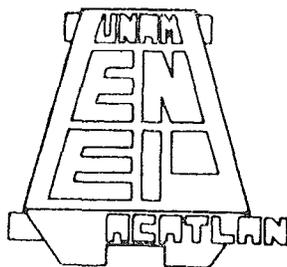


**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ACATLAN
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**



**REVISION DEL BORDO DE ALMACENAMIENTO
VILLA VERDE EN CANANEA, SONORA.**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO CIVIL
PRESENTARON**

**ALEJANDRO ROMO CIFUENTES
JOSE JORGE ZAPOTE MARTINEZ
IGNACIO ROCHA ZAMORA**

M-0031237

STA. CRUZ ACATLAN, EDO. DE MEXICO 1980



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

E.N.E.P. ACATLAN U.N.A.M.
COORDINACION DEL PROGRAMA
DE INGENIERIA Y ACTUARIA.

CAI-C-023-80.

SRES. ALEJANDRO ROMO CIFUENTES,
JOSE JORGE ZAPOTE MARTINEZ,
IGNACIO ROCHA ZAMORA,
Alumnos de la carrera de
Ingeniero Civil,
P r e s e n t e:

De acuerdo a su solicitud presentada con fecha 7 de enero de 1980, me complace notificarles que esta Coordinación tuvo a bien asignarles el siguiente tema de tesis: "REVISION - DEL BORDO DE ALMACENAMIENTO VILLA VERDE EN CANANEA, SON.", el cual se desarrollará como sigue:

- I. Antecedentes
- II. Estudio de Mécanica de Suelos
- III. Revisión del Diseño
- IV. Conclusiones
- V. Soluciones Recomendables.

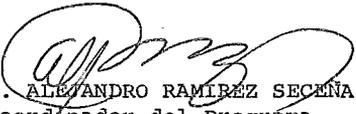
Asimismo fue designado como director de tesis el señor Ingeniero Fidel Serrano Lozano, profesor de esta Escuela.

Ruego a usted tomar nota que en cumplimiento de lo - especificado en la Ley de Profesiones, deberá prestar Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito básico para sustentar exámen profesional, así como de la disposición de la Dirección General de Servicios Escolares en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado. Esta comunicación deberá imprimirse en el interior de la tesis.

A T E N T A M E N T E

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Stá. Cruz Acatlán, Edo. de México a 27 de Febrero de 1980.


ING. ALEJANDRO RAMIREZ SECINA
Coordinador del Programa
de Ingeniería y Actuaría

A L E J A N D R O

A MIS PADRES

SR. RAYMUNDO ROMO R.

SRA. DOLORES CIFUENTES DE ROMO.

Que me indicaron el camino por medio del cual se pueden lograr los objetivos buscados, agradezco con el más sincero de mis sentimientos, amor y cariño.

A MIS HERMANOS.

Gerardo, Luz Matilde, Héctor, Magdalena, Leticia, Marta y Raymundo ; con el afecto, cariño y compañerismo que existe entre nosotros, que nos impulsó al progreso.

J O S E J O R G E

A MI MADRE.

SRA. DOLORES MARTINEZ DE ZAPOTE

Como un homenaje a su memoria; con cariño y gratitud infinita por el amor, apoyo moral y sacrificio que me brindó y que me servirá toda la vida. (q.e.p.d.).

A MI PADRE.

SR. FRANCISCO ZAPOTE C.

Con profundo agradecimiento.

A MIS HERMANOS.

Carlos Angel, Alejandro, Luis Pablo, Ismael, María del Rocio, José Manuel y Francisco; con el cariño y hermandad que nos une por su comprensión y afecto incomparable.

I G N A C I O

A MIS PADRES

SR. IGNACIO ROCHA HUERTA

SRA. MA. TERESA ZAMORA DE ROCHA.

Queriendo corresponder a todo lo más bello que me han dado. Con cariño y más grande amor que mi ser puede sentir, en atención a sus sacrificios y desvelos. A ellos a quienes todo lo debo.

A MIS HERMANOS

Ma. Concepción, Arturo, Ma. del Carmen y Miguel Angel; porque siempre sigan luchando en la vida y vean realizadas sus metas, con cariño.

AGRADECEMOS SINCERAMENTE SU VALIOSA AYUDA DE HACER
POSIBLE LA CULMINACION DE NUESTROS ANHELOS HECHOS
REALIDAD

ING. FIDEL SERRANO LOZANO
Director y Asesor de esta Tesis.
Por su interés y gran ayuda brindada en el
desarrollo del presente trabajo.

ING. MAURICIO ROUSELON F.
Subdirector Técnico de Ingeniería Hidráulica
Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.

ING. PABLO NOYOLA.
Por la información y ayuda prestada para el desarrollo
de este trabajo.

INGS. HUMBERTO LEONEL DE CERVANTES Y HORACIO SANCHEZ G.
Representantes de la "Cía. Eta, Consultores, S. A." y
al personal que laboró con esta por su valiosa ayuda
que nos sirvió de mucho para finalizar esta Tesis.

ING. ALEJANDRO VAZQUEZ VERA

Gerente de Ingeniería.- ISTME-GRUPO ICA

Damos las más sinceras gracias por la ayuda que nos brindó.

ING. SERGIO R. ESCAMILLA AGUILAR.

Jefe Depto. de Estructuras.- ISTME-GRUPO ICA

Agradecemos mucho su ayuda.

ING. GABRIEL MORENO PECERO.

Prof. de Mecánica de Suelos; por los conocimientos que nos transmitió.

PROFESORES, COMPAÑEROS Y AMIGOS.

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES "ACTLAN".

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO.

INDICE

	Página
INTRODUCCION	1
CAPITULO I.	5
a) Generalidades.	5
a.1) Localización del Bordo.	6
a.2) Objetivo del Bordo.	6
a.3) Características Hidráulicas.	6
a.4) Características de la Obra.	7
b) Factores que Afectan al Proyecto.	8
b.1) Función e Importancia Regional de la Obra.	9
b.2) Hidrología.	9
b.3) Geología.	9
b.4) Características de la Boquilla, Cimentación y Vaso.	10
b.5) Permeabilidad de las Formaciones Involucradas.	10
b.6) Tipo, Cantidad, Calidad y Localización de los - Materiales que se Emplearán en la Construcción del Bordo y Estructuras Complementarias.	10
b.7) Características Sismológicas Regionales.	11
b.8) Clima y Tiempo Disponible para la Construcción	11
c) Causas Posibles de Falla.	11
c.1) Insuficiencia del Vertedor de Excedencias	12
c.2) Tubificación.	12
	12

M-0039237

	Página
c.3) Asentamiento.	13
c.3.1) El Desarrollo de Asentamiento Diferencial de la Corona.	14
c.3.2) La Susceptibilidad de los Materiales al Agrietamiento.	14
c.4) Deslizamiento de Taludes.	14
c.4.1) Durante la Construcción.	14
c.4.2) Durante la Operación.	15
c.4.3) Después de un Vaciado Rápido.	15
c.5) Licuación.	15
CAPITULO II.	17
Estudio de Mecánica de Suelos.	17
a) Programa de Exploraciones.	17
a.1) Estratigrafía.	35
a.1.1) Bordo Norte.	35
a.1.2) Bordo Sur.	35
b) Estudio de Mecánica de Suelos de la Cimentación y Bordo,	37
b.1) Pruebas de Laboratorio	37
c) Permeabilidad.	56
c.1) Permeabilidad en el Vaso	56
c.2) Permeabilidad en el Bordo y Cimentación.	56
d) Resumen de Estudios de Mecánica de Suelos	63

	Página
CAPITULO III.	66
Revisión del Diseño.	66
a) Permeabilidad del Vaso.	67
b) Flujo de Agua.	67
b.1) Gasto de Filtración por la Cimentación.	73
b.2) Gasto de Filtración por el Bordo.	80
b.3) Tubificación.	86
c) Análisis de Estabilidad del Bordo.	88
c.1) Taludes y Cimentación.	88
c.2) Deslizamiento.	118
CAPITULO IV.	128.
Conclusiones.	
CAPITULO V.	133
Recomendaciones	
BIBLIOGRAFIA.	

FIGURAS.

Entre Páginas

CAPITULO

I.

1.1	Plano de Localización.	6 - 7
1.2	Vía de Acceso.	6 - 7
1.3	Cuencas Hidrológicas.	6 - 7

CAPITULO

II.

CAPITULO

III.

3.1	Línea Superior de Flujo (Bordo Sur)	69 - 70
3.2	Línea Superior de Flujo (Bordo Norte)	69 - 70
3.2 A	Perfiles Topográficos.	73 - 74
3.2 B	Gastos de Infiltración.	73- 74
3.3	Estabilidad de Taludes.	92 - 93
3.4	Procedimiento Gráfico.	94 - 95
3.5	Análisis de Estabilidad por Desliza - miento " CASO A"	118 - 119
3.6	Análisis de Estabilidad por Desliza - miento " CASO B "	118 - 119

CAPITULO

IV.

CAPITULO

V.

5.1	Rehabilitación del Bordo	133
-----	--------------------------	-----

TABLAS.

CAPITULO	I.
CAPITULO	II.
	I. Bordo Sur Pruebas de Laboratorio.
	II. Bordo Sur Pruebas de Laboratorio.
	III. Bordo Norte Pruebas de Laboratorio.
	IV. Bordo Norte Pruebas de Laboratorio.
	V. Cimentación (B.N. y B.S.) Pruebas de Laboratorio.
	VI. Promedios (Bordo Y Cimentación).
CAPITULO	III.
CAPITULO	IV.
CAPITULO	V.

PLANOS

CAPITULO

I.

- 1.1 Topográfico
- 1.2 Localización de Sondeos y Geometría

CAPITULO

II.

- 1.2 Localización de Sondeos y Geometría.
- 2.1 Perfil Geológico de las Boquillas.
- 2.2 Estratigrafía de los Bordos

CAPITULO

III.

- 3.1 Red de Flujo y Revisión por Tubificación.
- 3.2 Estabilidad de Taludes Condición Final (Bordo Sur)
- 3.3 Estabilidad Condición Final (Bordo Norte)
- 3.4 Estabilidad Condición Vaciado Rápido (Bordo Sur)
- 3.5 Estabilidad Condición Vaciado Rápido (Bordo Norte)

CAPITULO

IV.

CAPITULO

V.

INTRODUCCION.

Las pequeñas presas son aprovechamiento de escurri - mientos de tipo estacional que se utilizan principalmente - para uso doméstico, abrevadero y riego de pequeñas superfi - cies.

Estas Obras se clasifican como PEQUEÑOS ALMACENAMIEN TOS y corresponde al Plan Nacional de Obras de Riego para el Desarrollo Rural su ejecución. Su importancia para el país ra dica en que están orientadas al medio rural formado en gran - parte por una población económicamente marginada, sirviéndoles como medio para el mejor aprovechamiento de sus recursos natu - rales con lo cual se contribuye a elevar su nivel de vida.

También se define como PEQUEÑO ALMACENAMIENTO a todo - aprovechamiento cuya cortina, tenga una altura máxima de - - 15 m. Dicha cortina puede ser de sección homogénea, cuando es exclusivamente de tierra, o de sección mixta, cuando se cons - - truye de un corazón impermeable, generalmente de arcilla y en - rocamiento como protección en los taludes. Es en términos ge - nerales una pequeña presa con capacidad inferior a los tres mi - llones de metros cúbicos, (3'000,000 m3).

La necesidad de una Pequeña Presa o bordo al igual de toda obra de ingeniería civil se origina para satisfacer una demanda de uso que obligadamente debe tener una justificación económica del costo-beneficio que implica su construcción.

La magnitud y características de la obra está determinada por el uso que se dará al agua almacenada así como el volumen de ésta, requerido anualmente, para satisfacer las necesidades planteadas. La capacidad requerida, en lo pecuario, queda determinada por la cantidad de animales que abrearán en el almacenamiento, mediante la estimación de su consumo diario; y en el aspecto agrícola, por la extensión del área que se pretende regar determinando el consumo de agua de acuerdo al tipo de cosechas factibles en la región.

Los estudios técnicos que se requieren para hacer este tipo de obras incluyen en general :

- 1) Los topográficos de la cuenca, vaso, boquilla y en su caso de la zona de riego.
- 2) Los geológicos, para vaso y boquilla.
- 3) Los agrológicos para la zona de riego.
- 4) Los hidrológicos.

Estudios que servirán al ingeniero para definir todos los detalles referentes a la localización, geometría y construcción del bordo y estructuras suplementarias, complementándose con un programa de ejecución y una estimación de costos.

Los estudios previos y definitivos tanto topográficos como geotécnicos deben efectuarse prácticamente en forma simultánea mediante la realización de los programas de exploración, con objeto de verificar los cortes geológicos en la boquilla, vaso y en los lugares complementarios, efectuándose también, estudios para determinar las propiedades mecánicas de las formaciones involucradas, así como su permeabilidad, condiciones de fracturamiento y alteración.

En este trabajo se incluyen todos aquellos conceptos y estudios que requiere el diseño de una obra de la naturaleza de los "Bordos" sólo que aplicados a la revisión de uno ellos como consecuencia de irregularidades observadas durante el tiempo que ha estado en operación, como es el caso de filtraciones excesivas a través del bordo. Dicha revisión tendrá como objetivo plantear algunas alternativas de solución visibles que permitan rehabilitar la obra.

El objeto de la presente tesis está encaminado a describir los diversos aspectos del mencionado estudio con el siguiente orden, los trabajos de exploración y ensayos de laboratorio, se tratan en el Capítulo II, la revisión del diseño se trata en el Capítulo III, donde se consideran tanto el aspecto de filtraciones

como en la estabilidad del bordo; en el Capítulo IV, se resu -
men las conclusiones del estudio y finalmente en el V, último -
Capítulo, se plantean las alternativas de solución recomendables.

C A P I T U L O I.

ANTECEDENTES :

a) GENERALIDADES .

En el período 1961 a 1964, como parte del programa "PLAN - PRESIDENCIAL BENITO JUAREZ", se construyó el Bordo Villa Verde el cuál después de ponerse en operación, ha mostrado algunas - irregularidades, reflejadas principalmente por filtraciones - importantes a través de la cimentación del bordo.

Con el propósito de rehabilitar el bordo la Secretaria - de Agricultura y Recursos Hidráulicos programó la realización de un estudio de Mecánica de Suelos del Bordo en cuestión, con obje - to de revisar y conocer las condiciones de operatividad en que - se encuentra y ver la posibilidad de rehabilitar e incrementar - la eficiencia de su operación.

. . . .

a.1) Localización del bordo.

El bordo "Villa Verde", esta ubicado en el Estado de Sonora en el Municipio de Cananea, perteneciente al ejido de Ignacio Zaragoza. Sus coordenadas geográficas son :

31° 03' 25" de latitud y 110° 00' 30" de longitud (ver figura 1.1).

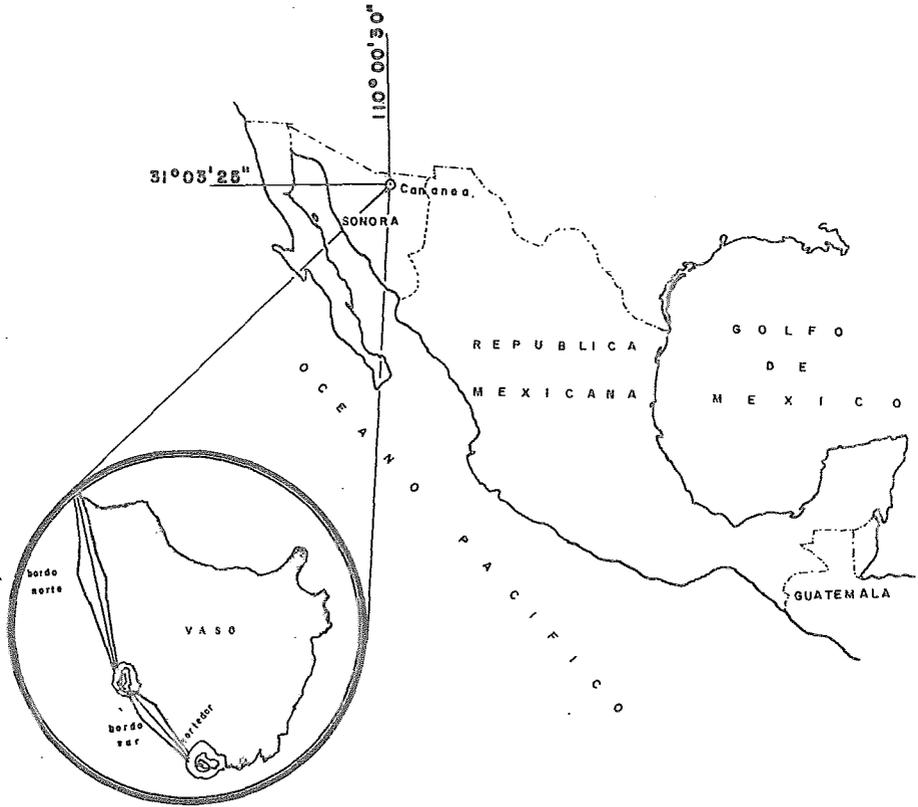
Al bordo se puede llegar por la carretera que enlaza Naco-Cananea-Imuris por un camino secundario de terracería (ver figura 1.2).

a.2) Objetivo del Bordo.

Cuando fué construído su objeto fué para beneficio de dos ejidos el de "IGNACIO ZARAGOZA" y el de "JOSE -- MARIA", funcionando como abrevadero y de almacenamiento de agua para riego de una reducida área de cultivo (forrajes, huertas, - hortalizas, maíz y trigo).

a.3) Características Hidráulicas.

El bordo aprovecha las corrientes del arroyo - Villa Verde y otros afluentes del Río San Pedro del Sistema Río Gila- Río Colorado. En la figura 1.3 podemos observar la zona correspondiente a la cuenca aprovechada (cuenca 5) por el bordo.



PLANO DE LOCALIZACION

ENEPA
UNQM

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS
PROFESIONALES ACATLAN
ingeniería civil

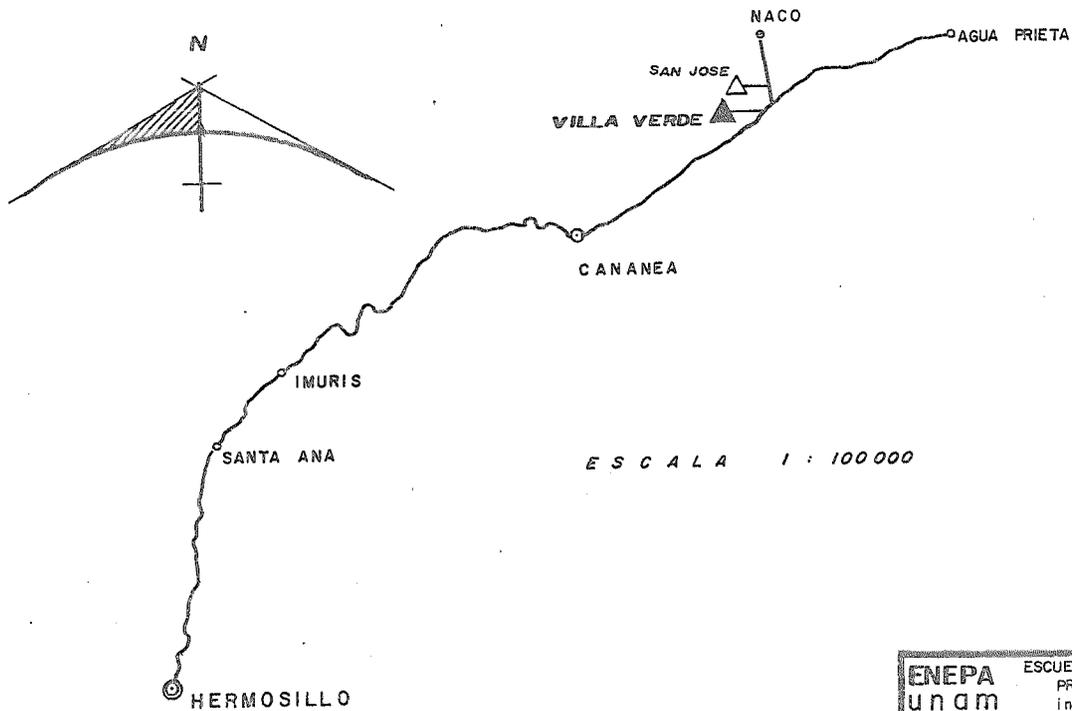
PLANO DE LOCALIZACION

TESIS PROFESIONAL

Alejandro	Romo	Cifuentes
Ignacio	Rocha	Zamora
José Jorge	Zapote	Martínez

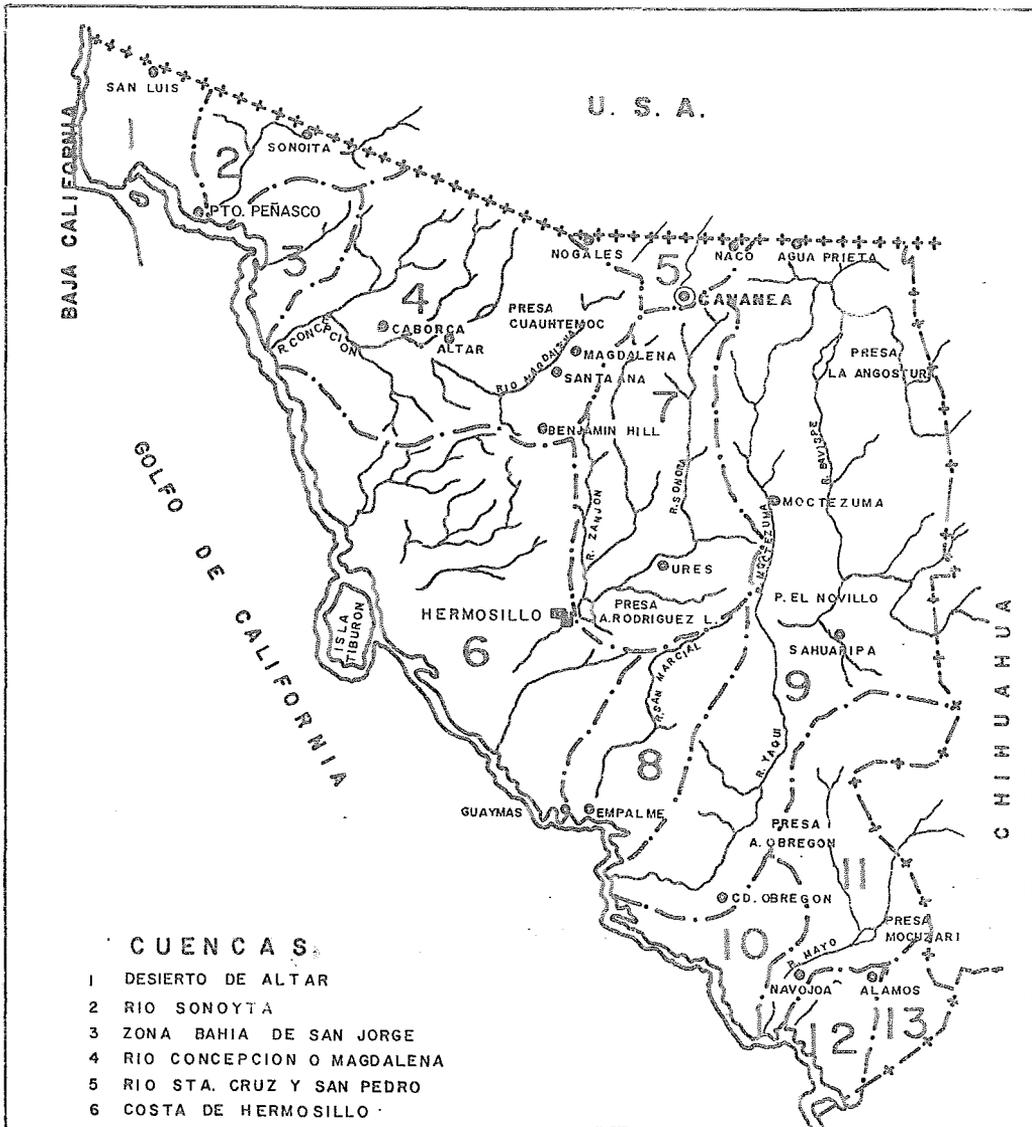
ACATLAN, Edo. Mex. 1979

Figura No. 1.1



VIA DE ACCESO

ENEPA UNGM	ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ACATLAN ingenieria civil	
	VIA DE ACCESO	
TESIS PROFESIONAL		
Alejandro	Romo	Cifuentes
Ignacio	Rocha	Zamora
Jose' Jorge	Zapote	Martínez
ACATLAN, Edo. Mex. 1979		Figura No. 1.2



CUENCAS

- 1 DESIERTO DE ALTAR
- 2 RIO SONOYTA
- 3 ZONA BAHIA DE SAN JORGE
- 4 RIO CONCEPCION O MAGDALENA
- 5 RIO STA. CRUZ Y SAN PEDRO
- 6 COSTA DE HERMOSILLO
- 7 RIO SONORA
- 8 RIO SAN MARCIAL O MATAPE
- 9 RIO YAQUI
- 10 ZONA RIO COCORAUQUE
- 11 RIO MAYO
- 12 ZONA AGIABAMPO
- 13 RIO FUERTE

ENEPA ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS
UNAM PROFESIONALES ACATLAN
 Ingenieria civil

CUENCAS HIDROLOGICAS

TESIS PROFESIONAL

Alejandro Romo Cifuentes
 Ignacio Rocha Zamora
 José Jorge Zapote Martínez

ACATLAN, Edo. Méx. 1979

Figura No. 1.3

D A T O S . D E L V A S O

Cuenca de Captación.....	72.5	Has.
Area inundada.....	105.9	Has.
Capacidad de almacenamiento...	2,478,550	M3.

(Ver Plano 1.1 Topográfico).

a.4) Características de la Obra.

La cortina esta formada por dos tramos, inter - puesta entre ellos se encuentra un pequeño promontorio, el cual originó esta configuración. Su estructura es de las conocidas - como de tierra y enrocamiento. En lo sucesivo se denominarán - Bordo Norte y Sur respectivamente a cada uno de los tramos que - constituyen el bordo.

(Ver Plano 1.1 Topográfico).

La altura máxima es de 11.20 m. en el bordo norte y de - 8.00 en el sur, los bordos rematan en ambos tramos en una corona "en tierra" de 4.00 m., la longitud de esta es de 502.00 m. en el Bordo Norte y 278.00 en el Sur. (Ver Plano 1.1 y Plano 1.2).

Los taludes son 2.5 x 1 aguas arriba y 2.0 x 1 -
 aguas abajo. El espesor del enrocamiento es de 0.50 m. la
 Geología de la boquilla de los bordos se puede ver en el Pla-
 no 1.3.

El vertedor de demasias tiene las siguientes carac -
 terísticas :

Longitud de la cresta	40.00	m.
Tirante a la entrada.	1.00	m.
Canal de salida.	En roca	
Muro de encausamiento	20.00	m.
Gasto.	74.00	m ³ /seg.

La obra de toma es una línea de tuberías de hormigón-
 armado de 0.91m, con una compuerta deslizante inclinada.

El canal de riego tiene una longitud de 8.00 a 16.00
 kms., y una capacidad inicial de 1.00 m³/seg.

b) FACTORES QUE AFECTAN AL PROYECTO

Con objeto de determinar la causa o causas de las -
 irregularidades a la fecha observadas en la obra, en cuestión
 se debe realizar un análisis minucioso de todos los factores -
 responsables del comportamiento de la obra, durante el período
 en que se ha operado.

Entre los factores más importantes que deben considerarse para la ubicación y diseño de las estructuras en este tipo de obras tenemos los siguientes :

b.1) Función e importancia regional de la obra.

De este factor dependen en general las dimensiones de la obra, de acuerdo a las posibilidades físicas de los recursos disponibles para su ejecución. Sin embargo también afectan problemas tales como, la necesidad de tratamientos en la cimentación; las dificultades de los empotramientos, los problemas de estabilidad del talud aguas arriba y aguas abajo; etc.

b.2) Hidrología.

La información hidrológica es muy importante pues con base en ella se determinan los posibles volúmenes a almacenar por las obras y por lo tanto la buena o mala información del estudio al respecto serán responsables del funcionamiento del bordo de almacenamiento.

b.3) Geología.

El conocimiento de la geología del sitio en que se desplantará el bordo es decisiva, pues es determinante para tomar decisiones tales como : la localización y la elección del bordo más adecuado, así como en el caso de presas más importantes, los criterios de diseño de los diversos componentes del bordo, como su vertedor, túneles de desvío, obra de toma, etc.

- b.4) Características de la boquilla, cimentación -
y vaso.

La obra debe localizarse y diseñarse de tal -
manera que optimice y armonice las características topográficas,
geológicas e hidrológicas que normarán el sitio, tipo y condi -
ciones de la obra.

La ubicación de la boquilla debe ser la más -
apropiada para su estabilidad y seguridad, de tal suerte que los
problemas propios de la cimentación, sean mínimos a fin de evitar
asentamientos diferenciales .

- b.5) Permeabilidad de las formaciones involucradas.

La permeabilidad tanto del vaso como del cuerpo
de la cortina, es un factor determinante para la elección del -
sitio de almacenamiento y del desplante de la cortina, puesto que
de esto depende la magnitud de la fuga por filtraciones las cua -
les pueden llegar a ocasionar el fracaso de la obra, como ocurrió
con la presa de Huichapan, Hgo.

- b.6) Tipo, cantidad, calidad y localización de los -
materiales que se emplearán en la construcción -
del bordo y estructuras complementarias.

La selección y disposición en las estructuras -
de la obra de los materiales que se puedan conseguir, debe hacerse
se de acuerdo con sus características físicas y químicas. Se -

debe procurar localizar los bancos respectivos lo más cercano posible a la obra, lo cual redundará en la economía de la mis ma.

b.7) Características sismológicas regionales.

Referente a las condiciones de sismicidad de - la región; debido a que las necesidades del análisis del compor - tamiento de la estructura de tierra sometida a la excitación - dinámica son muy limitadas, generalmente el criterio de diseño - es muy conservador.

b.8) Clima y tiempo disponible para la construcción.

Los factores clima y tiempo de ejecución de la obra, que están ligados entre sí influyen en la realización del proyecto, de tal forma que deben conjugarse para los mejores re - sultados que a su vez beneficien la economía de la obra.

c) CAUSAS POSIBLES DE FALLA

Debido a que el diseño y proyecto de bordos de alma - cenamiento se basa en gran medida en conocimientos, empíricos, - podemos decir con base a las experiencias logradas en este - - campo, que las causas más frecuentes de falla en esta clase de - obras y que servirán de base para la revisión objeto de este --

trabajo son las siguientes :

c.1) Insuficiencia del vertedor de excedencias.

La comparación entre los casos de falla nos demuestra que la causa más frecuente es por desbordamiento, lo cual es resultado de la inadecuada estimación del gasto correspondiente a la avenida máxima que debe pasar por el vertedor de excedencias. Es obvio que al presentarse una avenida mayor a la prevista por el diseño, el agua en exceso en el vaso de almacenamiento al no poder desalojarse por el vertedor, fluirá sobre la corona de la presa, erosionando el talud de aguas abajo y disminuyendo la estabilidad de la sección hasta producir la falla parcial o total de la estructura. Generalmente la falla debido a esta causa, se ha asociado a la escasez de datos hidrológicos de la corriente interceptada por la presa o como en el caso nuestro por el bordo de almacenamiento.

