÑAMIENTO DE LOS SERVICIOS DEL CANILA AZÚCAR RÍO VERDE

K-RELLENO DE ZANJA LADO CAMINO

TRAMO	DIA	DISTANCIA	TIEMPO TRAB.	TIEMP. PARAD.	NORMALMENTE	ALMUERZO	AVERIA DE EQUIPO	INICIA TARDE	FALTA DE MAT.	SE ALZAN CON ANTICIP.	FALTA DE FRENTE	SE LABORA A MENOR RITMO	FALTA DE LIBERACION	FALTA DE PERSONAL	MOVILIZ.	OTROS	VARIOS
CC	20-may-97	132	510	60	510	60											
CC	21-may-97	287	570	60	570	60											
CC	23-may-97	160	450	60	450	60											
CC	26-may-97	149	540	60	540	60											
CC	27-may-97	389	1140	120	1140	120											
CC	28-may-97	340	570	60	570	60											
CC	29-may-97	237	300		300												
CC	30-may-97			540		60										480	
TOTAL		1 694	4 080	960	4 080	480											480



BIBLIOTECA FIC
ESPOL

CAPITULO 7

CONCLUSIONES



En este trabajo se ha presentado a los geosintéticos sobre todo al polietileno de alta densidad como la mejor alternativa para revestir los canales de la parte alta del trasvase Daule- Santa Elena. Las características de los suelos de la traza de los canales , la posibilidad de incrementar la sección en el futuro con la sencilla construcción de una mureta cuando aumente el tirante; las facilidades constructivas; así como la comprobada calidad del producto especificado, conducen a determinar al revestimiento con polietileno como la alternativa de revestimiento más adecuada.

Los diferentes revestimientos que hemos analizado incluyendo al hormigón convencional, presentan claras desventajas frente al recubrimiento de las membranas de polietileno de alta densidad propuesto, dada la naturaleza de los suelos por donde cruzarán los canales con alta incidencia de arcillas expansivas, aglomerados, y la presencia de suelos inestables y agresivos, con altas concentraciones de yeso y sales solubles que atacan el hormigón, lo que exige grandes volúmenes de sustitución de suelos , así como especiales cuidados y la

adopción de medidas extraordinarias a ser tomadas, en algunos casos in situ, sobre la marcha de la obra, con los inconvenientes que esto ocasiona, sin que garantice totalmente estabilidad de la obra y la ausencia de grietas iniciadas o averías posteriores. La geomembrana es un material flexible e inerte que neutraliza todos los efectos inapropiados de los suelos, dando una hermeticidad absoluta a la conducción del agua e inhibe, de esta forma, cualquier reacción del suelo, además de que evita pérdidas por ex-filtración.

La implementación de nuevas tecnologías para la construcción de obras en determinado medio, trae aparejada una natural resistencia para aceptar productos o técnicas que no correspondan a lo tradicional o convencional, lo que refleja en primera instancia la duda en cuanto la durabilidad de las obras en las que se ha invertido grandes montos. Solo una adecuada justificación, basada en la aplicación de normas técnicas y el conocimiento de obras reales ejecutadas puede contrarrestar esa resistencia, dando lugar al desarrollo de las técnicas de ingeniería, que es lo que ha contribuido y esta contribuyendo a la optimización de la utilización de los cada vez más escasos recursos económicos de los países en procura de su progreso. Los ahorros que se logran efectivizar en una obra permiten la aplicación de estos capitales en obras y así propenden al crecimiento de la macroeconomía.

Es importante damos cuenta de la facilidad que implica la instalación del revestimiento con polietileno de alta densidad llegando inclusive , con equipo y personal adecuado, a rendir o a tener un avance de 120 a 150 metros lineales al día. La diferencia en costo entre hormigón y el plástico nos indica un ahorro de algunos millones de dólares.

Si bien hemos puntualizado muchas de las ventajas de la lámina de geomenbrana de HDPE no podemos dejar de señalar su gran desventaja que es la fragilidad a ataques de objetos punzantes, es muy fácil cortar el plástico ya sea con cuchillos, machetes o con pezuñas de animales como vacas, caballos, toros, etc que en ocasiones caen en el canal. El vandalismo ha hecho de las suyas y algunos tramos han sido atacados por personas que ignoran la importancia de esta obra hidraulica una de las más grandes de nuestro país.

Hay que señalar que al momento de soldar láminas de polietileno de alta densidad las temperaturas de la geomenbranas deben ser controladas ya que una diferencia fuerte entre dos láminas a ser soldadas trae consigo arrugas en la zona de soldadura también al anclar las geomenbranas hay que tener en cuenta, que al ser ancladas después al enfriarse se formarán arrugas en el plástico.

