

24 153

UNAM

Facultad de Ingeniería

**ESTUDIO EXPERIMENTAL DE AGITACION EN UN
MODELO MARITIMO PARA EL PUERTO INDUSTRIAL
LAGUNA DEL OSTION, COATZACOALCOS, VER.**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
I N G E N I E R O C I V I L
P R E S E N T A**

EDGAR ALBERTO SANCHEZ FRANCO



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.

CONTENIDO

- I. Introducción
- II. Descripción del Proyecto
 - 1.- Localización
 - 2.- Trabajos de Campo
 - 3.- Estudios de Gabinete
- III. Desarrollo del modelo marítimo de fondo fijo
 - 1.- Objetivos del Modelo
 - 2.- Condiciones de Similitud
 - 3.- Escalas
 - 4.- Proyecto del Modelo
 - 5.- Construcción del Modelo
 - 6.- Secuencia Fotográfica de la Construcción del Modelo
- IV. Operación del modelo marítimo
 - 1.- Equipo e Instrumentación
 - 2.- Calibración
 - 3.- Ensayos
 - 4.- Diversas Alternativas
 - 5.- Secuencia Fotográfica de la Operación del Modelo
- V. Conclusiones

I.- INTRODUCCION

La Coordinación de Proyectos de la Secretaría de la Presidencia, con el apoyo de la Dirección General de Obras Marítimas de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, tomando en cuenta el auge económico del país, mediante el incremento de sus exportaciones y la dinámica petrolera que vive el mundo propusieron la construcción de un puerto industrial que sirviera de apoyo al puerto de Coatzacoalcos, Veracruz, ya que el Hinterland de éste, se ha incrementado notablemente y por lo tanto el puerto de Coatzacoalcos no cuenta con la infraestructura necesaria para cubrir la demanda de operación portuaria, por lo que la creación de un nuevo puerto vendría a cubrir esta deficiencia.

Partiendo de una política de economía, y con base en el mayor aprovechamiento de los recursos existentes, se proyectó la construcción de un nuevo puerto, teniendo en -- vista aprovechar el trabajo ya realizado por la naturaleza, como son la boca que comunica el mar con la laguna y la basta extensión de ésta que proporciona el área para las dársenas y canales de navegación, por lo que la localización del canal de acceso se ubica sobre la boca de -- comunicación del mar con la laguna y sólo requiere su --

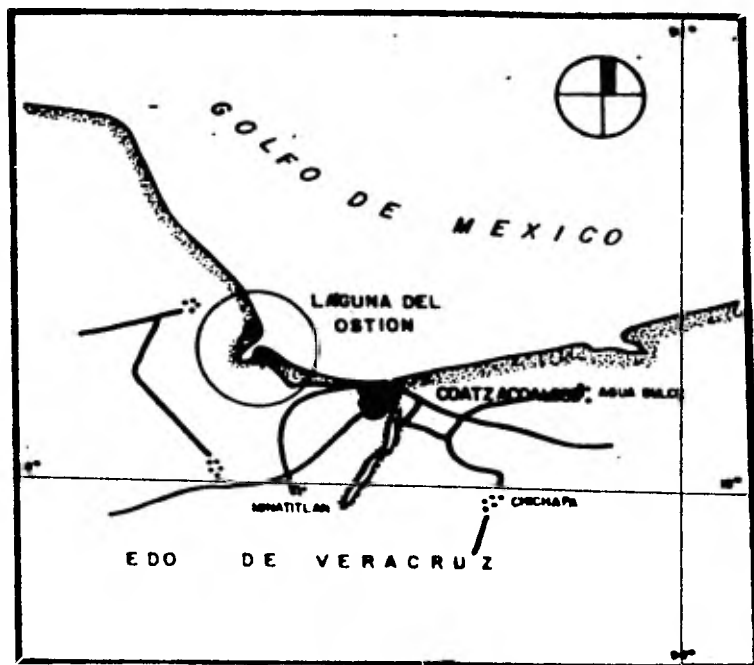
orientación exacta en la dirección más conveniente, y --
sobre la cual no se presenten mayores problemas de manio
brabilidad para el acceso de las embarcaciones.

