



24  
2 Ecu.

**Universidad Nacional Autónoma de  
México**

---

---

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**ESTUDIO PARA LA REHABILITACION  
FISICA DE PUERTO MADERO, CHIAPAS**

**TESIS PROFESIONAL  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO CIVIL  
P R E S E N T A:  
Macario Alfredo Briseño Carmona**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## INDICE.

### CAPITULO UNO.

#### 1.- Antecedentes.

### CAPITULO DOS.

#### 2.- Situación Actual.

- 2.1.- Aspectos físicos.
- 2.2.- Aspectos operativos.
- 2.3.- Actividad comercial.
- 2.4.- Actividad pesquera.
- 2.5.- Actividad turística.

### CAPITULO TRES.

#### 3.- Análisis Sedimentológico.

- 3.1.- Batimetría.
- 3.2.- Análisis retrospectivo.
- 3.3.- Transporte litoral.
- 3.4.- Estabilidad del seno de escollera.

### CAPITULO CUATRO.

#### 4.- Análisis Hidrodinámico.

- 4.1.- Tránsito de escurrimientos en canales.
- 4.2.- Corrientes por marea.
- 4.3.- Corrientes por oleaje.

**CAPITULO CINCO.**

**5.- Diagnóstico.**

**CAPITULO SEIS.**

**6.- Acciones propositivas.**

**CAPITULO SIETE.**

**7.- Conclusiones.**

**APENDICE "A".**

**PLANOS.**

**BIBLIOGRAFIA.**

## CAPITULO 1

### ANTECEDENTES.

Puerto Madero surge de la inquietud y, a la vez, como resultado de una serie de estudios e investigaciones tendientes a habilitar una terminal marítima en el litoral de Chiapas, tomando como base para su justificación la problemática que -- presentaba el dar salida a la producción agrícola de la región, que desde principios de siglo se ha caracterizado por su abundancia en especies como el café, cacao, algodón, caña de azúcar y principalmente plátano, lo que permitió pensar que esta producción podría en gran parte incorporarse al comercio exterior y fortalecer el comercio con Centro América, vía un puerto en esta parte del país; a lo anterior, posteriormente se añadió la posibilidad de desarrollar una actividad pesquera, dado el potencial marino que, en grandes volúmenes permanecía aún sin ser explotado y aprovechado en forma comercial.

Tomando en cuenta los elementos justificativos mencionados anteriormente, en 1956 se realizaron los estudios físicos correspondientes para definir la ubicación adecuada del puerto, encontrándose dos alternativas válidas, la primera de las cuales, con ligero margen a su favor, en Paredón y la se

gunda situada en Puerto Madero. Hacia 1970 y como respuesta a las inquietudes de productores y transportistas de la región, se realizan los estudios de factibilidad; iniciándose las obras de construcción del puerto en 1972, para quedar terminadas en su primera etapa tres años después e inauguradas en ese mismo año, 1975. De los estudios justificativos que se realizaron para el establecimiento del puerto, se puede destacar que, desde el punto de vista del impacto económico para la región, todos resultaban viables y congruentes con las políticas de desarrollo regional prevalecientes en ese entonces; las proyecciones realizadas sobre los volúmenes de producción y exportación esperadas en un futuro no lejano, tal vez fueron demasiado optimistas en relación a los movimientos reales que posteriormente se observaron en el puerto.

Antes de la puesta en marcha del puerto, toda la producción regional contaba con dos mercados: el interno para la satisfacción propia de la región y el externo que fluía a través de transporte terrestre hacia el centro y norte del país y los EE.UU., siendo los principales transportes utilizados el ferrocarril y camiones refrigerados. Parte de la producción salía vía ferrocarril hacia Puerto México (hoy Coatsacoalcos) para su embarque y exportación. Hoy la situación no ha variado mucho respecto de aquellos años, no obstante la existencia de Puerto Madero.

A diferencia de otros puertos, Puerto Madero fué inaugurado contando ya con una empresa de servicios portuarios, la cual se denomina Empresa de Servicios Portuarios de Francisco I.

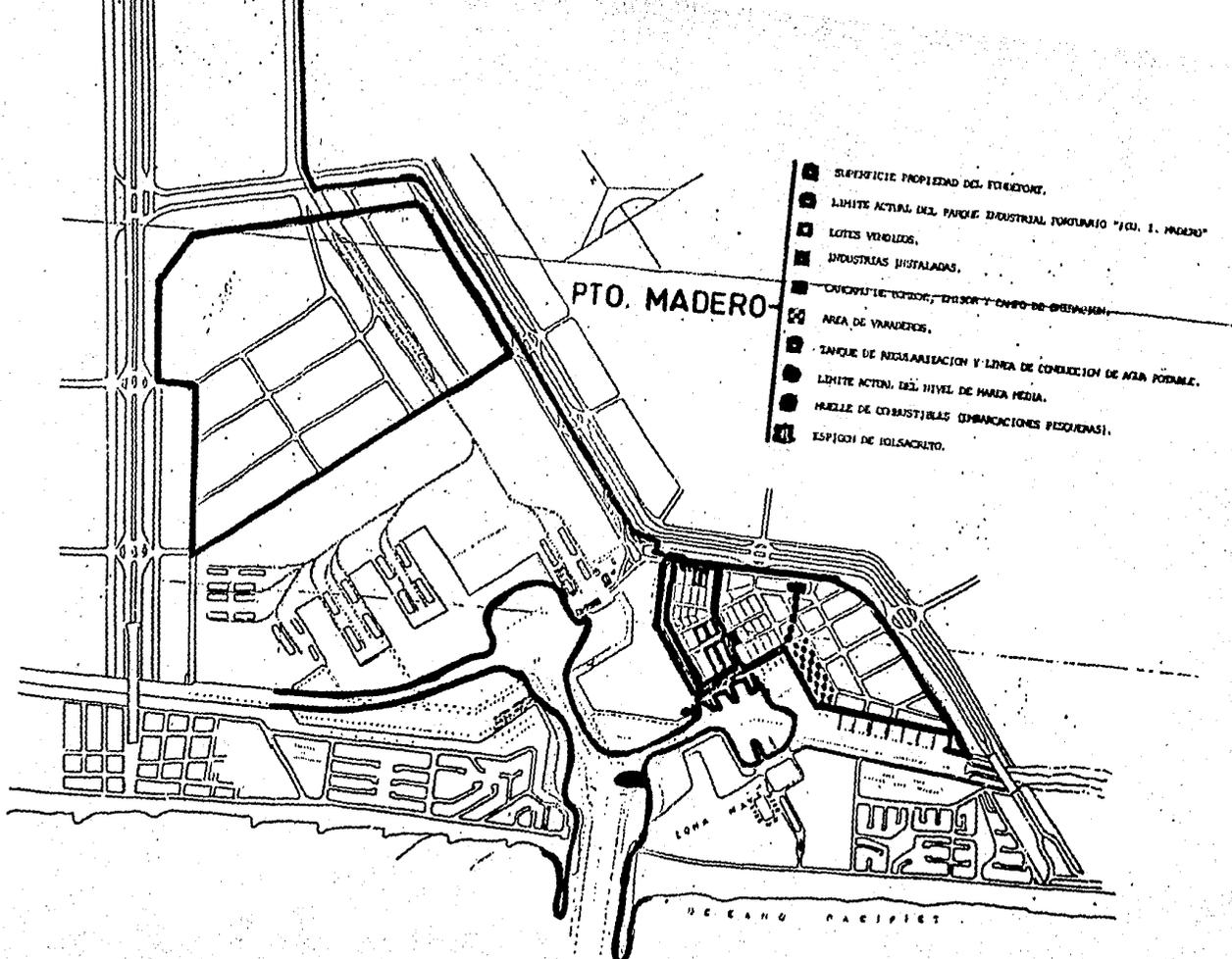
Madero y empezó a funcionar con un gerente y una secretaria, en tanto que el personal para las funciones de carga y descarga procedía de Tapachula. El equipo con el que empezó a funcionar consistió en montacargas y transportadores para plátano. En 1978, este equipo fué incrementado con dos montacargas más, una grúa y dos transportadores para plátano, en 1979 se aumentó con 30 plataformas para carga general, 3 tractores industriales para arrastre y 3 montacargas.

Los servicios que prestaba la empresa en sus inicios, se reducían a operaciones de carga y descarga, y aunque fué constituida en 1973, su operación se inició con la inauguración del puerto en 1975. Sin embargo, durante su período de operación, pasó por una serie de obstáculos, derivados muchos de ellos por falta de equipo y personal y otros por la inactividad del puerto, a tal grado que estuvo a punto de ser liquidada, transfiriendo parte del equipo a la empresa de Salina Cruz, Oaxaca.

LOCALIZACION DE PUERTO MADERO, CHIAPAS.



PUERTO MADERO,  
CHIAPAS.



PTO. MADERO

- 1 SUPERFICIE PROPIEDAD DEL ESTADO.
- 2 LIMITE ACTUAL DEL PARQUE INDUSTRIAL FORTUNATO "PU. I. MADERO"
- 3 LOTES VERTICALES.
- 4 INDUSTRIAS INSTALADAS.
- 5 CANTON DE LOS RIOS, EDIFICIO Y EMPALME DE OBTENCION.
- 6 AREA DE VIVEROS.
- 7 TANQUE DE REGULACION Y LINEA DE CONDUCCION DE AGUA POTABLE.
- 8 LIMITE ACTUAL DEL NIVEL DE MAREA MEDIA.
- 9 MUELLE DE COMBUSTIBLES (EMBARCACIONES PESQUERAS).
- 10 ESPACIO DE SOLSACRITO.

OCEANO PACIFICO

## CAPITULO 2

### SITUACION ACTUAL.

La situación de inactividad y carencia en la prestación de servicios por los que atravieza en la actualidad Puerto Madero y la Empresa de Servicios Portuarios de Francisco I. Madero en el retraso económico de aquella región y en el desarrollo de la actividad pesquera que escasamente se ha implementado. La actividad comercial realizada a través del puerto, de por si escasa se ha visto aún más reducida, a tal grado - que en los últimos años, no se ha verificado movimiento comercial en el puerto.

Por otro lado, la razón de ser una empresa de servicios portuarios en ese puerto es la manifestación de actividad comercial, pesquera, turística, etc., sin embargo, al presentar el puerto problemas físicos que impiden el desarrollo de estas actividades, lógicamente la empresa pierde toda justificación, tal vez fué la causa de que se pretendiera liquidarla hace unos años, además de otros problemas administrativos.

## 2.1.- Aspectos Físicos.

Uno de los principales problemas que ha originado la inactividad en el puerto es el físico. Desde la construcción se observó un fuerte transporte litoral con el consecuente azolvamiento de la escollera oriente, el cual sumado al transporte ocasionado por los temporales y al escaso mantenimiento producto de la misma inactividad, el deterioro de las instalaciones se ha incrementado a tal grado, que se tienen las siguientes condiciones:

- El morro de la escollera poniente se encuentra destruido.
- En la escollera oriente se observa movimiento y deslizamiento de las piedras dejando paso a la corriente marina en algunos puntos.
- El mar ha ganado terreno al muro de protección entre la escollera poniente y el espigón que se encuentra en la cercana del poblado Cabildos, ocasionando con ello serios daños a la carretera Puerto Madero - Tapachula.
- El acarreo litoral que es transportado tanto en el fondo como en suspensión, ha originado el bloqueo del acceso a la dársena de pesca.
- La continua erosión que se presenta principalmente en el seno de la escollera Oriente amenaza los terrenos del poblado de Puerto Madero y los de la base naval.

De acuerdo a lo anterior, se concluye que la problemática en el aspecto físico, tiene gran importancia en la situación actual, sin ser la única, ya que en fecha anterior a la presencia de ésta, el puerto se utilizaba escasamente para la

actividad comercial y pesquera.

## 2.2.- Aspectos Operativos.

En lo que concierne a la actividad comercial del puerto y su desarrollo hasta la fecha, hay que recordar que el dimensionamiento y la factibilidad del mismo fué realizado partiendo de estimaciones sobre el movimiento de altura y cabotaje esperado de acuerdo a los volúmenes de producción de la zona de influencia, y la parte de que ella se destinaría al comercio de exportación, además se consideraron acciones tendientes a complementar el desarrollo y movimiento del puerto, tales como la implementación de proyectos industriales en -- otras ramas de la economía como la azucarera, la silvicultura, ganadería y pesca que complementaron la demanda de servicios en el puerto. Es decir, tanto la factibilidad como el movimiento comercial en el puerto, están en función de un desarrollo económico regional que ha estado lejos de alcanzarse.

Otro aspecto importante que afecta en forma directa sobre la escasa actividad comercial del puerto, es la renuencia por parte de los productores de la región a hacer uso de las ingtalaciones del puerto para movilizar sus productos, prefiriendo el transporte terrestre hasta Coatzacoalcos y de ahí al exterior. Los argumentos de los productores son: las tarifas excesivas aplicadas al plátano, la ineficiente capacidad en el manejo del producto, derivado de la insuficiencia de equipo adecuado y mano de obra especializada y la falta de equipo

una flota mercante adecuada.

### 2.3.- Actividad Comercial.

En lo que respecta a la actividad comercial, Puerto Madero - se ha caracterizado por un escaso movimiento. En efecto, de 1976 a 1982 entraron por el puerto en movimiento de altura - 23,336 tons. en total, siendo el producto principal fertilizantes que a partir de 1979 dejaron de entrar al igual que - las cajas de cartón para el empaque del plátano; en 1978 y - 1979 se registró entrada de maquinaria y en 1981 sólo de cemento. En lo que se refiere a las exportaciones, el único -- producto exportado fué plátano, que durante el mismo lapso - ascendió a 9,360 tons. en total y, que a partir de 1980, ha - dejado de moverse por el puerto. El movimiento de cabotaje - es prácticamente nulo en el puerto. La situación se ha agudizado a tal grado que en 1982 y 1983 no registró ningún movimiento.

### 2.4.- Actividad Pesquera.

La actividad pesquera de 1975 a 1980 representó un volumen - de captura que no rebasó las 500 toneladas anuales. En 1981 - se mostró una mejoría en las capturas alcanzándose 1,852 toneladas y en 1982 fueron 3,500. No obstante, tomando en cuenta que el potencial marino y la infraestructura portuaria -- existente, se puede considerar una reducción en los volúmenes mencionados.

Por otra parte, las capturas no se encuentran muy diversificadas; siendo las especies principales el tiburón, el camarón y algunas de escama. Esta escasa diversificación, obedece a que no se cuenta con una flota pesquera de altura y a que no existe aún en tierra las industrias y almacenes adecuados para estimular a los pescadores y al mismo tiempo fortalecer la industria pesquera, pues actualmente el único producto industrializado es el tiburón, y solo en forma artesanal. La flota pesquera que operó en 1981, consistió en 5 embarcaciones escameras, para la captura de tiburón y 52 menores; en 1982 operaron 10 camaroneras y 52 menores y en 1983, prácticamente no operaron, ya que en el canal que conduce a la dársena de pesca quedó asolvado impidiendo cualquier movimiento. El constante asolvamiento ocasionado por el transporte litoral, obligó a los pescadores a desplazarse hacia Salina Cruz, Oaxaca, y a un mantenimiento periódico. Esta situación, ha ocasionado que se pierda el interés por la actividad al no ofrecer seguridad a las embarcaciones, que ante el temor por parte de los pescadores de quedar atrapados, prefieren desplazarse a otros lugares o simplemente no salir a pescar.

La situación de la actividad pesquera en el puerto, no solo es cuestión de capturas y embarcaciones, también se relaciona con la insuficiente infraestructura urbana del parque industrial como es la escasez de agua y energía eléctrica, aunque las obras de atraque en la zona de pesca resultan excesivas, la capacidad de operación es de 18 embarcaciones escameras, 18 camaroneras y 20 de pesca de altura contra lo que realmente opera, que son: 11 camaroneras y 400 pangas tiburó

neras.

Otro problema que se presenta y que afecta directamente a la actividad pesquera es, por una parte, la escasez de créditos a los pescadores para la adquisición de embarcaciones, equipo y artes de pesca y, por la otra la escasa captura que realizan, lo que a su vez no permitiría garantizar el pago de dichos créditos.

#### 2.5.- Actividad Turística.

La actividad turística es un aspecto que en la planeación no presentaba grandes perspectivas, y pese a la falta de servicios para el turismo de yates, se presenta un volumen aproximado de 250 yates al año y más de 750 pasajeros, que permanecen alrededor de 3 días en el puerto, teniendo que realizar un conjunto de trámites y avituallarse sin la menor orientación y facilidades.

Sin embargo, la actividad persiste, ya que la ubicación geográfica sitúa al puerto como último lugar estratégico para los yatistas que se dirigen a los sitios atractivos de Centro América, tales como Punta Arenas y Golfito en Costa Rica y finalmente Panamá.

## CAPITULO 3

### ANALISIS SEDIMENTOLOGICO.

A fin de poder determinar las causas del problema de asolve\_ en los canales de Puerto Madero se presentan a continuación\_ una serie de datos y cálculos.

#### 3.1.- Batimetría.

Los levantamientos batimétricos en que se basa este estudio\_ están en los planos:

No. 1. Batimetría General.

" 2. " de Detalle.

" 3. " interior realizada en Marzo de 1983.