Esto es más frecuente en los pequeños almacenamientos, ya que el proyectarse sobre corrientes pequeñas donde los gastos máximos por kilómetro cuadrado de captación en la cuenca, pueden ser más grandes que los correspondientes a corrientes más importantes de la misma zona. De aquí que la extrapolación de los datos disponibles de una corriente grande a las áreas de captación pequeña no es siempre lo más conveniente.

c.2) Tubificación.

La tubificación ocupa el segundo lugar en importancia, por su ocurrencia en las obras de almacenamientos cons - -

truidas hasta la actualidad. Esta es debida a la erosión en el cuerpo de la estructura por la velocidad de flujo de agua a través de ésta. La susceptibilidad de efectos de tubificación depende por una parte de la adherencia que existe entre las partículas que constituyen el suêlo, y por otra, del tamaño y peso de cada partícula. Para prevenir una falla debido a la tubificación es necesario analizar el flujo posible de agua a través del material que constituye la cortina, para lo cual se tendrá que determinar la permeabilidad, y el trazo de la red de flujo con el objeto de valorar las fuerzas de filtración.

c.3) Asentamiento.

Los asentamientos ocurridos en la cortina, dependiendo de su magnitud llegan a causar agrietamientos importantes. Si los asentamientos de la corona lleguen a ser muy diferentes de una sección a otra, se generan esfuerzos de tensión en el cuerpo del bordo, que producen el rompimiento del mismo ocasionando así el agrietamiento.

Si las grietas son transversales al eje de la cortina y se presentan cuando el vaso está lleno, el agua tiende a fluir por ellas erosionando sus paredes y destruyendo parcialmente o totalmente el bordo. El agrietamiento obedece básicamente a las dos situaciones siguientes :

. . .

c.3.1) El desarrollo de asentamiento diferencial de la corona; y

c.3.2) La susceptibilidad de los materiales al agrietamiento.

Estos aspectos están ligados respectivamente, a la compresibilidad el primero y a la plasticidad de los suelos el otro.

c.4) Deslizamiento de Taludes :

Este tipo de falla en bordos de sección homogénea se halla en una categoría diferente a las fallas debidas a agrietamiento y a tubificación, ya que estas últimas son indispensables del diseño, mientras que la estabilidad de los taludes al deslizamiento depende de las dimensiones del bordo, de la naturaleza del material del terraplen y de las presiones de poro en este. Son tres las etapas críticas en las cuales, puede ocurrir el deslizamiento y son :

c.4.1) Durante la construcción.

c.4.2) Durante la operación.

c.4.3) Después de un vaciado rápido.

c.4.1) Durante la construcción. Las fallas durante la construcción son las menos frecuentes, pero cuando se han presentado ha sido principalmente en presas cimentadas en arcillas blandas, con gran porción de la superficie de falla interceptando este-

material. Se piensa que la causa es la presencia de presiones de poro críticas, debidas a que el avance de la construcción es más rápida que la consolidación del terraplen. La estabilidad de la estructura en este caso se logra con el abatimiento de dichas presiones mediante obras de alivio.

c.4.2) Durante la operación. en la etapa de llenado del embalse se pueden tener filtraciones que aumenten considerablemente los esfuerzos actuantes en la cortina, que en combinación con el desarrollo del flujo de agua provocan el incremento de las presiones de poro en zonas próximas a la base de la cortina, por tanto, el factor de seguridad llega a un mínimo en la condición de trabajo a presa llena.

c.4.3) Después de un vaciado rápido. Las fallas después de un vaciado rápido, se originan al someter la cortina de un bordo en el talud de aguas arriba a un incremento súbito de fuerzas que tienden a producir inestabilidad,. En ciertos casos esto también viene a provocar el aumento de la presión de poro en las zonas impermeables de la cortina.

c.5) Licuación.

A diferencia de las fallas por deslizamiento, donde el talud se desliza a lo largo de la superficie de falla, la licuación en un bordo de tierra se presenta como un flujo del material extendiendose en grandes áreas, hasta adoptar finalmente -

taludes, irregulares muy tendidos, casi horizontales. El fenómeno de licuación es esencialmente la pérdida de la presión efectiva debido al exceso de la presión de poro y el comportamiento típico de materiales finos no cohesivos, de estructura suelta y saturados. Los materiales con estas características son las arenas finas uniformes; limos no plásticos o de baja plasticidad; y las mezclas de ambos. Estos materiales son más peligrosos cuando forman parte de la cortina o del terreno de cimentación de una presa de tierra.

. . .

C A P I T U L O I I

ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS.

La Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos - (S.A.R.H.), con objeto de conocer y verificar las propiedades - de los materiales que constituyen la Cimentación y el bordo "Vi lla Verde", y con ello también las causas de los problemas de - filtraciones que a la fecha han impedido el correcto funciona - miento del Bordo, programó la realización de un estudio de Mecá - nica de Suelos del mismo .

Dicho estudio consistió en la elaboración de una serie de sondeos y ensayos de laboratorio de las muestras obtenidas - de los Bordos Norte y Sur.

a) Programa de Exploraciones.

En el cuadro siguiente se muestran las exploracio - nes realizadas así como las profundidades de las mismas.

. . .

PROGRAMA DE EXPLORACIONES

SONDEO	CADENAMIENTO EN (m)	EXPLORACION EN MAT. DE LA CORTINA EN (m)	EXPLORACION EN MAT. DE CIMENTACION EN (m)	PROFUNDIDAD TOTAL DE EXPLORACION EN (m)
BORDO NORTE				
1	0+065	1.00	2.26	3.26
2	0+140	4.00	5.00	9.00
3	0+215	3.50	5.00	8.50
4	0+310	11.20	5.00	16.20
5	0+365	7.70	5.00	12.70
6	0+440	7.70	5.00	12.70
7	0+515	7.40	5.10	12.50
BORDO SUR				
1	0+905	3.30	2.00	5.30
2	0+955	7.60	1.40	9.00
3	1+005	8.00	3.67	11.67
4	1+055	6.00	4.10	10.10
5	1+105	3.80	4.25	8.05
6	1+155	1.30	4.25	5.55
TOTAL		72.50	52.02	124.52

EL PROGRAMA DE EXPLORACIONES PUEDE OBSERVARSE EN EL PLANO NO. 2.1

El procedimiento de perforación empleado fué del tipo de avance rotatorio, utilizando máquina para operar brocas tricónicas, barriles con broca diamante, muestreadores Dennison y también tubos Shelby. Este consiste en hacer girar dentro de la perforación una herramienta que afloja, corta o tritura el material del fondo, según la herramienta empleada y el tipo de suelo perforado.

Lo anterior se ajustó a la necesidad de obtener muestras inalteradas, tanto del bordo como de la cimentación, con objeto de poder determinar en el laboratorio las propiedades índice y de resistencia de las mismas.

Las especificaciones establecidas para efectuar los sondeos, contemplaron recuperar el 50% de la perforación alternando un metro de avance y una de recuperación. Para estabilizar las perforaciones se utilizó lodo bentonítico.

En general las herramientas y procedimientos descritos se emplearon como se muestra en el cuadro siguiente :

Procedimiento de Avance o Muestreo	Material Muestreado
Broca Tricónica	Avance
Tubo Dennison	Arcilla limo-arenosa, plástica c/gravas y boleos muy escasos.
Tubo Shelby	Arcilla limo-arenosa, plástica tobas, boleos y roca.
Barril de Diamante.	Roca.

Los registros de campo de las exploraciones realiza -
das se pueden observar en las tablas siguientes, en donde -
se reporta desde el inicio y terminación del sondeo y los -
materiales encontrados así como, los problemas que se tuvie-
ron para el avance y recuperación de estos.

. . .



Obra VILLA VERDE
 Ubicación SEGUN PLANO
 Km. 0+140 Origen 0+000, B.N., S.A.R.H.
 Tipo de Obra BORDO NORTE
 Claro Aprox. 502
 W = _____ Kg.

Sondeo No. NORTE NO. 2 Elev. COR M.
 Localización EJIDO IGNACIO ZARAGOZA, MUNICIPIO-
DE CANANEA, SONORA.
 Procedimiento BARRIL DENNISON, SHELBY Y B. TRICO
 Barra Perf. NW N. A. F. NICA.
 $H = \frac{4840}{W} =$ _____ C.M. Diam. Ext. _____ Cm.

Brigada No. 1Y 3
 Perforó: ETA CONSULTORES, S.A.
 Supervisó: S.A.R.H. (J.G.M.)
 Fecha de Iniciación: _____
 Fecha de Terminación: _____
 Diam. Int. _____ Cm.

PROF. EN M	DESCRIPCION	MUESTRA No.	DE	A	No. GOLPE EN 30 CM. DE PEN.	LONG. RECUPERADA Cm.	OBSERVACIONES
1.00	Arcilla limo arenosa café oscuro		0.00	1.00			Avance c/broca tricónica.
2.00	Arcilla limosa café oscuro	1	1.00	2.00		35	Recuperando c/tubo Dennison (Recup. baja por lo blando del terrazo).
3.00	Arcilla plástica color café oscuro		2.00	3.00			Avance c/broca tricónica.
4.00	Arcilla plástica color café oscuro	2	3.00	4.00		60	Recuperando c/tubo Dennison.
5.00	Arcilla plástica color café oscuro	3	4.00	5.00		48	Recuperando c/tubo Dennison.
6.00	Arcilla plástica color café oscuro	4	5.00	6.00		30	Recuperando c/tubo Dennison.
7.00	Arcilla plástica color café oscuro	5	6.00	7.00		85	Recuperando c/tubo Dennison.
8.00	Arcilla limo arenosa con gravas y	6	7.00	8.00		34	Recuperando c/tubo Dennison.
9.00	Boleos muy escaso	7	8.00	9.00		46	Recuperando c/tubo Dennison.
							Recuperación total de agua en todo el sondeo.



Obra VILLA VERDE Sondeo No. NORTE No. 3. Elev. COR M.
 Ubicación SEGUN PLANO Localización EJIDO IGNACIO ZARAGOZA, MUNICIPIO
 Km. 0+215 Origen 0+000. B.N. S.A. R.H. DE CANANEA, SONORA.
 Tipo de Obra BORDO NORTE Procedimiento BARRIL DENNISON, SHELBY Y B. TRICO-
 Claro Aprox. 502 Barra Perf. NW N. A. F. NICA.
 W = _____ Kgs. H = $\frac{4840}{W}$ = _____ C. M. Diam. Ext. _____ Cm.

Brigada No. 1 Y 3
 Perforó: ETA CONSULTORES, S.A.
 Supervisó: S.A.R.H. (J.G.M.)
 Fecha de Iniciación: _____
 Fecha de Terminación: _____
 Diam. Int. _____ Cm.

PROP. KN M	DESCRIPCION	MUES- TRA No.	DE	A	No. GOLPE EN SO CM. DE PEN.	LONG. RECU- PERA- DA CM.	OBSERVACIONES
1.00	Arcilla plástica color café oscuro		0.00	1.00			Avance c/broca tricónica.
2.00	Arcilla plástica color café oscuro	1	1.00	2.00			Recuperando c/tubo Shelby.
3.00	Arcilla plástica color café oscuro		2.00	3.00			Avance c/broca tricónica.
3.50	Arcilla plástica color café oscuro	2	3.00	3.50		36	Recuperando c/tubo Shelby.
4.10	Arcilla plástica color café oscuro	3	3.50	4.10		29	Recuperando c/tubo Shelby.
4.69	Arcilla plástica color café oscuro	4	4.10	4.69		25	Recuperando c/tubo Shelby.
5.00	Arcilla limosa café oscuro.	5	4.69	5.00			Recuperando c/tubo Shelby.
6.30	Boleos y gravas envueltas en arcilla arenosa Roca Toba		5.00	6.30	BARRIL DIAMANTE	50	Recuperando c/Barril Diamante.
6.80			6.30	6.80			Se metio broca de barril y no recupero avanzado hasta los 6.80 m.
8.50	Roca Toba		6.80	8.50	BARRIL DIAMANTE	40	Se recupero c/barril de diamante.
							NOTA: En este sondeo de los 5.00 m. en adelante se encontró roca toba pero se pudo avanzar hasta la profundidad indicada 8.50



Obra VILLA VERDE
 Ubicación SEGUN PLANO
 Km. 0+310 Origen 0+000, B.N., S.A. R-H
 Tipo de Obra BORDO NORTE
 Claro Aprox. 502
 W = _____ Kgs.

Sondeo No. NORTE NO. 4 Elev. COR M.
 Localización EL TIDO IGNACIO ZARAGOZA, MUNICIPIO -
DE CANANEA, SONORA.
 Procedimiento BARRILDENNISON, SHELBY Y B. TRICO-
 Barra Perf. NW N. A. F. NICA.
 H = $\frac{4840}{W}$ = _____ C. M. Diam. Ext. _____ Cm.

Drigada No. 1 Y 3
 Perfiló: ETA CONSULTORES, S.A.
 Supervisó: S.A.R.H. (J.G.M.)
 Fecha de Iniciación: _____
 Fecha de Terminación: _____
 Diam. Int. _____ Cm.

PROF. EN M	DESCRIPCION	MUES-TRA No.	DE	A	No. GOLPE EN SO CM. DE PEN.	LONG. RECUPERADA CM.	OBSERVACIONES
1.00			0.00	1.00	AVANCE		Avance c/broca tricónica
1.70	Arcilla limo arenosa café oscuro	1	1.00	1.70	T.S.	40	Recuperando c/tubo Shelby.
2.70	Arcilla limo arenosa café oscuro		1.70	2.70	AVANCE		Avance c/broca tricónica
3.70	Arcilla limo arenosa café oscuro	2	2.70	3.70	T.S.	43	Recuperando c/tubo shelby.
4.70	Arcilla limo arenosa café oscuro		3.70	4.70	AVANCE		Avance c/broca tricónica.
5.70	Arcilla limo arenosa café oscuro	3	4.70	5.70	T.S.	63	Recuperando c/tubo Shelby.
6.70	Arcilla limo arenosa café oscuro		5.70	6.70	AVANCE		Avance c/broca tricónica.
7.70	Arcilla limo arenosa café oscuro	4	6.70	7.70	T.S.	50	Recuperando c/tubo Shelby.
8.70	Arcilla limo arenosa café oscuro		7.70	8.70	AVANCE		Avance c/broca tricónica
9.70	Arcilla limo arenosa café oscuro	5	8.70	9.70	T.S.	65	Recuperando c/tubo Shelby.
10.70	Arcilla limo arenosa café oscuro		9.70	10.70	AVANCE		Se perdió circulación de lodos total.
11.20	Arcilla limo arenosa café oscuro.	6	10.70	11.20	T.S.	30	Recuperando c/tubo Shelby
12.00	Arcilla limo arenosa café oscuro.	7	11.20	12.00	T.S.	32	Recuperando c/tubo Shelby.
12.90	Arcilla limo arenosa café oscuro.	8	12.00	12.90	T.S.	50	Recuperando c/tubo Shelby.
13.80	Arcilla limo arenosa café oscuro	9	12.90	13.80	T.S.	55	Recuperando c/tubo Shelby.
14.70	Arcilla limo arenosa café oscuro		13.80	14.70			No recupero muestra el tubo Shelby.
15.70	Material muy blando.	10	14.70	15.70	T.S.	62	Recuperando c/tubo Shelby.
16.20		11	15.70	16.20	T.S.	55	
	Este sondeo se hizo hasta la profundidad indicada 16. 20 m.						



Obra VILLA VERDE Sondeo No. NORTE NO. 6 Elev. COR M.
 Ubicación SEGUN PLANO Localización EJIDO IGNACIO ZARAGOZA, MUNICIPIO
Km. 0+440 Origen 0+000, B.N.S.A.R.H. DE CANANEA, SONORA.
 Tipo de Obra BORDO NORTE Procedimiento BARRIL DENNISON, SHELBY Y B. TRICO
 Claro Aprox. 502 Barra Perf. NW N. A. F. NICA.
 W = _____ Kg. H = $\frac{4840}{W}$ = _____ C. M. Diam. Ext. _____ Cm.

Brigada No. _____
 Perfiló: ETA CONSULTORES S.A.
 Supervisó: S.A.R.H. (J.G.M.)
 Fecha de Iniciación: _____
 Fecha de Terminación: _____
 Diam. Int. _____ Cm.

PROF. EN M	DESCRIPCION	MURS-TRA No.	DE	A	No. GOLPE EN SO CM. DE PEN.	LONG. RECU- PERA- DA Cm.	OBSERVACIONES
1.00	Arcilla limo arenosa café oscuro		0.00	1.00			Avance c/broca tricónica.
1.50	Rec. Bajo por lo blando del terreno	1	1.00	1.50	T.S.	20	Recuperando c/tubo Shelby.
2.10		2	1.50	2.10	T.S.	27	Recuperando c/tubo Shelby.
3.10			2.10	3.10	AVANCE		Avance c/broca tricónica.
3.80	Rec. baja por lo blando del terreno	3	3.10	3.80	T.S.	40	Recuperando c/tubo Shelby.
4.80			3.80	4.80	AVANCE		Avance c/broca tricónica.
5.90	Rec. baja por lo blando del terreno	4	4.80	5.90	T.S.	40	Recuperando c/tubo Shelby.
6.90			5.90	6.90	AVANCE		Avance c/broca tricónica.
7.35	Arcilla plástica café oscuro	5	6.90	7.35	T.S.	48	Recuperando c/tubo Shelby.
7.70	Arcilla plástica café oscuro	6	7.35	7.70	T.S.	35	Recuperando c/tubo Shelby.
8.35	Arcilla plástica café oscuro	7	7.70	8.35	T.S.	51	Recuperando c/tubo Shelby.
8.70	Arcilla plástica café oscuro	8	8.35	8.70	T.S.	35	Recuperando c/tubo Shelby.
9.80	Arcilla plástica café oscuro	9	8.70	9.80	Dennison	61	Recuperación c/tubo Dennison por estar el terreno duro.
10.40	Arcilla plástica café oscuro	10	9.80	10.40	Dennison	58	Recuperando c/tubo Dennison.
11.10	Arcilla plástica café oscuro	11	10.40	11.10	Dennison	47	Recuperando c/tubo Dennison.
12.25	Arcilla plástica café oscuro	12	11.10	12.25	T.S.	51	Recuperando c/tubo Shelby.
12.50	No recupero por haber piedra		12.25	12.50	T.S.	000	Se metió tubo shelby no recuperado nada por lo duro.
12.70	Roca	13	12.50	12.70	Barri	17	Se metió barril de diamante penetro 20 cms. en la roca.
	Recuperación total de agua en todo el Sondeo		12.70	70 m.			



CONSULTORES S.A.

Obra VILLA VERDESondeo No. SUR NO. 1 Elev. COR. M.Ubicación SEGUN PLANOLocalización EJIDO IGNACIO ZARAGOZA Y MUNICIPIOBrigada No. 1 Y 3Km. 0+905 Origen 0+000, B.N.S.A.R.H.DE CANANEA, SONORA.Perforó: ETA CONSULTORES, S.A.Tipo de Obra BORDO SURProcedimiento BARRIL DENNISON, SHELBY Y B. TRICO-Supervisó: S.A.R.H. (J.G.M.)Claro Aprox. 278 m.Barra Perf. NW N. A. F. NICA

Fecha de Iniciación:

W = Kg.H = $\frac{4840}{W}$ = C.M. Diam. Ext. Cm.

Fecha de Terminación:

Diam. Int. 10.2 Cm.

PROP. EN M	DESCRIPCION	MURS-TRA No.	DE	A	No. GOLPE EN SO CM. DE PEN.	LONG RECUPERA-DA Cm.	OBSERVACIONES
1.00			000	1.00	R		Avance c/broca tricónica
1.48	Arcilla Plástica, Color café oscuro	1	1.00	1.48		48	Recup. con tubo Dennison.
2.00	Arcilla Plástica, color café oscuro	2	1.48	2.00		52	Recup. con tubo Shelby.
3.30			2.00	3.30			Avance con broca tricónica
3.51	Arcilla y Roca con caliche	3	3.30	3.51		21	Recuperando c/tubo Shelby.
					NOTA:		No se recupero por no poder penetrar tubo Shelby.
5.00	Arcilla con caliche y Roca	4				84	El tubo del barril penetra hasta los 5.00 mts.
5.30	Roca					30	Recuperando con Broca de Barril de Diamante.
	NOTA: A los 5.30 se dió por terminado sondeo No. 1 por haberse encontrado Roca Maciza.						



Obra VILLA VERDE
 Ubicación SEGUN PLANO
 Km. 0+955 Origen 0+000 B.N.S.A.R.H.
 Tipo de Obra BORDO SUR
 Claro Aprox. 278 m.
 W = _____ Kg.

Sondeo No. SUR NO. 2 Elev. COR M.
 Localización EJIDO IGNACIO ZARAGOZA, MUNICIPIO
DE CANANEA, SONORA
 Procedimiento BARRIL DENNISON, SHELBY Y B. TRICO
 Barra Perf. NW N. A. F. NICA
 $H = \frac{4840}{W} =$ _____ C.M. Diam. Ext. _____ Cm.

Brigada No. 1 Y 3
 Perforó: ETA CONSULTORES, S.A.
 Supervisó: S.A.R.H. (J.G.M.)
 Fecha de Iniciación: _____
 Fecha de Terminación: _____
 Diam. Int. _____ Cm.

PROF. EN M	DESCRIPCION	MUES-TRA No.	DM	A	No. GOLPE EN SO CM. DE PEN.	LONG RECU-PERA-DA CM.	OBSERVACIONES
1.00			0.00	1.00	R	00	Avance c/broca tricónica.
1.57	Arcilla plástica color café oscuro	1	1.00	1.57	D	57	Recuperando c/tubo Dennison.
2.00	Arcilla plástica color café oscuro	2	1.57	2.00	T.S.	33	Recuperando c/tubo Shelby.
3.00	Arcilla plástica color café oscuro		2.00	3.00	R.		Avance c/broca tricónica.
3.48	Arcilla plástica color café oscuro	3	3.00	3.48	T.S.	48	Recuperando c/tubo Shelby.
5.00	Arcilla plástica color café oscuro		3.48	5.00	R.		Avance c/broca tricónica.
6.00	Arcilla plástica color café oscuro	4	5.00	6.00	T.S.	43	Recuperando c/tubo Shelby.
7.00	Arcilla plástica color café oscuro		6.00	7.00	R.		Avance c/broca tricónica.
8.00	Arcilla plástica color café oscuro	5	7.00	8.00	T.S.	59	Recuperando c/tubo Shelby.
9.00	Roca		8.00	9.00		43	Recuperando muestra con broca de barril.
NOTA: A los 9.00 mts. se dió por terminado el sondeo No. 2, por no poder recuperar muestra por encontrar roca.							

Obra VILLA VERDESondeo No. SUR NO. 4 Elev. COR M.Ubicación SEGUN PLANOLocalización EJIDO IGNACIO ZARAGOZA, MUNICIPIO-Km. 1+055 Origen 0+000 B.N.S.A.R.H.DE CANANEA, SONORATipo de Obra BORDO SURProcedimiento BARRIL DENNISON, SHELBY Y B. TRICO-

Claro Aprox. _____

Barra Perf. NW N. A. F. NICA.

W = _____ Kg.

 $H = \frac{4840}{W} =$ _____ C.M. Diam. Ext. _____ Cm.Brigada No. 1 Y 3Perforó: ETA CONSULTORES, S.A.Supervisó: S.A.R.H. (J.G.M.)

Fecha de Iniciación: _____

Fecha de Terminación: _____

Diam. Int. _____ Cm.

PROP. EN M	DESCRIPCION	MUESTRA No.	DE	A	Nu. GOLPE EN 30 CM. DE PRN.	LONG. RECU- PERA- DA Cm.	OBSERVACIONES
1.00	Arcilla plástica color café oscuro		0.00	1.00		0.00	Se perforo primer metro con broca tricónica.
2.00	Arcilla plástica color café oscuro	1	1.00	2.00		70	Se recupero muestra con tubo Shelby.
3.00	Se perdió circulación de lodos - obteniéndola a base de inyectar - Rentonita.		2.00	3.00			Avance c/broca tricónica.
4.00	Arcilla plástica color café oscuro	2	3.00	4.00	T.S.	65	Se recupero muestra con tubo Dennison.
5.00	Arcilla plástica color café oscuro	3	4.00	5.00	T.S.	83	Se recupero muestra con tubo Shelby.
6.00	Arcilla plástica color café oscuro	4	5.00	6.00	T.S.	60	Se recupero muestra con tubo Shelby.
6.90	Arcilla plástica color café oscuro	5	6.00	6.90	T.S.	90	Se recupero muestra con tubo Shelby.
7.59	Arcilla plástica color café oscuro	6	6.90	7.59	T.S.	69	Se recupero muestra con tubo Shelby.
8.36	Arcilla plástica color café oscuro	7	7.59	8.36	T.S.	76	Se recupero muestra con tubo Shelby.
8.86	Arcilla plástica color café oscuro	8	8.36	8.86	T.S.	50	Se recupero muestra con tubo Shelby.
9.53	Arcilla plástica color café oscuro	9	8.86	9.58	T.S.	72	Se recupero muestra con tubo Shelby.

a.1) ESTRATIGRAFIA

De acuerdo con la información de los estudios realizados, previos a la construcción de los bordos, así como con los resultados obtenidos de los análisis y pruebas efectuadas en muestreos obtenidos de los mismas, se puede definir la estratigrafía mostrada en el plano 2.1

a.1.1) BORDO NORTE.

Como se ve en el plano 2.2 el cuerpo de la cortina está constituida por arcillas limo-arenosas plásticas, de color café oscuro. La cortina está depositada sobre una serie de estratos de la formación natural que sustenta a la obra. El estrato superior de espesor variable se constituye de arcillas limo-arenosas con gravas entre 0.5 m y 6.5 m. Subyaciendo al anterior en la margen norte del bordo se encuentra un estrato también de espesor variable de 1.0 a 4.0 m de boleos y gravas empacados por una matriz areno-limosa.

En la parte inferior se encontró una formación de limos arenosos compactados y cementados (tobas).

a.1.2) BORDO SUR

En el bordo Sur se obtuvo una estratigrafía similar a la del Norte. El cuerpo de este está formado por arcilla plástica café oscuro, sustentando al anterior se identificó un estrato de arcilla plástica con caliche, de un espesor variable que sobreyace

la formación de tobas señaladas en el bordo Norte (ver plano -
2.2).

Respecto a las propiedades de los materiales estas se trata
tan en el inciso "c", y se consignan en la tabla VI. Los valo -
res representativos de estas se emplearon para las revisiones -
efectuadas.

. . .

- b) Estudio de Mecánica de Suelos de la Cimentación y Bordo.

El estudio de Mecánica de Suelos permitió conocer el comportamiento de los materiales que componen el bordo y cimentación, por medio de sus propiedades índice, hidráulicas y mecánicas obtenidas en el estudio. Los parametros establecidos entre dichas propiedades permitió estudiar los problemas de estabilidad y desplazamientos de los materiales que componen el bordo y la cimentación; así como también las causas de las filtraciones que se han presentado en los mismos.

Para obtener las propiedades mencionadas se elaboró un programa de pruebas de laboratorio para cada sondeo. Las pruebas efectuadas en términos generales fueron las siguientes :

- I Propiedades Índice.
 - 1. Granulometría.
 - 2. Límites de Atterberg o consistencia
 - 3. Densidad de Sólidos

- II Pruebas de Compactación.
 - 1. Prueba Proctor Modificada (S.A.R.H.)

- III Pruebas de Resistencia.
 - 1. Prueba Triaxial Rápida Saturada para confinamientos de 0,0.5, 1.5 y 4.0 Kg/cm² (Serie de cuatro probetas).
 - 2. Prueba Triaxial con humedad natural para confinamientos de 0, 0.5, 1.5 y 4.0 Kg/cm² (Serie de cuatro probetas).

Descripción de las Pruebas

I PROPIEDADES INDICE

1. Granulometría con mallas.

La clasificación de las partículas que constituyen los suelos, se realizó de acuerdo con los porcentajes, con respecto al total, presentes de las partículas con los siguientes tamaños :

TIPOS	TAMAÑO (m m)	MALLA
Boleos	Partículas > 76.2	Malla de 3 " (Pulg)
Gravas	76.2 > Partículas > 4.69	Malla No. 4
Arenas	4.69 > Partículas > 0.074	Malla No. 200
Finos	Partículas < 0.074	Malla No. 200

Con los porcentajes de los diferentes tamaños de partículas del suelo, este se clasificó de acuerdo al Sistema Unificado de clasificación de Suelos (SUCS).

2. Límites de Atterberg o Consistencia

Esta prueba se realizó en materiales cohesivos y se baso en la variación que sufre la resistencia, al esfuerzo cortante con la cantidad de agua que tiene el suelo, de acuerdo a esto se definieron los límites de consistencia : Líquido (LL); Plástico (LP); y de contracción.

Una vez realizadas las pruebas y obteniendo los correspondientes límites señalados y el índice de fluidez ($I_p = LL - LP$) se clasificaron los suelos finos con base en la carta de plasticidad de Casagrande.

3) Densidad de Sólidos.

Se determinó con base en el peso y volumen de la fase sólida de los materiales probados.

II PRUEBAS DE COMPACTACION

1) Prueba Proctor Modificada (S.A.R.H.)

Se determinó con base en pesos volumétricos obtenidos con diferentes contenidos de agua los cuales al graficarse permitieron determinar el peso volumétrico seco máximo y el contenido de humedad óptimo con que se debe compactar el material, así como el grado de compactación del mismo.

III PRUEBAS DE RESISTENCIA

1) y 2) Prueba Triaxial Rápida (con Humedad Natural y Saturada)

Se realizó para determinar los parámetros que define la resistencia al esfuerzo cortante, cohesión y ángulo de fricción interna de los materiales del bordo y cimentación.

Con el auxilio de la teoría de MOHR, se estableció una -

relación entre los esfuerzos cortante y normal y con ello el límite de falla que los materiales ensayados pueden soportar y que representa la condición límite que pueden resistir los materiales.

El ángulo de inclinación de los envolventes de falla obtenidos correspondió a los ángulos de fricción interna y las ordenadas al origen de dichas rectas representaron la cohesión de los materiales ensayados. El esfuerzo cortante se determinó por la expresión de Coulomb.

En las tablas y gráficas siguientes se pueden observar los registros de prueba de uno de los sondeos realizados en el Bordo Sur, estos son de Granulometría, Límites de Plasticidad, Densidad de Sólidos, Proctor, Compresión Triaxial.

Dichos registros de prueba pertenecen al Sondeo SM-4 y las pruebas de los materiales sólo pertenecen a la cortina. EL material de cimentación se probó en el laboratorio de SARH en Hermosillo Son.