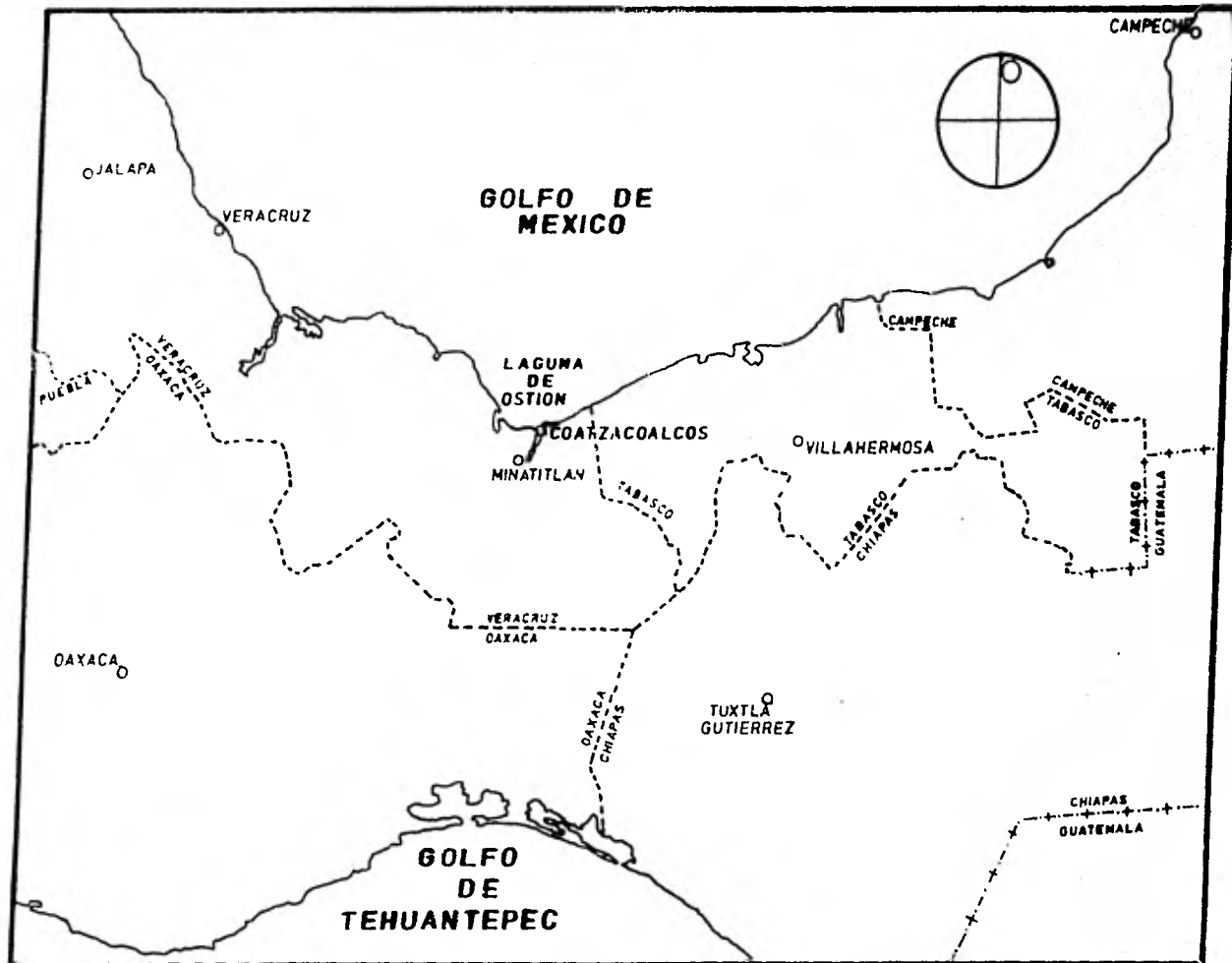
II.- DESCRIPCION DEL PROYECTO

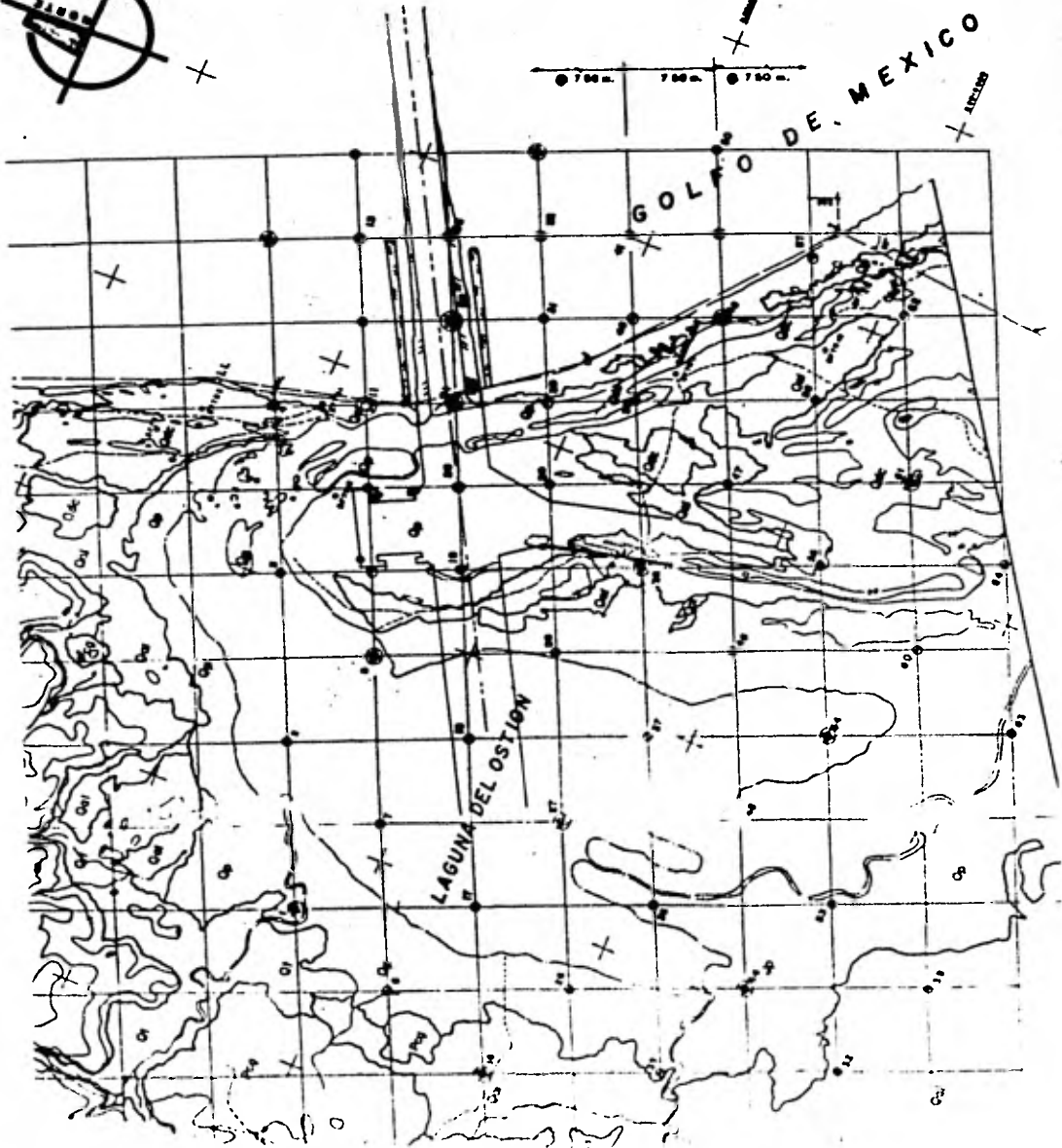
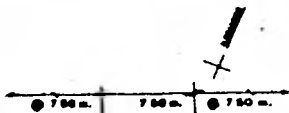
2.1.- Localización

La Laguna del Ostión se encuentra aproximadamente a 23 - km al NW de la Ciudad de Coatzacoalcos en el Estado de Veracruz.

