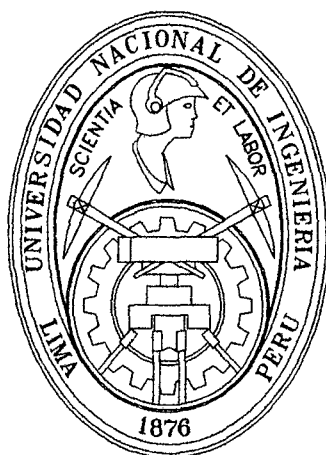


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



**USO DE LA GEOMEMBRANA, GEOTEXTIL COMO
COBERTURA IMPERMEABILIZANTE PARA EL DEPOSITO
DE TRIOXIDO DE ARSENICO EN MALPASO - LA OROYA**

TESIS

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

EDWARD ALEXIS ROMERO BORDA

Digitalizado por:

Consortio Digital del
Conocimiento MebLatam,
Hemisferio y Dalse

Lima - Perú
2000

AGRADECIMIENTO:

*A mis Padres Eduardo y Silvia, por su
esfuerzo y cariño para brindarme
educación.*

INDICE

INTRODUCCION

CAPÍTULO I

LOS GEOSINTETICOS	1
1.1 ANTECEDENTES	1
1.2 TIPOS DE GEOSINTETICOS	2
- Las Geomembranas	2
- Los Geotextiles	2
- Las Geomallas o Geoceldas	2
- Los Geogrids o Georredes	2
- Los Geonets	3
- Los Biomats	3
- Los Geocompuestos	3
- Otros geosintéticos	3
1.3 FUNCIONES DE LOS GEOSINTETICOS	3

CAPITULO II

LAS GEOMEMBRANAS Y LOS GEOTEXTILES	5
2.1 LAS GEOMEMBRANAS COMO IMPERMEABILIZANTES	5
2.1.1 PROPIEDADES DE LAS GEOMEMBRANAS	6
a) Propiedades Físicas	8
b) Propiedades Mecánicas	9
c) Propiedades Hidráulicas	14
d) Propiedades Reológicas	18
e) Propiedades Térmicas	19
f) Propiedades de Durabilidad	20

2.1.2	CALIDADES DE GEOMEMBRANAS	24
	a) Cloruro de Polivinilo (PVC)	24
	b) Polietileno de Alta Densidad(PE)	25
	c) Polietileno Clorinado(CPE)	26
	d) Hule Butilo	26
	e) Polipropileno	27
2.1.3	FABRICACION	27
2.2	LOS GEOTEXILES COMO PROTECCIÓN	29
	a) Geotextiles Tejidos	29
	b) Geotextiles No Tejidos	30
	- Geotextiles No Tejidos Termosellados	30
	- Geotextiles No Tejidos Entrelazados Mecánicamente	30
2.2.1	FUNCIONES DE LOS GEOTEXILES	31
	- Separación	31
	- Refuerzo	31
	- Filtración	31
	- Drenaje	32
	- Barrera Impermeable	32
2.2.2	PROPIEDADES DE LOS GEOTEXILES	32
	a) Propiedades Físicas	32
	b) Propiedades Mecánicas	33
	c) Propiedades Hidráulicas	36
	d) Propiedades de Duración	38
	e) Propiedades de Degradación	38
2.2.3	FABRICACION	40

CAPÍTULO III

	TECNICAS DE IMPERMEABILIZACION	42
3.1	CONSIDERACIONES GENERALES	42
3.2	MECANISMOS DE SELLADO NATURAL Y TRATAMIENTOS QUÍMICOS	43
3.3	REVESTIMIENTOS RÍGIDOS	45
	3.3.1 Revestimiento de Concreto Hidráulico y Concreto Lanzado	45
	3.3.2 Revestimiento de Suelo Cemento	46

3.4	REVESTIMIENTO FLEXIBLES	47
3.4.1	Membranas Sintéticas	47
3.4.2	Membranas Asfálticas	48
3.4.3	Elementos Prefabricados a Base de Asfalto	49
3.4.4	Revestimiento a Base de Suelos Compactados	50
3.4.5	Revestimiento a Base de Concreto Asfáltico	50
3.5	APLICACIONES GEOTÉCNICAS	51

CAPÍTULO IV

EVALUACION DE LA NECESIDAD DE IMPERMEABILIZAR EL DEPOSITO DE TRIOXIDO DE ARSENICO 53

4.1	UBICACIÓN	53
4.2	EVALUACION DE LA NECESIDAD DE IMPERMEABILIZAR EL DEPOSITO DE TRIOXIDO DE ARSENICO	53
	a) Pantalla Hidráulica	54
	b) Cobertura Impermeabilizante	55
	- Primera Capa de Material Aluvial	57
	- Capa de Arcilla	58
	- Geomembrana Impermeabilizante y Geotextil Protector	58
	- Drén de Grava	59
	- Material Aluvial Clasificado	59
4.3	GENERALIDADES DE DEPOSITOS	60
	4.3.1 Materiales Impermeabilizantes Para Rellenos o Depósitos	61
	4.3.2 Las Membranas en Los Rellenos o Depósitos	62

CAPITULO V

CAPAS DE LA COBERTURA IMPERMEABILIZANTE 64

5.1	CAPA DE MATERIAL ALUVIAL	64
5.2	CAPA DE ARCILLA	65
5.3	INSTALACION DE LA GEOMEMBRANA	66

5.4	INSTALACION DEL GEOTEXTIL	67
5.5	DREN DE GRAVA	68
5.6	CAPA DE MATERIAL ALUVIAL CLASIFICADO	69

CAPÍTULO VI

	CONSTRUCCION E INSTALACION DE LA COBERTURA	70
6.1	MEMORIA DESCRIPTIVA	70
6.2	PROCEDIMIENTO Y CONTROL DE CALIDAD PARA LA INSTALACION DE LOS GEOSINTETICOS	71
6.3	CRITERIO DE RECHAZO - INSPECCION DE LOS MATERIALES GEO – MEMBRANAS DE HDPE	72
6.4	PROCEDIMIENTO DE INSTALACION PARA EL MANEJO Y COLOCACION DE LAS GEOMEMBRANAS DE HDPE EN CAMPO	72
6.5	PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA PARA LA INSTALACION EN CAMPO DE LAS GEOMEMBRANAS DE HDPE	74
	6.5.1 BASE Y TALUDES	75
6.6	PROCEDIMIENTO DE CONTROL DE CALIDAD PARA LA CALIBRACION DE LOS EQUIPOS DE SOLDADURA	76
	6.6.1 ENSAYO DE CORTE	77
	6.6.2 ENSAYO DE PELAJE	77
6.7	PROCEDIMIENTO DE CONTROL DE CALIDAD PARA LAS SOLDADURAS DE CAMPO	78
	6.7.1 ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS DE SOLDADURAS	78
	6.7.1.1 ENSAYO DE PRESION DE AIRE	79
	6.7.1.2 ENSAYO DE CAJA DE VACIO	79
	6.7.2 ENSAYOS DESTRUCTIVOS DE SOLDADURAS	80
6.8	REPARACIONES	81
6.9	CERTIFICACION E INFORME FINAL DE OBRA	82
6.10	SUMINISTRO DE MATERIAL	82
6.11	EQUIPOS DE INSTALACION	82

CONTROL DE CALIDAD DE LOS MATERIALES EN CAMPO

- INSPECCION DE LOS MATERIALES
- ENSAYO DE ELONGACION, TENSION Y RUPTURA
- CALIBRACION DE EQUIPOS DE FUSION
- CALIBRACION DE EQUIPOS DE EXTRUCION
- PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA-ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS
- ENSAYOS DESTRUCTIVOS
- REPORTE DE REPARACIONES
- ACEPTACION DE PANELES

CAPÍTULO VII

CONCLUSIONES **84**

CAPÍTULO VIII

BIBLIOGRAFIA **87**

ANEXO 1 – PLANOS

- PLANO DE DISTRIBUCION Y COLOCACION DE PAÑOS
- PLANO DE DETALLES, UBICACIÓN DE SOLDADURA Y REPARACIONES

ANEXO 2 - FOTOS

- PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO E INSTALACION

INTRODUCCION

Debido al continuo avance tecnológico de la ciencia, la ingeniería también se ha visto involucrada dentro de este desarrollo; habiendo en las últimas décadas surgido nuevas técnicas y productos los cuales han ido revolucionando los diseños y aplicaciones en obras de ingeniería.

En el mundo, los geosintéticos han demostrado una importante participación dentro de las obras de ingeniería, siendo usados en obras de impermeabilizaciones, refuerzos en carreteras y taludes, separación, sistemas de filtro, estructuras de drenaje, etc. Nuestro país también ha venido usando estos productos principalmente en obras de carreteras, medio ambiente, refinerías, mineras y en edificaciones; es por eso que en el presente trabajo se ha desarrollado la aplicación del uso de la Geomembrana y Geotextil en la Cobertura Impermeabilizante del Depósito de Trióxido de Arsénico en la ciudad de La Oroya.

Los capítulos que se han desarrollado en la presente tesis dan a conocer los diferentes geosintéticos que existen, las diferentes funciones o aplicaciones en los cuales se puede usar y la importancia que tienen en sistemas de recubrimiento, para lo cual se ha desarrollado una descripción detallada del procedimiento de construcción e instalación de la cobertura impermeabilizante.

CAPITULO I

LOS GEOSINTÉTICOS

1.1 ANTECEDENTES

Desde la antigüedad, se han colocado materiales naturales como pieles o fibras vegetales sobre los suelos muy blandos, para reforzarlos y evitar la incrustación de los materiales de préstamo en ellos.

El empleo de telas con estos fines se inicia en el presente siglo, en la década de los años 60, y los primeros textiles fabricados específicamente para obras de ingeniería aparecen a principio de los años 70; se adoptan entonces los términos geotextil y geomembrana como denominación de materiales elaborados con polímeros que se emplean en geotecnia.

A partir de los años 80, se desarrollan las georredes, las geomallas y los geodrenes, productos que representan la segunda generación de geosintéticos y que fueron diseñados para satisfacer necesidades particulares en obras realizadas en todo el mundo.

Durante estas dos décadas, la praxis se adelantó a la teoría, por la variedad y cantidad de obras en las que se usaron geoproductos con base en métodos semiempíricos de cálculo. Como toda nueva tecnología, los geosintéticos solamente pueden lograr credibilidad y respetabilidad a través de un proceso largo y laborioso consistente en numerosos estudios teóricos y experimentales, tanto en el campo como en el laboratorio hasta que se defina progresivamente

una metodología racional de diseño. Debe reconocerse que la mayor parte de los productos disponibles se encuentran todavía en esta etapa.

1.2 TIPOS DE GEOSINTETICOS

En el Cuarto Congreso Internacional de Geotextiles, Geomembranas y Productos Relacionados, celebrado en Holanda, el año de 1990, se propusieron las siguientes definiciones:

- **Las Geomembranas** son recubrimientos sintéticos impermeables a fluidos y partículas, que se utilizan en ingeniería geotécnica como parte integral de un proyecto, estructura o sistema hecho por el hombre. Se utilizan en reservorios, canales y/o rellenos sanitarios, gracias a su baja permeabilidad.

- **Los Geotextiles** son materiales de construcción flexibles y permeables a los fluidos, capaces de retener partículas mayores que el tamaño de sus poros, que han sido diseñados y fabricados para trabajos de ingeniería civil.
Su clasificación abarca dos grandes grupos; los tejidos con un mayor módulo de tensión, ideal para la función de refuerzo y estabilización y los no tejidos con unas propiedades hidráulicas considerables, convenientes para las funciones de drenaje.

- **Las Geomallas o Geoceldas**, son de un material polimérico deformado o no deformado en forma de malla, usado principalmente como refuerzo en fundaciones, suelo, roca, tierra o cualquier otro material relacionado con ingeniería geotécnica como una parte integral de un proyecto, estructura o sistema hecho por el hombre.

- **Los Geogrids o Georredes**, son materiales conformados por una estructura polimérica, pueden ser unidireccional o bidireccional, son fabricados en

forma de red con tamaños de abertura determinados. Son usados en fundaciones, suelo, roca, tierra, o cualquier otro material relacionado con ingeniería geotécnica como una parte integral de un proyecto, estructura o sistema hecho por el hombre.

- **Los Geonets**, estructura polimérica, fabricado en forma de red con aberturas de diferentes tamaños y direcciones, son usados básicamente en drenaje.
- **Los Biomats**, es un geosintético permeable fabricado de materiales naturales en forma de red, está constituido por fibras de raíces y materiales biodegradables, esto los mantiene unidos por una o dos capas de este material lo cual permite que sean usados en aplicaciones geotécnicas.
- **Los Geocompuestos** es un material fabricado que combina geotextiles, georredes, geomallas, geomembranas y/o cualquier otro material como suelos o metales, en una forma laminada o compuesta.
- **Otros Geosintéticos**. Una variedad de materiales sintéticos en forma de cordones, filamentos, tubos y otras formas usadas de diferentes maneras en suelo, roca o sistemas ingenieriles

Una clasificación de estos productos se muestra en el cuadro N°1

1.3 FUNCIONES DE LOS GEOSINTETICOS

Las funciones de los geosintéticos son múltiples, y en general, en una obra de ingeniería, estos materiales tienen una función principal y otras secundarias.

En la actualidad se reconocen las siguientes funciones principales:

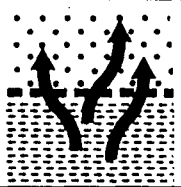
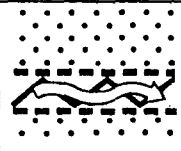
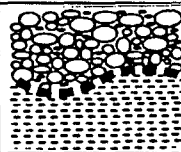
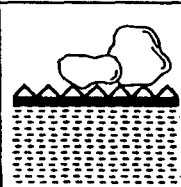

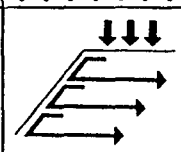
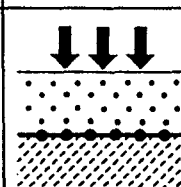
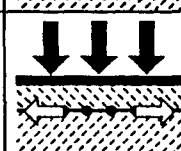
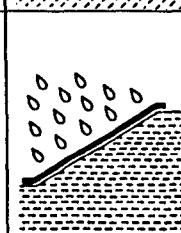
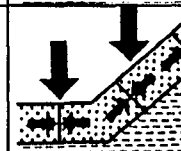
Cuadro N° 1

CLASIFICACION DE LOS GEOSINTETICOS BASADOS EN EL ASPECTO FISICO	
GEMEMBRANAS	Sintéticas (HDPE, PP, PVC, EPDM, etc.)
	Bituminosas
	Bentonita
GEOTEXTILES	Tejido
	No Tejido
GEOMALLAS O GEOCELDAS	
GEOGRIDS O GEOREDES	Unidireccional
	Bidireccional
GEONETS	
BIOMATS	
GEOCOMPUESTOS	

Separación, al evitar o minimizar la mezcla de materiales de diferente granulometría; **filtración y drenaje**, al evitar la migración de partículas de suelo y permitir el libre flujo de agua y gases; **refuerzo y protección**, al soportar tensiones, estabilizar las masas de suelo y proteger geomembranas; e **impermeabilización**, al formar una barrera que impide el paso de fluidos y partículas de suelo.

Los geosintéticos se aplican a una amplia variedad de obras, como taludes y muros de tierra, terraplenes en suelos blandos, control de erosión, almacenamientos, cortinas de presas, canales, vías de comunicación, sistemas de filtración y drenaje, y en la disposición de residuos líquidos y sólidos.

En el cuadro N° 2 se muestran las principales funciones de los geosintéticos de manera detallada.

FUNCION	SIMBOLO	DESCRIPCION	GEOSINTETICO
Filtración		Permite el paso de los fluidos previniendo la migración de los finos	Geotextiles, Geocompuestos
Drenaje		Transporte de fluidos	Geonets, Geocompuestos
Separación		Previene la mezcla de dos diferentes suelos o materiales	Geotextiles Geocompuestos
Protección		Previene el daño a estructuras, a otro geosintético	Geotextiles No Tejidos, Geonets, Geocompuestos
Impermeabilización		Provee una barrera contra los fluidos	Geomembranas, Geocompuestos
Reforzamiento de Muros/ Taludes		Provee fuerzas de tensión a la masa de suelo	Geogrid Monodireccional Geotextil Tejido
Reforzamiento de Suelos blandos		Incrementa la capacidad de resistencia	Geogrid Bidireccional Geotextiles Geocompuestos
Reforzamiento de asfalto , concreto		Proporciona tensión y resistencia a la fatiga	Geogrid Bidireccional
Control de Erosión o Estabilización de Superficies		Evita el desprendimiento y transporte de las partículas de suelo por acción del viento o lluvia,	Geomats Geoceldas Biomats, Bionets
Confinamiento		Contiene o frena el movimiento lateral de la masa de suelo	Geoceldas

CAPITULO II

LAS GEOMEMBRANAS Y LOS GEOTEXTILES

2.1 LAS GEOMEMBRANAS COMO IMPERMEABILIZANTES

Los geosintéticos son un nuevo concepto que ha surgido en materiales de ingeniería civil, aportando soluciones específicas y con grandes ventajas para diseñadores y contratistas.

Algunas de las razones del desarrollo de los geosintéticos son las siguientes:

- Son frecuentemente necesarios.
- Son rápidamente instalados.
- Reemplazan generalmente materiales de la naturaleza.
- Facilitan el diseño.
- Su surgimiento es muy apropiado cuando se intensifica en el mundo la protección del medio ambiente.

La necesidad de reducir el flujo de agua a través de un medio permeable ha sido resuelta en forma tradicional empleando materiales de menor permeabilidad como concreto o suelos finos compactados. Es conveniente hacer énfasis en que todos los materiales tienen permeabilidad, y que se distinguen dos tipos, la primaria, que corresponde a la del flujo a través de un medio homogéneo y la secundaria, que ocurre a través de discontinuidades.

En años recientes, han surgido productos a base de asfaltos o plásticos, de muy baja permeabilidad que se usan como recubrimientos y barreras en obras de tierra para el control del flujo de agua. El Término recubrimiento es aplicado cuando se utilizan como interfase entre dos suelos o como revestimiento

superficial; el término barrera se emplea cuando se usa en el interior de una masa de tierra. La palabra geomembrana es la que describe en mejor forma a estos productos.

Dentro de los geosintéticos las Geomembranas representan el segundo grupo en tamaño, y su crecimiento está bastante ligado a la necesidad de contener líquidos y vapores, o de proteger el suelo de líquidos o sólidos contaminantes.

Al usar membranas sintéticas se busca generalmente eliminar totalmente las filtraciones. Es importante tomar conciencia de que, aún con los mejores productos, no puede existir la absoluta seguridad de que se alcanzará ese objetivo. En efecto, la calidad de una membrana no puede ser superior a la de su más grave defecto de fabricación o de su peor junta. Quizás más de las propiedades en sí del material sintético, el resultado final depende por lo tanto de la calidad y control de la fabricación e instalación.

Se utilizan dos tipos de materiales para su fabricación, los asfaltos y los polímeros. Los primeros son obtenidos de depósitos naturales o como subproducto de la destilación del petróleo. Los segundos son compuestos químicos de alto peso molecular, elaborados por la industria petroquímica. Los polímeros que se utilizan para producir geomembranas se pueden ver en la tabla 2.1

2.1.1 PROPIEDADES DE LAS GEOMEMBRANAS

En todo material de construcción se requiere conocer las características geométricas, física, mecánicas e hidráulicas de los productos para su utilización.

En el caso particular de los geosintéticos, es necesario estimar además, su durabilidad a los agentes climáticos y al contacto con otros materiales, que

pueden modificar sus propiedades. En ingeniería, para la caracterización de los suelos, concretos y metales, se efectúan ensayos de laboratorio y campo que a lo largo del tiempo han ganado aceptación general, como ocurre con la prueba de tensión en aceros, de compresión en concretos y las múltiples pruebas de mecánica de suelos. En los geosintéticos, muchos de los ensayos que se realizan proceden de pruebas desarrolladas en campos industriales, con objeto de controlar la calidad de telas o hules y sólo en fechas recientes se han desarrollado métodos de control específico para los otros geosintéticos, que se encuentran en fase de perfeccionamiento, por lo que muchos de estos ensayos se modifican o incluso desaparecen en corto tiempo.

Tabla 2.1. POLIMEROS PARA LA FABRICACIÓN DE GEOMEMBRANAS

Tipo de Polímero	Símbolo	Nombre
Termoplástico	PVC	Cloruro de Polivinilo
	PVC-OR	Cloruro de Polivinilo Resistente al Petróleo
	TN-PVC	Cloruro de Polivinilo Nitrilo Termoplástico
	EIA	Alineación Interpolímero
Termoplástico Cristalino	LDPE	Polietileno de Baja Densidad
	HDPE	Polietileno de Alta Densidad
	HDPE-A	Aleación de Polietileno de Alta Densidad
	Pp	Polipropileno
	PoE	Polioléfina Elasticida
Elastómeros Termoplásticos	CPE	Polietileno Clorado
	CPE-A	Aleación de Polietileno Clorado
	CSPE	Polietileno Clorosulfonado o Hypalón
	T-EPDM	Monómero Dieno Propileno Etileno Termoplástico
Elastómeros	IIR	Hule Butilo
	CR	Policloropreno o Neopreno
	CO	Hule Epiclorohidrino

Debido a que a un mismo geosintético se le puede dar varias aplicaciones ya que en cada caso particular estará sometido a diferentes solicitaciones, se requiere identificar adecuadamente a que acción principal estará expuesto, y cuáles, que sin ser la principal, también le pueden afectar, para comparar el nivel de la solicitación con la capacidad del material y obtener un factor de seguridad adecuado ($FS > 1$).

$$FS = \frac{\text{CAPACIDAD}}{\text{SOLICITACION}}$$

Las propiedades básicas de los geosintéticos pueden ser organizadas como sigue:

a) Propiedades Físicas

- Peso específico relativo o densidad

Es el peso específico relativo del polímero, que corresponde al peso por unidad de volumen de una sustancia comparada con el agua destilada a 4°C y una atmósfera de presión. Es conveniente tener presente esta propiedad, pues algunos materiales tienen menor densidad que el agua y e trabajos subacuáticos tienden a flotar.

- Masa por unidad de área

Se expresa en g/m^2 y es en forma indirecta, un índice de resistencia y costo, puesto que están relacionadas con la cantidad de material que posee el producto. En geomembranas, esta propiedad indica en forma directa, el espesor del producto e indirecta, su resistencia. La prueba común de la ASTM es D 792.

-Espesor

Es la distancia media entre las superficies superior e inferior del producto. En las membranas la determinación del espesor se determina bajo una cierta presión (ASTM D 3767). Para membranas reforzadas con textil, o las que se han expandido por envejecimiento, se requiere un especial cuidado en la realización del ensayo.

b) Propiedades Mecánicas

Son la respuesta a esfuerzos mecánicos movilizados por la aplicación de cargas o por las condiciones de instalación.

-Compresibilidad (deformabilidad a corto plazo)

Aunque no se acostumbra determinar la Compresibilidad de las geomembranas, es conveniente señalar que la permeabilidad decrece con la presión, aunque algunos materiales como el PVC, pueden manifestar una mayor productividad hidráulica a presiones mayores que la atmosférica (Giroud, 1994).

-Resistencia a la tensión a corto plazo

Es la prueba índice del material aislado que se realiza con mayor frecuencia, principalmente porque los geosintéticos en la mayoría de sus aplicaciones están sometidos a esfuerzos de tensión, sea ésta la sollicitación principal o secundaria. Este tipo de ensayo permite determinar la resistencia última, la deformación a la falla, la tenacidad (trabajo realizado por unidad de volumen) y el módulo de deformabilidad.

Las pruebas de tensión consisten en someter una tira rectangular sujeta entre dos mordazas a una velocidad constante de deformación o a incrementos constantes de carga, midiendo la carga o deformación respectivamente. Actualmente existen muchas pruebas de este tipo, y para el caso de geomembranas, las más comunes son las ASTM D 412, D 638 y D 882.

Existen varias pruebas de tensión en que se aplica el esfuerzo en dos direcciones o bien se restringe la deformación lateral, para reproducir algunas condiciones que se presentan en las obras; sin embargo, para que un ensayo pueda considerarse como índice se requiere que sea fácil de ejecutar, el parámetro que se obtenga debe ser simple de interpretar y fácil de relacionar con la situación real (Giroud, 1980), por lo que estas pruebas pueden considerarse como especiales. Los valores de la resistencia se expresan en KN/cm o KN/m (carga por unidad de ancho).

- Resistencia a la tensión en juntas

Por sí mismas, las uniones entre hojas de membrana son sitios de debilidad y fuentes potenciales de fugas, por lo que comúnmente se evalúa la resistencia de ellas y se compara con la resistencia de la membrana base.

En planta es más sencillo realizar juntas bajo rigurosos procedimientos de control de calidad, mientras que en la obra, los factores del medio ambiente como la humedad, temperatura, viento, polvos y grasas, pueden afectar la integridad de la unión. El ensayo convencional es una prueba de tensión como las descritas en párrafos anteriores,

realizada a una velocidad de deformación constante y existen dos variantes: la prueba en cortante (shear), en la cual se presentan esfuerzos de este tipo en el plano de la unión; y la de separación (peel), en la que se trata de abrir la junta a 90° con respecto a la dirección de la tensión aplicada. La figura 2.1 muestra la ejecución de estos ensayos.

- Resistencia al desgarre

Esta propiedad influye durante la instalación de la geomembrana ya que, los geosintéticos son sometidos a esfuerzos que pueden producir el desgarre del material, por lo que se han desarrollado ensayos que permiten estimar su capacidad de supervivencia durante la colocación, como lo son las ASTM D 2263, D 1004, D 1424 y D 1938, ver fig. 2.2

- Resistencia a la perforación

Durante la instalación de la geomembrana en muchas oportunidades se encuentran cuerpos que sobresalen de la superficie de colocación del material, como raíces y fragmentos agudos, por lo que los materiales se someten a ensayos de perforado casi estático, que consisten en someter a una probeta sujeta en forma radial, sin tensión, a la penetración de una barra en sentido perpendicular a su plano hasta su ruptura (ver fig. 2.3) En algunos ensayos, existen variaciones en cuanto a la forma de la punta, que puede ser cónica, plana o redondeada. La más común corresponde a la ASTM D 4833 con una velocidad de penetración de 300 mm/min.

ENSAYO DE CORTE



ENSAYO DE PELAJE

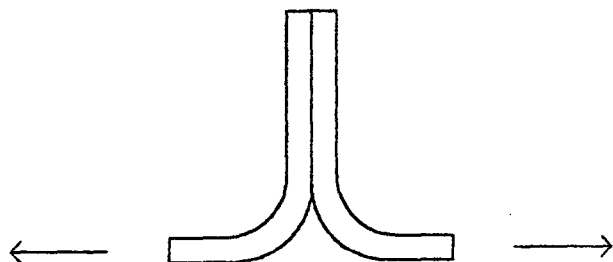


Fig. 2.1 PRUEBA DE TENSION EN JUNTAS

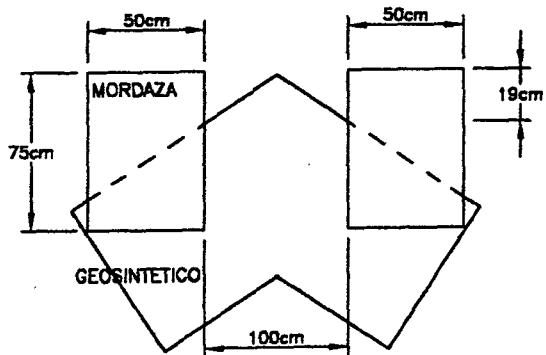
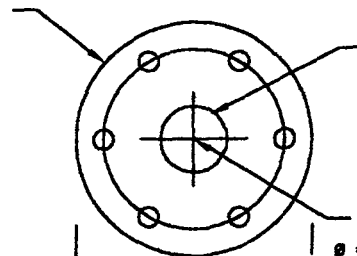


Fig. 2.2 PRUEBA DE DESGARRE PARA GEOMEMBRANAS

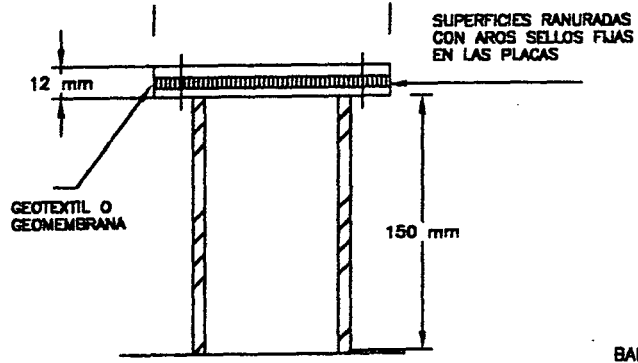
VISTA SUPERIOR

$\varnothing = 100 \pm 0.025 \text{ mm}$

$\varnothing = 45 \pm 0.025 \text{ mm}$



$\varnothing = 37 \pm 0.025 \text{ mm}$



VISTA LATERAL

BARRA DE PENETRACION

Fig. 2.3 PRUEBA DE PENETRACION O PUNZONADO

- Pruebas de impacto

Al igual que la propiedad anterior, debido a que los geosintéticos pueden ser dañados por objetos que caen sobre ellos, se ha desarrollado ensayos que miden la resistencia a ser perforados en forma dinámica, por medio de una muestra sujeta de manera similar a la prueba anterior, en la que se deja caer un vástago con punta de dardo o cónica. Los ensayos D 1709 (dado en caída libre), D 30129 (peso) y D 3998 (péndulo) para geomembranas cubren este tipo de determinación.

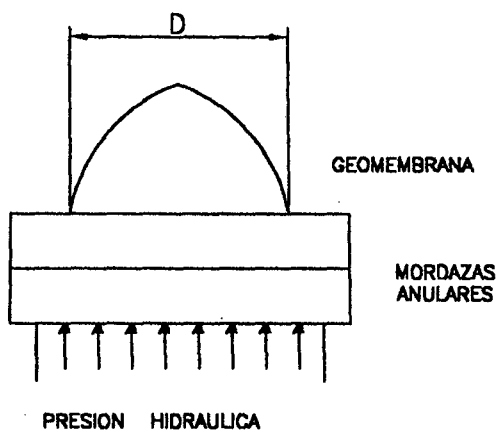
- Prueba al reventamiento (burst)

Este ensayo evalúa la propiedad de resistencia a concentraciones que forzan al suelo o agua a expandir la muestra hasta reventarla, se han desarrollado ensayos que se realizan sujetando la probeta con una mordaza anular o rectangular bajo la cual se expande la membrana hasta que se revienta (ver fig. 2.4). Corresponde también a una prueba de resistencia a la tensión.

- Deformación a largo plazo

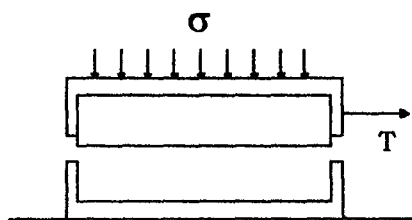
Los resultados de pruebas de deformación controlada a corto plazo resultan razonables para determinar la resistencia y deformabilidad para la selección de materiales para soportar condiciones generales.

La realización de los ensayos será como la descrita en las pruebas de tensión, sin llegar a la resistencia última, aplicando esfuerzos menores, los que se mantienen un plazo largo, conservando diversas cargas constantes y registrando la deformación hasta la falla.

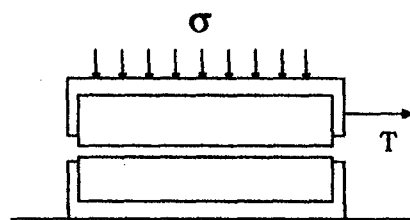


	DIN 53861	ASTM D3786
DIAMETRO (mm)	35.7	31
	79.8	
	112.8	
VELOCIDAD	30 S	95 $\frac{\text{ml}}{\text{min}}$

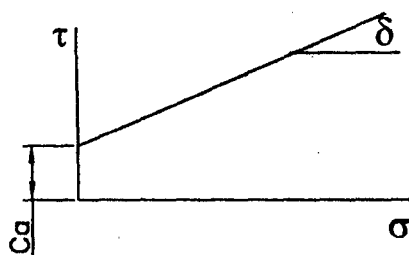
Fig. 2.4 RESISTENCIA AL REVENTAMIENTO



PRUEBA DE CORTE DIRECTO



PRUEBA DE EXTRACCION



- C_a = ADHESION
- δ = ANGULO DE FRICCION
- σ = $\frac{N}{A}$
- τ = $\frac{T_{MAX}}{A}$

Fig. 2.5 PRUEBA DE FRICCION GEOMEMBRANA-SUELO

- Resistencia a la fatiga

Bajo algunas condiciones especiales, las geomembranas son sometidas a cargas repetidas; sin embargo, no existe una herramienta matemática que permita estimar el número de ciclos de carga que soportará el material hasta su falla. Estudios de cargas repetidas han mostrado que la falla ocurre a una deformación límite característica del material (Rigo, Perfetti, 1982).

- Resistencia a la tensión confinada

En situaciones reales, las geomembranas no están sometidas a esfuerzos de tensión aislados, sino que se encuentran entre suelos, los que les proporcionan confinamiento. Si bien las investigaciones actuales se dirigen a perfeccionar ensayos que permitan determinar la resistencia del material en pruebas índice, su respuesta en condiciones de obra difiere a las de laboratorio, por lo que existen ensayos sin normalizar que permiten estimar el comportamiento de los geosintéticos entre suelos. En estas condiciones, la adherencia y/o fricción en la interfase suelo-geosintético debe ser determinada. Cuando el material está confinado, presenta un mayor módulo tangente inicial y mayor rigidez para todos los niveles de deformación.

- Fricción geosintético-suelo

Existen dos métodos principales para determinar la fricción que se desarrolla en el contacto suelo-geosintético, principalmente enfocados a estimar la fuerza que se transmite entre ambos materiales y la resistencia al deslizamiento de membranas en taludes de embalses y

canales. En forma general, existen dos formas para realizar los ensayos: con pruebas tipo corte directo y prueba de extracción, cuyos resultados se representan en una gráfica Mohr-Coulomb(ver fig.2.5)

- Fricción entre geosintéticos

En muchos casos, dos geosintéticos se emplean en contacto, por lo que la fricción que se genera entre ellos también requiere ser determinada en ensayos. Es conveniente mencionar que a mayor rigidez del polímero, es menor la transferencia de esfuerzos que se desarrolla, como se aprecia en los resultados citados, sobre todo para el caso de los polietilenos (PE), que por su rigidez y acabado liso, tiene los menores coeficientes de fricción suelo-geosintético y geosintético-geosintético, por lo que se están produciendo geomembranas que se aplica a sus caras cardado o adhesión de protuberancias, con el fin de producir una superficie rugosa que incremente la transferencia de esfuerzo por fricción (Eficiencia).

c) Propiedades Hidráulicas

A diferencia de los ensayos para determinar las características mecánicas de los geosintéticos, que en su mayor parte son variaciones de pruebas desarrolladas por las industrias textiles y de los hules, la caracterización del comportamiento hidráulico ha requerido la creación de nuevos métodos de prueba. En la aplicación de geomembranas en estructuras hidráulicas, son de principal relevancia dos de sus propiedades, **la permeabilidad y su rugosidad** cuando se emplea en conducciones. Al respecto de la permeabilidad, cabe señalar que para su determinación se han empleado los métodos de la geotecnia utilizando permeámetros de carga variable. Sin embargo, debido a la

reducida capacidad de los asfaltos y polímeros para permitir el paso del agua, estas pruebas resultan prolongadas y los efectos de evaporación y fugas pueden hacer que los resultados sean poco confiables, razones por las cuales en general se opta por utilizar la prueba de transmisión de vapor de agua.

Además, debe tomarse en consideración que pueden existir fugas a través de discontinuidades, provocadas por una mala unión o daños a las membranas, que no pueden ser evaluadas a priori en el laboratorio.

- Permeabilidad o conductibilidad hidráulica

La permeabilidad a los fluidos de los polímeros puede diferir en varios órdenes de magnitud. La presencia de plastificantes incrementa la permeabilidad y la existencia de estructuras cristalinas la reduce. Es de tomar en consideración las características de solubilidad del permeante sobre los polímeros, ya que éstos son orgánicos por naturaleza y por ende sensibles a los productos de origen orgánico, que pueden ser absorbidos y provocar expansión o, si contienen solventes, pueden lixiviarlo y contraerlo, con un cambio simultáneo de su composición y características de comportamiento.

Cuando se determina por medio de permeámetros, los procedimientos son similares a los utilizados en mecánica de suelos para materiales arcillosos (Juárez, Rico, 1972), con la diferencia que la probeta, de forma circular, es firmemente empacada entre dos mordazas anulares y en ambas caras existe presión hidráulica, con una diferencia de gradiente. Para estos métodos, se emplea la ecuación de Darcy:

$$k = V / (A i t)$$

Donde :

k = Coeficiente de permeabilidad

v = Volumen de agua que pasa.

A = Superficie de la membrana

i = h/T_g = Gradiente hidráulico

t = Tiempo de prueba

h = Carga hidráulica.

T_g = Espesor de la membrana.

En el flujo por permeabilidad, es determinante el espesor de la membrana (T_g), que varía entre 0.5 y 3.0 mm, cuando son de polímeros y entre 6.3 a 25.4 mm, cuando son asfálticas.

- *Transmisividad al vapor de agua (WVT)*

En vez de utilizar agua como permeante, en esta determinación se utiliza vapor de agua, que fluye con mayor facilidad a través de la membrana. El ensayo ASTM común es el E 96, que consiste en colocar la probeta sellada sobre un cilindro de aluminio, dentro de una cámara aislada. En el interior del cilindro se coloca agua y se mantiene una humedad relativa del 100%, o en el procedimiento alternativo, se coloca en el interior un desecante y se conserva una humedad relativa del 0%. Por medio del cambio de peso en el cilindro, se determina la cantidad de agua en forma de vapor que pasa a través de la membrana, el lapso de prueba es de 3 a 30 días.

Debido a las dificultades propias de los ensayos con permeámetros, se utilizan algunas relaciones que permiten obtener el coeficiente de

permeabilidad equivalente (k_g) a partir de la prueba de transmisión de vapor de agua. Estas relaciones son:

$$WVT = P \cdot w = P \cdot \frac{V}{g} \quad w = M / (A \cdot p \cdot t)$$

$$\frac{V}{g} = V / (A \cdot h \cdot t)$$

Donde:

WVT = Capacidad de transmisión de vapor de agua, en $\text{kg}/\text{m}^2\text{s}$.

W = Permeancia en $\text{kg}/(\text{m}^2 \text{ Pa s})$

$\frac{V}{g}$ = Permisividad en s^{-1}

p = Presión de vapor en la prueba de transmisibilidad.

g = Aceleración de la gravedad ($9.81 \text{ m}/\text{s}^2$).

M = Masa de vapor de agua que pasa a través de la membrana.

A = Area de la membrana.

t = Tiempo de prueba.

V = Volumen de fluido que pasa a través de la membrana.

h = Carga hidráulica.

A partir de estas relaciones puede obtenerse:

$$k_g = w T_g = WVT \frac{g}{T_g/p}$$

Se han obtenido resultados experimentales tanto por medio de permeámetros como de cámaras de transmisión de vapor de agua para las geomembranas de mayor uso en obras civiles. Los valores de permeabilidad (k) y permeabilidad equivalente (k_g) para diferentes materiales pueden observarse en la tabla 2.2.