" 4. " " " Diciembre de 1983.

" 5. " " " Febrero de 1983.

En estos planos las profundidades, en metros, están referi-- das al N.M.M. y el norte considerado es el astronómico. La - batimetría general es una ampliación de la carta SM600, de - la Secretaría de Marina. Los demás levantamientos fueron he- chos por la Dirección General de Obras Marítimas.

### 3.2.- Análisis Retrospectivo.

Para el análisis cabe reconstruir ciertos hechos; según reportes del lugar, hasta antes del mes de Mayo de 1984, las profundidades en los canales eran aceptables, de 8 m. en el canal principal y 5 m. en el pesquero, a fines de Mayo y en el mes de Junio se registraron fuertes tormentas en el área, que provocaron la evolución del azolvamiento hasta registrar 2 m. arriba del nivel del mar a la entrada del canal de pesca.

A partir de la información batimétrica disponible del puerto (Marzo 1983, Diciembre 1983 y Febrero 1984.), se calculó el movimiento de material sólido en los canales, los resultados aparecen en el cuadro 3.1.1. En los resultados puede observarse que en el período de Marzo a Diciembre ocurrió un azolve de más de  $200\ 000\ m^3$  en el canal de acceso, mientras que de Diciembre a Febrero una erosión de aproximadamente  $160\ 000\ m^3$ , de los cuales no son valores absolutos debido a que se realizaron dragados.

Al comparar las batimetrías en planta en la zona de senos de escollera y la bifurcación del canal principal, en los canales pesquero y comercial puede observarse que en el período de Marzo a Diciembre, se presenta una importante socavación en el seno de escollera y un fuerte azolvamiento en el canal principal y entrada al puerto pesquero, éste último prácticamente cerrado. La siguiente comparación en donde se muestra el avance del espigón de protección de azolves en el seno de escollera, se aprecia la retención del material y la erosión

Cuadro 3.1.1.- Determinación del movimiento del material sólido en los canales de Puerto Madero.

Sec. Fig. 1-A	Dist. (m)	Area (m <sup>2</sup> )			Transporte (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )		Trans. Neto (11 me- ses)
		1a.	2a.	3a.			
					1a y 2a	2a y 3a	
1	895	1,867	1,802	1,866	-175	+105	-70
2		979	652	822			
2	130	979	652	822	-31	+20	-11
5		667	521	659			
3	210	313	524	342	+27	-24	+3
m		533	576	527			
4	210	457	427	430	+4	-5	-4
5		667	521	659			
6	345	837	787	1,032	-36	+66	+30
				TOTAL			

(-) Sedimentación

(+) Erosión y/o Dragado

1a. Batimetría: Marzo 1983

2a. Batimetría: Diciembre 1983

3a. Batimetría: Febrero 1984.

PUERTO MADERO, CHIS.

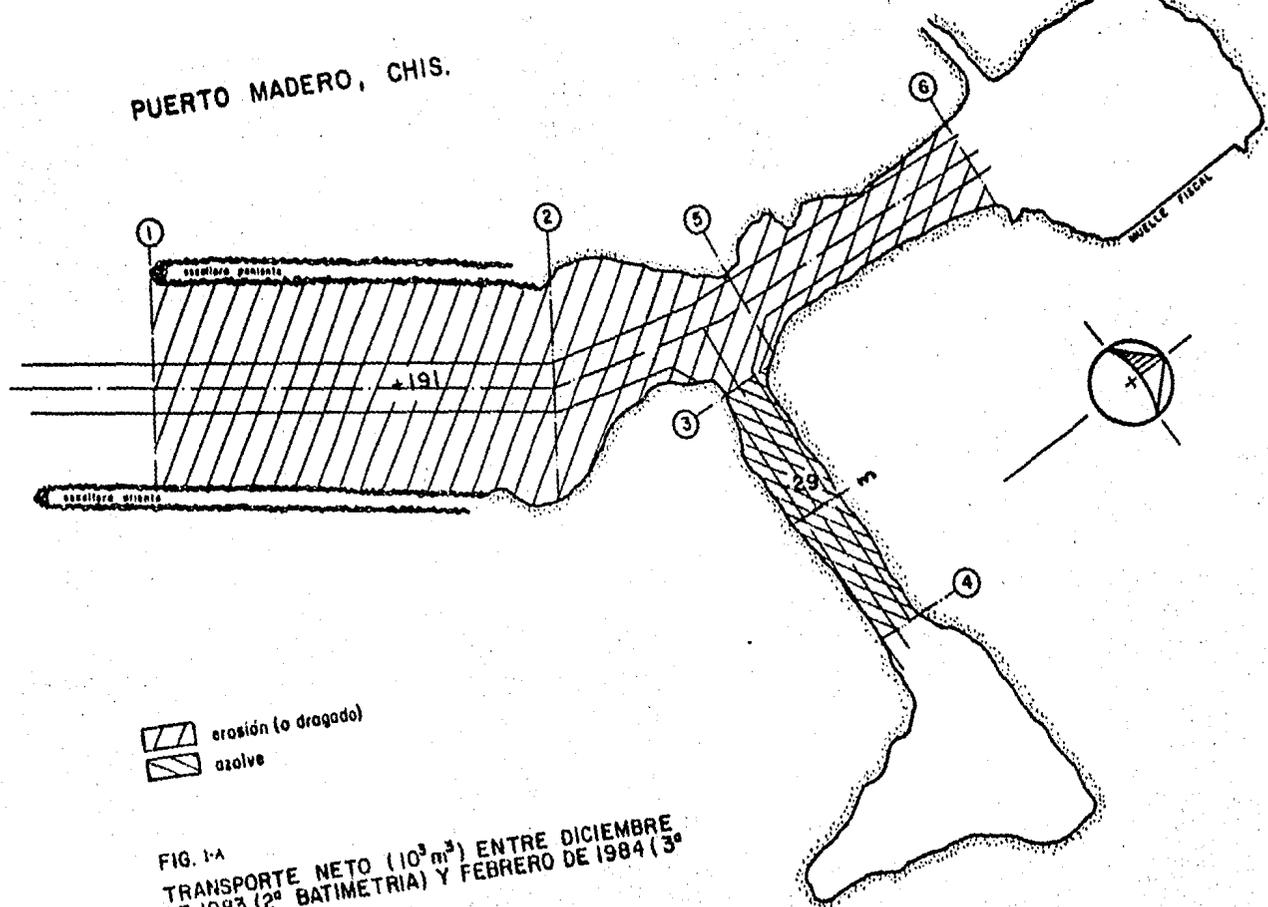


FIG. 1-A  
TRANSPORTE NETO ( $10^3 \text{ m}^3$ ) ENTRE DICIEMBRE  
DE 1983 (2ª BATIMETRIA) Y FEBRERO DE 1984 (3ª  
BATIMETRIA).

PUERTO MADERO, CHIS.

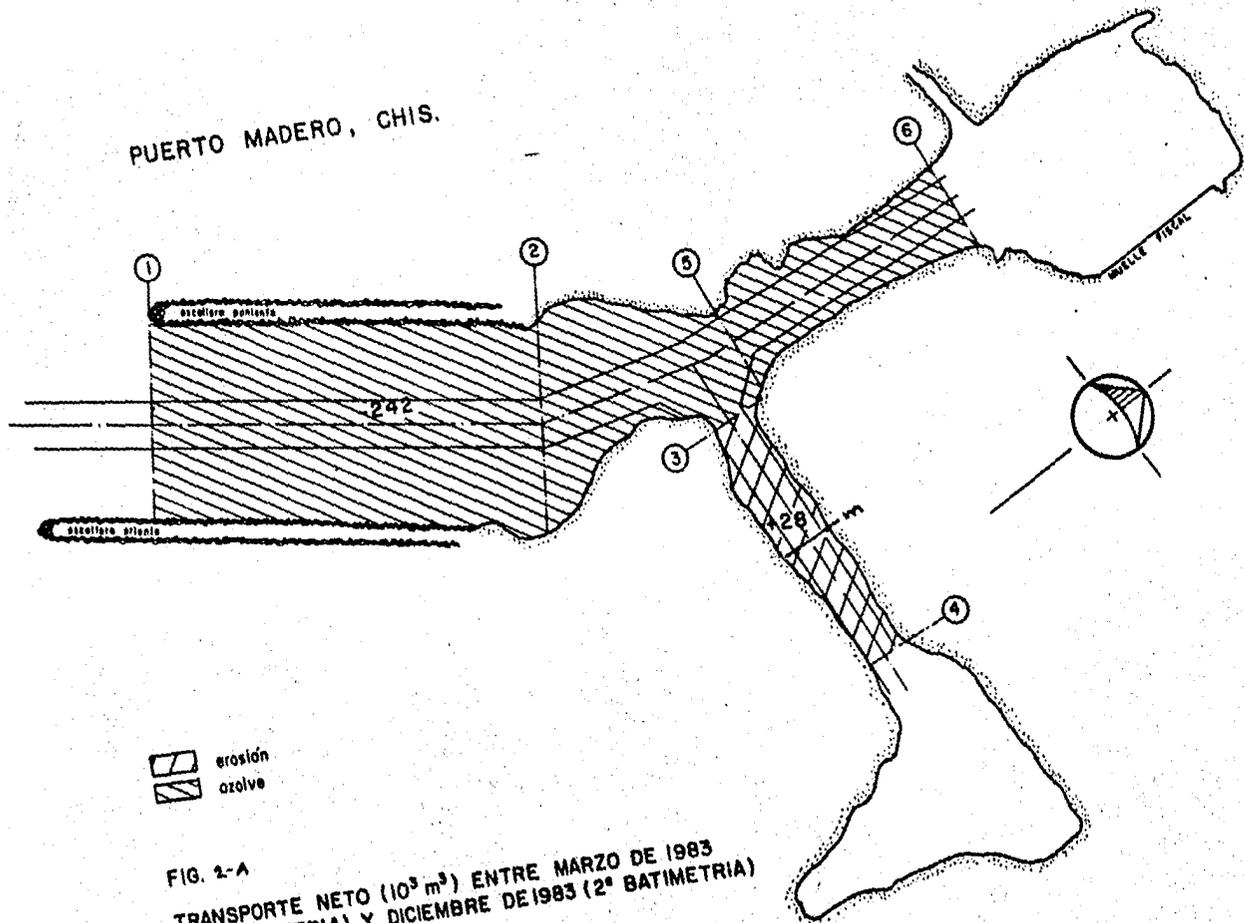


FIG. 2-A  
TRANSPORTE NETO ( $10^3 \text{ m}^3$ ) ENTRE MARZO DE 1983  
(1ª BATIMETRIA) Y DICIEMBRE DE 1983 (2ª BATIMETRIA)

del resto de la zona, seguramente por dragado.

Lo anterior, evidencia una inestabilidad del seno de escollera que durante las tormentas pudo haber evolucionado, sin embargo el volumen cuantificado por dicho origen se estima 50\_000 m<sup>3</sup>, que resulta inferior al total azolvado, por lo que seguramente el origen del material debe ser mixto.

### 3.3.- Transporte Litoral.

En la actualidad la línea de playa de la escollera Este, ha evolucionado en tal forma que se encuentra muy próxima al muelle, lo cual indica que muy probablemente el origen del material azolvado, provenga del transporte litoral.

Como primer paso en el cálculo del transporte litoral se deben elegir las direcciones del oleaje, que refractado llega a la zona del puerto, así como el período del mismo, que sea representativo del fenómeno.

Para lograr el propósito anterior se ha recurrido a una extrapolación de los registros de oleaje del puerto de Salina Cruz, Oaxaca, debido a que Puerto Madero carece de datos.

Los principales datos del resumen anual de oleaje para 1983 se presentan en las tablas 3.3.1 a 3.3.2 .

Las direcciones S-SW, S, S-SE y SW-S, se consideran las más

## RESUMEN ANUAL DE OLEAJE 1983.

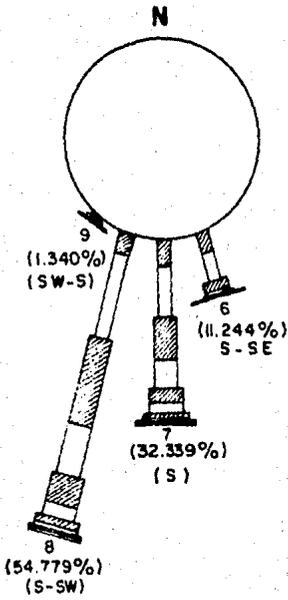
Salina Cruz, Oaxaca.

Tabla 3.3.1.- Distribución de frecuencias por alturas.

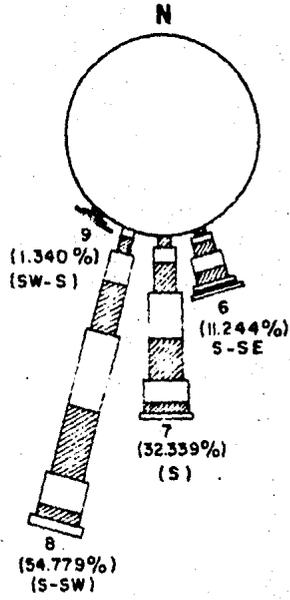
ALTURA (m)	DIRECCION					GENERAL
	SE-S	S-SE	S	S-SW	SW-S	
0.0 - 0.2	0.012	3.239	4.608	3.406	0.171	11.436
0.2 - 0.4	0.149	5.534	9.373	15.571	0.417	31.044
0.4 - 0.6	0.131	1.687	7.037	15.371	0.199	24.425
0.6 - 0.8	0.006	0.385	5.071	9.505	0.120	15.087
0.8 - 1.0	-	0.187	2.902	5.074	0.106	8.269
1.0 - 1.2	-	0.103	1.609	2.641	0.078	4.431
1.2 - 1.4	-	0.063	0.846	1.338	0.039	2.286
1.4 - 1.6	-	0.022	0.474	0.686	0.057	1.239
1.6 - 1.8	-	0.010	0.238	0.331	0.040	0.619
H 1.8	-	0.014	0.181	0.856	0.113	1.164
Total(%)	0.298	11.244	32.339	54.779	1.340	100.000
Hm (m)	0.389	0.315	0.520	0.583	0.708	0.539
Hrms (m)	0.407	0.385	0.631	0.686	0.921	0.648
Hs (m)	0.513	0.518	0.925	0.971	1.416	0.940
Hmáx (m)	0.640	1.540	2.258	2.164	2.000	2.258

Tabla 3.3.2.- Distribución de frecuencias por período.

PERIODO (seg.)	DIRECCION					
	SE-S	S-SE	S	S-SW	SW-S	GENERAL
4 - 6	0.000	0.038	0.153	1.237	0.043	1.471
6 - 8	0.038	0.988	2.047	2.951	0.073	6.097
8 - 10	0.038	1.345	2.903	5.598	0.132	10.016
10 - 12	0.033	2.413	5.049	9.059	0.195	16.749
12 - 14	0.092	2.795	8.032	13.633	0.285	24.837
14 - 16	0.082	2.067	7.582	12.319	0.239	22.289
16 - 18	0.011	0.929	3.857	5.945	0.198	10.940
18 - 20	0.004	0.431	2.000	2.212	0.106	4.753
T 20	0.000	0.238	0.716	1.825	0.069	2.848
Total(%)	0.298	11.244	32.339	54.779	1.340	100.000
T <sub>m</sub> (seg)	12.282	12.657	13.427	13.183	13.617	13.206
T <sub>s</sub> (seg)	15.343	16.356	16.923	16.835	17.915	16.825
T <sub>máx</sub> (seg)	20.000	32.000	32.000	30.000	30.000	32.000



ALTURAS



PERIODOS

representativas para la elaboración de los diagramas de re--  
fracción de oleaje, necesarios en el cálculo del transporte\_  
litoral. Estos diagramas se encuentran en los planos 6 a 13.

El período que se considera representativo es 12 segundos.

Las direcciones SW-S y SE-S no representan un porcentaje sig-  
nificativo en el transporte de material playero, por lo que\_  
no se han tomado en cuenta en el cálculo del volumen anual -  
de material. Sin embargo la dirección SW-S puede ser signifi-  
cativa para la estabilidad del seno de escollera. Esta posi-  
bilidad se analiza en la siguiente sección.

Fórmula de Larras.

Según esta expresión el volumen de material sólido arrastra-  
do es igual a

$$Q_s = K g H_o^2 K_r^2 T \text{ sen } (7/4 \alpha)$$

donde

$Q_s$  transporte litoral, en  $m^3/s$

$$K = 1.18(10)^6 D^{-1/2} L_o/H_o$$

D diámetro medio del material

$L_o$  longitud de onda en aguas profundas

$H_o$  altura de la ola en aguas profundas

$K_r$  coeficiente de refracción

T período del oleaje

$\alpha$  ángulo de incidencia del oleaje

g aceleración debida a la gravedad.

Cálculos.

Longitud de onda en aguas profundas

$$\begin{aligned}L_o &= 1.561 T^2 \\ &= 1.561 (12)^2 \\ &= 224.829 \text{ m.}\end{aligned}$$

Límite de aguas profundas

$$L_o/2 = 112.414 \text{ m.}$$

Límite de aguas bajas

$$L_o/25 = 8.993 \text{ m.}$$

Celeridad en aguas profundas

$$\begin{aligned}C_o &= L_o/T \\ &= 224.829/12 \\ &= 18.736 \text{ m.}\end{aligned}$$

Transporte litoral.