Se puede llegar por los caminos de terracería que conducen de Coatzacoalcos al poblado de Barrillas que se localiza en la zona ESTE de la Laguna, y de los poblados de Pajapan y Jicacal por el OESTE de la Laguna.







2.2.- TRABAJOS DE CAMPO

2.2.1.- Topografía

Se realizó un reconocimiento general de la zona, se -- identificaron los sitios factibles para la localiza- - ción de vértices de las poligonales auxiliares de apo- yo, así como los correspondientes de liga con un levan tamiento existente previamente en la porción terrestre de la zona en estudio.

- Poligonales

Dada la extensión y configuración del área en estudio, así como las posibilidades de localización de los dife- rentes vértices en sitios accesibles y estables, se de cidió localizarlos en las dunas y lomeríos más eleva-- dos, estables en el caso de las dunas, con menores pro blemas de visibilidad y separados entre sí a distancia en general no mayores de 2 km, definiendo tres poligo- nales cerradas cuya localización cubrirá el total del frente marítimo. Las poligonales finalmente considera- das para la realización del estudio quedaron como sigue:

- Poligonal 1

Se extiende del lado ESTE del frente marítimo en estu-

dio y va desde la desembocadura del río Coatzacoalcos hasta el límite del Puerto Industrial, teniendo 32 - - vértices y un desarrollo de 34,192.62 m cubriendo un - área de 2,149.9 ha.

- Poligonal 2

También se localiza al ESTE del Puerto Industrial y llega hasta la comunicación que existe entre la Laguna del Ostión y el mar; teniendo 17 vértices y un desarrollo de - -- 9,308.04 m, que cubren una extensión de 151.4 ha. Que dando ligada con la poligonal 1, por el SURESTE a través de los vértices 11 y 43.

- Poligonal 3

Se localiza al lado OESTE de la comunicación de la Laguna del Ostión con el Golfo y cubre un frente costero de 5 km de extensión; tiene 21 vértices y un desarrollo de 10,040.59 m cubriendo una superficie de 61.7 ha. Se ligaron las poligonales 2 y 3, a través de la comunicación de la Laguna con el mar y entre los vértices 1 y 48 de la poligonal 2 y los vértices 0 y 20 de la poligonal 3.

a) Medición Angular: Se realizó midiendo tanto ángulos horizontales como verticales, para efectuar la pro

yección de las distancias medidas con el distanciómetro. Los ángulos horizontales se medieron en series de tres, de los cuales se empleó el promedio.

Para ello se empleó un tránsito Rossbach modelo -- TM-10 de plomada óptica con aproximación de 10", -- para lecturas horizontales y verticales, así como un distanciómetro de rayos infrarojos WILD modelo DI-10, con alcance de 2000 m y aproximación de ± 1 cm, montado sobre un tránsito WILD modelo T-2 con aproximación de ± 1 seg.

- Para el cálculo de azimutes de las poligonales auxiliares y el cálculo de coordenadas, se referenció en base al levantamiento de FONDEPORT. Ξ
- La compensación de las poligonales se realizó con base en la fórmula de la brújula, la cual considera que aproximadamente las mediciones angulares y de distancias tienen la misma precisión.

- Nivelación

Para los vértices de las poligonales auxiliares, así como a las mojoneras que delimitan la Zona Federal Marítimo Terrestre, se corrió una nivelación diferencial.

Ξ Fondo Nacional para los Desarrollos Portuarios. Fideicomiso del sector Público que realizó algunos trabajos en la porción terrestre de la zona.

Y para los vértices interiores de la poligonal se corrió una nivelación trigonométrica, ya que éstos solo se utilizaron para el cierre lineal y angular de las poligonales.

Se utilizó el procedimiento de doble altura de aparato, a efecto de verificar sistemáticamente que los errores que se pudieran cometer, no excedieran una tolerancia de $0.01\sqrt{K}$, siendo "K" el desarrollo de la poligonal en km.

2.2.2.- Batimetría

El programa de campañas de medidas sistemáticas de la configuración del fondo marino en la zona en estudio, contempló la realización de una batimetría general y de detalle, del frente marítimo de la zona en estudio.

- Batimetría General

La cobertura de este levantamiento batimétrico -- fué contemplada, desde un kilómetro al este de la desembocadura del río Coatzacoalcos a fin de cubrir la configuración del fondo en la desembocadura de este río con el mar, hasta el límite ESTE de la zona en donde se construirá el futuro puerto -- Industrial.

Hacia el mar se alcanzó la batimétrica -25 m r.n.- b.m., habiéndose realizado secciones perpendiculares a la playa separadas entre sí a cada 500 m.

Metodología

Con la embarcación, donde se tiene instalado el equipo de medición se realizaron enfilaciones desde la zona de rompientes hasta que se registraron profundidades de 25 m.

Se marcaron fijas a cada minuto, coincidiendo con el registro de la posición de la embarcación mediante el posicionador Miniranger.

- Batimetría de Detalle

Esta batimetría cubre un frente playero de aproximadamente 10 km, llegando hasta la profundidad de -20 m -- referida al nivel de bajamar media, habiéndose realizado 86 secciones perpendiculares a la playa y 15 secciones paralelas.