ANALISIS GRANULOMETRICO

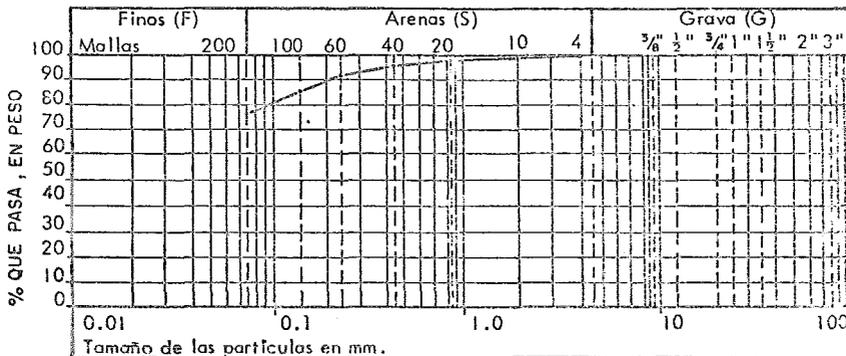


41.

FECHA: _____
 OPERADOR: DANIEL A. _____
 CALCULISTA: J. Z. M. _____
 REVISO: J. G. M. _____

LOCALIZACION: VILLA VERDE CAN, SON.
 ENSAYE NO. G 4-1 SONDEO No. SUR-4
 MUESTRA No. 4-1 PROF.: 1.00 -2.90
 PESO DE LA MUESTRA: 200 gr.

MATERIAL RETENIDO EN LA MALLA NUM. 4				MATERIAL CRIBADO POR LA MALLA NUM. 4			
Maila	Peso retenido Wi (gr)	Retenido parcial (%)	Material que pasa (%)	Maila	Peso retenido Wi (gr)	Retenido parcial (%)	Material que pasa (%)
3"				10	1.6	0.8	99.2
2"				20	2.1	1.05	93.15
1 1/2"				40	7.0	3.5	94.65
1"				60	6.3	3.15	91.5
3/4"				100	11.7	5.85	85.55
3/8"				200	18.3	9.15	76.5
Núm. 4				pasa 200	153.0	76.50	
pasa núm. 4				Suma	200.0	100.00	
Suma							



$D_{20} = \frac{D_{60}}{C_u} = \frac{D_{60}}{\frac{D_{30}}{D_{60}}} = \frac{D_{60}^2}{D_{30}}$

$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$

$D_{60} = \frac{D_{30}^2}{D_{10}}$

< Núm. 40 100.00 %

Clasificación y descripción del material Arcilla limo-arenosa café oscuro.

PORDO VILLA VERDE.
CANANEA, SONORA.
S. A. R. H.

LIMITES DE PLASTICIDAD



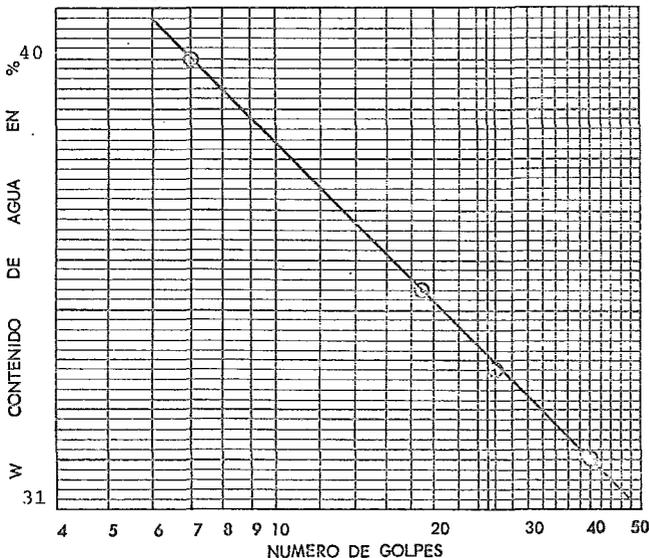
42.

OBRA Nº BORDO VILLA VERDE SARH
 UBICACION: V.V. CANANEA, SONORA.
 SONDEO: SUR NO. 4
 MUESTRA: 4-1
 PROFUNDIDAD: 1.00 - 2.00

CLASIFICACION: Arcilla
café claro poco arenosa
 FECHA: _____
 OPERADOR: E. VILLAGOMES.
 CALCULO: IRZ.

Cápsula Nº	Peso de la Cápsula	Cápsula + Suelo Húmedo	Cápsula + Suelo Seco	Agua	Peso Seco	W	Número de Golpes	Operador
	Gr	Gr	Gr	Gr	Gr	%		
56	9.6	25.02	21.28	3.74	11.68	32.0	39-40	
92	11.52	25.22	21.76	3.46	10.24	33.8	26	
94	12.23	28.65	24.36	4.29	12.13	35.4	19	
71	10.07	28.00	22.90	5.1	12.83	39.8	7-8	
41	12.02	18.86	17.97	0.89	5.95	14.9		
84	11.07	19.28	18.20	1.08	7.13	15.1		

LIMITE LIQUIDO:



W = _____ %

LL = 34.1 %

Lp = 15.0 %

lp = 19.1

Fw = _____

GPO. SUCS = CI

OBSERVACIONES: _____

LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD
PRUEBA DE COMPACTACION

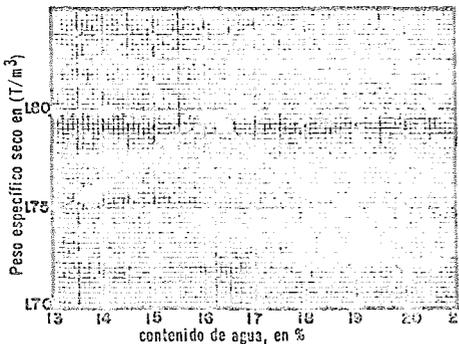
43.



OBRA: BORDO VILLA VERDE DIRECTOR: S.A.R.H.
 UBICACION: VILLA VERDE CANANEA, SON. CONSTRUCTORA: _____
 ENSAYE NUM. P.P. 4-1 SONDEO NUM. SUR No. 4.
 MUESTRA NUM. 4-1 PROFUNDIDAD 1.00 - 2.00
 PROCEDENCIA BORDO VILLA VERDE FECHA DE MUESTREO _____
 DESCRIPCION DEL MATERIAL ARCILLA LIMOARENCSA, CAPE OSCURO

Tipo de prueba PROCTOR S.A.R.H.
 Molde No. 1 vol. 942.17 cm.³ peso 2.020 gr. FECHA 15-11-78
 peso martillo 2500 gr. Altura caída 30 cm. OPERADOR Daniel A
 No. de capas 3 No. de golpes por capa 32-32-31 CALCULO J.Z.M.

Determinación No.	1	2	3	4	5	6		
Peso molde + suelo húmedo (gr)	3905	3960	3985	3965	3920			
Peso molde (gr.)	2020	2020	2020	2020	2020			
Peso suelo húmedo (gr.)	1885	1940	1965	1945	1890			
Peso específico húmedo (T/m. ³)	2.000	2.059	2.086	2.064	2.006			
Cápsula No.	134	61	146	65	94			
Peso cápsula + suelo húmedo (gr.)	93.3	102.6	87.6	91.6	105.9			
Peso cápsula + suelo seco (gr.)	84.3	92.2	77.9	80.7	92.2			
Peso del agua (gr.)	9.0	10.4	9.7	10.9	13.7			
Peso cápsula (gr.)	18.8	24.53	18.7	24.28	26.8			
Peso suelo seco (gr.)	65.5	67.67	59.2	56.42	65.4			
Contenido de agua (%)	13.7	15.4	16.4	19.3	20.9			
Peso específico seco (T/m. ³)	1.759	1.784	1.792	1.730	1.659			
Relación de vacíos	e							



Peso específico seco = $\frac{\text{Peso específico húmedo}}{1 + \text{Contenido de agua}}$
 Peso volumétrico seco máximo 1.797 T/m³
 Humedad óptima 16.2 %
 Límite líquido _____
 Límite plástico _____
 Índice plástico _____
 Clasificación succ. _____

OBSERVACIONES: _____

Mexico, D.F., a _____ de _____ de 197 _____

REVISO: _____ APROBO: _____ ENTERADO: _____

Fecha: _____

Operador: E. VILLAGOMES.

Calcuio: ARC.



44.

Obra: OL-77071

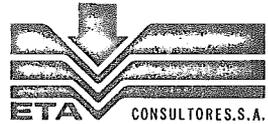
Ubicaci3n: VILLA VERDE

Sondeo: SM-4 (SUR)

MUESTRA No.	PROFUNDIDAD m.	PICNOMETRO No.	TEMP. (T) °C	PESO SECO W _s	PESO PIC. + AGUA + SUELO A T °C W _{fw}	PESO PIC. + AGUA A T °C (CALIBRACION) W _{fw}	VOLUMEN DE SÓLIDOS V _s = W _s + W _{fw} - W _{fw}	DENSIDAD DE SÓLIDOS G _s = W _s / V _s
1	1.40-2.00	3	36.0	50.10	710.70	679.52	18.92	2.648
"	"	"	34.0		711.10	679.84	18.84	2.659
"	"	2	40.5	49.90	715.00	683.44	18.34	2.721
"	"	3	32.0	"	716.50	684.84	18.24	2.736
2	2.40-3.0	4	36.0	49.90	707.40	675.25	17.75	2.811
"	"	4	34.0	"	708.10	675.60	17.40	2.868
"	"	3	42.0	49.80	710.40	678.25	17.65	2.821
"	"	"	36.0	"	711.50	679.52	17.82	2.795
3	5.40-6.0	2	34.0	50.10	716.00	684.52	18.62	2.691
"	"	"	32.0	"	716.40	684.84	18.54	2.702
"	"	3	31.5	49.90	711.60	680.20	19.10	2.612
"	"	"	30.5	"	711.80	680.32	18.42	2.709

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

48.



FECHA _____
 PRUEBA DE COMPRESION SIMPLE 8.35
 ALTURA MUESTRA _____ cm $D = 3.852$
 AREA DE LA MUESTRA 11.645 cm² $\pi D = 12.1$
 ANILLO No. _____ MICR. VERTICAL _____

HOJA No. 1
 PROYECTO OL-77077 VILLA VERDE
 POZO No. SM-4
 MUESTRA 1-2-1
 PROFUNDIDAD 1.00-2.00 Mt.
 OPERADOR I.L.H.

DESCRIPCION DE LA MUESTRA Arcilla limosa café arenosa manchado de café oscuro en partes, con gravillas duras y blandas, con raíces.

TIPO DE PRUEBA			MUESTRA:	NATURAL	SATURADO
RECIPIENTE	141				
PESO MUESTRA HUMEDA + TARA	221.0	203.0	Peso (gr.)	203.0	
PESO MUESTRA SECA + TARA	195.6		Volumen (cm ³)	97.236	
PESO DEL AGUA	25.4	26	vH (T/m ³)	2.089	
PESO DE RECIPIENTE	18.6		v _d (+/m ³)	1.820	
PESO DE SOLIDOS SECOS	177.0	177.0			
CONTENIDO DE AGUA w %	14.35	14.69			

LECT. ANILLO	DEF. ANILLO	CARGA	LECT. MICR.	DEFOR.	S	I-S	AREA CORREG.	ESF. K/cm ²
0			0.00	0.00			11.645	
10		2.47	0.03	0.03	0.0004	0.9996	11.649	0.212
20		4.94	0.06	0.06	0.0007	0.9993	11.653	0.424
30		7.41	0.14	0.14	0.0017	0.9983	11.665	0.635
40		9.88	0.21	0.21	0.0025	0.9975	11.674	0.846
50		12.35	0.38	0.38	0.0046	0.9954	11.698	1.056
60		14.82	0.46	0.46	0.0055	0.9945	11.710	1.267
70		17.29	0.54	0.54	0.0065	0.9935	11.721	1.475
80		19.76	0.65	0.65	0.0078	0.9922	11.736	1.684
90		22.23	0.76	0.76	0.0091	0.9909	11.752	1.892
100		24.70	0.85	0.85	0.0102	0.9898	11.765	2.099
110		27.17	0.95	0.95	0.0114	0.9886	11.779	2.307
120		29.64	1.00	1.00	0.0120	0.9880	11.786	2.515
130		32.11	1.18	1.18	0.0141	0.9859	11.812	2.718
140		34.58	1.25	1.25	0.0150	0.9850	11.822	2.925
150		37.05	1.40	1.40	0.0168	0.9832	11.844	3.128
160		39.52	1.47	1.47	0.0176	0.9824	11.854	3.334
170		41.99	1.65	1.65	0.0198	0.9802	11.880	3.535
180		44.46	1.75	1.75	0.0210	0.9790	11.894	3.738
190		46.93	1.83	1.83	0.0219	0.9781	11.906	3.942
200		49.20	2.00	2.00	0.0240	0.9760	11.931	4.124
210		51.87	2.25	2.25	0.0269	0.9731	11.967	4.334
220		54.34	2.38	2.38	0.0285	0.9715	11.987	4.533
230		56.81	2.55	2.55	0.0305	0.9695	12.012	4.730
240		59.28	2.70	2.70	0.0323	0.9677	12.034	4.926
250		61.75	2.90	2.90	0.0347	0.9653	12.064	5.119
260		64.22	3.10	3.10	0.0371	0.9629	12.094	5.310
270		66.69	3.50	3.50	0.0417	0.9581	12.154	5.487

OBSERVACIONES CAMARA # 1 CONFINAMIENTO 4.0 KG.

PRUEBA DE COMPRESION TRIAXIAL

50.

UBICACION: VILLA VERDE, CANANEA, SON.

FECHA DE ENSAYO: _____

OBRA: BORDO S.A.R.H. SONDEO: SUR NO. 4

OPERADOR: ILH.

MUESTRA: 4-1 PROF: 1.00 - 2.00

CALCULO: JIZM. IRZ.ARC.

DESCRIPCION: Arcilla limosa café, arenosa, manchada de café oscuro, en partes, con raices y blandas.

OBSERVACIONES: con gravillas duras y blandas.

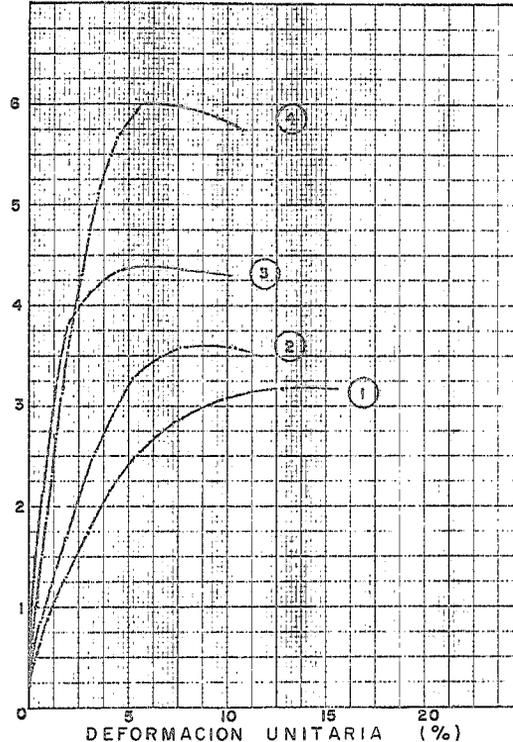
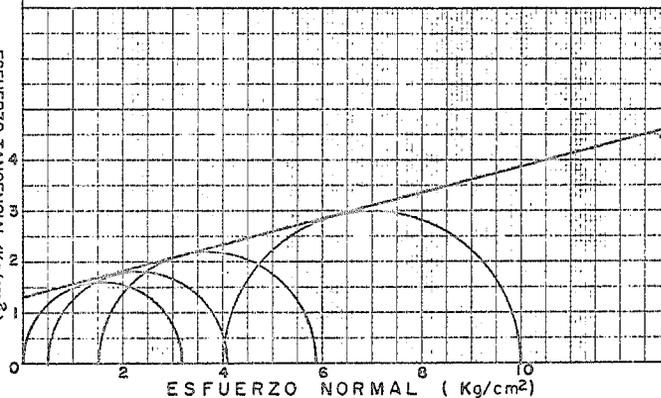


PRUEBA	w_i	w_f	e_i	e_f	G_i	G_f	σ_3	$\sigma_1 - \sigma_3$	e
1	15.29		0.478		84.7		0.00	3.172	
2	16.80		0.494		90.3		0.500	3.600	
3	15.70		0.455		91.5		1.500	4.385	
4	14.69		0.455		85.5		4.000	6.000	
Promedio	15.6		0.471		88.0				

PROCTOR		PESOS VOLUMETRICOS		$\psi = 14.2$
w_p	ρ_s	INICIALES	FINALES	
$w_p = 17.97$	$\rho_s = 1797$ kg/m ³	$\rho_s = 1800$		$C = 13.0$
$e = 0.474$				
$w = 16.2$ %	$\rho_H = 2081$ Kg/m ³			t/m^2
$w_L = 26.2$ %	$\rho_{sat} = 2.120$ Kg/m ³			
$S_s = 2.648$	$\%C = 100.2$			

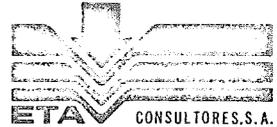
T.R.H.N. T.R.C. T.R.S. T.R.S.C.

ESFUERZO TANGENCIAL (Kg/cm²)



ESFUERZO DESVIADOR $\sigma_1 - \sigma_3$ (Kg/cm²)

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS



54.

HOJA No. 1
 PROYECTO 06-77070-VILLA VERDE
 POZO No. SM-4
 MUESTRA 1-3-4
 PROFUNDIDAD 1.00-2.00 Mt.
 OPERADOR I.L.H.

FECHA _____
 PRUEBA DE COMPRESION SIMPLE
 ALTURA MUESTRA 8.0 cm $D = 3.951$
 AREA DE LA MUESTRA 11.645 cm² $\pi D = 12.1$
 ANILLO No. _____ MICR. VERTICAL _____

DESCRIPCION DE LA MUESTRA Arcilla limosa-café poco arenosa manchada de café oscuro con gravillas duras y blandas con cavernas semicompacta

TIPO DE PRUEBA			MUESTRA:	NATURAL	SATURADO
RECIPIENTE	43		Peso (gr.)	191.3	
PESO MUESTRA HUMEDA + TARA	222.93	191.3	Volumen(cm ³)	93.12	
PESO MUESTRA SECA + TARA	192.8		σ _H (T/m ³)	2.054	
PESO DEL AGUA	30.13	25.02	σ _d (+/m ³)	1.785	
PESO DE RECIPIENTE	26.52				
PESO DE SÓLIDOS SECOS	166.28	166.28			
CONTENIDO DE AGUA w %	18.1	15.0			

LECT. ANILLO	DEF. ANILLO	CARGA	LECT. MICR.	DEFOR.	S	1-S	AREA CORREG.	ESF. K/cm ²
0			000	0.00	0.0000	1.0000	11.645	
10		2.47	013	0.13	0.0016	0.9984	11.664	.212
20		4.94	16	0.16	0.0020	0.9980	11.668	.423
30		7.41	18	0.18	0.0023	0.9977	11.672	.635
40		9.88	21	0.21	0.0026	0.9974	11.675	.847
50		12.35	25	0.25	0.0031	0.9969	11.681	1.057
60		14.82	30	0.30	0.0038	0.9962	11.689	1.268
70		17.29	38	0.38	0.0048	0.9952	11.701	1.478
80		19.76	49	0.49	0.0061	0.9939	11.716	1.687
90		22.23	63	0.63	0.0079	0.9921	11.738	1.893
95		23.465	78	0.78	0.0098	0.9902	11.760	2.099
100		24.70	90	0.90	0.0113	0.9887	11.778	2.097
105		25.935	115	1.15	0.0144	0.9856	11.815	2.195
110		27.17	135	1.35	0.0169	0.9831	11.845	2.294
115		28.405	157	1.57	0.0196	0.9804	11.878	2.391
120		29.64	184	1.84	0.0230	0.9770	11.919	2.403
125		30.875	229	2.29	0.0286	0.9714	11.988	2.575
130		32.11	250	2.50	0.0313	0.9687	12.021	2.671
135		33.345	280	2.80	0.0350	0.9650	12.067	2.763
140		34.58	375	3.75	0.0469	0.9531	12.218	3.806
145		35.81	425	4.25	0.0531	0.9469	12.298	2.912
150		37.05	455	4.55	0.0569	0.9431	12.348	3.000
155		38.28	525	5.25	0.0656	0.9344	12.463	3.071
160		39.52	570	5.70	0.0713	0.9287	12.539	3.152
165		40.75	850	8.50	0.1063	0.8937	13.030	3.127
170		41.99	930	9.30	0.1163	0.8837	13.178	3.186
170		41.99	1200	12.00	0.1500	0.8500	13.700	3.065

OBSERVACIONES CAMARA # 4 (SATURADA)
 CONFINAMIENTO 4.0 kg.

PRUEBA DE COMPRESION TRIAXIAL

55.

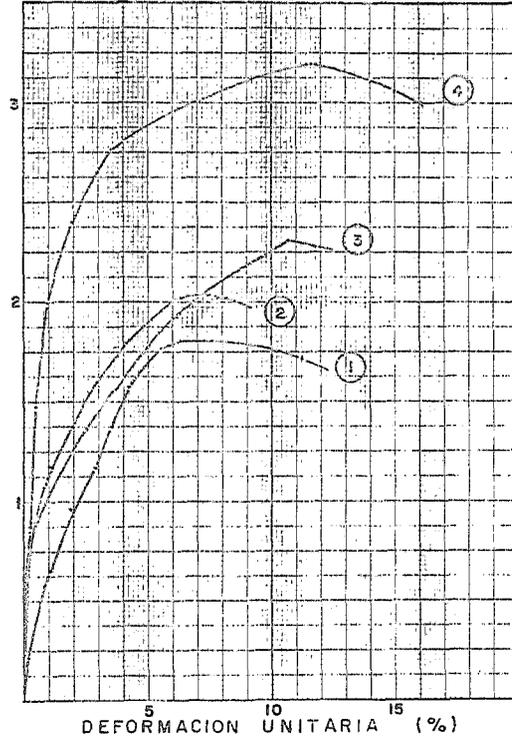
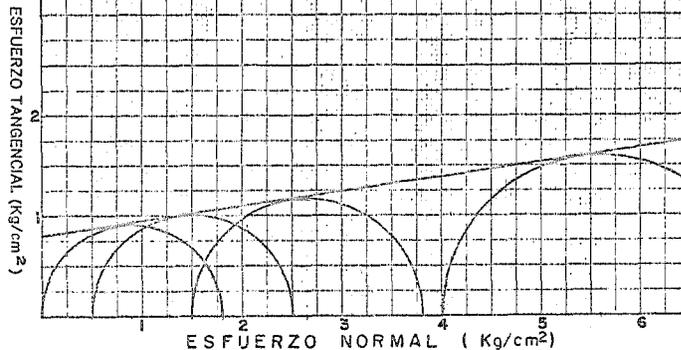
UBICACION: VILLA VERDE, CANANEA, SON. FECHA DE ENSAYO: _____
 OBRA: BORDO S.A.R.H. SONDEO SUR NO.4 OPERADOR ILH
 MUESTRA: 4-1 PROF: 1.00-2.00 CALCULO ARC, IRZ, JZM.
 DESCRIPCION: Arcilla Limo arenosa, café manchada OBSERVACIONES Con gravillas duras y
de café oscuro, con cavernas semicompactas blandas



PRUEBA	ω_i	ω_f	e_i	e_f	G_i	G_f	σ_3	$\sigma_1 - \sigma_3$	e
1	17.3	18.8	0.509	0.511	90.1	97.3	0.0	1.808	
2	17.0	19.3	0.522	0.527	86.2	97.0	0.5	2.034	
3	16.7	19.6	0.525	0.532	84.4	97.5	1.5	2.312	
4	15.0	18.1	0.483	0.490	82.5	98.0	4.0	3.200	
Promedio	16.5	19.0	0.510	0.515	85.8	97.5			

PROCTOR		PESOS VOLUMETRICOS		$\psi = 8.5^\circ$	$C = 7.9$ t/m ²
ω^A	ω^B	INICIALES	FINALES		
$\omega^A = 17.97$	$\omega^B = 0.474$	ω_s 1754	1748 Kg/m ³		
$\omega^C = 16.2$	$\omega^D = 0.474$	ω_s 2043	2080 Kg/m ³		
$\omega^E = 16.7$	$\omega^F = 0.474$	ω_s 2091	2088 Kg/m ³		
$S_s = 2.648$	$\omega^G = 0.474$	$\omega^H = 97.6$	97.3		

○ T.R. ○ T.R.C. ● T.R.S. ○ T.R.S.C.



ESFUERZO DESVIADOR $\sigma_1 - \sigma_3$ (Kg/cm²)

c) PERMEABILIDAD.

Es importante conocer la permeabilidad del vaso, bordo y cimentación, es tal su importancia que fue el motivo de que se revisará el Bordo, ya que se observó acumulación de agua en el pie del talud aguas abajo, esto nos reafirma la existencia de filtraciones por el bordo o por la cimentación. Tales filtraciones si deben tratarse de reducir para evitar que signifique un peligro potencial para la obra.

c.1) PERMEABILIDAD EN EL VASO.

Debido a que el bordo ha registrado varias veces su nivel de agua máximas extraordinario (NAME), sin que llegaran a tenerse problemas de filtraciones importantes o pérdidas de agua a través de fallas o grietas del vaso, es factible suponer que no existe problemas por éste concepto, a diferencia de los casos de posibles infiltraciones por bordo y cimentación.

c.2) PERMEABILIDAD EN EL BORDO Y CIMENTACION.

De los estudios de Mecánica de Suelos que se realizaron previas a la construcción de los bordos hechos por la S. A. G. (SECRETARIA DE AGRICULTURA Y GANADERIA), en los materiales que posteriormente constituyeran bordo y cimentación se tienen pruebas de permeabilidad que se utilizaran para los cálculos de los gastos de filtración.

Las pruebas de permeabilidad referidas se pueden observar en los siguientes registros de laboratorio, de los cuales obtuvimos la permeabilidad de la cimentación y del Bordo.

Para la Cimentación $K = 4.7 \times 10^{-5}$ cm/seg.

Para el Bordo. $K = 4.5 \times 10^{-5}$ cm/seg.

...

DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS Y PROYECTOS
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
PERMEABILIDAD

Fecha 8-V-62 Pozo No. 1 0+500
 Procedencia VILLA VERDE, SON. Muestra _____
 Notas _____

Altura de la Muestra $L =$ _____ Diametros _____ cm
 Temperatura $T =$ _____ $d m 1 =$ _____ cm _____ cm
 Area Transversal de _____ $d m 2 =$ _____ cm _____ cm
 la muestra $A =$ _____ $d m 3 =$ _____ cm _____ cm
 $\frac{U_T}{U_{20}} =$ _____ $DM =$ _____ cm

CARGA CONSTANTE

No. de Prueba	Volumen Cm^3	Tiempo Seg.	Gasto cm^3/s .
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			

Carga Total $H =$ _____ cm

$$K_T = \frac{aL}{AH} = \text{_____}$$

$$K_{20} = K_T \frac{U}{U_{20}} = \text{_____}$$

CARGA VARIABLE

No. de Prueba	H_0 m	H_1 m	Tiempo min
1			3.10
2			3.17
3			3.22
4		prom =	3.16
5			
6			

Area de Tubo $a =$ _____ cm^2

$$K_T = 2.3 \frac{aL}{ATi} \log \left(\frac{H_0}{H_1} \right) = \frac{1.36 \times 10^{-3}}{3.16}$$

$$K_T = \frac{4.3 \times 10^{-4}}{\text{_____}}$$

$$K_{20} = K_T \frac{U_T}{U_{20}} = \text{_____}$$

$$K_T = \text{_____}$$

$$K_{20} = K_T \frac{U_T}{U_{20}} = \text{_____}$$

DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS Y PROYECTOS
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
PERMEABILIDAD

Fecha 2-III-62 Pozo No. 2 0+440 BORDO
 Procedencia VILLA VERDE, SON Muestra INALTERADA
 Notas _____

Alfura de la Muestra $L =$ _____ cm
 Temperatura $T =$ 27 °
 Area Transversal de la muestra $A =$ _____ cm
 $\frac{U_T}{U_{20}} =$ 0.85
 Diametros _____ cm
 $dm_1 =$ _____ cm
 $dm_2 =$ _____ cm
 $dm_3 =$ _____ cm
 $DM =$ _____ cm

CARGA CONSTANTE

No. de Prueba	Volumén Cm^3	Tiempo $Seg.$	Gasto $cm^3/s.$
1	38.0	12 x 60	0.052
2	74.0	24.5x60	0.050
3			0.051
4			
5			
6			
7			
8			

Carga Total $H =$ _____ cm

$$K_T = \frac{qL}{AH} = \frac{5.6 \times 10^{-5}}{}$$

$$K_{20} = K_T \frac{U}{U_{20}} = \frac{4.8 \times 10^{-5}}{}$$

CARGA VARIABLE

No. de Prueba	H_0 m	H_1 m	Tiempo min
1	1.582	1.132	2.95
2	1.132	0.632	5.30
3	1.582	1.132	3.00
4	1.132	0.632	5.45
5			
6			

Area de Tubo $a =$ 0.123 cm^2

$$K_T = 2.3 \frac{aL}{AT_1} \text{Log.} \left(\frac{H_0}{H_1} \right) = \frac{5.3 \times 10^{-5}}{}$$

$$4.5 \times 10^{-5} \text{ Km/seg.}$$

$K_T =$ _____

$$K_{20} = K_T \frac{U_T}{U_{20}} =$$

$K_T =$ _____

$$K_{20} = K_T \frac{U_T}{U_{20}} =$$

DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS Y PROYECTOS
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
PERMEABILIDAD

Fecha 26-I-62
Procedencia VILLA VERDE, SON.
Notas _____

Pozo Eje 0+980 CIMENTACION.
Muestra INALTERADA

Altura de la Muestra $L =$ 6.75 Diámetros 6.19 cm
Temperatura $T =$ 21.2 °C $d_{m1} =$ _____ cm _____ cm
Area Transversal de _____ $d_{m2} =$ _____ cm _____ cm
la muestra $A =$ 30.09 $d_{m3} =$ _____ cm _____ cm
 $\frac{U_T}{U_{20}} =$ _____ $DM =$ _____ cm

CARGA CONSTANTE

No. de Prueba	Volumen Cm^3	Tiempo Seg.	Gasto cm^3/s
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			

Carga Total $H =$ _____ cm

$$K_T = \frac{qL}{AH} = \text{_____}$$

$$K_{20} = K_T \frac{U}{U_{20}} = \text{_____}$$

CARGA VARIABLE

No. de Prueba	H_0 m	H_1 m	Tiempo min
1	161.9	116.9	3.15
2	116.9	66.85	5.15
3			1.70
4			2.90
5			3.15
6			5.15
			6.65

Area de Tubo $a =$ 0.123 cm^2

$$K_T = 2.3 \frac{aL}{AT_1} \text{Log.} \left(\frac{H_0}{H_1} \right) = \frac{4.7 \times 10^{-5}}{\text{_____}}$$

$$K_T = \frac{0.000047}{\text{_____}} = 4.7 \times 10^{-5}$$

$$K_{20} = K_T \frac{U_T}{U_{20}} = \frac{4.7 \times 10^{-5} \times 0.967}{1} = \frac{4.5 \times 10^{-5}}{10^{-5}}$$

$$K_T = \frac{4.7 \times 10^{-5}}{\text{_____}}$$

$$K_{20} = K_T \frac{U_T}{U_{20}} = \frac{4.5 \times 10^{-5}}{\text{_____}}$$

RESUMEN DE ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS

La información obtenida de las pruebas de Laboratorio fué resumida en tablas donde se anotaron los valores de las - pruebas de granulometría, límites, densidad de sólidos, proctor, compresión triaxial con humedad natural, compresión triaxial sa turada (inicial y final).