TABLA 2.2 PERMEABILIDAD DE GEOMEMBRANAS (GIROUD, BONAPARTE 1994)

MATERIAL	K EN PERMEAMETRO 10^{-10} m/s	K EN VVT 10^{-13} m/s	ESPESOR T_g (mm)
Hule Butilo (IIR)	0.7 a 750	1.4 a 27	0.85 a 1.85
Polietileno Clorado (CPE)		18 a 90	0.53 a 0.97
Polietileno Clorosulfonado (CSPE)	54 a 370	20 a 55	0.74 a 1.07
Poliolefina Elastizada (ECPO)		8.3	0.72
Hule Epiclorohidrino (CO)		1900	1.16 a 1.65
Monomero Dieno Propileno Etileno (EPDM)	22 a 110	11 a 24	1.51 a 1.70
Neopremo (CR)		13 a 44	0.51 a 1.59
Hule Nitrilo (MBR)		340	0.76
Polibutileno		4.7	0.69
Elastómero de Poliéster (PET-A)		170	0.2
Polietileno de Baja Densidad (LDPE)		3.5	0.76
Polietileno de Alta Densidad (HDPE)		1.1 a 1.2	0.80 a 0.79
Aleación de Polietileno de Alta Densidad (HDPE-A)		3.3	0.86
Cloruro de Polivinilo (PVC)	4.3 a 170	100 a 120	0.28 a 0.79
Elastomero de Cloruro de Polivinilo (PVC-E)		210	0.91
Cloruro de Polivinilo Resistente al Petroleo (PVC-OR)		280	0.83
Película de Saran		0.6	0.013
Asfalto	5.9 a 82		

- Rugosidad de membranas

En virtud de la mayor frecuencia el uso de revestimientos plásticos expuestos al ambiente en conducciones abiertas y debido a que la resistencia al flujo de estos materiales resulta esencial para el diseño de canales, se han obtenido valores experimentales en canales de concreto cubiertos con las geomembranas más comunes. La textura superficial de las membranas parece tener poca importancia en los resultados y tiene mayor influencia la calidad de la instalación, ya que si la membrana representa arrugas o dobles, estas irregularidades geométricas y la presencia de uniones, afectan en mayor grado la resistencia al flujo. No existe un procedimiento normalizado para obtener la rugosidad hidráulica y el coeficiente de Manning, y el uso de valores empíricos como $n = 0.018$ no es aconsejable. En la tabla 2.3 se muestran los coeficientes de rugosidad hidráulica y coeficientes de Manning obtenidos en superficies de concreto (canales) revestidos con geomembranas.

d) Propiedades Reológicas

- Comportamiento viscoelástico

Los plásticos varían desde suaves espumas hasta materiales estructurales de alto módulo de deformabilidad. Su deformación a la falla cubre rangos de 15 a 1000% y ambas características son de suma importancia en el diseño de obras geotécnicas. Todos los polímeros se comportan viscoelásticamente y la fase viscosa es fuertemente influenciada por la velocidad de deformación y la temperatura. Los hules (elastómeros) y poliuretanos tienen un comportamiento elástico

TABLA 2.3 RUGOSIDAD HIDRAULICA Y COEFICIENTE DE MANING

GEOMEMBRANA *	ESPEJOR (mm)	k (m)	n	TEXTURA	FLEXIBILIDAD
PVC	0.8	6.79×10^{-4}	0.0137	Ligeramente trenzada	Alta
PVC	1.2	6.53×10^{-4}	0.0136	Lisa	Media
HDPE	1	6.04×10^{-4}	0.0135	Lisa	Muy baja
CSPE	0.9	8.95×10^{-4}	0.014	Trenzada	Media
CSPE	1	9.22×10^{-4}	0.0141	Lisa	Media
EPDM	1.14	10.7×10^{-4}	0.0143	Ligeramente trenzada	Alta
EPDM	1	18.0×10^{-4}	0.015	Punteada	Alta
EPDM	1	3.0×10^{-4}	0.0128	Punteada	Alta
SUPERFICIE DE APOYO CONCRETO		50×10^{-4}	0.0168	Aspera	

* Para nomenclatura ver tabla 2.1

en mayor grado, mientras que la mayoría de los polímeros tienen un comportamiento más viscoso.

A bajas temperaturas algunos se vuelven frágiles y quebradizos y a temperaturas elevadas los termoplásticos son suaves y plásticos, lo que depende en gran medida del tipo de polímero.

- Flujo plástico (creep)

En comparación con los materiales de construcción tradicionales como acero, concreto y madera, los plásticos tienen una fuerte tendencia a la fluencia plástica, es decir, a cambiar sus dimensiones bajo esfuerzo constante o a relajar esfuerzos cuando están sometidos a una deformación constante. Durante el flujo, las moléculas se acomodan en nuevas posiciones que dan como resultado una deformación permanente. Esta respuesta es de interés, en virtud de que los geosintéticos están sometidos comúnmente a este tipo de sollicitaciones.

Resulta afortunado que el comportamiento de los plásticos sea similar a cierto tipo de suelos, lo que explica en gran medida su creciente empleo en obras de tierra.

e) Propiedades Térmicas

Como se ha indicado, los materiales sintéticos son muy sensitivos a las variaciones de temperatura, por lo que sus coeficientes de expansión térmica son de 5 a 10 veces superiores a los del concreto o acero. Esta característica puede afectar su comportamiento cuando son expuestos al ambiente.

En la mayoría de los hules los cambios dimensionales no son trascendentales, pero en polímeros más rígidos se pueden producir deformaciones considerables que provocan altos esfuerzos si no existe una holgura adecuada.

f) Propiedades de Durabilidad

Algunos productos semicristalinos sometidos a combinaciones de esfuerzo mecánico y ambientes químicos adversos, pueden agrietarse y fracturarse a corto plazo. Con una protección adecuada, a base de estabilizadores, antioxidantes y otros antidegradantes, los polímeros pueden ser muy resistentes a la degradación y se conservan sin cambios sustanciales en su estructura molecular cuando son cubiertos con materiales naturales en clima normal. Sin embargo, están sometidos a pérdidas de sus propiedades por expansión debida a la absorción de agua y solventes orgánicos, que sepan las moléculas del polímero, lo que reduce su resistencia e incrementa la permeabilidad.

- Resistencia al ozono (Ozono O₃)

El ozono afecta a los polímeros y asfaltos produciendo oxidación, que a nivel molecular está representado por el rompimiento de las macromoléculas. Exteriormente se manifiesta como un agrietamiento que se desarrolla de la superficie hacia el interior de la membrana. Para determinar la resistencia a este efecto, puede utilizarse la prueba ASTM D1149, que consiste en someter las probetas a una tensión constante en un clima natural o en una atmósfera controlada que contiene ozono durante un plazo largo, para determinar la edad a la que se produce el agrietamiento.

- Resistencia a la luz ultravioleta (UV)

Los rayos ultravioletas producen en los plásticos un deterioro ampliamente conocido, que se traduce en la rigidización y agrietamiento del material. Las pruebas usuales están representadas por ensayos a tensión de probetas expuestas a una luz artificial (ASTM D 3334), o a una luz de arco Xenón (ASTM D 2565), obteniendo la resistencia a diversas edades de exposición y comparándola con muestras sin afectación.

- Compatibilidad química

Esta propiedad es siempre importante y es uno de los factores a considerar en el diseño. El agua y otros líquidos, contienen sustancias que pueden reaccionar con los polímeros modificando sus propiedades. La prueba común para evaluar este parámetro es la ASTM D543 y una alternativa es la propuesta por la Environmental Protection Agency (EPA 9090). Los procedimientos de ensayo consisten en someter a la geomembrana a la exposición del líquido de interés, por tres posibles métodos: inmersión de probetas en el líquido, contener el líquido en la membrana colocada sobre una tina o contener el líquido dentro de una bolsa de membrana. En todos los casos, se determina la variación de algunas propiedades distintas edades de exposición y se comparan con las originales de probetas testigo. Las propiedades cuya variación es analizada son generalmente espesor, peso, volumen, comportamiento en tensión (resistencia y deformación a la fluencia, a la falla, módulos de deformabilidad), resistencias al desgarre, perforado o impacto y transmisión de vapor de agua. En la tabla 2.4 se muestran las resistencias químicas para las diferentes calidades de geomembranas.

TABLA 2.4 RESISTENCIAS QUIMICAS DE GEOMEMBRANAS
TIPOS DE GEOMEMBRANAS

PRODUCTO QUIMICO	HULE BUTILO (IIR)		POLIETILENO CLORADO (CPE)		POLIETILENO CLOROSULFONADO (CSPE)		POLIOLEFINA ELASTIZADA (ELPO)		HULE EPICLOROHIDRINO (CD)		MONOMERO DIENO ETILENO PROPILENO (EPDM)		POLICLOROPRENO O NEOPRENO (CR)		POLIETILENO (PE)		CLORURO DE POLIVINILO (PVC)	
	100°F	158°F	100°F	158°F	100°F	158°F	100°F	158°F	100°F	158°F	100°F	158°F	100°F	158°F	100°F	158°F	100°F	158°F
GENERAL																		
HIDROCARBUROS ALIFATICOS			x	x				x		x	x			x	x	x	x	
HIDROCARBUROS AROMATICOS								x		x	x			x	x	x	x	
SOLVENTES CLORADOS	x	x						x		x	x			x		x	x	
SOLVENTES OXIGENADOS	x	x						x		x				x	x	x	x	
SOLVENTES DE PETROLEO CRUDO								x		x	x			x	x	x	x	
ALCOHOLES	x	x	x	x				x		x	x			x	x	x	x	x
ACIDOS:																		
ORGANICOS	x	x	x	x	x			x		x				x	x	x	x	x
INORGANICOS	x	x	x	x	x			x		x				x	x	x	x	x
BASES:																		
ORGANICAS	x	x	x	x	x			x		x	x			x	x	x	x	x
INORGANICAS	x	x	x	x	x			x		x	x			x	x	x	x	x
METALES PESADOS	x	x	x	x	x			x	x	x	x			x	x	x	x	x
SALES	x	x	x	x	x			x	x	x	x			x	x	x	x	x

X : BUENA RESISTENCIA

- Efectos térmicos

La exposición al calor puede producir modificaciones en el comportamiento de los materiales, al producir la volatilización de agua, solventes y plastificantes. La prueba ASTM D794 permite evaluar esta propiedad. Las bajas temperaturas por lo general no modifican la estructura de los polímeros; sin embargo, su flexibilidad decrece y el sellado se vuelve más difícil. Ante temperaturas debajo de 0° C, disminuye en ocasiones la resistencia al desgarre.

- Absorción de líquidos

Un índice de durabilidad de una geomembrana es la expansión que sufre debido a la absorción de líquido durante su vida de servicio.

El que ocurra expansión no señala que el sistema falle; sin embargo, cuando esta se presenta en membranas constituidas por varias capas del mismo o diferente polímero, producen delaminación, la que puede reducir la durabilidad del producto. La prueba común para determinar la expansión es la ASTM D570 y se realizan de manera similar a las anteriores, exponiendo la membrana a diversos plazos y determinando el cambio de espesor o peso.

- Envejecimiento

No existen pruebas normalizadas y por lo común, los ensayos se realizan sometiendo muestras al medio ambiente al que estará expuesto, ya sea enterradas o sumergidas. Para acelerar el proceso, por lo común se incrementan las proporciones de los elementos químicos

que existen en el lugar y se aplica una temperatura mayor a los 50 °C. La única alternativa efectiva es la observación del comportamiento de membranas en condiciones de servicio.

Conviene indicar, que existen numerosos reportes escritos sobre comportamiento satisfactorio durante los 20 o más años; aunque esta situación es alentadora, conviene señalar que casi nunca se reportan los fracasos.

- Estabilidad al ataque microbiológico

Las macromoléculas en general tienen alta resistencia a la biodegradación, pero algunos ingredientes como los plastificantes pueden ser biodegradables por lo que en la fabricación de muchos geosintéticos se incorporan biocidas. La acción microbiana en general no afecta a la mayoría de los plásticos.

Diversas investigaciones (E.P.A. 1988), confirman que los polímeros tiene una alta resistencia a la degradación biológica y señalan:

- Los polímeros de cadenas de carbono (PE, PP, PVC) son particularmente resistentes a la biodegradación.
- La susceptibilidad al ataque biológico decrece al aumentar el peso molecular.
- Los microorganismos parecen atacar las puntas de las cadenas, las que por lo general son inaccesibles, en especial en los materiales semicristalinos. La orientación de estructuras semicristalinas hace aún más inaccesible las puntas de las cadenas e incrementa la resistencia al ataque biológico.

- Los polímeros son inaccesibles al agua lo que los hace inaccesibles a las enzimas.
- El ataque biológico es reducido o inhibido por algunos aditivos, como los antioxidantes.
- En ausencia del oxígeno la biodegradación es pequeña o no ocurre.

2.1.2 CALIDADES DE GEOMEMBRANA

A continuación se mencionan las calidades más usadas:

a) Cloruro de Polivinilo (PVC)

Al alimentar el reactor con un monómero de cloruro de vinilo, el producto resultante es la resina de polivinilo (PVC, del nombre del inglés de este producto: polyvinyl chloride), que es un material blanco parecido al azúcar granulada o pulverizada, dependiendo del polímero o del proceso de fabricación. El PVC se produce a partir de un monómero que contiene dos átomos de carbono y uno de cloro. La resina de cloruro de polivinilo fue sintetizada por vez primera en Alemania hace más de 50 años. Era un material duro y semicompacto que nadie se imaginaba que pudiera tener alguna utilidad.

Sin embargo, a principios de los años treinta se hizo un descubrimiento importante: se encontró una sustancia química que podía convertir la resina en un material flexible útil.

Se descubrió que se podía alterar la resina al mezclarla con un plastificante o agente reblandecedor si después de la mezcla se aplicaba calor y presión.

El producto resultante demostró ser una barrera excelente contra la corrosión y sus primeras aplicaciones fueron para este uso. La

alteración producía un material muy útil que poseía gran flexibilidad, excelente resistencia a la abrasión y buena resistencia. No le afectaba el ozono contrariamente al hule y era resistente a un gran número de soluciones químicas comunes.

Otras sustancias se agregan al compuesto plástico, tales como pigmentos para dar color, estabilizadores ligeros para inhibir el efecto de los rayos ultravioleta del sol, estabilizadores al calor y diluyentes.

Las juntas en las geomembranas de PVC son fáciles de ejecutar. Las membranas de PVC tienden a rigidizarse con el tiempo debido a que van perdiendo paulatinamente el plastificante, ya sea por extracción de agua, por volatilización térmica o por ambos mecanismos. Estos cambios van acompañados de un aumento a la resistencia a la tensión y en la dureza y por tanto se vuelven más frágiles.

b) Polietileno (PE)

Al alimentar al reactor con un monómero de etileno, se produce una resina de polietileno(PE). El producto final también es blanco con la apariencia del azúcar granulada o pulverizada, según el tipo de polímero que se use y el tipo de fabricación.

El mezclado del polietileno es un proceso radicalmente diferente al empleado en la industria del vinilo (PVC). Una de las diferencias fundamentales es de que el polietileno no necesita plastificante; de hecho no se puede plastificar para formar un material blando y flexible. El polietileno tiene una característica única de rigidez que, dentro de márgenes estrechos, no se puede modificar. A medida que la película de polietileno aumenta su espesor se hace más rígida a tal punto que una película de 8 mils es casi el límite práctico de su utilización como revestimiento.

El material es resistente a casi todo. De hecho es tan resistente que los adhesivos líquidos no surten efecto en él. Sin embargo tiene baja resistencia a los hidrocarburos y a los aceites.

El punto de Fusión del polietileno tiene un intervalo reducido de variación, por lo que la unión con calor de películas de PE es un proceso extremadamente difícil de controlar y no son aplicables las técnicas de empalmado electrónico. La única forma de unir este material es mediante un material adherible extruido.

c) Polietileno Clorinado (CPE)

El polietileno Clorinado resulta de la cloración del polietileno de alta densidad, obteniéndose así un polímero libre del ataque del ozono, resistente al intemperismo y posee buena resistencia a la tensión. Es tolerante a productos químicos, ácidos y aceites. Puede unirse con solventes, solventes integrales y medios térmicos.

d) Hule Butilo

El Hule Butilo proviene de una reacción de copolimerización., el monómero básico es el isobutilo, el cual se polimeriza en presencia de pequeñas cantidades de isopreno.

Este polímero posee buena resistencia al ozono y radiación ultravioleta, tiene baja permeabilidad y su flexibilidad se conserva durante su vida útil.

Tiene adecuadas propiedades de resistencia a la tensión y desgarre de perforación. Tiene baja resistencia a los hidrocarburos y a los solventes halogenados y aromáticos. Se une por medio de vulcanizadores de dos

componentes y tiene baja trabajabilidad, las uniones deben realizarse en ambiente seco.

e) **Polipropileno (PP)**

Es muy susceptible al ataque de radiación ultravioleta si no es protegido con negro de humo; sin embargo, es tolerante a muchos productos químicos y temperaturas elevadas, es flexible y de alta resistencia; si se le refuerza tiene bajos coeficientes de expansión y contracción térmicas; es resistente a grasas animales y minerales y puede ser unido con aire caliente. En apariencia presenta mejores características físicas que el cloruro de polivinilo (PVC) y polietileno de alta densidad (HDPE), con un costo similar.

En la tabla 2.5 se muestran los diferentes tipos de materiales usados para geomembranas y sus propiedades.

2.1.3 FABRICACION

Todas las geomembranas sintéticas de revestimiento están hechas a partir de las resinas obtenidas como producto de una reacción química llamada polimerización, en la cual moléculas de un monómero se unen entre sí con otras moléculas para formar polímeros de cadenas largas. La reacción tiene lugar dentro de un recipiente a presión llamado polimerizador o reactor que está equipado con un mecanismo de agitación y está controlado térmicamente. A temperatura y presiones normales, el monómero se presenta como un gas y por tanto debe manejarse en forma líquida a bajas temperaturas y altas presiones.

Una vez iniciada la reacción de polimerización, generalmente va acompañada por la generación de gran cantidad de calor, el cual se disipa

TABLA 2.5 PROPIEDADES DE MATERIALES USADOS PARA GEOMEMBRANAS

PROPIEDAD	POLIETILENO		CLORURO DE POLIVINILO	POLIETILENO CLORADO	POLIPROPILENO	HULE BUTILO	HYPALON (CSPE)
	BAJA DENSIDAD	ALTA DENSIDAD					
DENSIDAD	0.92 - 0.94	0.94 - 0.96	1.20 - 1.25	1.35 - 1.39	0.9 - 0.91	0.92 - 1.25	1.17 - 1.50
RESISTENCIA EN TENSION (Lb/in ²)	1300 - 2500	2400 - 4800	3500 - 10000	1800 min	4000 - 32000	1000 - 400	1000 - 2000
ELONGACION	200 - 800	10 - 650	60 - 200	375 - 575	40 - 400		
DUREZA						15 - 90	55 - 95
TEMPERATURA OPERACIÓN (°F)	-70 a 180	-70 a 240	-60 a 200	-40 a 200	-60 a 200	-50 a 325	45 a 250
RESISTENCIA A ACIDOS	Pobre a Buena	Buena	Buena a Excelente	Buena a Excelente	Buena a Excelente		Buena
RESISTENCIA A BASES	Buena a Excelente	Buena a Excelente	Buena a Excelente	Buena a Excelente	Buena a Excelente		Buena a Excelente
RESISTENCIA A SOLVENTES OXIGENADOS	Pobre a Buena	Pobre a Buena	Buena	Pobre			Buena
RESISTENCIA A SOLVENTES AROMATICOS Y HALOGENADOS	Adecuada	Adecuada	Buena	Pobre	Buena	Pobre	Adecuada
RESISTENCIA A SOLVENTES ASFALTICOS	Pobre a Adecuada	Adecuada a Buena	Buena	Buena	Buena	Pobre	Buena
PERMEABILIDAD AL VAPOR DE AGUA (perm-mils)	3 - 14	1.8 - 2.2	3- 18	0.04 - 0.048	0.25 - 1	0.15	2.0
RESISTENCIA AL INTEMPERISMO	Pobre	Pobre	Buena	Excelente	Pobre	Buena	Excelente
TIEMPO DE AGRIETAMIENTO (hr)	900	300	Sin grietas hasta 2500 hr	Sin efecto hasta 4000 hr	100		
TIEMPO DE PULVERIZACION SUPERFICIAL (hr)	Sin efecto hasta 2500hr	600	300	Sin efecto hasta 4000hr	600		
TIEMPO DE DECOLORACION (hr)	300	300	100	Sin efecto hasta 4000 hr	900		

mediante un sistema de enfriamiento interconstruido en el recipiente de reacción.

Desde las plantas químicas, las resinas y polímeros se envían al fabricante de las membranas. En la planta procesadora, a veces llamada planta de conversión, se recibe la resina y se mezcla con otros ingredientes para obtener las propiedades deseadas.

El mezclado es una de las etapas más importantes de la fabricación de los sintéticos.

Ninguna receta o proporcionamiento se puede desarrollar en forma tal que de lugar a todas las propiedades deseables.

Esto se debe a que las propiedades físicas y químicas están relacionadas entre sí. Cada vez que se mejora una cierta propiedad alguna otra se perjudica, regla que se aplica tanto a plásticos como a elastómeros.

En la planta procesadora las membranas se obtienen en laminado en caliente (calendering), por extrusión o por aplicación del producto sobre una tela de soporte (spread coating).

Las membranas terminadas pueden tener diferentes estructuras. Para evitar los artificios debidos a defectos de fabricación, las membranas mas gruesas se obtienen superponiendo varias hojas y se refuerzan intercalando entre ellas una o dos telas de refuerzo. Este refuerzo aumenta la resistencia a la tensión de la membrana y facilita su manejo y los empalmes tanto en la fábrica como en el campo. Sin embargo, las razones más importantes para reforzar con tela son las siguientes:

- Estabilidad contra el punzonamiento.
- Estabilidad contra el encogimiento.

- Mayor resistencia al desgaste.

Las telas de refuerzo que tienen más aceptación son a base de algodón, yute, poliéster y vidrio. Aunque el nylon tiene algunos inconvenientes, sigue siendo el material más aceptado para telas de refuerzo de membranas. Su principal atractivo está en su fácil disponibilidad y en su resistencia a soluciones acuosas y organismos del suelo. Como desventajas deben mencionarse su baja resistencia a las soluciones ácidas y a la luz solar y su falta de adherencia a los polímeros. La rapidez de deterioro de nylon a la luz solar depende del peso de la tela, del espesor de la capa de cobertura, del espesor de la capa de cobertura y de su color. Las fibras de poliéster exhiben una buena resistencia a los ácidos, sin embargo tampoco tiene propiedades adhesivas hacia los materiales que constituyen las membranas.

2.2 LOS GEOTEXILES COMO PROTECCION

Los geotextiles son materiales de construcción flexibles y permeables a los fluidos, que utilizadas en combinación con la cimentación, suelo, roca, tierra o cualquier otro material geotécnico, forman parte de un proyecto, estructura o sistema realizado por el hombre.

Su clasificación abarca 2 grandes grupos y se basa en su proceso de fabricación:

a) Geotextiles Tejidos

Son de un material permeable, fabricados manteniendo sus filamentos en dos sentidos (trama y urdiembre), sus fibras se encuentran en forma mas o menos ortogonales; es decir son bidireccionales. Su resistencia a la tracción se da solo en estas dos direcciones.

La característica principal de este tipo de geotextil es que presentan un módulo de tensión de intermedio a alto, pueden ser isotrópicos o anisotrópicos, además presentan un tamaño de abertura constante que se mide con procedimientos especiales.

b) Geotextiles No Tejidos

Son de un material permeable, en el que sus filamentos no siguen una dirección determinada (sus fibras se encuentran en forma aleatoria), es decir son multidireccionales. Pueden ser isotrópicos o anisotrópicos.

Dentro de los geotextiles No Tejidos podemos encontrar los siguientes tipos de acuerdo a la unión de sus filamentos:

- Geotextiles No Tejidos Termosellados

El sellado de sus fibras es por fusión y se logra pasando el material entre rodillos calientes (proceso denominado calandreo), logrando unir las fibras en las zonas donde se cruzan.

- Geotextiles No Tejidos Entrelazados Mecánicamente

A diferencia de los geotextiles N.T. Termosellados el proceso de unión de sus fibras es por el entrelazado de agujas, lo cual permite que las fibras se enreden entre sí.

Algunas veces se les imparte un acabado de impregnación de resinas del tipo acrílico, lo cual aumenta la resistencia a la tensión, el módulo de resistencia a la perforación, pero reduce la elongación y la resistencia al

**VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS
DIFERENTES GEOTEXTILES**

GEOTEXTILES TEJIDOS	GEOTEXTILES NO TEJIDOS TERMOUNIDOS	GEOTEXTILES NO TEJIDOS PUNZONADOS
<p style="text-align: center;">Módulo inicial alto</p> <p style="text-align: center;">Elongación a la ruptura muy baja</p> <p style="text-align: center;">Propiedades hidráulicas muy bajas</p> <p style="text-align: center;">Separación y refuerzo</p>	<p style="text-align: center;">Módulo inicial alto</p> <p style="text-align: center;">Elongación a la ruptura alta</p> <p style="text-align: center;">Propiedades hidráulicas buenas</p> <p style="text-align: center;">Separación, Refuerzo y filtración</p>	<p style="text-align: center;">Módulo inicial muy bajo</p> <p style="text-align: center;">Elongación a la ruptura alta</p> <p style="text-align: center;">Propiedades hidráulicas muy buenas</p> <p style="text-align: center;">Filtración</p>

rasgado debiendo aplicar un secado especial para reestablecer la permeabilidad

En las figuras 2.6 y 2.7 se muestran las fibras de los geotextiles tejidos y no tejidos vistos con un microscopio.

2.2.1 FUNCIONES DE LOS GEOTEXTILES

Según Koerner (1994), las funciones de los geotextiles se puede clasificar en las siguientes categorías:

- **Separación:** El geotextil establece una frontera permeable entre diferentes masa de suelo o roca, segregando de este modo dos o más tamaños de partículas. De esta manera se preserva la resistencia y durabilidad del agregado y de otro tipo de materiales selectos, previniendo su contaminación con suelos cohesivos. Aplicaciones típicas son la construcción de terraplenes, etc. así como también en los procedimientos correctivos de vías de ferrocarril que presentan desniveles y asentamientos por contaminación del balasto.

- **Refuerzo:** El geotextil imparte resistencia a la tensión a un sistema tierra-geotextil, incrementando la estabilidad estructural. Algunos ejemplos son el refuerzo de terraplenes contruidos sobre suelos inestables, la construcción de muros de contención mediante encapsulados de suelo, el desplante de taludes con mayores ángulos de inclinación.

- **Filtración:** Esta función se define como el sistema en equilibrio geotextil-suelo que permite el libre flujo de agua, sin

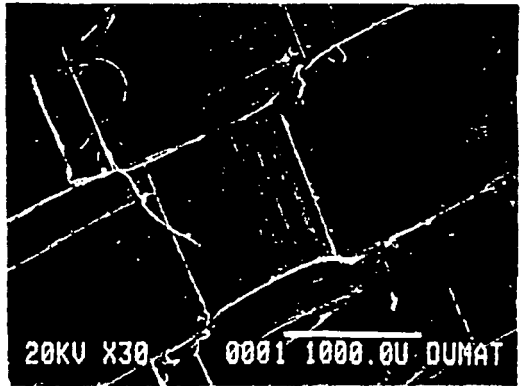
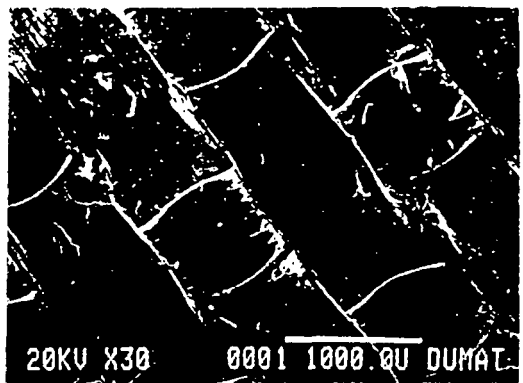
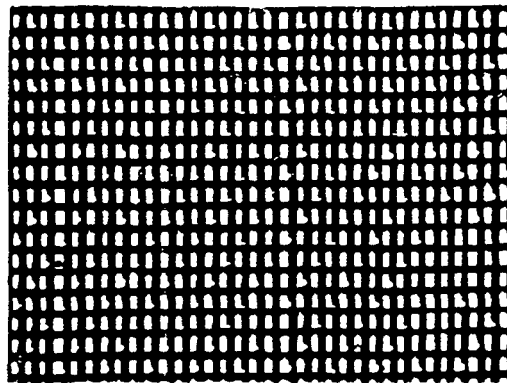


FIG. 2.6 a) G. Tejido(Monofilamento)
c) G. Tejido(Multifilamento)

b) G. Tejido(Multifilamento Calandrado)
d) G. Tejido(Cinta Plana)

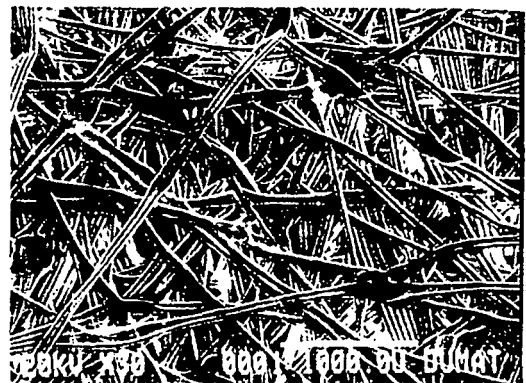
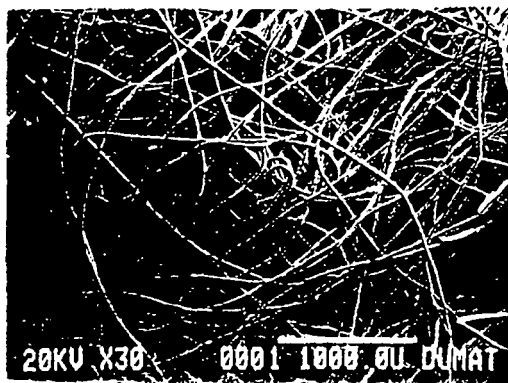


FIG. 2.7 e) G. No Tejido Punzonado

f) G. No Tejido Termounido

pérdida del suelo, a través del plano del textil, durante un plazo indefinidamente largo. Algunos ejemplos de aplicación son : estructuras pesadas como gaviones y enrocamientos para evitar la erosión de taludes y cortes, la contención de rellenos hidráulicos, etc.

- **Drenaje** : Es el sistema en equilibrio geotextil-suelo, que permite el libre flujo del agua sin pérdida de suelo; en el plano del geotextil, durante un lapso indefinidamente largo. Aplicaciones típicas son drenes de chimenea en presas, drenes atrás de muros de contención etc.

- **Barrera**

Impermeable: Se refiere a la aplicación de la geomembrana elaborada en el lugar, que consiste en geotextiles impregnados generalmente con productos asfálticos, para reducir su permeabilidad. Algunas aplicaciones son : aislamiento o encapsulamiento de suelos expansivos, la impermeabilización de pavimentos antes de colocar sobrecargas asfálticas.

En la tabla 2.6 se muestran las funciones de los geotextiles por aplicación.

2.2.2 PROPIEDADES DE LOS GEOTEXTILES

a) Propiedades Físicas

- **Gravedad específica**

Es una propiedad definida por el polímero que constituye la tela. Indica si el geotextil flota o no en el agua; tiene relación con la

TABLA 2.6 : FUNCIONES DE LOS GEOTEXILES POR APLICACIÓN

FUNCION CAMPO DE APLICACIÓN	SEPARACION	FILTRACION	DRENAJE EN EL PLANO	REFUERZO
Vías	○	○	○	○
Repavimentación				○
Ferrovías	○	○	○	○
Subdrenes Sist. Drenaje / Filtración	○	○	○	○
Muros de Contención				○
Terraplenes	○			○
Gaviones	○	○		
Muelles y Puentes	○	○		
Presas Diques y Canales	○	○		
Túneles		○	○	
Embalses y Rellenos Sanitarios	○		○	

facilidad y costo de colocar al textil en zonas inundadas o en el mar. , esta relacionado con el costo de instalación.

Polímero	Gravedad Específica
Polipropileno	0,91
Poliéster	1,22 a 1,38
Nylon	1,05 a 1,14
Polietileno	0,92 a 0,95

- Masa por unidad de área

Es la forma usual de indicar el peso del geotextil y se expresa en g/m² o en oz/yd², es muy utilizada para comparar geotextiles.

La descripción del ensayo se indica en la norma ASTM D-5261

- Espesor

Este método no es específico para geotextiles pero es ampliamente usado. Dentro de la terminología para geotextiles de ASTM se menciona la propiedad “Espesor Comprimido”, que es el espesor de un geotextil bajo un esfuerzo normal específico. Se expresa en mils o en mm. (1 mils= 0.001 pulg, 1mm. = 40 mils).

b) Propiedades Mecánicas

- Compresibilidad

Es la variación del espesor debido a una presión normal, es importante tenerlo en cuenta cuando son usados para conducir agua a través de sus planos o secciones, y es el caso de los geotextiles no tejidos.

- Resistencia a la tracción “Grab”

Se utiliza la Norma ASTM D-4632 ; se determina la carga que causa la ruptura de la muestra de tela, la cual es sujeta solo en la parte central por la mordaza. Se emplea para comparar daños por instalación teóricos contra la resistencia del geotextil contemplado en el proyecto y para el control de calidad (ver fig. 2.8).

- Resistencia a la tracción en tiras anchas

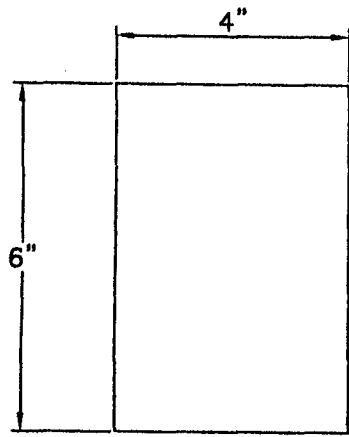
En esta prueba la mordaza sujeta el ancho total de la muestra ya que la muestra es más ancha que larga. Esta prueba es adecuada para determinar la resistencia real del material, para diseño de muros de contención, terraplenes, taludes y otros casos donde se desee refuerzo a la tensión. utiliza el método ASTM D-4595(ver fig. 2.9)

- Módulo de tensión

Se define como el cociente entre el cambio en fuerza por unidad de ancho y el correspondiente cambio en deformación. Para este ensayo se utiliza el método ASTM D-4595. Es una de las propiedades más significativas para aplicaciones de refuerzo.

- Resistencia al reventamiento “Mullen Burst”

Consiste en someter una muestra de geotextil a presión axial de un émbolo de hule en forma de burbuja, que es accionado por un sistema hidráulico. Se puede utilizar para comparar los daños ocasionados a un geotextil durante su instalación (ver fig. 2.10).



TAMAÑO DE LA MUESTRA

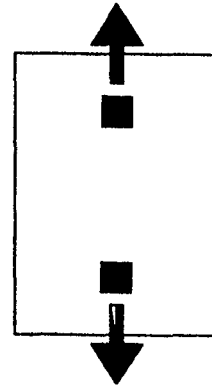


Fig. 2.8 RESISTENCIA A LA TENSION GRAB
ELONGACION A LA RUPTURA

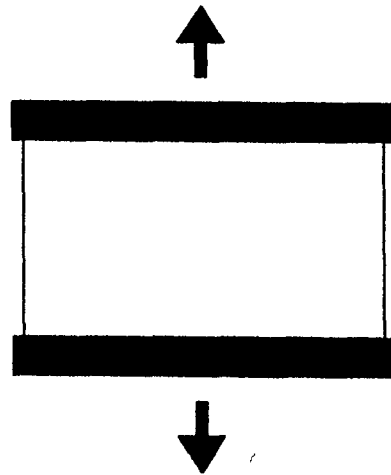
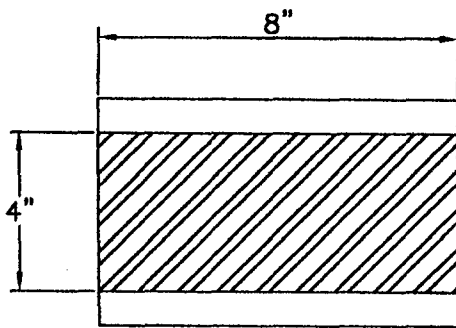


Fig. 2.9 METODO DE LA TIRA ANCHA

- *Coefficiente de fricción suelo-geotextil*

Esta prueba es empleada sobre todo en el cálculo de muros de contención reforzadas por capas de geotextil, donde el material trabaja por fricción y en general en las aplicaciones de refuerzo. La prueba es una adaptación para el cálculo del esfuerzo cortante empleado en geotecnia, se modela la muestra de tela para determinar el deslizamiento por medio de la aplicación de una fuerza al textil para tratar de sacarlo de su lugar. El equipo para este ensayo se muestra en la fig. 2.11.

- *Resistencia trapezoidal*

Este método es usado para medir la resistencia al rasgado de las fibras de los geotextiles tejidos y no tejidos. Norma ASTM D-4533.

La manera como se realiza este ensayo se puede ver en la fig. 2.12

- *Resistencia al punzonado*

Este ensayo evalúa la resistencia de los geotextiles al impacto de objetos como rocas o piezas de madera, etc., también es descrito en la norma ASTM D-4833 (ver fig. 2.13)

- *Resistencia a la fatiga*

Es una habilidad que posee el geotextil para soportar cargas repetitivas antes de fallar. La muestra de geotextil es estirada a una razón constante hasta que el estiramiento sea cero, este ciclo es repetido hasta que ocurre la falla

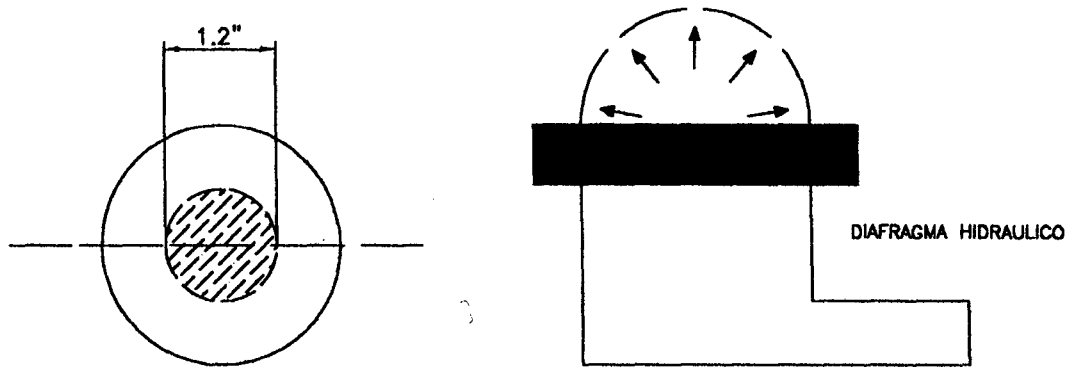


Fig. 2.10 RESISTENCIA AL ESTALLIDO
MULLEN BURST

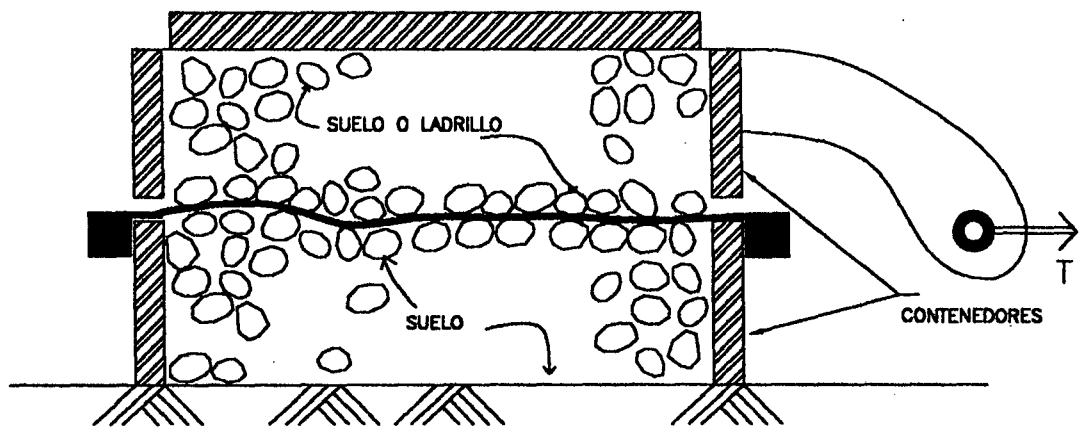


Fig. 2.11 ENSAYO FRICCION GEOTEXTIL-SUELO

FIG. 2.12 DESGARRE TRAPEZOIDAL

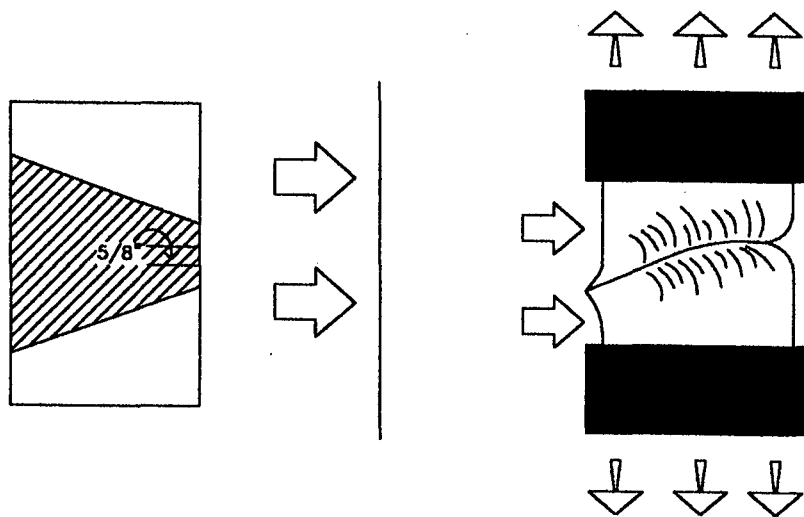
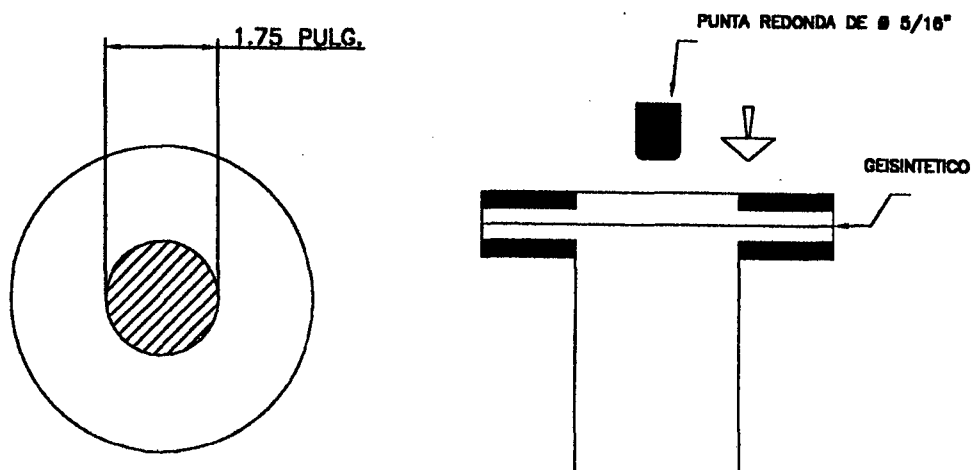


FIG. 2.13 RESISTENCIA AL PUNZONAMIENTO



- Resistencia de las costuras

Este ensayo somete a prueba una muestra del material de 20 cm de ancho, la cual es cosida por ambos costados para luego someterla a una tensión de 10%/min provocando el rompimiento de las fibras, esta carga dividida entre el ancho de la costura determina la resistencia. ASTM D-4884

c) Propiedades Hidráulicas

- Tamaño de abertura de poros (A.O.S)

Se define como el número de malla que tiene la abertura más cercana a las aberturas del tejido. El A.O.S. se puede dar en mm, o como el 95% del tamaño de abertura o O_{95} . Entonces AOS se dan en número de malla y O_{95} es la abertura en mm.