Recordemos que la temperatura de la máquina soldadora depende y debe ser calibrada según la temperatura ambiente y según el espesor del geotextil.

No existen antecedentes de obras parecidas en el Ecuador ni en Sudamérica, (excepto el canal de Pomona en Argentina) lo que convierte a este tipo de Revestimiento en toda una novedad para el medio de la construcción; sin embargo existen suficientes antecedentes de importantes obras en diversos países con canales operando en forma satisfactoria durante un significativo período de tiempo, lo que respalda la aplicación de esta tecnología para el uso propuesto.

- Es importante señalar el ahorro económico que significa al país.
- Diferentes problemas en su instalación.
- A la facilidad de su instalación.



” PRINCIPALES PROBLEMAS ENCONTRADOS EN EL TRASVASE DAULE SANTA ELENA ”

RELLENO ZANJA LADO BANQUETA

⇒ Falta agua para preparar material en sitio

48%

A falta de agua, se paraliza el relleno de zanjas. Para pasar el agua del tanquero al otro lado y llenar un tanqué se demora (debido a falta de presión) 5-6 minutos y considerando que son 15 tanques, el tiempo que demora en llenar todos los tanques sería 1.4 horas.

⇒ Pérdida de tiempo en jalar y templar el HPDE; **23%**

Para poder rellenar las zanjas es necesario que el HDPE esté bien templado. Por las altas temperaturas debido al sol, en la membrana se forman ondas longitudinales en los lados del canal, por lo que, se ha comprobado que el tiempo de jalar o templar el HDPE ha llegado hasta 3.5 horas. El mismo, que utiliza de 13-16 personas.

⇒ Paralización por daños de equipos de compactación; **18%**

Al dañarse los compactadores ya sea de plancha o rodillo Dinapac doble tambor, se paraliza la compactación hasta que vengan los mecánicos; el tiempo de llegada de los mecánicos al sitio es aproximadamente de 2 a 2.5 horas.

Liberación de terreno por parte de fiscalización; **6%**

Cuando la prueba de compactación no cumple con las especificaciones técnicas , tales como, el porcentaje de compactación y humedad, fiscalización no permite liberación de terreno, por lo que hay que recompactar.

⇒ Falta de combustible para suministrar a los compactadores; **3%**

A falta de combustible se paraliza la compactación, hasta que llegue el tanquero suministrador de combustible. El tiempo de llegada del tanquero es aproximadamente 1.5 a 2 horas.

↔ Otros **2%**

Terreno muy duro, falta de herramientas, etc.

TOTAL	100%
--------------	-------------

RELLEÑO DE ZANJAS (LADO CAMINO)

↔ Falta de material de stock en sitio (Volqueta) **43%**

El problema principal es la falta de material en sitio, las volquetas no abastecen a tiempo, el material.

↔ Pérdida de tiempo en jalar y templar HDPE; **16%**

Para poder rellenar las zanjas es necesario que el HDPE esté bien templado por las altas temperaturas debido al sol, en la membrana se forman ondas longitudinales en los lados del canal, por lo que se ha comprobado que el tiempo

de jalar o temprar el HDPE ha llegado hasta 3.5 horas. El mismo que utilizan de 13-16 personas.

⇔ Falta de agua para remojar la zanja:

20%

Los taludes de las zanjas, necesariamente deben ser remojados para una mejor adherencia del material a compactar, de tal manera que no deshidrate al material preparado.

Además la fiscalización no permite avanzar a falta de agua para remojar talud de la zanja.

⇔ Falta de combustible;

10%

A falta de combustible se paraliza da compactación, hasta que llegue el tanquero suministrador de combustible. El tiempo de llegada del tanquero al lugar es de aproximadamente 1.5 a 2 horas.

⇔ Liberación de terreno por parte de fiscalización;

6%

Cuando la prueba de compactación no cumple con las especificaciones técnicas, tales como, el porcentaje de compactación y humedad, fiscalidad no permite la liberación del terreno. Por lo que hay que recompactar.

⇔ Otros

5%

El material de preparación, con el pasar de los días, llega a estar muy resistente.

TOTAL

100%

TENDIDO DE HDPE

Daños en la máquina soldadora

Dentro de este grupo:

- Atascamiento de la máquina; produce fusión en la suelda.
- Por daños internos

-Malas uniones en el cable generador a la máquina

Pérdida de tiempo en jalar y templar el HDPE

Es importante y necesario que el HDPE esté bien templado.

Por las altas temperaturas en los lados del canal, por lo que se ha comprobado que el tiempo de jalar o templado.

Por las altas temperaturas en los lados del canal por lo que se ha comprobado que el tiempo de jalar o templado el HDPE ha llegado hasta 3.5 horas. Se utiliza de 13-16 personas.