Metodología

Con la embarcación que tiene instalado el equipo de medición se realizarón enfilaciones aproximadamente per-

pendiculares a la playa, con separación entre las mismas de 100 m, desde la zona de rompientes hasta que se registraron profundidades de 20 m., lo cual resultó en términos generales a una distancia de 4.5 km de la playa.

Las enfilaciones se realizaron tomándo como referencia puntos fijos en la playa y siguiendo una dirección, -- calculada previamente, por medio de un compas marino.

Equipo

El utilizado para efectuar los levantamientos consistió en:

- a) Un sistema de posicionamiento Motorola Miniranger. Este aparato muestra en dos pantallas luminosas, -- la distancia que existe entre las estaciones de referencia y la estación transmisora-receptora, que viaja en la embarcación, con lo cual es posible -- formar un triángulo y conocer la posición de la -- embarcación en cualquier momento.

El sistema para la medición de la distancia consiste en utilizar ondas de radar, las cuales se envían a una velocidad conocida, y calculando el tiem

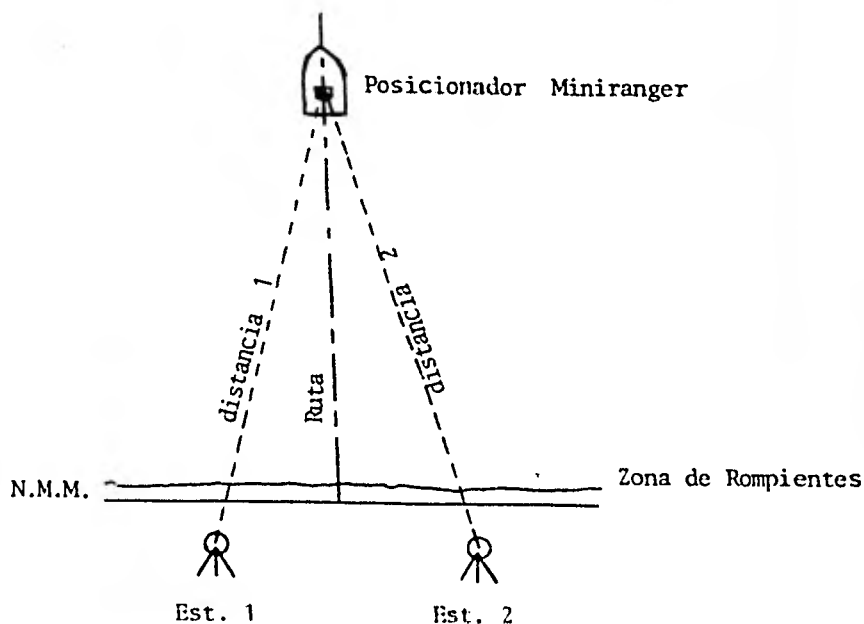
po que tardan en ir y regresar de la antena transmisora-receptora a las estaciones de referencia, se obtienen las distancias.

- b) Una ecosonda marca Raytheon modelo DE-719-B con registro en papel métrico con rango de medición de 0.6 m a 125 m. Este aparato mide la profundidad del agua, computando el intervalo requerido por las ondas de sonido, para viajar a una velocidad conocida, entre el punto emisor-receptor (transducer) y el fondo reflejante, y regresa.
- c) Dos embarcaciones, de 20 y 22 pies de eslora para transportar el equipo durante las mediciones y el personal de vigilancia de las estaciones.

A las mediciones de profundidad realizadas y registradas por la ecosonda, se les aplicó las correcciones por profundidad del transductor y por nivel de marea. La primera consiste en sumarle a la profundidad medida, la distancia vertical entre el extremo del transductor y la superficie del agua; la segunda se refiere a la adición o sustracción de la altura de la marea con respecto al plano ó nivel de referencia seleccionado, siendo éste el nivel medio del mar, para ello se

se instaló una regla en la margen derecha de la -- boca de la Laguna del Ostión, tomando la altura -- de la marea al inicio y al final del sondeo y considerando para fines del cálculo de la corrección -- una variación lineal debido a la poca variación -- del nivel que se presentaba.

Y para obtener la configuración de la porción comprendida entre la zona de rompientes y de playa, - se realizaron secciones a cada 100 m sobre la playa, con estadal, cinta y nivel fijo, cubriendo desde la zona de dunas hasta donde lo permitiera el - oleaje en el área marítima.



2.2.3 Medición de Mareas

Para la obtención de datos oceanográficos directos de la zona de estudio, se instaló una estación oceanográfica, y uno de los aparatos que la constituye es el mareógrafo de presión el cual se pretende funcione en el sitio durante un año, y sirva para obtener las características de la marea frente a la zona de estudio, con el fin de correlacionar la información obtenida con el mareógrafo que opera el Instituto de Geofísica de UNAM en Coatzacoalcos.

El aparato que se tiene instalado, registra la marea cada minuto, grabándola en una cinta magnética, además de contar con lecturas de variación de marea durante el levantamiento-batimétrico de detalle para corrección de los sondeos.

2.2.4 Medición de Oleaje

La medición de oleaje en el sitio bajo estudio, se está realizando en cuanto a alturas por medio de un ológrafo, instalado para el efecto en la estación oceanográfica.

Para este caso, se seleccionó un programa de grabación que permitiera obtener registros de trenes de olas de como mínimo 100 de ellas y que, a la vez, utilizara en lo posible toda la cinta magnética disponible en el cassette.