Esto fué hecho tanto para el bordo como para la cimenta - ción en los 13 sondeos que se realizaron. En algunos de ellos - se tuvieron problemas ya que el material estaba demasiado alte - rado, esto sucedió con los sondeos SM-1 (Norte) y SM-6 (Sur), y por tal motivo no se realizaron pruebas de laboratorio en ellos.

De estas tablas se sacaron los valores promedio de los - parametros que se necesitaron para hacer el análisis de estabi - lidad de taludes y deslizamiento en el capítulo III.

A continuación se pueden observar las tablas en que se - resumen las pruebas de laboratorio mencionadas tanto de la cor - tina como de la cimentación.

BORDO	TABLA
SUR	I, II
NORTE	III, IV
CIMENTACION	V.

En la tabla No. VI se pueden observar los promedios generales de cada sondeo tanto del bordo como de la cimentación.

Los valores considerados de las propiedades mecánicas representativas de los materiales relacionados a este trabajo para la revisión del diseño, fueron los siguientes :

En el BORDO NORTE se tomaron los valores del sondeo SM-4,

Para el BORDO SUR el sondeo SM-3 y para cimentación de estos el promedio general respectivo.

Estos valores nos sirvieron para el análisis de la estabilidad por deslizamiento tanto rotacional como traslacional en condiciones de trabajo final, debido a que los bordos se encuentran en funcionamiento, (ver tabla VI).

TABLA VI.

PROMEDIOS.

SM	GRANULOMETRIA LIMITES					TP	Sb	γ_{sec}	W(%)	C (%)	γ_H	γ_{sat}	e	G	\varnothing°	C
	G	A	F	LL	LP											
BORDO NORTE																
2	-	31.3	68.7	31.7	16.1	15.6	CL	1644	21.5	90.7	1992	2037	0.608	92.9	2.1	6.2
3	-	23.5	76.5	36.8	15.9	21.0	CL	1703	18.4	89.1	1982	2063	0.553	87.6	4.1	5.7
4	-	25.8	74.2	35.6	16.4	19.2	CL	1654 _A	21.4	90.3	1987	2051	0.640	90.2	3.3	6.7
5	-	28.6	71.4	34.4	15.9	18.6	CL	1683	20.5	92.0	1984	2042	0.593	92.7	3.7	5.7
6	-	28.5	71.5	34.4	16.8	17.7	CL	1686	20.3	91.4	2000	2067	0.608	89.9	2.7	6.9
7	-	33.5	66.5	31.0	14.1	16.9	CL	1689	20.7	88.4	2010	2073	0.634	90.6	2.9	5.9
CIMENTACION																
TOT	PROMEDIO							1782	19.12	95.66	2116	2112	0.598	98.31	3.55	5.92
BORDO SUR																
1	-	18.6	81.4	43.3	12.9	30.5	CL	1770	15.2	96.5	2039	2083	0.456	92.5	8.8	12.1
2	-	11.3	88.7	46.1	17.9	28.3	CL	1587	22.6	93.0	1946	1986	0.673	89.2	3.85	7.03
3	-	14.2	85.8	44.8	19.2	25.6	CL	1604	22.6	93.1	1965	2010	0.666	88.9	4.9	9.28
4	-	19.5	80.5	43.0	17.8	25.4	CL	1703	19.7	96.4	2019	2060	0.560	88.4	5.7	9.2
5	-	10.8	80.2	40.6	16.7	23.9	CL	1598	22.4	91.7	1956	2001	0.644	89.3	2.5	7.6
CIMENTACION																
TOT	PROMEDIO							1700	22.50	95.9	2039	2037	0.574	90.3	8.46	6.0

C A P I T U L O I I I

REVISION DEL DISEÑO

Con base en los resultados obtenidos de las pruebas de laboratorio y los parametros definidos como representativos de los materiales involucrados por este trabajo, se procedió a la revisión del diseño, con objeto de conocer en que condiciones de funcionamiento y estabilidad se encuentran los bordos, en cuestión. Para que de acuerdo con los resultados de dicha revisión plantear las soluciones y recomendaciones que se juzgaron convenientemente y con ello corregir la deficiencia hallada en cada caso.

La revisión realizada abarca en general los siguientes puntos :

- a) Permeabilidad del vaso
- b) Flujo de agua
 - b.1) En la cimentación.
 - b.2) En la cortina.
 - b.3.) Tubificación.

c) Análisis de Estabilidad del Bordo

c.1) Taludes y Cimentación

c.2) Deslizamiento

a) Permeabilidad del Vaso

En este caso debido a que no se pudo contar, con datos de la permeabilidad de la formación que constituye el vaso, se supuso en base a los materiales existentes en la boquilla, constituidos por roca no fisurada subyaciendo a estratos de arcilla plástica y arcilla limoarenosa los cuales son poco permeables se estimó que no se tendrán problemas de filtración por el lecho del vaso.

b) Flujo de Agua

Para determinar la trayectoria del flujo, y el gradiente hidráulico en cualquier punto tanto de los bordos como de la cimentación, se recurrió al método gráfico de la solución de Laplace, a través del trazo de la red de flujo.

Esta solución nos permitió conocer lo siguiente :

1) Gastos de agua que fluyen a través del cuerpo del bordo o de su cimentación. $Q = K H \cdot \frac{nf}{ng} \frac{a}{b}$

2) Presión ejercida por el agua en cualquier punto de la red. $u = \gamma_w H$

3) Gradiente hidráulico a la salida de las filtraciones.

$$i_a = \frac{H}{ne}$$

TRAZO DE LA LINEA SUPERIOR DE FLUJO

En el procedimiento para obtener el trazo de la Línea superior de flujo se siguió el método de Casagrande el cual está basado en los estudios hechos por KOSENY en el que se considera que las filtraciones siguen un flujo bidimensional y que la masa de suelo es homogénea, isóstropa, semi-infinita y apoyada sobre una superficie impermeable como base horizontal, la cuál se interrumpe a partir de un punto dado en una base permeable, por donde el agua puede salir libremente. La línea superior de flujo se puede trazar con la ecuación de la parábola de KOSENY, la cuál no se cumple solo en la parte superior cerca del embalse, (ver figuras 3.1 y 3.2), - quedando referida la ecuación a un sistema de ejes coordenados con origen en el foco "O".

Las conclusiones a la que se llegó en esta solución es que una vez obtenidas la línea superior de flujo se procede al trazo de la red de flujo en las que las familias de líneas de flujo y equipotenciales son dos familias de parábolas del mismo foco.

. . . .

Esta ecuación es :

$$X = \frac{Y^2 - Y_0^2}{2Y_0} \quad \text{-----} \quad (3.2)$$

En donde :

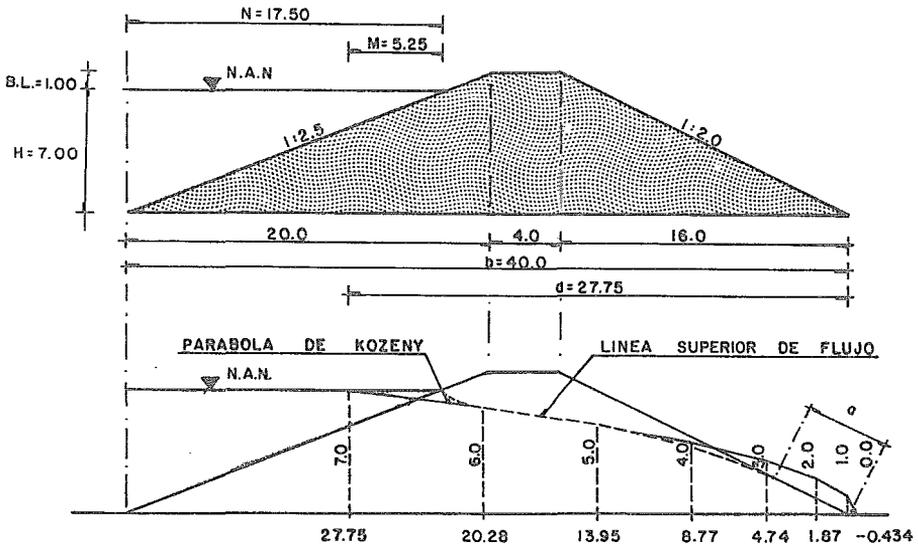
$$Y_0 = \sqrt{h^2 + d^2} - d \quad \text{-----} \quad (3.3)$$

$$d = S_0 - \sqrt{S_0^2 - h^2 / \text{sen}^2 \alpha}$$

$$S_0 = \sqrt{d^2 + h^2}$$

Como se puede observar en las figuras (3.1) y (3.2) del Bordo Sur y Bordo Norte respectivamente, se tabulan los valores "X" con respecto a "Y" y posteriormente los graficamos en la sección transversal del bordo mostrada.

TRAZO LINEA SUPERIOR DE FLUJO (BORDO SUR)



DATOS : $\text{Tan } \theta = 1/2 \Rightarrow \theta = 26.565^\circ$
 $N = 17.50 \text{ m}$
 $M = 0.3N = 5.25 \text{ m}$
 $d = b - 0.7N = 27.75 \text{ m}$

X	Y
27.75	7.0
20.28	6.0
13.95	5.0
8.77	4.0
4.74	3.0
1.87	2.0
0.14	1.0
-0.434	0.0

Según la Ecuación de la Parábola de Kozeny

$$Y_0 = \sqrt{H^2 + d^2} - d = 0.869$$

Sustituyendo en :

$$X = \frac{Y^2 - Y_0^2}{2Y_0} \Rightarrow X = \frac{Y^2 - 0.755}{1.738}$$

$$S_0 = \sqrt{d^2 + H^2} = 28.619$$

$$a = S_0 - \sqrt{S_0^2 - H^2 / \text{Sen}^2 \theta} = 4.659$$

$$Y = a \text{ Sen } \theta = 2.084$$

ENEPA ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS
UNOM PROFESIONALES ACATLAN
 ingeniería civil

LINEA SUPERIOR DE FLUJO (BORDO SUR)

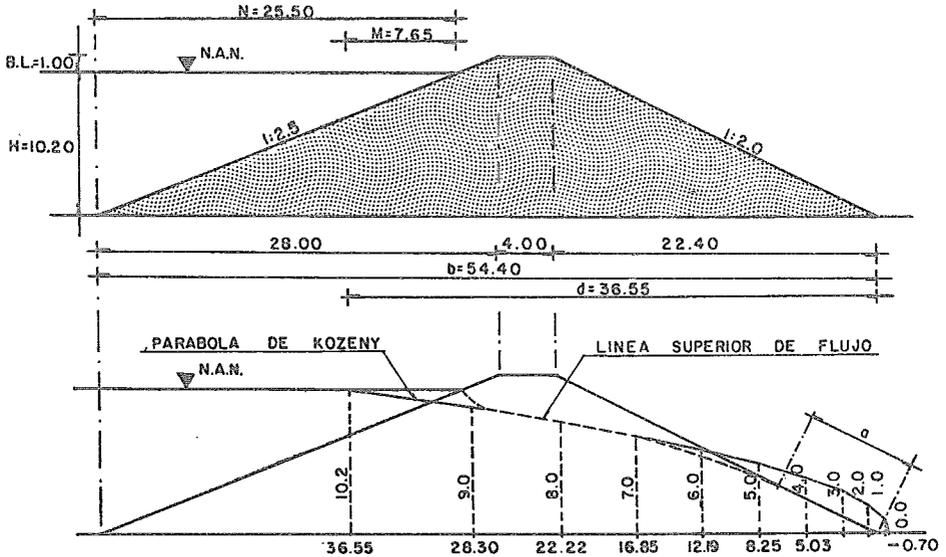
TESIS PROFESIONAL

Alejandro Romo Cifuentes
 Ignacio Rocha Zamora
 José Jorge Zapote Martínez

ACATLAN, Edo. Mex. 1979

Figura No. 3.1

TRAZO LINEA SUPERIOR DE FLUJO (BORDO NORTE)



DATOS : $\tan \theta = 1/2 \implies \theta = 26.565^\circ$

$$N = 25.50 \text{ m}$$

$$M = 0.3N = 7.65 \text{ m}$$

$$d = b - 0.7N = 36.55 \text{ m}$$

Según la Ecuación de la Parábola de Kozeny

$$Y_0 = \sqrt{H^2 + d^2} - d = 1.3966$$

Sustituyendo en :

$$X = \frac{Y^2 - Y_0^2}{2Y_0} \implies X = \frac{Y^2 - 1.95}{2.793}$$

$$S_0 = \sqrt{d^2 + H^2} = 37.947$$

$$a = S_0 - \sqrt{S_0^2 - H^2 / \text{Sen}^2 \theta} = 7.619$$

$$Y = a \text{ Sen } \theta = 3.407$$

X	Y
36.55	10.20
28.30	9.00
22.22	8.00
16.85	7.00
12.19	6.00
8.25	5.00
5.03	4.00
2.52	3.00
0.734	2.00
-0.34	1.00
-0.70	0.00

ENEPA
UNAM

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS
PROFESIONALES ACATLAN
Ingeniería civil

**LINEA SUPERIOR DE FLUJO
(BORDO NORTE)**

TESIS PROFESIONAL

Alejandro Romo Cifuentes
Ignacio Rocha Zamora
José Jorge Zapote Martínez

ACATLAN, Edo.Mex. 1979

Figura No 3.2

DESCRIPCION DEL METODO

La hipótesis adoptadas para la solución en forma gráfica de la ecuación de Laplace fueron :

- 1a. Se considero que el material es homogéneo e isotropo y que el flujo es laminar, de acuerdo con la Ley de Darcy.
- 2a. Que las líneas de flujo y las equipotenciales son ortogonales entre si (satisfacen las condiciones de frontera y la ecuación de Laplace).
- 3a. Que todos los tubos de flujo definidos, tienen el mismo gasto ($K \times \Delta h$) ; en donde " Δh " es la caída de potencial entre dos líneas equipotenciales contiguas cualesquiera y " K " es el coeficiente de permeabilidad del material.
- 4a. Que la caída de potencial " Δh " entre líneas equipotenciales es constante.
- 5a. Que la caída de potencial " Δh " entre líneas equipotenciales es igual a la caída total " H_t " dividida entre el número de caídas " N_p "; y
- 6a. Que el gasto de la red de flujo es igual al gasto de un tubo de flujo ($K \times \Delta h$) multiplicado por el número de tubos " N_f ".

. . .

Debido a que las propiedades mecánicas que presenta el material del bordo y cimentación corresponden a un material - anisotrópico, se efectuó la transformación de uno de los ejes coordenados. La escala de transformación " λ " se obtuvo de la siguiente manera :

$$\lambda = \sqrt{\frac{K_y}{K_x}} \quad (3.1)$$

Donde : K_x = es la permeabilidad en el sentido horizontal.

K_y = es la permeabilidad en el sentido vertical.

En este procedimiento consideramos reducir la geometría del problema, multiplicando las dimensiones horizontales por - " λ " y trazar la red de flujo con la nueva geometría, utilizando los teoremas indicados para solucionar gráficamente la ecuación de Laplace.

La geometría de la red de flujo que se obtuvo con el - procedimiento anterior se referirá al sistema real multiplicado las abscisas del sistema transformado por $1/\lambda$.
(ver plano 3.p.1).

La escala de transformación fué :

$$\lambda = \frac{X'}{X}$$

$$\therefore X = \frac{X'}{\lambda}$$

...

La red de flujo en material homogéneo (transformado)
 fué :

$$K_{xt} = \longrightarrow \quad K_{yt} = \longrightarrow$$

$$\longrightarrow \sqrt{K_x \cdot K_y} \quad \text{si} \quad K_y = 1 ; K_x = 4$$

Sustituyendo en la ecuacion (3.1).

$$\lambda = \sqrt{\frac{K_y}{K_x}} = \sqrt{1/4} = 0.5$$

$$\lambda = 0.5$$

Cálculo del Gasto de Infiltración.

En la obtención de los gastos de filtración tanto del -
bordo como de la cimentación, se procedió de la siguiente manera:
del perfil topográfico (ver fig. No. 3.2 A) se trazaron seccio -
nes transversales a determinadas distancias, cortes 1-1,2-2,3-3,-
4-4,5-5,6-6, colocandoles sus respectivas longitudes tributarias
(L_4) de cada sección, posteriormente se dibujaron las secciones-
transversales de los cortes (ver fig. No. 3.2B) en la que se tra
zo su correspondiente red de flujo y sus dimensiones geométricas
con lo que se cálculo sus respectivos gastos de filtración por me
tro y por consecuencia el gasto total de infiltración, que fué la
suma de los gastos parciales de cada sección.

b.1) Gasto de filtración por la cimentación.

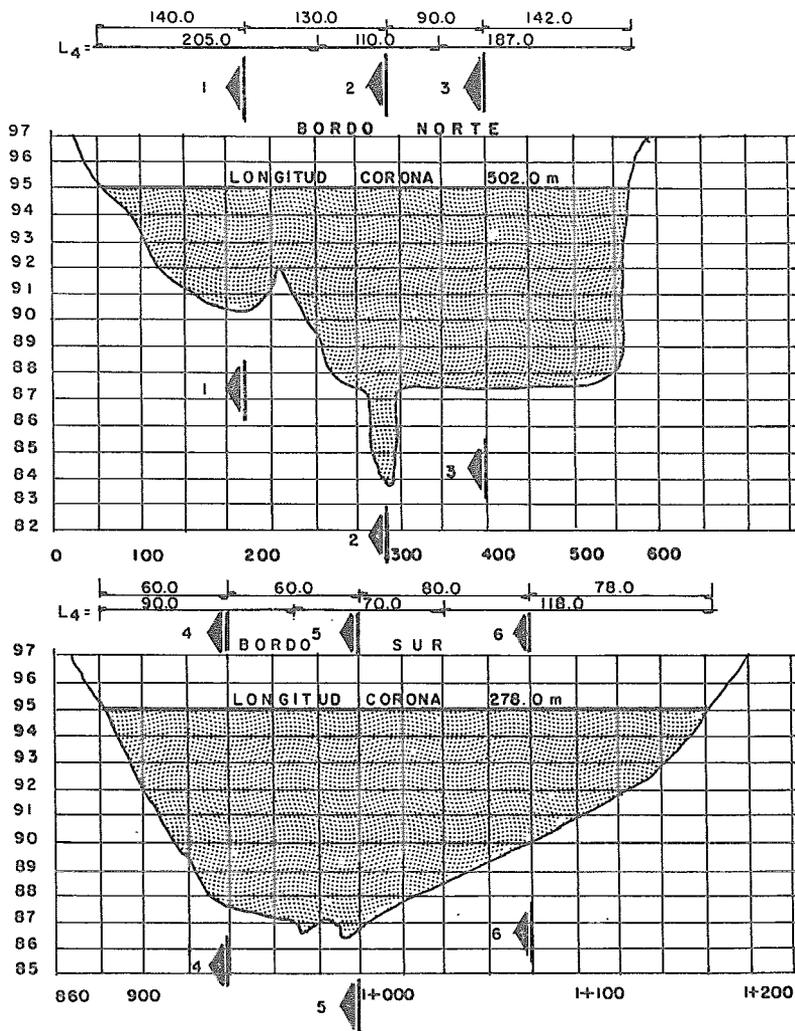
En el cálculo del gasto de filtración por la cimentación, -
se obtuvo por dos procedimientos : por la fórmula de DARCY y la -
red de flujo que a continuación se describen.

Por la fórmula de DARCY :

En la fórmula de DARCY; los parámetros que se toman en --
cuenta para el cálculo del gasto de infiltración son: la permea -
bilidad del suelo, el gradiente hidráulico y el área de la sección
del estrato expuesto al flujo, el gasto será :

Donde :

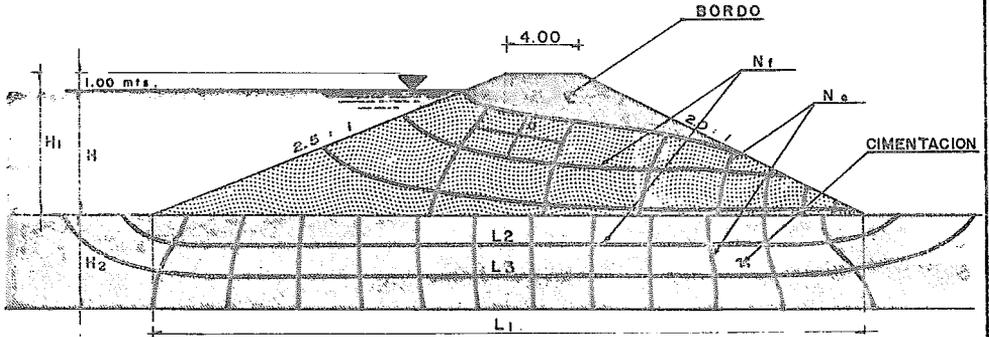
$$q = K i A$$



ENEPA ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS
UNAM PROFESIONALES, ACATLAN
 Ingeniería civil

PERFILES TOPOGRAFICOS

TESIS PROFESIONAL
 Alejandro Romo Cifuentes
 Ignacio Rocha Zamora
 José Jorge Zapote Martínez



DE FORMULA DE DARCY :

$$q = KIA$$

POR LA RED DE FLUJO

$$q = KH \frac{N_f}{N_e} \cdot \frac{a}{b}$$

Donde :

q = gasto de infiltración en $m^3/seg/m$

K = coeficiente de permeabilidad en m/seg

N_f = número de líneas de flujo

N_e = número de equipotenciales

a/b = relación de las características de la red de flujo

A = área en un metro de ancho

$$A = H_2 \times 1.0 \quad \text{en } m^2$$

i = gradiente hidráulico

$$i = \frac{H}{L}$$

ENEPA
UNDM

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS
PROFESIONALES ACATLAN
ingeniería civil

GASTOS DE INFILTRACION

TESIS PROFESIONAL

Alejandro Romo Cifuentes
Ignacio Rocho Zamora
José Jorge Zapote Martínez

ACATLAN, Edo. Méx. 1979

fig. No. 3.2.B.

- q = gasto de infiltración promedio por metro lineal en la sección analizada (m³/seg/m)
 k = coeficiente de permeabilidad del material que compone el estrato (m/seg)
 i = gradiente hidráulico
 $i = \frac{H}{L}$
 H = Altura del agua (m)
 L = Longitud de la línea de flujo considerada (m)
 A = área de la sección del estrato expuesto al flujo (m²)
 $A = H^2 \times 1.00 \text{ m} \text{ (m}^2\text{)}$
 H^2 = Espesor del estrato expuesto al flujo (m)

Por medio de la Red de Flujo.

Por la red de flujo el gasto de infiltración se puede obtener con la siguiente fórmula :

$$q = K. H \frac{N_f}{N_e} \frac{a}{b}$$

Donde :

- q = Gasto de infiltración del agua por metro lineal (m³/seg/m)
 k = Coeficiente de permeabilidad del material que componen el estrato (m/seg).
 H = Altura del agua (m)
 N_f = Número de líneas de flujo de la red trazada.
 $\frac{a}{b}$ = Relación que existe según las características de la red de flujo analizada.
 N_e = Número de equipotenciales de la red trazada.

El coeficiente de permeabilidad tomado para la cimentación fué de $K = 4.7 \times 10^{-7}$ m/seg.

Para facilitar el análisis se elaboró una tabla para calcular los gastos de filtración, tomando en cuenta los elementos obtenidos de cada sección transversal, según los cortes (ver fig. No. 3.2A), enseguida se describe el procedimiento con el que se obtuvo cada elemento que interviene en el cálculo del gasto de filtración en la cimentación por columna (ver fig. No. 3.2B).

Columna No. 1 - H1

H_1 = Altura total del bordo según la sección analizada en metros.

Columna No. 2 - H2

H_2 = Espesor del estrato de la cimentación según la sección analizada en metros.

Columna No. 3 - H

H = Altura total del agua según la sección analizada en metros

Columna No. 4 - L1

L_1 = Longitud total de la sección total analizada en metros.

Columna No. 5 - L2

L_2 = Longitud total de la línea de flujo en metros.

Columna No. 6 - L3

L_3 = Longitud total de la línea de flujo en metros.

Columna No. 7 - i_2

$$i_2 = \frac{H}{L_2}$$

i_2 = gradiente hidráulico

Columna No. 8 - i_3

$$i_3 = \frac{H}{L_3}$$

i_3 = gradiente hidráulico.

Columna No. 9 - $i_{\text{prom}} = \frac{L_2 + L_3}{2}$

i_{prom} = gradiente hidráulico promedio

Columna No. 10 - A

A = $H_2 \times 1.00$

A = Área de la sección del estrato expuesto al flujo
en metros cuadrados.

Columna No. 11 - K

K = Coeficiente de permeabilidad del material que componen el estrato en metros por segundo.

Columna No. 12 - Nf

Nf = Número de líneas de flujo según la red trazada

Columna No. 13 - Ne

Ne = Número de equipotenciales según la red de flujo trazada.

Columna No. 14 - a

a = Característica de la red de flujo trazada

Columna No. 15 - b

b = Característica de la red de flujo trazada.

Columna No. 16 - q prom.

q prom = k i prom A

q prom = Gastos de filtración promedio obtenido con la fórmula de DARCY en metros cúbicos por segundo por metro.

Columna No. 17 - q

q = Gastos de filtración obtenido con la red de flujo en metros cúbicos por segundo por metro.

$$q = K. H. \frac{Nf}{Ne} \frac{a}{b}$$

Columna No. 18 - L_4

L_4 = Longitud tributaria obtenida de los perfiles topográficos según las cotas indicadas en metros.

Columna No. 19 - Q t1

Qt1 = q x L_4

Qt1 = Gastos de filtración total por medio de fórmula de DARCY en metros cúbicos por segundo.

QT2= Gasto de filtración obtenido con la red de flujo
en metros cúbicos por segundo.

$$QT2 = q_2 \times L_4$$

...

C I M E N T A C I O N

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SECC BORDO	H1	H2	H	L1	L2	L3	i2	i3	i prom	A
N 1	4.20	5.00	3.20	22.9	25.8	36.0	0.124	0.089	0.107	5.00
N 2	11.20	5.00	10.20	54.4	57.30	67.5	0.178	0.151	0.165	5.00
N 3	7.70	5.00	6.70	38.65	41.55	51.75	0.161	0.129	0.145	5.00
S 4	7.30	5.00	6.30	36.85	39.75	49.95	0.158	0.126	0.142	5.00
S 5	8.50	5.00	7.50	42.25	45.15	55.35	0.166	0.136	0.151	5.00
S 6	4.8	5.00	3.8	25.6	28.50	38.70	0.138	0.098	0.116	5.00

	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
SECC BORDO	K	NF	NE	a	b	DARCY q1 prom	R. DE F. q2	L4	QT1	QT2
N 1	4.7 ⁻⁷ x 10 ⁻⁷	3	7	1	2	2.503 x 10 ⁻⁷	3.22 x 10 ⁻⁷	205	5.13 x 10 ⁻⁵	6.601 x 10 ⁻⁵
N 2	"	3	16	1	2	3.86 x 10 ⁻⁷	4.49 x 10 ⁻⁷	110	4.255 x 10 ⁻⁵	4.939 x 10 ⁻⁵
N 3	"	3	12	1	2	3.408 x 10 ⁻⁷	3.94 x 10 ⁻⁷	187	6.372 x 10 ⁻⁵	7.368 x 10 ⁻⁵
S 4	"	3	11	1	2	3.344 x 10 ⁻⁷	4.04 x 10 ⁻⁷	90	3.010 x 10 ⁻⁵	3.636 x 10 ⁻⁵
S 5	"	3	13	1	2	3.544 x 10 ⁻⁷	4.07 x 10 ⁻⁷	70	2.48 x 10 ⁻⁵	2.849 x 10 ⁻⁵
S 6	"	3	8	1	2	2.721 x 10 ⁻⁷	3.35 x 10 ⁻⁷	118	3.211 x 10 ⁻⁵	3.953 x 10 ⁻⁵

b.2) Gasto de Filtración por el Bordo.

La obtención del gasto de filtración por el bordo se -
 cálculo por medio de la red de flujo y se procedio de la misma -
 manera que en el caso de filtración por la cimentación es decir
 que también se elaboro una tabla basandose en las mismas seccio-
 nes trazadas del perfil topográfico (ver fig. No. 3.2A), y en -
 los mismos parametros de cálculo del gasto de infiltración (ver-
 fig. No.3.2B).

El coeficiente de permeabilidad tomado para el bordo fué:

$$K = 4.5 \times 10^{-7} \text{ m/seg.}$$

Descripción del procedimiento con el que se obtuvo cada -
 elemento que intervienen en el cálculo del gasto de filtración en
 el bordo por columna.

Columna No. 1 - H_1

H_1 = Altura total del bordo según sección analizada en me-
 tros.

Columna No. 2 - H

H = Altura total del agua según la sección analizada en -
 metros.

Columna No. 3 - L_1

L_1 = Longitud total transversal de la sección analizada
 metros.

Columna No. 4 - L_4

L_4 = Longitud tributaria obtenida de los perfiles topo -
gráficos según los cortes trazados en metros.

Columna No. 5 - K

K = Coeficiente de permeabilidad del material que compo
nen el bordo en metros por segundo.

Columna No. 6 - Nf

Nf = Número de líneas de flujo según la red trazada - -

Columna No. 7 - Ne

Ne = Número de equipotenciales según la red de flujo tra -
zada.

Columna No. 8 - a

a = Características de la red de flujo trazada.

Columna No. 9 - b

b = Característica de la red de flujo trazada.

Columna No. 10 - q

q = Gasto de filtración obtenida con la red de flujo en
metros cúbicos por segundo por metro.

$$q = K \cdot H \cdot \frac{Nf}{Ne} \cdot \frac{a}{b}$$

Columna No. 11 - Q T

QT = Gasto de filtración total obtenida con la red de -
flujo en metros cúbicos por segundo.

$$Q T = q \times L_4$$

...

B O R D O

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
SECC.											
BORDO	H1	H	L1	L4	K	NF	NE	a	b	α	Ot
N	1 4.20	3.20	22.90	205	4.57x 10 ⁻⁷	1	3	1	2	2.41x 10 ⁻⁷	4.92 x 10 ⁻⁵
N	2 11.20	10.20	54.4	110	"	3	8	1	2	8.606 x 10 ⁻⁷	8.606 x 10 ⁻⁵
N	3 7.70	6.70	38.65	187	"	2	6	1	2	5.025 x 10 ⁻⁷	9.39 x 10 ⁻⁵
S	4 7.30	6.30	36.85	90	"	2	8	1	2	3.544 x 10 ⁻⁷	3.18 x 10 ⁻⁵
S	5 8.50	7.50	42.25	70	"	3	8	1	2	6.328 x 10 ⁻⁷	4.43 x 10 ⁻⁵
S	6 4.80	3.8	25.60	118	"	1	5	1	2	1.71 x 10 ⁻⁷	2.02 x 10 ⁻⁵

Obtención del Gasto Total.