Paralización por falta de implementos

La Fiscalización pedía un mayor avance de la suelda hasta igualarse al tendido HDPE, solo ahí permitiría continuar el tendido, debido a la falta de implementos de suelda se detuvo el avance del Polietileno.

Resanes en el Refino fino

Algunos veces la fiscalización consideraba sobreexcavación la corrección de esto, era a través de una capa de H-100 que demandaba tiempo, ya que ocasionaba la movilización de equipos de revestimiento a nuevos frentes.

Movilización del Equipo de Trabajo

En la búsqueda de frentes liberados, existía una constante, movilización del personal.

Falta de frente de revestimiento

El grupo de revestimiento alcanzó al de refine en el tramo final debido a una falla geológica que ocasionó que se pare el refine.

Falta de Combustible

En el generador al cual estaban conectadas las máquinas soldadoras.

EXCAVACIÓN DE ZANJA

TERRENO DURO

El Problema principal es cuando el terreno es muy duro; sin embargo se soluciona con la ayuda de un Bobcat martillo.

NOTA:

En la excavación es indiferente que sea del lado del camino o de la banquette ya sea curvo o recto, porque el avance es cada 1 a 1.5 metros.

Además los equipos, tales como Bobcat, retroexcavadoras **JVC** y **CASE** pueden ingresar sin dificultad en ambos lados.

APENDICE A

PROGRAMA GSLOPE

Es un programa rápido y sencillo de manejar usado para analizar estabilidad de taludes, es un programa para IBM o microcomputadoras compatibles. El programa usa un método modificado de Bishop y un método simplificado de Janbu. Ambos métodos pueden ser aplicados a superficies circulares, compuestas y superficies con planos de deslizamiento.

El programa puede trabajar más de 20 diferentes tipos de suelo y materiales rocosos y más de 9 diferentes superficies piesométricas. Los dos métodos de análisis pueden ser usados al mismo tiempo si se lo desea.

El programa permite hasta cien fuerzas externas independientes. Hay que ingresar las coordenadas de las diferentes capas de suelo y hay que ingresar el ángulo de fricción, la cohesión y el peso específico de cada material.

El programa puede determinar el menor valor de factor de seguridad para una porción que podría deslizarse bajo determinadas cargas

A continuación utilizamos el programa GSLOPE para determinar los factores de seguridad para dos casos:

En el primer caso tenemos tres materiales, la capa superior es arenisca sin cohesión con una potencia de un metro. La capa intermedia es de apenas cincuenta centímetros y es de Lutita y Limolita. La capa final y que la consideramos hasta un metro por debajo de la solera.

En el segundo caso tenemos un material con el cual se sustituía el material no adecuado para conformar los taludes del canal de este material es una mezcla de arenisca con arcilla.

Los valores de peso, específico y ángulo de fricción están especificados en la table # 3 pág. 53 . Para el primer caso el factor de seguridad es 1,749 y para el segundo caso 3,232 .

Para crear una condición real colocamos dos cargas puntuales de 9100 kg que representan las filas de llantas de un camión de trabajando en el camino de servicio.

PROGRAMA SAP 90

Este es un programa empleado en el arca de la ingeniería Estructural y de estructuras Mecánicas.

La Serie de Programas SAP son el resultado de investigaciones realizadas de investigaciones realizadas en la Universidad de Berkeley en California, por el profesor Edward L. Wilson desde hace 25 años.

El nombre SAP se le asignó la primera vez en 1970, y desde su salida al mercado han sido usados por cientos de ingenieros y firmas internacionales.

La versión SAP 90 esta diseñada para ser usada en un sistema MS-DOS.



Este programa tiene opciones de análisis estático dinámico. Estas opciones deben ser activadas juntas en la misma corrida. Las combinaciones de carga deben incluir resultados del análisis estático y dinámico.

Todos los datos son ingresados en un listado directo bajo un formato libre.

Los elementos finitos de la librería son cuatro, llamados: un elemento Tridimensional FRAME, un elemento prismático o no prismático SHELL, un elemento bidimensional ASOLID y un elemento Tridimensional SOLID. Todas las opciones de geometría y carga asociadas con los elementos han sido incorporados.

No hay restricciones en mezclar o combinar tipos de elementos dentro de un modelo particular.

APENDICE B

COMPARACION DE VALORES DE LOS ENSAYOS CON OTRAS LAMINAS DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD

Las láminas de polietileno fueron compradas a la empresa: GSE Lining technology, Inc. Houston- Texas.

De esta lámina tenemos los siguientes resultados algunos obtenidos por medio de ensayos realizados en los Laboratorios de ASEPLAS y otros datos proporcionados por el fabricante.