La programación seleccionada resulto ser:

Sean Rate Selection. 1 segundo
Data Sean Selection. 16 grupos
Repetición Rate Selection. 4 horas
Data Sets or Groups. Grupos

Obteniéndose que los grupos se constituyen de 64 lecturas--
y; cada lectura toma un intervalo de 1 segundo, por lo que--
en 17.07 minutos es tiempo suficiente para registrar 100 - -
olas con período medio de 10.2 seg., el cual está por encima
de los períodos medios que se presentan en el sitio, los ---
cuales en general son más bajos.

A continuación se transcribe un ejemplo del registro del oló
grafo y su correspondiente traducción:

0050	0114	0037	-0130	-0220	-0138	0027	0119
0082	-0029	-0106	-0082	-0019	-0010	-0060	-0094
-0025	0030	-0007	-0091	-0106	-0036	-0013	-0041

Traduciendo en centímetros de altura:

+5.0	+11.4	+ 3.7	-13.0	-22.0	-13.8	+2.7	+11.9
+8.2	- 2.9	-10.6	- 9.2	- 1.9	- 1.0	-6.0	- 9.4
-2.5	+ 3.0	- 0.7	- 9.1	-10.6	- 3.6	-1.3	- 4.1

Tomando máximos y mínimos tenemos:

Máximo	Mínimo	Altura	Perfodo
+11.4	-22.0	33.4	6 seg.
+11.9	-10.6	22.4	6 seg.
- 1.0	- 9.4	8.4	6 seg.
+ 3.0	-10.6	13.6	6 seg.

Estos valores de altura de oleaje hay que corregirlos por el factor de amortiguamiento de presión:

$$K = [\text{Cosh } (2\pi D/L)]^{-1}$$

donde: $L = (gt^2 / 2\pi) \text{Tanh } (2\pi D/L)$

d = Profundidad; T = período

$k = \frac{P}{P_0}$, donde P = Presión en fondo

P₀ = Presión en superficie

Y resolviendo la ecuación para los períodos de 4 a 14 seg.,

y una profundidad de 10 m tenemos $K' = \frac{1}{K}$

PERIODO	K	K'
4	0.1552	6.443
5	0.3483	2.872
6	0.5081	1.9681
7	0.6228	1.6056
8	0.7049	1.4186
9	0.7634	1.3099
10	0.8063	1.2402
11	0.8385	1.1926
12	0.8621	1.1599
13	0.8831	1.1324
14	0.8982	1.1133

Por lo que la altura real es:

$$H \text{ real} = H \text{ registrada} \times k'$$

2.3.- ESTUDIOS EN GABINETE

2.3.1.- DATOS OCEANOGRAFICOS

La obtención e interpretación de la información oceanográfica, servirá de base para llevar a cabo los proyectos de las obras de infraestructura portuaria que constituirán el puerto Industrial de Laguna del Ostión. Por lo tanto, aquí se consignan y analiza la información obtenida: Una de tipo estadístico, que es el resultado de la observación del oleaje por tripulantes de embarcaciones que navegan en la zona; otra, el resultado de un procedimiento teórico de cartas del tiempo.

Asimismo y para completar la información anterior referente a oleaje, se presenta el análisis de refracción, el cual servirá para obtener las características del mismo en diferentes puntos de la costa.

Análisis estadístico de Oleaje

Se denomina con este nombre a aquella información obtenida, no por medición directa sino a través de observación visual ó estimación por medio de cartas de tiempo para un período de varios años, agrupándolo por fuente de información.

- Sea and Swell

Es el nombre de una publicación que edita la Armada de los Estados Unidos de América, la cual se basa en el procesamiento de la información de oleaje reportada por embarcaciones que navegan en todos los océanos.

Esta fuente hace una distinción entre oleaje local y oleaje distante, siendo el primero de tipo más caótico y dentro de la zona de generación, el segundo más regular y fuera de la zona de generación.

Los rangos de alturas en que subdividen el oleaje para la zona en estudio, son los siguientes:

Tipo de Oleaje	RANGO EN METROS			
	BAJO	MEDIO	ALTO	CALMAS
Oleaje Local	0.305 - 0.915	0.915 - 2.44	2.44 - 3.60	0.305
Oleaje Distante	0.305 - 1.83	1.83 - 3.66	3.66 - 4.86	0.305

Obteniéndose también, un análisis de altura de ola significativa en aguas profundas y tiempo de acción para las cuatro direcciones de oleaje que pueden arribar al sitio bajo estudio, según periodos mensuales, estacionales y anual.

Además, mediante una hipótesis se calcularon las alturas significantes y los tiempos de acción, pe-

ro ya no desglosada en local y distante.

La hipótesis se debió a que los rangos de altura - en los cuales se clasifican para oleaje local, -- - y distante tienen diferentes límites, por lo que - se optó por definir 6 nuevos rangos, los cuales -- estarían conformados por el número de observacio-- nes siguientes:

Núm.- Rango	Rango (pies)	Constitución
1	1 - 2	100% obs. local bajas + 40% obs. distante bajas
2	3 - 6	60% obs. local medias + 60% obs. distante bajas
3	6 - 8	40% obs. local medias + 33% obs. distante medias
4	8 - 11.8	100% obs. local altas + 63% obs. distante medias
5	11.8 - 12	4% obs. distante medias.
6	12 - 16	100% obs. distante altas.



CONSULTORIA TECNICA, S.C.