BORDO NORTE :

Cimentación DARCY :

$$Q1 = (5.13 + 4.255 + 6.372) \times 10^{-5} = 1.576 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{seg.}$$

$$Q1 = 4973.5 \text{ m}^3/\text{año.}$$

BORDO.

$$Q2 = (4.92 + 8.606 + 9.39) \times 10^{-5} = 2.29 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{seg.}$$

$$Q2 = 7226.69 \text{ m}^3/\text{año.}$$

$$Q \text{ Total} = Q1 + Q2 = 4973.5 + 7226.69 = 12200.2 \text{ m}^3/\text{año}$$

Cimentación Red de flujo

$$Q1 = (6.601 + 4.939 + 7.368) \times 10^{-5} = 1.891 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{seg.}$$

$$Q1 = 5967.54 \text{ m}^3 / \text{día}$$

BORDO.

$$Q2 = 2.29 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{seg.}$$

$$Q2 = 7226.69 \text{ m}^3 / \text{año}$$

$$Q \text{ Total} = Q1 + Q2 = 5967.5 + 7226.69 =$$

$$Q \text{ Total} = 13194.23 \text{ m}^3/\text{año}$$

BORDO SUR.

Cimentación DARCY, :

$$Q1 = (3.01 + 2.48 + 3.211) \times 10^{-5} = 8.701 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{seg.}$$

$$Q1 = 2745.83 \text{ m}^3/\text{año.}$$

BORDO

$$Q_2 = (3.18+4.43+2.02) \times 10^{-5} = 9.63 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{seg.}$$

$$Q_2 = 3039.00 \text{ m}^3/\text{año}$$

$$Q \text{ TOTAL} = Q_1+Q_2 = 2745.85 + 3039.00=5784.85$$

$$Q \text{ Total} = 5784.85 \text{ m}^3/\text{año}$$

Cimentación Red de flujo.

$$Q_1 = (3.636+2.849+3.753) \times 10^{-5} = 10.438 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{seg.}$$

$$Q_1 = 3\,293.98 \text{ m}^3 / \text{año.}$$

BORDO.

$$Q_2 = 9.63 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{seg.}$$

$$Q_2 = 3039.00 \text{ m}^3/\text{año}$$

$$Q_{\text{Total}} = Q_1+Q_2=3293.98+3039.00=6333.00 \text{ m}^3/\text{año}$$

$$Q \text{ Total} = 6333 \text{ m}^3/\text{año.}$$

Volumen total de almacenamiento de agua en el vaso

$$V=2,478,500 \text{ m}^3$$

Porcentaje total de pérdidas por año en el vaso, .

$$\text{Por DARCY ; } P = \frac{12200 + 5784.85}{2,478,500} = 0.007$$

$$P = 0.7 \% \text{ de pérdidas anuales.}$$

Red de flujo ;

$$P = \frac{13194.19 + 6333.56}{2,478,500} = 0.0079$$

$$P = 0.8 \% \text{ de pérdidas anuales.}$$

. . . .

b.3) Tubificación.

En la revisión del bordo por tubificación se procedió de la siguiente manera :

Después de que se trazó la red de flujo bajo cuales - quiera líneas equipotenciales y de corriente se verificó con la siguiente expresión, tomando en cuenta el desprendimiento de una partícula unitaria y analizando aquellos cuadros de - frontera en donde las longitudes de estos serán completos a - la salida, se tiene que :

$$F_{st} = \frac{2C}{C_t + i} > 3$$

Donde :

F_{st} = Factor de seguridad a tubificación.

C = Cohesión del material impermeable en -
Tons/m².

C_t = Componente tangencial del paso de una partí-
cula de material con volumen unitario en -
Tons.

$$i = \text{Gradiente Hidráulico} = \frac{Ah}{Lc}$$

$$Ah = \frac{H}{Nc}$$

H = Carga total hidráulica en metros

Nc = Número de caídas.

Lc = Longitud total del cuadro de frontera que se analizó en metros.

En el plano (3.p.1) se muestra este método, en el que se calculo el factor de seguridad a la tubificación tanto del bordo como de la cimentación.

$$Fs = \frac{Sat - 1}{i (1+e)}$$

Fs =Factor de seguridad a la tubificación en función del peso volumétrico del material saturado y el gradiente hidráulico.

i =Gradiente hidráulico

e =Relación de vacios del material analizado.

c) Análisis de Estabilidad de Taludes.

Agruparemos bajo este título a los problemas en que está involucrada la resistencia al corte de los materiales de cimentación y el bordo, los cuales reconocen como origen a la construcción de esta obra.

Los métodos de análisis de estabilidad son muy variados, en nuestro caso ya que se tiene un terraplen de sección homogénea la hipótesis de la falla ocurre según una superficie cilíndrica, la cual se hace pasar en nuestro caso, una por el talud y la otra tomando en cuenta tanto el talud como la cimentación.

El otro método que consideramos fué la hipótesis de que la falla ocurre traslacionalmente, es decir que el bordo se desliza sobre un plano horizontal. Este plano de falla lo hacemos variar en este caso uno por la base del bordo y otro en la transición del estrato arcilloso de la cimentación y la roca.

c.1) Taludes y Cimentación.

. . .

Para el análisis de estabilidad de taludes seleccionamos el método de FELLENIUS el cuál esta basado en la hipótesis de una superficie cilíndrica de falla.

Descripción del Método de FELLENIUS o de las dovelas.

En la aplicación de este método es necesario usar secciones transversales del bordo que representan aproximadamente a la sección real de ella, con objeto de contar con una sección transversal media, así como con las propiedades promedio del suelo.

Las consideraciones que se deben utilizar en este método de las dovelas son las siguientes :

- 1a. La superficie de falla es cilíndrica.
- 2a. El prisma se desliza como cuerpo rígido, girando sobre el centro instantáneo de rotación.
- 3a. Cada dovela funciona independientemente de sus vecinas.
- 4a. El valor del factor de seguridad del conjunto de dovelas es el promedio de los valores del mismo en todas las dovelas.

Para obtener el factor de seguridad se adoptan las siguientes hipótesis :

- 5a. Se utiliza una sección transversal para analizarse en dimensiones, es decir no se consideran esfuerzos cortantes normales al plano de la sección. La masa en análisis se considera de espesor unitario.
- 6a. Se considera que la forma de la falla es una superficie continua que pasa por el cuerpo de la cortina y su cimentación. La forma y localización de esta curva se escoge al arbitrio, la que generalmente se usa, es una curva circular, como superficie de falla.
- 7a. La resistencia del suelo al esfuerzo cortante se representa con la Ley de COULOMB.

$$S = C + N \tan \emptyset$$

Donde :

S = Resistencia al corte.

C = Cohesión.

N = Presión efectiva en el plano de falla.

\emptyset = Angulo de fricción interna del material.

Por lo general las cortinas o bordos de tierra están sujetas a fuerzas de filtración y a incrementos de carga que generan presiones de poro cuya magnitud debe cuantificarse y tomarse en cuenta con lo que, la ecuación anterior queda :

$$S = C + (N - U) \tan \emptyset$$

. . . .

Donde :

u = presión de poro .

El análisis de estabilidad se basa en el concepto de que un talud falla inevitablemente si la resultante de la resistencia al cortante en toda la superficie de falla, es menor que la resultante de todas las fuerzas cortantes aplicadas sobre dicha superficie.

El análisis completo requiere calcular el factor de seguridad para varios círculos en distintas posiciones y con diferentes radios, para determinar el valor mínimo, correspondiente al círculo más crítico.

Para la aplicación de este método, se procederá de la siguiente manera :

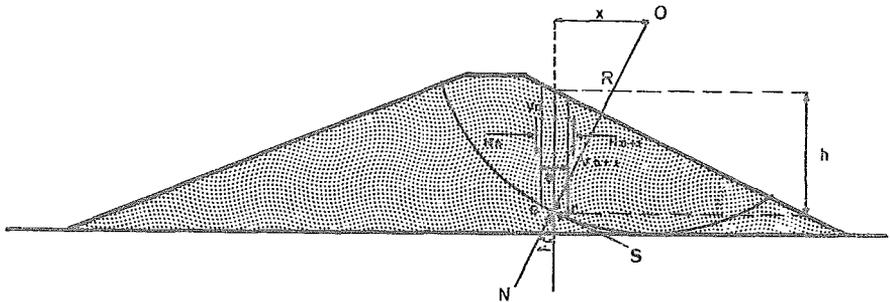
- 1a. La masa deslizante se dividirá en dovelas de igual ancho de preferencia, aunque no necesariamente.
- 2a. Se calcularán los esfuerzos cortantes en la superficie de falla, que causen el deslizamiento de la masa de suelo.

. . .

- 3a. Se calculará el factor de seguridad partiendo de las fuerzas actuantes y resistentes que actúan en cada do vela. Dichas fuerzas se muestran en la siguiente figura. (3.3).

/

. . .



Donde:

- H_n, H_{n+1} FUERZAS HORIZONTALES RESULTANTES EN LAS SECCIONES "n" y "n+1".
 V_n, V_{n+1} FUERZAS CORTANTES VERTICALES.
 N FUERZA NORMAL TOTAL ACTUANDO EN LA BASE
 S FUERZA CORTANTE EN LA SUPERFICIE DE FALLA
 h ALTURA DE LA DOVELA
 b ANCHO DE LA DOVELA
 L LONGITUD DEL ARCO BC
 α ANGULO ENTRE BC Y LA HORIZONTAL
 x DISTANCIA HORIZONTAL ENTRE LA DOVELA Y EL CENTRO "O"
F.S. FACTOR DE SEGURIDAD

$$F.S. = \frac{\text{Momento Resistente}}{\text{Momento Actuante}} = \frac{MR}{MA}$$

$$MR = \sum SIR$$

$$MA = \sum WX$$

$$F.S. = \frac{CL + (W \cos \alpha - UL) \tan \phi}{W \sin \alpha}$$

ENEPA
UNAM

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS
PROFESIONALES ACATLAN
ingeniería civil

ESTABILIDAD DE TALUDES

TESIS PROFESIONAL

Alejandro Romo Cifuentes
Ignacio Rocha Zamora
José Jorge Zapote Martínez

ACATLAN, Edo. Mex. 1979

Figura No 3.3

Lo que finalmente es el factor de seguridad para el círculo analizado.

El valor de UL para cada dovela, se obtiene trazando la red de flujo correspondiente y calculando con ella el valor de la presión de poro "U", en el punto de su base en que se descomponen las fuerzas actuantes; tomando éste como el - valor medio de la presión que actúa en la base de la dovela.

En este análisis de estabilidad de taludes para obtener el factor de seguridad se utilizó el método de FELLENIUS pero, para facilitar el cálculo se optó por resolverse gráficamente aplicándola a dovelas de ancho diferencial y elegidas en puntos convenientes a lo largo de la superficie de falla - expuesta.

En forma general este método consiste en lo siguiente:

- a) Elegimos un número arbitrario de puntos a lo largo del círculo de falla, procurando escoger, entre ellos, -- aquellos cuya vertical pase por los puntos donde cambia de pendiente en el talud ó por los puntos donde cambia el material o se intercepta a la línea de saturación.- Es conveniente elegir siempre el punto donde pasa la - vertical trazada por el centro del círculo de falla.
- b) Por todos los puntos elegidos, trazamos verticales que se prolongan hasta una línea base arbitraria.

. . . .

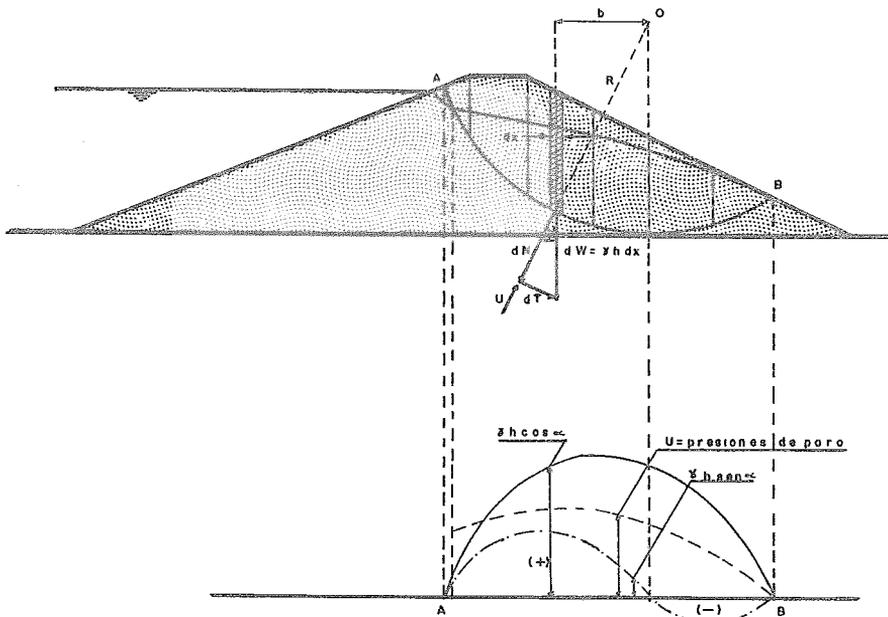
- c) Se determina la altura del material situado arriba del círculo de falla para cada uno de los puntos considerados y se multiplica por el peso volumétrico correspondiente; estos valores se llevan a una escala arbitraria sobre la vertical de cada punto referida a la línea base. En seguida, se descomponen estos valores $\gamma' h$ en componentes normal y tangencial al círculo.
- d) Se trazan las curvas N y T cuyos valores son las componentes mencionadas que se representan sobre las referencias prolongadas de cada punto del círculo, a la línea base.

De igual manera se traza el diagrama de las presiones de poro "u" calculadas para cada punto, con ayuda de la red de flujo.

- e) Con un planímetro se miden las áreas bajo cada una de las curvas, obteniendo así los valores de N, T y U. El término " $C L$ " es el producto de la cohesión por la longitud del círculo.

En seguida se calcula el factor de seguridad tomando en cuenta la siguiente figura : (3.4)

. . .



$$F.S. = \frac{\left(\int_0^x \gamma h \cos \alpha \, dx - \int_0^l U \, dL \right) \tan \phi + CL}{\int_0^x \gamma h \sin \alpha \, dx}$$

ENEPA UNQM	ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ACATLAN	
	ingeniería	civil
PROCEDIMIENTO GRAFICO		
TESIS PROFESIONAL		
Alejandro Romo	Ignacio Rocha	Cifuentes Zamora
José Jorge Zapote	José Jorge Zapote	Martínez
ACATLAN, Edo. Mex. 1979	Figura No. 3.4	

Como se muestra en la figura, considerando una dovela de ancho dx cuyo peso es dw , al descomponerse este peso en una normal y otra tangencial a la superficie de falla, se obtienen las fuerzas dn y dt , que son las fuerzas actuantes normal y tangencial, respectivamente, en la base de la dovela; el factor de seguridad de esa dovela individual puede expresarse con la siguiente ecuación :

$$F.S. = \frac{\int n \, dL \tan \theta + C \, dL}{T \, dL} \quad \text{--- --- --- (1)}$$

En esta ecuación :

$$\sigma_n = \frac{dn}{dL} = \frac{\gamma' h \, dx \cos \alpha - u \, dL}{dL} \quad \text{--- --- (2)}$$

y también

$$\tau = \frac{dT}{dL} = \frac{\gamma' h \, dx \sin \alpha}{dL} \quad \text{--- --- (3)}$$

sustituyendo en la ecuación (1) se tiene :

$$F.S. = \frac{(\int_0^x h \cos \alpha \, dx - u \, dL) \tan \theta + C \, dL}{\int_0^x \gamma' h \sin \alpha \, dx}$$

El factor de seguridad total del prisma deslizante valdrá entonces :

$$F.S. = \frac{(\int_0^x h \cos \alpha \, dx - \int_0^L u \, dL) \tan \theta + \int_0^L C \, dL}{\int_0^x \gamma' h \sin \alpha \, dx}$$

Finalmente integrada se :

$$F.S. = \frac{\frac{MA}{m} CL + \frac{MA}{m} \tan \phi \int_0^1 \sigma \cos \alpha dx}{\int_0^1 \sigma \sin \alpha dx}$$

Las áreas bajo las curvas $\int_0^1 \sigma \cos \alpha dx$ y $\int_0^1 \sigma \sin \alpha dx$ representan el valor de las fuerzas N y T respectivamente.

Este procedimiento es más rápido, además más preciso que el procedimiento de las dovelas, lo que permite el ahorro de tiempo en la ejecución de los análisis de estabilidad y cuando se requieren un gran número de tanteos para diferentes condiciones de trabajo del bordo.

Condiciones de trabajo del bordo de tierra.

Desde la iniciación de la construcción del bordo, hasta cuando este se encuentre funcionando, con el agua a su máximo nivel en el almacenamiento los materiales que lo constituyen están sometidos a diferentes condiciones de esfuerzo que van cambiando a través del tiempo.

La resistencia al corte de los materiales sufren una serie de cambios a través del tiempo, de acuerdo con la variación de los esfuerzos efectivos dentro de la masa; esas variaciones corresponden a distintos estados de consolidación de los mate --

riales. Resulta evidente que cada una de esas condiciones re - presenta un diferente valor del factor de seguridad contra deslizamiento. Pero es también obvio que no sería posible revisar la estabilidad para una infinidad de condiciones de consolidación a través de la vida del bordo, por lo cual conviene en revisarla solamente para condiciones extremas de esfuerzo, las - cuales son :

Condiciones Iniciales.

Es el estado en que se encuentra la presa al terminar de construirse, se supone que la presión de poro en el material - impermeable no se disipa, lo que produce variación en la resistencia al cortante.

Condiciones Finales.

Conforme pasa el tiempo, el material del talud aguas - - arriba se satura totalmente y al mismo tiempo se consolida, el - material impermeable, debido a una nueva condición de esfuerzos, causado por el peso propio del material y por las fuerzas de filtración, hasta llegar a una consolidación total.

Condición de Vaciado Rápido.

Durante la época seca del año las extracciones del bordo - son mayores que las entradas, produciéndose el descenso en el ni -

vel del agua en el almacenamiento. Al descender dicho nivel, las zonas impermeables del bordo quedan saturadas y se inicia dentro de ellas un flujo descendente del agua que puede representarse - por una red de flujo. Esta nueva condición de flujo crea en la presa nuevas condiciones de esfuerzos que deben ser analizados, - se han presentado fallas a consecuencias de los efectos de vaciado rápido, muy especialmente en el talud de aguas arriba.

El vaciado de un bordo ocurre normalmente en un tiempo que puede variar de unos cuantos días a varios meses, según las condiciones de funcionamiento del bordo y la capacidad del vaso.

En nuestro caso las condiciones de trabajo con las que revisamos los bordos fueron para condiciones finales y vaciado rápido debido a que estos bordos ya estaban construídos por lo que estas condiciones se consideran las más desfavorables.

CONDICIONES FINALES

Como se puede observar en los planos se usaron las secciones transversales siguientes : En el bordo Sur el sondeo No. 3 - que tiene una altura de 8.00 m. en el bordo por 5.00 m. de profundidad en la cimentación, y el bordo Norte con una altura de 11.0m. por 5.00 m. de profundidad tomando como datos de análisis, el promedio de las propiedades mecánicas del material que las constituyen. Para facilitar el cálculo se elaboraron unas tablas las cuales en el primer caso nos ayudaron para gráficar las fuerzas nor -

males, tangenciales y presión de poro y las segundas para el cálculo del factor de seguridad.

Las primeras tablas en la columna (1) nos dice de que círculo se trata y el número de la dovela, en la columna (2) la altura de la dovela (h) en la (3) el valor del peso volu - métrico del material sumergido (γ^{sum}), en la (4) el valor - del peso volumétrico, del material húmedo (γ^{hum}) en la (5) se da el valor del peso de la dovela ($W = \gamma \times h$), en la (6) el peso total (WT) en la (7) la componente normal(N), en la (8) la componente tangencial (T) en la (9) la presión de poro (U) de estas tres últimas columnas se procede a graficar los valo - res sobre la línea base y posteriormente se obtiene sus áreas con el planímetro.

Las segundas tablas tenemos en la columna :

- No. (1). Datos y número de círculo.
- No. (2). El valor de la coordenada en la dirección x en - metros.
- No. (3). El valor de la coordenada en la dirección y en - metros.
- No. (4). El valor del radio considerado en metros (R)
- No. (5). El valor del ángulo. (α°)
- No. (6). La magnitud de la longitud del círculo. $L = \frac{R \pi \alpha^\circ}{180^\circ}$

- No. (7). El valor de la cohesión (C)
- No. (8). El producto de la cohesión por la longitud del -
círculo (C x L)
- No. (9). El valor de la tangente de ángulo de fricción in-
terna del material analizado (Tan ϕ)
- No. (10). El valor del área de la fuerza normal obtenida del
planímetro (N).
- No. (11). El valor del área la presión de poro obtenida con -
el planímetro (U)
- No. (12). El valor de la diferencia de (10)-(11) multiplicada
por (9)
- No. (13). El valor del área de la fuerza tangencial obtenida -
con el planímetro (T).
- No. (14). La obtención del factor seguridad que es igual a -

$$F.S. = \frac{(N-U)\text{Tan } \phi + CL}{T}$$

CALCULO DE LAS FUERZAS : NORMAL, TANGENCIAL Y PORO								
SONDEO 4 BORDO NORTE								
TALUD AGUAS ARRIBA.				CONDICION FINAL.				
CIR. DOV. 1	H ALTURA 2	γ SUM 3	γ HUM 4	W= γ H 5	W TOT. 6	NOR. 7	TANG. 8	u. 9
2	7,5			7.50	7.50			7.50
3	2.9	1.051		3.048	3.048	2.85	-1.12	
6	9.40 5.25	1.051		9.40 5.52	9.40 5.52	5.50	-0.60	9.40
8	6.10	1.051		6.41	6.41	6.41		
12	7.70 7.25	1.051		7.70 7.62	7.70 7.62	7.05	3.00	7.70
19	2.65		1.987	5.27	5.27	2.35	4.70	
21								
CIR. DOV. 2								
4	5.65			5.65	5.65			5.65
7	7.40 3.75	1.051		7.40 3.94	7.40 3.94	3.45	-2.00	7.40
11	8.80 8.40	1.051		8.80 8.83	8.80 8.83	8.80	-0.90	8.80
14	9.20	1.051		9.67	9.67	9.67		
20	5.85 2.85 6.70	1.051	1.987	5.85 5.66 7.04	5.85 5.66 12.70	11.30	5.80	5.85

CALCULO DE LAS FUERZAS : NORMAL, TANGENCIAL Y PORO
SONDEO 4 BORDO NORTE

CONDICION FINAL.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
26	1.95		1.987	3.87	3.87	2.15	3.30	
28								
CIR. DOV. 3								
0	9.10			9.10	9.10			9.10
1	1.65	1.051		1.73	1.73	1.50	-0.95	
	8.50 2.70	1.051		8.50 2.84	8.50 4.34	4.0	-1.75	8.50
2	1.35	1.112		1.50				
	7.93 3.95	1.051		7.93 4.15	7.93	6.65	-1.40	7.93
3	2.40	1.112		2.67	6.82			
	5.25	1.051		5.52				
5	2.75	1.112		3.06	8.58	8.58		
	7.37 5.40	1.051		7.37 5.68	7.37			7.37
6	2.75	1.112		3.06	8.74	8.70	+0.35	
	6.80 6.80	1.051		6.80 7.15	6.80			6.80
9	2.30	1.112		2.56	9.71	9.45	+2.45	
	6.23 8.25	1.051		6.23 8.67	6.23			6.23
10	0.90	1.112		1.00	9.67	8.60	+4.50	
13	8.85	1.051		9.30	9.30	7.70	5.35	
17'	7.10	1.051		7.46	7.46	4.70	5.90	

CALCULO DE LAS FUERZAS : NORMAL, TANGENCIAL Y PORO								
SONDEO 4 BORDO NORTE								
TALUD AGUAS ARRIBA. CONDICION FINAL.								
CIR. DOV. 5. 1	H 2	γ^A SUM 3	γ^A HUM 4	$W = \gamma^A H$ 5	$W = \overline{TOT.}$ 6	NOR. 7	TANG. 8	u 9
32	4.60 0.65 5.50	1.051	1.987	4.60 1.29 5.78	4.60 7.07	6.85	1.65	4.60
34	0.25 4.75	1.051	1.987	0.50 4.99	5.49	5.49		
38	2.30 2.95	1.051		2.30 3.10	2.30 3.10	3.00	-0.75	2.30
CIR. DOV. 6.								
22								
24	3.30		1.987	6.56	6.56	2.20	6.15	
25	1.95 3.15 2.15	1.051	1.987	1.95 6.26 2.26	1.95 8.52	4.10	7.40	1.95
27	5.30 1.85 5.10	1.051	1.987	5.30 3.68 5.36	5.30 9.04	6.80	5.85	5.30
30	1.40 7.00	1.051	1.987	2.78 7.36	10.14	8.40	5.60	
31	2.829 1.55 0.75 6.15	1.112 1.051	1.987	2.829 1.72 1.49 6.46	2.829 9.67	8.90	3.65	2.829
33	2.262 2.80 0.25 4.70	1.112 1.051	1.987	2.262 1.89 0.50 4.94	2.262 8.33	8.25	1.15	2.262
36	6.60	1.051		6.94	6.94	6.94		
38	1.695 5.95	1.051		1.695 6.25	1.695 6.25	6.25	-0.45	1.695

CALCULO DE LAS FUERZAS : NORMAL, TANGENCIAL Y PORO								
SONDEO 3 BORDO SUR								
TALUD AGUAS ARRIBA.				CONDICION FINAL.				
1	2	3	4	5	6	7	8	9
CIR.DOV	ALTURA H	γ SUM	γ HUM	$W=\gamma H$	$W=TOT$	NORM.	TANG.	u
2	5.00			5.00	5.00			5.00
3	2.55	1.01		2.57	2.57	2.45	-8.8	
	6.40			6.40	6.40			6.40
6	4.20	1.01		4.24	4.24	4.25	-0.30	
7	4.50	1.01		4.55	4.55	4.55		
9	5.40	1.01		5.45	5.45	5.10	1.95	
13	5.00			5.00	5.00			5.00
14	5.10	1.01		5.15	5.15	4.20	2.95	
	2.05		1.965	4.03				
15	1.55	1.01		1.57	5.60	3.25	4.55	
CIR. DOV.2								
3	3.85			3.85	3.85			3.85
5	2.70	1.01		2.73	2.73	2.40	-1.30	
6	5.45			5.45	5.45			5.45
8	4.10	1.01		4.14	4.14	3.90	-1.35	

CALCULO DE LAS FUERZAS : NORMAL, TANGENCIAL Y PORO								
SONDEO 3 BORDO SUR								
CONDICION FINAL.								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
9	6.10	1.01		6.16	6.16	6.20	-0.30	
11	6.0			6.0	6.0			6.0
12	6.30	1.01		6.36	6.36	6.36		
14	6.90	1.01		6.97	6.97	6.80	1.10	
15	2.10 5.20	1.01	1.965	4.13 5.25		9.38	8.70	3.50
21	2.90 2.50 3.30	1.01	1.965	2.90 4.91 3.33	2.90	8.24	6.70	4.90
25	2.65 2.15	1.01	1.965	5.21 2.17	7.38	5.35	5.10	
CIR. DOV. 3 0	6.10			6.10	6.10			6.10
1	1.20	1.01		1.21	1.21	0.95	-0.85	
2	(7-1.08) 2.00 1.40	1.01		5.92 2.02 1.51	5.92 3.53	3.10	-1.70	5.92
4	(7-1.62) 3.45 2.55	1.01		5.38 3.48 2.75	5.38 6.23	6.20	-1.05	5.38
5	4.10 2.75	1.01		4.14 2.96	7.10	7.08		
8	(7-2.15) 4.80 2.60	1.01		4.85 4.85 2.80	4.85 7.65	7.55	1.20	4.85

CALCULO DE LAS FUERZAS : NORMAL, TANGENCIAL Y PORO
SONDEO 3 BORDO SUR

CONDICION FINAL.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
	(7-2.69) 6.10	1.01		4.31 6.16	4.31 7.83	6.90	3.55	4.31
9	1.55	1.077		1.67				
14	6.90	1.01		6.97	6.97	5.10	4.70	
15	2.10 2.40	1.01	1.965	4.13 2.42	6.55	2.35	5.05	
CIR. 4 DOV.								
10	0.90			0.90	0.90			0.90
14	2.70 3.75	1.01		2.70 3.79	2.70 3.79	2.80	2.55	2.70
15	2.05 4.50	1.01	1.965	4.03 4.55	8.58	7.50	4.05	
20	4.60 2.40 5.00	1.01	1.965	4.60 4.72 5.05	4.60 9.77	9.30	2.90	4.60
25	2.65 5.20	1.01	1.965	5.21 5.25	10.46	10.35	1.50	
27	2.10 5.05	1.01	1.965	4.13 5.10	9.23	9.21		
29	4.20 1.65 4.75	1.01	1.965	4.20 3.24 4.80	4.20 8.04	8.00	-0.90	4.20
33	0.90 3.70	1.01	1.965	1.77 3.74	5.51	5.25	-1.85	
34	1.90 0.40 2.25	1.01	1.965	1.90 0.79 2.27	1.90 3.06	2.70	-1.45	1.90

CALCULO DE LAS FUERZAS : NORMAL, TANGENCIAL Y PORO
SONDEO 3 BORDO SUR

CONDICION FINAL.