INDICE DE FLUIDEZ (190/2.16) 0.381 GM/10

INDICE DE FLUIDEZ (190/10) 3.83 g/10



RAZÓN DEL ÍNDICE DE FLUIDEZ = $\frac{190/10}{190/2.16}$ = 10

ESFUERZO DE IMPACTO = 468.89 Joules / metro

TEMPERATURA DE ABLANDAMIENTO = 122.5°C

TEMPERATURA DE DEFLEXIÓN = 118.1°C

DUREZA SHORE = 56 - 65

• POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD

Procedencia: UNION CARBIDE (EE.UU.)

DENSIDAD	=	0.948 gr/cm ³
INDICE DE FLUIDEZ	=	(190/2.16) = 0.381 g/10
INDICE DE FLUIDEZ	=	(190/10) = 3.839 g/10
RAZÓN DE FLUIDEZ	=	190°C, g/10 Min.= 10
PUNTO DE ABLANDAMIENTO	=	124°C
TENSIÓN DE TRACCIÓN	=	20.7 N/mm ²
RESISTENCIA A LA ROTURA	=	30.1 N/mm ²
% DE ALARG. A LA ROTURA	=	750
DUREZA SHORE	=	65
ESFUERZO DE IMPACTO	=	122.8 Joule/m
TEMPERATURA DE DEFLEXIÓN	=	99°C



ENSAYOS HECHOS POR EL FABRICANTE:

DENSIDAD	=	0.94 - 0.955 gr/cm ³
RESISTENCIA A LA ROTURA	=	30 MPa
% DE ALARGAMIENTO EN ROTURA	=	700 %

• **POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD**

Procedencia: TEHMCO (INDUSTRIA CHILENA)

DENSIDAD	=	0.945 - 0.955 gr/cm ³
INDICE DE FLUIDEZ	=	0.4 - 0.8 g/10 min
TENSIÓN DE TRACCIÓN	=	22 N/mm ²
RESISTENCIA A LA ROTURA	=	800%
DUREZA SHORE	=	60
MÓDULO DE ELASTICIDAD	=	8000
PESO MOLECULAR	=	150.000



APENDICE C

MAYORES EXPERIENCIAS DE REVESTIMIENTOS DE CANALES CON MEMBRANAS PLÁSTICAS

ESTADOS UNIDOS

La más antigua experiencia se remonta al año 1953, cuando el U.S. Bureau of Reclamation instaló una membrana de plástico de Polietileno en un canal del Proyecto de Riego de Montana. A partir de esa fecha, se han construido millares de canales diferentes revestimientos plásticos con diversos espesores. La evaluación del comportamiento de estos canales, hasta 1984, se puede apreciar en detalle en la publicación del U.S. Bureau, titulada "Performance of Plastic Canal Lining de W.R. Morrison and J.G. Starbuck, en el que se describen los resultados de 20 años de investigaciones.

Courland Unit (Kansas, E E U U.) Bostwick Irrigation District 1983. Este es uno de los tramos de prueba que el U.S. Bureau of Reclamation llevo a cabo con revestimiento flexible no enterrado. En este ensayo en particular se revistieron 268 m de un canal trapecial de regadio de 6.86 m de perímetro. El canal tenía talud de 1.5:1 y estaba proyectado para una velocidad media de 0.6m/s. El

material de revestimiento fue polietileno de alta densidad (HDPE), con un espesor de 0.75 mm. El fondo fue lastrado con tierra y se dispusieron anclajes en coronación.

Producto Lámina de HDPE Gundline HD. Empresa: GUNDLE LININGS.

Fuente de información : USBR

Imperial Valley Irrigation District (California , E E U U) 1982

Este es otro tramo de prueba a cargo del U.S. Bureau of Reclamation, para el ensayo de 2 materiales de revestimiento (CSPE Y CPE), cuyo espesor fue de 0.9 mm. El canal de riego era de sección Trapecial con 3.05 m de base y Taludes 1.1. La velocidad máxima del agua se estimó en 0.6 0.9m/s

Se hicieron anclajes laterales y no se ajustó la lámina al terreno , concediéndole una cierta holgura para adaptarse a posibles asentamientos

Producto: Polietileno clorosulfonado (CSPE) y Polietileno Clorado (CPE).

Empresa B.F Goodrich

Fuente de información: USBR

INGLATERRA

Las experiencias de este país se describen en la publicación Technical Report TP 113 (Mayo 79) de P.C. Kirby, del Water Research Center of England. Explica en detalle los ahorros significativos que implica el uso de 14 tipos de revestimientos plásticos, caucho y materiales bituminosos, indicando las propiedades claves para diferentes aplicaciones

RUSIA Y UCRANIA

La antigua U.R.S.S. tiene una amplia experiencia en la instalación de membranas de PE y PVC: están constituidos canales en la región del trans-Volta, Ucrania, Asia Central, así como en otras zonas de esta vasta región. Algunas obras fueron construidas en asociación entre empresas rusas y americanas, a partir de 1975.