ALTURAS DE OLA SIGNIFICANTE
Y PORCENTAJE DE ACCION POR
DIRECCION

TABLA VI. 3

PERIODO	NORTE		NORESTE		ESTE		NOROESTE		OTRAS	CALMAS	TOTAL
	% ACCION	MS M	% ACCION	MS M	% ACCION	MS M	% ACCION	MS M	% ACCION		
Enero	17.0	3.50	22.2	2.87	11.2	2.00	---	---	25.6	24.0	100
Feb.	15.2	1.53	10.3	1.27	20.3	1.69	---	---	25.7	28.5	100
Mar.	17.0	3.055	9.5	1.224	14.6	3.33	14.3	3.260	27.9	16.7	100
Abril	20.0	2.786	11.3	1.171	27.5	2.534	---	----	22.4	18.8	100
Mayo	6.4	0.813	13.8	1.650	40.3	1.950	5.2	0.813	20.6	13.7	100
Junio	11.1	3.140	10.8	1.634	25.9	1.582	7.6	0.813	22.2	22.4	100
Julio	4.5	1.610	26.3	2.588	21.6	2.913	---	---	23.0	24.6	100
Agosto	5.1	0.813	26.3	2.328	8.6	1.366	---	---	18.0	42.0	100
Sep.	23.8	3.065	13.5	4.533	19.5	1.757	13.7	1.770	20.5	9.0	100
Oct.	48.5	3.937	22.9	1.145	5.7	0.813	11.8	2.790	5.0	6.1	100
Nov.	16.4	4.080	17.7	1.746	27.9	2.530	7.2	1.980	22.3	8.5	100
Dic.	16.4	3.023	21.5	1.877	18.5	4.045	7.2	0.813	9.1	27.3	100
Inv.	16.5	3.07	14.5	2.46	14.9	2.96	5.0	3.26	26.4	22.7	100
Prim.	13.4	2.81	11.9	1.50	31.1	2.12	3.7	0.813	21.8	18.1	100
Ver.	11.4	2.89	21.8	3.42	17.1	2.27	4.7	2.74	20.7	24.3	100
Otoño	22.6	3.72	20.5	1.91	19.2	2.51	8.1	2.19	12.7	16.9	100
Annual	15.7	3.245	16.7	2.485	21.1	2.64	5.2	2.788	20.8	20.5	100

FUENTE : SEA AND SWELL AGRUPADO

- Ocean Waves

Es el nombre de una publicación Inglesa, del mismo tipo que Sea and Swell pero sin hacer distinción entre oleaje local y distante, y reporta, como la anterior, datos de observaciones visuales del estado del mar en todos los océanos del mundo; a diferencia de Sea and Swell, esta no hace distinción entre oleaje local y distante, pero también reporta períodos de oleaje.

La clasificación por dirección, agrupa a los oleajes -- provenientes por sectores de la rosa de los vientos de 20° de amplitud, es decir, reporta direcciones de 350° a 10°.

Para propósitos de análisis se realizó la siguiente equivalencia:

Dirección Reportada	Dirección Equivalente
350° - 10°	N
20° - 40°	NE
50° - 70°	NE
80° - 100°	E
110° - 130°	SE
140° - 160°	SE
170° - 190°	S
200° - 220°	SW
230° - 250°	SW
260° - 280°	W
290° - 310°	NW
320° - 340°	NW

Los rangos obtenidos de esta fuente para períodos y alturas usados en esta publicación, son los siguientes:

Rangos para Períodos en segundos.		Rangos para Alturas en metros.	
	5		
6	- 7	0.25	- 8
8	- 9	0.5	- 8.5
10	- 11	1	- 9
12	- 13	1.5	- 9.5
14	- 15	2	- 10
16	- 17	2.5	- 11
18	- 19	3	- 12
20	- 21	3.5	- 13
	22	4	- 14
		4.5	- 15
		5	- 16
		5.5	- 17
		6	- 18
		6.5	- 19
		7	
		7.5	

Se analizaron 6352 observaciones para el área en estudio, lo cual da gran confiabilidad en la información, obteniendo como resultado 2 tablas, la primera obteniendo los porcentajes de acción para cada una de las direcciones considerando la acción de todas las direcciones, y en la segunda solo considerando la acción de todas las direcciones que inciden en la costa bajo estudio.

ALTURAS DE OLA SIGNIFICANTE, PERIODO SIGNIFICANTE Y PORCENTAJE
DE ACCION POR DIRECCION. DATOS DEL OCEAN WAVES.
Hs, en metros; Ts, en segundos.

TABLA 1

Dirección Análisis	tiempo en horas	NORTE			NORESTE			ESTE			NOROESTE			otras	calmas	total
		%Ac	Hs	Ts	%Ac	Hs	Ts	%Ac	Hs	Ts	%Ac	Hs	Ts			
Invierno	21.60	14.53	2.75	7.24	19.37	2.36	6.92	4.37	1.78	5.24	35.80	2.23	6.49	0	25.93	100
Primavera	22.08	10.43	2.04	6.88	15.38	1.55	6.43	8.19	1.35	6.60	36.97	1.65	7.25	0	29.03	100
Verano	22.08	9.66	1.91	5.85	29.47	1.69	6.86	19.69	2.19	6.70	17.50	1.54	6.00	0	23.68	100
Otoño	21.84	13.79	2.40	6.89	24.18	1.65	6.40	12.45	1.70	6.14	29.87	1.70	6.28	0	19.71	100
Anual	87.60	12.30	2.40	6.86	21.86	1.82	6.73	10.63	1.87	6.35	30.55	1.87	5.64	0	24.66	100

$$N + NE + E + NW + C = 100\%$$

ALTURAS DE OLA SIGNIFICANTE, PERIODO SIGNIFICANTE Y PORCENTAJE
DE ACCION POR DIRECCION. DATOS DEL OCEAN WAVES.
Hs, en metros; Ts, en segundos.