Dirección	$K_r$	$\alpha$ (°)
S-SE	0.5096	18
S	0.7410	15
S-SW	0.9325	4

$H_o$	S-SE	S	S-SW	S-SE	S	S-SW
0.1	3.239	4.608	3.406	967.902	2464.512	794.901
0.3	5.534	9.373	15.571	4961.129	15038.977	10902.001
0.5	1.687	7.037	15.371	2520.607	1881.111	17937.176
0.7	0.385	5.071	9.505	805.339	10984.978	15528.105
0.9	0.187	2.902	5.074	736.834	13968.777	10657.647
1.1	0.103	1.609	2.641	338.571	9466.015	6779.996
1.3	0.063	0.846	1.338	244.739	1904.886	4059.456
1.5	0.022	0.474	0.686	103.431	3802.665	2401.506
1.7	0.010	0.238	0.331	50.801	2163.936	1313.243
1.9	0.014	0.181	0.856	79.488	1839.293	3795.734

Total = 10808.841 + 71515.149 + 74179.765

Total = 156,493.755 m<sup>3</sup>/año

### 3.4.- Estabilidad del Seno de Escollera.

Del estudio del resumen anual de oleaje se llegó a la conclusión de que la dirección SW-S puede llegar a poner en peligro la estabilidad del seno de escollera, porque el oleaje - que incide en esta dirección entra más francamente al puerto. En base al razonamiento anterior se elaboraron los diagramas de refracción correspondientes y el cálculo del transporte litoral que esta dirección acarrea hacia el interior - del canal principal se muestra a continuación.

Dirección SW-S

$$K_r = 0.2183$$

$$\alpha = 15^\circ$$

$H_0$	Frecuencia	$Q_s$ ( $m^3/año$ )
0.1	0.171	7.983
0.3	0.417	58.069
0.5	0.199	46.186
0.7	0.120	38.991
0.9	0.106	44.283
1.1	0.078	39.826
1.3	0.039	23.534
1.5	0.057	39.688
1.7	0.040	31.564
1.9	0.113	99.660
TOTAL		= 429.739 $m^3/año$

El volumen obtenido no es significativo si se compara con el calculado en la sección anterior ( $156,493.755 \text{ m}^3/\text{año}$ ), por lo que es posible que el origen del material azolvado provenga de condiciones ciclónicas, es decir, que el material sea acarreado durante la acción de un ciclón. Esta inquietud nos lleva a un cálculo más, en el cual se ha tomado una condición de ciclón con dos días de duración, una altura de ola de 2 m. y un período de 18 segundos.

Oleaje ciclónico.

$$H = 2 \text{ m}$$

Duración 2 días

$$T = 18 \text{ s}$$

$$K_T = 0.2183$$

$$\alpha = 15^\circ$$

$$K = 1.18(10)^{-6}(0.2)^{-0.5} 224.829/2$$

$$= 2.966(10)^{-4}$$

$$Q_s = 2.966(10)^{-4} 9.81 (2)^2(0.2183)^2 18 \text{ sen}(7/4) 15$$

$$= 0.0044 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$= 0.0044 86400 2$$

$$= 763.041 \text{ m}^3/\text{ciclón.}$$

El resultado que este último cálculo produce nos conduce a concluir que el material que se aglomera en los canales del puerto no puede, en su totalidad, ser arrastrado por el oleaje que un ciclón provoca.

## CAPITULO 4

### ANALISIS HIDRODINAMICO.

En este capítulo se estudian las corrientes causadas por la marea y el oleaje en los canales de navegación de Puerto Madero. Para ello se utiliza el " Método de las Características ", el cual se desarrolla a partir de las ecuaciones para flujo no permanente en canales.

El método de las características es muy versátil, puede aplicarse a cualquier canal donde se puede transitar cualquier tipo de escurrimiento, como puede ser una avenida en un río, corrientes causadas por marea, por oleaje, por cambio de densidad, por cambio de salinidad, etc.

Un esquema difusivo de diferencias finitas se emplea para resolver las ecuaciones planteadas por el método de las características. Se escogió este esquema de solución porque se puede programar de una manera muy sencilla, y dependiendo del problema se puede hasta implementar en una calculadora programable con una capacidad de memoria aceptable. Existen otras formas de resolver las ecuaciones del método de las características, requieren manejo de matrices, lo cual complica la programación pero reduce el tiempo de solución del problema en la computadora.

#### 4.1.- Tránsito de Escurrimientos en Canales.

##### 4.1.1.- Definiciones.

Si la profundidad y/o la velocidad varían en un punto con el tiempo se tiene un "Flujo no Permanente". Ejemplos de flujo no permanente son: Avenidas en ríos, mareas en océanos, canales y estuarios, etc.

Dependiendo de la variación de la profundidad, el flujo no permanente puede clasificarse como "Rápidamente Variado" o "Gradualmente Variado". En el caso del flujo rápidamente variado no permanente, la forma de la superficie libre del agua cambia rápidamente, y usualmente presenta un cambio brusco y repentino en la profundidad en dos secciones consecutivas. En el flujo gradualmente variado no permanente, la variación de la superficie libre del agua es gradual.

La velocidad relativa de la onda en el medio en el cual viaja es llamada celeridad de la onda,  $c$ . Se debe notar que es diferente de la velocidad del flujo,  $V$ , con la cual las partículas del fluido se mueven como resultado de la propagación de la onda. La velocidad absoluta,  $V_w$ , es igual a la suma vectorial de la celeridad de la onda y la velocidad del -

flujo,

$$\bar{V}_w = \bar{V} + c \quad (4.1)$$

En un flujo dimensional, la celeridad de la onda puede seguir la dirección del escurrimiento o ir en sentido opuesto. Considerando la dirección aguas abajo como positiva, tenemos:

$$V_w = V \pm c \quad (4.2)$$

#### 4.1.2.- Causas del tránsito.

Condiciones de tránsito son producidas en canales cuando la velocidad del escurrimiento o la profundidad del mismo o juntas están cambiando en cada sección. Estos cambios pueden ser causados por la acción del hombre o producirse en forma natural. Los siguientes son algunos de los más comunes ejemplos y causas de tránsito en canales:

- 1.- Avenidas en ríos, corrientes en lagos, etcétera, causadas por la nieve derretida, lluvias, apertura o cierre de compuertas de control.
- 2.- Sucesión de olas en canales, causadas por la variación de carga en turbinas, arranque o detención de bombas, apertura o cierre de compuertas de control.
- 3.- Sucesión de olas en canales de navegación causadas por la operación de esclusas
- 4.- Oleaje en ríos o embalses creado por el rompimiento de un dique o una presa.
- 5.- Corrientes en un lago o embalse causadas por el viento o

cambios de densidad.

6.- Aguas de lluvia colectadas en alcantarillados.

7.- Mareas en estuarios, ensenadas, caletas, esteros, bocas de entrada, etc.

#### 4.1.3.- Ecuaciones Dinámica y de Continuidad para Flujo No - Permanente en Canales Abiertos.

Las siguientes suposiciones son hechas en el desarrollo de las ecuaciones:

1.- La pendiente,  $\theta$ , de la plantilla del canal es pequeña de tal manera que  $\sin \theta \approx \tan \theta$  y  $\cos \theta \approx 1$ .

2.- La distribución de presiones es hidrostática en todas las secciones. Esto es cierto si la aceleración vertical es pequeña, esto es, si la variación de la superficie del agua es gradual.

3.- Las pérdidas de energía durante las condiciones de tránsito pueden ser calculadas usando fórmulas para pérdidas en flujo permanente.

4.- La distribución de velocidades en toda sección transversal es uniforme.

5.- El canal es recto y prismático.

#### Ecuación de Continuidad.

La ley de continuidad para flujo no permanente, puede ser establecida considerando la conservación de masa en un espacio infinitesimal entre dos secciones de un canal (Fig. 4.1 ).

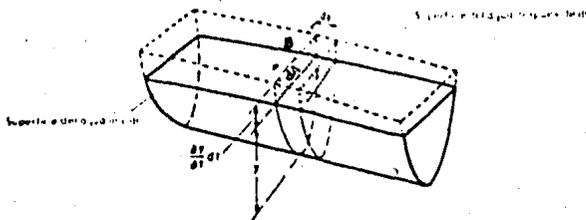


Figura 4.1.- Continuidad del flujo No Permanente.

En flujo no permanente, el gasto cambia con la distancia en una relación  $\partial Q/\partial x$ , y la profundidad cambia con el tiempo - en una relación  $\partial y/\partial t$ . El cambio en el gasto a través del espacio en el tiempo  $dt$  es  $(\partial Q/\partial x)dx dt$ . El cambio correspondiente en el almacenamiento de un canal en el espacio sensible es  $B dx(\partial y/\partial t)dt = dx(\partial A/\partial t)dt$ . Ya que el agua es incompresible, el cambio neto en el gasto más el cambio en el almacenamiento debería ser cero; es decir,

$$\frac{\partial Q}{\partial x} dx dt + B dx \frac{\partial y}{\partial t} dt = \frac{\partial Q}{\partial x} dx dt + dx \frac{\partial A}{\partial t} dt = 0 \quad (4.3)$$

Simplificando,

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + B \frac{\partial y}{\partial t} = 0 \quad (4.4)$$

$$o, \quad \frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = 0 \quad (4.5)$$

En una sección dada,  $Q = VA$ ; entonces la ecuación (4.3) se hace

$$\frac{\partial(VA)}{\partial x} + B \frac{\partial y}{\partial t} = 0 \quad (4.6)$$

o,

$$A \frac{\partial Y}{\partial x} + v \frac{\partial A}{\partial x} + B \frac{\partial Y}{\partial t} = 0 \quad (4.7)$$

Ya que la profundidad hidráulica  $D = A/B$  y  $A = B y$ , la ecuación superior se puede escribir

$$D \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial Y}{\partial x} + \frac{\partial Y}{\partial t} = 0 \quad (4.8)$$

Las ecuaciones anteriores son todas formas de la ecuación de continuidad para flujo no permanente en canales abiertos. Para un canal de ancho infinito, se puede escribir

$$\frac{\partial q}{\partial x} + \frac{\partial Y}{\partial t} = 0 \quad (4.9)$$

En donde  $q$  es el gasto por unidad de ancho.

#### Ecuación Dinámica.

Por el principio de la energía, se puede escribir lo siguiente:

$$z + y + \frac{v^2}{2g} = z + dz + y + dy + \frac{v^2}{2g} + d\left(\frac{v^2}{2g}\right) + \frac{1}{g} \frac{\partial v}{\partial t} dx + S_f dx \quad (4.10)$$

Simplificando, dividiendo todo por  $dx$  y utilizando diferencias parciales,

$$\frac{\partial Y}{\partial x} + \frac{v}{g} \frac{\partial v}{\partial x} + \frac{1}{g} \frac{\partial v}{\partial t} + \frac{\partial z}{\partial x} + S_f = 0 \quad (4.11)$$

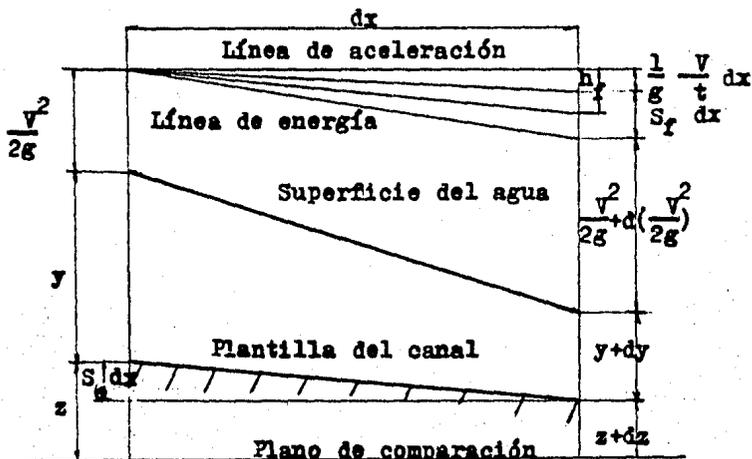


Figura 4.2.- Representación simplificada de la energía en flujo no permanente.

Para canales prismáticos, por ejemplo para  $-z/x = S_0$ , la ecuación (4.11) se puede escribir

$$g \frac{y}{x} + \frac{v}{t} + v \frac{v}{x} = g(S_0 - S_f) \quad (4.12)$$

Las ecuaciones dinámica y de continuidad son desarrolladas aceptando que el canal es prismático y no existen entradas o salidas de agua laterales. Procediendo debidamente pueden ser desarrolladas para canales no prismáticos teniendo entradas o salidas de agua laterales.

Las ecuaciones de continuidad y dinámica para flujo no permanente, fueron publicadas en primer lugar por Saint Venant. - La validez de estas ecuaciones ha sido verificada por muchas observaciones y experimentos. Sin embargo, debido a su complejidad matemática, la integración exacta de las ecuaciones es prácticamente imposible. Para aplicaciones prácticas, una solución de las ecuaciones se puede obtener por métodos -- aproximados.

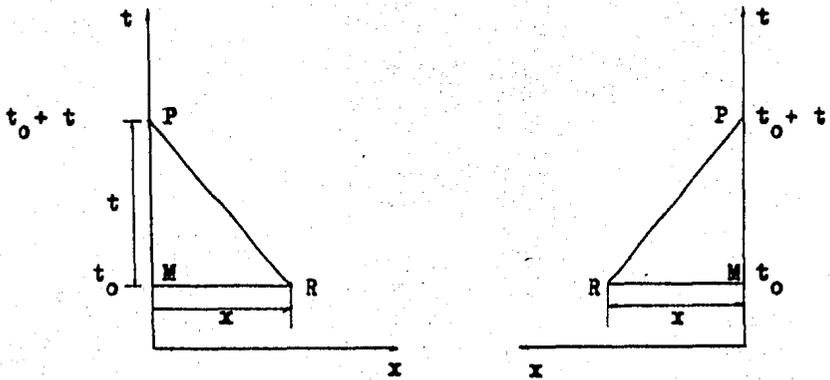
#### 4.1.4.- Método de las Características.

En el método de las características, las ecuaciones de St. - Venant son convertidas en ecuaciones características, las -- cuales son después resueltas mediante un esquema de diferencias finitas. Este método no es conveniente cuando se encuentran cambios bruscos en la profundidad del flujo, porque las curvas características no convergen.

Multiplicando la ecuación (4.8) por  $\pm cB/A$  y sumándola a la -- ecuación (4.12), y reordenando los términos, obtenemos las -- llamadas "Ecuaciones Características".

$$\left( \frac{\partial V}{\partial t} + (V+c) \frac{\partial V}{\partial x} \right) + \frac{K}{c} \left( \frac{\partial Y}{\partial t} + (V+c) \right) = g(S_0 - S_f) \quad (4.13)$$

$$\left( \frac{\partial V}{\partial t} + (V-c) \frac{\partial V}{\partial x} \right) - \frac{K}{c} \left( \frac{\partial Y}{\partial t} + (V-c) \frac{\partial Y}{\partial x} \right) = g(S_0 - S_f) \quad (4.14)$$



a) Frontera aguas arriba.      b) Frontera aguas abajo.

Figura 4.3.- Notación para las ecuaciones características.

Refiriendose a la figura 4.3, las ecuaciones características pueden ser expresadas en forma de diferencias finitas como

$$\frac{V_P - V_M}{\Delta t} + (V_M + c_M) \frac{V_M - V_L}{\Delta x} + \frac{g}{c_M} \left( \frac{y_P - y_M}{\Delta t} + (V_M + c_M) \frac{y_M - y_L}{\Delta x} \right) = g(S_0 - S_{fM}) \quad (4.15)$$

$$\frac{V_P - V_M}{\Delta t} + (V_M - c_M) \frac{V_R - V_M}{\Delta x}$$

$$-\frac{g}{c_M} \left( \frac{y_P - y_M}{\Delta t} + (v_M - c_M) \frac{y_R - y_M}{\Delta x} \right) = g(S_0 - S_{FM}) \quad (4.16)$$

En estas ecuaciones los índices L, M, P y R se refieren a las variables de varios puntos en el plano x-t (Fig. 4.3).

Los términos de las ecuaciones (4.15) y (4.16) pueden ser reordenados para generar las siguientes ecuaciones:

1.- Ecuación Característica Negativa (Fig. 4.3a)

$$v_P = C_n + C_a y_P \quad (4.17)$$

donde

$$C_n = v_M + \frac{\Delta t}{\Delta x} (v_M - c_M)(v_M - v_R)$$

$$-\frac{g}{c_M} \left( y_M - \frac{\Delta t}{\Delta x} (v_M - c_M)(y_R - y_M) \right) + g(S_0 - S_{FM})\Delta t \quad (4.18)$$

$$C_a = \frac{g}{c_M} \quad y \quad c_M = \sqrt{\frac{g A_M}{B_M}} \quad (4.19)$$

2.- Ecuación Característica Positiva (Fig. 4.3b)

$$v_P = C_P - C_a y_P \quad (4.20)$$

donde

$$C_P = v_M - \frac{\Delta t}{\Delta x} (v_M + c_M)(v_M - v_L)$$

$$+\frac{g}{c_M} \left( y_M - \frac{\Delta t}{\Delta x} (v_M + c_M)(y_M - y_L) \right)$$

$$+ g \cdot (S_0 - S_{TM}) \Delta t \quad (4.21)$$

A través de las ecuaciones (4.17) a (4.21), las condiciones al punto M son aquellas al límite del comienzo del intervalo de tiempo. Puesto que los valores de todas las variables son conocidas en los puntos L, M y R, los valores de las constantes  $C_n$  y  $C_p$  pueden ser calculados. En la ecuación (4.17) o en la (4.20), hay dos incógnitas  $y_p$  y  $V_p$ , estas ecuaciones y las condiciones impuestas por la frontera serán resueltas simultáneamente.