INDIA

Se ha construido canales con revestimientos plásticos- principalmente PE- desde 1975 bajo la supervisión del Irrigation and Power Research Institute

Desde 1958 la Irrigation and Power Authority construyó un canal con revestimiento de polietileno (de 2.5 mm de espesor) en Ameritzar; las investigaciones llevadas a cabo luego de varios años reportaron que los valores de resistencia a la tensión y elongación del material se conservaban como en el origen

MEDIO ESTE

Los revestimientos plásticos han sido utilizados con éxito para solucionar los graves problemas de las conducciones derivadas de los Ríos Tigris y Eufrates, presentados por la influencia del yeso sobre canales revestidos de hormigón, que causaban tubificación de los suelos y colapsos de las placas. Entre los canales más antiguos recubiertos de plástico se mencionan el proyecto KIRKUK, en Irak

CANADA

Un extenso programa de construcción y recuperación de canales fue desarrollado en la Provincia de Alberta, hacia los años 1980. Varios cientos de

millas de canales en el Distrito de Irrigación Septentrional de Lethbridge fueron construidos con revestimientos plásticos.

ARGENTINA

Canal de Pomona 1987. El canal de regadío con revestimiento de hormigón se agrietó de una manera considerable, con lo que las pérdidas de filtración se hicieron muy importantes. Después de ensayar varios tipos de revestimientos, se optó para la primera fase por polietileno de alta densidad, con un espesor de 2.5 mm. Los sistemas de anclaje se proyectaron con dos variantes: anclaje con tornillos en el talud sobre el nivel del agua o anclaje en coronación con zanja

Producto: Lámina de HDPE. Empresa: Schlezell Lining Technology

FRANCIA

Canal de Soulum. Société Nationale des Chemins de Fer (SNCF) 1988

La SNCF tiene instalado un complejo hidroeléctrico en Soulum. La cámara de carga presentaba problemas de fugas debido a un cierto deterioro en el

hormigón. Por esta razón se planteó una campaña de revestimiento del canal en tres fases, que comprenden sucesivamente los dos cajeros y la solera.

La obra tiene carácter de prueba y se realiza en el mes en que la central está parada. La primera fase fue el revestimiento de un cajero, de 300 m de longitud, 10 m de anchura y 5 m de altura, con PVC tratado para soportar la radiación ultravioleta. Las obras comprendían un drenaje tras la lámina compuesto de un tubo, hormigón pobre y una geored. Las distintas piezas que constituían el revestimiento se unían entre sí por soldadura de aire caliente y al cajero mediante tornillos. Dado que esta no era sino una de las tres fases del proyecto, se preparó una junta estanca en la solera.

Producto: Lámina de PVC. Empresa: CARPI



CANAL DE LA SIAGNE (ALPES - MARITIMES) Societé Lyonnaise des Eaux.

1979- 1981

Este canal, abierto en el flanco de una colina en el polígono agrícola y residencial de Mougins, tiene más de cien años de antigüedad y su revestimiento es de hormigón, presentaba fisuración debida a movimientos del terreno así como degradaciones debidas a la pérdida de cohesividad del hormigón más viejo. Se realizó un revestimiento de 3600 m² basado en una membrana

bituminosa. El anclaje se hizo longitudinal y transversalmente, por medios de fijaciones mecánicas. La lámina asfáltica usada en este canal ha sido también aplicada a otras obras en Francia; cabe destacar el de Forez, con 700 m² de revestimiento y anclajes de ladrillo y hormigón pobre, La acequia del Canal de Bourgoque, Con 4000m² de revestimiento, anclaje por zanjas y fondo protegido por una capa de cantos rodados , y la acequia del Lago de La Girotte, donde el material de revestimiento , de 700m² de superficie, se puso en obra con la ayuda de un helicóptero dada la dificultad del acceso.

Producto: Lámina asfáltica COLETANCHIE. Empresa. COLAS

Fuente de información: Colloque sur l'étanchéité superficielle des bassins, barrages et canaux.

ITALIA

Canal Mantello (Valle de Mezzano) 1985-1986

Este canal nuevo de regadío. La idea original de un canal de tierra fue rechazada por la presencia de turbas y terrenos de muy mala calidad. Se optó por un revestimiento con una membrana bituminosa, que diera estanqueridad al canal, y que se adaptase bien a posibles movimientos del sustrato. La

sección trapezoidal, tiene taludes 1:1 y anchuras en solera y coronación de 140 y 360 cm, con una longitud aproximada de 10 km. La lámina de 5 mm de espesor, se ancló en coronación y se lastró en el fondo con una capa de 5-10 cm de hormigón. Las juntas se efectuaron con soldadura. De Mayo del 85 al verano del 86 se revestieron 4600 m de longitud

Producto: Lámina Asfáltica Testudo. Empresa: Index

ALEMANIA

Canal de Alz 1986.