CIR. 5 DOV.								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
22	2.50		1.965	4.91	4.91	2.50	4.30	
25	1.15 2.65 1.35	1.01	1.965	1.15 5.21 1.36	1.15 5.57	3.65	4.30	1.15
26	2.10 2.60	1.01	1.965	4.13 2.63	6.76	5.30	4.15	
31	3.00 1.50 3.50	1.01	1.965	3.00 2.95 3.54	3.00 6.49	5.80	3.00	3.00
33	0.90 3.90	1.01	1.965	1.77 3.94	5.71	5.50	1.50	
33	3.40 0.45 3.85	1.01	1.965	3.40 0.88 3.89	3.40 4.77	4.75	0.55	3.40
36	0.25 3.50	1.01	1.965	0.49 3.54	4.03	4.61		
40	2.40 2.75	1.01		2.40 2.78	2.40 2.78	2.70	-0.50	2.40
42	0.85 1.05	1.01		0.85 1.06	0.85 1.06	1.00	-0.40	0.85
CIR. 6 DOV.								
23	2.55		1.965	5.01	5.01	0.75	2.50	
24	1.35 2.65 1.55	1.01	1.965	1.35 5.21 1.56	1.35 6.77	3.00	6.1	1.35
26	2.15 3.75	1.01	1.965	4.22 3.79	8.00	5.50	5.75	

CONDICION FINAL

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
CIR.	X	Y	R	α°	L	C	CL	Tan ϕ	N	u	ATan ϕ	t	F.S.
CALCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD (F.S.) BORDO SUR SONDEO NO. 3. A=(N-U) Tan ϕ = 0.087													
1	13.4	14.8	11.0	109	20.93	9.28	194.20	0.086	59.83	81.49	-1.86	21.00	9.16
2	17.9	17.0	12.0	106	22.2	9.28	206.02	0.086	97.05	83.10	1.20	28.23	7.34
3	12.35	12.1	11.0	54 82	10.37 15.74	9.28 6.00	96.21 5.25	0.117	95.0	85.05	1.16	25.04	4.10
4	27.8	15.3	12.0	103	21.57	9.28	200.19	0.086	109.20	60.54	4.18	15.59	13.11
5	34.6	15.0	11.0	101	19.39	9.28	179.94	0.086	58.03	32.97	2.16	24.81	7.34
6	35.0	12.2	10.0	59 68	10.30 11.87	9.28 6.00	95.56 71.22	0.117	73.15	26.83	5.42	29.94	5.75
CALCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD (F.S.) BORDO NORTE SONDEO NO. 4 Tan ϕ = 0.058													
1	20.0	19.0	15.25	108.5	28.88	6.70	193.48	0.058	114.97	161.29	-2.69	47.66	4.00
2	27.3	19.8	16.10	107	30.07	6.70	201.45	0.058	188.87	161.85	1.57	35.56	5.71
3	17.9	17.0	16.10	55 68.5	15.45 19.25	6.70 5.92	103.55 113.95	0.149	161.47	162.06	-0.087	42.36	5.13
4	42.3	19.8	16.10	103	28.94	6.70	193.92	0.058	177.10	107.80	4.02	37.09	5.34
5	49.6	19.0	15.40	101	27.15	6.70	181.88	0.058	105.34	39.63	3.81	45.99	4.04
6	51.7	17.0	16.50	48.5 68	13.97 19.50	6.70 5.92	93.58 115.93	0.149	121.20	56.83	9.59	59.07	3.71

CONDICION DE VACIADO RAPIDO.

Cuando ocurre un vaciado rápido, se produce un proceso de consolidación cuya rapidez depende de la permeabilidad del material y de la forma de descenso del agua en el vaso, se puede considerar una relación de vacíos igual a la que se tenía a vaso lleno.

El criterio, para el análisis de vaciado rápido deben distinguirse dos casos. El primero de ellos si el material que constituye el talud aguas arriba puede drenarse con rapidez, esto es si la permeabilidad (K), es mayor que 10 - 5 cm/seg; las fuerzas de filtración ó las presiones de poro pueden calcularse mediante el trazado de la red de flujo para vaciado rápido.

El segundo cuando el material es de baja permeabilidad, puede suponerse que durante el vaciado rápido el contenido de agua y la presión de poro permanecen constantes, por lo que puede analizarse igual que en el caso de condiciones finales, en donde ya no se considera la carga hidráulica (talud aguas arriba), permaneciendo constante la red de flujo, incluyendo los pesos volumétricos del material.

. . . .

Este segundo caso se considera el más desfavorable ya que la red de flujo no cambia, por consiguiente la presión - de poro, esta nos reduce los esfuerzos totales entre las par - tículas del suelo y que a su vez afecta la resistencia al es fuerzo cortante.

Por lo que el análisis para vaciado rápido se hizo - con el criterio del segundo caso, ya que nuestro material es de baja permeabilidad.

De forma similar al que se siguió en el análisis de - condiciones finales, en el vaciado rápido se tomó el mismo - procedimiento como se puede observar en los planos No.- y en las tablas No. 115 (pág.) y No. 116(pág.) con las que se obtuvieron los valores de seguridad para cada bordo.

. . .

CALCULO DE LAS FUERZAS : NORMAL, TANGENCIAL Y PORO								
SONDEO 4 BORDO NORTE								
TALUD				VACTADO RAPIDO.				
CIR. DOV.	H			W	WT	N	T	u
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	0.20	1.051		0.21	0.77	0.60	-0.57	9.63
2	0.50	1.112		0.56				
	1.10	1.051		1.16	3.44	2.85	-1.85	9.06
3	2.05	1.112		2.28				
	2.35	1.051		2.47				
4	3.60	1.112		4.00	6.47	6.05	-2.20	8.50
	3.75	1.051		3.94	8.94	8.80	-1.30	7.93
5.	4.50	1.112		5.00				
	4.75	1.051		4.99				
6	4.65	1.112		5.17	10.16	10.16	0	
	5.30	1.051		5.57	10.69	10.55	0.84	7.36
7	4.60	1.112		5.12				
	6.75	1.051		7.05	11.54	11.00	3.23	6.80
8	4.00	1.112		4.45				
	8.20	1.051		8.62	11.84	10.25	5.90	6.23
9	2.45	1.112		2.72				
10	9.40	1.051		9.88	9.88	5.60	6.70	5.66
11	8.15	1.051		8.57	8.57	5.30	6.75	
	2.30		1.987	4.57	7.41	3.85	6.95	
12	2.70	1.051		2.84				0
	2.55		1.987					
13				5.07	5.07	1.23	5.00	
14	0							

CONDICION VACIADO RAPIDO.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
CIR.	X	Y	R	α°	L	C	CL	TAN ϕ .	N	U	A.TAN ϕ	T	F.S.
CALCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD (F. S.)													
BORDO NORTE SONDEO NO. 4 A= (N - U)													
1	16.70	16.55	17.50	42.25 84.95	12.90 25.95	6.70 5.92	266.0	0.15	214.83	19637	2.77	66.16	4.06
CALCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD (F. S.)													
BORDO SUR SONDEO NO. 3 A=(N-U)													
1	17.70	9.70	14.0	37.5 92.5	9.16 22.60	9.28 6.10	220.70	0.117	155.36	107.16	5.54	43.42	5.21

c.2) DESLIZAMIENTO

En la revisión del bordo contra deslizamiento considere - ramos los mecanismos de falla que se indican en las figuras 3.5 A y 3.6 B con base en los cuales calculamos el factor de seguridad respectivo.

De acuerdo a estas figuras en el caso "A" las fuerzas - que establecen el equilibrio del bordo son las fuerzas resistentes que actúan a lo largo del plano "AB" representada por la fuerza -- "Tr", que es la fuerza resistente al corte del material y las fuer- zas actuantes representadas por la fuerza "Ew" que es el empuje hi- drostático del agua que actúa sobre el talud del bordo.

La fuerza "Tr" se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$Tr = S' \times A$$

Donde :

$$S' = 2/3 S \times A$$

$$S = C + \sqrt{n} \tan \phi$$

$$\sqrt{n} = \left(\frac{W - U}{A} \right)$$

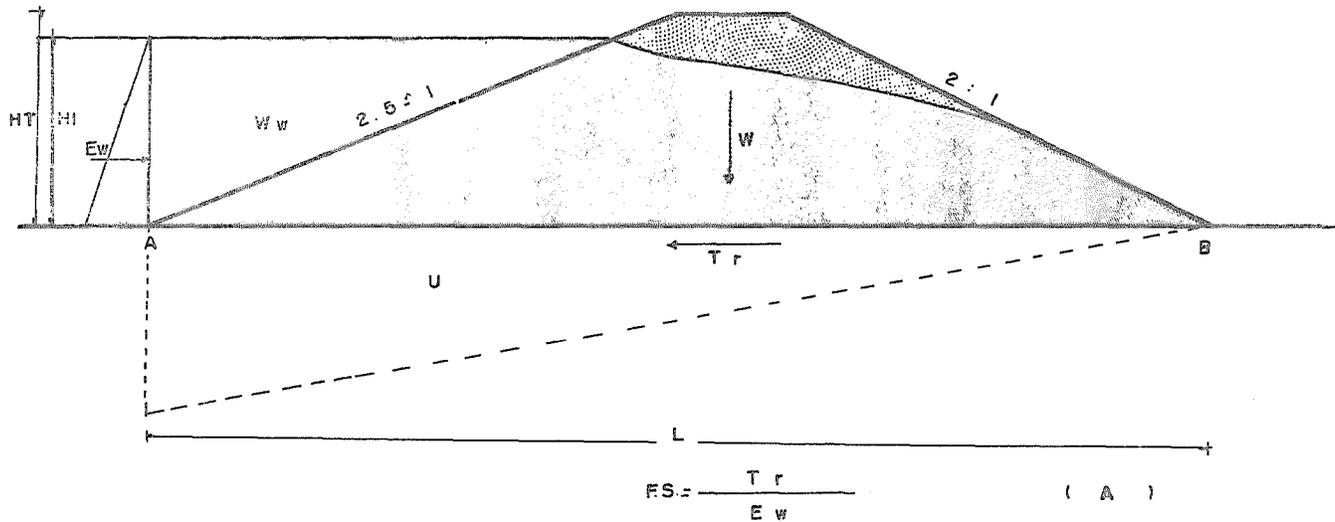
Tr = Fuerza resistente al corte del material

S = Resistencia al esfuerzo cortante del material más desfavorable.

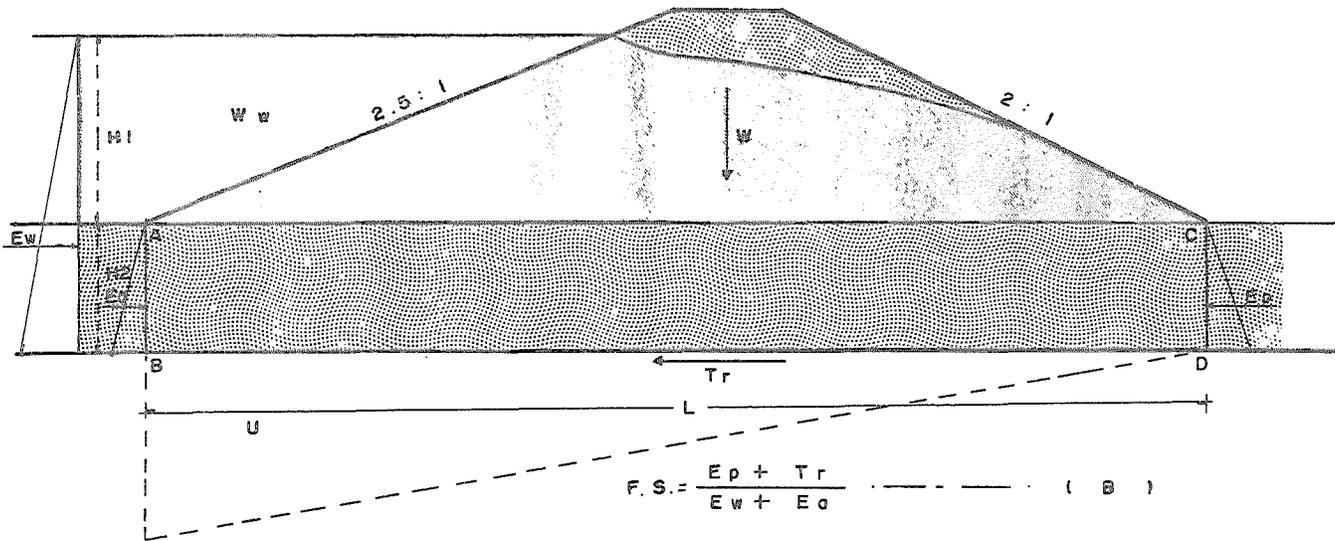
C = Cohesión del material

\sqrt{n} = Fuerza normal efectiva en la superior de fa - lla.

W = Peso total del bordo tomando en cuenta el -



ENEPA UNQM	ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ACATLAN <small>Ingeniería Civil</small>	
	ANÁLISIS DE ESTAB. POR DESLIZAMIENTO "CASO A"	
TESIS PROFESIONAL		
Alejandro	Romo	Cifuentes
Ignacio	Rocha	Zomera
Jose Jorge	Zapata	Martinez
ACATLAN, EDO. MEX. 1979		FIGURA No. 3.5



ENEPA ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS UNQM PROFESIONALES ACATLAN Ingenieria CIVIL		
ANALISIS DE ESTAB. POR DESLIZAMIENTO "CASO B"		
TESIS PROFESIONAL		
Alejandro	Romo	Cifuentes
Ignacio	Roche	Zamora
José Jorge	Zapata	Martínez
ACATLAN, Edo. Mex. 1979		FIGURA No 3.6

peso volumétrico correspondiente del material y el peso del agua que actúa sobre el talud.

A = Área de deslizamiento sobre el plano AB unitario

U = Presión de Poro.

La fuerza E_w que representa el empuje del agua se cuantifica de acuerdo con la expresión siguiente

$$E_w = \frac{\gamma_w \cdot H_1^2}{2}$$

Siendo :

γ_w = Peso volumétrico del agua

H_1 = Altura del agua en el embalse

El factor de seguridad por deslizamiento se obtuvo con base a la relación siguiente :

$$F.S. = \frac{Tr}{E_w}$$

En el caso considerado en la figura B el talud del bordo se encuentra en equilibrio bajo la acción de un empuje pasivo producido por el material de cimentación en el pie del talud aguas abajo actuando en un plano vertical "CD" y la resistencia al corte -- "Tr" del material que se desarrolla en la cimentación. La tendencia a deslizarse es producida por el empuje activo del material de

la cimentación del bordo que se encuentra a la izquierda del plano "AB" y el empuje del agua.

El factor de seguridad contra deslizamiento a lo largo de la cimentación queda en este caso definido por la siguiente expresión :

$$F.S = \frac{E_p + Tr}{E_w + E_a}$$

El empuje activo y el pasivo E_a y E_p , respectivamente pueden calcularse de acuerdo con la teoría de RANKINE con las siguientes expresiones :

$$E_a = \frac{\gamma H_i^2}{2 N \phi}$$

$$E_p = \frac{N \phi \gamma H_i^2}{2}$$

Para determinar la fuerza de fricción se procede como en el caso del mecanismo de falla de la figura 3.6 "CASO B"

$$Tr = C \cdot \overline{bd} + (W - U) \tan \phi$$

...

Para el cálculo del factor de seguridad por deslizamiento se tomaron las siguientes propiedades mecánicas del material que componen tanto el Bordo como la Cimentación.

BORDO SUR.				Ka = 0.64	Kp = 1.19		
	γ_{HUM} (T/m ³)	γ_{SUM} (T/m ³)	ϕ°	C (T/m ²)	HT (m)	H1 (m)	H2 (m)
BORDO	1.965	1.01	4.93	9.28	8.0	7.0	
CIMENTACION	2.079	1.077	8.40	6.0			5.0
BORDO NORTE				Ka = 0.620	Kp = 1.612		
BORDO	1.987	1.051	3.3	6.7	11.20	10.20	
CIMENTACION	2.116	1.112	13.55	5.92			5.0

Para facilitar el análisis se elaboró una tabla para el cálculo del factor de seguridad por deslizamiento, tomando en cuenta el bordo de que se trata y el tipo de falla. Enseguida se describe el procedimiento con el que se obtuvo cada elemento que interviene en el cálculo del factor enumerados por columna :

$$K_a = \frac{1}{N\phi} = \frac{1}{\tan^2(45 + \frac{\phi}{2})} = \frac{1}{\tan^2(45 + 13.55/2)} = 0.620$$

$$K_p = N\phi = \tan^2(45 + \frac{\phi}{2}) = 1.612$$

Columna No. 1 - WT

En el cálculo del peso del material "WT" que componen el bordo y la cimentación según el caso, se considero descomponer en varias partes la sección transversal analizado para obtener adecuadamente los valores del peso total en una franja de un metro de ancho, tomando en cuenta los pesos volumétricos correspondientes, según la línea de saturación.

De donde :

$$W_i = A \times 1.00 \times \gamma$$

$$Y \quad WT = \sum W_i$$

W_i = peso obtenido de la sección analizada en toneladas

A = área de la sección analizada en metros cuadrados.

= peso volumétrico del material en la sección analizada
Ton/m³

WT = peso total del material

Columna No. 2. u

En el cálculo de la presión total del agua "u" que actúa sobre el bordo, se considero el área de la envolvente gráfica --do según la red de flujo del bordo o cimentación tomando en cuenta la carga piezométrica del agua.

$$u = A \times 1.00 \times \gamma_w$$

De donde :

u = presión total del agua en ton.

A = área de la envolvente en m².

γ_w = peso volumétrico del agua en ton/m³.

Columna No. 3. A

En el cálculo del área de deslizamiento se considero la longitud total de la sección transversal multiplicado por un metro de ancho.

$$A = L \times 1.00$$

A = Area de deslizamiento

L = Longitud de la sección transversal analizada.

Columna No. 4 σ_n

En el cálculo del esfuerzo normal efectivo " σ_n ", se obtuvo de hacer las diferencias del peso total del material "WT" que componen el bordo menos la presión total del agua "u" entre el área de deslizamiento "A"

$$\sigma_n = \frac{WT - u}{A}$$

Donde :

σ_n = Esfuerzo normal efectivo en ton/m².

WT = Peso total del material del bordo en ton.

u = Fuerza total del agua en ton.

A = Area de deslizamiento.

. . .

Columna No. 5 EW

En el cálculo del empuje hidrostático "EW" se obtuvo de multiplicar el peso volumétrico del agua " γ_w " por la altura del agua " H_1^2 " entre dos, por un metro de ancho.

Donde :

H_1 = Altura del agua en metros

Columna No. 6. ϕ

ϕ = Angulo de fricción interna del material analizado.

Columna No. 7. $\tan \phi$

$\tan \phi$ = Tangente del ángulo de fricción interna.

Columna No. 8. C

C = Cohesión del material analizado en ton/m².

Columna No. 9. S

Pero el cálculo del esfuerzo resistente al corte del material "S" se obtuvo de la fórmula siguiente :

$$S = C + \bar{V} n \tan \phi$$

...

Columna No. 10 S'

En el cálculo del esfuerzo resistente al corte total -
S' se obtuvo de la siguiente forma :

$$S' = \frac{2}{3} S$$

Columna No. 11. Tr

$$Tr = S' \times A$$

Tr = fuerza resistente al deslizamiento.

Columna No. 12. E a

$$Ea = \frac{1}{2} K_a \gamma_{sum} \times H_2$$

De donde :

Ea = Empuje activo del material (trata de hacer deslizar al bordo).

$$K_a = \frac{1}{N \phi} = \frac{1}{\tan^2 \left(45^\circ + \frac{\phi}{2} \right)}$$

γ_{sum} = Peso volumétrico del material analizado.

H_2 = Altura del estrato analizado.

Columna No. 13. Ep

$$E_p = \frac{1}{2} K_p \gamma \sum x H_2$$

Ep = Empuje pasivo del material (ayuda a la estabilidad - del bordo.

$$K_p = N \phi = \tan^2 (45^\circ + \phi/2)$$

Columna No. 14. F. S

Obtención del factor de seguridad "F. S" según el tipo - de falla analizada.

$$\text{Caso A . F. S.} = \frac{Tr}{E W}$$

$$\text{Caso B . F. S.} = \frac{E_p + T r}{E_A + E_w}$$

Columna No. 15. Observaciones.

En esta columna se indican si el factor de seguridad es - el adecuado contra deslizamiento.

. . .

CALCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD POR DESlizAMIENTO.								
	1	2	3	4	5	6	7	8
BORDO CASO	WT ME	u	A	Tn	Ew	ϕ	Ton ϕ	c
SUR A	256.89	140.0	40.0	2.92	24.50	4.93	0.086	9.28
NORTE A	373.44	277.44	54.40	1.76	52.02	3.30	0.058	6.70
SUR A	444.14	140.00	40.00	7.60	72.00	8.40	0.148	6.00
NORTE B	675.91	277.44	54.40	7.32	115.52	13.55	0.241	5.92

	9	10	11	12	13	14	15	16
BORDO CASO	S	S'	Tr	Ea	Ep	F.S.	F.S	OBS.
SUR A	9.53	6.35	254.00	-	-	10.37	1.5	Si Cumple
NORTE A	6.80	4.53	246.69	-	-	4.74	1.5	Si Cumple
SUR B	7.12	4.75	190.00	10.03	18.07	2.54	1.5	Si Cumple
NORTE	7.68	5.12	278.68	8.62	22.41	2.43	1.5	Si Cumple

C A P I T U L O I V .

CONCLUSIONES.

De acuerdo con los resultados del análisis y la revisión de los diversos factores que en un bordo pueden ocasionar su falla total ó parcial y en caso dado sólo ineficiencias en su operación, así como la consideración de la interrelación entre ambos aspectos, se concluye que los bordos son seguros en cuanto a su estabilidad y que la operación de la obra es la adecuada.

Lo anterior, se basa en lo siguiente :

- a) Las pérdidas de agua por infiltración son menores a los porcentajes aceptables de pérdida.
- b) Los factores de seguridad obtenidos, superan a los mínimos establecidos respectivamente para cada tipo de falla.

En los cuadros siguientes se pueden observar los resultados obtenidos y establecer la comparación con los factores de seguridad mínimos que la experiencia en este tipo de obras han permitido fijar como adecuados.

En cuanto a la permeabilidad del vaso no se tienen estudios que nos permitan establecer la magnitud de este parámetro y su importancia en el funcionamiento del bordo.

VALORES OBTENIDOS DEL ANALISIS .

BORDO	FLUJO DE AGUA		ESTABILIDAD DEL BORDO				
	% de Pérd. por filtrac.	Tubificación	Taludes y ciment. C.Final	Deslizamiento Rápido	Caso A	Caso B	
	% Obt.	FST.	F.S.	F.S.	F.S.	F.S.	
NORTE	0.53	20.48	1.82	3.71	4.06	4.74	2.43
SUR	0.26	37.12	2.40	4.10	5.21	10.37	2.54
<u>% TOTAL 0.79</u>							

FACTORES DE SEGURIDAD MINIMOS RECOMENDABLES.

FLUJO DE AGUA			ESTABILIDAD DEL BORDO		
% de Pérd. por infiltr.		Tubificación	Talud.y Cimt.		Deslizamiento
		F.ST. F.S(1)	F.S.		F.S.
3	a 5	3	1.5	1.5	1.5

Donde :

- % Total = Es el porcentaje de la suma de pérdidas de agua por los bordos, respecto al volumen - total almacenada.
- F. S. T. = Es un factor de seguridad que involucra la cohesión en el material.
- F. S(1) = Es un factor de seguridad que involucra el peso volumétrico saturado el gradiente hidráulico y la relación de vacíos en el material.
- F.S. = Factor de seguridad de la estabilidad del bordo según las condiciones analizadas.
- CASO A ⇨ Análisis de falla por deslizamiento entre los límites de frontera del material del bordo y el de la cimentación.
- CASO B = Análisis de falla por deslizamiento entre los límites de frontera del material de la cimentación y la roca.

. . .

Se puede atribuir que los factores de seguridad fueron aceptables debido principalmente a :

- 1) A las propiedades mecánicas del material que constituyen el bordo y la cimentación.
- 2) Al buen diseño y construcción del bordo.

Hay que hacer notar que no obstante que el bordo ha estado sujeto durante tiempo considerable a condiciones que de alguna forma han afectado las propiedades mecánicas iniciales del material que lo constituye; los estudios realizados de mecánica de suelos proporcionaron valores satisfactorios de las propiedades mecánicas de estos, con los cuales obtuvimos los resultados anteriormente descritos.

Entre las propiedades mecánicas que más influyeron en la elevación de los factores de seguridad fueron la cohesión, el peso volumétrico del material y el ángulo de fricción interna.

El diseño de la obra proporcionó una pendiente de taludes compatible con el tipo de material utilizado en el bordo para que este fuera estable.

Por otro lado las filtraciones que se presentan en los bordos no son de peligro para la estabilidad y eficiencia del funcionamiento de la obra, según el estudio realizado.

Cabe mencionar las observaciones realizadas de una inspección en un recorrido por la obra.

- La falla de material de protección en los taludes (enrocamiento) de los bordos y erosión de los mismos.
- Crecimiento de vegetación en algunas zonas de los taludes.
- Acumulación de agua en el talud aguas abajo del bordo sur.

Las deficiencias captadas en la inspección se deben principalmente a la falta de un adecuado mantenimiento de los bordos.

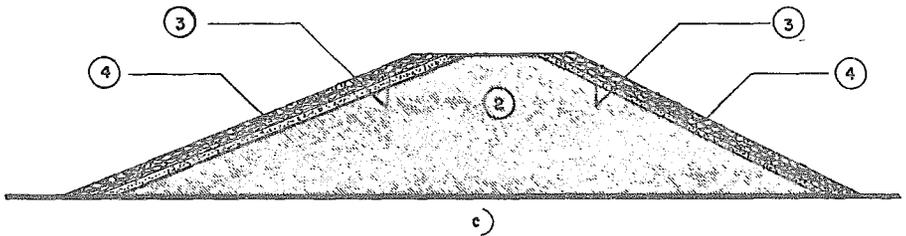
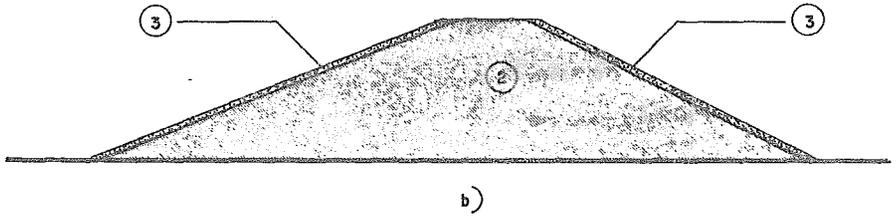
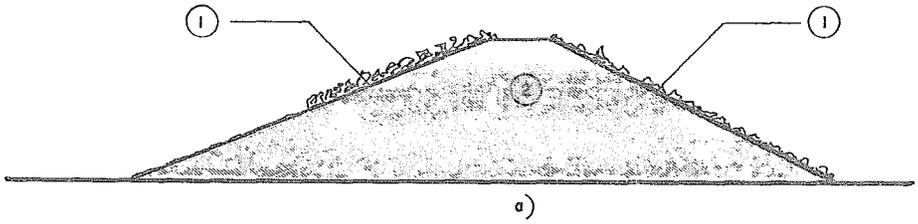
El volumen de agua acumulada es agua infiltrada sumada a la precipitación por lluvia que al no tener alguna forma de drenaje se acumulo en dicha parte. Esta agua del estudio sabemos que no pone en peligro la estabilidad del bordo por lo cual no se daran recomendaciones por este concepto.

CAPITULO V.

RECOMENDACIONES.

Las recomendaciones necesarias para la rehabilitación de la obra son las siguientes :

- a) Hacer una prueba de permeabilidad de campo en el vaso para verificar si existen o no pérdidas importantes de volumen de agua por infiltración.
- b) Se recomienda quitar la vegetación que existen sobre los taludes y dar un perfilamiento de los mismos como se indica en la figura No. 5.1.a.
- c) Proporcionar un filtro de material graduado de 40 cm., de espesor que sirva como zona de transición entre el material homogéneo y la capa de protección (ver figura No. 5.1.b).
- d) Proporcionar una capa de protección sobre la capa del material graduado en ambos taludes preferentemente enrocamiento el cuál será colocado a volteo como se indicó en la figura No. 5.1.c.



- ① QUITAR VEGETACION Y PERFILAR TALUDES
- ② MATERIAL HOMOGENEO QUE COMPONE EL BORDO
- ③ MATERIAL GRADUADO DE 40 cm. DE ESPESOR
- ④ MATERIAL DE PROTECCION ENROCAMIENTO DE 60 cm. DE ESPESOR.

ENEPA UNAM	ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ACATLAN	
	Ingenieria civil	
REHABILITACION DEL BORDO		
TESIS PROFESIONAL		
Alejandro	Romo	Cifuentes
Ignacio	Rocha	Zamora
José Jorge	Zapote	Martínez
ACATLAN, Edo. Méx. 1979		Figura No. 5.1

BIBLIOGRAFIA

- La Ingenieria de Suelos en las
Vías Terrestres Tomo I.
Ings. Alfonso Rico y Hermilo
del Castillo.
Editorial Limusa.
México, 1974.
- Mecánica de Suelos
Tomo I, Tomo II, Tomo III.
Ings. Eulalio Juárez Badillo
y Alfonso Rico Rodríguez
Segunda Edición.
México 1970.
- Mecánica de Suelos
Instructivo para Ensaye de Suelos
S. R. H.
México, 1967.
- Pequeños Almacenamientos
S. R. H.
México, 1975
- Apuntes de Mecánica de Suelos
Sobre Tecnología y Problemas de
Ingeniería Civil de los Materia-
les del Subsuelo.
Leonardo Zeevart.
UNAM, 1969.
- Mecánica de Suelos.
Arturo Casagrande.
- Mecánica de Suelos.
Terzaghi Karl.
- Grandes Presas para Pequeño y
Mediano Riego en México.
S. R. H.
México, 1976.

Mecánica de Suelos.

T. William Lambe
Robert V. Whitman

Presas de Tierra y
Enrocamiento.

Raúl J. Marsal.
Daniel Reséndiz N.

Análisis del Flujo de Agua
en Presas.

Raúl J. Marsal.
Daniel Reséndiz N.

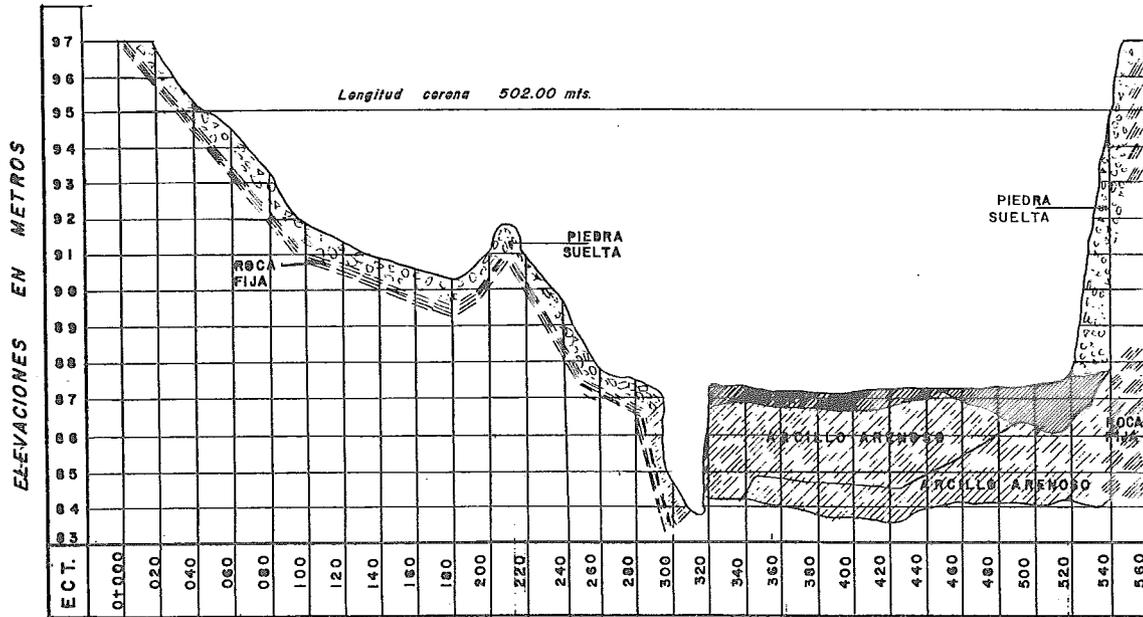
Bureau of Reclamation
Treatise on Dams.

Foundation Engineerin
For Conditions Subsoil
Conditions.