#### 4.1.5.- Método Explícito de Diferencias Finitas.

En el método explícito de diferencias finitas, las derivadas parciales de las ecuaciones de St. Venant son reemplazadas por diferencias finitas de tal manera que las condiciones desconocidas al punto al final del intervalo de tiempo son expresadas en términos de las condiciones conocidas al comienzo del intervalo de tiempo. Los siguientes esquemas están disponibles para resolver las ecuaciones de St. Venant:

- 1.- Esquema Difusivo
- 2.- Esquema Two Step Lax-Wendroff
- 3.- Esquema Dronker.

De estos el esquema difusivo es el más sencillo de programar y da resultados satisfactorios. Una discontinuidad brusca en

la superficie libre del agua no puede ser aislada en los cálculos. Detalles de este esquema son presentados en la siguiente sección. Los demás no se desarrollan en este trabajo.

#### 4.1.6.- Esquema Difusivo.

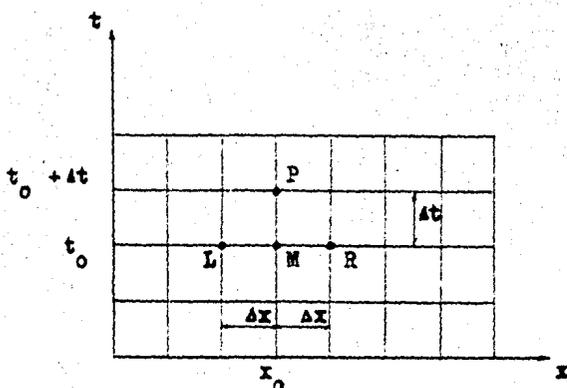


Figura 4.4.- Notación para el Esquema Difusivo.

Las derivadas parciales de las ecuaciones de St. Venant son sustituidas por las siguientes diferencias finitas (Figura 4.4):

$$\frac{\partial Y}{\partial t} = \frac{y_P - y_M}{\Delta t} \quad ; \quad \frac{\partial V}{\partial t} = \frac{V_P - V_M}{\Delta t} \quad (4.22)$$

$$\frac{\partial Y}{\partial x} = \frac{y_R - y_L}{2\Delta x} \quad ; \quad \frac{\partial V}{\partial x} = \frac{V_R - V_L}{2\Delta x} \quad (4.23)$$

y si  $S_p$  es reemplazada por  $S_{FM}$ . Las condiciones al punto M -  
son calculadas de

$$\begin{aligned} V_M &= 1/2( V_L + V_R ) \\ Y_M &= 1/2( Y_L + Y_R ) \\ S_{FM} &= 1/2( S_{FL} + S_{FR} ) \end{aligned} \quad (4.24)$$

Sustituyendo las ecuaciones (4.22) y (4.23) en las ecuacio-  
nes (4.11) y (4.12), despejando  $V_P$  y  $Y_P$ , obtenemos:

$$\begin{aligned} V_P &= V_M + 1/2 \frac{t}{x} ( V_M( V_L - V_R ) + g( Y_L - Y_R ) ) \\ &+ g t ( S_0 - 1/2( S_{FL} + S_{FR} ) ) \end{aligned} \quad (4.25)$$

$$Y_P = Y_M + 1/2 \frac{t}{x} \frac{1}{R_M} ( Q_L - Q_R ) \quad (4.26)$$

Note que las condiciones desconocidas al punto P son expresa-  
das en términos de las condiciones conocidas de los puntos L  
y R. Estas dos últimas ecuaciones son usadas para determinar  
la velocidad y el tirante en las secciones intermedias.

**Condiciones de Frontera.**

En las fronteras condiciones especiales deben ser desarrolla-  
das para resolver las ecuaciones características positiva o -

negativa, o juntas, simultáneamente con la condición impuesta por la frontera.

Condición de estabilidad.

Usando la técnica presentada por Courant, el método ha mostrado ser estable si

$$\Delta t \leq \frac{\Delta x}{|V| \pm c} \quad (4.27)$$

Procedimiento computacional.

Para determinar las condiciones de tránsito, el canal es dividido en N partes iguales, si la primera sección es llamada 1, la última será N+1 (Figura 4.5).

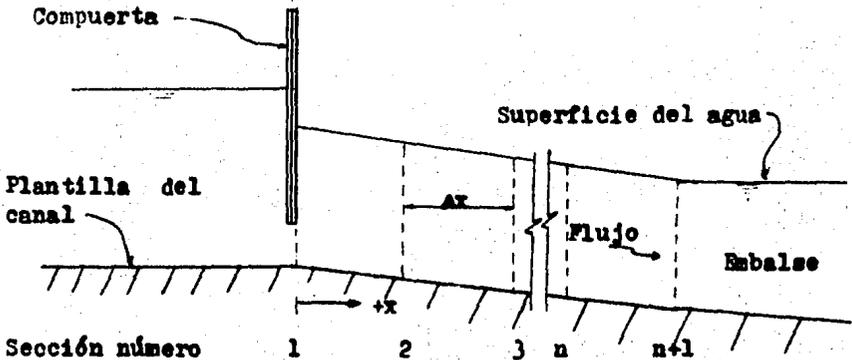


Figura 4.5.- División del canal en N partes iguales.

Las condiciones de velocidad y profundidad son calculadas para estas secciones en flujo permanente. El incremento de tiempo,  $\Delta t$ , es seleccionado de tal manera que se cumpla la ecuación 4.27. Las ecuaciones 4.25 y 4.26 son usadas para determinar  $y_p$  y  $V_p$  en las secciones 2 a N, y las condiciones de frontera son usadas para calcular  $y_p$  y  $V_p$  en la primera sección y última. Puesto que  $y_p$  y  $V_p$  al tiempo  $t=0+\Delta t$ , son conocidas en todas las secciones. Ahora asumiendo estos valores calculados de  $y_p$  y  $V_p$  como  $y$  y  $V$ , los valores de  $y_p$  y  $V_p$  al tiempo  $2\Delta t$  son calculados. Este procedimiento se continúa hasta que las condiciones de tránsito se requieran.

Si hay dos o más canales en el sistema el incremento de tiempo  $\Delta t$  es seleccionado para el canal más corto, y cada canal se divide en N partes iguales satisfaciendo la ecuación 4.27.

Es necesario que la condición de estabilidad de Courant se cumpla a cada incremento de tiempo. Se deben evitar  $\Delta t$  muy pequeños en este proceso y si es posible se aumenta en cada iteración.

#### 4.1.7.- Condiciones Iniciales.

Para calcular por medio de una computadora las condiciones de tránsito, es necesario que las condiciones iniciales del escurrimiento, profundidad y velocidad, sean conocidas en todas las secciones del sistema. Si estas condiciones no son

compatibles con las ecuaciones de St. Venant, se generarán pequeñas olas en cada sección cada que las condiciones de tránsito son calculadas. Estas perturbaciones hipotéticas pueden mostrar de una manera engañosa la solución del sistema. Para evitar lo anterior alguno de los dos siguientes procedimientos puede ser usado:

- 1.- Velocidad cero y profundidad constante.
- 2.- Las condiciones iniciales son determinadas resolviendo la ecuación diferencial ordinaria que describe el flujo gradualmente variado en un canal;

$$\frac{dy}{dx} = \frac{S_o - S_f}{1 - (Q^2 H / g A^3)} \quad (4.28)$$

#### 4.2.- Corrientes por Marea.

Los parámetros tirante y velocidad se calculan en diferentes secciones en los canales de navegación de Puerto Madero con la aplicación del Método de las Características, transitando una onda de marea. La figura 4.6 muestra las secciones elegidas.

En principio se deducen las condiciones de frontera necesarias en el análisis. Después se presenta un programa de computadora y los resultados que este arroja.

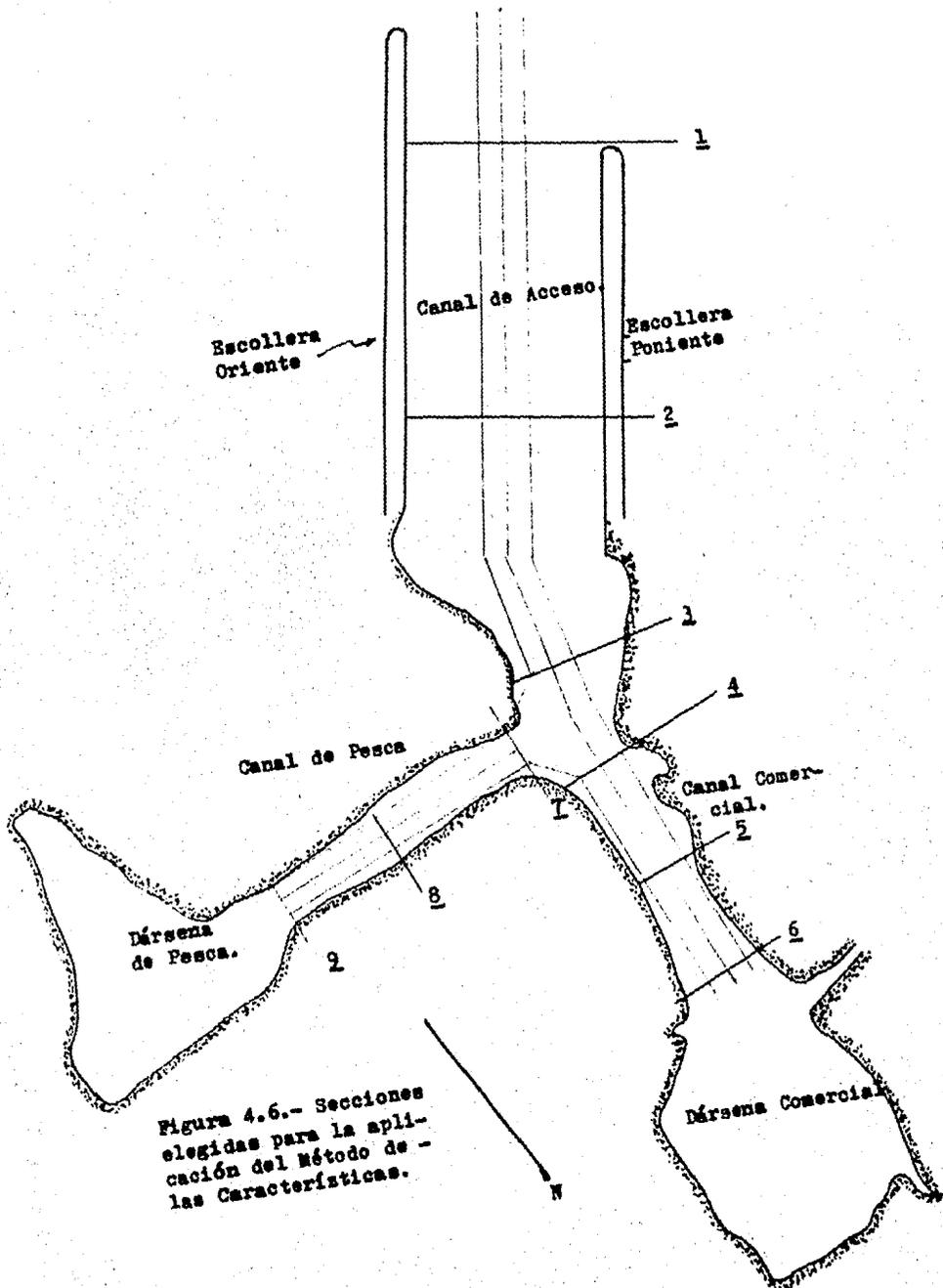


Figura 4.6.- Secciones elegidas para la aplicación del Método de las Características.

Como en todo problema físico que se quiera representar mediante un modelo matemático se tienen, irremediablemente, -- ciertas simplificaciones. Para el caso de los canales de navegación de Puerto Madero se ha adoptado que son de forma -- rectangular; esta es posiblemente la hipótesis más significativa, además de las que se aceptan al emplear el Método de -- las Características.

#### 4.2.1.- Condiciones de Frontera.

Como se mencionó, en el tránsito de escurrimientos en canales abiertos, las fronteras generan condiciones especiales, las cuales resolverán las ecuaciones características.

a) Onda de marea a la entrada de un canal. Se puede representar mediante la ecuación:

$$y_p = y_0 + a \operatorname{sen}\left(\frac{2\pi t}{T}\right)$$

donde

$y_p$  tirante

$y_0$  tirante inicial

$a$  amplitud de la marea

$T$  período de la marea

$t$  tiempo.

Y la ecuación característica negativa es:

$$V_p = C_n + C_a y_p$$

b) Embalse o Dársena.

De la ecuación de continuidad se puede establecer que el gag to en la dársena es

$$Q_{PD} = A \frac{y_{PD} - y_D}{\Delta t}$$

y

$$Q_{PD} = V_{PD} - C_a y_{PD}$$

además la ecuación caracteríztica positiva dice

$$V_{PD} = C_p - C_a y_{PD}$$

Resolviendo estas tres ecuaciones se llega a determinar la - ley de variación del nivel del agua en la dársena.

$$y_{PD} = \frac{-b + \sqrt{b^2 + 4C}}{2}$$

donde

$$b = 1/C_a \left( \frac{A}{B \Delta t} - C_p \right)$$

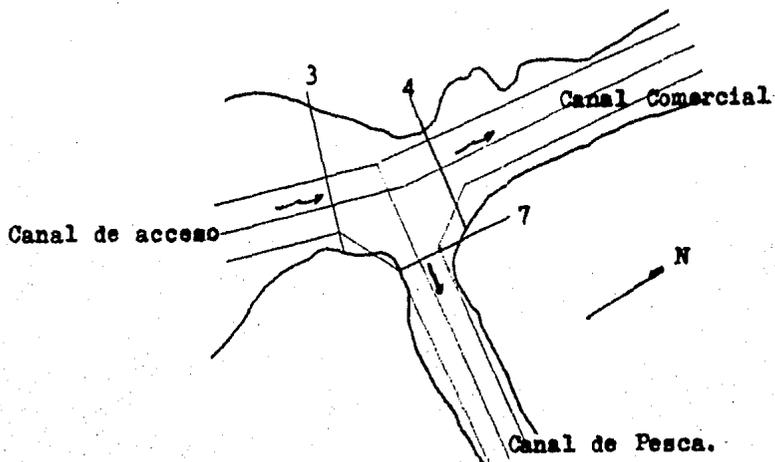
$$C = \frac{A y_D}{B \Delta t C_a}$$

A área de la dársena

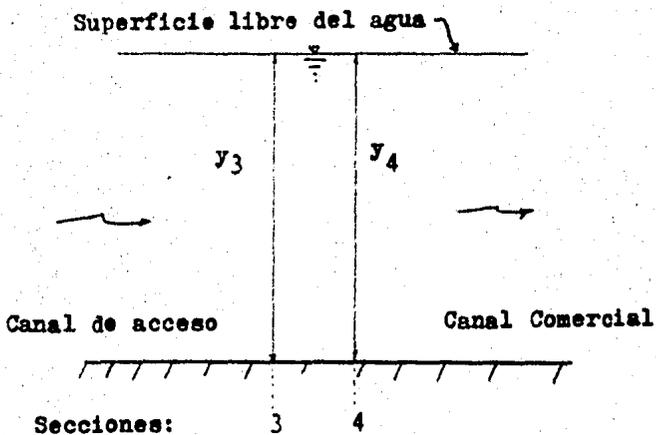
B ancho del canal

$y_D$  tirante

c) Intersección de tres canales.

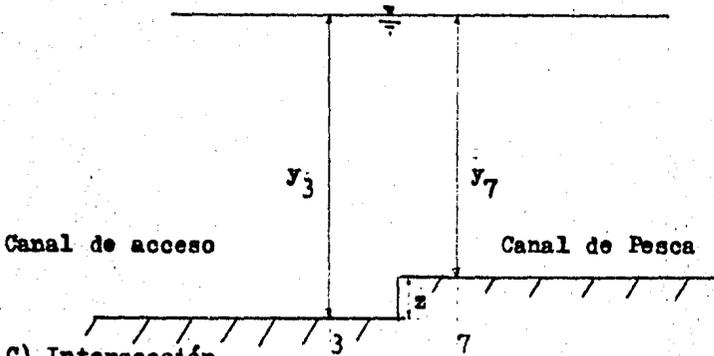


A) Intersección de tres canales.



B) Intersección del canal de acceso y el Comercial.

Superficie libre del agua



C) Intersección del canal de acceso y de pesca.