Se trata de un canal hidroeléctrico construido en hormigón en los años 20. Tres zonas del canal fueron revestidas con distintos productos. Dos de ellas, están realizadas con aglomerado asfáltico, mientras que la tercera contiene un producto llamado m- polietileno.

Producto: Aglomerado Asfáltico. Empresa: Strabag Tiefbau

CANAL DE ROSEGG 1970- 1973

Es un canal de derivación de 3.5 km para la central hidroeléctrica de Rosegg, de nueva construcción. La impermeabilización de la solera y los cajeros se realizó con aglomerado sobre los taludes, se utilizó una maquinaria especial.

Producto: Aglomerado Asfáltico. Empresa: Strabag Tiefbau.

NORUEGA

Canal de Strandfossen. Hamar Vang og Furnes Power Company. 1977-1979

Es un canal hidroeléctrico de longitud 1600 m, y sección trapezoidal, con taludes 1:2 y dimensiones variables.

El revestimiento adoptado para el canal, de nueva construcción fue una capa de aglomerado asfáltico, de 9 cm de espesor.

Producto: Aglomerado asfáltico. Empresa: Strabag Tiefbau

YUGOLASVIA

Canal de Dovođri 1978-1977

Canal hidroeléctrico de unos 8 km de longitud, sección trapezoidal con taludes 1:2, y con área total de revestimiento de 800.000 m². El revestimiento adoptado fue un aglomerado asfáltico en dos capas, un binder como capa superficial. El espesor total es de 10 cm.

Producto: Aglomerado asfáltico. Empresa: WALO Berstschinger AG.

ESPAÑA

Canal de Gabet (Lérida). Fuerzas Eléctricas de Cata Iuña S.A. 1985.

Este es un canal de unos 7 km de longitud, trapezoidal y con revestimiento de hormigón. Para remediar las fugas que se observaron localmente, y que afectan a una carretera próxima, se proyectó un revestimiento flexible de PVC expuesto. El tramo reparado cubría una superficie total de 8000 m². El estado de la obra al cabo de 5 años de su ejecución es bueno, habiéndose eliminado el problema de las fugas.

Producto: Lámina de PVC. Empresa: SIKA.

CANAL DE LODOSA (NAVARRA) CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL
EBRO.

Se realizaron trabajos de revestimiento parcial de un túnel rectangular (1000 m²) y de un tramo provisional del canal.

Producto: Lámina de PVC y lámina de HDPE placa LCN.

Empresa: HALESA

ACEQUIAS DE CASTELNON (Teruel). COMUNIDAD DE REGANTES 1988

El revestimiento era de hormigón, deteriorado por deficiencias en los áridos, lo que había dado lugar a fugas importantes y en algunas zonas a rotura.

Estas acequias tienen unos 5 años de edad, su longitud es de 14 km y su sección aproximada de 0.5 x 0.4 m². Se transporta un caudal medio de 60 l/seg, con un calado del orden de 20 cm.

Para volver a poner en servicio las acequias, se revistieron en toda su longitud con una lámina de polietileno de alta densidad de 1 mm de espesor dispuesta en dirección longitudinal, cubriendo todo el perímetro con una sola lámina sin juntas, si bien la presencia de curvas obligaba a hacerlas cada 7/8 m. No hay unión entre el hormigón y la lámina salvo en la parte superior, donde se clavan unos perfiles de aluminio para fijarla

Producto: Lámina de HDPE placa LCN. Empresa: HALESA.

BIBLIOGRAFIA

1. KOERNER, Robert. Designing with Geosynthetics, Tercera edición, St. Paul : IFAI Publications , 1994 . 704 pp.
2. DOMINY, Floyd. Linings for Irrigation Canals , primera edición , Washington : Bureau of Reclamation ,1963 . 144 pp
3. FELEZ, Luis .Experiencias en la Reparación de Canales con láminas flexibles.
4. BARBANY, A . Experiencias en la Reparación de Canales con láminas flexibles.
5. FLEMME , W . Reparación de canales con hormigón asfáltico.
6. VIDE, Martin . Manning coefficients for plastic canal linings 1990
7. MORRISON, W.R. Perfomance of Plastic Canal Linings 1984
8. Propiedades Hidráulicas de Nuevos Materiales de Revestimientos de Canales. Sección de Ingeniería Hidráulica e Hidrología. Dpto. De Ingeniería Hidráulica, Marítima y Ambiental ; Escuela T.S. de Ingenieros de Caminos y Puentes . UPC (1990)



RESULTADOS PROMEDIOS DE LOS ENSAYOS FISICOS - MECANICOS EN POLIETILENO EXPANDIDO DE ALTA DENSIDAD (HDPE) PARA REVESTIMIENTO DE CANAL CHONGON SUBE Y BAJA

Procedencia: GSE Lining Technology Inc. Houston - Texas.