L. Zeevart

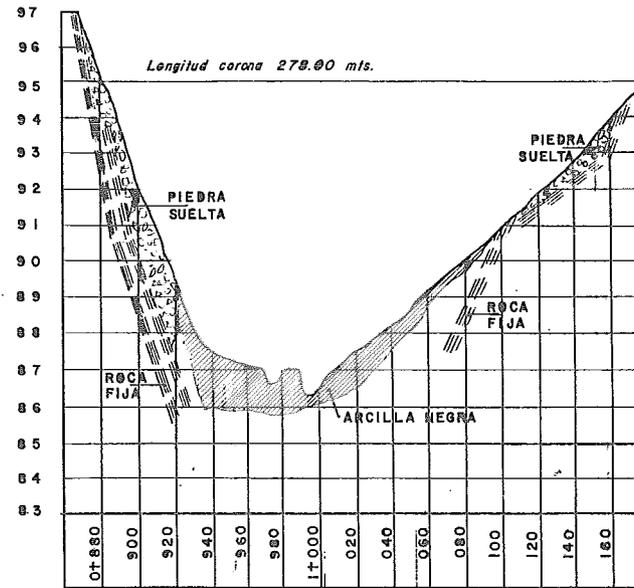
Ingeniería Hidráulica
Principios Generales de
Diseño y Construcción de
Presas de Tierra.

Ing. Enrique Tamez
González.
México 1965.



PERFIL BORDO NORTE

ESCALAS HORIZ. 1:2,000
VERT. 1:100



PERFIL BORDO SUR

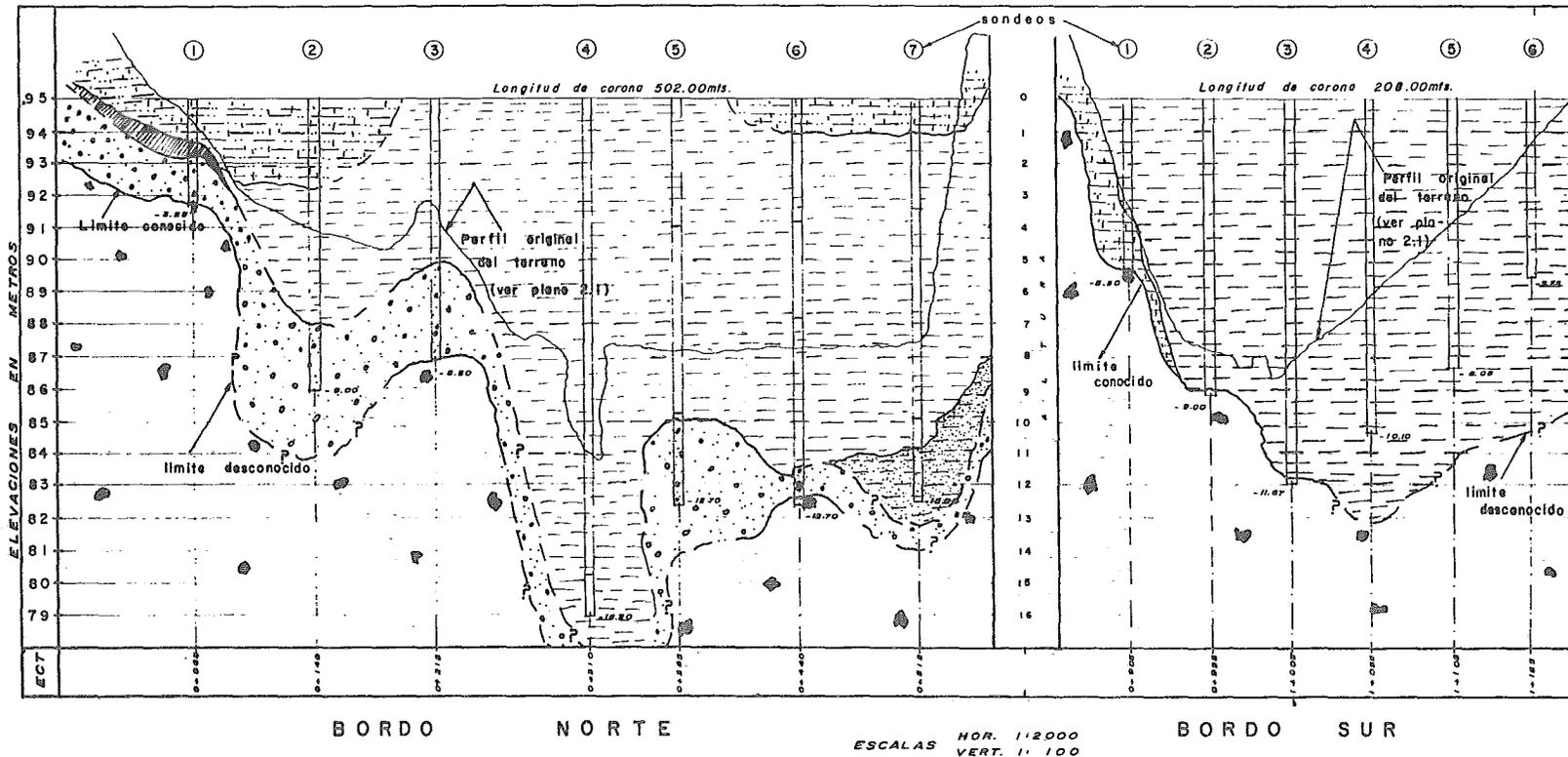
ESCALAS HORIZ. 1:2,000
VERT. 1:100

ENEPA ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
UNAM ACATLAN
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

PERFIL GEOLOGICO DE LA BOQUILLA

TESIS PROFESIONAL
ALEJANDRO ROMO CIFUENTES
IGNACIO ROCHA ZAMORA
JOSE JORGE ZAPOTE MARTINEZ

ACATLAN, edo. MEX. 1979 Plano No. 2.1



SIMBOLOGIA

	ARCILLA PLASTICA CAFE OBSCURO
	ARCILLA LIMOSA
	ARCILLA LIMO ARENOSA CAFE OBSCURO
	ARCILLA LIMO ARENOSA CON GRAVAS (TOBA)
	ROCA FIRME
	LIMO COMPACTO (TOBA)
	MATERIAL BLANDO (no recuperado)

NOTAS:
 1.- Afectaciones en metros.

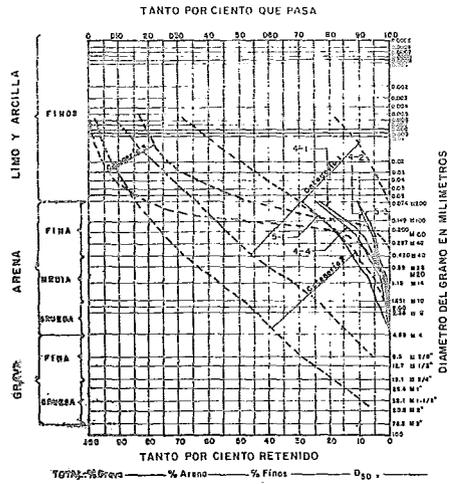
ENEPA ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
 unam CARRERA DE INGENIERIA CIVIL
 ACATLAN

ESTRATIGRAFIA

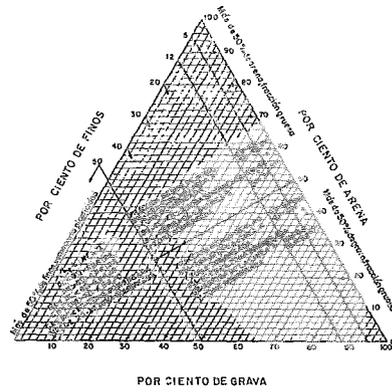
TESIS PROFESIONAL
 ALEJANDRO ROMO CIFUENTES
 IGNACIO ROCHA ZAMORA
 JOSE JORGE ZAPOTE MARTINEZ

ACATLAN, edo. MEX. 1979 | Plano No. 2.2

GRAFICA GRANULOMETRICA



TRIANGULO DE IDENTIFICACION



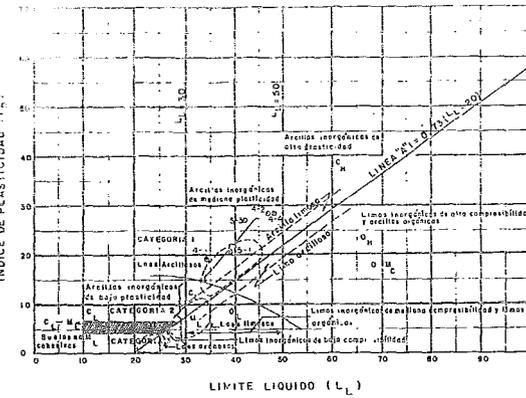
INSTRUCCIONES PARA EL USO DEL TRIANGULO

a) Si el suelo tiene 50% o más de finos (arcilla y limo) clasifíquese en "arcilla" o "limo" según corresponda.
 b) Si el suelo tiene 50% o más de arena, clasifíquese en "arena", "arena limosa" o "arena arcillosa" según corresponda.
 c) Si el suelo tiene 50% o más de arena y 5% o más de finos, clasifíquese en "arena con limo" o "arena con arcilla" según corresponda.

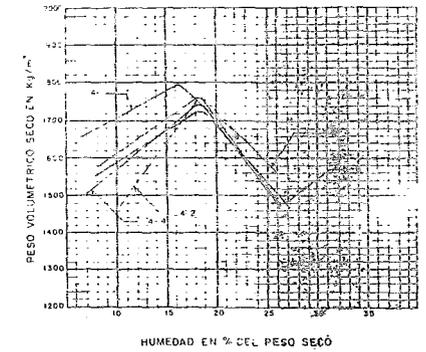
SIGNIFICADO DE LOS SIMBOLOS

- G Grava
- S Arena
- M Limo
- C Arcilla
- O Suelos orgánicos
- PI Turba
- L Poco compresible
- H Compresible
- W Suro grando
- P Mol gradoado

CARTA DE PLASTICIDAD



COMPACTACION PROCTOR



RESUMEN DE CARACTERISTICAS DE BANCOS DE PRESTAMO Y CIMENTACION
 NOJA 2.41, FECHA Dic-77, ANOTO I.R.Z., A.R.C., REVISOR S. RODRIGUEZ G., ING. H. LEONEL DE CERVANTES

MUESTRA #	ESTACION	PROFUNDIDAD (m)	GRANULOMETRIA			LIMITE DE CONSISTENCIA		PROCTOR		COMPRESION TRIAXIAL				CIMENTACION				NOTAS						
			GRAVA %	ARENA %	FINOS %	LMITE LIQUIDO %	LMITE PLASTICO %	INDICE DE PLASTICIDAD	DEBIDA > MALLA #4	DEBIDA < MALLA #4	SIEMPRE	NUMERO OPTIMO	NUMERO OPTIMA %	OPMA	W %	Wp %	Wu %		Wc %	Wc %				
4-1	BORDO SUR I + 055	0+000	4	1.50	23.5	76.5	34.1	15.0	19.1	2.648	C.L	1737	16.2	0.474	1800	15.6	100.2	2081	2120	0.471	88.0	14.2	13.0	T. R. H. N. T. R. S. Inic. T. R. S. fin.
4-2	BORDO SUR I + 055	0+000	4	3.50	10.65	89.35	46.8	18.35	28.45	2.688	C.L	1760	18.5	0.524	1610	22.5	91.6	1965	2014	0.686	93.0	10.0	9.0	T. R. H. N. T. R. S. Inic. T. R. S. fin.
4-4	BORDO SUR I + 055	0+000	4	5.50	24.45	75.55	48.0	19.5	28.5	2.612	C.L	1745	18.4	0.491	1642	19.7	94.2	1866	2014	0.593	88.6	10.3	11.5	T. R. H. N. T. R. S. Inic. T. R. S. fin.
5-1	BORDO SUR I + 105	0+000	5	1.50	28.90	71.10	39.0	18.3	20.7	2.651	C.L	1725	18.5	0.542	1575	21.3	91.3	1910	1982	0.697	83.6	8.7	10.0	T. R. H. N. T. R. S. Inic. T. R. S. fin.
5-3	BORDO SUR I + 105	0+000	5	3.50	10.75	89.25	42.1	15.0	27.1	2.682	C.L	1760	18.5	0.524	1646	19.5	93.6	1976	2034	0.622	85.4	6.0	6.3	T. R. H. N. T. R. S. Inic. T. R. S. fin.

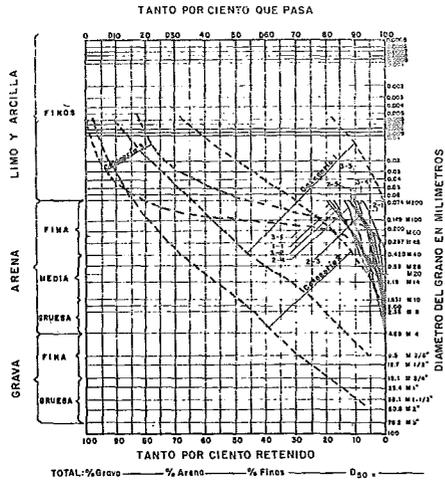
CONSOLIDACION UNIDIMENSIONAL

MUESTRA	Wl %	Wp %	GI %	GI %	ei	ei	ci	ci	ci	CONDICION DE PRUEBA PARA ESPESOR DE CONSOLIDACION	GEOMETRIA LOGARITMICA	PARAMETROS	NOTAS
										SATUR. INICIAL	CONTINUA		
										SATUR. FINAL			
										SATUR. INICIAL			
										SATUR. FINAL			
										SATUR. INICIAL			
										SATUR. FINAL			
										SATUR. INICIAL			
										SATUR. FINAL			
										SATUR. INICIAL			
										SATUR. FINAL			
										SATUR. INICIAL			
										SATUR. FINAL			

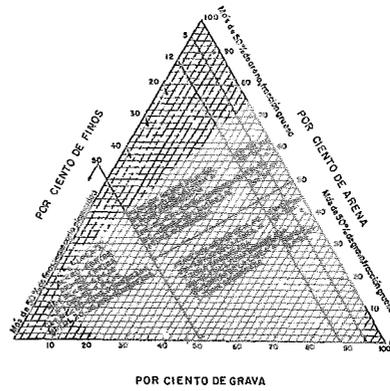
NOTAS GENERALES:

SARH
 SUBSECRETARIA DE INGENIERIA HIDRAULICA
 DIRECCION GENERAL DE OBSERVACIONES PARA EL DESARROLLO RURAL
 DIRECCION TECNICA DE INGENIERIA HIDRAULICA
 DEPARTAMENTO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES
 MUESTRA 3. MACERAMIENTOS
 BORDO "VILLA VERDE" SUR
 CANANEA - SONORA

GRAFICA GRANULOMETRICA



TRIANGULO DE IDENTIFICACION



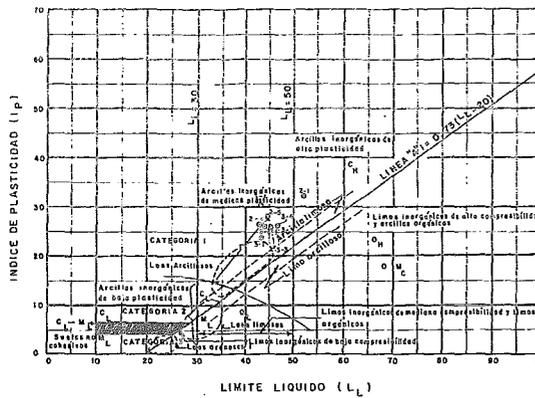
INSTRUCCION PARA EL USO DEL TRIANGULO

- a) Si la muestra tiene 50% o más de arena (línea gruesa para clasificarse en la gráfica de plasticidad)
- b) Si la muestra tiene 50% o más de grava y arena (punto de intersección de las coordenadas "por ciento de grava" y "por ciento de arena")

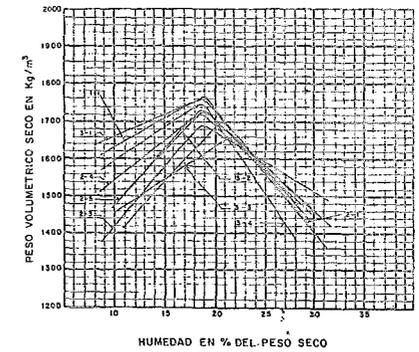
SIGNIFICADO DE LOS SIMBOLOS

- Grava G
- Arena S
- Limo M
- Arcilla C
- Suelos orgánicos O
- Poco compresible L
- Compresible H
- Bien graduado W
- Mal graduado P

CARTA DE PLASTICIDAD



COMPACTACION PROCTOR



RESUMEN DE CARACTERISTICAS DE BANCOS DE PRESTAMO Y CIMIENTACION

MUESTRA #	LOCALIZACION	PRESTAMO / CIMIENTACION	ESTACION	PEZA #	PROFUNDIDAD (m)	GRANULOMETRIA			LIMITE DE CONSISTENCIA			GRANULOMETRIA	PROCTOR		COMPRESION TRIAXIAL				TRIAJAL PARA TAMAÑO MAXIMO				CIMIENTACION		NOTAS				
						GRAVA %	ARENA %	FIKOS %	5.0 mm	LIMITE LIQUIDO %	LIMITE PLASTICO %		INDICE DE PLASTICIDAD	NUMERO DE BATERIAS	W %	Wp %	Wmax %	Wopt %	Wmax %	Wopt %	Wmax %	Wopt %	Wmax %	Wopt %		Wmax %	Wopt %	Wmax %	Wopt %
1-1	BORDO SUR	0+000	1	1.50		18.63	81.37		43.3	12.8	30.5		2.57	CL	1765	19.0	0.458	1688	19.6	95.6	2018	2033	0.527	95.9	13.1	19.0			T. R. H. N. T. R. S. inf. T. R. S. fin.
2-1	BORDO SUR	0+000	2	1.50		7.30	92.70		52.0	19.7	32.3		2.60	CH	1690	20.4	0.541	1683	23.0	93.7	1947	1975	0.628	94.0	5.0	10.0			T. R. H. N. T. R. S. inf. T. R. S. fin.
2-3	BORDO SUR	0+000	2	3.50		12.30	87.70		45.2	19.2	26.0		2.65	CL	1690	18.8	0.576	1998	23.1	94.6	1988	1998	0.664	92.7	13.2	9.0			T. R. H. N. T. R. S. inf. T. R. S. fin.
2-4	BORDO SUR	0+000	2	5.50		13.50	86.50		42.6	16.0	26.6		2.65	CL	1720	18.5	0.545	1660	20.0	96.5	1991	2035	0.601	98.8	13.0	13.0			T. R. H. N. T. R. S. inf. T. R. S. fin.
2-5	BORDO SUR	0+000	2	7.50		11.90	88.10		44.6	16.5	28.1		2.69	CL	1730	18.6	0.556	1691	19.7	97.7	2024	2065	0.582	99.5	10.0	10.4			T. R. H. N. T. R. S. inf. T. R. S. fin.
3-1	BORDO SUR	1+005	3	1.55		19.95	80.05		43.3	19.35	23.95		2.76	CL	1765	19.0	0.568	1738	17.3	98.5	2038	2110	0.562	91.2	19.0	30.0			T. R. H. N. T. R. S. inf. T. R. S. fin.
3-2	BORDO SUR	1+005	3	3.55		17.15	82.85		43.9	17.85	26.05		2.68	CL	1725	18.9	0.558	1686	19.7	97.7	2018	2058	0.594	93.3	9.6	10.7			T. R. H. N. T. R. S. inf. T. R. S. fin.
3-3	BORDO SUR	1+005	3	5.55		11.30	88.70		45.3	19.30	26.0		2.65	CL	1660	21.6	0.598	1607	22.7	96.8	1872	2001	0.650	94.3	12.0	12.0			T. R. H. N. T. R. S. inf. T. R. S. fin.
3-4	BORDO SUR	1+005	3	7.50		9.50	90.50		45.6	20.25	26.35		2.69	CL	1745	18.9	0.546	1632	22.5	93.5	2001	2037	0.658	93.3	10.7	9.1			T. R. H. N. T. R. S. inf. T. R. S. fin.

CONSOLIDACION UNIDIMENSIONAL

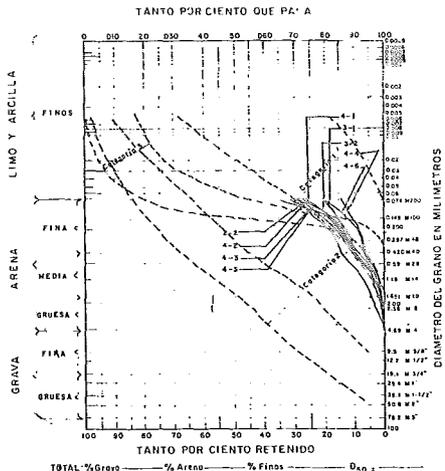
MUESTRA	Wl %	Wp %	GI %	Gf %	ei	ef	Ci %	Cf %	CONDICION DE PRUEBA	DEFORMACION UNIDIMENSIONAL	PARA UNIFORMIDAD	NOTAS
									CONDICION DE PRUEBA	DEFORMACION UNIDIMENSIONAL	PARA UNIFORMIDAD	NOTAS
									CONDICION DE PRUEBA	DEFORMACION UNIDIMENSIONAL	PARA UNIFORMIDAD	NOTAS

NOTAS GENERALES:

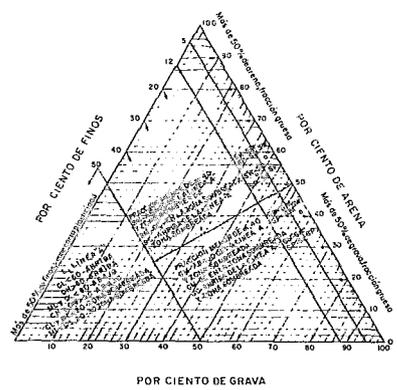
Notas generales para el informe de laboratorio.

SARH
 SUBSECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA HIDRAULICA
 DIRECCION DE OBS. HOS. PARA EL DESARROLLO RURAL
 DIRECCION TECNICA DE INGENIERIA HIDRAULICA
 DEPARTAMENTO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES
 MEDIOS ALMACENAMIENTOS
 ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS
 Obra: BORDO "VILLA VERDE" SUR
 Mpio. y Edo. CANANEA - SONORA
 Cofundador: ING. ALFREDO ORTIZ G. DIRECTOR TECNICO DE M.C.
 Aprobado: ING. AMERICO VILLARREAL G. EL DIRECTOR GENERAL.
 Mexico, D.F. II TESIS PROFESIONAL

GRAFICA GRANULOMETRICA



TRIANGULO DE IDENTIFICACION

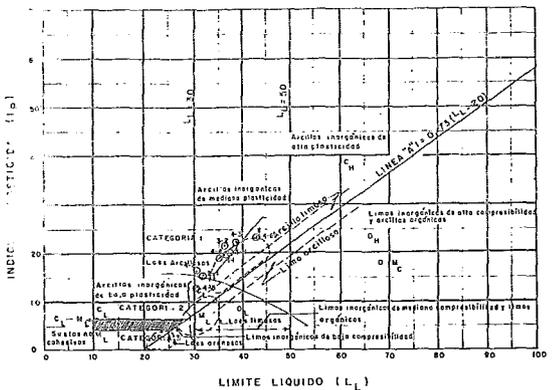


INSTRUCCIONES PARA EL USO DEL TRIANGULO
 a) Si el contenido de arcilla es mayor al 50% se debe usar solo la gráfica de plasticidad.
 b) Si el contenido de arcilla es menor al 50% se debe usar la gráfica de plasticidad para la porción que posea el mayor porcentaje de arcilla.
 Usar la gráfica de plasticidad para la porción que posea el mayor porcentaje de arcilla cuando el contenido de arcilla sea mayor al 50%.

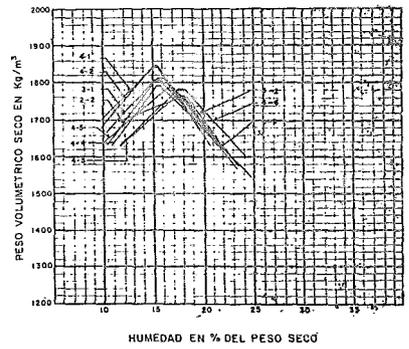
SIGNIFICADO DE LOS SIMBOLOS

- Grava G
- Arena S
- Limo M
- Arcilla C
- Suelos orgánicos U
- Turba Pt
- Poco compresible L
- Compresible H
- Bien graduado B
- Mal graduado W

CARTA DE PLASTICIDAD



COMPACTACION PROCTOR



RESUMEN DE CARACTERISTICAS DE BANCOS DE PRESTAMO Y CIMENTACION

MUESTRA	LOCALIZACION	PRESTAMO / CIMENTACION	ESTACION	FOLEO M	PROFUNDIDAD	GRANULOMETRIA			LIMITE DE CONSISTENCIA			PROCTOR			COMPRISION TRIAXIAL			CIMENTACION			NOTAS				
						GRAVA %	ARENA %	FINOS %	W _L	W _P	U _c	W ₁	W ₂	W ₃	W ₄	W ₅	W ₆	W ₇	W ₈	W ₉		W ₁₀	W ₁₁	W ₁₂	
2-2	BORDO NORTE	0+140	0+000	2	3.50	31.31	88.69	31.7	16.1	15.6	2.645	CL	1812	15.9	0.499	1077	22.6	0.70	1937	1980	0.676	89.2	10.0	4.5	T. R. H. N. T. R. S. f. i. e. T. R. S. f. i. a.
3-1	BORDO NORTE	0+215	0+000	3	1.50	20.20	79.80	37.2	17.2	20.0	2.641	CL	1802	15.6	0.460	840	13.1	1.021	2081	2143	0.435	79.7	14.6	5.64	T. R. H. N. T. R. S. f. i. e. T. R. S. f. i. a.
3-2	BORDO NORTE	0+215	0+000	3	3.15	26.88	73.12	36.3	14.5	21.8	2.646	CL	1762	18.2	0.502	1650	18.6	0.936	1956	2026	0.604	81.4	9.8	7.0	T. R. H. N. T. R. S. f. i. e. T. R. S. f. i. a.
4-1	BORDO NORTE	0+310	0+000	4	1.35	27.30	72.70	36.2	16.3	19.9	2.710	CL	1845	15.2	0.473	1601	22.1	0.668	1954	2012	0.698	84.9	6.0	5.2	T. R. H. N. T. R. S. f. i. e. T. R. S. f. i. a.
4-2	BORDO NORTE	0+310	0+000	4	3.20	34.20	65.80	30.4	14.0	16.4	2.735	CL	1840	15.3	0.486	1670	19.9	0.908	2002	2059	0.638	85.1	8.1	5.2	T. R. H. N. T. R. S. f. i. e. T. R. S. f. i. a.
4-3	BORDO NORTE	0+310	0+000	4	5.20	29.20	70.80	38.7	16.4	22.3	2.698	CL	1765	17.6	0.529	1596	22.7	0.905	1961	2006	0.698	88.8	8.3	13.0	T. R. H. N. T. R. S. f. i. e. T. R. S. f. i. a.
4-4	BORDO NORTE	0+310	0+000	4	7.20	20.30	79.70	35.1	15.9	19.2	2.689	CL	1790	15.6	0.502	1576	21.9	0.862	1923	1991	0.704	82.7	8.3	7.0	T. R. H. N. T. R. S. f. i. e. T. R. S. f. i. a.
4-5	BORDO NORTE	0+310	0+000	4	9.20	29.40	70.60	30.6	16.8	18.8	2.700	CL	1787	16.9	0.511	1635	21.4	0.914	1985	2030	0.651	80.7	8.7	10.0	T. R. H. N. T. R. S. f. i. e. T. R. S. f. i. a.
4-6	BORDO NORTE	0+310	0+000	4	10.55	14.60	85.40	42.3	18.8	23.5	2.717	CL	1780	17.9	0.526	1636	20.7	0.919	1975	2034	0.661	85.2	10.7	11.0	T. R. H. N. T. R. S. f. i. e. T. R. S. f. i. a.

CONSOLIDACION UNIDIMENSIONAL

MUESTRA	W _i %	W _f %	G _i %	G _f %	e _i	e _f	C _i %	C _f %	CONDICION DE PRUEBA	DEFORMACION UNIDIMENSIONAL	PARA MANTENIMIENTO	NOTAS
									SATUR. INICIAL		CONTINUA	
									SATUR. FINAL		Reparación	
									SATUR. INICIAL			
									SATUR. FINAL			
									SATUR. INICIAL			
									SATUR. FINAL			
									SATUR. INICIAL			
									SATUR. FINAL			
									SATUR. INICIAL			
									SATUR. FINAL			
									SATUR. INICIAL			
									SATUR. FINAL			

NOTAS GENERALES:

SARH SUBSECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA HIDRAULICA
 DIRECCION GENERAL DE OBS. HDS. PARA EL DESARROLLO RURAL
 DIRECCION TECNICA DE INGENIERIA HIDRAULICA
 DEPARTAMENTO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIAS
 MEDIANOS ALMACENAMIENTO
 ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS
 BORDO "VILLA VERDE" NORTE
 CANANEA, SONORA
 Caudales: ING. HECTOR EMILIO VELEZ
 SUBDIRECTOR GENERAL
 ING. HECTOR VELEZ
 DIRECTOR TECNICO
 Aprobado: ING. AURELIO VILLARREAL
 EL DIRECTOR GENERAL
 M.P.C.O. S.F. III TESIS PROFESIONAL

B O R D O S U R

Cálculo del Factor de Seguridad a la tubificación

Fórmulas

$F_{st} = \frac{2c}{C_1 + 1} > 3 \dots \dots \dots \textcircled{1}$

$i = \frac{\Delta H}{L_c} \dots \dots \dots \textcircled{2}$

$\Delta H = \frac{H}{N_p}$

$F_s = \frac{\gamma'_{sat} - i}{i(1+e)}$

DONDE :
 c = cohesión en Ton/m²
 C₁ = componente tangencial del peso de una partícula de volumen unitario.
 i = gradiente hidráulico.
 ΔH = caída de potencial.
 L_c = Longitud total del cuadro de frontera (m)
 H = altura del bordo al nivel del agua.
 N_p = número de equipotenciales.
 γ' = peso vol. saturado.
 e = relación de vacíos.
 γ_{sum} = peso vol. sumergido.