Figura 4.7.- Condiciones de frontera para una intersección. De la figura 4.7, si las pérdidas por fricción se desprecian en la ecuación de la energía, con la ecuación de continuidad y las propiedades geométricas de las secciones transversales de los canales se establece el siguiente sistema de ecuaciones:

$$y_{P4} = y_{P3}$$

$$y_{P7} = y_{P3} - z$$

$$A_3 V_3 = A_4 V_4 + A_7 V_7$$

$$V_{P3} = C_{p3} - C_{a3} y_{P3}$$

$$V_{P4} = C_{n4} + C_{a4} y_{P4}$$

$$V_{P7} = C_{n7} + C_{a7} y_{P7}$$

$$A_3 = B_3 y_{P3}$$

$$A_4 = B_4 y_{P4}$$

$$A_7 = B_7 y_{P7}$$

El subíndice numérico detota la sección correspondiente en - base a la figura 4.6.

Resolviendo el sistema obtenemos la ley de variación de la - profundidad y la velocidad en la intersección de tres cana- les:

$$y_{P3} = \frac{-b + \sqrt{b^2 + 4ac}}{2a}$$

donde

$$a = - B_3 C_{a3} - B_4 C_{a4} - B_7 C_{a7}$$

$$b = B_3 C_{P3} - B_4 C_{n4} - B_7 C_{n7} + 2z B_7 C_{a7}$$

$$c = z B_7 ( C_{n7} - C_{a7} )$$

El desarrollo de cualquier condición de frontera necesita in dispensablemente de la ecuación de la energía, de la de con- tinuidad y las ecuaciones características, complementandolas con las condiciones geométricas que se tengan.

Condición de Estabilidad.

$$t \pm \frac{\Delta x}{|V| \pm \sqrt{gY}}$$

$$V = (1/0.025)(0.00001)^{1/2}(8)^{2/3} = 0.5060 \text{ m/s.}$$

$$\frac{345}{0.5060 + 9.818} = 37 \text{ seg.} \rightarrow 40-30 \text{ seg.}$$

```

10 REM PUERTO MADERO, CHIAPAS.
20 TRANSITO DE UNA ONDA DE MAREA UTILIZANDO EL METODO DE
   LAS CARACTERIZTICAS.
30 REM TESIS PROFESIONAL.
40 REM ALFREDO BRISEÑO.
50 DIM Y(9), T(9), V(9), S(9)
60 REM DATOS
70 G=9.81:PI=3.1416:N=0.025:S0=0.00001
80 AM=0.54:PE=43200
90 AC=422400:AP=98863:H3=80:H4=80:H7=60
100 DT=30
110 FOR J=1 TO 6:Y(J)=8:NEXT
120 FOR J=7 TO 9:Y(J)=7:NEXT
130 FOR J=1 TO 9:V(J)=0:NEXT
140 K=30
150 I=0
160 I=I+1
170 REM SECCION 1
180 J=1
190 T=DT*I
200 GOSUB 1000:GOSUB 1200
210 T(1)=8+AM*SIN(2*PI*T/PE):S(1)=CN+CA*T(1)
220 REM SECCION 2
230 GOSUB 1500:T(2)=YM:S(2)=VM
240 REM SECCIONES 3, 4, 7.
250 J=3:GOSUB 1000:C3=C:K3=CA:GOSUB 1300:P3=CP
260 J=4:GOSUB 1000:C4=C:K4=CA:GOSUB 1200:N4=CN
270 J=7:GOSUB 1000:C7=C:K7=CA:GOSUB 1200:N7=CN
280 A=-H3*(K3-K4)-H7*K7
290 B=(H3*(P3-N4)-H7*(N7-2*K7))/A

```

```

300 C=H3*(N7-K7)
310 T(3)=(-B+SQR(B**2+4*C))/2:S(3)=P3-K3*T(3)
320 T(4)=T(3):S(4)=N4+K4*T(4)
330 T(7)=T(3)-1:S(7)=N7+K7*T(7)
340 REM SECCION 5
350 J=5:GOSUB 1500:T(5)=YM:S(5)=VM
360 J=6:GOSUB 1000:GOSUB 1300
370 B=1/CA*(AC/H4/DT-CP):CC=AC*Y(6)/H4/DT/CA
380 T(6)=(-B+SQR(B**2+4*CC))/2:S(6)=CP-CA*T(6)
390 REM SECCION 8
400 J=8:GOSUB 1500:T(8)=YM:S(8)=VM
410 REM SECCION 9
420 J=9:GOSUB 1000:GOSUB 1300
430 B=1/CA*(AP/H7/DT-CP):CC=AP*Y(9)/H7/DT/CA
440 T(9)=(-B+SQR(B**2+4*CC))/2:S(9)=CP-CA*T(9)
450 REM CAMBIO DE VARIABLES
460 FOR J=1 TO 9
470 Y(J)=T(J):V(J)=S(J)
480 NEXT
490 REM CONTROL DEL TIEMPO
500 IF K=T THEN GO TO 520
510 GO TO 160
520 REM IMPRESION DE RESULTADOS
530 PR#1:PRINT CHR$(9); "132N"
540 FOR J=1 TO 9
550 PRINT Y(J),V(J)
560 NEXT
570 K=K+30
580 STOP
590 GO TO 160

```

990 REM SUBROUTINAS

1000 REM C, CA

1010 C=SQR(G\*Y(J)):CA=G/C

1020 RETURN

1200 REM CN

1210 IF J=1 THEN DX=1025

1220 IF J=4 THEN DX=410

1230 IF J=7 THEN DX=420

1240 CN=V(J)+DT/DX\*(V(J)-C)\*(V(J)-V(J+1))-CA\*(Y(J)-DT/DX\*(  
V(J)-C)\*(Y(J+1)-Y(J)))+G\*DT\*(SO-N\*\*2\*V(J)\*ABS(V(J))/(  
Y(J)\*\*(4/3)))

1250 RETURN

1300 REM CP

1310 IF J=3 THEN DX=1025

1320 IF J=6 THEN DX=345

1330 IF J=9 THEN DX=420

1340 CP=V(J)-DT/DX\*(V(J)+C)\*(V(J)-V(J-1))+CA\*(Y(J)-DT/DX  
\*(V(J)+C)\*(Y(J)-Y(J-1)))+G\*DT\*(SO-N\*\*2\*V(J)\*ABS(V(J)  
))/(Y(J)\*\*(4/3)))

1350 RETURN

1500 REM YM, VM

1510 IF J=2 THEN DX=1025

1520 IF J=5 THEN DX=345

1530 IF J=8 THEN DX=420

1540 YM=Y(J)+0.5\*DT/DX\*(V(J-1)\*Y(J-1)-V(J+1)\*Y(J+1))

1550 VM=V(J)+0.5\*DT/DX\*(V(J)\*V(J-1)-V(J+1))+G\*(Y(J-1)-  
Y(J+1))+G\*DT\*(SO-N\*\*2/2\*(V(J-1)\*ABS(V(J-1))/(Y(  
J-1)\*\*(4/3))+V(J+1)\*ABS(V(J+1))/(Y(J+1)\*\*(4/3))))

1560 RETURN

Resumen de los resultados del análisis de las corrientes causadas por la marea.

TIRANTE (m)

t (Hrs)	Sección								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	7.00	7.00	7.00
3	8.54	8.55	8.56	8.56	8.56	8.57	7.56	7.56	7.56
6	8.00	8.02	8.04	8.04	8.05	8.06	7.04	7.05	7.05
9	7.46	7.46	7.47	7.47	7.47	7.47	6.47	6.47	6.48
12	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.01	7.00	7.00	7.01
15	8.54	8.55	8.57	8.57	8.58	8.59	7.57	7.58	7.58
18	8.00	8.00	8.01	8.01	8.01	8.02	7.01	7.01	7.01
21	7.46	7.47	7.47	7.47	7.47	7.47	6.47	6.48	6.48
24	8.00	8.01	8.02	8.02	8.03	8.03	7.02	7.03	7.03

VELOCIDAD (m/s)

t (Hrs)	Sección								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	0.09	0.09	0.08	0.06	0.06	0.06	0.02	0.02	0.02
6	-0.12	-0.11	-0.10	-0.09	-0.08	-0.08	-0.05	-0.04	-0.03
9	-0.04	-0.04	-0.04	-0.03	-0.03	-0.03	-0.01	-0.01	-0.01
12	0.12	0.12	0.10	0.08	0.07	0.07	0.04	0.03	0.03
15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
18	-0.12	-0.11	-0.10	-0.08	-0.08	-0.07	-0.03	-0.02	-0.02
21	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	-0.01	-0.01	-0.01
24	0.12	0.11	0.09	0.06	0.06	0.05	0.05	0.04	0.03

#### 4.3.- Corrientes por Oleaje.

El efecto del oleaje, que difractado penetra en los canales del puerto, sumado al de la marea, puede ser de consideración en las secciones de entrada.

Un análisis de las corrientes causadas por el oleaje puede llevarse a cabo con el Método de las Características, con lo que se comprueba la versatilidad del método.

El programa de computadora empleado en el estudio de las corrientes por marea, así como sus resultados, se utilizan en el análisis de esta nueva posibilidad. El programa requiere de unas pequeñas variaciones a fin de sondear diversas condiciones.

La condición de frontera a la entrada del puerto (Sección 1) es una onda del tipo:

$$y_p = y_0 + a \operatorname{sen}\left(\frac{2\pi t}{T}\right)$$

donde

$y_p$  tirante

$y_0$  tirante inicial

$a$  amplitud de la onda

$t$  tiempo

$T$  período de la onda.

Los valores del tirante y la velocidad iniciales que se toman, corresponden a los valores obtenidos en la sección anterior. La amplitud proviene de considerar un coeficiente de difracción de 0.7, aplicado a las condiciones de altura de ola mayor y menor, del resumen anual de oleaje. Los períodos representativos en este caso son 6 y 12 segundos. Todas estas posibilidades se enmarcan a continuación.

$y_1$	T	$H_o$	K	$H_r$	a
8.000	6	0.5	0.7	0.35	0.175
8.540	12	2.3		1.61	0.805
7.460					

El programa de computadora, así como los resultados más significativos, de las 12 opciones que se generan, se presentan a continuación.

#### RESULTADOS. Corrientes por oleaje.

Período (Seg)	Amplitud (m)	Tirante inicial (m)	Vel. máxima (m/seg)
6	0.175	8.54	0.26 -0.07
6	0.805	8.54	0.95 -0.63
12	0.175	8.54	0.28 -0.10
12	0.805	8.54	1.00 -0.77
6	0.175	8.00	0.30 -0.04
6	0.805	8.00	1.02 -0.62
12	0.175	8.00	0.32 -0.07
12	0.805	8.00	1.06 -0.77
6	0.175	7.46	0.14 -0.81
6	0.805	7.46	0.90 -0.81
12	0.175	7.46	0.16 -0.24
12	0.805	7.46	0.94 -0.96

```

10 REM PUERTO MADERO, CHIAPAS
20 REM CORRIENTES POR OLEAJE UTILIZANDO EL METODO DE LAS
    CARACTERIZTICAS.
30 REM TESIS PROFESIONAL.
40 REM ALFREDO BRISEÑO.
50 DIM Y(9), T(9), V(9), S(9)
60 REM DATOS
70 G=9.81:PI=3.1416:N=0.025:S0=0.00001
80 INPUT "AM=?"; AM
85 INPUT "PE=?"; PE
90 AC=422400:AP=98863:H3=80:H4=80:H7=60
100 DT=1
110 FOR J=1 TO 9
120 INPUT "Y(J)=?"; Y(J)
130 INPUT "V(J)=?"; V(J)
135 NEXT
140 K=1:YO=Y(1)
150 I=0
160 I=I+1
170 REM SECCION 1
180 J=1
190 T=DT*I
200 GOSUB 1000:GOSUB 1200
210 T(1)= YO +AM+SIN(2+PI+T/PE):S(1)=CN+CA+T(1)
220 REM SECCION 2
230 GOSUB 1500:T(2)=YM:S(2)=VM
240 REM SECCIONES 3, 4, 7.
250 J=3:GOSUB 1000:C3=C:K3=CA:GOSUB 1300:P3=CP
260 J=4:GOSUB 1000:C4=C:K4=CA:GOSUB 1200:N4=CN
270 J=7:GOSUB 1000:C7=C:K7=CA:GOSUB 1200:N7=CN

```

```

280 A=-H3+(K3-K4)-H7+K7
290 B=(H3+(P3-N4)-H7+(N7-2+K7))/A
300 C=H3+(N7-K7)
310 T(3)=(-B+SQR(B++2+4+C))/2:S(3)=P3-K3+T(3)
320 T(4)=T(3):S(4)=N4+K4+T(4)
330 T(7)=T(3)-1:S(7)=N7+K7+T(7)
340 REM SECCION 5
350 J=5:GOSUB 1500:T(5)=YM:S(5)=VM
360 J=6:GOSUB 1000:GOSUB 1300
370 B=1/CA+(AC/H4/DT-CP):CC=AC+Y(6)/H4/DT/CA
380 T(6)=(-B+SQR(B++2+4+CC))/2:S(6)=CP-CA+T(6)
390 REM SECCION 8
400 J=8:GOSUB 1500:T(8)=YM:S(8)=VM
410 REM SECCION 9
420 J=9:GOSUB 1000:GOSUB 1300
430 B=1/CA+(AP/H7/DT-CP):CC=AP+Y(9)/H7/DT/CA
440 T(9)=(-B+SQR(B++2+4+CC))/2:S(9)=CP-CA+T(9)
450 REM CAMBIO DE VARIABLES
460 FOR J=1 TO 9
470 Y(J)=T(J):V(J)=S(J)
480 NEXT
490 REM CONTROL DEL TIEMPO
500 IF K=T THEN GO TO 520
510 GO TO 160
520 REM IMPRESION DE RESULTADOS
530 PR#1:PRINT CHR$(9):"132N"
540 FOR J=1 TO 9
550 PRINT Y(J),V(J)
560 NEXT
570 K=K+1

```

580 STOP

590 GO TO 160

## CAPITULO 5

### DIAGNOSTICO.

se mencionó que los principales problemas que han originado la inactividad de Puerto Madero son de caracter físico. El de mayor importancia es sin duda el fuerte acarreo litoral, que ha provocado el fin de la vida útil de la escollera — oriente, es decir, la estructura se ha llenado completamente de material con lo que su utilidad al momento es nula, además, el material transportado tanto en el fondo como en suspensión, ha originado el continuo azolve de los canales de navegación, culminando con el bloqueo del acceso a la dársena de pesca.

Con objeto de efectuar un diagnóstico de la problemática de caracter físico en el puerto, en lo que se refiere al depósito de material, se hicieron una serie de análisis. El primero consistió en determinar el volumen de material sedimentado. El segundo fué un estudio de corrientes.

En el análisis sedimentológico como primer punto, se calcularon los volúmenes de azolve en los canales del puerto, en base a tres levantamientos batimétricos, realizados en un período de aproximadamente un año (Marzo de 1983 a Febrero de 1984). Los resultados, Cuadro 3.1.1, no son un fiel testigo del fenómeno, debido a los dragados que se realizaron en ese lapso de tiempo. De los reportes de dragado para 1983 y 1984

Cuadro 5.1.- Volúmenes de dragado de 1983 y 1984 en Puerto -  
Madero, Chiapas.

Año	Mes	Nombre de la Draga.			Total	Total Acumulado.
		Cristobal Colón.	Tabasco	Presidente Madero.		
83	Ene.					
	Feb.					
	Mar.					
	Abr.	17,975			17,795	17,795
	May.	28,090			28,090	46,095
	Jun.	31,640			31,640	77,705
	Jul.	39,925			39,925	117,630
	Agos	25,150			25,150	142,780
	Sep.	40,708			40,708	183,488
	Oct.	25,329			25,329	208,817
	Nov.	26,372	21,364		47,736	256,553
	Dic.	6,483	86,479		92,962	349,515
84	Ene.		17,582	24,375	41,957	391,502
	Feb.			61,094	61,094	452,596
	Mar.			41,080	41,080	493,676
	Abr.			49,388	49,388	543,064
	May.			81,689	81,689	624,753
	Jun.			14,390	14,390	639,143
	...					

(Cuadro 5.1), se nota claramente que entre los meses de --  
 Abril de 83 y Febrero de 84 se dragaron 452,502 m<sup>3</sup>. El resul\_  
 tado anterior sumado al volumen de material sedimentado (52-  
 mil m<sup>3</sup>) da como total 504,596 m<sup>3</sup>, siendo esta aproximación -  
 más representativa. Como una medida de comparación existe -  
 una expresión para calcular la longitud de escolleras:

$$z = \sqrt{\frac{4 \alpha Q}{\pi D}} t$$

donde

z longitud de la escollera

$\alpha$  ángulo de incidencia del oleaje

Q transporte litoral anual

D profundidad a la cual llegará la estructura

t vida útil de la obra.

Procediendo de manera inversa tenemos:

$$Q = \frac{z^2 \pi D}{4 \alpha t}$$

Si z = 450 m

$$\alpha = \frac{10809 \times 18^\circ + 71515 \times 15^\circ + 74170 \times 4^\circ}{156494} = 10^\circ = 0.1744 \text{ rad.}$$

D = 7 m

t = 1983 - 1975 = 8 años

Sustituyendo

$$Q = \frac{(450)^2 \times \pi \times 7}{4 \times 0.1744 \times 8} = 797,840 \text{ m}^3/\text{año.}$$

El transporte litoral calculado de esta manera se aproxima bastante al volumen de material que ha penetrado a los canales, sobre todo si se recuerda que la escollera oriente ya no es capaz de retener el material eficientemente. En segundo lugar se calculó el transporte litoral con la fórmula de Larras, la que produjo un total de 156 000 m<sup>3</sup>/año. Esta última cifra solo indica que el modelo matemático no es muy adecuado. Conviene agregar el comentario de que el cálculo del transporte litoral por medio de expresiones empíricas es muy difícil y puede provocar muchos errores.