- Porcentaje de área abierta (P.O.A)

Es aplicable a los geotextiles tejidos y es una comparación del total de área abierta con el total del área de la muestra.

- Porosidad

Se define como la razón del volumen de vacíos al volumen total, está relacionado con la habilidad del agua a fluir a través del tejido.

$$n = \frac{1 - m}{p \cdot t}$$

n : Porosidad

m : Masa por unidad de área

p : Densidad del tejido total

t : Espesor del tejido.

- Permisividad

Se define como la cantidad de flujo volumétrico de agua por unidad de área, por unidad de carga hidráulica en dirección normal a través del geotextil, se determina mediante la Norma ASTM D-4491. Esta propiedad está relacionada directamente con la filtración, que se utiliza en ecuaciones de diseño por función.

Su valor es :

$$\psi = \frac{k_n}{t} \text{ (seg}^{-1}\text{)}$$

Donde

ψ : Permisividad

k_n : Coeficiente de Permeabilidad
(normal al plano)

t : Espesor del tejido

- Transmisividad

Se define como el flujo del agua dentro del geotextil en dirección de su plano, es ampliamente utilizado para la función de drenaje y se define como :

$$\theta = k_t \cdot t$$

Donde

θ : Transmisividad

k_n : Coeficiente de Permeabilidad
(en el plano del tejido)

t : Espesor del tejido

- Ensayo de retención de suelos

Este ensayo es realizado cuando el geotextil actúa como una cortina anti limos, arrastrados por el flujo de agua, mayores alcances se dan en la norma ASTM D-5141.

d) Propiedades de Durabilidad

-Ensayo de creep

Esta propiedad evalúa la elongación del material bajo una carga constante, la norma que describe este procedimiento es la ASTM D-4595.

- Ensayo de abrasión

Este ensayo describe el comportamiento de los geotextiles cuando están en servicio ya que algunas veces sufren daños por causa de falla del suelo geotextil. La ASTM ha diseñado métodos para la evaluación de la resistencia a la abrasión y están estipulados en la norma D—1175 en los cuales se hace referencia a varios procedimientos de evaluación.

e) Propiedades de Degradación

- Resistencia al ataque químico

El método de la ASTM D-543, proporciona una relación de 50 reactivo estándar, los cuales se emplean para el ensayo químico, sometiendo muestras del geotextil al ataque acelerado a altas

temperaturas. Como resultado de esto se reportan cambios en peso, apariencia y propiedades mecánicas.

- Resistencia al ataque biológico

Para evaluar esta propiedad se debe recurrir al método CGSB 4-GP-2, la cual evalúa muestras de geotextil enterrándolas en el suelo, extrayendo los especímenes cada tres meses, los cuales se ensayan por una variante del método de resistencia al reventamiento para geotextiles.

- Resistencia a la temperatura

Esta propiedad evalúa la resistencia a la temperatura que puede tener el geotextil cuando es usado con materiales como el asfalto, y establece que debe existir una temperatura mínima de 20 °C entre la temperatura que resiste el geotextil y la temperatura colocación del otro producto. En la Norma ASTM D-794 se establece el procedimiento del ensayo.

- Resistencia a los rayos U.V

Esta prueba evalúa la degradación de los geotextiles por radiación solar y es la norma ASTM D-4355 , en esta norma se utiliza un arco de xenón como fuente de radiación, el procedimiento consiste en someter la muestra a tiempos de exposición de 150, 300 y 500 horas obteniendo una curva que permite juzgar el grado de degradación.

2.2.3 FABRICACION

Para la fabricación de los geotextiles se utilizan predominantemente 4 tipos de elementos como materia prima : El polipropileno, el poliéster, el nylon y el polietileno. A continuación solo se describirán el polipropileno y el poliéster por ser los elementos de mayor uso en la fabricación de los geotextiles.

- a) **Polipropileno** : El cual presenta un grado de estabilización a los rayos UV para 1500 hr. de exposición de 70%.
- b) **Poliéster** : Presenta un grado de estabilización a los rayos UV con negro de Humo, de ahí su coloración gris.

Estos plásticos deben transformarse primero en filamentos, para que posteriormente, por un proceso textil, formen telas de diferentes características.

Así el plástico obtenido por polimerización, con apariencia de polvo, se mezcla con algunos agentes que mejoran su procesabilidad y otros que de alguna manera modifican sus propiedades finales y su granula, sometiéndose posteriormente a un proceso de extrusión, que consiste en hacer pasar los gránulos de plástico por un barril de cañón metálico en cuyo interior gira un tornillo sin fin, el cual mezcla, funde y comprime el material transportándolo de un extremo a otro del cañón. La masa fundida se somete a temperaturas gradualmente mayores, mediante resistencias eléctricas colocadas a lo largo del cañón.

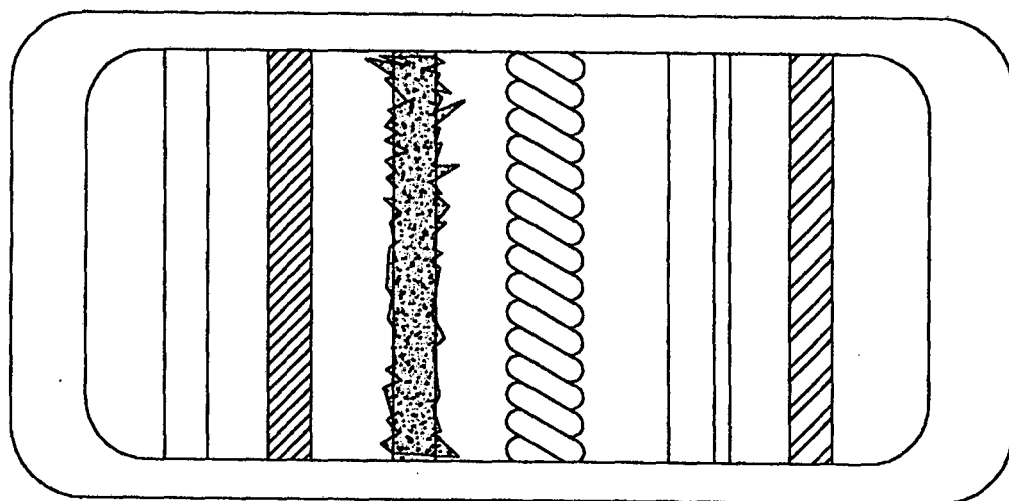
De acuerdo al tipo de filamentos los geotextiles pueden ser de :

a) **Filamentos Cortos** : Su longitud esta en el orden de 70 a 90 mm. No alcanza grandes resistencias mecánicas. Su uso no es geotécnico.

b) **Filamentos Contínuos**: Su longitud es indefinida por lo que se corta de acuerdo a su diseño. Alcanza grandes resistencias Mecánicas. Su uso es geotécnico.

Los tipos de fibras usadas en la fabricación de los geotextiles se muestran en la fig. 2.14

FIG. 2.14 TIPOS DE FIBRAS USADAS EN LA FABRICACION DE LOS GEOTEXILES



MONOFILAMENTO

MULTIFILAMENTO

STAPLE FIBER

STAPLE YARN

MONOFILAMENTO
CINTA PLANA

MULTIFILAMENTO
CINTA PLANA

CAPITULO III

TECNICAS DE IMPERMEABILIZACION

3.1 CONSIDERACIONES GENERALES

Los productos y revestimientos para la impermeabilización de depósitos de agua depósitos de desechos de bajo nivel radioactivo, depósitos de soluciones químicas, etc. se pueden clasificar en tres grandes grupos.

- a) Selladoras naturales y tratamientos químicos.
- b) Revestimientos rígidos.
- c) Revestimientos flexibles.

Dentro de cada categoría existe a su vez una gran cantidad de variantes.(ver Tabla 3.1)

Es común que las superficies o zonas a impermeabilizar requieran un revestimiento para controlar las pérdidas por filtración que, además de resultar costosas, pueden contaminar el área circundante o hacer fallar la instalación y poner en peligro propiedades cercanas o vidas humanas. Ciertos tipos de revestimientos reducen además la erosión de los taludes debido a la acción del oleaje o de la lluvia (para el caso de lagunas), y sirven de protección contra la socavación de zapatas y cimentaciones de los elementos estructurales que se encuentran dentro del almacenamiento.

Para analizar las posibilidades de éxito de un sistema de impermeabilidad, es necesario considerar que el revestimiento y el medio en el que se instala trabajan en conjunto; el mismo criterio debe seguirse para el caso del estudio de fallas, ya que en la mayoría de los casos la falla del revestimiento es el resultado de una

TABLA 3.1 PRODUCTOS Y TIPOS DE REVESTIMIENTOS DE IMPERMEABILIZACION

SELLADORES	REVESTIMIENTOS RIGIDOS	REVESTIMIENTOS FLEXIBLES
Arcillas bentoníticas Tratamiento químico del suelo Aditivos al Agua	Concreto hidráulico Suelo-Cemento Concreto lanzado	Membranas sintéticas (plásticos y elastómeros) Membranas asfálticas Paneles asfálticos Suelos compactados Concreto asfáltico
CONTINUOS	DISCONTINUOS	
Membranas sintéticas Membranas asfálticas Paneles asfálticos	Suelos compactados Concreto lanzado Concreto hidráulico Concreto asfáltico Suelo- cemento Arcillas bentoníticas Tratamientos químicos del suelo Aditivos al agua	
IMPERMEABLES	SEMIPERMEABLES	
Membranas sintéticas Paneles asfálticos	Suelos compactados Concreto lanzado Concreto hidráulico Concreto asfáltico Suelo- cemento Arcillas bentoníticas Tratamientos químicos del suelo Aditivos al agua	

acción y no su causa. El punto más importante es que el revestimiento se coloque sobre una base estable aún en estado saturado. Cualquiera que sea el tipo de revestimiento considerado, la participación de un especialista en mecánica de suelos es por tanto indispensable.

Es usual considerar que el flujo a través del revestimiento está regido por la ley de Darcy. El gradiente de carga hidráulica actuante en el revestimiento se considera igual aproximadamente al tirante dividido entre el espesor del mismo.

Debe subrayarse que esta consideración es discutible puesto que abajo del revestimiento puede presentarse una zona de flujo no saturado en la que el fenómeno se vuelva más complejo debido en particular a la existencia de fuerzas de succión. La experiencia muestra sin embargo, por lo menos para revestimientos de suelos compactados, el flujo es de hecho aproximadamente proporcional al tirante, como la prevé la ley de Darcy. En el caso de revestimientos sintéticos, el flujo se presenta casi exclusivamente por defectos de fabricación o instalación y no es aceptable recurrir a la ley de Darcy para estimar las filtraciones a priori.

3.2 MECANISMOS DE SELLADO NATURAL Y TRATAMIENTOS QUIMICOS.

Se ha observado que el sellado natural se dá casi siempre en lagunas y pueden ocurrir por alguno de los mecanismos siguientes: a) taponamiento físico de los vacíos del suelo por sólidos sedimentados; b) taponamiento químico de los vacíos del suelo intercambio iónico; y c) taponamiento biológico y orgánico por crecimiento microbiano en el fondo del estanque.

Varios productos químicos que se mezclan con el suelo han sido usados con grados de éxito muy variables para sellar lagunas. Los cationes monovalentes

(iones de sodio, potasio y amonio) disminuyen químicamente la porosidad del suelo al reemplazar los cationes polivalentes cálcicos. Se ha encontrado que la impermeabilización química, puede ser efectiva en suelos con un mínimo de 8% de arcilla y de 10% de limo. Las sales que se usan con más frecuencia para el sellado químico son los polifosfatos de sodio (porofosfato tetrasódico o tripolifosfatos sódico) el carbonato de sodio y el cloruro de sodio de los suelos, los tratamientos de esta naturaleza solamente deben aplicarse después de un estudio de laboratorio que se demuestre su efectividad. Se trata en realidad de una técnica incipiente.

Una segunda categoría de productos químicos está constituida por los aditivos que se agregan al agua para reducir las filtraciones. Algunos de estos productos, a base de polímeros, aumentan la atracción iónica de las partículas del suelo hacia el agua, con lo que se incrementa el diámetro efectivo de las mismas y se reducen las dimensiones de los poros. Otros son emulsiones de cera que forman una membrana delgada en el fondo. Estos productos permiten reducir pero no eliminar las filtraciones.

Las arcillas altamente expansivas, tales como la bentonita, pueden reducir efectivamente la permeabilidad del suelo natural al humedecerse, la bentonita es una arcilla montmorillonítica sódica que exhibe un alto grado de expansividad, permeabilidad y baja estabilidad en presencia de agua. Para revestir superficies, es posible dejar decantar una suspensión de bentonita en agua y mezclar la bentonita en seco con el suelo natural o con arena previamente al llenado.

También puede aplicarse sobre una cama de grava para sellar los huecos entre partículas o enterrarse bajo una capa protectora de suelo. El comportamiento de los revestimientos de bentonita depende en gran parte de la cantidad de la misma.

Algunos depósitos de bentonita pueden contener algo de arena, limo y arcilla como impurezas. Por lo general la bentonita debe tener un contenido de agua inferior a 20%. Esto resulta especialmente importante para membranas delgadas.

La bentonita de mala calidad se deteriora rápidamente en presencia de aguas duras y tienden a erosionarse por efecto de corrientes y oleajes. Durante el primer año puede presentarse agrietamiento de la membrana por asentamiento al saturarse la subrasante. Los revestimientos de la bentonita deben generalmente colocarse a mano, lo que implica un alto costo. No debe esperarse que la bentonita colocada simplemente sobre la superficie del terreno dure más de 2 a 4 años. Las capas de bentonita enterradas pueden tener una durabilidad mayor.

Actualmente existen en el mercado paneles prefabricados de bentonita que diseñados originalmente para impermeabilizar cimentaciones, se han usado también para lagunas pero no existen hasta ahora evidencias claras respecto al comportamiento de estos paneles.

3.3 REVESTIMIENTOS RIGIDOS

Los revestimientos rígidos más comunes se hacen a base de concreto hidráulico, y suelo-cemento.

3.3.1 Revestimientos de Concreto Hidráulico y Concreto Lanzado.

La experiencia con revestimientos de concreto hidráulico es contradictoria. Algunos revestimientos han dado buenos resultados mientras que otros han presentado problemas graves de filtraciones, los puntos críticos de esta técnica parecen ser los siguientes:

- Necesidad de un sustrato de apoyo firme.

- Composición del concreto que minimice al agrietamiento de contracción.
- Juntas de contracción suficientemente numerosas (Cada 6 a 9 m).
- Selladoras y "water stops" de buena calidad en las juntas de contracción.
- En el caso de Lagunas un llenado lento de la misma para permitir cierta deformación progresiva del revestimiento.

Los revestimientos de concreto deben clasificarse como semipermeables.

El concreto lanzado tiene la ventaja de poder aplicarse a superficies irregulares sin cimbra pero presenta los mismos problemas que el concreto hidráulico tradicional. Además es sensible a asentamientos diferenciales y las grietas que se forman son difíciles de reparar. Por otra parte, el concreto lanzado es inestable si se presentan presiones hidrostáticas atrás del mismo. Es necesario prever juntas de contracción cada 3 m aproximadamente. Los espesores de concreto varían usualmente entre los 2.5 y 10 cm. Sobre pendientes mayores de 1.5 horizontal contra 1 vertical es necesario reforzar el concreto lanzado con una malla tipo gallinero o electrosoldada.

3.3.2 Revestimientos de Suelo - Cemento.

Por suelo - cemento se entiende una mezcla de suelo arenoso con cemento. Esta mezcla es atractiva por su bajo costo respecto al concreto hidráulico, si existe arena en el sitio de construcción. Aunque este tipo de revestimiento haya sido utilizado en ciertas lagunas, no puede clasificarse realmente como impermeable. En efecto, el suelo - cemento presenta siempre grietas de contracción que solamente pueden reducirse, pero no

eliminarse, mediante un control estricto de compactación, contenido de agua y tiempo de curado.

3.4 REVESTIMIENTOS FLEXIBLES.

Los revestimientos flexibles más comunes son los mostrados en la tabla 3.1 y son los siguientes:

- Membranas sintéticas.
- Membranas asfálticas.
- Elementos prefabricados a base de asfalto.
- Revestimientos a base de suelos compactados.
- Revestimiento de concreto asfáltico

3.4.1 Membranas Sintéticas.

El empleo de productos sintéticos para el revestimiento de superficies como lagunas, pads, ponds, etc. se remonta a los años sesenta. Existen muchos tipos diferentes de membranas sintéticas; sin embargo, pueden clasificarse en dos grupos grandes: las fabricadas a base de plásticos y las hechas con elastómeros.

Las membranas plásticas y las elastoméricas son las más populares cuando se busca obtener una permeabilidad prácticamente nula. Se adquieren en grandes hojas que facilitan su instalación.

Los productos sintéticos más conocidos son los siguientes:

- Cloruro de polivinilo (PVC).
- Polietileno (PE)

- Polietileno clorinado (CPE)
- Hule butilo (EPT y EPDM)
- Policloropreno (neopreno)
- Polietileno clorosulfonatado.
- Poliiolefin elastizado.

La denominación de plásticos cubre usualmente el PVC el PE y sus derivados y el término elastómeros se aplica al hule butilo, EPT, EPDM y neopreno.

Otros materiales que se han usado son el polipropileno, el nylon y el hule natural.

3.4.2 Membranas Asfálticas.

Las membranas flexibles a base de asfalto se forman regando directamente el asfalto caliente o rebajando (disuelto en algún solvente) sobre el terreno natural o sobre una tela o filtro de refuerzo.

La membrana puede protegerse con una capa de suelo. Los resultados obtenidos con esta técnica son muy variables, destacando los aspectos siguientes.

- Es difícil controlar la temperatura del asfalto o la dosificación del solvente para obtener un material d características homogéneas.
- Las membranas delgadas aplicadas directamente sobre el terreno siempre presentan zonas de menor espesor y pequeños orificios (pinholes) que implican fragilidad local y filtraciones.

- Las membranas delgadas no reforzadas se agrietan fácilmente bajo el paso del fluido almacenado, especialmente si la subrasante es deformable.
- Si el suelo de apoyo es inestable volumétricamente, las filtraciones, por mínimas que sean, llevan rápidamente al agrietamiento generalizado de la membrana.
- Si la membrana queda expuesta a los rayos del sol, presenta agrietamiento y tiende a escurrir sobre los taludes.

Todas las limitaciones anteriores pueden superarse ya sea usando una tela de refuerzo, consolidando el terreno, aumentando espesores, dando un mantenimiento frecuente, etc. sin embargo, se cae entonces en una solución cara que difícilmente compite con otros tipos de revestimiento. Se sabe de una aplicación de esta técnica en México con tela de refuerzo de yute; el costo resultó comparable al de los mejores revestimiento sintéticos.

3.4.3 Elementos Prefabricados a Base de Asfalto.

Las láminas asfaltadas prefabricados por paneles de 4 a 13 mm de espesor constituidos por una tela de fibra de vidrio impregnada con asfalto. Las dimensiones de los paneles son relativamente pequeñas para permitir su transporte (0.90 a 1.1 m de ancho y 1.80 a 4.50 m de largo). Lo anterior implica un gran número de juntas que se realizan con traslapes recubrimientos con asfalto generalmente colocado en caliente. La experiencia muestra que los paneles expuestos al sol en los taludes presentan deformaciones importantes con el tiempo y deben sustituirse periódicamente. Las láminas de este tipo se prestan solamente al revestimiento de lagunas pequeñas. También pueden usarse como protección no impermeable contra oleaje.

3.4.4 Revestimiento a Base de Suelos Compactados.

Históricamente, el sistema de recubrimiento con el más largo registro de operación exitosa es el suelo compactado. Además, este tipo de recubrimientos resulta frecuentemente ser el más económico. Una capa de suelo nunca es totalmente impermeable pero solamente deja pasar una cantidad controlada de líquido. Estas filtraciones pueden ser inferiores a los que se presentan en otros sistemas más costosos a consecuencia de defectos de instalación o de fabricación y en el método de colocación.

3.4.5 Revestimientos de Concreto Asfáltico.

El asfalto es un compuesto que se encuentra en distintas proporciones en la mayoría de los petróleos crudos. Es un material cementante entre negro y café oscuro que se vuelve líquido al calentarse. Su densidad es algo más ligera que la del agua. A la temperatura ambiente, el asfalto puede variar de un estado sólido a semisólido. El constituyente principal del asfalto es el betún, una mezcla de hidrocarburos de origen natural o pirogénico, todos los cuales son solubles en el disulfuro de carbono.

Casi todo el asfalto comercialmente producido proviene de la destilación de petróleo. La mezcla de asfalto con agregados pétreos se conoce como concreto asfáltico.

Los revestimientos de concreto asfáltico mezclados en caliente se han usado frecuentemente como revestimientos en espesores del orden de 5 cm. Se emplea un concreto asfáltico análogo al usado para carpetas en carreteras.

Sin embargo, su contenido de asfalto es mayor (6.5% a 9.5%) y el porcentaje de "filler" mineral más alto: además, se usa un asfalto de baja penetración (4 a 7 mm) y se obtiene esta impermeabilidad después de compactarse. Sin embargo, es difícil reproducir en el campo en tipo óptimo de mezcla que haya definido en el laboratorio. Otros problemas que pueden presentarse son los siguientes:

- Agrietamiento y deformación del sustrato de apoyo.
- Agrietamiento por efecto de agentes climáticos en las zonas expuestas.
- Deslizamiento sobre los taludes, especialmente durante las épocas de calor. Es difícil lograr simultáneamente la impermeabilidad y la resistencia requerida para evitar el deslizamiento.
- Ataque por ciertos líquidos y en particular los aceites.

Lo anterior hace que generalmente el concreto asfáltico no se use realmente como revestimiento impermeable sino como protección mecánica de otro revestimiento (generalmente a base de arcilla).

La tabla 3.2 muestra una selección del tipo de revestimiento a escoger de acuerdo a la sustancia a almacenar.

3.5 APLICACIONES GEOTECNICAS

El desarrollo de aplicaciones es tal que se conocen varias particulares en ingeniería civil y actualmente se investigan y desarrollan nuevas aplicaciones.

Entre los usos que se han dado a las geomembranas en actividades civiles geotécnicas y ambientales se pueden relacionar las siguientes :

TABLA 3.2 GUIA PARA LA SELECCIÓN DE REVESTIMIENTOS

SUBSTANCIA	TIPO DE REVESTIMIENTO									
	PE	Hypalo	PVC	Hule butilo	Neopreno	Tableros asfálticos	Concreto asfáltico	Concreto	Acero	CPE
Agua	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	PC	OK
Aceites Animales	Ok ^c	OK	SR	OK	OK	C	C	NR	OK	OK
Aceites de Petróleo (no aromáticos)	Ok ^c	C	NR	NR	SE	NR	NR	OK	OK	OK
Aguas negras domésticas)	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
Soluciones Salinas	OK	OK	OK	OK	OK	OK	C	NR	NR	OK
Soluciones Base	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	C	OK	OK
Acidos Ligeros	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	NR	NR	OK
Acidos Oxidantes	NR	NR	NR	NR	OK	NR	NR	NR	NR	NR
Salmuera	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	C	NR	OK
Aceites de Petróleo (aromáticos)	C	NR	NR	NR	NR	NR	NR	OK	OK	NR

- (a) OK = Generalmente satisfactorio
 C = Cuestionable
 NR = No se recomienda
 SR = Se rigidiza
 SE = Se expande
 PC = Se surge protección catódica

(b) Se recomienda efectuar pruebas de inmersión en cualquier revestimiento que se vaya a usar en un medio ambiente donde exista duda sobre su longevidad. Consulte al fabricante del revestimiento o a un laboratorio de prueba con experiencia cuando haya duda

(c) Debe ser de una sola pieza

- Revestimientos en depósitos de agua potable.
- Revestimiento en depósitos de aguas industriales.
- Revestimiento en depósitos de aguas residuales.
- Revestimiento en depósitos de desechos de bajo nivel radioactivo.
- Revestimiento en lagunas de evaporación.
- Revestimiento en depósito de soluciones químicas.
- Revestimiento en canales para transporte de agua.
- Revestimiento de rellenos sanitarios de primer, segundo y tercer orden.
- Barrera para control de filtraciones perimetrales de zonas contaminadas.
- Barrera para control de filtraciones en diques.
- Revestimiento interior en túneles.
- Revestimiento de diques en tierra y piedra.
- Revestimiento de diques para control de derrames en la periferia de tanques con hidrocarburos .
- Coberturas en depósitos para control de evaporación.
- Coberturas en depósitos para control de polución.
- Barrera para control de suelos expansivos.
- Cobertura en rellenos sanitarios para controlar olores y generación de lixiviados por efectos de lluvia.
- Pantallas para conducción de corrientes de agua.
- Bajo capas de asfalto como estrato impermeable.
- Barrera impermeable secundaria de tanques enterrados.
- Revestimiento para corregir pérdidas en tanques existentes
- Protección de estructuras de concreto.

CAPITULO IV

EL DEPOSITO DE TRIOXIDO DE ARSÉNICO – MALPASO

4.1 UBICACION

El depósito de Trióxido de Arsénico de Malpaso, se encuentra localizado en una terraza aluvial ubicada sobre la margen izquierda del río Mantaro, aproximadamente a 17 km. Aguas arriba de la ciudad de La Oroya.

Las coordenadas UTM que delimitan al depósito de Malpaso son N 8737350 – 8737650 y E 388750 – 389200.

4.2 EVALUACIÓN DE LA NECESIDAD DE IMPERMEABILIZAR EL DEPÓSITO DE TRIOXIDO DE ARSÉNICO DE MALPASO – LA OROYA

Para evaluar la necesidad de impermeabilizar el depósito de Trióxido de arsénico se analizaron las muestras obtenidas de los registros de niveles de los tres piezómetros instalados así como también los valores de la calidad del agua subterránea de dichos piezómetros, los cuales indicaban que el flujo del agua subterránea era en dirección O-E (paralelo a la dirección del flujo del río Mantaro) y SO-NE (del río hacia el acuífero), concurriendo todo este flujo hacia una especie de garganta ubicada en el extremo Este del depósito aluvial. El hecho de que el área de contribución del agua subterránea sea mucho mayor que el área de desfogue hacia el río Mantaro se ve reflejada en la gran diferencia del contenido de arsénico aguas arriba (0.02 a 0.04 ppm) y aguas abajo 660.20 ppm del depósito de trióxido de arsénico.

Para la impermeabilización del depósito de trióxido de arsénico existieron 2 alternativas de cobertura , pantalla hidráulica y cobertura impermeabilizante., las cuales se describen a continuación:

Alternativas de Cobertura

a) Pantalla Hidráulica

La necesidad de colocar una pantalla hidráulica en el extremo Norte de los depósitos de trióxido de arsénico surgió del análisis previo realizado por ADI Group (11996) y Simons – Hartfield Consultants – Klohn Crippen Consultants (1997), habiéndose concluido en ambos estudios que la recarga del río Mantaro se daba en parte desde los acuíferos ubicados en los depósitos aluviales, y que además, resultaba probable que la napa freática llegara a estar a una elevación por encima del nivel de fondo del depósito de trióxido de arsénico. Se asumía entonces, que la generación de la carga contaminante se debía no sólo a la acción de la precipitación directa de lluvia sobre el depósito de trióxido de arsénico, sino también por el flujo del agua subterránea que lavaba y solubilizaba el material tóxico.

El programa de investigación de campo llevado a cabo ha demostrado que las premisas asumidas no estaban en lo cierto, encontrándose entre cosas, que:

- La napa freática en el caso de Malpaso, se encuentra bastante profunda en relación al fondo de los depósitos de trióxido de arsénico, a unos 5 m.
- El depósito de suelo aluvial tiene un coeficiente de permeabilidad bastante elevado (el valor de K varía entre 10^{-2} y 10^{-3} cm/s en el extremo norte de los depósitos y entre 10^{-3} y 10^{-4} cm/s en el resto del depósito aluvial), lo cual hace suponer que el flujo de agua subterránea en el estrato de suelo no saturado es básicamente vertical, en dirección hacia el acuífero; y ,

- Los resultados del análisis de calidad del agua subterránea muestreada de los piezómetros muestran que los flujos de agua subterránea no son necesaria ni principalmente desde el acuífero hacia el río.

No se desconoce el hecho de que para un depósito tipo aluvial, normalmente la permeabilidad en el sentido de horizontal es una magnitud mayor que en sentido vertical, sin embargo, los valores de permeabilidad son tan altos en ambos casos, que el flujo predominante sea en sentido vertical tal como se ha explicado en los párrafos precedentes.

También se considera la presencia de estratos cementados o con intercalaciones de travertino, hecho que podría significar una reducción en el valor del coeficiente de permeabilidad del material aluvial, o sea un riesgo de iteracción de pequeños acuíferos “colgados” con el material de trióxido de arsénico, no son mayores que los del material aluvial y considerado negligables.

En conclusión, al no haber contacto entre el acuífero de agua subterránea y el trióxido de arsénico, no hay entonces la necesidad de colocar una pantalla hidráulica en el extremo norte del depósito y se construirá solamente una cobertura impermeabilizante .

b) Cobertura Impermeabilizante

El plan de cierre de los depósitos de trióxido de arsénico se centrará básicamente en el diseño de una cobertura impermeabilizante , cuya finalidad será la de minimizar la tasa de infiltración de agua de lluvia y/o de escorrentía en el depósito y por lo tanto, disminuir la posibilidad de solubilización del arsénico, de modo de llevar los contenidos de este elemento en los acuíferos aluviales y en río Mantaro hasta niveles por debajo de los límites máximos permisibles respectivos.

El diseño de la cobertura impermeabilizante incluye la colocación de una primera capa de material aluvial que permite conformar la superficie de la cobertura, sobre la cual se asentará una capa de arcilla que servirá como segunda barrera de infiltración, para finalmente colocar encima un dren de grava, un geotextil que sirva como filtro y una cobertura de suelo aluvial.

El grado de adecuación de la cobertura descrita en el párrafo anterior al propósito que se persigue con el abandono del depósito de trióxido de arsénico, fue evaluado por medio del software HELP (Hydrologic Evaluation of Landfill Performance), el cual permite hacer una simulación hidrológica del comportamiento de una cobertura frente a un determinado contexto meteorológico y esperadas condiciones de construcción.

Si bien los resultados de dicha simulación indicaron que la configuración propuesta era adecuada alcanzando el objetivo de minimizar la tasa de infiltración de agua de lluvia al depósito de trióxido de arsénico, también se analizó el diseño de una cobertura impermeabilizante de triple revestimiento, es decir el que lleva sobre el primer par de geomembrana y geotextil y finalmente una capa de aluvial y el suelo superficial donde se puedan realizar prácticas de revegetación. Este último no resultó más eficiente que el primero y el costo de la segunda (la de triple revestimiento) es mayor y por lo tanto, la primera es la que se recomienda construir.

Respecto a la simulación hidrológica realizada con el software HELP sobre el comportamiento del tipo de cobertura propuesta, se observa que para el peor escenario posible (20 huecos de 1mm de diámetro por cada hectárea de geomembrana, 40 defectos de instalación por cada hectárea de geomembrana y un contacto no adecuado de la geomembrana con la capa de arcilla subyacente), la tasa de infiltración se reduce de 44% (lo cual es equivalente en el caso de Malpaso por ejemplo, a una carga contaminante de aproximadamente 2500m³ de generación anual de lixiviado contaminante) a un máximo de 2% de la precipitación anual, lo cual está cerca de lo óptimo

fijado como criterio de diseño (tasa máxima de infiltración del 1%). Esto último se puede lograr siguiendo adecuados controles de calidad durante la etapa de construcción.

A continuación se describe, una por una, las distintas capas y detalles que conforman la cobertura impermeabilizante.

- Primera Capa de Material Aluvial

La primera capa de material aluvial deberá ser colocada sobre la cubierta existente de material aluvial, a fin de formar la superficie sobre la cual se asentarán las siguientes capas de la cobertura impermeabilizante. Las pendientes a alcanzar con esta superficie deberán variar entre 3 % y 5%.

El material a emplear deberá ser de tipo granular, clasificado según la investigación de campo realizada, como grava mal graduada (GP), con un contenido de finos de menos de 5%. Este material se encuentra disponible en la misma terraza aluvial donde se ubica cada uno de los depósitos de trióxido de arsénico, no debiendo contener materia orgánica ni bolonería con un tamaño mayor a los 10cm.

El material será colocado en capas de 30 cm, siendo el criterio de compactación a seguir, el lograr un 90% de Proctor Modificado. Deberá preverse que la última capa a colocar, tenga una granulometría más fina, con el objeto de permitir el adecuado asentamiento de la capa de arcilla a colocar encima.

El volumen del material a colocar en el depósito de trióxido de arsénico de Malpaso, asciende a 1062 m³. Se ha buscado alcanzar las pendientes recomendadas, sin tener que cortar material de trióxido de arsénico (de alta toxicidad), en la medida de lo posible.

- Capa de Arcilla.

La capa de arcilla a colocar sobre la superficie conformada con el material aluvial, tiene como finalidad el servir de última barrera de infiltración del agua de lluvia que precipita directamente sobre el depósito de trióxido de arsénico. La inclusión de esta capa de material impermeable, que debe tener un coeficiente de permeabilidad menor que 10^{-7} cm/s, se justifica, al no existir experiencia real alguna de la vida útil del material geosintético a colocar encima. En el caso de la arcilla, existen experiencias acerca de Proyectos, en los cuales se ha logrado impermeabilizar depósitos de residuos sólidos, en el largo plazo, tal como corresponde a este plan de cierre.

Adicionalmente, esta capa servirá como cama para asentar la geomembrana que servirá como segunda y principal barrera de infiltración. El tipo de Arcilla a emplear es de baja plasticidad (CL), con un espesor mínimo de 30 cm., colocada en dos capas de 15 cm., compactada a 90% P.M.. La arcilla deberá ser homogeneizada y estar exenta de terrones, de forma tal que no se formen lentes o bolsones que difieran sustancialmente del material vecino, en textura o granulometría.

El volúmen a colocar en el depósito de Malpaso, incluyendo el diente que se requiere construir en el sector norte, asciende a 7686 m².

- Geomembrana Impermeabilizante y Geotextil Protector

Sobre la capa de arcilla se colocará una geomembrana lisa de polietileno de alta densidad (HDPE), de 1.50 mm (60 mil) de espesor, la cual servirá como segunda y principal barrera de infiltración de agua de lluvia que precipita directamente sobre el depósito de trióxido de arsénico. De acuerdo a la información proporcionada la permeabilidad de la

geomembrana es menor que 10^{-13} cm/s y se requiere de un total de 24096 m².

Como la configuración propuesta para la cobertura impermeabilizante, incluye la colocación de un dren de grava sobre la geomembrana, se ha considerado la necesidad de colocar un geotextil intermedio, para proteger la geomembrana de posibles punzonamientos.

El tipo de geotextil recomendado es del tipo agujado no tejido, con una masa mínima por unidad de área de 540 gr/m², de acuerdo al procedimiento descrito en la Norma ASTM D5261. Se requiere un total de 26680 m² de Geotextil.

- Dren de Grava

Sobre el par de geosintéticos , geomembrana impermeabilizante y geotextil protector, se tiene proyectado colocar una capa de grava, para drenar el agua de lluvia que precipita directamente sobre el depósito. El material a emplear será grava mal graduada (GP), limpia (libre de material vegetal, terrones de arcilla, cementantes u otros materiales deletéreos, con un contenido de finos menor al 5%) y redondeada.

El espesor del dren de grava será de 30 cm., con un volumen a colocar de 7040 m³ incluyendo la zanja colectora perimetral.

- Material Aluvial Clasificado

La última capa de cobertura impermeabilizante estará conformada por material aluvial clasificado a un tamaño que incluya preferentemente 30 % de grava bolonería.

Originalmente se tenía planteado una capa de suelo vegetal sobre la cual se pudiera hacer prácticas de revegetación, sin embargo, dada la alta toxicidad del trióxido de arsénico y el riesgo grande de que el área sea ocupada en el futuro para darle un uso agrícola o recreacional, es preferible dejarla con material aluvial y por precaución cercarla y prohibir el establecimiento de cualquier comunidad en dicha área.

Debo mencionar que al momento de efectuar la investigación sobre los datos de diseño de la cobertura, las empresas Centromín Perú (empresa contratante) y la Cía. Klohn Crippen Consultants.(empresa contratada para el diseño), negaron brindar todo tipo de información para efectos de la realización de este trabajo, alegando que la información solicitada era de propiedad intelectual de Centromín y por lo tanto era reservada, lo cual quería decir que no era posible tener acceso a ella. Como resultado de esto no se incluyen datos de diseño y solo se han mostrado los resultados finales del mismo.