Datos

BORDO	H (m)	c (Ton/m ²)	N _p	e	γ' (Ton/m ³)	C ₁	L _c	
Sur	7.00	9.28	8	13	0.686	1.010	0.25	3.50
Norte	10.20	6.70	8	18	0.630	1.051	0.30	3.60

Substituyendo en las fórmulas los datos anteriores se obtienen los siguientes resultados:

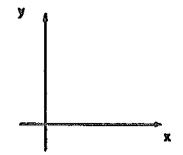
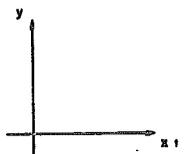
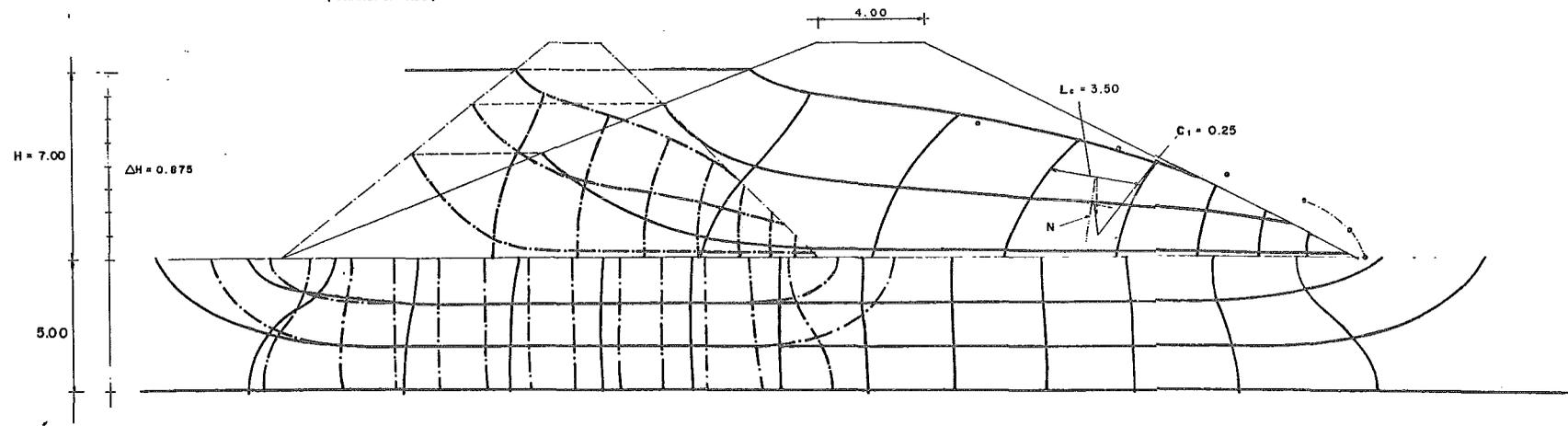
Resultados

BORDO	ΔH	i	F _{st}	F _s	
Sur	0.875	0.538	0.25	37.12	2.40
Norte	1.275	0.567	0.354	20.48	1.82

Notas :
 1- Acolaciones en metros.
 2-
 3-

Red de Flujo en Material Homogéneo (TRANSFORMADO)

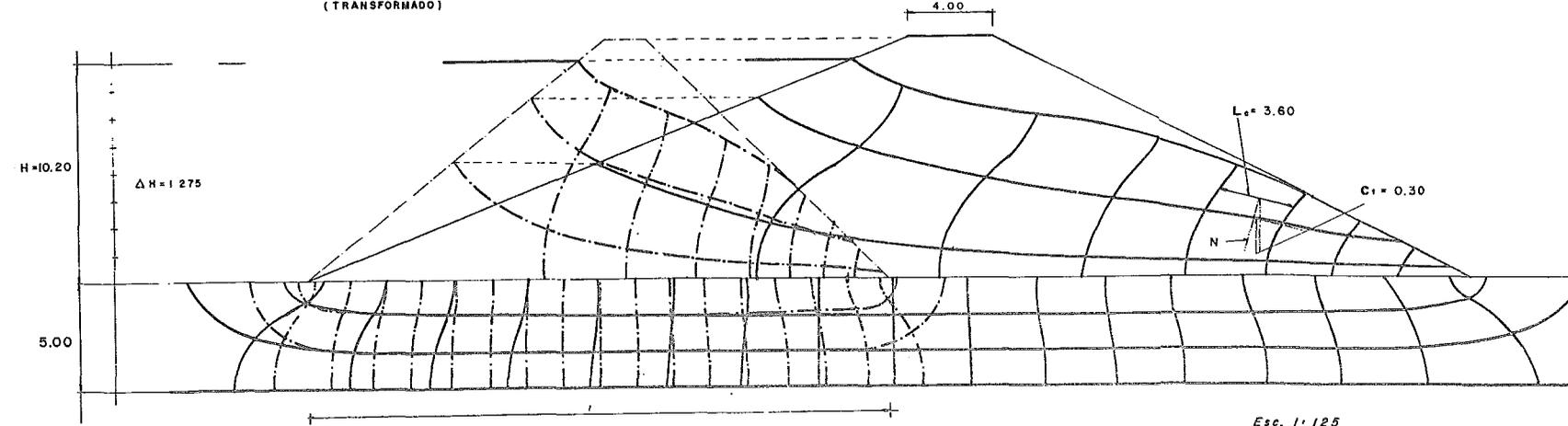
Red de Flujo en Material Anisótropo (REAL)



B O R D O N O R T E

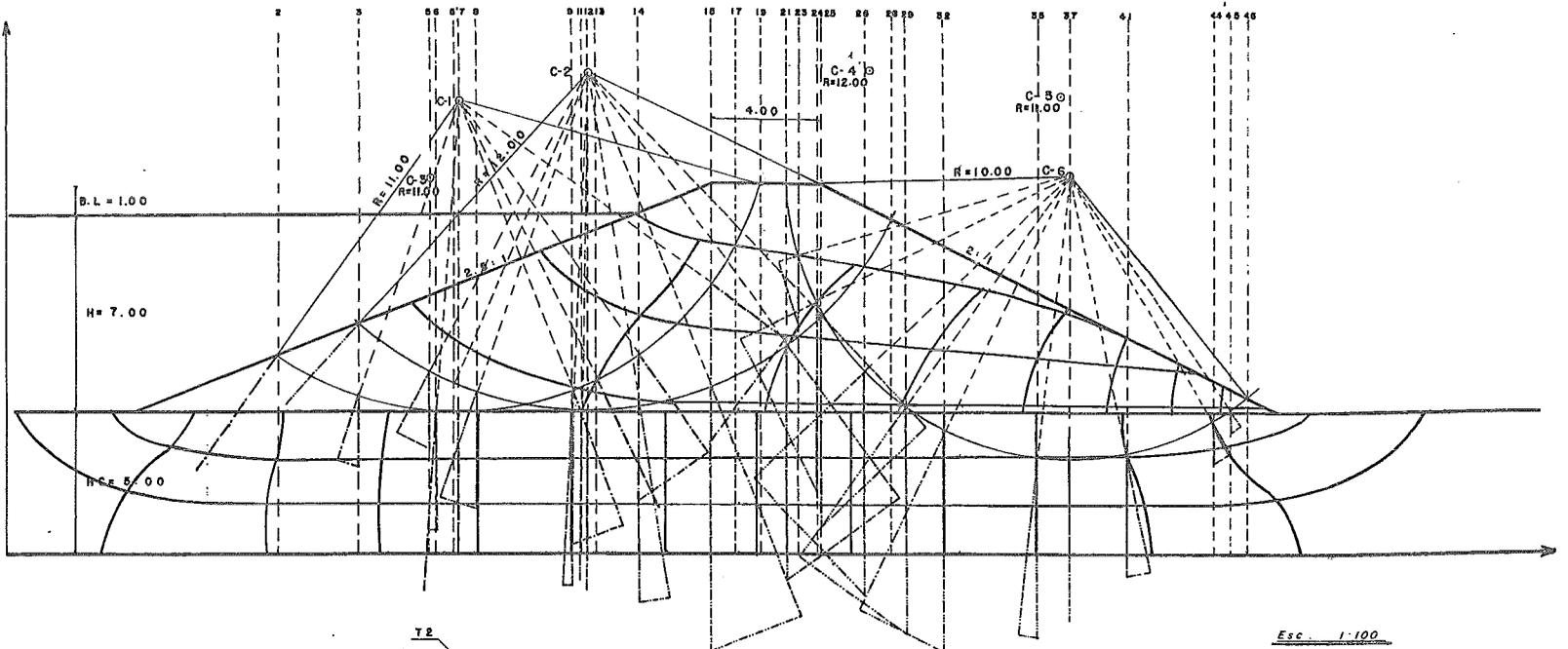
Red de Flujo en Material Homogéneo (TRANSFORMADO)

Red de Flujo en Material Anisótropo (REAL)

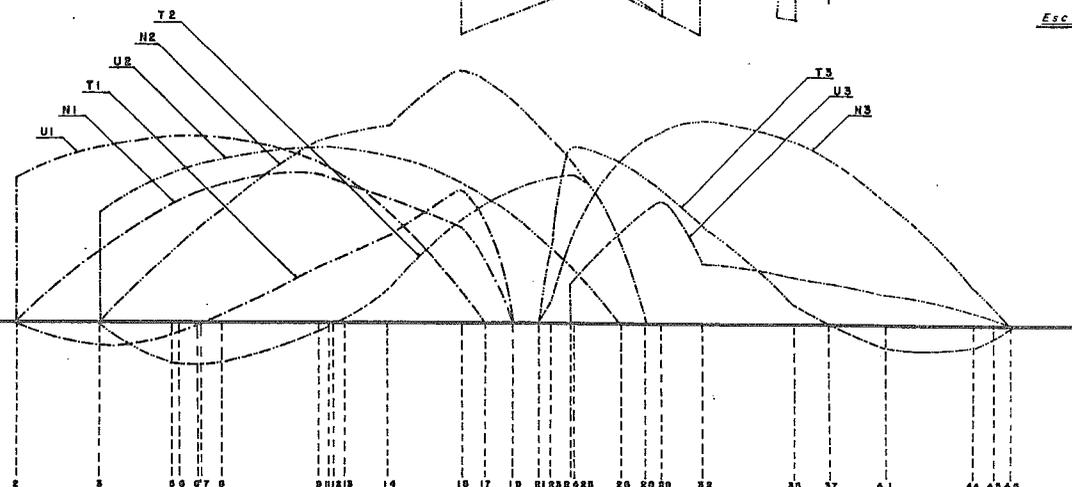


Esc. 1:125

ENEPA ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
 UNQM CARRERA DE INGENIERIA CIVIL
 RED DE FLUJO Y CALCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD A LA TUBIFICACION
 TESIS PROFESIONAL
 ALEJANDRO RONO CIFUENTES
 IGNACIO ROCHA ZAMORA
 JOSE JORGE ZAPOTE MARTINEZ
 ACATLAN, edo MEX 1979 Plano No. 3.1



SONDEO 3	PROPIEDADES MECÁNICAS PROMEDIO DEL MATERIAL	
	BORDO	CIMENTACION
ALTURA (H)	8.00	5.00
γ_{HUM} (T/M ³)	1.988	2.079
γ_{SAT} (T/M ³)	2.01	2.077
γ_{SUH} (T/M ³)	1.01	1.077
ϕ °	4.93	8.4°
TAN ϕ	0.086	0.148
c (T/M ²)	9.28	6.00
K (CM/S)	10 ⁻⁶	10 ⁻⁶



CIR	X	Y	R	$\alpha - c$	L	C	CL	TAN ϕ	N	U	$N - U \cos \phi$	T	F.S.
1	15.85	16.00	11.00	109°	20.920	9.28	194.20	0.086	59.83	81.49	-1.86	21.0	9.16
2	20.35	17.00	12.00	106°	22.20	9.28	206.02	0.086	67.05	85.10	1.20	28.23	7.34
3	14.80	13.30	11.00	84° 82°	10.37 18.74	9.28 6.00	90.21 8.25	0.117	95.0	85.08	1.16	28.04	4.10
4	30.35	17.10	12.00	103°	21.87	9.28	200.19	0.086	109.20	80.54	4.18	18.59	13.11
5	37.10	16.15	11.00	101°	19.39	9.28	170.94	0.086	58.03	32.97	2.18	24.81	7.34
6	37.80	13.40	10.00	89° 88°	10.30 11.87	9.28 6.00	95.59 71.22	0.117	73.18	26.83	5.42	29.94	5.75

$$L = \frac{RT \cos \phi}{180}$$

$$F.S. = \frac{(N-U) \tan \phi + CL}{T}$$

B O R D O S U R

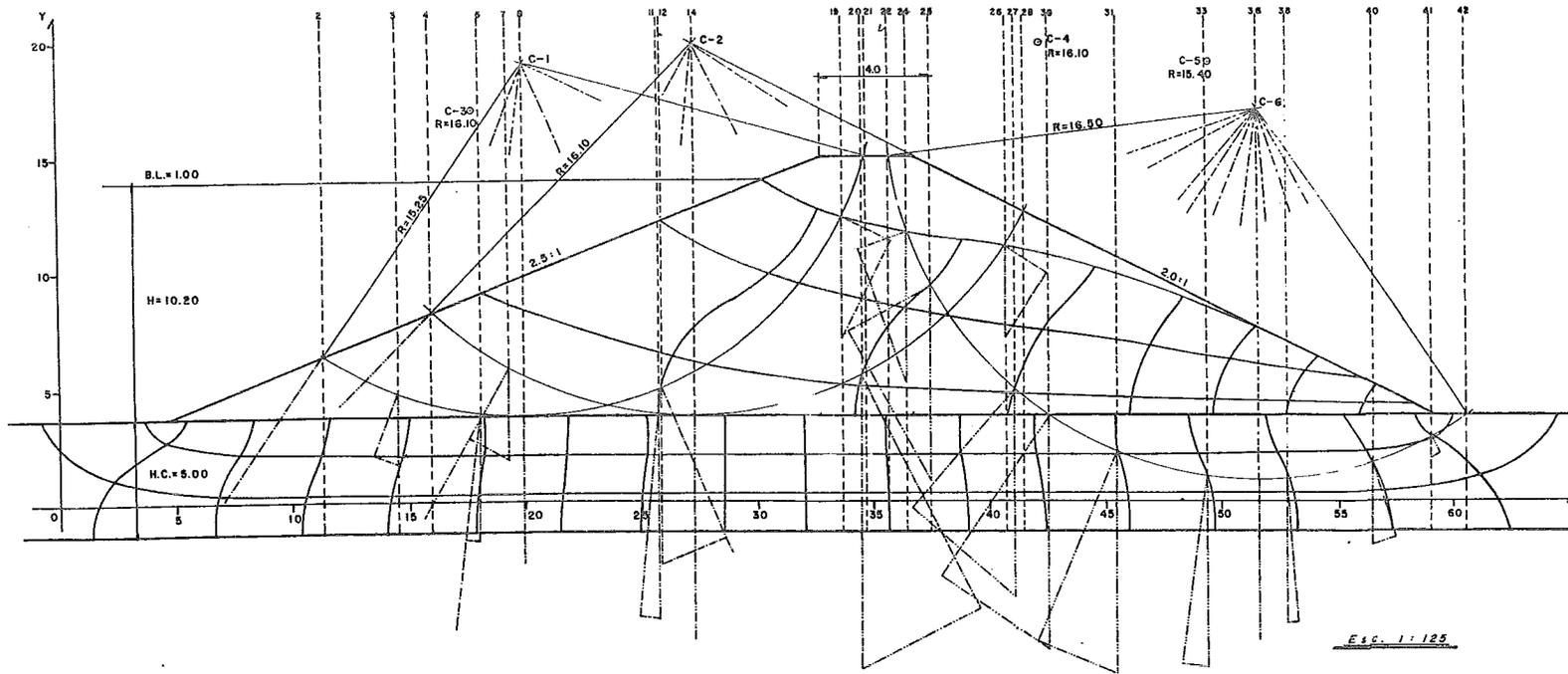
SONDEO N° 3 (SECCION TRANSVERSAL)

ENEPA ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ACATLAN
UNQM CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

ESTABILIDAD TALUDES COND. FINAL B S

TESIS PROFESIONAL
ALEJANDRO ROMO CIFUENTES
IGNACIO ROCHA ZAMORA
JOSE JORGE ZAPOTE MARTINEZ

ACATLAN, Gto. NEX. 1979 Plano No. 3.2

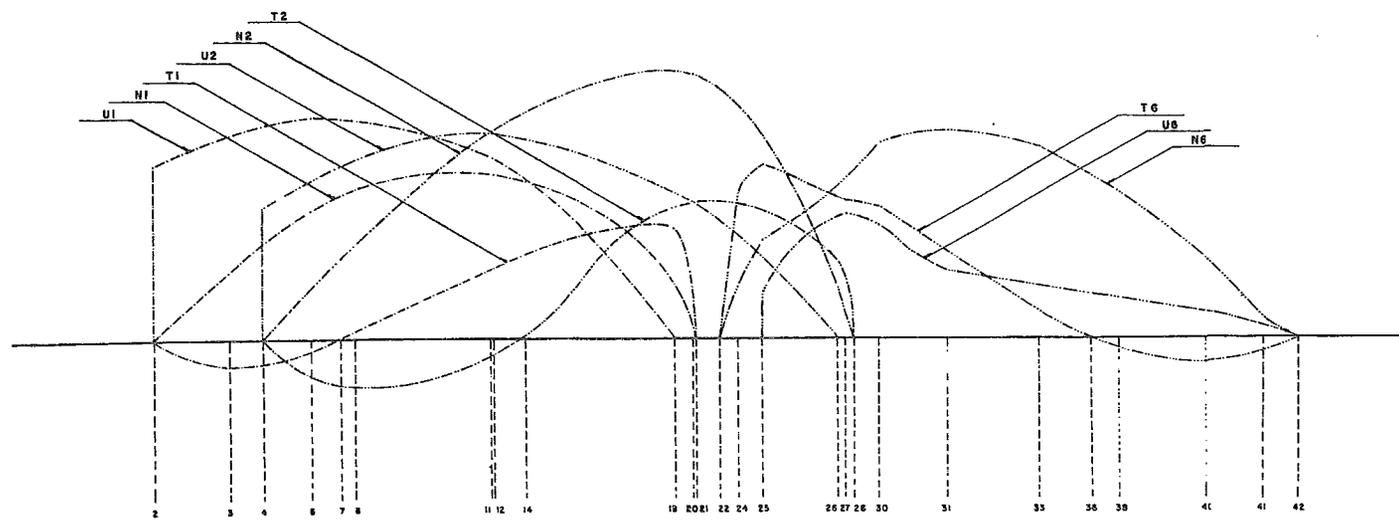


SONDEO 4	PROPIEDADES MECANICAS PROMEDIO DEL MATERIAL	
	BORDO	CIMENTACION
AL T U R A (M)	11.20	5.00
γ H ₂ O (T/M ³)	1.987	2.116
γ SAT. (T/M ³)	2.051	2.112
γ SUM. (T/M ³)	1.051	1.112
θ °	3.30	13.55
TANG ϕ	0.058	0.241
C (T/M ²)	6.70	5.92
K (CM/S)	10 ⁻⁵	10 ⁻⁵

CIR	X	Y	R	α °	L	C	CL	TAN θ	N	U	N-U/T	T	F.S.
1	20.0	19.0	15.25	108.5°	28.88	6.70	193.48	0.058	114.972	161.29	-2.69	47.66	4.00
2	27.3	19.8	16.10	107°	30.07	6.70	201.45	0.058	188.87	161.85	1.57	36.56	5.71
3	17.9	17.0	16.10	55°	15.45	5.92	103.55	0.149	161.475	162.06	-0.097	42.56	5.13
4	42.3	19.8	16.10	103°	28.94	6.70	193.52	0.058	177.10	107.80	4.02	37.099	6.34
5	49.6	19.0	16.40	101°	27.16	6.70	181.88	0.058	105.335	99.63	3.61	45.99	4.04
6	51.7	17.0	16.80	48.5°	15.97	5.92	115.93	0.149	121.197	64.03	9.59	59.07	3.71

$$L = \frac{R \sin \alpha}{100}$$

$$F.S. = \frac{(N-U) \tan \theta + CL}{T}$$



Esc. 1:125

B O R D O N O R T E

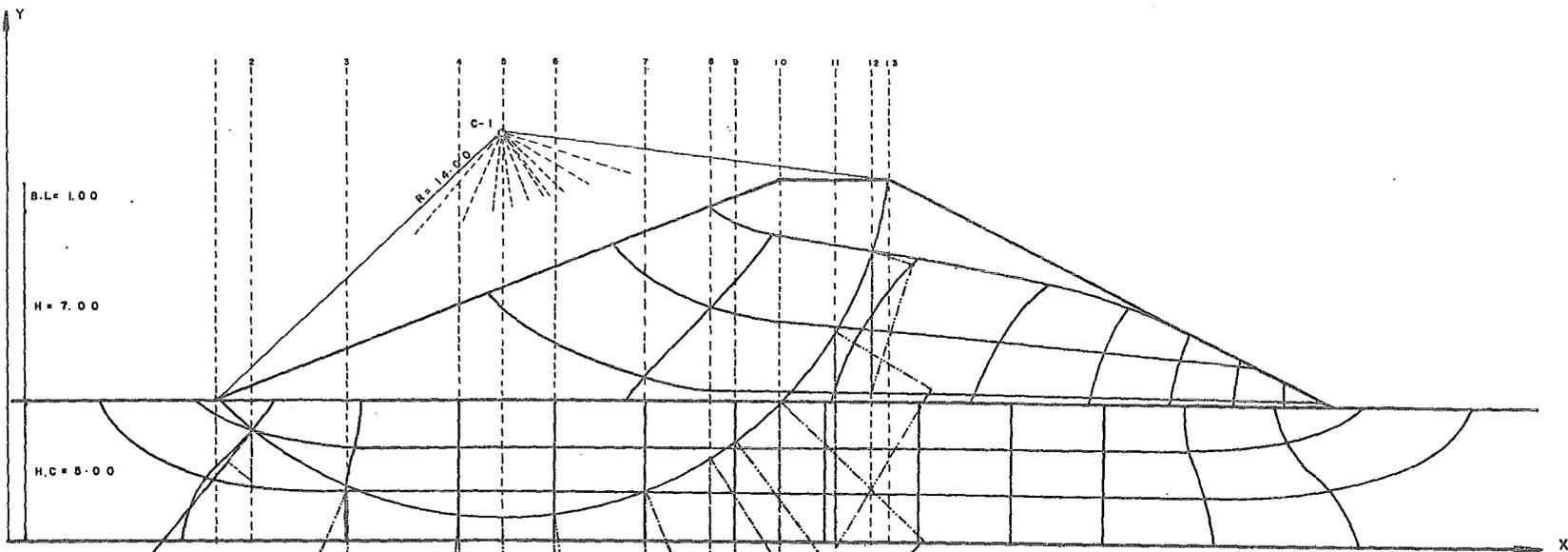
SONDEO No 4 (SECCION TRANSVERSAL)

ENEPA ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
 UNQM CARRERA DE INGENIERIA CIVIL
 ACATLAN

ESTABILIDAD COND. FINAL (B.N.)

TESIS PROFESIONAL
 ALEJANDRO ROMO CIFUENTES
 IGNACIO ROCHA ZAMORA
 JOSE JORGE ZAPOTE MARTINEZ

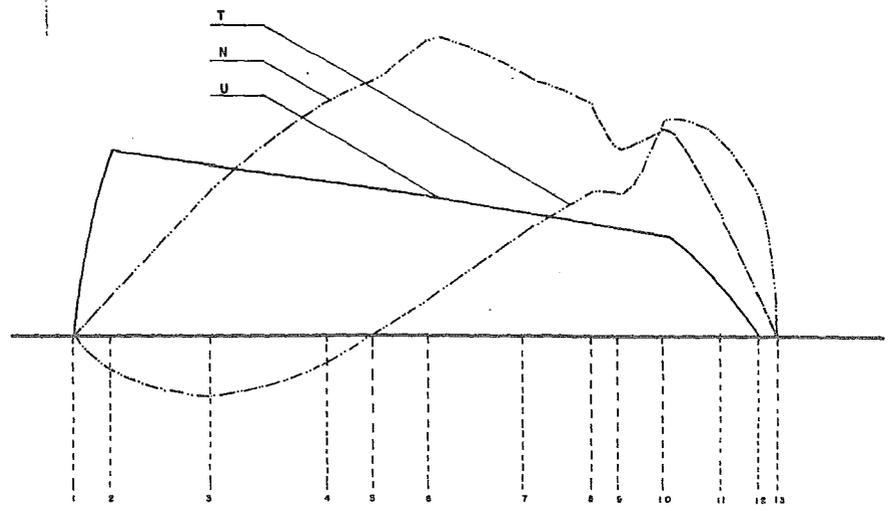
ACATLAN, edo. MEX. 1979 Plano No. 3.3



SONDEO 3	PROPIEDADES MECANICAS PROMEDIO DEL MATERIAL	
	BORDO	CIMENTACION
ALTIMA (M)	8.00	5.00
% HUM. (T/M ³)	1.965	2.079
% SAT. (T/M ³)	2.01	2.077
% SUM. (T/M ³)	1.01	1.077
ϕ°	4.93	0.4
TANG ϕ°	0.086	0.148
C (T/M ²)	9.28	6.00
K (CM/S)	10 ⁻⁶	10 ⁻⁶

S-3	X	Y	R	α°	L	C	CL	TANG	N	U	N-U	T	F.S.
1	17.70	9.70	14.00	375° 92.5°	9.16 22.60	9.28 6.00	220.70	0.117	155.36	107.16	5.64	43.42	5.21

Esc. 1:100



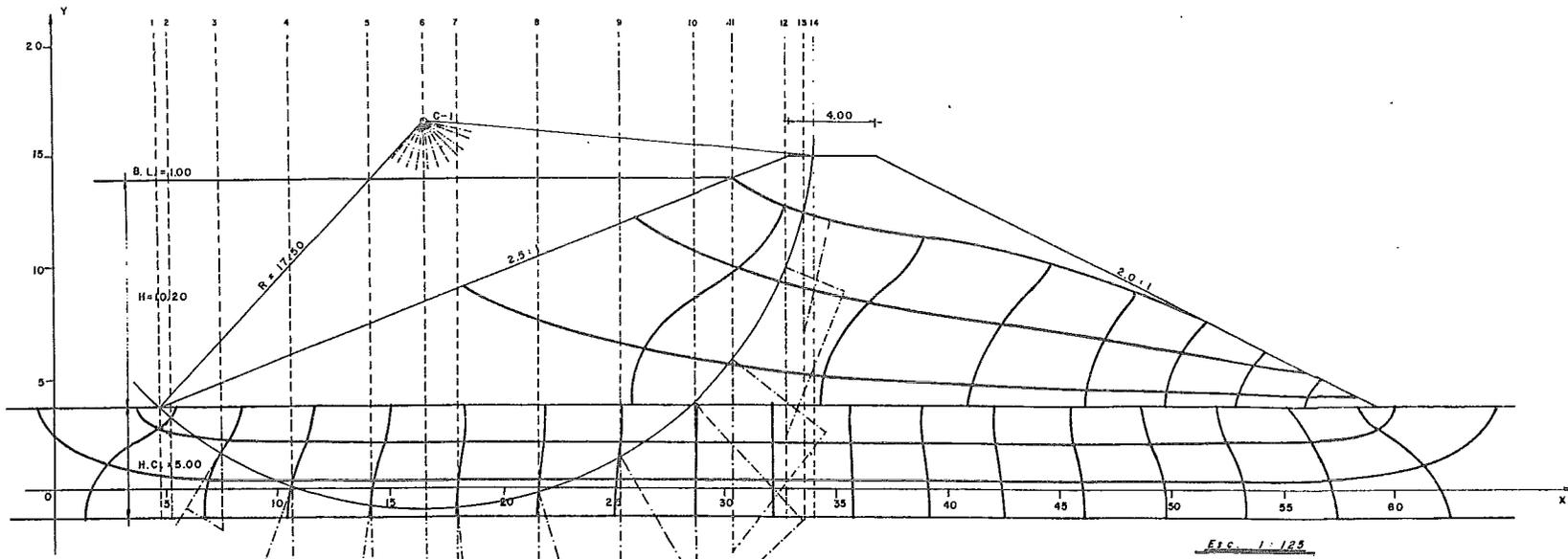
$$L = \frac{R \sin \alpha^\circ}{180}$$

$$F.S. = \frac{(N-U) \tan \phi + CL}{T}$$

B O R D O S U R

SONDEO N° 3 (SECCION TRANSVERSAL)

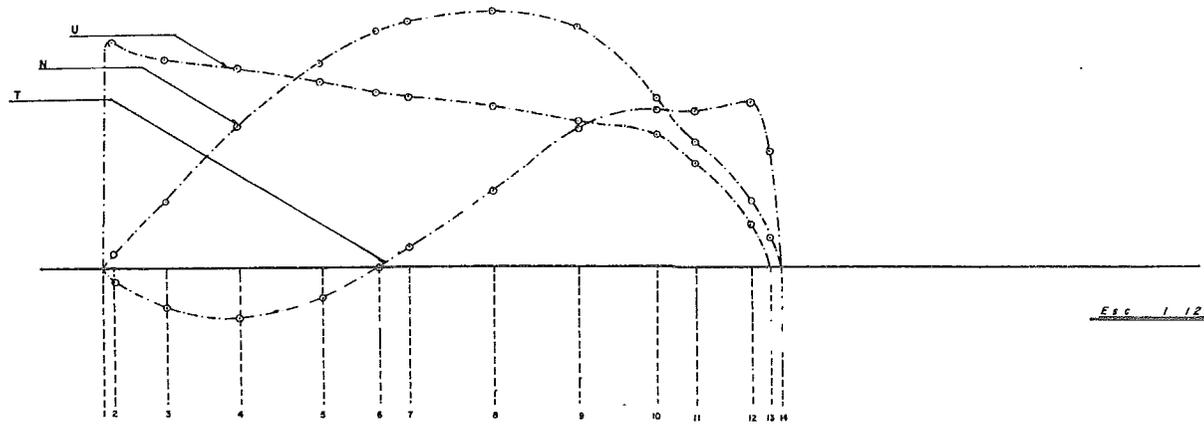
ENEPA ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
 undm A CATLAN
 CARRERA DE INGENIERIA CIVIL
 ESTAB. TALUDES COND. VACIADO RAPIDO B S
 TESIS PROFESIONAL
 ALEJANDRO ROMO CIFUENTES
 IGNACIO ROCHA ZAMORA
 JOSE JORGE ZAPOTE MARTINEZ
 A CATLAN, G. DO. NEX. 1979 Plano N. 3.4



SONDEO 4	PROPIEDADES MECANICAS PROMEDIO DEL MATERIAL	
	B O R D O	C I M E N T A C I O N
AL T U R A (M)	11.20	5.00
γ HUM. (T/M ³)	1.987	2.116
γ SAT. (T/M ³)	2.051	2.112
γ BUM. (T/M ³)	1.051	1.112
ϕ °	3.300	13.55
T A N G ϕ	0.058	0.241
C (T/M ²)	6.70	5.92
K (cm/seg)	10 ⁻⁵	10 ⁻⁵

Exc. 1-125

9-4 CR	X	Y	R	$e \cdot L$	L	C	CL	TAN ϕ	N	U	$(N-U) \tan \phi$	T	F B
C-1	16.70	6.55	17.50	42.25 84.95	12.90 25.95	6.70 5.92	266.00	0.150	24.634	96.365	2.77	66162	4.06



$$L = \frac{RT \cdot \phi}{180}$$

$$F.B. = \frac{(N-U) \tan \phi + CL}{T}$$

Exc. 1-125

B O R D O N O R T E

SONDEO No. 4 (SECCION TRANSVERSAL)

ENEP ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
 UNAM ACATLAN
 CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

ESTABILIDAD COND. VACIADO RAP. (B.N)

TESIS PROFESIONAL
 ALEJANDRO ROMO CIFUENTES
 IGNACIO ROCHA ZAMORA
 JOSE JORGE ZAPOTE MARTINEZ

ACATLAN, edo. MEX. 1979 Plano No. 3.5