El estudio de las corrientes causadas por la marea dice que las velocidades extremas son de + 0.12 m/s a la entrada del canal principal, velocidades que se van amortiguando conforme el flujo se va adentrando a las demás secciones de los canales. Por otra parte la acción del oleaje sumado al de la marea provoca velocidades de 1.06 a -0.77 m/s en la sección inicial, en las demás este efecto resulto no ser considerable.

Las condiciones de Brun, para la estabilidad de canales de acceso, pueden ser de gran utilidad para llegar a una conclusión final:

Condiciones de Estabilidad de Brun.

1.-  $\frac{\Omega}{Mn} > 150$

$\Omega$  prisma de marea,  $m^3/\text{ciclo}$

$Mn$  transporte litoral neto,  $m^3/\text{año}$

$\Omega = 1.08 \times 629000 = 679320 \text{ m}^3/\text{ciclo}$

$Mn = 157687 \text{ m}^3/\text{año}$

$\frac{679320}{504596} = 1.346 \ll 150 \Rightarrow$  La baja amplitud de la -  
marea provoca que el sis-  
tema no pueda autodragar  
se.

2.-  $0.8 \leq \frac{\tau_c}{\tau_0} \leq 1.2$

$\tau_c$  esfuerzo cortante crítico de las partículas

$0.35 \leq \tau_c \leq 0.5 \text{ Kg/m}^2$

$\tau_0$  esfuerzo cortante que el líquido produce sobre  
el fondo del canal. En régimen permanente

$\tau_0 = \gamma R_h S$

$R_h$  radio hidráulico

$S$  pendiente hidráulica.

$$\tau_o = 1000 \times 8 \times 0.00001 = 0.08 \text{ Kg/m}^2$$

$$\tau_c = 0.35 \text{ Kg/m}^2$$

$\frac{0.35}{0.08} = 4.375 \Rightarrow$  Sedimentación, el esfuerzo que produce la corriente no puede mover -- las partículas.

$$3.- \quad 0.7 \leq \frac{M_s}{M_t} \leq 1.6$$

$M_t$  transporte litoral total

$M_s$  capacidad de arrastre del canal

$t$  tiempo

$$q_s = \frac{10. \tau_o^{5/2}}{\rho^{0.3} D_{50} \gamma^2 (S_s - 1)^2}$$

$$\tau_o = 0.08 \text{ Kg/m}^2$$

$$D_{50} = 0.2 \text{ mm}$$

$$\rho = 102$$

$$S_s = 2.6$$

$$q_s = \frac{10(0.08)^{5/2}}{(102)^{0.5}(0.0002)(1000)^2(2.6-1)^2}$$

$$= 3.45 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{m-s}$$

$$M_s = 3.45 \times 10^{-6} \times 80 \times 12 \times 3600 \times 365$$

$$= 4\,352 \text{ m}^3/\text{año}$$

$$\frac{4\,352}{504\,596} = 0.009 \Rightarrow \text{La relación no es favorable.}$$

Los resultados obtenidos hasta el momento son suficientes para concluir lo siguiente: Una gran cantidad de material, producto del transporte litoral, está entrando por el canal de acceso al puerto, debido principalmente a que la escollera oriente ya no puede retenerlo; El sistema formado por los canales no tiene capacidad de autodragarse, siendo el depósito de material fácilmente sedimentable, sobre todo la zona de bifurcación y el inicio del canal de pesca, donde se amortiguan considerablemente los efectos oceanográficos. Lo anterior se comprueba al aplicar las condiciones de estabilidad de Brun, las cuales dicen que el sistema no es estable en ningún caso.

## CAPITULO 6

### ACCIONES PROPOSITIVAS.

Las acciones que se proponen para la rehabilitación de Puerto Madero son:

- 1.- Prolongar la escollera oriente.
- 2.- Rehabilitar la escollera poniente.
- 3.- Dragado de los canales de navegación.
- 4.- Recubrimiento de la zona del seno de la escollera oriente.

El primer punto es el más importante; en el diagnóstico se concluyó que la causa principal del azolve de los canales de navegación es la incapacidad de la escollera oriente de retener el transporte litoral, además, la escollera se encuentra en malas condiciones, al igual que la escollera poniente, sobre todo en el morro, como se informó a principios de este trabajo. Las siguientes dos acciones son intrínsecas a la primera, a fin de restaurar la actividad, por lo menos en lo que se refiere a la navegación, de Puerto Madero. Y la última trata de conseguir el equilibrio de esa zona interior del puerto, evitando la erosión que ha afectado los terrenos de la base naval.

Nueva longitud de la escollera oriente.

Utilizando la expresión:

$$s = \sqrt{\frac{4\alpha Q}{\pi D} t}$$

para

$$\alpha = 10^\circ = 0.1744 \text{ rad.}$$

$$Q = 600\,000 \text{ m}^3/\text{año.}$$

$$D = 10 \text{ m.}$$

$$t = 25 \text{ ó } 50 \text{ años.}$$

$$s = 570 \text{ m.}$$

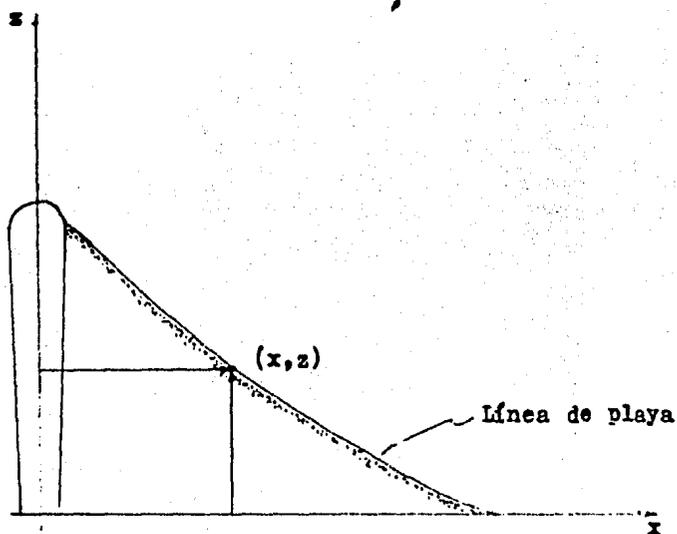
$s = 800 \text{ m.} \rightarrow$  Aumentar 350 m la escollera oriente.

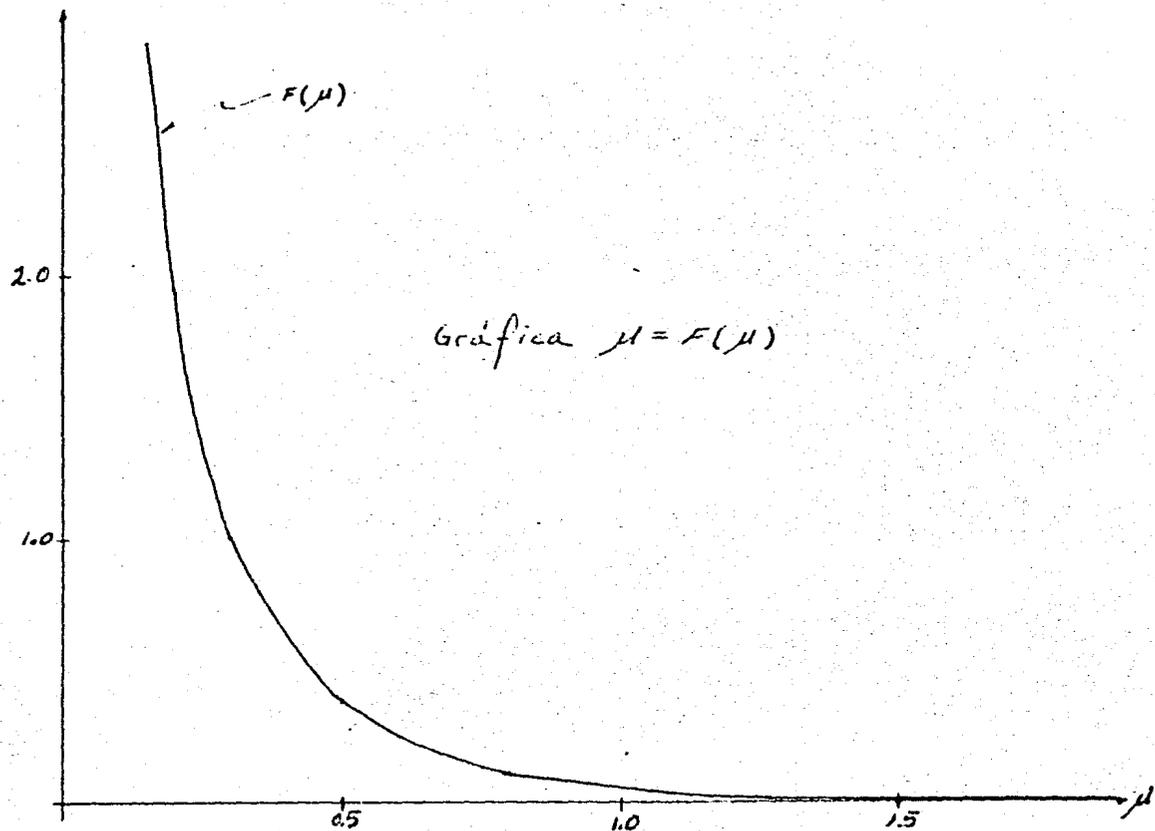
Los valores empleados para el cálculo de la nueva longitud de escollera son el resultado de una serie de consideraciones, basadas en los resultados obtenidos en este trabajo.

El prolongar la escollera oriente trata de dar una solución definitiva al problema de azolve en los canales de navegación. Esto se puede lograr si se toma en cuenta que la playa debe llegar a un estado de equilibrio. Las configuraciones de la línea de playa pueden ser obtenidas a partir de las siguientes expresiones:

$$s = \alpha x [f(\mu)] \quad \text{cuando } x > 0$$

$$\mu = \frac{x}{\sqrt{t}} \quad \sqrt{\frac{\alpha D}{4Q}} \quad \delta \quad x = \mu \sqrt{\frac{4tQ}{\alpha D}}$$





Configuración de la playa en la escollera oriente.

$t = 8$  años

$D = 7$  m.

$\alpha = 10^\circ = 0.1744$  rad.

$Q = 797\ 840$  m<sup>3</sup>/año.

x (m)	z (m)
686	341
915	307
1 372	251
1 821	201

$t = 50$  años

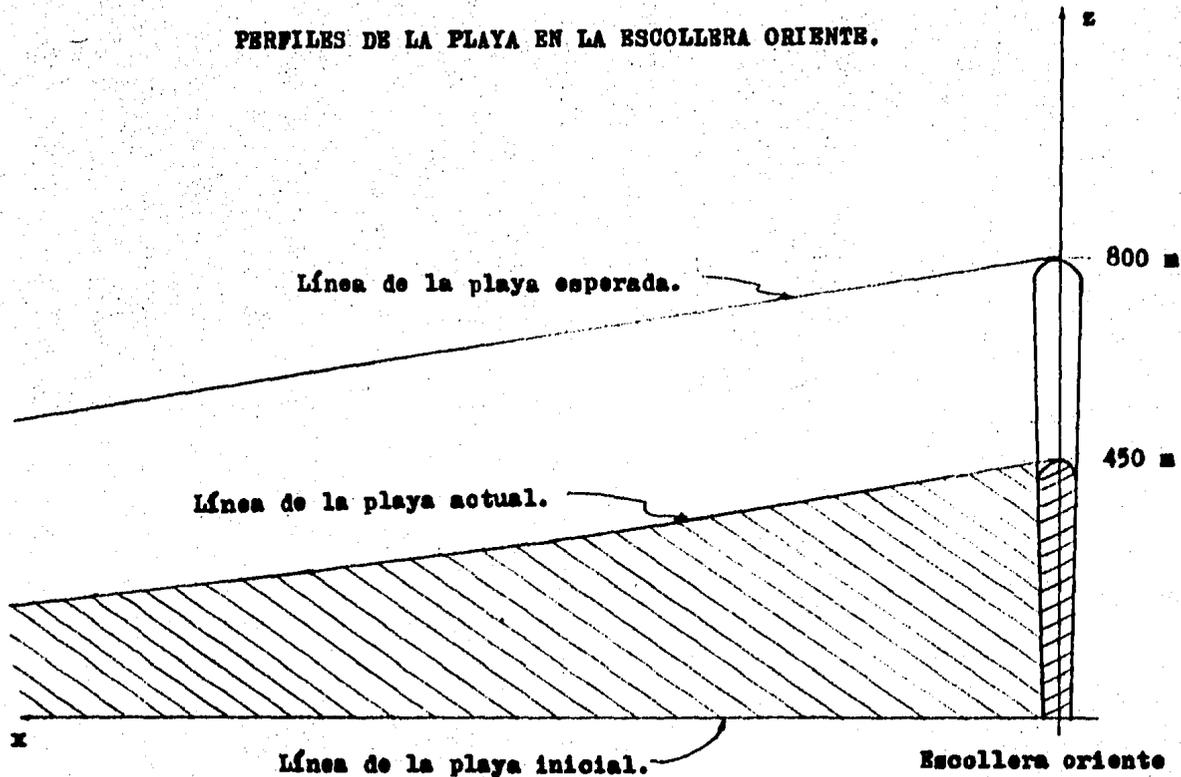
$D = 10$  m.

$\alpha = 10^\circ$

$Q = 600\ 000$  m<sup>3</sup>/año

x (m)	z (m)
1 244	618
1 659	560
2 488	454
3 318	365

PERFILES DE LA PLAYA EN LA ESCOLLERA ORIENTE.



En la figura anterior se puede ver como el oleaje incidente en el lado oriente, encontrará un ángulo cada vez más desfavorable para el movimiento de material.

Cálculo de la sección transversal de la escollera.

Basándose en los datos de construcción de la escollera oriente (Plano 14) tenemos:

Coraza.

$$\text{Peso } W_c = 7\ 000 \text{ Kg.}$$

$$\text{Espesor } E_c = n K \frac{W}{2.9}$$

$$= 2 \ 1.15 \ \frac{7\ 000}{2.9}$$

$$= 3.085 \text{ m}$$

Capa secundaria.

$$W_{cs} \frac{W}{10} = 700 \text{ Kg.}$$

$$E_{cs} = 2 \ 1.15 \ \frac{0.7}{2.9}$$

$$= 1.432 \text{ m}$$

Núcleo.

$$W_n \frac{W}{100} = 70 \text{ Kg}$$

Area de la sección

$$\left( \frac{58.858+5.60}{2} \right) 19.517 = 629.013 \text{ m}^2$$

Volumen

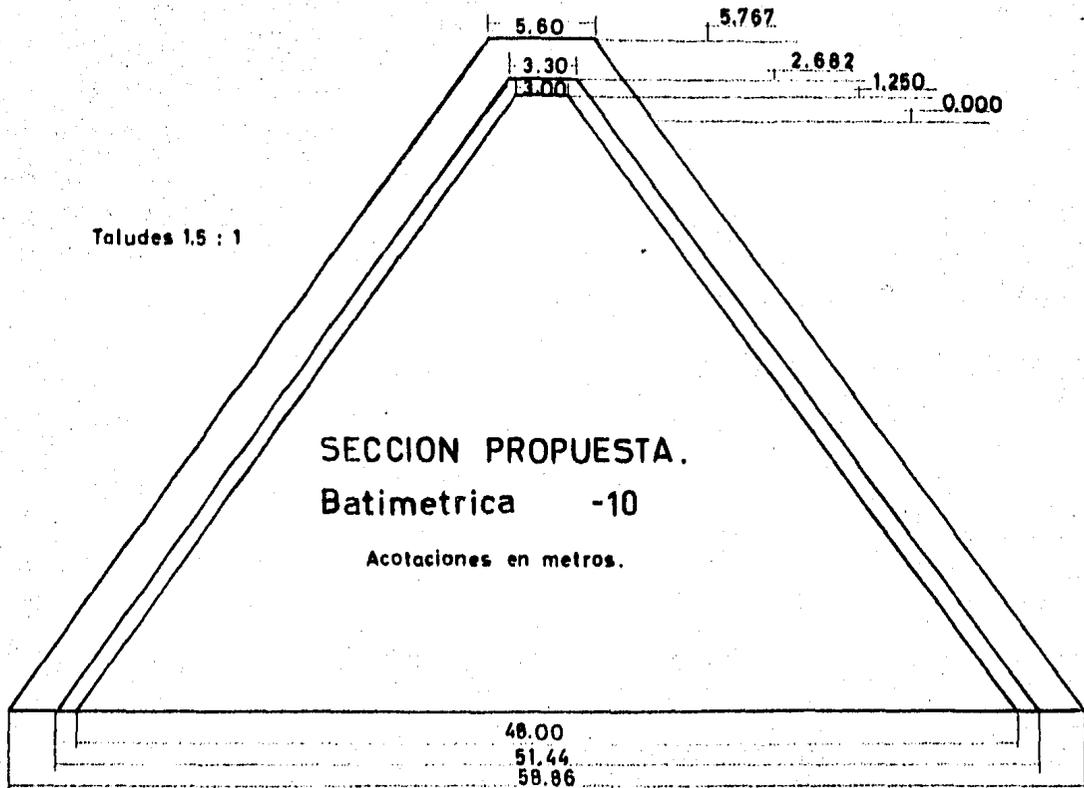
$$629.013 \times 350 = 220\ 154.488 \text{ m}^3$$

Peso

$$220\ 154.488 \times 2.9 = 638\ 448.594 \text{ ton.}$$

Costo de la estructura considerando que cada tonelada de la obra puede costar \$ 2 000.00 aproximadamente

$$2\ 000 \times 638\ 448.594 = \$ 1\ 276\ 897.188$$



## CAPITULO 7

### CONCLUSIONES.

En el año de 1975 fueron inauguradas las obras de la primera etapa de construcción de Puerto Madero, Chiapas, las cuales se habían iniciado en 1972. En ese entonces se había determinado a partir de los estudios físicos y de un modelo hidráulico, realizados por la Dirección General de Obras Marítimas lo siguiente:

- a) De acuerdo con los datos del Sea and Swell y de la aplicación del método del profesor Larras, el problema del transporte sólido no era de importancia.
- b) Las obras de encauzamiento del canal de acceso están calculadas dentro de un rango aceptable que los estudios realizados establecen.