4.3 GENERALIDADES DE DEPÓSITOS.

Debido a la gran contaminación que existe al depositar desechos químicos en terrenos de suelo natural el uso de algunos tipos de geosintéticos (geomembrana, geotextil, otros geosintéticos) han sido considerado necesario por años.

Esta necesidad es creada por la humedad en los materiales de relleno que interactúa con el contenido del relleno formando un líquido llamado “leachate”.

Este líquido fluye gradualmente por gravedad y si no fuera por la barrera que ofrece el geosintético la infiltración podría continuar hasta encontrarse con aguas subterránea lo cual significaría una posible contaminación.

Los tipos de liner que han sido usados para la contención del “leachate” o lixiviado son numerosos pero el predominante siempre ha sido la arcilla

4.3.1 Materiales Impermeabilizantes Para Rellenos o Depósitos

Los estudios realizados sobre las aguas subterráneas indican que la disposición inadecuada de los residuos sólidos esta causando su contaminación, con riesgos muy altos,. No solamente para el ambiente, sino lo que es más importante, para la salud de los humanos cuando se utiliza este recurso como fuente de agua para sus necesidades vitales.

Los materiales que pueden emplearse para impermeabilizar el suelo de los Rellenos Sanitarios, o Químicos son variados y su selección está basada en factores de carácter técnico y económico.

La función de los materiales impermeabilizantes se realiza mediante dos mecanismos:

- Impidiendo el flujo de los contaminantes y del medio que los transporta, generalmente agua, hacia el subsuelo y por consiguiente, hacia las aguas subterráneas.
- Absorbiendo o atenuando los contaminantes disueltos o suspendidos, sean orgánicos o inorgánicos, con el fin de reducir sus concentraciones a un intervalo no dañino para las aguas subterráneas. Esta capacidad absorptiva o atenuante depende fundamentalmente de la composición química del material impermeabilizante y de su masa.

Los suelos, en general, tienen una gran capacidad absorptiva de materiales de diferente tipo, pero son considerablemente más permeables que una membrana polimérica, sin embargo, una capa de suelo de gran espesor permite un flujo a través de él. Los suelos y las arcillas de baja permeabilidad disponibles en el sitio o en sitios cercanos, pueden ser compactados y moldeados para reducir la permeabilidad y aumentar la resistencia.

Para recomendar uno u otro sistema es necesario tener en cuenta:

- Tipo de desechos sólidos a depositar.
- Disponibilidad de préstamos de arcilla cerca o en el sitio del relleno y calidad de la arcilla.
- Topografía del terreno.
- Facilidades y dificultades que, en la construcción y operación, pueden representar el uso de uno u otro sistema.
- Costos.

La impermeabilización con arcilla representa ventaja, únicamente cuando la arcilla se encuentra en el mismo sitio del relleno ya que no es necesario manipularla demasiado. Otra ventaja que generalmente presenta la arcilla es la buena resistencia al ataque químico del lixiviado.

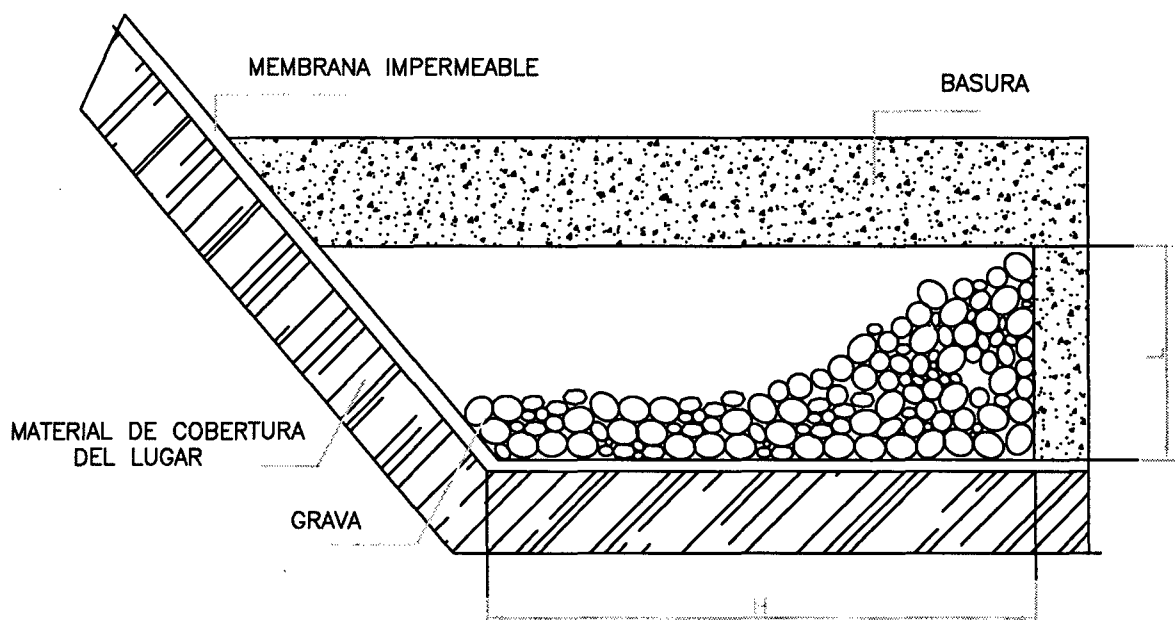
4.3.2 Las Membranas en Los Rellenos o Depósitos

Las membranas impermeables se deben utilizar en los rellenos para la construcción de filtros que evacuan los lixiviados. El uso de estas membranas presenta las ventajas que, además de evitar la erosión del material que conforma el filtro, evita la reacción con el lixiviado que puede causar en un momento el derrumbe y la destrucción del filtro tal como se aprecia en la fig.4.1

Los terraplenes en los rellenos deben protegerse con membranas sintéticas para evitar que el ataque de los lixiviados al material del terraplén a la vez que aumentan la permeabilidad del terraplén y así evitar que se infiltre a través de él. (ver fig. 4.2).

Finalmente se recomienda el uso de geomembrana para el cierre del botadero o depósito con el objetivo de suspender la entrada de humedad adicional al

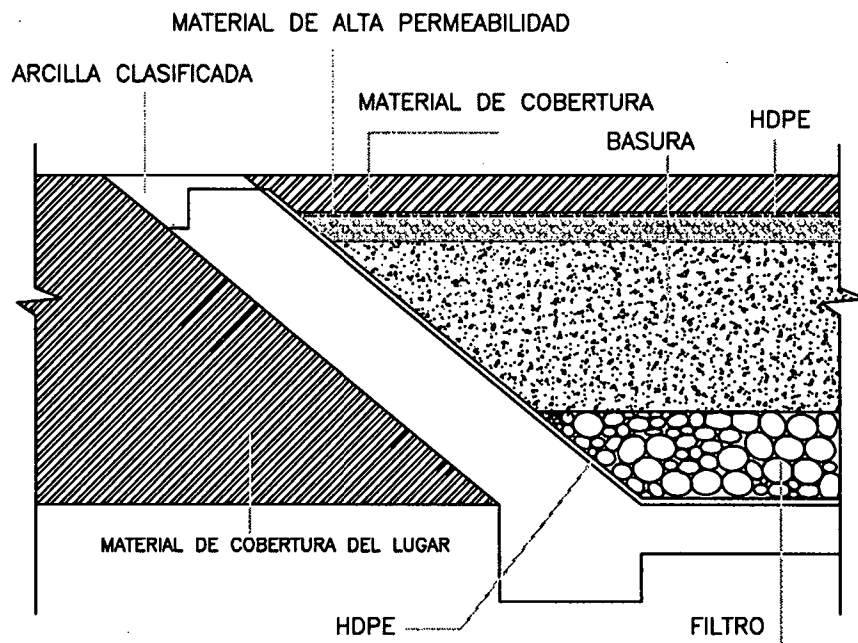
FIG. 4.1
FILTROS PARA EXTRACCION DE
LIXIVIADOS O RELLENOS SANITARIOS
USO DE GEOMEMBRANA



SECCION TRANSVERSAL

material depositado y controlar la producción de lixiviados con el objeto de disminuir su caudal contaminante.

FIG. 4.2
TERRAPLENES EN RELLENOS SANITARIOS - LIXIVIADOS
USO DE GEOMEMBRANA



CAPITULO V

CAPAS DE LA COBERTURA IMPERMEABILIZANTE

5.1 CAPA DE MATERIAL ALUVIAL

Esta capa se colocó con la finalidad de tener un material de relleno nivelado sobre la superficie actual de terreno hasta alcanzar las inclinaciones requeridas, según lo indicado en los planos del proyecto.

Las especificaciones técnicas referidas a la extracción de este material se indicaba que debía ser del tipo granular, clasificado según el estudio geotécnico como grava mal graduada (GP), menos de 5% de finos.

Este material aluvional debía ser extraído de una cantera ubicada al sudoeste del depósito de trióxido de arsénico y no sufriría mayor tratamiento, no contendría piedras mayores de 0.10 m, tampoco materia orgánica, raíces, etc., en cantidades perjudiciales.

Construcción

El material fue extendido en cantidades suficientes para formar capas horizontales de 20 cm de espesor después de compactada, pero compactando la primera capa de material aluvional de 0.20 m se observó que el terraplén presentaba el fenómeno de resiliencia al que comúnmente se le denomina efecto de colchón debido al trióxido de arsénico que en todas las secciones se presentaba de manera superficial, a pesar de la buena energía de compactación y la cantidad de pasadas de rodillo era imposible alcanzar el porcentaje de compactación requerido.

Por consiguiente se decidió en obra aumentar el espesor de la primera capa de 0.20 m a 0.40 m con el fin de contra restar el fenómeno de resiliencia y alcanzar el 95 % de compactación estipulado en las exigencias del proyecto.

Luego de esta primera capa de 0.40 m se colocaron espesores de 0.20 m compactados como lo estipulaba el proyecto, puesto que el suelo de fundación era la capa de 0.40 m de material aluvial y no de trióxido de arsénico así también los porcentajes de compactación eran mayores en las siguientes capas.

En lo que respecta al control de calidad se realizaron pruebas cada 250 m² y en zonas donde la supervisión lo creía conveniente.

5.2 CAPA DE ARCILLA

La finalidad de la colocación de esta capa fue de crear un revestimiento (liner) de 0.30 m de espesor sobre la superficie previamente preparada, de acuerdo a los planos con una pendiente de 3 a 5 %.

El material para la construcción de este revestimiento se obtuvo de la cantera identificada con el nombre de Alcaparrosa que esta a 4 km. Aguas abajo de Malpaso y adyacente a la carretera La Oroya-Malpaso.

Para la explotación de esta cantera se hizo una limpieza previa del camino de acceso que salía hacia la cantera desde la carretera, cuya longitud era aproximadamente 500 m.

Construcción

El material arcilloso fue conformando con un cargador frontal 6434 G-1 (JOHN DEERE) y el tractor 850-C (JOHN DEERE) para contra restar los terrones que eran inherentes al tipo de material producto de la consolidación de las partículas plásticas del mismo cuando se encuentran en cantera.

La compactación se realizó con un rodillo Caterpillar 533-C de rola lisa, obteniéndose 0.15 m de espesor en la primera y segunda capa del material; como consecuencia se obtuvo en las pruebas de compactación el 95% y 96% de la densidad máxima obtenida por el Proctor Estándar (ASTM D-2216)

5.3 INSTALACIÓN DE LA GEOMEMBRANA

La geomembrana que se colocó era geomembrana de 1.50 mm de espesor lisa por ambas caras de Polietileno de Alta Densidad (HDPE).

Para la colocación del manto de geomembrana se aprobó previamente la superficie del terreno, la cual no debía presentar material de grava o punzonante que pudiera dañar la superficie de la geomembrana y deteriorarla. En todo momento la supervisión verificó el cumplimiento de todos los procedimientos adecuados para la instalación del geosintético.

Construcción

La colocación de la Geomembrana se llevó a cabo de acuerdo a técnicas y maniobras adecuadas para el despliegue de los rollos en concordancia con las posiciones y niveles indicados en los planos de diseño (ver anexo, plano de distribución de paños) de tal manera de minimizar la formación de arrugas y de prevenir la formación de dobleces y pliegues

Antes del tendido de los paños se efectuaron las pruebas de elongación y tensión a los rollos de geomembranas, prosiguiendo luego con el tendido de los paños.

Luego se realizaron las pruebas de calibración de los equipos de fusión y se efectuaron las soldaduras de los paños de tal forma de asegurar un traslape mínimo de 7.5 cm. entre paño y paño.

Paralelamente a la soldadura de los paños se efectuaron los controles de calidad a las costuras (cada 150 m lineales de soldadura aproximadamente) y luego se efectuaron las reparaciones respectivas a cada punto en donde se habían hecho las pruebas de control de calidad.

Todos los datos de las pruebas de tendido, soldaduras, controles de calidad y reparaciones fueron registrados y se presentan en el siguiente capítulo en donde se amplía la descripción de la instalación de la geomembrana de HDPE .

5.4 INSTALACIÓN DEL GEOTEXTIL

Se colocaron dos tipos de geotextiles el primero de 540 gr/cm² sobre la geomembrana y el segundo de 150 gr/cm² sobre la capa de grava.

El principal objetivo de la colocación del geotextil fue el de brindar protección a la capa de geomembrana que se colocó por debajo, ya que sobre el geotextil se colocó una capa de material aluvional, el cual podía dañar o deteriorar la superficie de la geomembrana ocasionándole filtraciones.

Otra función que el geotextil iba cumplir era la de drenaje ya que el terreno presentaba pendientes de 3% a 5% y con estas pendientes podía transportar o conducir el agua de posibles filtraciones que no hayan sido transportadas por el material aluvial o la grava, hacia las zanjas de drenaje.

Construcción

El procedimiento para la colocación del geotextil fue muy sencillo ya que se colocó sobre la geomembrana que ya estaba aprobada por supervisión y se hizo de la siguiente manera:

Los rollos de geotextil fueron colocados en sentido transversal al eje mayor del área del depósito, al igual que la geomembrana en todo momento se trató de

evitar la formación de arrugas y se verificó que los paños se encuentren con un traslape mínimo de 0.15 m para luego efectuar la unión de estos mediante costuras con hilo especial de poliéster de alta resistencia y puntadas de 1" de espaciamiento.

5.5 DREN DE GRAVA

Esta capa se colocó con el fin de drenar el agua de lluvia que precipita directamente sobre el depósito de trióxido de arsénico y poder conducirlo hacia las zanjas de drenaje.

Se colocó una sola capa de 0.30 m de espesor ya que si se colocaban 2 capas de 0.15 m c/u el espesor de la capa iba a ser insuficiente para soportar el peso de la maquinaria que iba a ingresar para trabajar este material, lo cual podía dañar la capa de geomembrana o geotextil.

Construcción

Para la conformación de esta capa se usó un cargador frontal 644 para el carguío a los 06 volquetes, se trabajó con 04 volquetes de 15 m³, 01 volquetes de 12 m³ y 01 volquetes de 10 m³ para lo cual la grava fue transportada hasta los límites del depósito descargando la mitad del contenido en esas inmediaciones, ingresando con el material restante hasta el centro del depósito.

Posteriormente el material fue extendido con el cargador frontal L70B Volvo, nivelado y compactado con la motoniveladora 133-H CAT y el rodillo Walckrer de 6 ton. respectivamente.

Las pruebas de control de compactación se realizaron una vez por sección cada 250 m² o en el momento que el supervisor lo indicaba.

5.6 CAPA DE MATERIAL ALUVIAL CLASIFICADO

El material que se usó fue del tipo canto rodado (hormigón de río) que estaba constituido por clastos redondeados de origen ígneo empacados en una matriz arenosa constituida por arena de grano medio en mayor proporción y arena de grano fino de igual proporción y menor proporción respectivamente.

Construcción

El transporte de este material se realizó por medio de 04 volquetes marca Scania de 15 m³ c/u. Luego de haber sido sometido a un proceso de zarandeo.

La conformación del material se realizó en tres capas de 0.20 m cada una, desde la sección M0 a la M13 utilizando para ello el cargador frontal L-70 Volvo para evitar dañar el geotextil subyacente al mismo, posteriormente se conformó con el propósito de nivelar y se dio el acabado con una motoniveladora Caterpillar.

Finalmente se humectó en niveles de menos del 5% del contenido de humedad estipulados como tal en los ensayos de Proctor Modificado (TT – 180 D AASHTO) posteriormente se realizó la compactación por vibración.

Todo este trabajo se verificó realizando control de calidad bajo la modalidad de:

- Humedades naturales cada 250 m².
- Densidad Natural utilizando el método de cono de arena cada 250 m².
- Ensayos de Proctor Modificado (TT – 180 D AASHTO) cada 5000 m² para determinar los parámetros de máxima densidad de laboratorio y óptimo contenido de humedad.
- Se realizaron ensayos de caracterización (análisis granulométrico por tamizado cada 5000 m²).
- Se debe resaltar que los valores de compactación arrojaron valores de 98% en promedio los cuales superan las exigencias estipuladas en el expediente técnico.

CAPITULO VI

CONSTRUCCION E INSTALACIÓN DE LA COBERTURA DE HDPE

6.1 MEMORIA DESCRIPTIVA

La Cobertura del Depósito de Trióxido de Arsénico, en la cual se realizaron los trabajos de impermeabilización, se ubica sobre la margen izquierda del río Mantaro, aproximadamente a 17 km. aguas arriba de la ciudad de la Oroya.

La colocación de la geomembrana fue realizada por la Cía. CIDELSA *INGENIERIA EN GEOSINTETICOS* y se realizó con la ayuda de una barra extensora y un cargador frontal proporcionado por la Contratista J.C. Contratistas Generales, lo cual permitía realizar el tendido de los rollos de una manera mucho más rápida.

Debo indicar que el tendido de mantas en ciertos momentos el tendido de los rollos era detenido por la fuerte acción del viento el cual levantaba el paño de geomembrana que se estaba tendiendo.

El tendido de los paños de geomembrana se efectuó en presencia de la Supervisión la cual se encargaba de verificar y controlar que los rollos estuvieran debidamente identificados y sean tendidos de una forma correcta sin que se presentaran pliegues o dobleces.

Previo al trabajo de tendido de los paños se verificaba conjuntamente con la supervisión las condiciones de la superficie del terreno para lo cual se entregaba un acta de aceptación de la superficie del terreno, luego de esto era tendido el paño de geomembrana.

El tendido de los paños se hizo en el sentido de los ejes M1, M2...M13 es decir, en sentido perpendicular al eje del depósito de tal manera que se cubriera toda el área.

Paralelamente a la colocación de los paños de geomembrana se realizó el sellado de paño y paño y posteriormente se realizaron las pruebas de control de calidad a las costuras.

Finalmente se realizaron las reparaciones de los ptos. donde se hicieron los controles de calidad y en donde habían habido observaciones por parte de la supervisión como rayaduras o quiebres.

Las reparaciones se hicieron de dos formas usando extrusión y colocando parches a los cuales finalmente se les hacía un control de calidad con Vacuum-Box a 5 psi de presión.

6.2 PROCEDIMIENTOS DE CONTROL DE CALIDAD PARA LA INSTALACIÓN DE GEOSINTÉTICOS

La impermeabilización del Depósito de Trióxido de Arsénico” ubicado en Malpaso – La Oroya se realizó con geomembrana de HDPE (Polietileno de Alta Densidad) de 60 Mils de tipo liso por ambas caras.

Para cubrir toda el área del Depósito de Trióxido se utilizaron 24,142.06 m² de liner de 60 mils (1.50 mm).

La cantidad de rollos de geomembrana que se utilizó para la cobertura presentó las siguientes características:

-	23 Rollos POLYFLEX	(23.00 x 7.00 x 122.00) =	19,642.00 m ²
-	04 Rollos GSE	(4.00 x 6.90 x 128.00) =	3,532.80 m ²
-	01 Rollos SDE	(1.00 x 6.86 x 141.00) =	<u>967.26 m²</u>
			24,142.06 m ²

6.3 CRITERIO DE RECHAZO - INSPECCION DE LOS MATERIALES GEOMEMBRANAS DE HDPE

Una inspección visual para cada rollo fue realizada previamente a su instalación, con el fin de determinar e identificar posibles defectos de fabricación o daños producidos durante el transporte. Sólo se aceptaron los rollos que estuvieron debidamente empacados y que no presenten defectos visibles. A excepción, que el daño fuera localizado en la superficie externa del rollo o que el daño fuera puntual y no mayor a 4.50 m². Adicionalmente, previamente a la instalación de cada rollo sólo se aceptaron los rollos que estaban adecuadamente identificados con los siguientes datos:

- Número de rollo
- Tipo de producto y espesor
- Dimensiones del rollo (ancho y largo)
- Fabricación del rollo (fecha, identificación de la materia prima)

Los datos de la inspección de los rollos se encuentran anotados en las hojas de Inspección de Materiales, así como también se encuentran los datos de ensayos de Elongación, Micrómetro y Tensión a la Ruptura.

6.4 PROCEDIMIENTOS DE INSTALACION PARA EL MANEJO Y COLOCACION DE LAS GEOMEMBRANAS DE HDPE EN CAMPO

Se procedió a la colocación de la geomembrana cuando las condiciones del terreno fueron aprobadas por el Ing. Supervisor de la contratista. La superficie del suelo estuvo debidamente compactada y seca, libre de rocas, objetos

punzonantes, desechos, escombros, u otros objetos que pudieran afectar la integridad o función de las geomembranas.

La colocación de las geomembranas se llevó a cabo mediante maniobras adecuadas para el despliegue de los rollos utilizando una barra extensora y un cargador frontal. No se extendió la geomembrana durante períodos de lluvia, condiciones de humedad excesiva, vientos fuertes o cualquier otra condición climática adversa.

La colocación de las geomembranas fue realizada en acordancia a las posiciones y niveles indicados en los Planos de Distribución de Paños (ver anexo 1) de forma tal de minimizar la formación de arrugas y prevenir los dobleces y pliegues. Durante la colocación e instalación de las geomembranas se colocaron sacos de arena a lo largo de los paños y de forma continua, en todos los bordes del material colocado en campo, con el fin de evitar el levantamiento del material por la acción del viento. Estos sacos tenían un peso aproximado de 15 Kg y eran colocados a una distancia entre ellos no mayor de 2 m

Un reaseguramiento (aumento de carga o disminución de la distancia) de esta carga era efectuado especialmente en los días libres, de noche y cuando se sospechaba tiempos tormentosos.

La colocación de la geomembrana era realizada de forma que todas las soldaduras puedan ser orientadas en el sentido de talud (perpendicularmente al borde superior de todos los taludes). Las geomembranas eran colocadas en campo de forma de asegurar un solape nominal de 100 mm. (10 cm.) y que en ningún caso era menor a 75 mm. (7,5 cm.).

Estos aspectos técnicos, como a su vez disposición de los rollos, se encuentran anotados en la hoja de Posicionamiento de Paneles.

6.5 PROCESOS DE SOLDADURAS PARA LA INSTALACION EN CAMPO DE LAS GEOMEMBRANAS DE HDPE

Tomando en cuenta la alta inercia química, las geomembranas de polietileno de alta densidad pueden ser ensambladas en forma efectiva a través de un proceso de fusión polimérica, en la cual básicamente una predeterminada cantidad de energía (calor) es suministrada a la interfase (solape), produciendo de ésta forma un nuevo enlace molecular permanente entre las cadenas moleculares del material a la interfase. Esta cantidad de energía puede ser suministrada por un mecanismo de transferencias de calor (conducción, convección y/o radiación) a partir de diferentes fuentes de origen como lo son los elementos calientes (soldadura por cuña caliente), soplado de aire caliente (soldadura por aire caliente), extrusión de material (soldadura por filete continua en extrusión) o vibración (soldadura por ultrasonido). Adicionalmente, con el fin de asegurar un sellado continuo, se debe aplicar presión seguidamente al tratamiento de calor. Es de hacer notar, que en el caso de soldadura por extrusión en la cual es necesario el aporte de material extruido, éste material debe ser fabricado con materia prima igual o compatible a la del material de base.

La calidad y credibilidad de las soldaduras de geomembranas en HDPE depende de numerosos parámetros como a su vez del tipo de equipo de soldadura utilizado.

En resumen, la mayoría de los parámetros son relacionados a la eficiencia del flujo de energía transferido. Las propiedades físicas de los polímeros, el espesor de la geomembrana, el tipo de equipo de soldadura, la velocidad de soldadura, la temperatura de soldadura, constituyen todos los parámetros de gran influencia. Las limitaciones en el campo como son las condiciones climáticas, la geometría y la naturaleza del suelo solo se adicionan a la complejidad de lograr una soldadura de calidad consistente.

Las soldaduras de campo se realizaron solo bajo excelentes condiciones ambientales, en seco, en una superficie compactada, lisa y de manera tal de

impedir la entrada de polvo o cualquier otro material que pueda alojarse en la soldadura.

Basado en la gran cantidad y requerimiento de todos los parámetros variables sólo se utilizó máquinas automatizadas de ambos tipos, convección y radiación, con los cuales se logró la calibración adecuada y el control de los parámetros influyentes.

Ambos tipos de soldadura simple y doble, se logran con estos tipos de equipo. Los equipos de soldaduras manuales de tipo conducción, donde la soldadura se logra por aporte de material extruído (soldadura por filete continuo), fueron únicamente utilizados en áreas de acceso limitado, soldaduras de detalles y de reparación.

Con respecto al proyecto y según sea el área en donde se deba instalar la geomembrana, los procedimientos de soldadura que se utilizaron se encuentran ubicados en las hojas de Procedimiento de Soldadura.

6.5.1 BASE Y TALUDES

En la base y los taludes de la cobertura (incluye las zanjas de anclaje) se utilizó prioritariamente, el método de cuña caliente (doble soldadura) para la instalación de las geomembranas y en acordancia a todas las exigencias de diseño, programa de aseguramiento de calidad y al presente programa de control de calidad.

Los rollos eran colocados maximizando el ancho y el largo minimizando las soldaduras. Los paneles estaban orientados de tal forma que se cumpla con el plano de distribución de paños

Los paneles colocados se dejaron con suficiente holgura para permitir la contracción y dilatación del material.

Las excepciones del método de cuña caliente fueron los pts. en donde se realizaron los ensayos de control de calidad, en donde se utilizó el método por extrusión y aire caliente.

En lo que refiere las zanjas de anclaje, la supervisión verificó en todo momento la colocación y comparación del relleno, de forma tal que ésta sea realizada, sin que ocasione ningún daño en la geomembrana y que el relleno de las zanjas se ajuste a las especificaciones dadas para la compactación.

6.6 PROCEDIMIENTOS DE CONTROL DE CALIDAD PARA LA CALIBRACION DE LOS EQUIPOS DE SOLDADURA

No se dio comienzo a ninguna soldadura para la instalación definitiva de geomembranas en campo, sin la calibración adecuada de los equipos de soldaduras. Esta calibración era realizada cada vez que se comenzaba a trabajar con un equipo o siempre que ocurrían cambios drásticos en las condiciones climáticas durante el período de trabajo.

Como mínimo una calibración era efectuada cada cuatro horas (2 por día). Las soldaduras de calibración eran efectuadas en muestras de 2 m de geomembrana y eran evaluadas por medio de ensayos destructivos en campo, los cuales incluyen el ensayo de corte y el ensayo de pelaje. Estos ensayos permitieron cuantificar y verificar los equipos de soldadura que fueron utilizados para la instalación definitiva de la geomembrana.

Los resultados de estos ensayos se muestran en la hoja de Control de Calidad de Campo-Calibración de Equipos de Fusión y Extrusión.

6.6.1 ENSAYO DE CORTE

En base a la norma ASTM D 882, el ensayo de corte consistía en someter a un espécimen (donde la soldadura se encuentre centrada) de 1'' (25 mm.) de ancho y 8'' (200 mm.) de largo, a una tasa de esfuerzo constante de 2 po/min (50 mm/min), con el fin de determinar su resistencia. El esfuerzo al corte así obtenido, debe ser igual o mayor al 90% del esfuerzo de tensión a la cedencia mínimo especificada para el material. Adicionalmente, se analizó el tipo de rotura, la cual debía ocurrir al exterior del área soldada y debe ser de tipo FTB (Film Tear Bond) como lo define la norma National Sanitation Foundation (NSF) Standard 54.

6.6.2 ENSAYO DE PELAJE

En base a la norma ASTM D 413, este ensayo consistía en someter a un espécimen (donde la soldadura se encuentre centrada) de 1'' (25 mm.) de ancho a una tasa de esfuerzo constante de 2 po/min (50 mm/min). La ruptura debía ocurrir al exterior del área soldada y la resistencia debe ser igual o superior al 60% de refuerzo de tensión a la cedencia mínimo especificado. El criterio era aplicado para ambos lados de la soldadura de fusión de doble cuña.

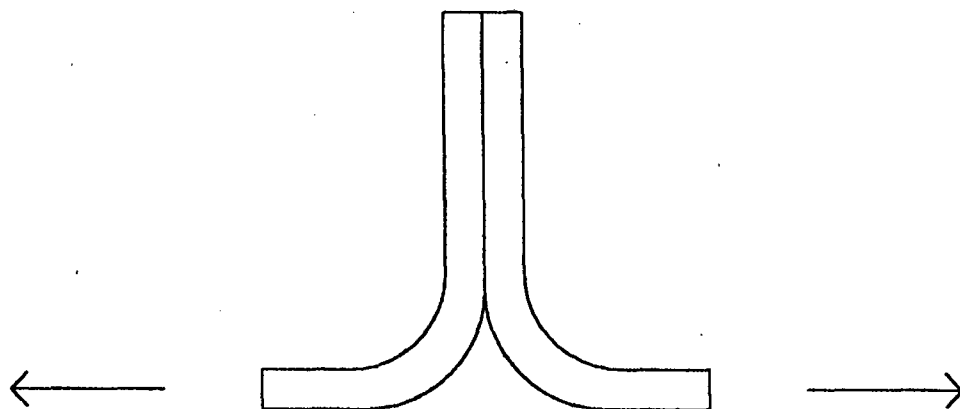
El procedimiento de control de calidad descrito, fue efectuado y es documentado con los siguientes datos:

- Fecha y hora
- Identificación del proyecto
- Identificación de los ensayos de calibración
- Número del ensayo de calibración (cronológico)
- Identificación del equipo de soldadura

ENSAYOS DESTRUCTIVOS



ENSAYO DE CORTE



ENSAYO DE PELAJE

- Temperatura ambiente
- Temperatura de precalentamiento
- Temperatura de extrusión
- Temperatura de soldadura
- Velocidad de soldadura
- Identificación del técnico soldador
- Resultados de los ensayos de esfuerzo de tensión al corte y al pelaje

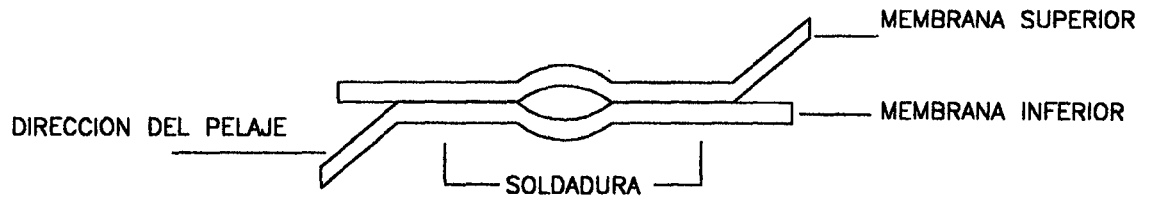
6.7 PROCEDIMIENTOS DE CONTROL DE CALIDAD PARA LAS SOLDADURAS DE CAMPO

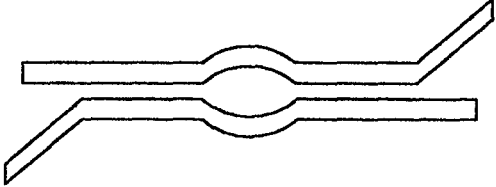
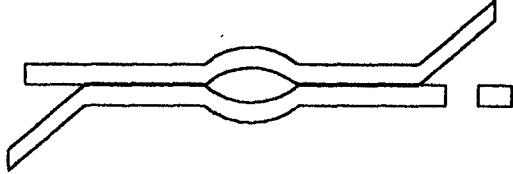
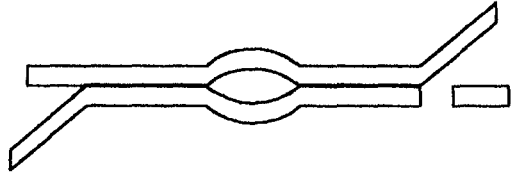
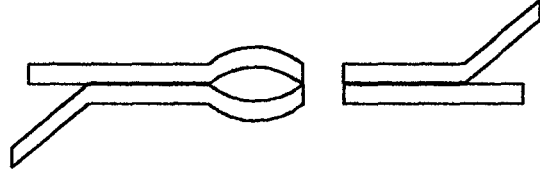
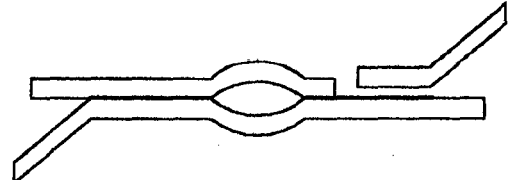
Se verificó todas las soldaduras realizadas en campo (100%) incluyendo las soldaduras hechas alrededor de los parches. Esta verificación se realizó por medio de ensayos no destructivos, con el fin de determinar la continuidad de las mismas. Adicionalmente, fueron realizados ensayos destructivos para determinar la resistencia mecánica de las soldaduras y la conformidad de las mismas con los criterios de diseño. Los ensayos destructivos fueron realizados en zonas determinadas en forma aleatoria, donde se juzgaba necesario y en zonas solicitadas por el cliente y/o por el inspector de aseguramiento de calidad.

6.7.1 ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS DE SOLDADURAS

Los ensayos no destructivos incluyen dos ensayos estandarizados por la industria y tecnología de los geosintéticos, estos ensayos son el ensayo de presión de aire para las soldaduras de doble cuña caliente y el ensayo de caja de vacío para las soldaduras de extrusión o de reparación.

SOLDADURA DOBLE DE GEOMEMBRANA



TIPO DE RUPTURA	CODIGO	DESCRIPCION DE LA RUPTURA	CLASIFICACION
	AD	FALLA DE ADHESION	AD
	BRK	RUPTURA EN EL MATERIAL PUEDO OCURRIOR EN LA MEMBRANA SUPERIOR O INFERIOR	FTB
	SE 1	RUPTURA AL BORDE PUEDO OCURRIOR EN LA MEMBRANA SUPERIOR O INFERIOR	FTB
	SE 2	RUPTURA AL BORDE INTERIOR DE LA SOLDADURA	FTB
	AD-BRK	RUPTURA EN LA SOLDADURA DESPUES DE CIERTA ADHESION PUEDO OCURRIOR TANTO EN LA MEMBRANA SUPERIOR O INFERIOR	FTB

FTB : FILM TEAR BOND

6.7.1.1 ENSAYO DE PRESION DE AIRE

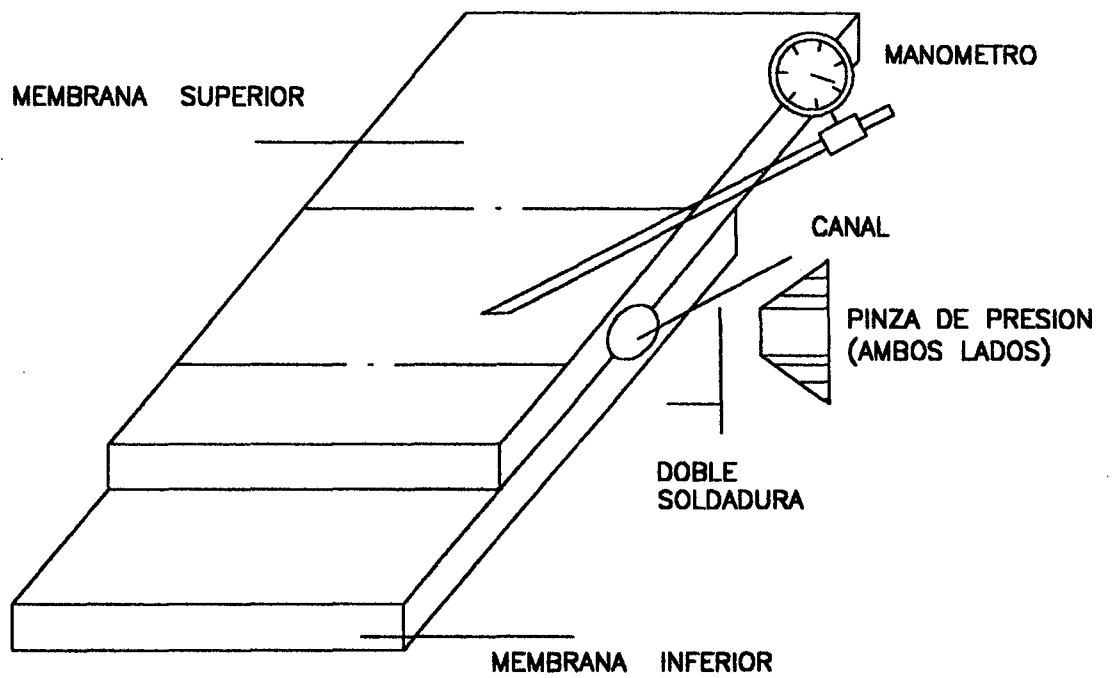
El ensayo de presión de aire, solo pudo ser realizado en soldaduras de doble cuña caliente, debido a la presencia del canal o apertura en el centro de la soldadura. El procedimiento consistió en aplicar una presión de 30 psi en el canal de la soldadura y observar cualquier caída de presión en un período de tiempo no menor de 5 minutos. El criterio que debe cumplir las soldaduras en una longitud no mayor a 250 metros, según especificaciones de diseño es: después de 5 minutos la presión debe ser monitoreada, la presión debe estar estabilizada y no presentar una variación mayor a 3 psi. En caso que la presión no se mantenga, se repite el ensayo por secciones hasta localizar la falla.

6.7.1.2 ENSAYO DE CAJA DE VACIO

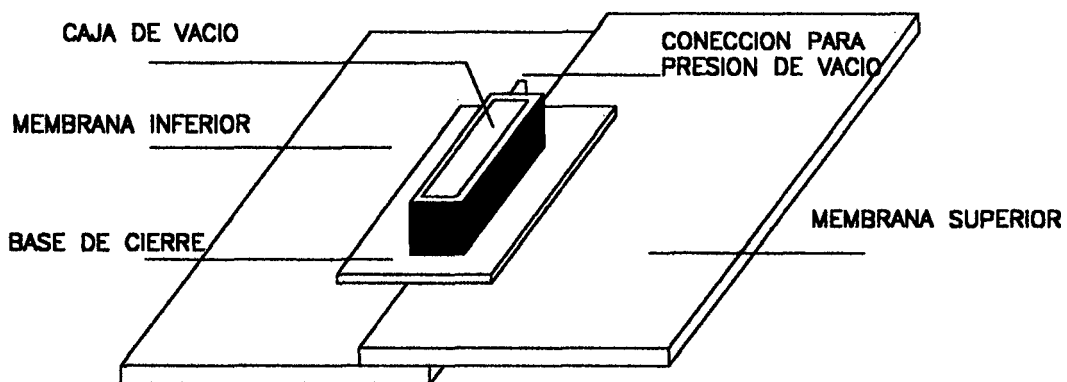
El ensayo de caja de vacío, según especificaciones de diseño ASTM D 4437, era realizado en soldaduras de tipo extrusión, en áreas de parches y reparaciones o en toda área donde el ensayo de presión de aire no hubiera podido ser aplicado. El ensayo consiste en aplicar uniformemente una solución jabonosa a lo largo de la soldadura, luego se aplicará una presión de vacío de 5 psi con el fin de determinar la presencia (falla en la soldadura) o no de burbujas.