TABLA 2

Dirección Análisis	tiempo en horas	NORTE			NORESTE			ESTE			NOROESTE			otras	calmas	total
		%Ac	Hs	Ts	%Ac	Hs	Ts	%Ac	Hs	Ts	%Ac	Hs	Ts			
Invierno	21.60	10.57	2.75	7.24	14.09	2.36	6.92	3.18	1.78	5.24	26.04	2.23	6.49	27.27	18.85	100
Primavera	22.08	5.30	2.04	6.88	7.82	1.55	6.43	4.16	1.35	6.60	18.80	1.65	7.25	49.16	14.76	100
Verano	22.08	4.59	1.91	5.85	14.01	1.69	6.86	9.36	2.19	6.70	8.32	1.54	6.00	52.46	11.26	100
Otoño	21.84	6.77	2.40	6.89	11.87	1.65	6.40	6.11	1.70	6.14	14.66	1.70	6.28	50.96	9.67	100
Anual	87.60	6.71	2.40	6.86	11.92	1.82	6.73	5.79	1.87	6.35	16.66	1.87	5.64	45.48	13.44	100



CONSULTORIA TECNICA, S.C. TABLA VI.11

PORCENTAJES DE ACCION POR DIRECCION, PERIODO Y ALTURA

ANALISIS: ANUAL

NUM. TOTAL OBS. EN EL PERIODO DE

ANALISIS: NUM. OBS. INDETERMINADAS: 854

6352

DIRECCION: NORTE

PERIODO # OBS. ALTURA	2.5	3.5	4.5	10.5	12.5	14.5	16.5	18.5	20.5	>21	TOTALES
0.25	0.899	0.013								0.013	0.925
0.5	1.449	0.094	0.013							0.047	1.603
1.0	1.241	0.375	0.094	0.034	0.034				0.034		1.811
1.5	0.282	0.375	0.174	0.060							1.899
2.0	0.174	0.235	0.127	0.013							0.550
2.5	0.013	0.127	0.107	0.047							0.302
3.0		0.107	0.080	0.080							0.268
3.5	0.013	0.034	0.047								0.094
4.0			0.013	0.060							0.080
4.5		0.034	0.013		0.013		0.013				0.080
5.0			0.013	0.013							0.026
5.5											
6.0			0.034								0.034
6.5			0.013								0.013
7.0											
7.5				0.013							0.013
8.0											
TOTALES	4.077	1.402	0.744	0.329	0.047		0.013		0.034	0.060	7.706

DIRECCION: NORESTE

PERIODO # OBS. ALTURA	2.5	3.5	4.5	10.5	12.5	14.5	16.5	18.5	20.5	>21	TOTALES
0.25	1.132	0.012									1.220
0.5	2.157	0.215	0.060	0.012					0.036	0.048	2.567
1.0	2.705	1.430	0.155	0.036	0.036		0.012			0.095	4.458
1.5	0.798	1.168	0.155	0.095	0.036	0.012				0.048	2.270
2.0	0.155	0.250	0.238	0.036	0.036						0.705
2.5	0.060	0.095	0.107	0.060							0.346
3.0		0.012	0.60								0.095
3.5			0.048	0.012	0.036						0.085
4.0		0.012		0.012							0.036
4.5		0.012		0.049	0.036						0.085
5.0											
5.5											
6.0											
6.5		0.012									0.012
7.0		0.012									0.012
7.5			0.036								0.036
8.0											
TOTALES	7.019	3.253	0.882	0.334	0.179	0.012	0.012		0.036	0.191	11.917

FUENTE: OCEAN WAVES.



CONSULTORIA TECNICA, S.C. TABLA VI. 11 (Cont.)

PORCENTAJES DE ACCION POR DIRECCION, PERIODO Y ALTURA

ANALISIS: ANUAL

NUM. TOTAL OBS. EN EL PERIODO DE ANALISIS: 6352

NUM. OBS. INDETERMINADAS: 854

DIRECCION: ESTE

PERIODO DE ALTURA	2.5	6.5	8.5	10.5	12.5	14.5	16.5	18.5	20.5	>21	TOTALES
0.25	0.550										
0.5	1.189	0.046	0.064	0.017						0.017	0.568
1.0	1.147	0.533	0.081	0.029						0.029	1.246
1.5	0.597	0.550	0.203	0.029							1.796
2.0	0.093	0.156	0.127	0.064							1.385
2.5	0.017	0.046	0.046								0.440
3.0	0.017	0.017	0.029	0.017							0.110
3.5		0.017	0.046		0.017						0.081
4.0		0.017	0.029								0.081
4.5											0.046
5.0											
5.5	0.017	0.017									
6.0											0.029
6.5					0.017						
7.0											0.017
7.5											
8.0											
TOTALES	3.53	1.402	0.631	0.156	0.034					0.046	5.795

DIRECCION: NOROESTE

0.25	2.848	0.033					0.017		0.017	0.033	2.948
0.5	3.348	0.433	0.050	0.017	0.017					0.150	3.997
1.0	3.181	1.066	0.167	0.017	0.033		0.017		0.017	0.050	4.550
1.5	1.033	1.216	0.266	0.083	0.067	0.017					2.682
2.0	0.217	0.666	0.200	0.067	0.067	0.017					1.333
2.5	0.050	0.250	0.183	0.033	0.017		0.033				0.566
3.0	0.017	0.150	0.150	0.033	0.033	0.017					0.583
3.5		0.100	0.017	0.017			0.017				0.150
4.0			0.033		0.017						0.050
4.5			0.033	0.017							0.050
5.0		0.017		0.017							0.033
5.5											
6.0											
6.5			0.017								0.017
7.0											
7.5											
8.0			0.017								0.017
TOTALES	10.710	3.896	1.133	0.283	0.233	0.050	0.083		0.033	0.233	16.656

FUENTE: OCEAN WAVES.

- A. H. Glenn y Asociados

La firma A. H. Glenn and Associates de Nueva Orleans-Estados Unidos, realizó un análisis de oleaje para la zona del Puerto Industrial en la Laguna del Ostión y en ese reporte se consignan datos mensuales y anuales de los porcentajes de ocurrencia de 7 diferentes rangos de alturas para cada dirección, así como los porcentajes de acción para 8 rangos de período.