Actualmente Puerto Madero se encuentra en graves condiciones de inactividad, debida principalmente a problemas de carácter físico. Los estudios realizados en este trabajo diagnostican que grandes cantidades de azolve, producto de un fuerte acarreo litoral, no pueden ser retenidos por la escollera oriente, penetrando por el canal principal, depositandose sobre todo en el canal de pesca, y en la intersección de los -

canales, llegando al extremo de impedir la navegación en el canal de pesca. Además; la escollera poniente presenta graves daños en el morro, el cual se encuentra prácticamente -- destruido; y una continua erosión en la zona del seno de la escollera oriente amenaza los terrenos de la base naval.

La solución que trata de ser definitiva al problema de azolvamiento de los canales de navegación, propone que la escollera oriente se alargue. Las obras que deben complementar -- la anterior son: Dragado; rehabilitación de la escollera poniente; y recubrimiento de la zona afectada por la erosión.

El hecho de que nuestro país se encuentre en una etapa crítica en su desarrollo, origina que en muchos lugares se cuente apenas con un raquítico presupuesto para el crecimiento de -- la infraestructura más elemental, y que además no se cuente con todo el equipo necesario y personal capacitado. Lo reducido de los presupuestos también ha afectado los estudios y -- proyectos en las localidades donde se requieren. Esto ha -- obligado en muchos casos a los ingenieros a auxiliarse de -- los datos disponibles en poblaciones cercanas a la del estudio, así como a la simplificación de teorías o suposición de algunos datos con los que no se cuente y se requieren para -- el análisis del problema, con los correspondientes errores e incertidumbres que esto puede ocasionar.

Al rehabilitar física y operativamente Puerto Madero se está contribuyendo al desarrollo de la población y de sus alre

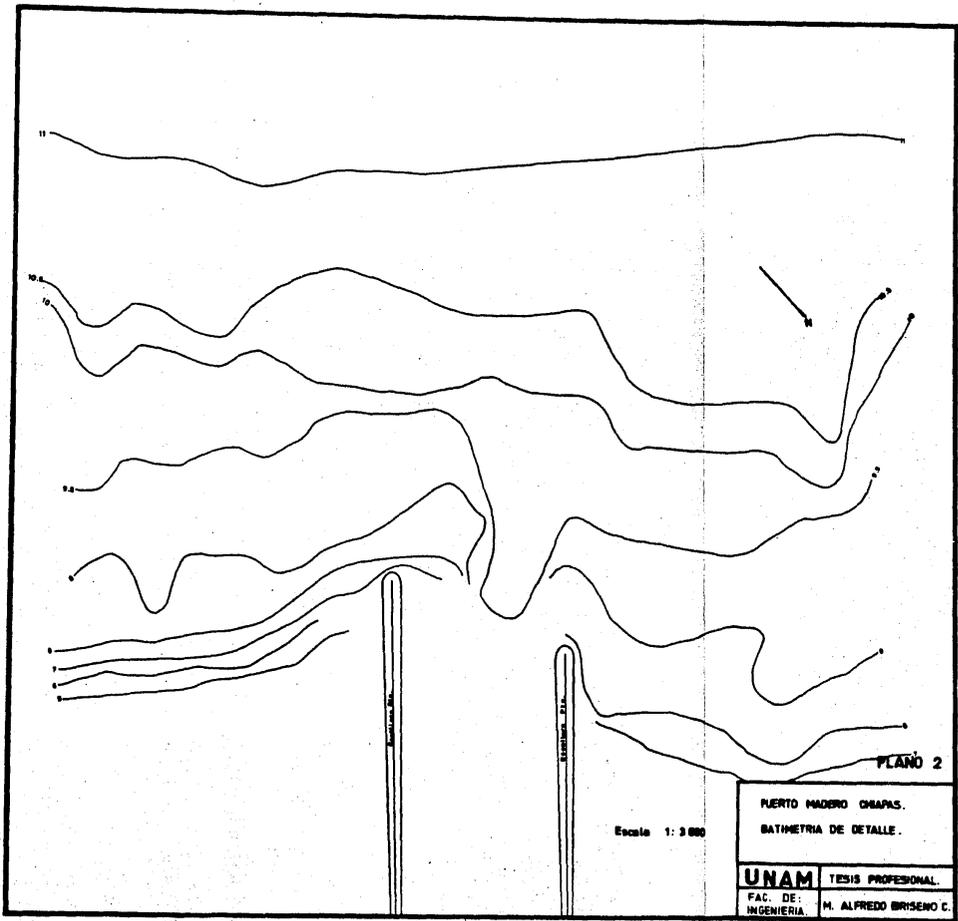
dedores. Así pues, es una obra encaminada a producir bienes\_ para el estado y en general para nuestro país.

APENDICE "A".

PLANOS.



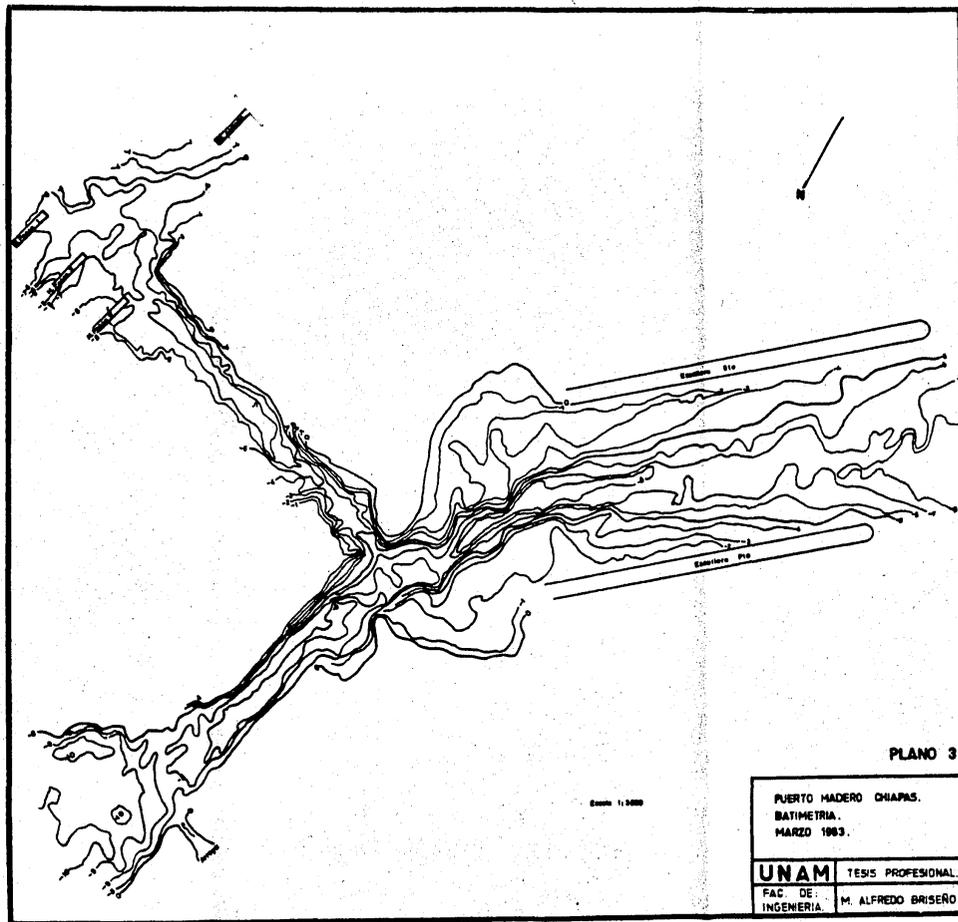


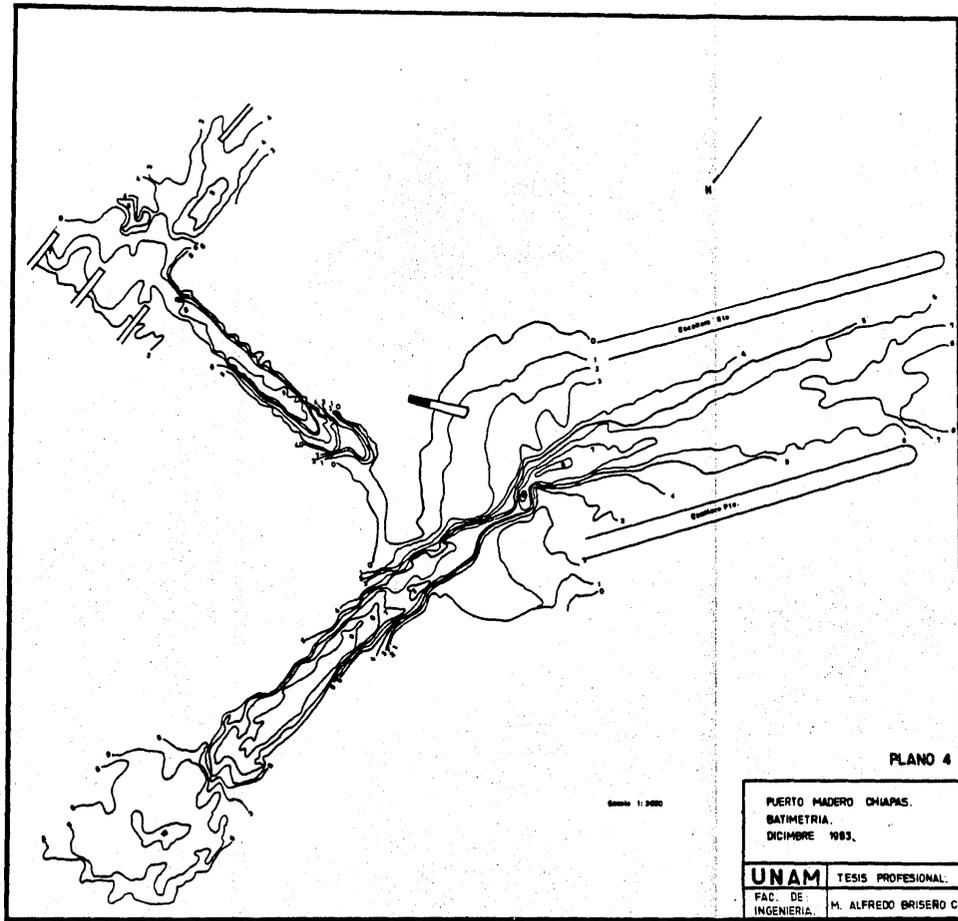


PLANO 2

Escala 1: 2 000

PUERTO MADERO CHIAPAS.  
BATIMETRIA DE DETALLE.  
**UNAM** TESIS PROFESIONAL.  
FAC. DE: INGENIERIA. M. ALFREDO BRYSENO C.



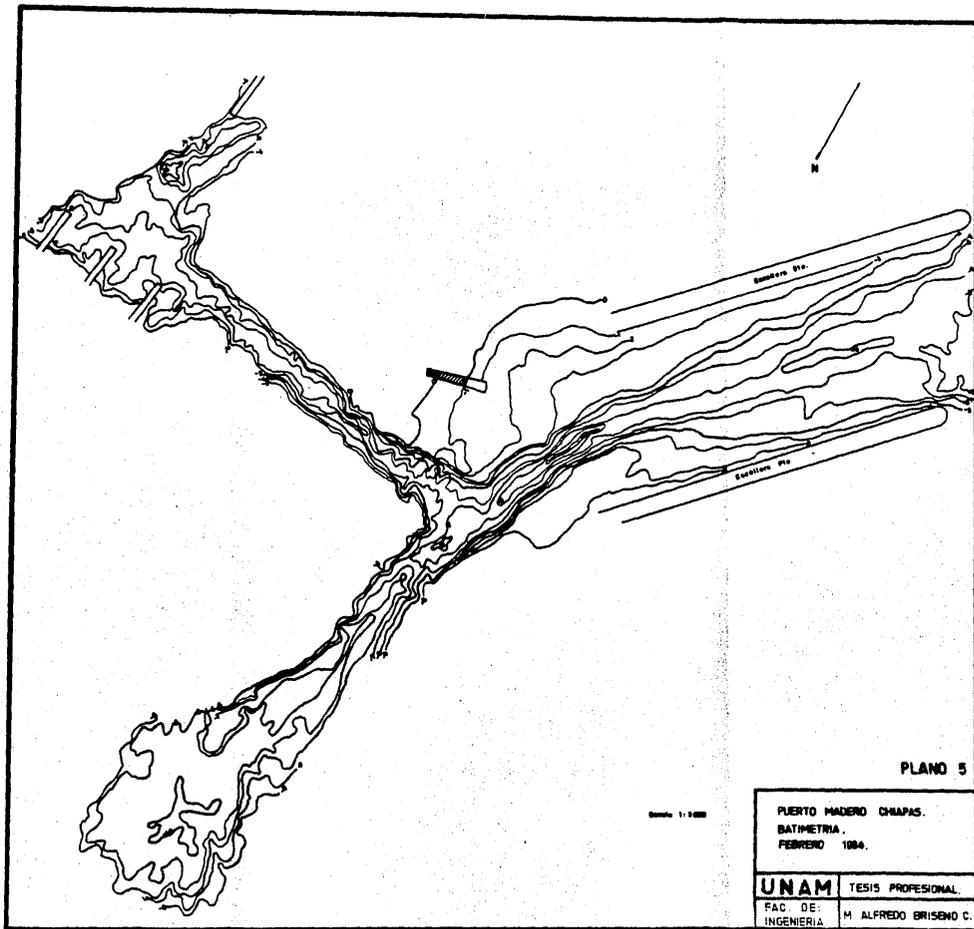


Escala 1:2000

PLANO 4

PUERTO MADERO CHIAPAS.  
BATIMETRIA.  
DICIEMBRE 1983.

<b>UNAM</b>	TESIS PROFESIONAL.
FAC. DE INGENIERIA.	M. ALFREDO BRISERO C.