Tanto en el caso del ensayo de presión de aire, como en el caso del ensayo de caja de vacío, toda soldadura que no cumplía con los criterios especificados, era identificada, reparada y ensayada nuevamente. El procedimiento de control de calidad era por igual documentada en forma exhaustiva, incluyendo la información siguiente:

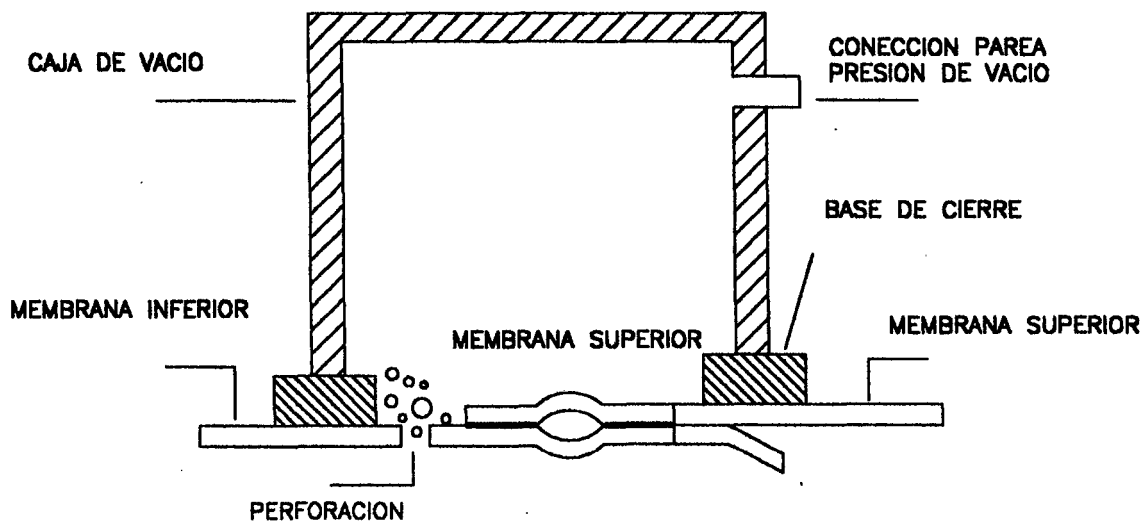
ENSAYO DE PRESION DE AIRE



ENSAYO DE CAJA DE VACIO



ENSAYO DE CAJA DE VACIO



CORTE TRANSVERSAL TIPICO

- Fecha y hora
- Identificación del proyecto
- Identificación de la soldadura
- Identificación del técnico
- Localización y descripción de la falla

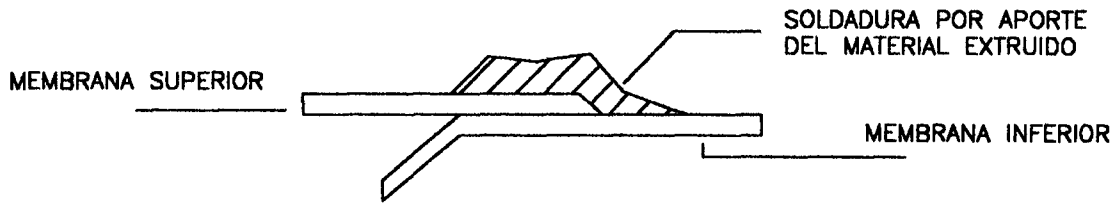
6.7.2. ENSAYOS DESTRUCTIVOS DE SOLDADURAS

Los ensayos destructivos eran realizados como ya se ha mencionado, en zonas predeterminadas aleatoriamente, donde se juzgaba necesario, a solicitud de la Contratista y/o el inspector de aseguramiento de la calidad. Los ensayos eran realizados aproximadamente cada 150 m de soldadura obteniéndose un cupón de costura de 0.30 de ancho x 1 m de longitud según ordenes de la supervisión. Los ensayos destructivos incluían el ensayo de esfuerzo al corte y el ensayo de esfuerzo al pelaje. Un total de 10 especímenes de éste cupón eran ensayados en corte y pelaje respectivamente (5 de corte y 5 de pelaje). Toda soldadura no conforme era debidamente identificada reparada y ensayada nuevamente. Si los resultados no eran satisfactorios se extraía una muestra dentro de una distancia de 3 m alrededor del sitio de prueba y se volvía a ensayar.

El procedimiento de control de calidad fue documentado y se presenta en las hojas de Ensayos Destructivos con las siguientes características:

- Fecha y hora
- Identificación del proyecto
- Identificación de la soldadura
- Número de ensayo destructivo
- Localización del ensayo destructivo
- Identificación del técnico

SOLDADURA DE EXTRUSION DE GEOMEMBRANA



TIPO DE RUPTURA	CODIGO	DESCRIPCION DE LA RUPTURA	CLASIFICACION
	AD 1	FALLA DE ADHESION	NO-FTB
	AD 2	FALLA DE ADHESION	NO-FTB
	AD-WLD	RUPTURA EN EL MATERIAL DE APOORTE EXTRUIDO	NO-FTB
	SE	RUPTURA AL BORDE PUEDE OCURRIR EN LOS PUNTOS 1,2,3	FTB
	BRK	RUPTURA EN EL MATERIAL PUEDE OCURRIR EN LOS PUNTOS 1,2	FTB
	AD-BRK	RUPTURA EN LA MEMBRANA INTERIOR DESPUES DE CIERTA ADHESION	FTB
	HT	RUPTURA EN EL BORDE DE LA SOLDADURA AL COMIENZO DEL ENSAYO	NO ENSAYO

FTB : FILM TEAR BOND

EL TIPO AD-WLD PUEDE SER ACEPTADO DEPENDIENDO DEL VALOR DE ESFUERZO

- Resultados de los ensayos

6.8 REPARACIONES

Con respecto a las soldaduras de campo en caso de no cumplir con los criterios de diseño y procedimientos de control de calidad descritos, Se procedió con las opciones de reparación siguientes:

- Se obtuvo muestras adicionales aumentando progresivamente las distancias de ambos lados de la muestra original hasta que dos muestras consecutivas en cada lado de la muestra original pasen la prueba. En ese momento, el área con defecto era marcada y se podía considerar aislada, el procedimiento de reparación consistía en recubrir el área, y soldarla hasta el área de las muestras que pasaron la prueba. Luego esta soldadura eran nuevamente ensayada.
- En referencia, a todo otro defecto que se presentó en el transcurso de los trabajos de instalación, como son rayones, punzonados, rasgaduras, ampollas, huecos, etc., fueron debidamente marcados, identificados, reparados, reensayados y documentados totalmente. Las reparaciones de agujeros menor a 5 mm. fueron selladas mediante el uso de la máquina extrusora. Agujeros mayores fueron reparados mediante el recubrimiento del área afectada, con un pedazo ovalado de geomembrana (parche) y soldadura continua (extrusión).

Todas las reparaciones fueron documentadas como parte integral del procedimiento de control de calidad, con la siguiente información:

- Fecha y hora
- Identificación del proyecto
- Identificación de la soldadura
- Identificación y localización del ensayo destructivo

- Identificación de la reparación
- Identificación del técnico
- Ensayos realizados nuevamente

6.9 CERTIFICACION E INFORME FINAL DE OBRA

Una vez finalizados todos los trabajos de instalación de las geomembranas, se presentó un informe final de obra certificando todos los resultados obtenidos y trabajos realizados según los requerimientos técnicos de diseño y el presente procedimiento de control de calidad.

6.10 SUMINISTRO DE MATERIAL

La Cía. CIDELSA, suministró el siguiente material:

- 23 Rollos POLYFLEX (23.00 x 7.00 x 122.00) = 19,642.00 m²
- 04 Rollos GSE (4.00 x 6.90 x 128.00) = 3,532.80 m²
- 01 Rollos SDE (1.00 x 6.86 x 141.00) = 967.26 m²
- 24,142.06 m²
- El Geotextil PAVCO NT-6000HD y el NT-1500 fueron suministrados por la Cía. PAVCO.

6.11 EQUIPOS DE INSTALACION

Los equipos que se utilizaron para la instalación de los geosintéticos fueron:

- 02 Wedge it modelo CW/200 B
- 02 Máquinas soldadoras extrusoras modelo X2-EX
- 03 Máquinas soldadoras Lister de aire caliente X84 y TRIAC
- 01 Tensiómetro portátil digital modelo Accura - Lite AL -0102
- 02 Equipos para pruebas de ensayo al vacío Vacum Box VOL 2
- 01 Equipo para pruebas de ensayo a presión con compresora modelo MS 400

- 01 Equipo para pruebas de ensayo Spark Test - Pistola de Chispa MS 600
- 01 Barra extensora para extendido de material
- Air pressure tester and needles
- 01 Autotransformador
- 01 Cortador de muestras

EQUIPOS VARIOS

- 4 Juegos de cables y extensiones eléctricas
- 15 Tensores
- 1 Kits de repuestos para Wedge it Welder
- 02 Juegos de repuestos variados para máquinas soldadoras
- 02 Cajas de herramientas completas
- Implementos de seguridad
- Equipos varios (caja de herramientas, pinzas, piezas de repuesto para las máquinas, cables, termómetro, cuchillas, etc).

CAPITULO VII

CONCLUSIONES

1. El éxito o fracaso de un sistema de impermeabilización depende no tan solo de la calidad de los materiales utilizados, sino de los procesos constructivos y de la instalación, así como del cuidado que se tiene del sistema terminado, antes y durante la operación. El diseñador realiza sus análisis en base a los esfuerzos a que serán sometidos los materiales durante la construcción y vida útil, pero por lo general escapa de su alcance la supervisión de esos trabajos y los de mantenimiento, lo que, si no son acordes con los materiales utilizados, pueden ocasionar serias dificultades e incluso inhabilitar el sistema de impermeabilización.
2. Destaca en estas innovaciones tecnológicas, el esfuerzo realizado por los técnicos que en forma primordial han participado en este campo, los geotecnistas y los químicos en polímeros, que han dedicado con especial atención conocer el área de conocimiento del otro especialista, de esta manera ha surgido una nueva especie de expertos, los especialistas en geosintéticos, conformado por los ingenieros en mecánica de suelos que utilizan estos materiales y los químicos en polímeros, que desarrollan nuevos y mejores materiales.
3. Cada vez es más frecuente la oferta de productos sintéticos y asfálticos con fines de drenaje, filtración control de erosión e impermeabilización como alternativa para sustituir materiales naturales en la construcción, obliga a los profesionales de la ingeniería a familiarizarse con las propiedades, aplicaciones, ventajas y desventajas de estos nuevos materiales.
4. Las especificaciones de la EPA (Environmental Protection Agency), de los Estados Unidos, obligan al empleo de materiales seguros y de muy baja permeabilidad para el control de líquidos y desperdicios sólidos peligrosos, por

lo que la información de los materiales geosintéticos es evaluada en forma periódica por esa institución.

5. Los productos a base de polímeros como el polietileno clorosulfonado (CSPE), el polietileno clorado(CPE), el monómero dieno propileno etileno (EPDM), el hule butilo(IIR) y el polietileno de alta densidad (HDPE) han demostrado una buena durabilidad a nivel internacional aunque en nuestro país solo el polietileno se ha empleado con anterioridad y en forma mas reciente el PVC.

6. El empleo de los geosintéticos en el área de control de residuos sólidos y peligroso en nuestro país es una novedad bastante interesante, tanto como por los costos como por la rapidez de la instalación y la seguridad de evitar la infiltración de los líquidos percolados contaminantes a través del suelo y la degradación de la calidad de las aguas subterráneas.
La importancia que tiene la preservación del medio ambiente en la actualidad hace necesario el aplicar tecnologías y materiales adecuados, además de una normatividad estricta para evitar la contaminación del suelo y los acuíferos.

7. Con respecto al trabajo realizado se puede decir que debido a que la superficie del depósito presentaba una forma irregular en todo el perímetro la geomembrana llegaba a los taludes con traslapes reducidos lo cual implicaba que posteriormente se debiera hacer reparaciones por extrusión las cuales se muestran en los planos.

8. Para realizar las soldaduras en temperaturas tan bajas, se tuvo que aumentar la temperatura de los equipos de soldadura(wedge y extrusora), teniendo especial cuidado en realizar las pruebas de control de calidad tanto antes de la soldadura como después de las mismas.

9. Algunos tramos de soldadura presentaron falla porque se soldaron cuando todavía la superficie de la arcilla se encontraba húmeda lo cual afectó para que la soldadura no se efectúe de manera adecuada, pero luego de las pruebas de calidad se corrigieron estos errores efectuando soldaduras de extrusión.

CAPITULO VIII

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Robert M. Koerner, Ph. D., P.E.
“DESIGNING WITH GEOSINTHETICS”- Third Edition, 1994
- 2.- INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGIA DEL AGUA.
Ing. Rodrigo Murillo Fernandez
“TECNOLOGIA PARA REVESTIMIENTO DE CANALES,
(REVESTIMIENTOS ASFALTICOS Y MEMBRANAS DE POLIMEROS)”-
Marzo 1993
- 3.- Ing. Felipe Corrales R.
“CONCEPTOS GENERALES SOBRE GEOMEMBRANAS”.- Julio 1993
- 4.- SOCIEDAD MEXICANA DE MECANICA DE SUELOS, A.C.
Ing. Rodrigo Murillo Fernandez
“MEMORIAS DEL 1^{er} CONGRESO SOBRE GEOSINTETICOS”.- Julio 1990
- 5.- SOCIEDAD MEXICANA DE MECANICA DE SUELOS, A.C.
Ing. Gabriel Auvinet
Ing. Raúl Esquivel
“IMPERMEABILIZACION DE LAGUNAS ARTIFICIALES”- Marzo 1986
- 6.- POLY-FLEX, INC.
“AN ENGINEERING APPROACH TO GROUNDWATER PROTECTION –
REFERENCE MANUAL ”.- 1995

- 7.- SOLMAX - GEOSINTETICOS, C. A.
“CALIFICACIONES PARA LA INSTALACION DE GEOMEMBRANAS Y PORTAFOLIO CORPORATIVO”.- Mayo 1996

- 8.- COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU.
SEMINARIO – FORUM INTERNACIONAL
Ing. Ernesto Parra
“GEOSINTETICOS PARA LA RECONSTRUCCION DEL PAIS”- Abril 1998

- 9.- GEOFORT. LTDA.
“TALLER SOBRE GEOSINTETICOS”.- Santafé de Bogotá, Enero de 1998

- 10.-APUNTES DE LA INSTALACION DE LA COBERTURA IMPERMEABILIZANTE DEL DEPOSITO DE TRIOXIDO DE ARSENICO, MALPASO-LA OROYA, Mayo de 1999.

CONTROL DE CALIDAD DE LOS MATERIALES EN CAMPO

- INSPECCION DE LOS MATERIALES
- ENSAYO DE ELONGACION, TENSION Y RUPTURA
- CALIBRACION DE EQUIPOS DE FUSION
- CALIBRACION DE EQUIPOS DE EXTRUSION
- PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA - ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS
- ENSAYOS DESTRUCTIVOS
- REPORTE DE REPARACIONES
- ACEPTACION DE PANELES

CONTROL DE CALIDAD DE LOS MATERIALES EN CAMPO.

- INSPECCION DE LOS MATERIALES

- ENSAYO DE ELONGACION, TENSION Y RUPTURA

INSPECCION DE LOS MATERIALES

FECHA	: MARZO 1999	PG 1 de 2
OBRA	: COBERTURA IMPERMEABILIZANTE DEL DEPOSITO DE TRIOXIDO DE ARSENICO, MALPASO-LA OROYA	TIPO DE MATERIALES : HDPE 60 mils
CIA. EJECUTORA	: CIDELSA <i>INGENIERIA EN GEOSINTETICOS</i>	TESISTA : Alexis Romero B.
CIA. SUPERVISION	: T Y T <i>INGENIERIA Y CONSTRUCCION</i>	SUPERVISOR : Dennis Vega
CLIENTE	: J.C. CONTRATISTAS GENERALES S.R.L./CENTROMIN	

IDENTIFICACION DEL ROLLO	DIMENSIONES (m x m)	CONDICIONES GENERALES
N°1-GO-6-98-0473-4	7.00 X 122.00	Raspaduras en extremos
N°2-GO-6-98-0469-4	7.00 X 122.00	Raspaduras
N°3-GO-6-98-0645-4	7.00 X 122.00	Daños puntuales
N°4-G9-6-98-1460-4	7.00 X 122.00	Se cortó 3 ml dañados
N°5-GO-6-98-0657-4	7.00 X 122.00	OK
N°6-GO-6-98-0652-4	7.00 X 122.00	OK
N°7-GO-6-98-0642-4	7.00 X 122.00	OK
N°8-G9-6-98-0763-4	7.00 X 122.00	OK
N°9-G9-4-98-0921-6	7.00 X 122.00	OK
N°10-GO-6-98-0651-4	7.00 X 122.00	Se cortaron 4 m ²
N°11-GO-6-98-0653-4	7.00 X 122.00	OK
N°12-GO-6-98-647-4	7.00 X 122.00	OK
N°13-GO-6-98-649-4	7.00 X 122.00	OK
N°14-G9-4-980919-6	7.00 X 122.00	OK
N°15-G9-6-98-1464-4	7.00 X 122.00	OK
N°16-GO-6-96-0644-4	7.00 X 122.00	OK
N°17-G9-8-98-1762-4	7.00 X 122.00	OK
N°18-GO-6-98-0648-4	7.00 X 122.00	OK

ENSAYO DE ELONGACION , MICROMETRO Y TENSION A LA RUPTURA

OBRA : COBERTURA IMPERMEABILIZANTE DEL DEPOSITO DE TRIOXIDO DE ARSENICO MALPASO - LA OROYA
 CIA. EJECUTORA : CIDELSA INGENIERIA EN GEOSINTETICOS
 CIA. SUPERVISION : T Y T INGENIERIA Y CONSTRUCCION
 CLIENTE : J.C. CONTRATISTAS GENERALES S. R. L / CENTROMIN PERU
 MATERIAL : HDPE 60 MIL

PG : 1 de 5

SENTIDO MUESTRA	FECHA DE ENSAYO	Nº ROLLO	ESPEJOR (mm)	Lo (cm)	Lf (cm)	ELONGACION %	PASA SI / NO	TENSION A RUPTURA (KN/m)	PASA SI / NO	ING. SUPERVISO	TESISTA
↑	01/04/99	1	1.550	5.00	40.50	710	SI	31,19	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO
↑	01/04/99	1	1.540	5.00	41.70	734	SI	26,18	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO
→	01/04/99	1	1.530	6.00	52.00	767	SI	31,96	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO
→	01/04/99	1	1.530	6.00	50.50	742	SI	26,18	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO
↑	01/04/99	2	1.640	5.50	78.00	1318	SI	30,03	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO
↑	01/04/99	2	1.590	6.00	76.00	1167	SI	29,26	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO
→	01/04/99	2	1.585	5.50	49.00	791	SI	28,49	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO
→	01/04/99	2	1.550	6.00	66.50	1008	SI	29,26	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO
↑	01/04/99	3	1.510	5.50	56.00	918	SI	28,49	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO
↑	01/04/99	3	1.510	5.50	44.00	700	SI	28,49	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO
→	01/04/99	3	1.505	5.50	46.60	747	SI	30,80	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO
→	01/04/99	3	1.510	5.50	46.50	745	SI	30,03	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO
↑	06/04/99	4	1.610	5.50	49.50	800	SI	31,57	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO
↑	06/04/99	4	1.640	5.00	50.00	900	SI	30,03	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO
→	06/04/99	4	1.670	5.50	48.00	773	SI	30,80	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO
→	06/04/99	4	1.630	5.00	49.00	880	SI	31,19	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO
↑	06/04/99	5	1.525	5.00	51.00	920	SI	30,42	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO
↑	06/04/99	5	1.545	5.50	53.00	864	SI	31,96	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO
→	06/04/99	5	1.515	5.00	49.00	880	SI	30,80	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO
→	06/04/99	5	1.500	5.50	54.00	882	SI	32,34	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO
↑	06/04/99	6	1.685	5.50	55.00	900	SI	33,88	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO
↑	06/04/99	6	1.680	5.50	48.00	773	SI	30,03	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO
→	06/04/99	6	1.630	5.50	47.00	755	SI	32,34	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO
→	06/04/99	6	1.680	5.50	49.00	791	SI	29,26	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO

ENSAYO DE ELONGACION , MICROMETRO Y TENSION A LA RUPTURA

OBRA : COBERTURA IMPERMEABILIZANTE DEL DEPOSITO DE TRIOXIDO DE ARSENICO MALPASO - LA OROYA
 CIA. EJECUTORA : CIDELSA INGENIERIA EN GEOSINTETICOS
 CIA. SUPERVISION : T Y T INGENIERIA Y CONSTRUCCION
 CLIENTE : J.C. CONTRATISTAS GENERALES S. R. L / CENTROMIN PERU
 MATERIAL : HDPE 60 MIL

PG : 2 de 5

SENTIDO MUESTRA	FECHA DE ENSAYO	Nº ROLLO	ESPESOR (mm)	Lo (cm)	Lf (cm)	ELONGACION %	PASA SI / NO	TENSION A RUPTURA (KN/m)	PASA SI / NO	ING. SUPERVISO	TESISTA
↑	06/04/99	7	1.595	5.50	53.50	873	SI	30,03	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO
↑	06/04/99	7	1.595	5.00	54.00	980	SI	28,88	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO
→	06/04/99	7	1.600	5.50	52.00	845	SI	28,49	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO
→	06/04/99	7	1.605	5.50	53.00	864	SI	29,26	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO
↑	12/04/99	8	1.500	5.00	42.50	750	SI	31,57	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO
↑	12/04/99	8	1.505	5.00	50.00	900	SI	29,65	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO
→	12/04/99	8	1.500	5.00	49.00	880	SI	21,95	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO
→	12/04/99	8	1.505	5.00	44.00	780	SI	26,18	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO
↑	12/04/99	9	1.500	5.50	47.00	755	SI	29,65	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO
↑	12/04/99	9	1.600	5.00	46.00	820	SI	30,42	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO
→	12/04/99	9	1.510	5.50	52.00	845	SI	30,03	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO
→	12/04/99	9	1.505	5.00	53.00	960	SI	30,42	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO
↑	12/04/99	10	1.615	5.00	44.00	780	SI	28,49	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO
↑	12/04/99	10	1.635	5.00	40.00	700	SI	30,03	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO
→	12/04/99	10	1.620	5.00	41.00	720	SI	29,26	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO
→	12/04/99	10	1.650	5.50	53.00	864	SI	28,11	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO
↑	12/04/99	11	1.610	5.50	46.00	736	SI	30,03	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO
↑	12/04/99	11	1.610	5.00	46.50	830	SI	27,34	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO
→	12/04/99	11	1.605	5.50	45.00	718	SI	28,11	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO
→	12/04/99	11	1.635	5.50	47.00	755	SI	29,26	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO
↑	12/04/99	12	1.620	5.00	42.00	740	SI	26,95	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO
↑	12/04/99	12	1.630	5.50	47.00	755	SI	28,11	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO
→	12/04/99	12	1.620	6.00	49.00	717	SI	28,49	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO
→	12/04/99	12	1.600	5.50	50.00	809	SI	28,88	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO

ENSAYO DE ELONGACION , MICROMETRO Y TENSION A LA RUPTURA

OBRA : COBERTURA IMPERMEABILIZANTE DEL DEPOSITO DE TRIOXIDO DE ARSENICO MALPASO - LA OROYA
 CIA. EJECUTORA : CIDELSA INGENIERIA EN GEOSINTETICOS
 CIA. SUPERVISION : T Y T INGENIERIA Y CONSTRUCCION
 CLIENTE : J.C. CONTRATISTAS GENERALES S. R. L / CENTROMIN PERU
 MATERIAL : HDPE 60 MIL

PG : 3 de 5

SENTIDO MUESTRA	FECHA DE ENSAYO	Nº ROLLO	ESPESOR (mm)	Lo (cm)	Lf (cm)	ELONGACION %	PASA SI / NO	TENSION A RUPTURA (KN/m)	PASA SI / NO	ING. SUPERVISO	TESISTA
▲	12/04/99	13	1.635	5.50	45.00	718	SI	28,49	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO
▲	12/04/99	13	1.630	5.50	45.00	718	SI	29,26	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO
→	12/04/99	13	1.630	5.50	47.00	755	SI	30,80	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO
→	12/04/99	13	1.655	5.00	43.00	760	SI	31,19	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO
▲	12/04/99	14	1.530	4.00	52.00	1200	SI	26,95	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO
▲	12/04/99	14	1.660	5.00	46.00	820	SI	28,49	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO
→	12/04/99	14	1.590	5.00	45.00	800	SI	28,11	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO
→	12/04/99	14	1.580	4.50	43.00	856	SI	28,88	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO
▲	12/04/99	15	1.650	5.00	46.00	820	SI	27,34	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO
▲	12/04/99	15	1.590	4.50	47.00	944	SI	27,72	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO
→	12/04/99	15	1.640	4.50	36.00	700	SI	26,95	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO
→	12/04/99	15	1.640	4.50	44.00	878	SI	26,95	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO
▲	12/04/99	16	1.620	4.50	42.00	833	SI	28,49	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO
▲	12/04/99	16	1.600	4.50	39.00	767	SI	26,95	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO
→	12/04/99	16	1.620	4.60	43.00	835	SI	28,88	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO
→	12/04/99	16	1.590	4.50	40.00	789	SI	29,26	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO
▲	12/04/99	17	1.610	5.50	46.00	736	SI	30,03	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO
▲	12/04/99	17	1.630	5.00	40.00	700	SI	29,65	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO
→	12/04/99	17	1.650	5.50	45.00	718	SI	26,57	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO
→	12/04/99	17	1.620	5.00	43.00	760	SI	32,73	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO
▲	12/04/99	18	1.560	5.00	41.00	720	SI	31,57	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO
▲	12/04/99	18	1.600	5.00	48.00	860	SI	31,19	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO
→	12/04/99	18	1.620	5.00	50.00	900	SI	30,42	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO
→	12/04/99	18	1.610	5.50	44.00	700	SI	30,03	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO

ENSAYO DE ELONGACION , MICROMETRO Y TENSION A LA RUPTURA

OBRA : COBERTURA IMPERMEABILIZANTE DEL DEPOSITO DE TRIOXIDO DE ARSENICO MALPASO - LA OROYA
 CIA. EJECUTORA : CIDELSA INGENIERIA EN GEOSINTETICOS
 CIA. SUPERVISION : T Y T INGENIERIA Y CONSTRUCCION
 CLIENTE : J.C. CONTRATISTAS GENERALES S. R. L / CENTROMIN PERU
 MATERIAL : HDPE 60 MIL

PG : 4 de 5

SENTIDO MUESTRA	FECHA DE ENSAYO	Nº ROLLO	ESPESOR (mm)	Lo (cm)	Lf (cm)	ELONGACION %	PASA SI / NO	TENSION A RUPTURA (KN/m)	PASA SI / NO	ING. SUPERVISO	TESISTA
↑	12/04/99	19	1.660	5.50	44.00	700	SI	31,96	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO
↑	12/04/99	19	1.640	5.00	50.00	900	SI	29,65	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO
→	12/04/99	19	1.660	5.50	49.00	791	SI	28,49	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO
→	12/04/99	19	1.660	5.50	45.00	718	SI	28,11	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO
↑	12/04/99	20	1.600	5.00	43.00	760	SI	26,95	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO
↑	12/04/99	20	1.570	5.50	45.00	718	SI	29,26	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO
→	12/04/99	20	1.650	6.00	49.00	717	SI	28,88	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO
→	12/04/99	20	1.650	5.50	47.00	755	SI	33,11	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO
↑	29/04/99	21	1.550	4.00	48.00	1100	SI	30,03	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO
↑	29/04/99	21	1.540	5.50	46.00	736	SI	30,80	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO
→	29/04/99	21	1.540	5.50	48.00	773	SI	32,34	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO
→	29/04/99	21	1.560	5.00	47.00	840	SI	31,19	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO
↑	29/04/99	22	1.640	4.00	48.00	1100	SI	30,42	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO
↑	29/04/99	22	1.580	5.00	46.00	820	SI	30,03	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO
→	29/04/99	22	1.580	5.00	45.00	800	SI	29,26	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO
→	29/04/99	22	1.560	4.50	47.00	944	SI	31,19	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO
↑	29/04/99	23	1.550	5.00	47.00	840	SI	29,26	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO
↑	29/04/99	23	1.540	4.50	46.00	922	SI	28,49	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO
→	29/04/99	23	1.600	4.50	46.00	922	SI	28,49	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO
→	29/04/99	23	1.600	4.50	45.00	900	SI	28,49	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO
↑	03/04/99	24	1.550	4.50	41.00	811	SI	27,72	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO
↑	03/04/99	24	1.530	4.50	40.00	789	SI	26,95	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO
→	03/04/99	24	1.540	4.60	38.00	726	SI	28,11	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO
→	03/04/99	24	1.530	4.50	39.00	767	SI	28,49	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO

ENSAYO DE ELONGACION , MICROMETRO Y TENSION A LA RUPTURA

OBRA : COBERTURA IMPERMEABILIZANTE DEL DEPOSITO DE TRIOXIDO DE ARSENICO MALPASO - LA OROYA
 CIA. EJECUTORA : CIDELSA INGENIERIA EN GEOSINTETICOS
 CIA. SUPERVISION : T Y T INGENIERIA Y CONSTRUCCION
 CLIENTE : J.C. CONTRATISTAS GENERALES S. R. L / CENTROMIN PERU
 MATERIAL : HDPE 60 MIL

PG : 5 de 5

SENTIDO MUESTRA	FECHA DE ENSAYO	Nº ROLLO	ESPESOR (mm)	Lo (cm)	Lf (cm)	ELONGACION %	PASA SI / NO	TENSION A RUPTURA (KN/m)	PASA SI / NO	ING. SUPERVISO	TESISTA
↑	12/04/99	25	1.520	4.50	43.00	856	SI	28,88	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO
↑	12/04/99	25	1.570	4.50	47.00	944	SI	29,65	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO
→	12/04/99	25	1.540	4.50	42.00	833	SI	27,81	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO
→	12/04/99	25	1.590	4.50	45.00	900	SI	33,58	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO
↑	12/04/99	26	1.550	4.50	41.00	811	SI	30,80	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO
↑	12/04/99	26	1.520	4.50	44.00	878	SI	31,19	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO
→	12/04/99	26	1.540	4.50	46.00	922	SI	31,57	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO
→	12/04/99	26	1.500	4.50	43.00	856	SI	29,26	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO
↑	12/04/99	27	1.650	4.50	42.50	844	SI	30,03	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO
↑	12/04/99	27	1.660	4.50	41.00	811	SI	30,42	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO
→	12/04/99	27	1.670	4.50	44.70	893	SI	29,65	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO
→	12/04/99	27	1.660	4.50	42.10	836	SI	29,26	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO
↑	12/04/99	28	1.680	4.50	45.00	900	SI	30,80	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO
↑	12/04/99	28	1.640	4.50	47.00	944	SI	31,57	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO
→	12/04/99	28	1.620	4.50	50.00	1011	SI	29,26	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO
→	12/04/99	28	1.650	4.50	46.00	922	SI	31,57	SI	D.VEGA-F.HUERTAS	A. ROMERO

CONTROL DE CALIDAD DE LOS MATERIALES EN CAMPO

- CALIBRACION DE EQUIPOS DE FUSION
- CALIBRACION DE EQUIPOS DE EXTRUSION

CONTROL DE CALIDAD EN CAMPO

CALIBRACION EQUIPOS DE FUSION

FECHA	: MARZO - ABRIL 1999	PG.	: 2 de 8
OBRA	: COBERTURA IMPERMEABILIZANTE DEL DEPOSITO DE TRIOXIDO DE ARSENICO MALPASO-LA OROYA	TIPO DE MATERIAL	: HDPE 60 mils
CIA. EJECUTORA	: CIDELSA INGENIERIA EN GEOSINTETICOS	TESISTA	: A. Romero B.
CIA. SUPERVISION	: T Y T INGENIERIA Y CONSTRUCCION	SUPERVISOR	: Dennis Vega
CLIENTE	: JC CONTRATISTAS GENERALES S.R.L./ CENTROMIN PERU		

ENSAYO No.	FECHA	HORA	TEMP. AMBIENTE (° C)	EQUIPO No.E41	TEMP. MAQUINA (° C)	VELOCIDAD DEL EQUIPO (m/min)	ESFUERZO DE PELAJE (KN/m)	TIPO DE RUPTURA AL PELAJE	ESFUERZO DE CORTE (KN/m)	TIPO DE RUPTURA AL CORTE	TECNICO SOLDADOR	SUPERVISOR - TESISTA
F2	31/3	03:20	11°	CW-2115-97	425°	3.5	24	FTB			H.Villavicencio	D.Vega/A.Romero
	31/3	03:15	11°	CW-2115-97	425°	3.5	22	FTB			H.Villavicencio	D.Vega/A.Romero
	31/3	03:21	11°	CW-2115-97	425°				27	FTB	H.Villavicencio	D.Vega/A.Romero
	31/3	03:27	11°	CW-2115-97	425°				28	FTB	H.Villavicencio	D.Vega/A.Romero
F3	6/4	11:00	10°	CW-2115-97	435°	3.8	25	FTB			H.Villavicencio	D.Vega/A.Romero
	6/4	11:05	10°	CW-2115-97	435°	3.8	26	FTB			H.Villavicencio	D.Vega/A.Romero
	6/4	11:09	10°	CW-2115-97	435°	3.8			26	FTB	H.Villavicencio	D.Vega/A.Romero
	6/4	11:15	10°	CW-2115-97	435°	3.8			29	FTB	H.Villavicencio	D.Vega/A.Romero
	6/4	11:21	10°	CW-2115-97	435°	3.8			26	FTB	H.Villavicencio	D.Vega/A.Romero
	6/4	11:27	10°	CW-2115-97	435°	3.8			27	FTB	H.Villavicencio	D.Vega/A.Romero
F4	7/4	01:49	11°	CW-2115-97	435°	3.8	20.00	FTB			H.Villavicencio	D.Vega/A.Romero
	7/4	01:55	12°	CW-2115-97	435°	3.8	21.00	FTB			H.Villavicencio	D.Vega/A.Romero
	7/4	02:00	10°	CW-2115-97	435°	3.8			27/26	FTB	H.Villavicencio	D.Vega/A.Romero
	7/4	02:08	10°	CW-2115-97	435°	3.8			23/25	FTB	H.Villavicencio	D.Vega/A.Romero

CONTROL DE CALIDAD EN CAMPO

CALIBRACION EQUIPOS DE FUSION

FECHA : ABRIL 1999 PG. : 5 de 8
 OBRA : COBERTURA IMPERMEABILIZANTE DEL DEPOSITO DE TRIOXIDO DE ARSENICO MALPASO-LA OROYA TIPO DE MATERIAL : HDPE 60 mils
 CIA. EJECUTORA : CIDELSA INGENIERIA EN GEOSINTETICOS TESISTA : A. Romero B.
 CIA. SUPERVISION : T Y T INGENIERIA Y CONSTRUCCION SUPERVISOR : Dennis Vega
 CLIENTE : JC CONTRATISTAS GENERALES S.R.L./ CENTROMIN PERU

ENSAYO No.	FECHA	HORA	TEMP. AMBIENTE (° C)	EUIPO No.	TEMP. MAQUINA (° C)	VELOCIDAD DEL EQUIPO (m/min)	ESFUERZO DE PELAJE (KN/m)	TIPO DE RUPTURA AL PELAJE	ESFUERZO DE CORTE (KN/m)	TIPO DE RUPTURA AL CORTE	TECNICO SOLDADOR	SUPERVISOR - TESISTA
F11	18/4/99	02:16	10°	CW-2114-97	428°	2.6	20/23	FTB			H.Villavicencio	D.Vega/A.Romero
	18/4/99	02:20	10°	CW-2114-97	428°	2.6	22/22	FTB			H.Villavicencio	D.Vega/A.Romero
	18/4/99	02:26	10°	CW-2114-97	428°	2.6			30	FTB	H.Villavicencio	D.Vega/A.Romero
	18/4/99	02:28	10°	CW-2114-97	428°	2.6			29	FTB	H.Villavicencio	D.Vega/A.Romero
F12	27/4/99	09:11	12°	CW-2114-97	428°	2.8	19	FTB			H.Villavicencio	D.Vega/A.Romero
	27/4/99	09:15	12°	CW-2114-97	428°	2.8	22	FTB			H.Villavicencio	D.Vega/A.Romero
	27/4/99	09:19	12°	CW-2114-97	428°	2.8			29/26	FTB	H.Villavicencio	D.Vega/A.Romero
	27/4/99	09:22	12°	CW-2114-97	428°	2.8			30/30	FTB	H.Villavicencio	D.Vega/A.Romero
F13	27/4/99	02:00	12°	CW-2114-97	428°	2.8	22/24	FTB			H.Villavicencio	D.Vega/A.Romero
	27/4/99	02:05	12°	CW-2114-97	428°	2.8	19/21	FTB			H.Villavicencio	D.Vega/A.Romero
	27/4/99	02:07	12°	CW-2114-97	428°	2.8			28/29	FTB	H.Villavicencio	D.Vega/A.Romero
	27/4/99	02:09	12°	CW-2114-97	428°	2.8			23/25	FTB	H.Villavicencio	D.Vega/A.Romero

CONTROL DE CALIDAD EN CAMPO

CALIBRACION EQUIPOS DE FUSION

FECHA : ABRIL - MAYO 1999 PG. : 6 de 8
 OBRA : COBERTURA IMPERMEABILIZANTE DEL DEPOSITO DE TIPO DE MATERIAL : HDPE 60 mils
 TRIOXIDO DE ARSENICO MALPASO-LA OROYA TESISTA : A. Romero B.
 CIA. EJECUTORA : CIDELSA *INGENIERIA EN GEOSINTETICOS* SUPERVISOR : Dennis Vega
 CIA. SUPERVISION : T Y T *INGENIERIA Y CONSTRUCCION*
 CLIENTE : JC CONTRATISTAS GENERALES S.R.L./ CENTROMIN PERU

ENSAYO No.	FECHA	HORA	TEMP. AMBIENTE (°C)	EUIPO No.	TEMP. MAQUINA (°C)	VELOCIDAD DEL EQUIPO (m/min)	ESFUERZO DE PELAJE (KN/m)	TIPO DE RUPTURA AL PELAJE	ESFUERZO DE CORTE (KN/m)	TIPO DE RUPTURA AL CORTE	TECNICO SOLDADOR	SUPERVISOR - TESISTA
F14	30/4/99	11:50	11°	CW-2114-97	428°	2.8	24	FTB			H.Villavicencio	D.Vega/A.Romero
	30/4/99	11:53	11°	CW-2114-97	428°	2.8	26	FTB			H.Villavicencio	D.Vega/A.Romero
	30/4/99	11:55	11°	CW-2114-97	428°	2.8			27	FTB	H.Villavicencio	D.Vega/A.Romero
	30/4/99	11:59	11°	CW-2114-97	428°	2.8			28	FTB	H.Villavicencio	D.Vega/A.Romero
F15	3/5/99	08:30	11°	CW-2114-97	428°	2.6	26	FTB			H.Villavicencio	D.Vega/A.Romero
	3/5/99	08:33	11°	CW-2114-97	428°	2.6	24	FTB			H.Villavicencio	D.Vega/A.Romero
	3/5/99	08:35	11°	CW-2114-97	428°	2.6			27	FTB	H.Villavicencio	D.Vega/A.Romero
	3/5/99	08:40	11°	CW-2114-97	428°	2.6			30	FTB	H.Villavicencio	D.Vega/A.Romero
F16	3/5/99	02:40	13°	CW-2114-97	428°	2.6	24	FTB			H.Villavicencio	D.Vega/A.Romero
	3/5/99	02:42	13°	CW-2114-97	428°	2.6	25	FTB			H.Villavicencio	D.Vega/A.Romero
	3/5/99	02:44	13°	CW-2114-97	428°	2.6			31	FTB	H.Villavicencio	D.Vega/A.Romero
	3/5/99	02:47	13°	CW-2114-97	428°	2.6			30	FTB	H.Villavicencio	D.Vega/A.Romero