DATOS CORRESPONDIENTES A LOS CERTIFICADOS DE CALIDAD SUMINISTRADOS POR EL FABRICANTE.

Primer Embarque

Príodo 20 - 24 Septiembre/96

Pedido	Lote de Embarque	% Polimeros en Peso	Rollo Muestreado	Densidad gr./cm ³	Dureza Shore	Esfuerzo Rotura Mpa	Alargamiento en Rotura %	Variación del Espesor %
1	2284	AH9976	1549	0.945	59.00	39.50	1049.0	0.92
1	2284	AH9977	1556	0.945	59.00	39.50	1032.0	1.37
1	2284	AH9978	1557	0.945	59.00	39.00	1024.0	1.44
1	2284	AH9979	1551	0.945	58.00	39.00	1010.5	1.05
1	2284	AH9980	1545	0.945	58.00	39.00	1008.0	0.44
1	2284	AH9984	1536	0.947	58.00	38.00	989.5	0.04
1	2284	AH9985	1543	0.946	58.00	37.50	1000.5	0.42
1	2284	AH9986	1536	0.946	57.00	37.50	1002.5	0.04
1	2284	AH9987	1548	0.946	57.00	38.00	1011.0	0.75
1	2284	AH9988	1547	0.946	57.00	38.00	1004.0	0.79
1	2284	AH9989	1561	0.945	57.00	38.00	1005.0	1.70
1	2284	AH9990	1549	0.945	58.00	39.00	1002.0	0.92
1	2284	AH9992	1567	0.945	59.00	39.00	1012.0	2.09
PROMEDIO 2284			1550	0.945	58.00	38.54	1011.5	0.92
1	2285	AH9981	1540	0.945	58.00	38.50	998.5	0.12
1	2285	AH9982	1548	0.947	57.00	38.50	992.0	0.64
1	2285	AH9983	1544	0.947	58.00	38.00	990.5	0.49
1	2285	AH9984	1548	0.946	59.00	38.50	1007.0	0.75
1	2285	AH9993	1562	0.946	59.00	39.00	996.5	1.68
1	2285	AH9994	1542	0.946	59.00	39.00	1001.0	0.28
1	2285	AH9995	1559	0.947	59.00	38.50	1006.5	1.35
1	2285	AH9996	1564	0.947	58.00	36.50	963.0	1.79
1	2285	A10003	1548	0.946	58.00	37.50	980.5	0.75
1	2285	A10004	1556	0.946	58.00	38.00	1011.5	1.27
1	2285	A10005	1544	0.946	58.00	39.00	1026.0	0.49
1	2285	A10006	1559	0.946	57.00	39.50	1023.5	1.46
1	2285	A10007	1545	0.946	57.00	39.50	1014.0	0.55
PROMEDIO 2285			1551	0.946	58.08	38.46	1000.8	0.89
1	2286	A10009	1558	0.946	57.00	39.500	1016.0	1.40
1	2286	A10010	1540	0.946	58.00	38.500	993.0	0.23
1	2286	A10011	1557	0.946	57.00	38.500	990.5	1.33
1	2286	A10012	1536	0.946	58.00	38.00	964.5	0.04
1	2286	A10013	1551	0.946	57.00	38.00	967.0	0.79
1	2286	A10014	1545	0.946	57.00	38.500	968.0	0.94
1	2286	A10015	1557	0.946	57.00	38.500	969.5	0.55
1	2286	A10016	1542	0.946	57.00	39.00	978.5	1.33
1	2286	A10017	1547	0.946	57.00	39.50	1002.0	0.36
1	2286	A10018	1542	0.945	57.00	39.50	1007.5	0.79
1	2286	A10019	1551	0.945	57.00	39.00	994.5	1.05
1	2286	A10020	1544	0.945	57.00	39.00	993.0	0.59
1	2286	A10021	1544	0.945	57.00	38.50	991.0	0.59
PROMEDIO 2286			1547	0.946	57.15	38.77	987.4	0.74
1	2287	A10022	1521	0.945	58.00	38.500	990.0	0.91
1	2287	A10023	1551	0.945	58.00	38.500	980.0	1.05
1	2287	A10024	1544	0.945	58.00	38.500	977.0	0.59
1	2287	A10025	1563	0.945	58.00	39.00	975.5	1.83

RESULTADOS PROMEDIOS DE LOS ENSAYOS FISICOS - MECANICOS EN POLIETILENO EXPANDIDO DE ALTA DENSIDAD (HDPE) PARA REVESTIMIENTO DE CANAL CHONGON SUBE Y BAJA

Procedencia: GSE Lining Technology Inc. Houston - Texas.