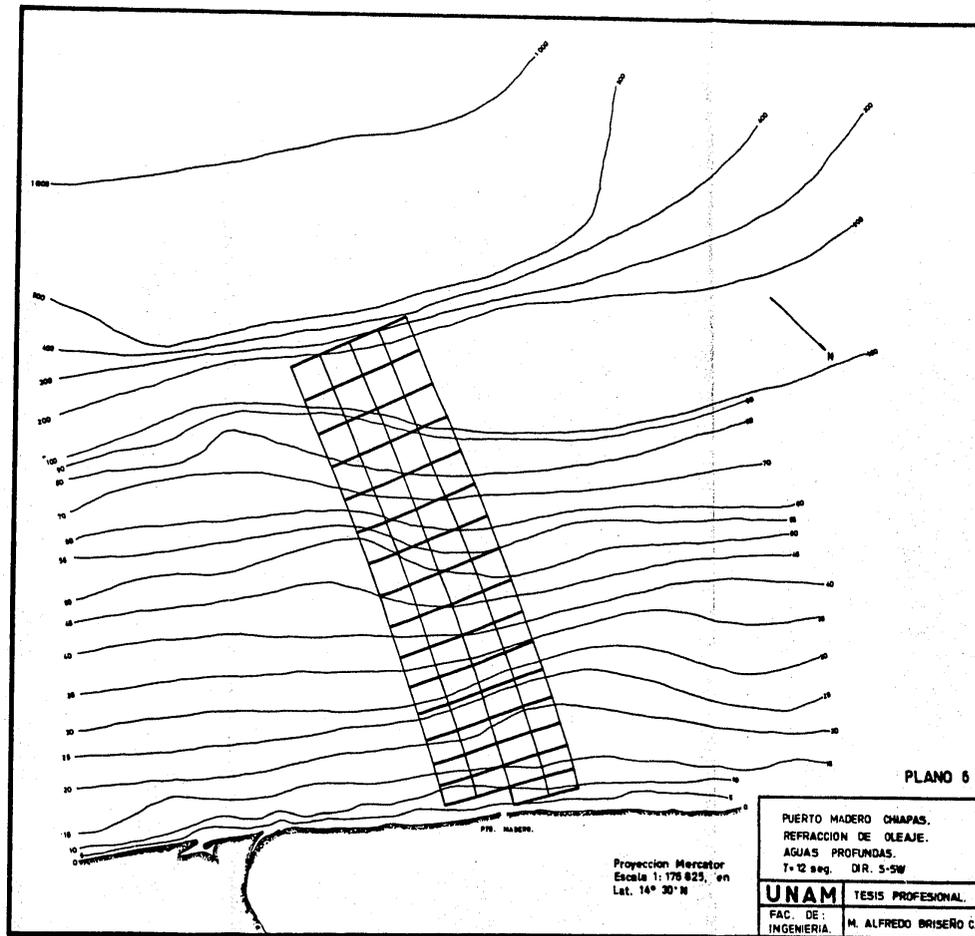


Escala 1:2000

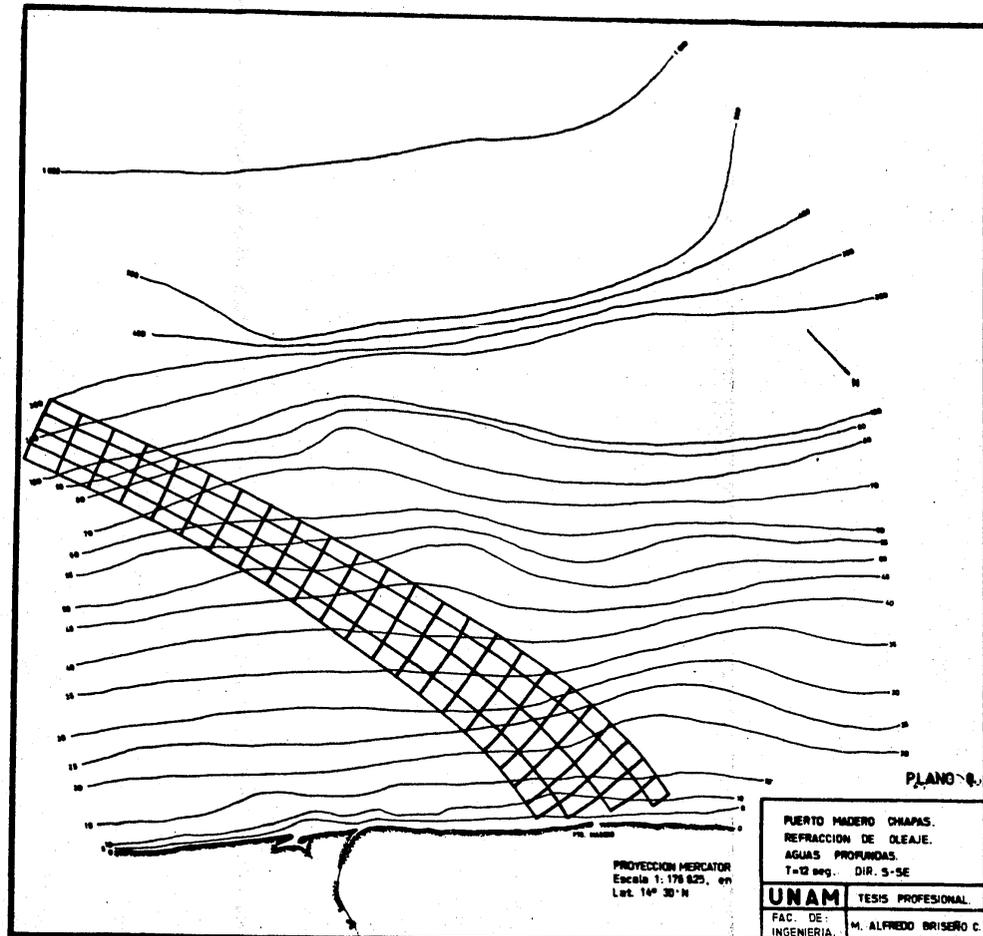
PLANO 5

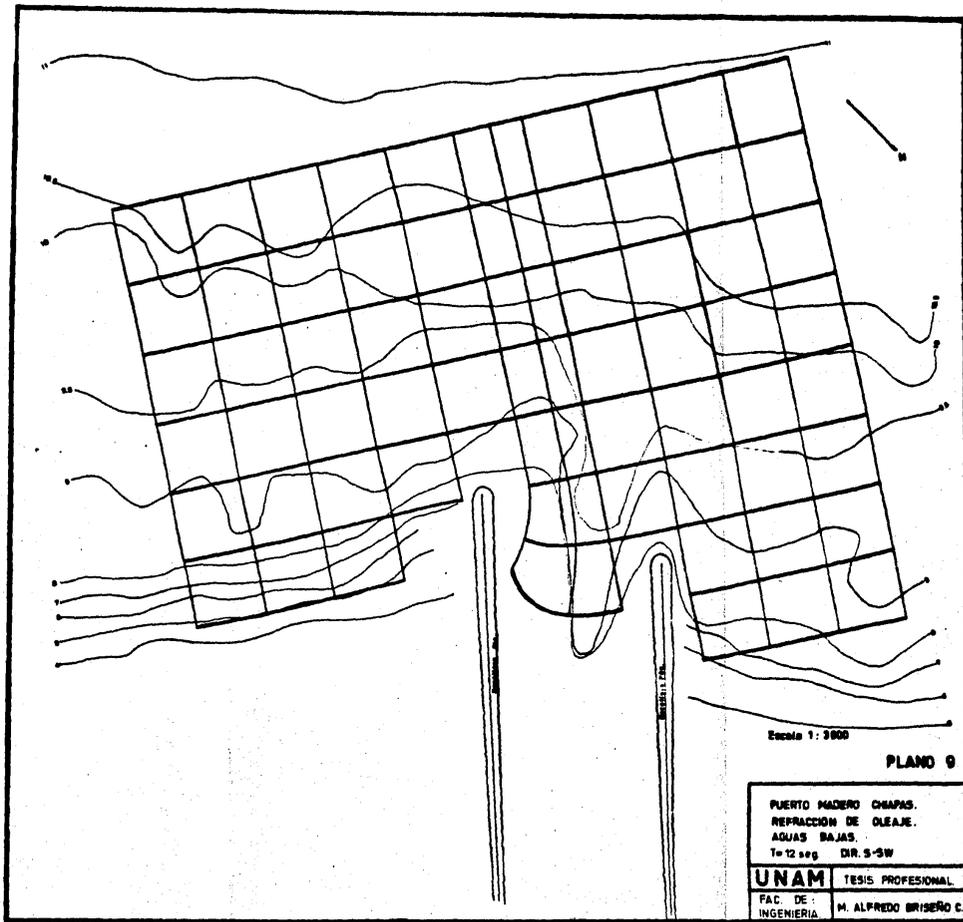
PUERTO MADERO CHIAPAS.  
BATIMETRIA.  
FEBRERO 1984.

<b>UNAM</b>	TESIS PROFESIONAL.
FAC. DE INGENIERIA	M. ALFREDO BRISEÑO C.







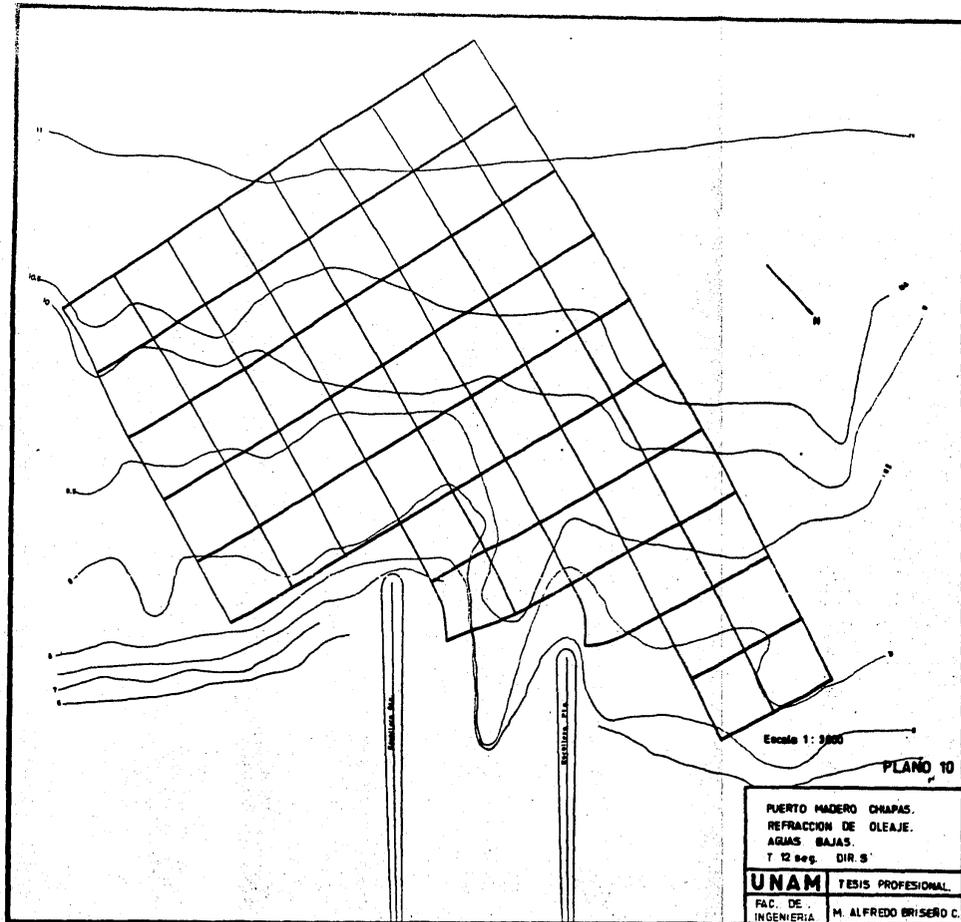


Escala 1: 3000

PLANO 9

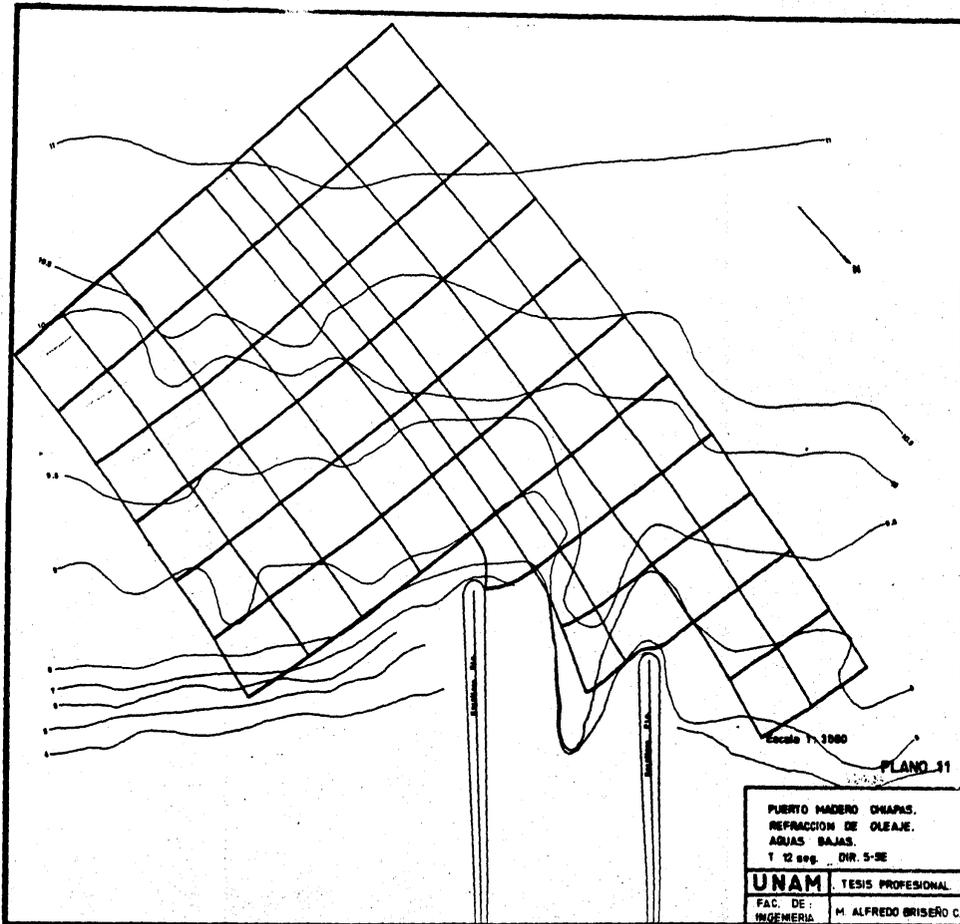
PUERTO MADERO CHIAPAS.  
REPARACION DE OLEAJE.  
AGUAS BAJAS.  
T= 12 seg. DIR. S-SW

<b>UNAM</b>	TESIS PROFESIONAL
FAC. DE: INGENIERIA	M. ALFREDO BRISERO C.



PUERTO MADERO CHAPAS.  
REFRACCION DE OLEAJE.  
AGUAS BAJAS.  
T 12 seg. DIR. S'

<b>UNAM</b>	TESIS PROFESIONAL
FAC. DE INGENIERIA	M. ALFREDO BRISERO C.



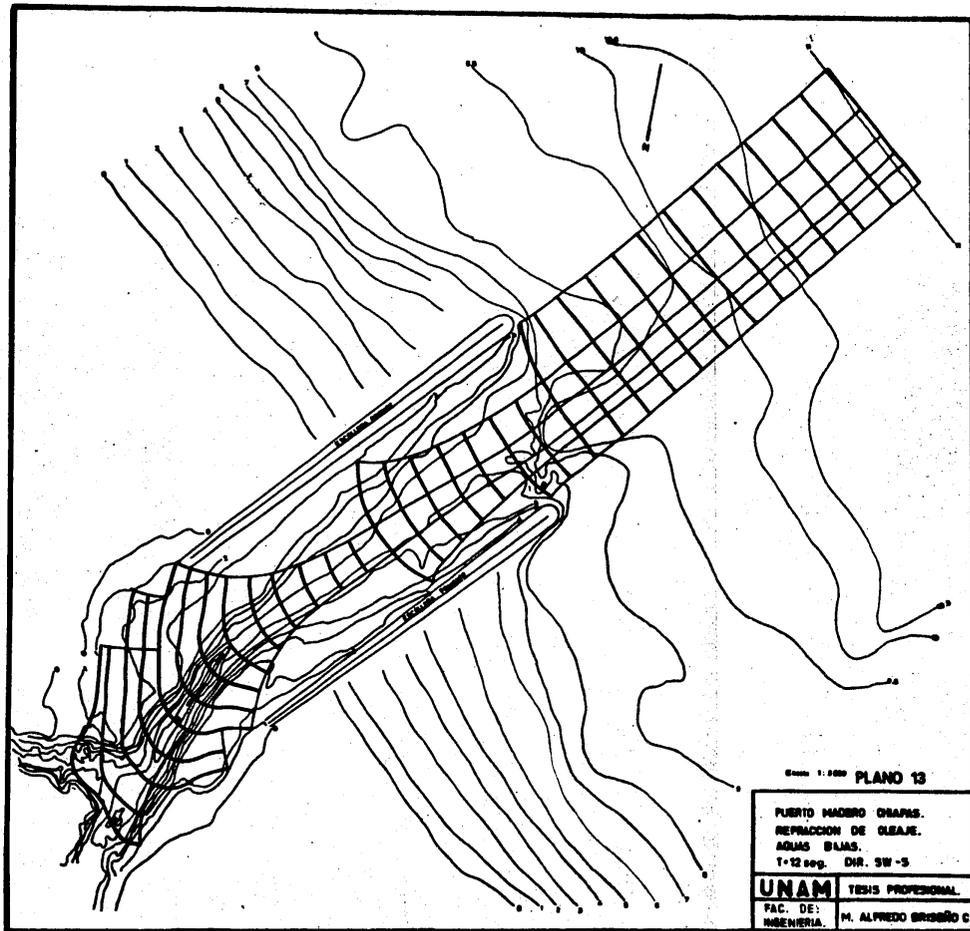
Escala 1:2000

PLANO 11

PUERTO MADERO CHAPAS.  
REFRACCION DE OLEAJE.  
AGUAS BAJAS.  
12 sep. DIR. S-SE

<b>UNAM</b>	TESIS PROFESIONAL
FAC. DE:	M. ALFREDO BRISEÑO C.
INGENERIA	





## BIBLIOGRAFIA.

- 1.- Perspectivas de desarrollo en la región de Soconusco, Chiapas, y diagnóstico de Puerto Madero. NAFINSA. "Fondo Nacional de Estudios y Proyectos". México.
  
- 2.- Manual de diseño de obras civiles, CFE, Instituto de Investigaciones Eléctricas, fascículos:
  - A. 2. 13 Hidráulica Marítima.
  - A. 2. 11 Hidráulica Fluvial.
  
- 3.- Applied Hydraulic Transients. M. Hanif Chaudhry, Ph. D.
  
- 4.- Apuntes de Ingeniería Marítima.
  
- 5.- Ingeniería Marítima. Roberto Bustamante Ahumada.
  
- 6.- Open-Chanel Hydraulics. Ven Te Chow.