CONTROL DE CALIDAD EN CAMPO

CALIBRACION EQUIPOS DE FUSION

FECHA : MAYO 1999 PG. : 7 de 8
 OBRA : COBERTURA IMPERMEABILIZANTE DEL DEPOSITO DE TRIOXIDO DE ARSENICO MALPASO-LA OROYA
 CIA. EJECUTORA : CIDELSA *INGENIERIA EN GEOSINTETICOS* TIPO DE MATERIAL : HDPE 60 mils
 CIA. SUPERVISION : T Y T *INGENIERIA Y CONSTRUCCION* TESISTA : A. Romero B.
 CLIENTE : JC CONTRATISTAS GENERALES S.R.L./CENTROMIN PERU SUPERVISOR : Dennis Vega

ENSAYO No.	FECHA	HORA	TEMP. AMBIENTE (° C)	EUIPO No.	TEMP. MAQUINA (° C)	VELOCIDAD DEL EQUIPO (m/min)	ESFUERZO DE PELAJE (KN/m)	TIPO DE RUPTURA AL PELAJE	ESFUERZO DE CORTE (KN/m)	TIPO DE RUPTURA AL CORTE	TECNICO SOLDADOR	SUPERVISOR - TESISTA
F17	5/5/99	08:30	12°	CW-2114-97	428°	2.8	25	FTB			H.Villavicencio	D.Vega/A.Romero
	5/5/99	08:33	10°	CW-2114-97	428°	2.8	26	FTB			H.Villavicencio	D.Vega/A.Romero
	5/5/99	08:35	10°	CW-2114-97	428°	2.8			2.9	FTB	H.Villavicencio	D.Vega/A.Romero
	5/5/99	08:37	10°	CW-2114-97	428°	2.8			3.0	FTB	H.Villavicencio	D.Vega/A.Romero
F18	5/5/99	01:45	12°	CW-2114-97	428°	2.7	24	FTB			H.Villavicencio	D.Vega/A.Romero
	5/5/99	01:48	12°	CW-2114-97	428°	2.7	25	FTB			H.Villavicencio	D.Vega/A.Romero
	5/5/99	01:51	12°	CW-2114-97	428°	2.7			28	FTB	H.Villavicencio	D.Vega/A.Romero
	5/5/99	01:54	12°	CW-2114-97	428°	2.7			27	FTB	H.Villavicencio	D.Vega/A.Romero
F19				CW-2114-97	428°							
	6/5/99					2.7	24	FTB			H.Villavicencio	D.Vega/A.Romero
	6/5/99	08:30	12°	CW-2114-97	428°	2.7	26	FTB			H.Villavicencio	D.Vega/A.Romero
	6/5/99	08:32	12°	CW-2114-97	428°	2.7			28	FTB	H.Villavicencio	D.Vega/A.Romero
	6/5/99	08:33	12°	CW-2114-97	428°	2.7			29	FTB	H.Villavicencio	D.Vega/A.Romero

CONTROL DE CALIDAD EN CAMPO

CALIBRACION EQUIPOS DE EXTRUSION

FECHA	: ABRIL 1999	PG.	: 3 de 5
OBRA	: COBERTURA IMPERMEABILIZANTE DEL DEPOSITO DE TRIOXIDO DE ARSENICO MALPASO-LA OROYA	TIPO DE MATERIAL	: HDPE 60 mils
CIA. EJECUTORA	: CIDELSA INGENIERIA EN GEOSINTETICOS	TESISTA	: A. Romero B.
CIA. SUPERVISION	: T Y T INGENIERIA Y CONSTRUCCION	SUPERVISOR	: Dennis Vega
CLIENTE	: JC CONTRATISTAS GENERALES S.R.L./ CENTROMIN PERU		

ENSAYO No.	FECHA	HORA	TEMP. AMBIENTE (°C)	EQUIPO N°	TEMP. MAQUINA (°C)	VELOCIDAD DEL EQUIPO (m/min)	ESFUERZO DE PELAJE (KN/m)	TIPO DE RUPTURA AL PELAJE	ESFUERZO DE CORTE (KN/m)	TIPO DE RUPTURA AL CORTE	TECNICO SOLDADOR	SUPERVISOR - TESISTA
E-7	26/4	09:00	8°	X2-SCEX	287°	0.5	28	FTB			H.V.	D.Vega/A.Romero
	26/4	09:03	8°	X2-SCEX	287°	0.5	25	FTB			H.V.	D.Vega/A.Romero
	26/4	09:05	8°	X2-SCEX	287°	0.5			25	FTB	H.V.	D.Vega/A.Romero
	26/4	09:08	8°	X2-SCEX	287°	0.5			27	FTB	H.V.	D.Vega/A.Romero
E-8	28/4	10:00	10°	X2-SCEX	287°	0.5	24	FTB			H.V.	D.Vega/A.Romero
	28/4	10:04	11°	X2-SCEX	287°	0.5	26	FTB			H.V.	D.Vega/A.Romero
	28/4	10:07	11°	X2-SCEX	287°	0.5			24	FTB	H.V.	D.Vega/A.Romero
	28/4	10:10	11°	X2-SCEX	287°	0.5			24	FTB	H.V.	D.Vega/A.Romero
E-9	29/4	9:30	8°	X2-SCEX	287°	0.5	21	FTB			H.V.	D.Vega/A.Romero
	29/4	9:33	9°	X2-SCEX	287°	0.5	22	FTB			H.V.	D.Vega/A.Romero
	29/4	9:36	9°	X2-SCEX	287°	0.5			34	FTB	H.V.	D.Vega/A.Romero
	29/4	9:39	9°	X2-SCEX	287°	0.5			34	FTB	H.V.	D.Vega/A.Romero
E-10	30/4	8:30	10°	X2-SCEX	287°	0.5	16	FTB			H.V.	D.Vega/A.Romero
	30/4	8:32	10°	X2-SCEX	287°	0.5	21	FTB			H.V.	D.Vega/A.Romero
	30/4	8:34	10°	X2-SCEX	287°	0.5			30	FTB	H.V.	D.Vega/A.Romero
	30/4	8:36	10°	X2-SCEX	287°	0.5			29	FTB	H.V.	D.Vega/A.Romero

CONTROL DE CALIDAD EN CAMPO

CALIBRACION EQUIPOS DE EXTRUSION

FECHA	: MAYO 1999	PG.	: 5 de 5
OBRA	: COBERTURA IMPERMEABILIZANTE DEL DEPOSITO DE TRIOXIDO DE ARSENICO MALPASO-LA OROYA	TIPO DE MATERIAL	: HDPE 60 mils
CIA. EJECUTORA	: CIDELSA INGENIERIA EN GEOSINTETICOS	TESISTA	: A. Romero B.
CIA. SUPERVISION	: T Y T INGENIERIA Y CONSTRUCCION	SUPERVISOR	: Dennis Vega
CLIENTE	: JC CONTRATISTAS GENERALES S.R.L./ CENTROMIN PERU		

ENSAYO No.	FECHA	HORA	TEMP. AMBIENTE (°C)	EQUIPO N°	TEMP. MAQUINA (°C)	VELOCIDAD DEL EQUIPO (m/min)	ESFUERZO DE PELAJE (KN/m)	TIPO DE RUPTURA AL PELAJE	ESFUERZO DE CORTE (KN/m)	TIPO DE RUPTURA AL CORTE	TECNICO SOLDADOR	SUPERVISOR - TESISTA
E-15	5/5	8:15	10°	X2-SCEX	287°	0.5	26	FTB			H.V.	D.Vega/A.Romero
	5/5	8:17	10°	X2-SCEX	287°	0.5	24	FTB			H.V.	D.Vega/A.Romero
	5/5	8:20	10°	X2-SCEX	287°	0.5			32	FTB	H.V.	D.Vega/A.Romero
	5/5	8:23	10°	X2-SCEX	287°	0.5			33	FTB	H.V.	D.Vega/A.Romero
E-16	14/5	8:29	9°	X2-SCEX	287°	0.5	31	FTB			F.H.	D.Vega/A.Romero
	14/5	8:33	11°	X2-SCEX	287°	0.5	29	FTB			F.H.	D.Vega/A.Romero
	14/5	8:35	11°	X2-SCEX	287°	0.5			32	FTB	F.H.	D.Vega/A.Romero
	14/5	8:38	10°	X2-SCEX	287°	0.5			34	FTB	F.H.	D.Vega/A.Romero
E-17	16/5	8:40	11°	X2-SCEX	287°	0.5	32	FTB			F.H.	D.Vega/A.Romero
	16/5	8:42	11°	X2-SCEX	287°	0.5	30	FTB			F.H.	D.Vega/A.Romero
	16/5	8:44	11°	X2-SCEX	287°	0.5			34	FTB	F.H.	D.Vega/A.Romero
	16/5	8:48	11°	X2-SCEX	287°	0.5			36	FTB	F.H.	D.Vega/A.Romero
E-18	19/5	8:00	9°	X2-SCEX	286°	0.5	28	FTB			F.H.	D.Vega/A.Romero
	19/5	8:04	9°	X2-SCEX	286°	0.5	26	FTB			F.H.	D.Vega/A.Romero
	19/5	8:07	9°	X2-SCEX	286°	0.5			34	FTB	F.H.	D.Vega/A.Romero
	19/5	8:09	9°	X2-SCEX	286°	0.5			32	FTB	F.H.	D.Vega/A.Romero

CONTROL DE CALIDAD DE LOS MATERIALES EN CAMPO

- PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA - ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS
- ENSAYOS DESTRUCTIVOS

PROCEDIMIENTOS DE SOLDADURA

OBRA : COBERTURA IMPERMEABILIZANTE DEL DEPOSITO DE TRIOXIDO DE ARSENICO
 CLIENTE : JC. CONTRATISTAS GENERALES / CENTROMIN PERU

PG. : 1 de 7
 MATERIAL : HDPE 60 mils

SOLDADURA						ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS							
Soldadura No.	Fecha de soldadura	Hora de soldadura	Longitud de	Calibración	Soldador	Fecha de ensayo	Hora de ensayo	Longitud de Presurización (m)	V - Box (Psi)	Presión de partida (Psi)	Presión al final (Psi)	Detalles de los	
			Soldadura (m)									ensayos no destructivos	Aceptación (si / no)
2B/1A	31/3	03:52	53.00	F2	H.V.	10/4	03:47	53.00	-	34	32		SI
						10/4	03:54	10.50	-	32	30		SI
1A/1B	31/3	04:25	57.91	F2	H.V.	10/4	03:32	57.91	-	32	32		SI
1B/2A	31/3	04:50	60.35	F2	H.V.	10/4	03:24	60.35	-	32	32		SI
2A/3A	31/3	05:50	63.43	F2	H.V.	10/4	03:16	63.43	-	32	32		SI
3A/4A	6/4	11:20	63.98	F3	H.V.	10/4	12:16	63.98	-	32	29		SI
4B/4C	6/4	11:40	7.01	F3	H.V.	10/4	11:43	7.01	-	34	31		SI
4A/4C	6/4	01:49	11.19	F3	H.V.	10/4	11:57	11.19	-	32	28		SI
4A/4B	6/4	01:49	55.99	F3	H.V.	10/4	11:50	55.99	-	31	30		SI
4C/5A	6/4	01:44	11.19	F3	H.V.	10/4	11:35	11.19	-	34	30		SI
4B/5A	6/4	01:44	55.41	F3	H.V.	10/4	11:28	55.41	-	32	29		SI
5A/5C	6/4	02:15	18.01	F3	H.V.	10/4	11:21	18.01	-	30	29		SI
5A/5B	6/4	02:15	51.00	F3	H.V.	10/4	11:14	51.00	-	34	33		SI
5B/5C	6/4	01:58	6.77	F3	H.V.	10/4	10:54	6.77	-	32	30		SI

PROCEDIMIENTOS DE SOLDADURA

OBRA : COBERTURA IMPERMEABILIZANTE DEL DEPOSITO DE TRIOXIDO DE ARSENICO

PG. : 2 de 7

CLIENTE : JC. CONTRATISTAS GENERALES / CENTROMIN PERU

MATERIAL : HDPE 60 mils

SOLDADURA						ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS							
Soldadura No.	Fecha de soldadura	Hora de soldadura	Longitud de	Calibración	Soldador	Fecha de ensayo	Hora de ensayo	Longitud de Presurización (m)	V - Box (Psi)	Presión de partida (Psi)	Presión al final (Psi)	Detalles de los ensayos no destructivos	Aceptación (si / no)
			Soldadura (m)										
5C/6A	6/4	01:48	18.01	F3	H.V.	10/4	10:47	18.01	-	32	30		SI
5B/6A	6/4	01:48	52.52	F3	H.V.	10/4	11:01	52.52	-	34	32		SI
6A/6C	6/4	03:45	25.64	F3	H.V.	10/4	10:36	25.64	-	34	32		SI
6A/6B	6/4	03:45	46.95	F3	H.V.	10/4	10:29	46.95	-	34	32		SI
6B/6C	6/4	03:45	6.95	F3	H.V.	9/4	04:32	6.95	-	31	30		SI
6B/7A	6/4	04:51	47.33	F3	C.V	9/4	03:51	47.33	-	34	34		SI
6C/7A	6/4	04:51	25.64	F3	C.V.	9/4	03:58	25.64	-	34	34		SI
7A/7C	7/4	03:00	29.42	F4	W.G.	9/4	12:27	29.42	-	33	32		SI
7B/7C	7/4	01:55	7.00	F4	W.G.	9/4	04:24	7.00	-	31	30		SI
7A/7B	7/4	03:00	11.03	F4	W.G.	9/4	03:31	11.03	-	32	30		SI
7A/7B	7/4	03:00	32.60	F4	W.G.	9/4	03:31	32.60	-	32	31		SI
7C/8A	8/4	10:14	29.41	F5	H.V.	9/4			5			EXTRUSION	SI
7B/8A	8/4	10:14	45.60	F5	H.V.	9/4			5			EXTRUSION	SI
8A/9A	8/4	11:02	78.00	F5	H.V.	9/4			5			EXTRUSION	SI

PROCEDIMIENTOS DE SOLDADURA

OBRA : COBERTURA IMPERMEABILIZANTE DEL DEPOSITO DE TRIOXIDO DE ARSENICO

PG. : 3 de 7

CLIENTE : JC. CONTRATISTAS GENERALES / CENTROMIN PERU

MATERIAL : HDPE 60 mils

SOLDADURA						ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS							
Soldadura No.	Fecha de soldadura	Hora de soldadura	Longitud de	Calibración	Soldador	Fecha de ensayo	Hora de ensayo	Longitud de Presurización (m)	V - Box (Psi)	Presión de partida (Psi)	Presión al final (Psi)	Detalles de los ensayos no destructivos	Aceptación (si / no)
			Soldadura (m)										
9A/10B	8/4	11:54	39.00	F5	H.V.	9/4	10:48	39.00	5	-	-	EXTRUSION	SI
9A/9B	8/4	12:00	41.00	F5	H.V.	9/4	10:40	41.00	-	31	30		
10B/10A	8/4	02:19	38.13	F6	H.V.	9/4	10:11	38.13	-	32	31		SI
9B/10A	8/4	02:19	42.64	F6	H.V.	9/4	10:50	42.64	-	31	30.5		SI
9B/910B	8/4	11:46	7.01	F6	H.V.	9/4	11:12	7.01	5	-	-	EXTRUSION	SI
10A/11A	8/4	02:52	81.05	F6	H.V.	9/4	10:33	81.05	-	33	33		SI
2B/12A	11/4	01:29	57.91	F7	F.H.	13/3	10:02	57.91	-	34	32		SI
12A/12B	11/4	03:22	38.13	F7	F.H.	13/3	10:14	38.13	-	32	32		SI
12B/13A	11/4	04:09	53.96	F7	F.H.	13/3	10:24	53.96	-	33	30		SI
13A/13B	11/4	04:38	50.94	F7	F.H.	13/3	10:34	50.94	-	32	30		SI
13B/14A	14/4	08:54	46.45	F8	F.H.	14/4	11:20	46.45	-	31	30		SI
14A/14B	14/4	09:17	43.01	F8	F.H.	14/4	11:13	43.01	-	33	30		SI
14B/14C	14/4	09:48	32.00	F8	F.H.	14/4	09:02	32.00	-	34	32		SI
12C/13C	14/4	10:13	71.32	F8	F.H.	14/4	11:26	71.32	-	32	30		SI
12C/14C	14/4	10:28	10.00	F8	F.H.	14/4	11:02	10.00	-	32	32		SI
13C/14C	14/4	10:23	17.00	F8	F.H.	14/4	11:07	17.00	-	30	30		SI

PROCEDIMIENTOS DE SOLDADURA

OBRA : COBERTURA IMPERMEABILIZANTE DEL DEPOSITO DE TRIOXIDO DE ARSENICO

PG. : 4 de 7

CLIENTE : JC. CONTRATISTAS GENERALES / CENTROMIN PERU

MATERIAL : HDPE 60 mils

SOLDADURA						ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS							
Soldadura No.	Fecha de soldadura	Hora de soldadura	Longitud de	Calibración	Soldador	Fecha de ensayo	Hora de ensayo	Longitud de Presurización (m)	V - Box (Psi)	Presión de partida (Psi)	Presión al final (Psi)	Detalles de los ensayos no destructivos	Aceptación (si / no)
			Soldadura (m)										
11A/15A	14/4	05:50	41.00	F9	F.H	20/4	11:26	41.00	-	34	32		SI
11B/15A	14/4	05:26	7.00	F9	F.H	20/4	11:50	7.00	-	34	32		SI
11A/11B	14/4	05:35	40.00	F9	F.H	19/4	03:54	40.00	-	31	30		SI
15A/15B	18/4	02:44	41.00	F11	F.H	20/4	11:38	41.00	-	34	32		SI
11B/15B	18/4	05:35	40.00	F11	F.H	19/4	03:54	40.00	-	31	30		SI
15B/16A	18/4	03:35	81.56	F11	F.H	19/4	03:04	81.56	-	31	30		SI
16A/17A	18/4	04:37	86.14	F11	F.H	19/4	02:50	86.14	-	30	29		SI
17B/16B	27/4	10:00	7.00	F12	F.H	1/5	03:14	7.00	-	34	32		SI
17A/17B	27/4	10:55	48.56	F12	F.H	1/5	05:28	48.56	-	33	32		SI
17A/16B	27/4	10:28	37.21	F12	F.H	1/5	05:24	37.21	-	34	32		SI
17B/18A	27/4	02:00	48.56	F13	F.H	1/5	03:23	48.56	-	34	32		SI
16B/18A	27/4	01:35	37.21	F13	F.H	1/5	05:16	37.21	-	34	33		SI
18B/19B	27/4	03:15	7.00	F13	F.H	1/5	03:44	7.00	-	34	33		SI
18A/18B	27/4	04:35	42.52	F13	F.H	1/5	03:42	42.52	-	34	33		SI

PROCEDIMIENTOS DE SOLDADURA

OBRA : COBERTURA IMPERMEABILIZANTE DEL DEPOSITO DE TRIOXIDO DE ARSENICO

PG. : 5 de 7

CLIENTE : JC. CONTRATISTAS GENERALES / CENTROMIN PERU

MATERIAL : HDPE 60 mils

SOLDADURA						ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS							
Soldadura No.	Fecha de soldadura	Hora de soldadura	Longitud de	Calibración	Soldador	Fecha de ensayo	Hora de ensayo	Longitud de Presurización (m)	V - Box (Psi)	Presión de partida (Psi)	Presión al final (Psi)	Detalles de los ensayos no destructivos	Aceptación (si / no)
			Soldadura (m)										
18A/19B	27/4	04:00	35.67	F13	F.H	1/5	05:02	35.67	-	32	31		SI
19A/19B	27/4	05:10	35.67	F13	F.H	1/5	04:14	35.67	-	32	31		SI
18B/19A	27/4	05:40	42.52	F13	F.H	1/5	03:51	42.52	-	34	33		SI
19A/20A	30/4	02:00	86.33	F14	F.H	1/5	04:14	86.33	-	32	31		SI
21A/20B	3/5	09:30	7.00	F15	H.V.	4/5		7.00	-				SI
20A/21A	3/5	10:10	43.00	F15	H.V.	4/5		43.00	-				SI
20A/20B	3/5	09:42	39.00	F15	H.V.	4/5		39.00	-				SI
21A/21B	3/5	12:00	30.00	F15	H.V.	4/5		30.00	-				SI
20B/21B	3/5	09:30	44.00	F15	H.V.	4/5		44.00	-				SI
21B/22A	3/5	10:21	74.00	F15	H.V.	4/5		74.00	-				SI
23B/22B	3/5	10:23	7.00	F15	H.V.	4/5		7.00	-				SI
22A/23B	3/5	10:23	32.00	F15	H.V.	4/5		32.00	-				SI
22A/22B	3/5	10:23	40.00	F15	H.V.	4/5		40.00	-				SI
23B/23A	3/5	10:23	29.00	F15	H.V.	4/5		29.00	-				SI
22B/23A	3/5	10:23	40.00	F15	H.V.	4/5		40.00	-				SI

PROCEDIMIENTOS DE SOLDADURA

OBRA : COBERTURA IMPERMEABILIZANTE DEL DEPOSITO DE TRIOXIDO DE ARSENICO

PG. : 6 de 7

CLIENTE : JC. CONTRATISTAS GENERALES / CENTROMIN PERU

MATERIAL : HDPE 60 mils

SOLDADURA						ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS								
Soldadura No.	Fecha de soldadura	Hora de soldadura	Longitud de	Calibración	Soldador	Fecha de ensayo	Hora de ensayo	Longitud de Presurización (m)	V - Box (Psi)	Presión de partida (Psi)	Presión al final (Psi)	Detalles de los		Aceptación (si / no)
			Soldadura (m)									ensayos no	destructivos	
23A/24A	5/5	08:55	84.00	F17	H.V.	6/5	08:20	84.00	-	32	31			SI
24B/25B	5/5	09:25	6.46	F17	H.V.	6/5	08:30	6.46	-	31	30			SI
24A/24B	5/5	09:45	38.00	F17	H.V.	6/5	08:40	38.00	-	33	33			SI
24A/25B	5/5	10:05	46.00	F17	H.V.	6/5	08:50	46.00	-	35	34			SI
24B/25A	5/5	11:10	38.00	F17	H.V.	6/5	09:00	38.00	-	32	30			SI
25B/25A	5/5	11:30	43.00	F17	H.V.	6/5	09:15	43.00	-	30	30			SI
25A/26A	5/5	01:50	90.00	F18	H.V.	6/5	09:45	90.00	-	33	33			SI
26B/27B	5/5	03:15	7.00	F18	H.V.	6/5	01:50	7.00	-	31	30			SI
26A/27B	5/5	03:25	41.00	F18	H.V.	6/5	01:58	41.00	-	33	30			SI
26A/26B	5/5	03:45	38.00	F18	H.V.	6/5	02:09	38.00	-	30	30			SI
21B/27C	5/5	03:45	7.00	F18	H.V.	6/5	02:30	7.00	-	35	31			SI
22A/27C	5/5	02:40	5.00	F18	H.V.	6/5	02:38	5.00	-	32	33			SI
20B/27C	5/5	02:20	10.00	F18	H.V.	6/5	02:44	10.00	-	33	31			SI
27B/27A	6/5	12:10	41.00	F19	H.V.	6/5	02:15	41.00	-	34	33			SI
26B/27A	6/5	02:05	48.00	F19	H.V.	6/5	02:05	48.00	-	33	33			SI

PROCEDIMIENTOS DE SOLDADURA

OBRA : COBERTURA IMPERMEABILIZANTE DEL DEPOSITO DE TRIOXIDO DE ARSENICO

PG. : 7 de 7

CLIENTE : JC. CONTRATISTAS GENERALES / CENTROMIN PERU

MATERIAL : HDPE 60 mils

SOLDADURA						ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS							
Soldadura No.	Fecha de soldadura	Hora de soldadura	Longitud de	Calibración	Soldador	Fecha de ensayo	Hora de ensayo	Longitud de Presurización (m)	V - Box (Psi)	Presión de partida (Psi)	Presión al final (Psi)	Detalles de los ensayos no destructivos	Aceptación (si / no)
			Soldadura (m)										
23C/28A	13/5	04:12	6.92	F20	F.H.	14/5	09:50	6.92	-	31	30		SI
27A/28A	13/5	05:30	53.00	F20	F.H.	14/5	10:06	53.00	-	32	31		SI
27A/23C	13/5	05:53	22.00	F20	F.H.	14/5	10:15	22.00	-	31	30		SI
28B/28C	13/5	05:20	6.86	F20	F.H.	14/5	09:35	6.86	-	32	30		SI
28A/28B	14/5	08:35	77.00	F21	F.H.	14/5	09:40	77.00	-	31	30		SI
23C/28C	14/5	09:02	22.00	F21	F.H.	14/5	09:58	22.00	-	33	32		SI
28F/28E	14/5	08:25	3.50	F21	F.H.	14/5	09:49	3.50	-	31	30		SI
28E/28D	14/5	08:15	3.50	F21	F.H.	14/5	09:42	3.50	-	32	31		SI
28B/28F	14/5	08:25	20.00	F21	F.H.	14/5	09:50	20.00	-	34	33		SI
28B/28E	14/5	08:35	20.00	F21	F.H.	14/5	09:57	20.00	-	32	30		SI
28B/28D	14/5	08:45	9.00	F21	F.H.	14/5	10:05	9.00	-	32	31		SI
25C/25D	19/5	02:30	0.6	F22	F.H.	19/5	03:00	0.6	5	-	-	EXTRUSION	SI
28F/25C	19/5	03:25	6.00	F22	F.H.	19/5	03:14	6.00	5	-	-	EXTRUSION	SI
28F/25D	19/5	03:40	4.00	F22	F.H.	19/5	03:19	4.00	5	-	-	EXTRUSION	SI

CONTROL DE CALIDAD EN CAMPO

ENSAYOS DESTRUCTIVOS

FECHA	: ABRIL 1999	PG.	: 1 de 8
OBRA	: COBERTURA IMPERMEABILIZANTE DEL DEPOSITO DE TRIOXIDO DE ARSENICO MALPASO-LA OROYA	TIPO DE MATERIAL	: HDPE 60 mils
CIA. EJECUTORA	: CIDELSA <i>INGENIERIA EN GEOSINTETICOS</i>	TESISTA	: A. Romero B.
CIA. SUPERVISION	: T Y T <i>INGENIERIA Y CONSTRUCCION</i>	SUPERVISOR	: Dennis Vega
CLIENTE	: JC CONTRATISTAS GENERALES S.R.L./ CENTROMIN PERU		

ENSAYO No.	FECHA	HORA	UBICACIÓN DE LAS PRUEBAS	ESFUERZO DE PELAJE (KN/m)	TIPO DE RUPTURA AL PELAJE	ESFUERZO DE CORTE (KN/m)	TIPO DE RUPTURA AL CORTE	INSPECTOR	COMENTARIOS
DF - 01									
1	15/4	03:28	P 3A/2A (5M ZANJA IZQ.)	25	FTB			D.V/F.H	PASA
2	15/4	03:33	P 3A/2A (5M ZANJA IZQ.)	25	FTB			D.V/F.H	PASA
3	15/4	03:36	P 3A/2A (5M ZANJA IZQ.)	25	FTB			D.V/F.H	PASA
4	15/4	03:38	P 3A/2A (5M ZANJA IZQ.)	25	FTB			D.V/F.H	PASA
5	15/4	03:39	P 3A/2A (5M ZANJA IZQ.)	24	FTB			D.V/F.H	PASA
6	15/4	03:40	P 3A/2A (5M ZANJA IZQ.)			31	FTB	D.V/F.H	PASA
7	15/4	03:43	P 3A/2A (5M ZANJA IZQ.)			31	FTB	D.V/F.H	PASA
8	15/4	03:45	P 3A/2A (5M ZANJA IZQ.)			32	FTB	D.V/F.H	PASA
9	15/4	03:47	P 3A/2A (5M ZANJA IZQ.)			31	FTB	D.V/F.H	PASA
10	15/4	03:50	P 3A/2A (5M ZANJA IZQ.)			35	FTB	D.V/F.H	PASA
DF - 02									
1	15/4	03:52	P 2B/1A (25M ZANJA IZQ.)	24	FTB			D.V/F.H	PASA
2	15/4	03:55	P 2B/1A (25M ZANJA IZQ.)	26	FTB			D.V/F.H	PASA
3	15/4	03:58	P 2B/1A (25M ZANJA IZQ.)	23	FTB			D.V/F.H	PASA
4	15/4	04:01	P 2B/1A (25M ZANJA IZQ.)	24	FTB			D.V/F.H	PASA
5	15/4	04:03	P 2B/1A (25M ZANJA IZQ.)	23	FTB			D.V/F.H	PASA
6	15/4	04:05	P 2B/1A (25M ZANJA IZQ.)			30	FTB	D.V/F.H	PASA
7	15/4	04:09	P 2B/1A (25M ZANJA IZQ.)			31	FTB	D.V/F.H	PASA

CONTROL DE CALIDAD EN CAMPO

ENSAYOS DESTRUCTIVOS

FECHA	: ABRIL 1999	PG.	: 2 de 8
OBRA	: COBERTURA IMPERMEABILIZANTE DEL DEPOSITO DE TRIOXIDO DE ARSENICO MALPASO-LA OROYA	TIPO DE MATERIAL	: HDPE 60 mils
CIA. EJECUTORA	: CIDELSA <i>INGENIERIA EN GEOSINTETICOS</i>	TESISTA	: A. Romero B.
CIA. SUPERVISION	: T Y T <i>INGENIERIA Y CONSTRUCCION</i>	SUPERVISOR	: Dennis Vega
CLIENTE	: JC CONTRATISTAS GENERALES S.R.L./ CENTROMIN PERU		

ENSAYO No.	FECHA	HORA	UBICACIÓN DE LAS PRUEBAS	ESFUERZO DE PELAJE (KN/m)	TIPO DE RUPTURA AL PELAJE	ESFUERZO DE CORTE (KN/m)	TIPO DE RUPTURA AL CORTE	INSPECTOR	COMENTARIOS
8	15/4	04:11	P 2B/1A (25M ZANJA IZQ.)			36	FTB	D.V/F.H	PASA
9	15/4	04:13	P 2B/1A (25M ZANJA IZQ.)			36	FTB	D.V/F.H	PASA
10	15/4	04:14	P 2B/1A (25M ZANJA IZQ.)			30	FTB	D.V/F.H	PASA
DF - 03									
1	15/4	04:15	P 5A/4B (2M ZANJA IZQ.)	18	FTB			D.V/F.H	PASA
2	15/4	04:16	P 5A/4B (2M ZANJA IZQ.)	23	FTB			D.V/F.H	PASA
3	15/4	04:17	P 5A/4B (2M ZANJA IZQ.)	24	FTB			D.V/F.H	PASA
4	15/4	04:18	P 5A/4B (2M ZANJA IZQ.)	26	FTB			D.V/F.H	PASA
5	15/4	04:19	P 5A/4B (2M ZANJA IZQ.)	22	FTB			D.V/F.H	PASA
6	15/4	04:20	P 5A/4B (2M ZANJA IZQ.)			32	FTB	D.V/F.H	PASA
7	15/4	04:21	P 5A/4B (2M ZANJA IZQ.)			30	FTB	D.V/F.H	PASA
8	15/4	04:22	P 5A/4B (2M ZANJA IZQ.)			30	FTB	D.V/F.H	PASA
9	15/4	04:23	P 5A/4B (2M ZANJA IZQ.)			30	FTB	D.V/F.H	PASA
10	15/4	04:25	P 5A/4B (2M ZANJA IZQ.)			31	FTB	D.V/F.H	PASA
DF - 04									
1	15/4	04:26	P 5C/5B	24	FTB			D.V/F.H	PASA
2	15/4	04:27	P 5C/5B	24	FTB			D.V/F.H	PASA

CONTROL DE CALIDAD EN CAMPO

ENSAYOS DESTRUCTIVOS

FECHA	: ABRIL 1999	PG.	: 3 de 8
OBRA	: COBERTURA IMPERMEABILIZANTE DEL DEPOSITO DE TRIOXIDO DE ARSENICO MALPASO-LA OROYA	TIPO DE MATERIAL	: HDPE 60 mils
CIA. EJECUTORA	: CIDELSA <i>INGENIERIA EN GEOSINTETICOS</i>	TESISTA	: A. Romero B.
CIA. SUPERVISION	: T Y T <i>INGENIERIA Y CONSTRUCCION</i>	SUPERVISOR	: Dennis Vega
CLIENTE	: JC CONTRATISTAS GENERALES S.R.L./ CENTROMIN PERU		

ENSAYO No.	FECHA	HORA	UBICACIÓN DE LAS PRUEBAS	ESFUERZO DE PELAJE (KN/m)	TIPO DE RUPTURA AL PELAJE	ESFUERZO DE CORTE (KN/m)	TIPO DE RUPTURA AL CORTE	INSPECTOR	COMENTARIOS
3	15/4	04:29	P 5C/5B	24	FTB			D.V/F.H	PASA
4	15/4	04:30	P 5C/5B	27	FTB			D.V/F.H	PASA
5	15/4	04:33	P 5C/5B	24	FTB			D.V/F.H	PASA
6	15/4	04:34	P 5C/5B			28	FTB	D.V/F.H	PASA
7	15/4	04:35	P 5C/5B			29	FTB	D.V/F.H	PASA
8	15/4	04:37	P 5C/5B			30	FTB	D.V/F.H	PASA
9	15/4	04:39	P 5C/5B			28	FTB	D.V/F.H	PASA
10	15/4	04:40	P 5C/5B			28	FTB	D.V/F.H	PASA
DF - 05									
1	15/4	04:43	P 6C / 7A	22	FTB			D.V/F.H	PASA
2	15/4	04:44	P 6C / 7A	24	FTB			D.V/F.H	PASA
3	15/4	04:45	P 6C / 7A	24	FTB			D.V/F.H	PASA
4	15/4	04:46	P 6C / 7A	22	FTB			D.V/F.H	PASA
5	15/4	04:48	P 6C / 7A	64	FTB			D.V/F.H	PASA
6	15/4	04:50	P 6C / 7A			32	FTB	D.V/F.H	PASA
7	15/4	04:51	P 6C / 7A			33	FTB	D.V/F.H	PASA
8	15/4	04:52	P 6C / 7A			30	FTB	D.V/F.H	PASA

CONTROL DE CALIDAD EN CAMPO

ENSAYOS DESTRUCTIVOS

FECHA	: ABRIL 1999	PG.	: 4 de 8
OBRA	: COBERTURA IMPERMEABILIZANTE DEL DEPOSITO DE TRIOXIDO DE ARSENICO MALPASO-LA OROYA	TIPO DE MATERIAL	: HDPE 60 mils
CIA. EJECUTORA	: CIDELSA INGENIERIA EN GEOSINTETICOS	TESISTA	: A. Romero B.
CIA. SUPERVISION	: T Y T INGENIERIA Y CONSTRUCCION	SUPERVISOR	: Dennis Vega
CLIENTE	: JC CONTRATISTAS GENERALES S.R.L./ CENTROMIN PERU		

ENSAYO No.	FECHA	HORA	UBICACIÓN DE LAS PRUEBAS	ESFUERZO DE PELAJE (KN/m)	TIPO DE RUPTURA AL PELAJE	ESFUERZO DE CORTE (KN/m)	TIPO DE RUPTURA AL CORTE	INSPECTOR	COMENTARIOS
8	15/4	04:52	P 6C / 7A			34	FTB	D.V/F.H	PASA
9	15/4	04:53	P 6C / 7A			30	FTB	D.V/F.H	PASA
DF - 06									
1	27/4	09:40	P 7C/8A (15 M ZANJA CERRO)	21				D.V/F.H	NO PASA
2	27/4	09:42	P 7C/8A (15 M ZANJA CERRO)	N/P				D.V/F.H	NO PASA
3	27/4	09:43	P 7C/8A (15 M ZANJA CERRO)	N/P				D.V/F.H	NO PASA
4	27/4	09:44	P 7C/8A (15 M ZANJA CERRO)	N/P				D.V/F.H	NO PASA
5	27/4	09:45	P 7C/8A (15 M ZANJA CERRO)	N/P				D.V/F.H	NO PASA
6	27/4	09:46	P 7C/8A (15 M ZANJA CERRO)			28		D.V/F.H	NO PASA
7	27/4	09:47	P 7C/8A (15 M ZANJA CERRO)			26		D.V/F.H	NO PASA
8	27/4	09:48	P 7C/8A (15 M ZANJA CERRO)			N/P		D.V/F.H	NO PASA
9	27/4	09:49	P 7C/8A (15 M ZANJA CERRO)			N/P		D.V/F.H	NO PASA
10	27/4	09:50	P 7C/8A (15 M ZANJA CERRO)			N/P		D.V/F.H	NO PASA
DF - 07									
1	27/4	09:50	P 11A/11B (35 M ZANJA RIO)	22	FTB			D.V/F.H	PASA
2	27/4	09:52	P 11A/11B (35 M ZANJA RIO)	23	FTB			D.V/F.H	PASA

CONTROL DE CALIDAD EN CAMPO

ENSAYOS DESTRUCTIVOS

FECHA	: ABRIL 1999	PG.	: 5 de 8
OBRA	: COBERTURA IMPERMEABILIZANTE DEL DEPOSITO DE TRIOXIDO DE ARSENICO MALPASO-LA OROYA	TIPO DE MATERIAL	: HDPE 60 mils
CIA. EJECUTORA	: CIDELSA <i>INGENIERIA EN GEOSINTETICOS</i>	TESISTA	: A. Romero B.
CIA. SUPERVISION	: T Y T <i>INGENIERIA Y CONSTRUCCION</i>	SUPERVISOR	: Dennis Vega
CLIENTE	: JC CONTRATISTAS GENERALES S.R.L./ CENTROMIN PERU		

ENSAYO No.	FECHA	HORA	UBICACIÓN DE LAS PRUEBAS	ESFUERZO DE PELAJE (KN/m)	TIPO DE RUPTURA AL PELAJE	ESFUERZO DE CORTE (KN/m)	TIPO DE RUPTURA AL CORTE	INSPECTOR	COMENTARIOS
3	27/4	09:54	P 11A/11B (35 M ZANJA RIO)	22	FTB			D.V/F.H	PASA
4	27/4	09:55	P 11A/11B (35 M ZANJA RIO)	22	FTB			D.V/F.H	PASA
5	27/4	09:57	P 11A/11B (35 M ZANJA RIO)	23	FTB			D.V/F.H	PASA
6	27/4	09:59	P 11A/11B (35 M ZANJA RIO)			30	FTB	D.V/F.H	PASA
7	27/4	10:02	P 11A/11B (35 M ZANJA RIO)			30	FTB	D.V/F.H	PASA
8	27/4	10:03	P 11A/11B (35 M ZANJA RIO)			28	FTB	D.V/F.H	PASA
9	27/4	10:05	P 11A/11B (35 M ZANJA RIO)			30	FTB	D.V/F.H	PASA
10	27/4	10:07	P 11A/11B (35 M ZANJA RIO)			31	FTB	D.V/F.H	PASA
DF - 08									
1	27/4	10:17	P 12B/12A (35M ZANJA CERRO)	23	FTB			D.V/F.H	PASA
2	27/4	10:19	P 12B/12A (35M ZANJA CERRO)	23	FTB			D.V/F.H	PASA
3	27/4	10:20	P 12B/12A (35M ZANJA CERRO)	23	FTB			D.V/F.H	PASA
4	27/4	10:21	P 12B/12A (35M ZANJA CERRO)	24	FTB			D.V/F.H	PASA
5	27/4	10:22	P 12B/12A (35M ZANJA CERRO)	21	FTB			D.V/F.H	PASA
6	27/4	10:24	P 12B/12A (35M ZANJA CERRO)			30	FTB	D.V/F.H	PASA
7	27/4	10:26	P 12B/12A (35M ZANJA CERRO)			30	FTB	D.V/F.H	PASA
8	27/4	10:27	P 12B/12A (35M ZANJA CERRO)			28	FTB	D.V/F.H	PASA
9	27/4	10:28	P 12B/12A (35M ZANJA CERRO)			29	FTB	D.V/F.H	PASA
10	27/4	10:29	P 12B/12A (35M ZANJA CERRO)			32	FTB	D.V/F.H	PASA