DATOS CORRESPONDIENTES A LOS CERTIFICADOS DE CALIDAD SUMINISTRADOS POR EL FABRICANTE.

Primer Embarque

Pródo 20 - 24 Septiembre/96

Pedido	Lote de Embarque	Rollo # 1	Peso del Rollo Kg.	Densidad gr / cm ³	Dureza Shore	Esfuerzo de Rotura	Alargamiento en Rotura %	Espesor	Variación del Espesor
PROMEDIO 2284			1550	0.945	58.00	3854	1011.5	2.52	0.92
PROMEDIO 2285			1551	0.946	58.08	38.46	100.8	2.52	0.74
PROMEDIO 2286			1547	0.946	57.15	38.77	987.4	2.52	0.74
PROMEDIO 2287			1557	0.946	58.00	39.04	982.2	2.53	1.51
PROMEDIO 2290			1551	0.946	58.85	38.00	976.7	2.52	1.19
PROMEDIO 2295			1546	0.945	58.46	38.81	1009.0	2.52	0.69
PROMEDIO 2297			1549	0.946	58.85	38.00	987	2.52	0.75
PROMEDIO 2298			1547	0.947	58.62	38.38	978	2.51	0.59
PROMEDIO 2299			1548	0.947	58.69	37.88	1007.2	2.52	0.7
PROMEDIO 2317			1542	0.946	58.31	37.62	1027.2	2.51	0.52
PROMEDIO 2318			1524	0.946	58.92	38.19	1017.3	2.51	0.69
PROMEDIO GENERAL			1546	0.946	58.36	38.34	998.6	2.52	0.84

PARAMETROS DE ESPECIFICACIÓN

Ensayo	Limites	Norma de Referencia
Densidad	0.940 - 0.955	ASTM D 1505
% Polimeros en Peso	> 95 %	
Dureza Shore	56 - 60	DIN 53505 ó ASTM D 2240-91
Esfuerzo de Rotura	> 30 Mpa	ASTM D 638
Alargamiento de Rotura	> 700 %	ASTM D 638
Variación del Espesor	< 5 %	ASTM D 1593

ENSAYOS DE VERIFICACIÓN REALIZADOS POR BUREAU VERITAS								
Certificados de Referencia 136175 - A y 136175 A 1								
			Fechas 24/09/95 y 4/10/95					
Pedido	Lote de Embarque	% Polimeros en Peso	Rollo Muestreado	Densidad g/cm ³	Dureza Shore	Esfuerzo Rotura Mpa	Alargamiento en Rotura %	Variación del Espesor %
1	2284	A10086	97.32	0.945	58.00	40.4	1034.0	1.29
1	2285	A10008	97.24	0.944	57.00	36.75	893	2.80
1	2286	A10020	97.21	0.944	60.00	38.55	966	3.40
1	2297	A10047	97.05	0.945	59.00	39.65	975.5	3.30
1	2290	A10051	97	0.945	59.00	38.65	941	2.20
1	2318	A10088	97.01	0.943	59.00	39.4	961.5	3.60
1	2299	A10110	97.09	0.943	58.00	37.7	960	4.30
1	2298	A10122	97.58	0.943	59.00	38.8	985.5	3.00
1	2317	A10148	97.8	0.943	59.00	40.2	1012.5	0.20

BIBLIOGRAFIA



1. KOERNER, Robert. Designing with Geosynthetics, Tercera edición, St. Paul : IFAI Publications , 1994 . 704 pp.
2. DOMINY, Floyd. Linings for Irrigation Canals , primera edición , Washington : Bureau of Reclamation , 1963 . 144 pp
3. FELEZ, Luis .Experiencias en la Reparación de Canales con láminas flexibles.
4. BARBANY, A . Experiencias en la Reparación de Canales con láminas flexibles.
5. FLEMMER, W . Reparación de canales con hormigón asfáltico.
6. VIDE, Martin . Manning coefficients for plastic canal linings 1990
7. MORRISON, W.R. Performance of Plastic Canal Linings 1984
8. Propiedades Hidráulicas de Nuevos Materiales de Revestimientos de Canales. Sección de Ingeniería Hidráulica e Hidrología. Dpto. De Ingeniería Hidráulica, Marítima y Ambiental ; Escuela T.S. de Ingenieros de Caminos y Puentes . UPC (1990)