CONTROL DE CALIDAD EN CAMPO

ENSAYOS DESTRUCTIVOS

FECHA	: ABRIL 1999	PG.	: 6 de 8
OBRA	: COBERTURA IMPERMEABILIZANTE DEL DEPOSITO DE TRIOXIDO DE ARSENICO MALPASO-LA OROYA	TIPO DE MATERIAL	: HDPE 60 mils
CIA. EJECUTORA	: CIDELSA <i>INGENIERIA EN GEOSINTETICOS</i>	TESISTA	: A. Romero B.
CIA. SUPERVISION	: T Y T <i>INGENIERIA Y CONSTRUCCION</i>	SUPERVISOR	: Dennis Vega
CLIENTE	: JC CONTRATISTAS GENERALES S.R.L./ CENTROMIN PERU		

ENSAYO No.	FECHA	HORA	UBICACIÓN DE LAS PRUEBAS	ESFUERZO DE PELAJE (KN/m)	TIPO DE RUPTURA AL PELAJE	ESFUERZO DE CORTE (KN/m)	TIPO DE RUPTURA AL CORTE	INSPECTOR	COMENTARIOS
DF - 09									
1	27/4	10:40	P 14A/13B (12M ZANJA DE RIO)	22	FTB			D.V/F.H	PASA
2	27/4	10:42	P 14A/13B (12M ZANJA DE RIO)	22	FTB			D.V/F.H	PASA
3	27/4	10:43	P 14A/13B (12M ZANJA DE RIO)	23	FTB			D.V/F.H	PASA
4	27/4	10:44	P 14A/13B (12M ZANJA DE RIO)	24	FTB			D.V/F.H	PASA
5	27/4	10:46	P 14A/13B (12M ZANJA DE RIO)	22	FTB			D.V/F.H	PASA
6	27/4	10:47	P 14A/13B (12M ZANJA DE RIO)			26	FTB	D.V/F.H	PASA
7	27/4	10:49	P 14A/13B (12M ZANJA DE RIO)			28	FTB	D.V/F.H	PASA
8	27/4	10:50	P 14A/13B (12M ZANJA DE RIO)			28	FTB	D.V/F.H	PASA
9	27/4	10:51	P 14A/13B (12M ZANJA DE RIO)			27	FTB	D.V/F.H	PASA
10	27/4	10:52	P 14A/13B (12M ZANJA DE RIO)			26	FTB	D.V/F.H	PASA
DF - 10									
1	27/4	10:00	P 17B/18A (18M ZANJA CERRO)	22	FTB			D.V/F.H	PASA
2	27/4	10:02	P 17B/18A (18M ZANJA CERRO)	25	FTB			D.V/F.H	PASA
3	27/4	10:03	P 17B/18A (18M ZANJA CERRO)	20	FTB			D.V/F.H	PASA
4	27/4	10:04	P 17B/18A (18M ZANJA CERRO)	21	FTB			D.V/F.H	PASA
5	27/4	10:06	P 17B/18A (18M ZANJA CERRO)	23	FTB			D.V/F.H	PASA
6	27/4	10:07	P 17B/18A (18M ZANJA CERRO)			28	FTB	D.V/F.H	PASA
7	27/4	10:09	P 17B/18A (18M ZANJA CERRO)			29	FTB	D.V/F.H	PASA

CONTROL DE CALIDAD EN CAMPO

ENSAYOS DESTRUCTIVOS

FECHA	: ABRIL-MAYO 1999	PG.	: 7 de 8
OBRA	: COBERTURA IMPERMEABILIZANTE DEL DEPOSITO DE TRIOXIDO DE ARSENICO MALPASO-LA OROYA	TIPO DE MATERIAL	: HDPE 60 mils
CIA. EJECUTORA	: CIDELSA <i>INGENIERIA EN GEOSINTETICOS</i>	TESISTA	: A. Romero B.
CIA. SUPERVISION	: T Y T <i>INGENIERIA Y CONSTRUCCION</i>	SUPERVISOR	: Dennis Vega
CLIENTE	: JC CONTRATISTAS GENERALES S.R.L./ CENTROMIN PERU		

ENSAYO No.	FECHA	HORA	UBICACIÓN DE LAS PRUEBAS	ESFUERZO DE PELAJE (KN/m)	TIPO DE RUPTURA AL PELAJE	ESFUERZO DE CORTE (KN/m)	TIPO DE RUPTURA AL CORTE	INSPECTOR	COMENTARIOS
8	27/4	10:12	P 17B/18A (18M ZANJA CERRO)			23	FTB	D.V/F.H	PASA
9	27/4	10:13	P 17B/18A (18M ZANJA CERRO)			25	FTB	D.V/F.H	PASA
10	27/4	10:15	P 17B/18A (18M ZANJA CERRO)			27	FTB	D.V/F.H	PASA
D - 11									
1	3/5	08:50	P 18A/20A (15 M ZANJA RIO)	24	FTB			D.V/F.H	PASA
2	3/5	08:52	P 18A/20A (15 M ZANJA RIO)	24	FTB			D.V/F.H	PASA
3	3/5	08:54	P 18A/20A (15 M ZANJA RIO)	22	FTB			D.V/F.H	PASA
4	3/5	08:56	P 18A/20A (15 M ZANJA RIO)	22	FTB			D.V/F.H	PASA
5	3/5	09:00	P 18A/20A (15 M ZANJA RIO)	23	FTB			D.V/F.H	PASA
6	3/5	09:02	P 18A/20A (15 M ZANJA RIO)			27	FTB	D.V/F.H	PASA
7	3/5	09:05	P 18A/20A (15 M ZANJA RIO)			25	FTB	D.V/F.H	PASA
8	3/5	09:07	P 18A/20A (15 M ZANJA RIO)			23	FTB	D.V/F.H	PASA
9	3/5	09:09	P 18A/20A (15 M ZANJA RIO)			23	FTB	D.V/F.H	PASA
10	3/5	09:10	P 18A/20A (15 M ZANJA RIO)			30	FTB	D.V/F.H	PASA
DF-12									
1	3/5	10:00	P 20A/20B (15M ZANJA RIO)	22	FTB			D.V/F.H	PASA
2	3/5	10:02	P 20A/20B (15M ZANJA RIO)	20	FTB			D.V/F.H	PASA
3	3/5	10:03	P 20A/20B (15M ZANJA RIO)	19	FTB			D.V/F.H	PASA
4	3/5	10:04	P 20A/20B (15M ZANJA RIO)	20	FTB			D.V/F.H	PASA

CONTROL DE CALIDAD DE LOS MATERIALES EN CAMPO

- REPORTE DE REPARACIONES

CONTROL DE CALIDAD EN CAMPO

REPORTE DE REPARACIONES

FECHA : ABRIL 1999
 OBRA : COBERTURA IMPERMEABILIZANTE DEL DEPOSITO DE TRIOXIDO DE ARSENICO MALPASO-LA OROYA PG. : 1 de 8
 CIA. EJECUTORA : CIDELSA INGENIERIA EN GEOSINTETICOS TIPO DE MATERIAL : HDPE 60 mils
 CIA. SUPERVISION : T Y T INGENIERIA Y CONSTRUCCION TESISTA : A. Romero B.
 CLIENTE : JC CONTRATISTAS GENERALES S.R.L./ CENTROMIN PERU SUPERVISOR : Dennis Vega

REPARACION No.	TIPO	LOCALIZACION DE LA SOLDADURA	FECHA DE REPARACION	FECHA DE VERIFICACION (TEST)	VERIFICADO	ACEPTADO
R 1	P. AIRE	P3A ZANJA DE ANCLAJE CERRO	1/4	26/4	A.R	DV.FH.
R 2	P. AIRE	P1A/1B RIO ZANJA	1/4	19/4	A.R	DV.FH.
R 3	DF - 01	P3A/2A A 5M DE CERRO	1/4	19/4	A.R	DV.FH.
R 4	DF - 02	P2B/1A 25M DE CERRO	1/4	19/4	A.R	DV.FH.
R 5	P. AIRE	P9A/9C A 30 M DE CERRO	8/4	30/4	A.R	DV.FH.
R 6	P. AIRE	P9A/9C A 25 M DE CERRO	8/4	30/4	A.R	DV.FH.
R 7	DF - 03	P 5A/4B A 2M DE ZANJA DE RIO	11/4	19/4	A.R	DV.FH.
R 8	DF - 04	P 5C/5B A 20 M DE	11/4	19/4	A.R	DV.FH.
R 9	DF - 05	P 6C/7A A 2M DE ZANJA DE CERRO	11/4	19/4	A.R	DV.FH.
R 10	DF - 06	P 7C/8A A 15 M DE ZANJA DE CERRO	11/4	26/4	A.R	DV.FH.
R 11	P. AIRE	P 5C/6A/5B INTERSECCION	12/4	19/4	A.R	DV.FH.
R 12	P. AIRE	P 5A/5B/5C INTERSECCION	12/4	19/4	A.R	DV.FH.
R 13	P. AIRE	P 7A/7B/7C INTERSECCION	12/4	28/4	A.R	DV.FH.
R 14	P. AIRE	P 7A/7B 25 M DE CERRO	12/4	28/4	A.R	DV.FH.
R 15	P. AIRE	P 7A/7B 2 M DE ZANJA DE RIO	12/4	28/4	A.R	DV.FH.
R 16	P. AIRE	P 6B/7A A 3 M DE ZANJA DE RIO	12/4	19/4	A.R	DV.FH.
R 17	P. AIRE	P 6B/6C/7A INTERSECCION	12/4	19/4	A.R	DV.FH.
R 18	P. AIRE	P 6A/6B/6C INTERSECCION	12/4	19/4	A.R	DV.FH.

CONTROL DE CALIDAD EN CAMPO

REPORTE DE REPARACIONES

FECHA : ABRIL 1999

OBRA : COBERTURA IMPERMEABILIZANTE DEL DEPOSITO DE
TRIOXIDO DE ARSENICO MALPASO-LA OROYA

PG. : 2 de 8

CIA. EJECUTORA : CIDELSA INGENIERIA EN GEOSINTETICOS

TIPO DE MATERIAL : HDPE 60 mils

CIA. SUPERVISION : T Y T INGENIERIA Y CONSTRUCCION

TESISTA : A. Romero B.

CLIENTE : JC CONTRATISTAS GENERALES S.R.L./ CENTROMIN PERU

SUPERVISOR : Dennis Vega

REPARACION No.	TIPO	LOCALIZACION DE LA SOLDADURA	FECHA DE REPARACION	FECHA DE VERIFICACION (TEST)	VERIFICADO	ACEPTADO
R 19	P. AIRE	P 4B/4C/5A INTERSECCION	13/4	19/4	A.R.	DV.FH.
R 20	P. AIRE	P 4A/4B/4C INTERSECCION	13/4	19/4	A.R.	DV.FH.
R 21	P. AIRE	P 1A/2B A 2M DE CERRO	13/4	19/4	A.R.	DV.FH.
R 22	P. AIRE	P 2B/12A A 1M DE CERRO	13/4	19/4	A.R.	DV.FH.
R 23	P. AIRE	P 12B/12A A 1M DE CERRO	13/4	19/4	A.R.	DV.FH.
R 24	P. AIRE	P 13A/12B A 1,5M DE CERRO	13/4	19/4	A.R.	DV.FH.
R 25	P. AIRE	P 13B/13A A 2M DE CERRO	13/4	19/4	A.R.	DV.FH.
R26	P. AIRE	P 13B/13A A 2M DE ZANJA DE RIO	13/4	19/4	A.R.	DV.FH.
R 27	P. AIRE	P 13A/12B A 2M DE ZANJA DE RIO	13/4	19/4	A.R.	DV.FH.
R 28	P. AIRE	P 12B/12A A 2M DE ZANJA DE RIO	13/4	19/4	A.R.	DV.FH.
R 29	P. AIRE	P 2B/12B A 2M DE ZANJA DE RIO	13/4	19/4	A.R.	DV.FH.
R 30	P. AIRE	P 1A/2B A 7M DE ZANJA DE RIO	13/4	19/4	A.R.	DV.FH.
R 31	P. AIRE	P 1A/2B A 3M DE ZANJA DE RIO	13/4	19/4	A.R.	DV.FH.
R 32	P. AIRE	P 2A/1B A 2M DE ZANJA DE RIO	13/4	19/4	A.R.	DV.FH.
R 33	P. AIRE	P 3A/2A A 1M DE ZANJA DE RIO	13/4	19/4	A.R.	DV.FH.
R 34	P. AIRE	P 4A/3A A 1M DE ZANJA DE RIO	13/4	19/4	A.R.	DV.FH.
R 35	P. AIRE	P 4B/4A A 1M DE ZANJA DE RIO	13/4	19/4	A.R.	DV.FH.
R 36	P. AIRE	P 4B/5A A 1M DE ZA+D64NJA DE RIO	13/4	19/4	A.R.	DV.FH.

CONTROL DE CALIDAD EN CAMPO

REPORTE DE REPARACIONES

FECHA : ABRIL 1999
 OBRA : COBERTURA IMPERMEABILIZANTE DEL DEPOSITO DE TRIOXIDO DE ARSENICO MALPASO-LA OROYA PG. : 3 de 8
 CIA. EJECUTORA : CIDELSA INGENIERIA EN GEOSINTETICOS TIPO DE MATERIAL : HDPE 60 mils
 CIA. SUPERVISION : T Y T INGENIERIA Y CONSTRUCCION TESISTA : A. Romero B.
 CLIENTE : JC CONTRATISTAS GENERALES S.R.L./ CENTROMIN PERU SUPERVISOR : Dennis Vega

REPARACION No.	TIPO	LOCALIZACION DE LA SOLDADURA	FECHA DE REPARACION	FECHA DE VERIFICACION (TEST)	VERIFICADO	ACEPTADO
R 37	P. AIRE	P 4B/5A A 1M DE ZANJA DE RIO	13/4	19/4	A.R.	DV.FH.
R 38	P. AIRE	P 5A/5B A 1M DE ZANJA DE RIO	13/4	19/4	A.R.	DV.FH.
R 39	P. AIRE	P 6A/6B A 1M DE ZANJA DE RIO	13/4	19/4	A.R.	DV.FH.
R 40	P. AIRE	P 8A/9A A 3M DE ZANJA DE RIO	13/4	30/4	A.R.	DV.FH.
R 41	P. AIRE	P 9A/9B A 1M DE ZANJA DE RIO	13/4	30/4	A.R.	DV.FH.
R 42	P. AIRE	P 9A/9B A 5M DE ZANJA DE RIO	13/4	30/4	A.R.	DV.FH.
R 43	P. AIRE	P 14A/13B A 2M DE ZANJA DE RIO	14/4	19/4	A.R.	DV.FH.
R 44	P. AIRE	P 14B/14A A 2M DE ZANJA DE RIO	14/4	19/4	A.R.	DV.FH.
R 45	P. AIRE	P 14B/14A A 2M DE CERRO	14/4	19/4	A.R.	DV.FH.
R 46	P. AIRE	P 14A/13B A 2M DE CERRO	14/4	19/4	A.R.	DV.FH.
R 47	P. AIRE	P 9A/9B A 8M DE ZANJA DE RIO	14/4	30/4	A.R.	DV.FH.
R 48	P. AIRE	P 9A/9B A 15M DE ZANJA DE RIO	14/4	30/4	A.R.	DV.FH.
R 49	P. AIRE	P 9A/9B A 30M DE ZANJA DE RIO	15/4	30/4	A.R.	DV.FH.
R 50	DF-07/P. A	P 11A/11B A 35M DE ZANJA DE RIO	15/4	30/4	A.R.	DV.FH.
R 51	P. AIRE	P 9A/9B A 35M DE ZANJA DE RIO	15/4	30/4	A.R.	DV.FH.
R 52	P. AIRE	P 9A/9B A 40M DE ZANJA DE RIO	15/4	30/4	A.R.	DV.FH.
R 53	P. AIRE	P 9A/9B A 41M DE ZANJA DE RIO	15/4	30/4	A.R.	DV.FH.
R 54	P. AIRE	P 9A/9B A 42M DE ZANJA DE RIO	15/4	30/4	A.R.	DV.FH.

CONTROL DE CALIDAD EN CAMPO

REPORTE DE REPARACIONES

FECHA : ABRIL 1999
 OBRA : COBERTURA IMPERMEABILIZANTE DEL DEPOSITO DE TRIOXIDO DE ARSENICO MALPASO-LA OROYA PG. : 4 de 8
 CIA. EJECUTORA : CIDELSA INGENIERIA EN GEOSINTETICOS TIPO DE MATERIAL : HDPE 60 mils
 CIA. SUPERVISION : T Y T INGENIERIA Y CONSTRUCCION TESISISTA : A. Romero B.
 CLIENTE : JC CONTRATISTAS GENERALES S.R.L./ CENTROMIN PERU SUPERVISOR : Dennis Vega

REPARACION No.	TIPO	LOCALIZACION DE LA SOLDADURA	FECHA DE REPARACION	FECHA DE VERIFICACION (TEST)	VERIFICADO	ACEPTADO
R 55	P. AIRE	P 9A/9B INTERSECCION	15/4	30/4	A.R.	DV.FH.
R 56	DF-08	P 12B/12A A 35M DE ZANJA CERRO	15/4	19/4	A.R.	DV.FH.
R 57	DF-09	P 14A/13B A 12M DE ZANJA DE RIO	15/4	19/4	A.R.	DV.FH.
R 58	P. AIRE	P 9A/10BC A 25M DE ZANJA CERRO	15/4	30/4	A.R.	DV.FH.
R 59	P. AIRE	P 14C/14B A 3M DE ZANJA DE RIO	16/4	19/4	A.R.	DV.FH.
R 60	P. AIRE	P 14C/14B A 3M DE ZANJA CERRO	16/4	19/4	A.R.	DV.FH.
R 61	P. AIRE	P 12C/13C/14C INTERSECCION	16/4	19/4	A.R.	DV.FH.
R 62	P. AIRE	P 7B/7C/8A INTERSECCION	18/4	28/4	A.R.	DV.FH.
R 63	P. AIRE	P 7C/8A A 12M DE CERRO	18/4	26/4	A.R.	DV.FH.
R 64	P. AIRE	P 7B/8A A 4M DE CERRO	18/4	26/4	A.R.	DV.FH.
R 65	P. AIRE	P 2A/1B A 3M DE ZANJA DE CERRO	26/4	26/4	A.R.	DV.FH.
R 66	P. AIRE	P 3A/2A A 3M DE ZANJA DE CERRO	26/4	26/4	A.R.	DV.FH.
R 67	P. AIRE	P 4A/3A A 3M DE ZANJA DE CERRO	26/4	26/4	A.R.	DV.FH.
R 68	P. AIRE	P 4C/4A A 3M DE ZANJA DE CERRO	26/4	26/4	A.R.	DV.FH.
R 69	P. AIRE	P 4C/5A A 3M DE ZANJA DE CERRO	26/4	26/4	A.R.	DV.FH.
R 70	P. AIRE	P 4A/3A A 3M DE ZANJA DE CERRO	26/4	26/4	A.R.	DV.FH.
R 71	P. AIRE	P 5A/5C A 3M DE ZANJA DE CERRO	26/4	26/4	A.R.	DV.FH.
R 72	P. AIRE	P 1A/1B A 3M DE ZANJA DE CERRO	26/4	26/4	A.R.	DV.FH.

CONTROL DE CALIDAD EN CAMPO

REPORTE DE REPARACIONES

FECHA : MAYO 1999
 OBRA : COBERTURA IMPERMEABILIZANTE DEL DEPOSITO DE TRIOXIDO DE ARSENICO MALPASO-LA OROYA PG. : 5 de 8
 CIA. EJECUTORA : CIDELSA INGENIERIA EN GEOSINTETICOS TIPO DE MATERIAL : HDPE 60 mils
 CIA. SUPERVISION : T Y T INGENIERIA Y CONSTRUCCION TESISISTA : A. Romero B.
 CLIENTE : JC CONTRATISTAS GENERALES S.R.L./ CENTROMIN PERU SUPERVISOR : Dennis Vega

REPARACION No.	TIPO	LOCALIZACION DE LA SOLDADURA	FECHA DE REPARACION	FECHA DE VERIFICACION (TEST)	VERIFICADO	ACEPTADO
R 73	P. AIRE	P 5C/6A A 3M DE ZANJA DE CERRO	26/4	26/4	A.R.	DV.FH.
R 74	P. AIRE	P 6A/5C A 8M DE ZANJA DE CERRO	28/4	28/4	A.R.	DV.FH.
R 75	P. AIRE	P 6C/7A A 6M DE ZANJA DE CERRO	28/4	28/4	A.R.	DV.FH.
R 76	P. AIRE	P 7A/7C A 3M DE ZANJA DE CERRO	28/4	28/4	A.R.	DV.FH.
R 77	P. AIRE	P 7C/8A A 4M DE ZANJA DE CERRO	28/4	28/4	A.R.	DV.FH.
R 78	P. AIRE	P 8A/9A A 5M DE ZANJA DE CERRO	28/4	30/4	A.R.	DV.FH.
R 79	P. AIRE	P 8A/9A A 7M DE ZANJA DE CERRO	28/4	30/4	A.R.	DV.FH.
R 80	P. AIRE	P 8A/9A A 10M DE ZANJA DE CERRO	28/4	30/4	A.R.	DV.FH.
R 81	P. AIRE	P 8A/9A A 20M DE ZANJA DE CERRO	28/4	30/4	A.R.	DV.FH.
R 82	P. AIRE	P 9A/10B A 7M DE ZANJA DE CERRO	30/4	30/4	A.R.	DV.FH.
R 83	P. AIRE	P 9A/10B A 3M DE ZANJA DE CERRO	30/4	30/4	A.R.	DV.FH.
R 84	P. AIRE	P 10B/9B/10A A 3M DE ZANJA DE CERRO	30/4	30/4	A.R.	DV.FH.
R 85	P. AIRE	P 9B/10A A 2M DE ZANJA DE RIO	30/4	30/4	A.R.	DV.FH.
R 86	P. AIRE	P 10A/11B A 2M DE ZANJA DE RIO	30/4	30/4	A.R.	DV.FH.
R 87	P. AIRE	P 11A/11B A 3M DE ZANJA DE RIO	30/4	30/4	A.R.	DV.FH.
R 88	P. AIRE	P 11B/15B A 3M DE ZANJA DE RIO	30/4	30/4	A.R.	DV.FH.
R 89	P. AIRE	P 11B/15A/11A INTERSECCION	30/4	30/4	A.R.	DV.FH.
R 90	P. AIRE	P 15A/15B/11B INTERSECCION	30/4	30/4	A.R.	DV.FH.

CONTROL DE CALIDAD EN CAMPO

REPORTE DE REPARACIONES

FECHA : ABRIL 1999
 OBRA : COBERTURA IMPERMEABILIZANTE DEL DEPOSITO DE TRIOXIDO DE ARSENICO MALPASO-LA OROYA PG. : 6 de 8
 CIA. EJECUTORA : CIDELSA INGENIERIA EN GEOSINTETICOS TIPO DE MATERIAL : HDPE 60 mils
 CIA. SUPERVISION : T Y T INGENIERIA Y CONSTRUCCION TESISTA : A. Romero B.
 CLIENTE : JC CONTRATISTAS GENERALES S.R.L./ CENTROMIN PERU SUPERVISOR : Dennis Vega

REPARACION No.	TIPO	LOCALIZACION DE LA SOLDADURA	FECHA DE REPARACION	FECHA DE VERIFICACION (TEST)	VERIFICADO	ACEPTADO
R 91	P. AIRE	P 11A/15A 5M ZANJA DE CERRO	30/4	1/5	A.R.	DV.FH.
R 92	P. AIRE	P 15A/15B 8M ZANJA DE CERRO	30/4	1/5	A.R.	DV.FH.
R 93	P. AIRE	P 15B/16A 8M ZANJA DE CERRO	30/4	1/5	A.R.	DV.FH.
R 94	P. AIRE	P 16A/17A 8M ZANJA DE CERRO	30/4	1/5	A.R.	DV.FH.
R 95	DF-10	P 17B/18A 35M ZANJA DE CERRO	30/4	2/5	A.R.	DV.FH.
R 96	P. AIRE	P 16B/17B/18A INTERSECCION	30/4	2/5	A.R.	DV.FH.
R 97	P. AIRE	P 17A/16B/17B INTERSECCION	30/4	2/5	A.R.	DV.FH.
R 98	P. AIRE	P 17A/16B/PIEZA	30/4	2/5	A.R.	DV.FH.
R 99	P. AIRE	P 16B/18A/PIEZA	30/4	2/5	A.R.	DV.FH.
R 100	P. AIRE	P 17A/PIEZA/PIEZA 1M ZANJA RIO	30/4	2/5	A.R.	DV.FH.
R 101	P. AIRE	P 16A/17A 1M ZANJA DE RIO	30/4	1/5	A.R.	DV.FH.
R 102	P. AIRE	P 15B/16A 1M ZANJA DE RIO	30/4	1/5	A.R.	DV.FH.
R 103	P. AIRE	P 18A/19+C169B 6M ZANJA DE RIO+C177	2/5	2/5	A.R.	DV.FH.
R 104	P. AIRE	P 18A/18B 1M ZANJA DE RIO	2/5	2/5	A.R.	DV.FH.
R 105	P. AIRE	P 19B/19A 6M ZANJA DE RIO	2/5	2/5	A.R.	DV.FH.
R 106	P. AIRE	P 19B/19A 1M ZANJA DE RIO	2/5	2/5	A.R.	DV.FH.
R 107	P. AIRE	P 17A/17B 2M ZANJA DE CERRO	2/5	2/5	A.R.	DV.FH.
R 108	P. AIRE	P 17B/18A 2M ZANJA DE CERRO	2/5	2/5	A.R.	DV.FH.

CONTROL DE CALIDAD EN CAMPO

REPORTE DE REPARACIONES

FECHA : MAYO 1999

OBRA : COBERTURA IMPERMEABILIZANTE DEL DEPOSITO DE
TRIOXIDO DE ARSENICO MALPASO-LA OROYA

PG. : 7 de 8

CIA. EJECUTORA : CIDELSA INGENIERIA EN GEOSINTETICOS

TIPO DE MATERIAL : HDPE 60 mils

CIA. SUPERVISION : T Y T INGENIERIA Y CONSTRUCCION

TESISTA : A. Romero B.

CLIENTE : JC CONTRATISTAS GENERALES S.R.L./ CENTROMIN PERU

SUPERVISOR : Dennis Vega

REPARACION No.	TIPO	LOCALIZACION DE LA SOLDADURA	FECHA DE REPARACION	FECHA DE VERIFICACION (TEST)	VERIFICADO	ACEPTADO
R 109	P. AIRE	P 18A/18B 2M ZANJA DE CERRO	2/5	2/5	A.R.	DV.FH.
R 110	P. AIRE	P 18B/19A 2M ZANJA DE CERRO	2/5	2/5	A.R.	DV.FH.
R 111	P. AIRE	P 19A/20A 2M ZANJA DE CERRO	2/5	2/5	A.R.	DV.FH.
R 112	P. AIRE	P 18B/19B/19A INTERSECCION	2/5	2/5	A.R.	DV.FH.
R 113	P. AIRE	P 18A/18B/19B INTERSECCION	2/5	2/5	A.R.	DV.FH.
R 114	P. AIRE	P 19A/20A 20M ZANJA DE CERRO	3/5	4/5	A.R.	DV.FH.
R 115	DF-12	P 20A/20B 20 M DE ZANJA DE RIO	3/5	4/5	A.R.	DV.FH.
R 116	P. AIRE	P 21A/20B/20A INTERSECCION	4/5	4/5	A.R.	DV.FH.
R 117	P. AIRE	P 21A/20B/21B INTERSECCION	4/5	4/5	A.R.	DV.FH.
R 118	P. AIRE	P 22A/22B 1M ZANJA DE RIO	4/5	4/5	A.R.	DV.FH.
R 119	P. AIRE	P 22B/23A 1M ZANJA DE RIO	4/5	4/5	A.R.	DV.FH.
R 120	P. AIRE	P 22B/23B/23A INTERSECCION	4/5	4/5	A.R.	DV.FH.
R 121	P. AIRE	P 22B/23B/22A INTERSECCION	4/5	4/5	A.R.	DV.FH.
R 122	P. AIRE	P 22A/23B 10M ZANJA DE CERRO	4/5	4/5	A.R.	DV.FH.
R 123	P. AIRE	P 22A/21B 3M ZANJA DE CERRO	4/5	4/5	A.R.	DV.FH.
R 124	P. AIRE	P 21B/21A 8M ZANJA DE CERRO	6/5	6/5	A.R.	DV.FH.
R 125	P. AIRE	P 24A/25B A 2M ZANJA DE CERRO	6/5	6/5	A.R.	DV.FH.
R 126	P. AIRE	P 24B/25B/24A	6/5	6/5	A.R.	DV.FH.

CONTROL DE CALIDAD EN CAMPO

REPORTE DE REPARACIONES

FECHA : MAYO 1999
 OBRA : COBERTURA IMPERMEABILIZANTE DEL DEPOSITO DE TRIOXIDO DE ARSENICO MALPASO-LA OROYA PG. : 8 de 8
 CIA. EJECUTORA : CIDELSA INGENIERIA EN GEOSINTETICOS TIPO DE MATERIAL : HDPE 60 mils
 CIA. SUPERVISION : T Y T INGENIERIA Y CONSTRUCCION TESISTA : A. Romero B.
 CLIENTE : JC CONTRATISTAS GENERALES S.R.L./ CENTROMIN PERU SUPERVISOR : Dennis Vega

REPARACION No.	TIPO	LOCALIZACION DE LA SOLDADURA	FECHA DE REPARACION	FECHA DE VERIFICACION (TEST)	VERIFICADO	ACEPTADO
R 127	P. AIRE	P 25A/24B 1M ZANJA DE RIO	5/5	5/5	A.R.	DV.FH.
R 128	P. AIRE	P 26A/25A 5M ZANJA DE RIO	5/5	5/5	A.R.	DV.FH.
R 129	P. AIRE	P 26A/25A 5M ZANJA DE CERRO	5/5	5/5	A.R.	DV.FH.
R 130	P. AIRE	P 26B/27A A 3M ZANJA CERRO	6/5	6/5	A.R.	C.M
R 131	P. AIRE	P 26B/27A/27B INTERSECCION	6/5	6/5	A.R.	C.M
R 132	P. AIRE	P 22A/27C/21B INTERSECCION	6/5	6/5	A.R.	C.M
R 133	P. AIRE	P 27C/21B/20B INTERSECCION	6/5	6/5	A.R.	C.M
R 134	P. AIRE	P 28B/28C/23C INTERSECCION	14/5	14/5	A.R.	C.M
R 135	P. AIRE	P 28E/28D/28B INTERSECCION	14/5	14/5	A.R.	C.M
R 136	P. AIRE	P 28F/28E/28B INTERSECCION	14/5	14/5	A.R.	C.M
R 137	P. AIRE	P 28A/28B/23C INTERSECCION	14/5	14/5	A.R.	C.M

CONTROL DE CALIDAD DE LOS MATERIALES EN CAMPO

- ACEPTACION DE PANELES

ACEPTACION DE PANELES

FECHA : MARZO 1999 PG 1 de 2
 OBRA : COBERTURA IMPERMEABILIZANTE DEL DEPOSITO DE TRIOXIDO DE ARSENICO, MALPASO-LA OROYA TIPO DE MATERIALES : HDPE 60 mils
 CIA. EJECUTORA : CIDELSA INGENIERIA EN GEOSINTETICOS TESISTA : Alexis Romero B.
 CIA. SUPERVISION : T Y T INGENIERIA Y CONSTRUCCION SUPERVISOR : Dennis Vega
 CLIENTE : JC. CONTRATISTAS GENERALES S.R.L./CENTROMIN

PANEL N°	FECHA	ING. SUPERVISOR	OBSERVACION
1A-0473-4	20/04/1999	DENNIS VEGA-FELIX HUERTAS	OK.
1B-0473-4	28/04/1999	DENNIS VEGA-FELIX HUERTAS	OK.
2A-0469-4	28/04/1999	DENNIS VEGA-FELIX HUERTAS	OK.
2B-0469-4	20/04/1999	DENNIS VEGA-FELIX HUERTAS	OK.
3A-0645-4	28/04/1999	DENNIS VEGA-FELIX HUERTAS	OK.
4A-1460-4	28/04/1999	DENNIS VEGA-FELIX HUERTAS	OK.
4B-1460-4	28/04/1999	DENNIS VEGA-FELIX HUERTAS	OK.
5A-0657-4	28/04/1999	DENNIS VEGA-FELIX HUERTAS	OK.
5B-0657-4	28/04/1999	DENNIS VEGA-FELIX HUERTAS	OK.
6A-0652-4	28/04/1999	DENNIS VEGA-FELIX HUERTAS	OK.
6B-0652-4	28/04/1999	DENNIS VEGA-FELIX HUERTAS	OK.
7A-0642-4	28/04/1999	DENNIS VEGA-FELIX HUERTAS	OK.
7B-0642-4	28/04/1999	DENNIS VEGA-FELIX HUERTAS	OK.
4C-0645-4	28/04/1999	DENNIS VEGA-FELIX HUERTAS	OK.
5C-0645-4	28/04/1999	DENNIS VEGA-FELIX HUERTAS	OK.
6C-0645-4	28/04/1999	DENNIS VEGA-FELIX HUERTAS	OK.
7C-0763-4	28/04/1999	DENNIS VEGA-FELIX HUERTAS	OK.
8A-0483-4	28/04/1999	DENNIS VEGA-FELIX HUERTAS	OK.
9A-0474-4	28/04/1999	DENNIS VEGA-FELIX HUERTAS	OK.
9B-0474-4	28/04/1999	DENNIS VEGA-FELIX HUERTAS	OK.
10B-0921-4	28/04/1999	DENNIS VEGA-FELIX HUERTAS	OK.
10A-0651-4	28/04/1999	DENNIS VEGA-FELIX HUERTAS	OK.
11A-0653-4	03/05/1999	DENNIS VEGA-FELIX HUERTAS	OK.
11B-0653-4	03/05/1999	DENNIS VEGA-FELIX HUERTAS	OK.
12A-647-4	20/04/1999	DENNIS VEGA-FELIX HUERTAS	OK.
12B-647-4	20/04/1999	DENNIS VEGA-FELIX HUERTAS	OK.
13A-649-4	20/04/1999	DENNIS VEGA-FELIX HUERTAS	OK.
13B-649-4	20/04/1999	DENNIS VEGA-FELIX HUERTAS	OK.
14A-470-4	20/04/1999	DENNIS VEGA-FELIX HUERTAS	OK.
14B-470-4	20/04/1999	DENNIS VEGA-FELIX HUERTAS	OK.
14B-470-4	20/04/1999	DENNIS VEGA-FELIX HUERTAS	OK.
13C-649-4	20/04/1999	DENNIS VEGA-FELIX HUERTAS	OK.

ACEPTACION DE PANELES

FECHA : ABRIL-MAYO 1999 PG 2 de 2
 OBRA : COBERTURA IMPERMEABILIZANTE DEL DEPOSITO DE TRIOXIDO DE ARSENICO, MALPASO-LA OROYA TIPO DE MATERIALES : HDPE 60 mils
 CIA. EJECUTORA : CIDELSA *INGENIERIA EN GEOSINTETICOS* TESISTA : Alexis Romero B.
 CIA. SUPERVISION : T Y T *INGENIERIA Y CONSTRUCCION* SUPERVISOR : Dennis Vega
 CLIENTE : JC. CONTRATISTAS GENERALES S.R.L./CENTROMIN

PANEL N°	FECHA	ING. SUPERVISOR	OBSERVACION
12C-647-4	20/04/1999	DENNIS VEGA-FELIX HUERTAS	OK
15A-1464-4	20/04/1999	DENNIS VEGA-FELIX HUERTAS	OK
15B-1464-4	20/04/1999	DENNIS VEGA-FELIX HUERTAS	OK
16A-644-4	20/04/1999	DENNIS VEGA-FELIX HUERTAS	OK
17A-1762-4	20/04/1999	DENNIS VEGA-FELIX HUERTAS	OK
17B-1762-4	20/04/1999	DENNIS VEGA-FELIX HUERTAS	OK
16B-644-4	20/04/1999	DENNIS VEGA-FELIX HUERTAS	OK
18A-648-4	20/04/1999	DENNIS VEGA-FELIX HUERTAS	OK
18B-648-4	20/04/1999	DENNIS VEGA-FELIX HUERTAS	OK
19A-472-4	20/04/1999	DENNIS VEGA-FELIX HUERTAS	OK
19B-472-4	4/05/1999	DENNIS VEGA-FELIX HUERTAS	OK
20A-1315-4	4/05/1999	DENNIS VEGA-FELIX HUERTAS	OK
20B-1315-4	4/05/1999	DENNIS VEGA-FELIX HUERTAS	OK
21A-1763-4	4/05/1999	DENNIS VEGA-FELIX HUERTAS	OK
21B-1763-4	4/05/1999	DENNIS VEGA-FELIX HUERTAS	OK
22A-476-4	4/05/1999	DENNIS VEGA-FELIX HUERTAS	OK
22B-476-4	4/05/1999	DENNIS VEGA-FELIX HUERTAS	OK
23A-1486-4	4/05/1999	DENNIS VEGA-FELIX HUERTAS	OK
23B-1486-4	4/05/1999	DENNIS VEGA-FELIX HUERTAS	OK
24A-05040426	4/05/1999	DENNIS VEGA-FELIX HUERTAS	OK
24B-05040426	4/05/1999	DENNIS VEGA-FELIX HUERTAS	OK
25A-05040425	4/05/1999	DENNIS VEGA-FELIX HUERTAS	OK
25B-05040425	4/05/1999	DENNIS VEGA-FELIX HUERTAS	OK
26A-05040440	4/05/1999	DENNIS VEGA-FELIX HUERTAS	OK
26B-05040440	4/05/1999	DENNIS VEGA-FELIX HUERTAS	OK
27A-05040437	4/05/1999	DENNIS VEGA-FELIX HUERTAS	OK
27B-05040437	4/05/1999	DENNIS VEGA-FELIX HUERTAS	OK
27C-05040437	14/5/1999	DENNIS VEGA-FELIX HUERTAS	OK
28A-A88034109	14/5/1999	DENNIS VEGA-FELIX HUERTAS	OK
28B-A88034109	14/5/1999	DENNIS VEGA-FELIX HUERTAS	OK
23C-1480-4	14/5/1999	DENNIS VEGA-FELIX HUERTAS	OK
28C-A88034109	14/5/1999	DENNIS VEGA-FELIX HUERTAS	OK
28D-A88034109	14/5/1999	DENNIS VEGA-FELIX HUERTAS	OK
28E-A88034109	14/5/1999	DENNIS VEGA-FELIX HUERTAS	OK
28F-A88034109	14/5/1999	DENNIS VEGA-FELIX HUERTAS	OK
25C-05040425	18/5/1999	DENNIS VEGA-FELIX HUERTAS	OK
25D-05040425	18/5/1999	DENNIS VEGA-FELIX HUERTAS	OK

ANEXO 1

PLANOS

- PLANO DE DISTRIBUCION Y COLOCACION DE PAÑOS
- PLANO DE DETALLES, UBICACION DE SOLDADURA Y REPARACIONES

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

PROYECTO TEMAS:

USO DE GEOMEMBRAÑA, GEOTEXTIL EN LA COBERTURA IMPERMEABILIZANTE DEL DEPOSITO DE TROXIDO DE ARSENICO, MALPASO-LA OROYA

PLANO:

PLANO DE DISTRIBUCION Y COLOCACION DE PAÑOS

TESISTA - BACHILLER:

ALEXIS ROMERO B.

ASESOR:

ING. GERMAN VIVAR R.

ORDEN:

E.R.A

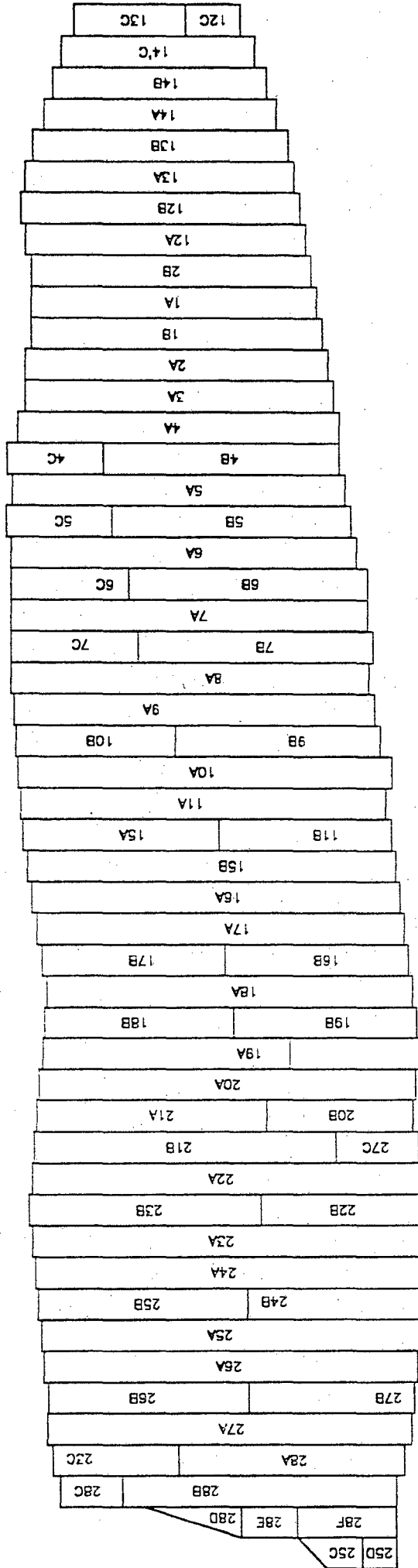
FEBRERO

MAYO - 1999

ESC.: S/E

PLANO N°:

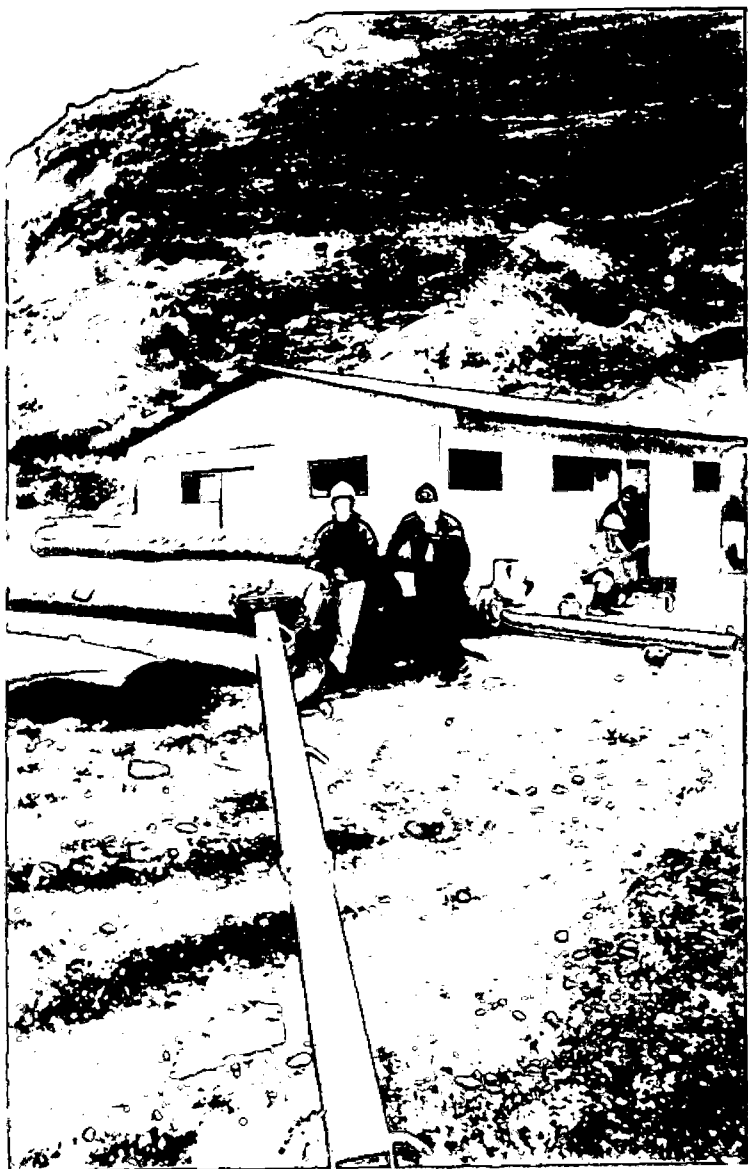
1



ANEXO 2

FOTOS

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO-INSTALACION



**F-1. ALMACENAMIENTO DE LA GEOMEMBRANA HDPE
BARRA EXTENSORA**



**F-2. ALMACENAMIENTO DEL GEOTEXTIL PROTECTOR, NOTESE QUE SE
ENCUENTRA CUBIERTO CON RAFIA DE POLIETILENO PARA EVITAR SU
DEGRADACION FRENTE A LOS RAYOS U.V.**



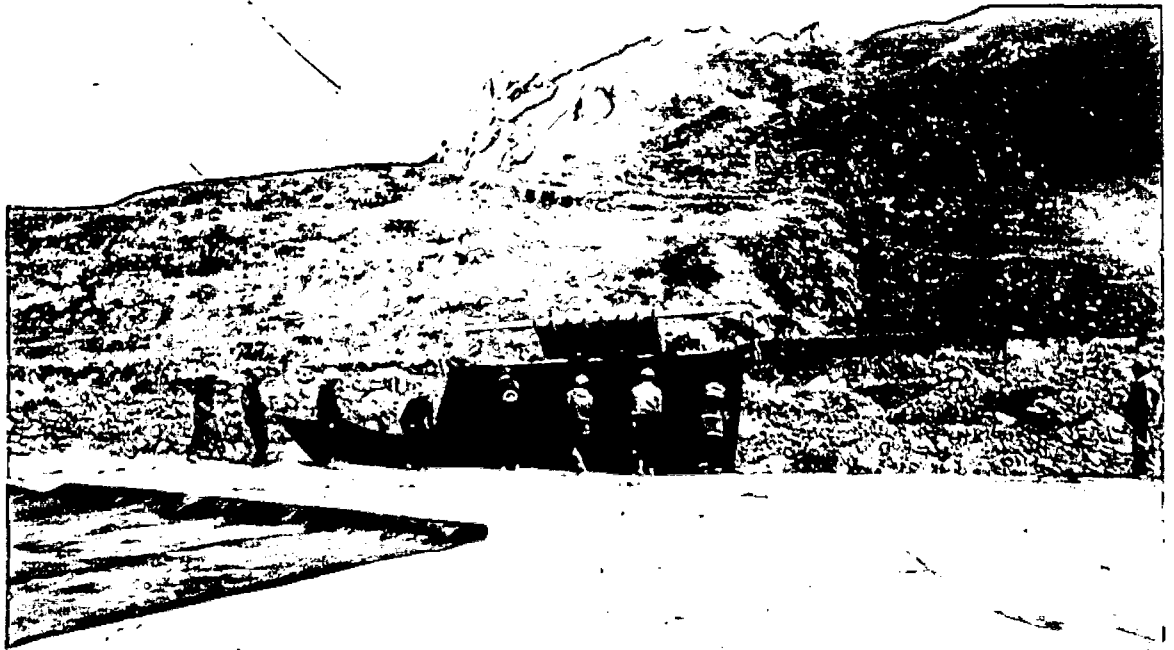
F-3. EN ESTA VISTA SE APRECIA UNA PARTE DEL DEPOSITO (ANCHO DEL DEPOSITO), SE PUEDE VER QUE SE ESTA TERMINANDO DE COLOCAR LA CAPA DE ARCILLA Y EN EL FONDO SE APRECIA EL POSICIONAMIENTO DE LOS PAÑOS DE GEOMEMBRANA.



F-4. EN ESTA FOTO SE APRECIA EL USO DE UN CARGADOR FRONTAL Y UNA BARRA EXTENSORA PARA EL TRANSPORTE DE LOS ROLLOS DE GEOMEMBRANA HACIA EL DEPOSITO



F-5 AQUÍ SE PUEDE VER EL POSICIONAMIENTO DEL CARGADOR CON EL ROLLO DE GEOMEMBRANA PARA INICIAR SU TENDIDO

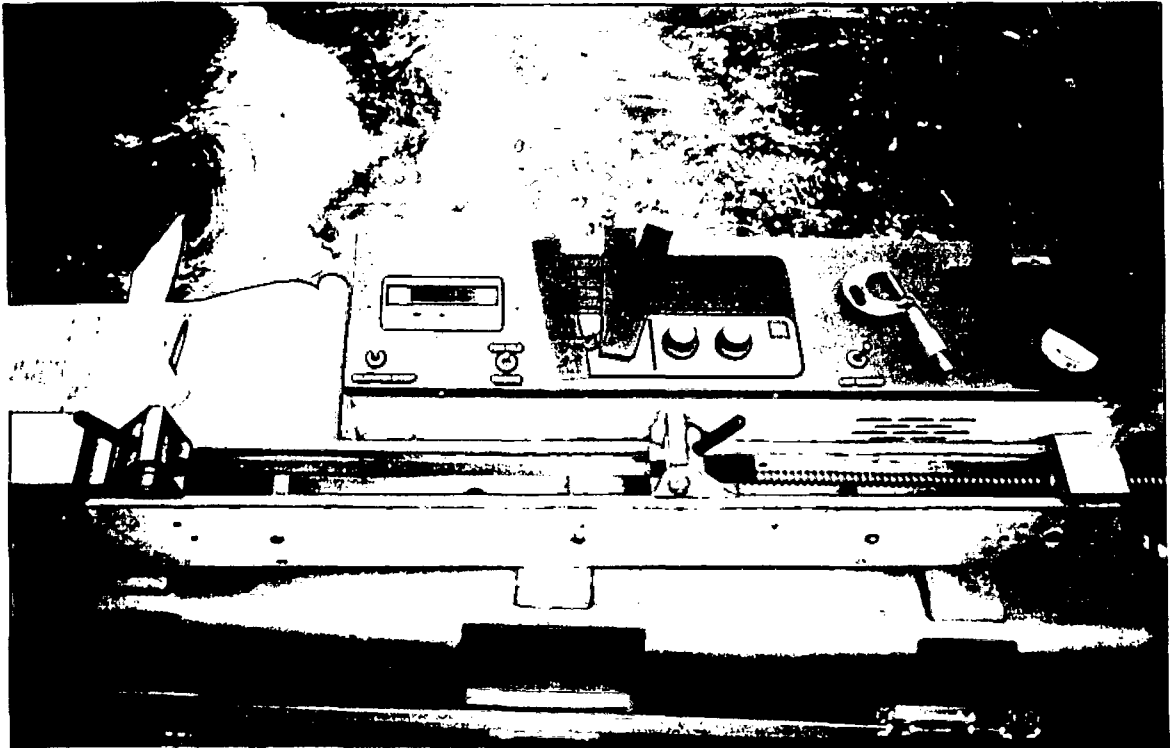


F-6. MOMENTO EN EN EL CUAL LOS TECNICOS DE CIDELSA Y EL PERSONAL DE APOYO SE DISPONEN A INICIAR EL TENDIDO DEL ROLLO. EL ROLLO ES SUJETADO CON PINZAS Y POSTERIORMENTE ES HALADO

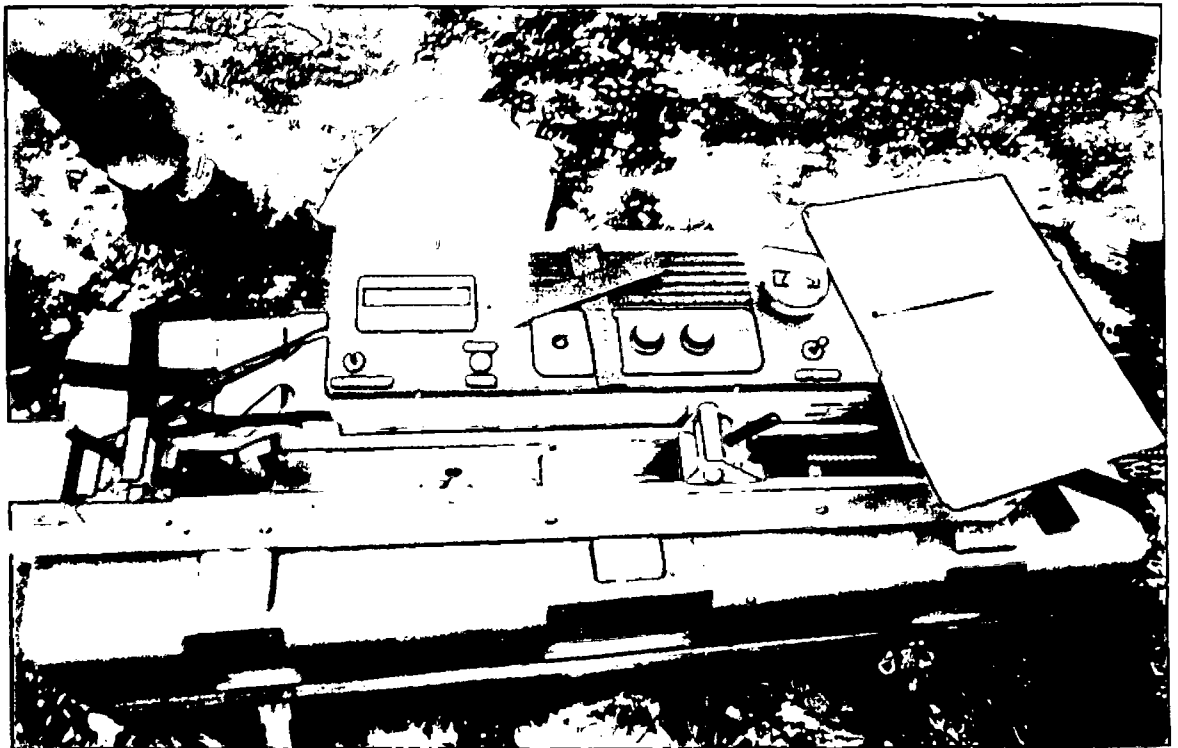


F-7. EN ESTA FOTO SE PUEDE APRECIAR QUE YA SE HA INICIADO EL TENDIDO DEL PAÑO DE GEOMEMBRANA Y PARA QUE NO SE LEVANTE POR ACCION DEL VIENTO SE COLOCAN BOLSAS DE ARENA EN TODO EL PERIMETRO.

EQUIPO PARA EL CONTROL DE CALIDAD



F-8. TENSIOMETRO : ESTE EQUIPO ES USADO PARA EFECTUAR LAS PRUEBAS DE ELONGACION, CORTE Y PELAJE EN LAS MUESTRA DE GEOEMBRANA. EN ESTA FOTO SE APRECIA EL ENSAYO DE ELONGACION DE UNA MUESTRA DE GEOMEMBRANA



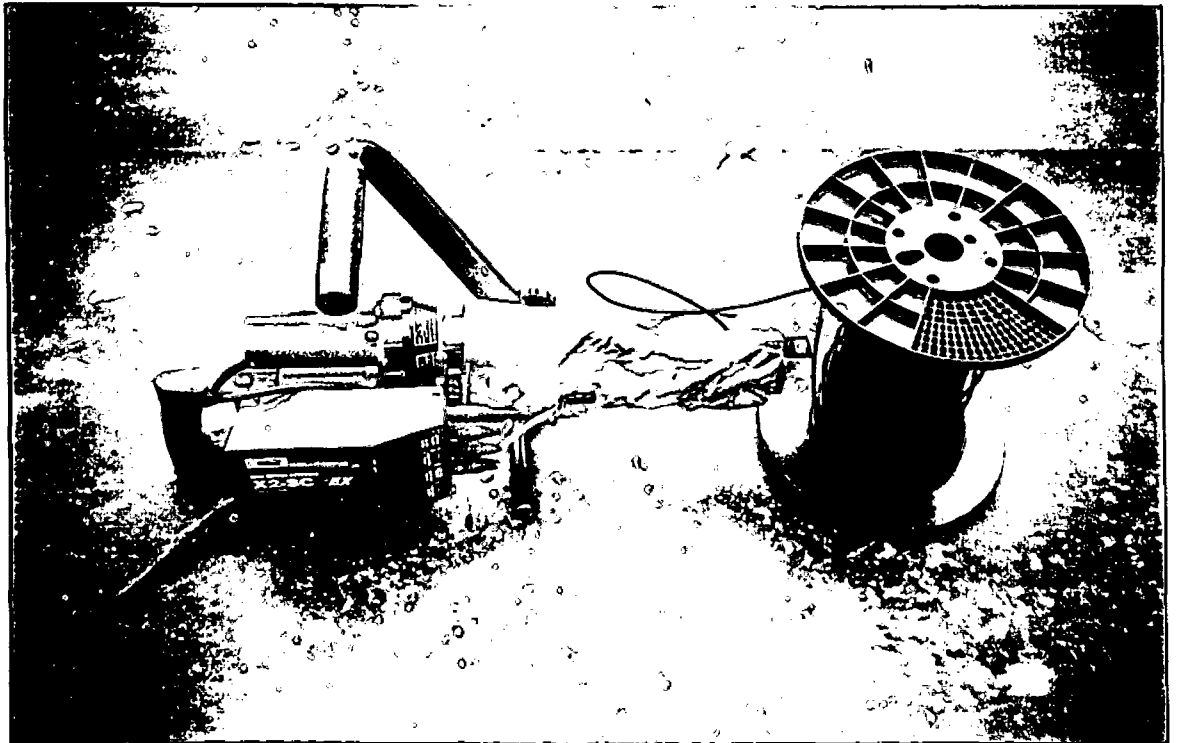
F-9. AQUÍ SE PUEDE VER EL MOMENTO EN EL CUAL LA MUESTRA DE GEOMEMBRANA ES ROTA POR LA FUERZA EJERCIDA POR EL TENSIOMETRO

EQUIPO PARA SOLDADURA POR FUSION



F-10. WEDGE-IT WELDER : ESTE ES UN EQUIPO USADO PARA REALIZAR LA SOLDADURA POR FUSION ENTRE LOS PAÑOS DE GEOMEMBRANA (TEMP. SOLDADO MAYOR A 425 °C)

EQUIPO PARA SOLDADURA POR EXTRUSION



F-11. EXTRUSORA : ESTE EQUIPO ES USADO PARA REALIZAR LAS SOLDADURAS POR EXTRUSION QUE RESULTAN COMO CONSECUENCIA DE LAS REPARACIONES DE LAS ZONAS DONDE SE EFECTUO EL CONTROL DE CALIDAD O SE TOMO UNA MUESTRA PARA EL ENSAYO DESTRUCTIVO.

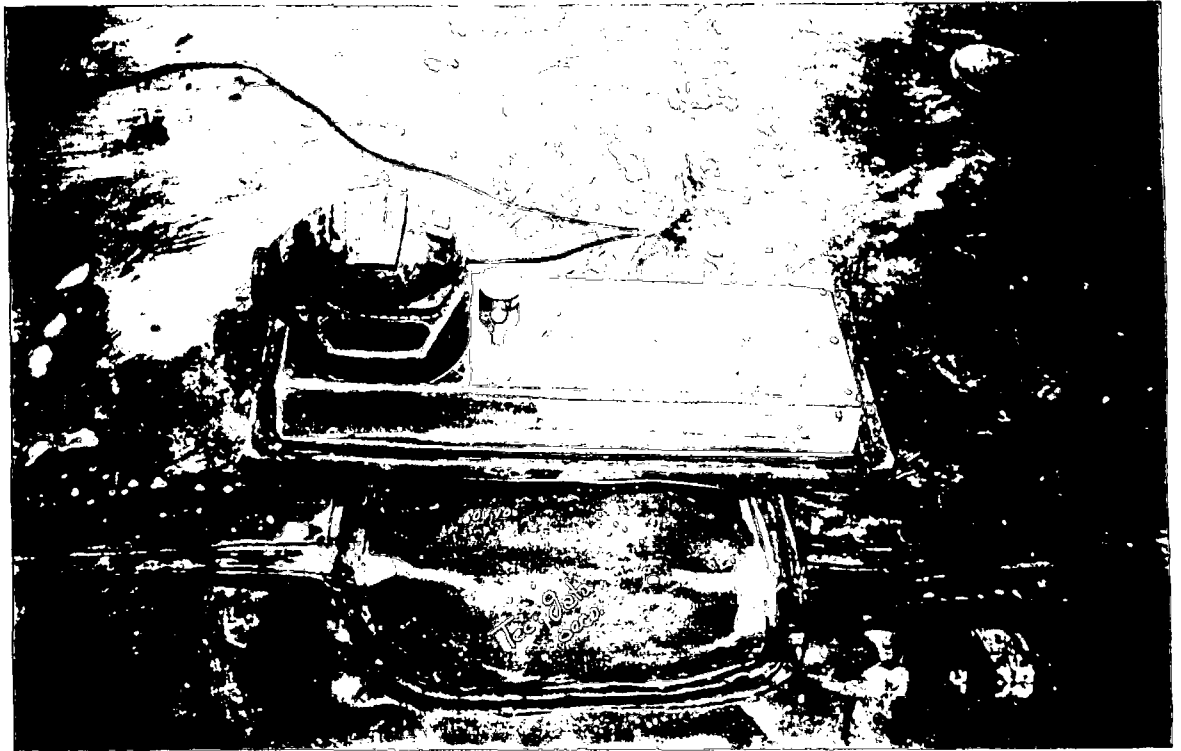


F-12. PROCEDIMIENTO DE EXTRUSION SOBRE UNA REPARACION EFECTUADA SOBRE UN PAÑO DE GEOMEMBRANA



F-13. REPARACION CON EXTRUSION EN TALUD

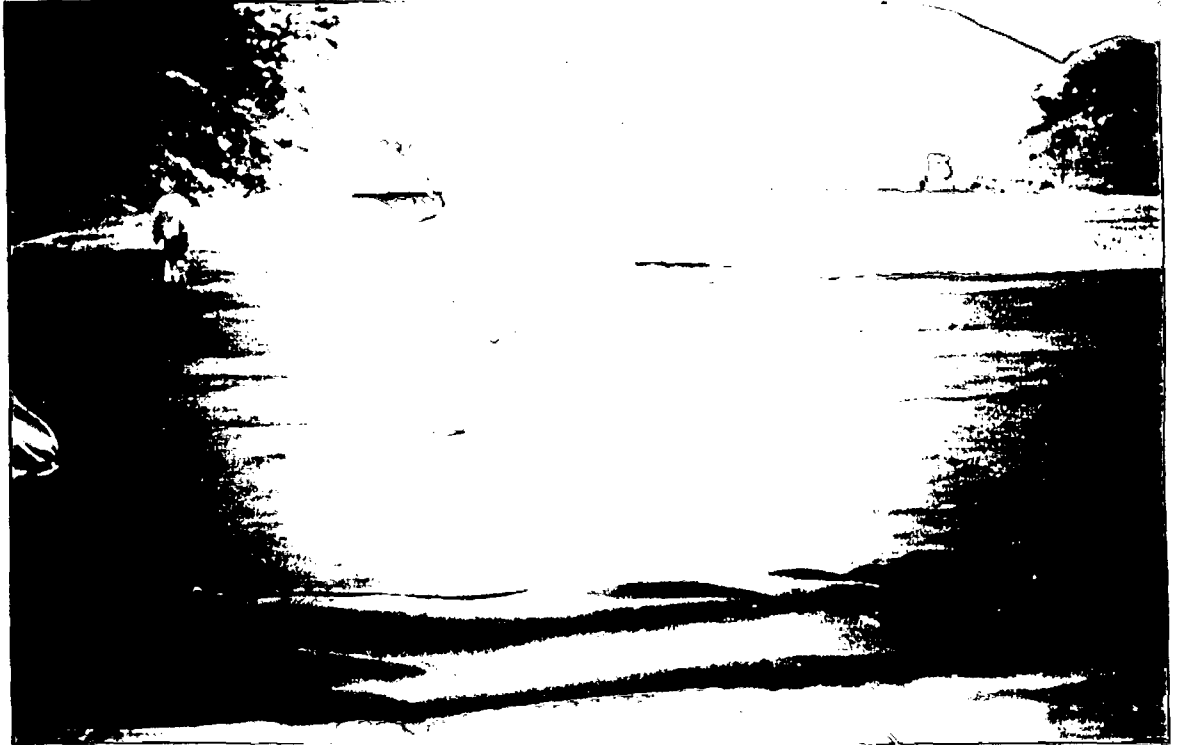
EQUIPO PARA EL CONTROL DE CALIDAD



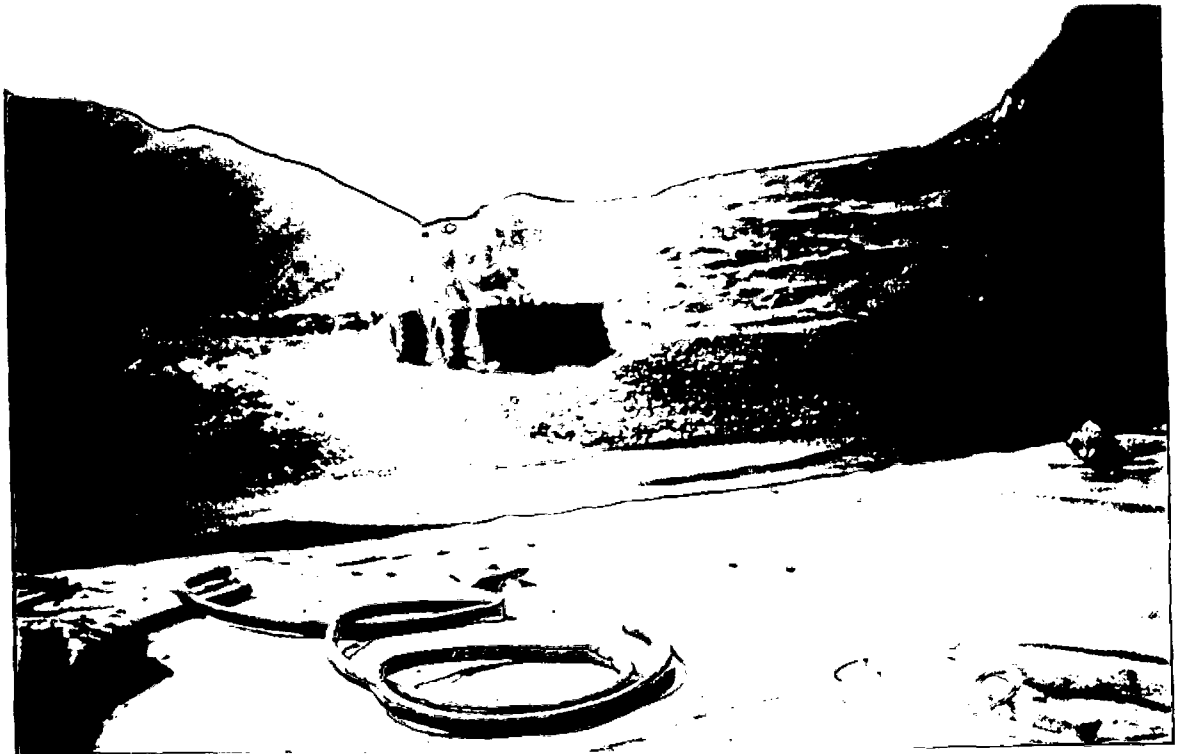
F-14. VACUM - BOX : ESTE EQUIPO ES USADO PARA EFECTUAR LAS PRUEBAS DE VACIO A LAS SOLDADURAS POR EXTRUSION, SE APLICA UNA PRESION AL VACIO DE 5 PSI EN UN TIEMPO DE 3 A 5 MIN.



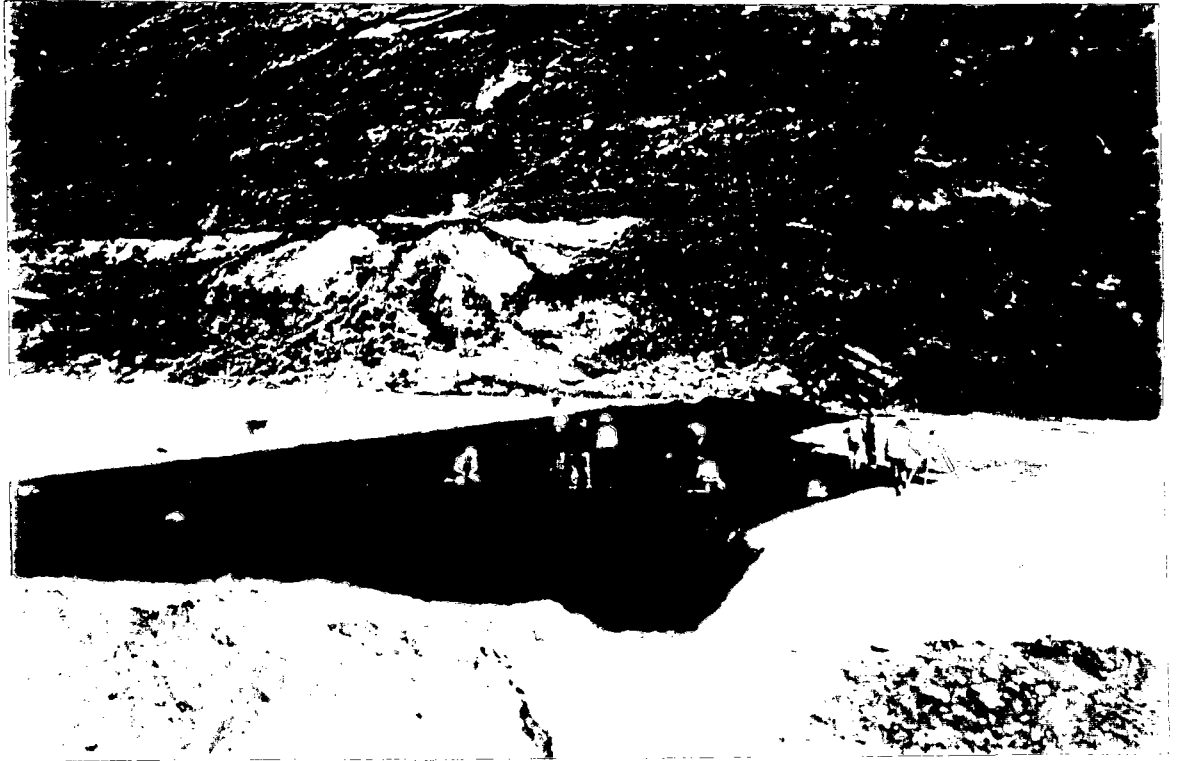
F-15. AQUÍ SE PUEDE VER EL MOMENTO EN EL CUAL SE EFECTUA EL CONTROL DE CALIDAD CON LA VACUM BOX A UNA REPARACION HECHA SOBRE LA GEOMEMBRANA



F-16. EN ESTA FOTO SE PUEDE APRECIAR QUE YA SE HA COLOCADO EL GEOTEXTIL PROTECTOR Y SE ESTA PROCEDIENDO A COLOCAR LA PRIMERA CAPOA DE GRAVA UTILIZANDO VOLQUETES CARGADOS A LA MITAD DE SU VOLUMEN.



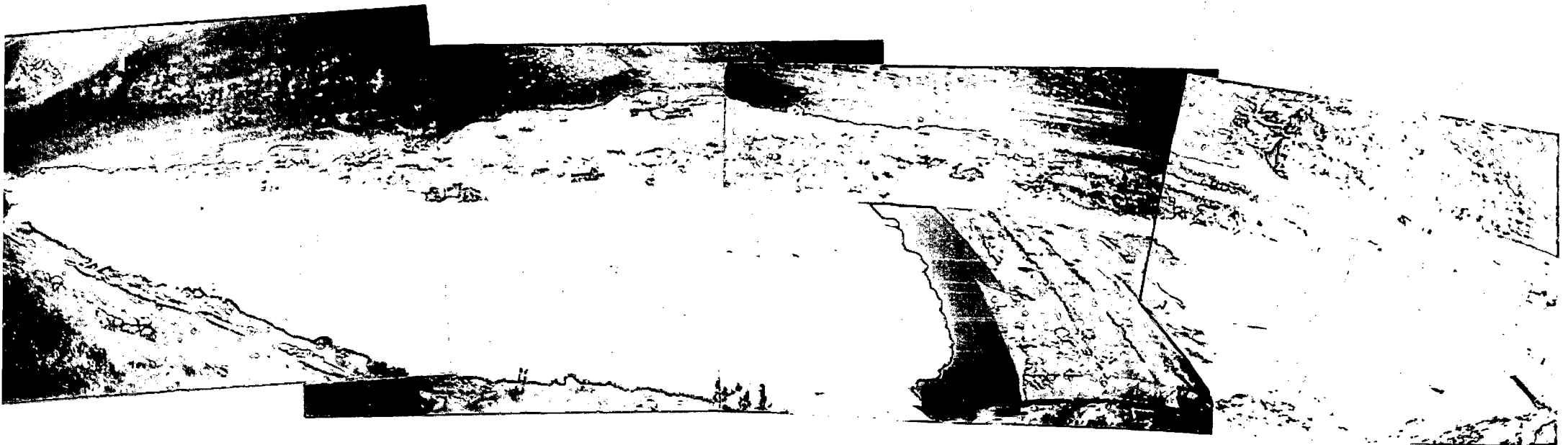
F-17. AQUÍ SE PUEDE VER COMO EL CARGADOR FRONTAL EXTIENDE EL MATERIAL SOBRE EL GEOTEXTIL PROTECTOR.



F-18. ESTA ES UNA VISTA EN LA QUE SE PUEDE VER COMO SE VA COSIENDO EL GEOTEXTIL PROTECTOR Y COMO SE VAN COLOCANDO LAS PLANTILLAS PARA LA COLOCACION DE LA GRAVA



F-19. VISTA PANORAMICA DEL DEPOSITO DE TRIOXIDO DE ARSENICO EN LA QUE SE PUEDE VER EL AVANCE DE LA INSTALACION DE LA GEOMEMBRANA



**F-20. VISTA PANORAMICA DE TODO EL DEPOSITO DE TRIOXIDO DE ARSENICO
SE PUEDEN VER TODAS LAS FASES DE CONSTRUCCION DE LA COBERTURA :
COMFORMACION DE LA CAPA DE ARCILLA, INSTALACION DE LA GEOMEMBRANA,
INSTALACION DEL GEOTEXTIL Y TENDIDO DE LA GRAVA.**

ESPECIFICACIONES TECNICAS

SMOOTH HDPE GEOMEMBRANE DATA SHEET



Poly-Flex Smooth HDPE Geomembrane is manufactured from prime virgin resins which are specially compounded to resist UV light, heat aging, and oxidation degradation. A combination of excellent chemical resistance, high environmental stress crack resistance, high tensile strength and elongation properties, high puncture resistance and high longevity makes Poly-Flex Smooth HDPE Geomembrane the most suitable product for pollution abatement and water conservation applications.

Property	Test Method	Minimum Average Values (SI Units)					
		0.5 mm	0.75 mm	1.0 mm	1.5 mm	2.0 mm	2.5 mm
Thickness, mm	ASTM D 1593	0.45	0.68	0.90	1.35	1.8	2.25
Sheet Density, g/cc	ASTM D 1505	0.940	0.940	0.940	0.940	0.940	0.940
Carbon Black Content, %	ASTM D 1603	2 -3	2 -3	2 -3	2 -3	2 -3	2 -3
Carbon Black Dispersion	ASTM D 3015 or ASTM D 5596	A1, A2, B1 CAT.1 or 2	A1, A2, B1 CAT.1 or 2	A1, A2, B1 CAT.1 or 2	A1, A2, B1 CAT.1 or 2	A1, A2, B1 CAT.1 or 2	A1, A2, B1 CAT.1 or 2
Tensile Properties		ASTM D 638					
		(Type IV Specimen @ 5 cm/minute)					
1. Tensile Strength at Yield, kN/m		8.0	12.1	16.1	24.2	32.2	40.3
2. Elongation at Yield, %		13	13	13	13	13	13
3. Tensile Strength at Break, kN/m		14.0	21.0	28.0	42.0	56.0	70
4. Elongation at Break, (5 cm G.L.) %		725	725	725	725	725	725
	(6.4 cm G.L.) %	580	580	580	580	580	580
Tear Strength, N	ASTM D 1004	66.7	97.9	129.0	195.7	258.0	324.7
Puncture Resistance, N	FTMS 101 - 2065	124.5	186.8	249.1	373.6	507.1	622.7
	ASTM D 4833	177.9	266.9	355.9	533.8	711.7	889.6
ESCR - Bent Strip, hours	ASTM D 1693 (Cond. B)	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
ESCR - Constant Load, hours	ASTM D 5397 (@ 30% of min. yield stress)	NA	NA	200	200	200	200
Seam Properties		ASTM D 4437					
1. Shear Strength, kN/m		7.7	11.5	15.2	22.9	30.6	38.2
2. Peel Strength, kN/m		5.6 & FTB	8.4 & FTB	11.2 & FTB	17.0 & FTB	22.6 & FTB	28.2 & FTB
<p>Minimum average values, unless otherwise specified, are the average values of the required number of test specimens. This data is provided for informational purposes only and is not intended as a warranty or guarantee. Poly-Flex, Inc. assumes no responsibility in connection with the use of this data. These values are subject to change without notice. NA - Not applicable. REV. 6/98</p>							

POLY-FLEX, INC.

2000 West Marshall Drive • Grand Prairie, Texas 75051, U.S.A.
 888-765-9359 • 972-337-7113 • Fax 972-337-7233
 www.poly-flex.com

SMOOTH HDPE GEOMEMBRANE DATA SHEET



Poly-Flex Smooth HDPE Geomembrane is manufactured from prime virgin resins which are specially compounded to resist UV light, heat aging, and oxidation degradation. A combination of excellent chemical resistance, high environmental stress crack resistance, high tensile strength and elongation properties, high puncture resistance and high longevity makes Poly-Flex Smooth HDPE Geomembrane the most suitable product for pollution abatement and water conservation applications.

Property	Test Method	Nominal Values (SI Units)					
		0.5 mm	0.75 mm	1.0 mm	1.5 mm	2.0 mm	2.5 mm
Thickness, mm	ASTM D 1593	0.5	0.75	1.0	1.5	2.0	2.5
Sheet Density, g/cc	ASTM D 1505	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
Carbon Black Content, %	ASTM D 1603	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
Carbon Black Dispersion	ASTM D 3015 or ASTM D 5596	A2 CAT.1	A2 CAT.1	A2 CAT.1	A2 CAT.1	A2 CAT.1	A2 CAT.1
Tensile Properties		ASTM D 638 (Type IV Specimen @ 5 cm/minute)					
1. Tensile Strength at Yield, kN/m		9.3	14.0	18.6	27.8	37.1	46.4
2. Elongation at Yield, %		15	15	15	15	15	15
3. Tensile Strength at Break, kN/m		16.6	24.9	33.3	49.9	66.5	83.2
4. Elongation at Break, (5 cm G.L.) %		825	825	825	825	825	825
	(6.4 cm G.L.) %	660	660	660	660	660	660
Tear Strength, N	ASTM D 1004	75.6	111.2	146.8	222.4	293.6	369.2
Puncture Resistance, N	FTMS 101 - 2065	142.3	213.5	284.7	427.0	569.4	711.7
	ASTM D 4833	200.2	302.5	400.3	600.5	800.7	1,000.8
ESCR - Bent Strip, hours	ASTM D 1693 (Cond. B)	2,000+	2,000+	2,000+	2,000+	2,000+	2,000+
ESCR - Constant Load, hours	ASTM D 5397 (@ 30% of min. yield stress)	NA	NA	400	400	400	400
Roll Dimensions							
1. Width (meters):		7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
2. Length (meters)		304.9	243.9	182.9	122.0	91.5	76.2
3. Area (square meters):		2,134.3	1,707.3	1,280.3	854.0	640.5	533.4
4. Gross weight (kilograms, approx.)		1,059	1,263	1,265	1,264	1,264	1,316
<p>Nominal values are average lot property values. This data is provided for informational purposes only and is not intended as a warranty or guarantee. Poly-Flex, Inc. assumes no responsibility in connection with the use of this data. These values are subject to change without notice. NA - Not applicable REV. 6/98</p>							

POLYFLEX, INC.

2000 West Marshall Drive • Grand Prairie, Texas 75051, U.S.A.

888-765-9359 • 972-337-7113 • Fax 972-337-7233

www.poly-flex.com