El resultado del procesamiento se muestra en las siguientes tablas.



CONSULTORIA TECNICA, S.C.

ALTURAS DE OLA SIGNIFICANTE
Y PORCENTAJE DE ACCION POR
DIRECCION

TABLA VI.13

PERIODO	NORTE		NORESTE		ESTE		NOROESTE		OTRAS	CALMAS	TOTAL
	% ACCION	HE M	% ACCION	HE M	% ACCION	HE M	% ACCION	HE M	% ACCION		
Enero	32.1	3.67	19.9	3.59	17.7	2.55	26.0	3.72	4.3	0	100
Feb.	29.2	3.63	22.8	3.57	20.0	2.45	23.1	3.71	4.9	0	100
Marzo	26.4	3.36	25.9	3.17	22.7	2.50	19.6	3.37	5.4	0	100
Abril	23.9	2.98	29.7	2.60	26.5	2.05	14.2	2.76	5.7	0	100
Mayo	22.1	2.34	33.9	2.27	29.4	1.76	9.1	2.08	5.5	0	100
Junio	20.9	2.04	36.2	1.90	31.1	1.56	6.5	1.63	5.3	0	100
Julio	20.2	1.61	37.6	1.66	32.2	1.46	5.0	1.55	5.0	0	100
Agos.	21.4	1.95	34.4	1.85	30.2	1.54	9.3	1.63	4.7	0	100
Sep.	26.0	2.64	28.6	2.63	25.6	1.95	16.6	2.32	3.2	0	100
Oct.	28.3	2.60	26.6	2.48	22.6	1.91	19.7	2.49	2.8	0	100
Nov.	31.6	3.60	22.3	3.42	19.1	2.50	23.9	3.56	3.1	0	100
Dic.	33.5	3.70	19.1	3.63	16.7	2.59	27.0	3.68	3.7	0	100
Anual	26.3	3.09	28.1	2.76	24.5	1.32	16.6	3.12	4.5	0	100

FUENTE : GLENN

2.3.2.- Planos de Refracción

Como se indica en los incisos anteriores, la información del oleaje disponible, se refiere a las características que éste tiene en aguas profundas. Como se requiere utilizar los parámetros de estos elementos -- en la costa, o sea en aguas bajas, se necesitan conocer las modificaciones que sufren por efecto de la disminución de la profundidad al pasar de aguas profundas a aguas bajas. La celeridad del oleaje y por ende, -- su altura, longitud y dirección son afectadas por la -- profundidad, con excepción del período, el cual permanece constante durante todo el proceso.

En la teoría lineal de las ondas, la velocidad de propagación de una ola está dada por la ecuación de Airy.

$$c^2 = \frac{g T}{2 \pi} \tanh \frac{2 \pi d}{L}$$

Esta velocidad depende de la profundidad y de la longitud de la ola (profundidad relativa d/L). Conforme la profundidad disminuye, el fondo empieza a afectar -- el movimiento de las partículas de agua induciéndoles -- un efecto de fricción el que provoca una reducción en la velocidad de las mismas y por ende en la velocidad -- de propagación y en la longitud de la ola.

Para olas en profundidades que son suficientemente pequeñas en comparación con la longitud ($d/L < 1/2$ para propósitos prácticos), cada parte de una ola se desplaza con diferentes velocidades de acuerdo a la profundidad de agua debajo de ella, provocando que la ola se desvíe de tal forma que trata de seguir la configuración de la batimetría sobre la que está pasando. Este fenómeno es lo que se conoce como Refracción de Oleaje.

Para definir las características cambiantes de este fenómeno a diferentes profundidades, es necesario trazar los planos de oleaje o planos de refracción, por cualquiera de los diversos criterios que existen para ello.

Las ecuaciones fundamentales que rigen la elaboración de los planos de ola, se basan en la teoría lineal del oleaje armónico simple de pequeña amplitud.

La diferencia de las expresiones para calcular las características del oleaje, en relación con la profundidad "d" en la que se encuentran, están ligadas a los rangos de variación de la relación "d/L" o profundidad relativa, y a las aproximaciones de las funciones hiperbólicas.

Las características de las olas en aguas profundas y -

aguas bajas están ligadas por las relaciones siguientes:

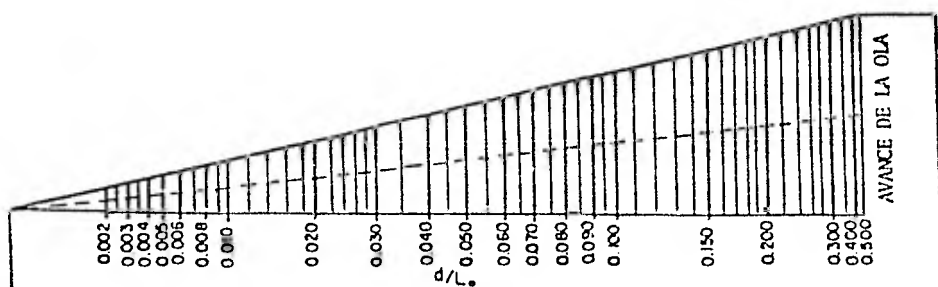
	Aguas Profundas	Aguas Bajas
PARAMETRO	$\frac{d}{L} > \frac{1}{2}$	$\frac{d}{L} < \frac{1}{2}$
Celeridad de la Ola	$C_o = \left(\frac{g L_o}{2 \pi} \right)^{1/2}$	$C = \left(\frac{g L}{2 \pi} \tan h \frac{2 \pi d}{L} \right)^{1/2}$
Período de la Ola	$T_o = \left(\frac{2 \pi L_o}{g} \right)^{1/2}$	$T = \left(\frac{2 \pi L}{g} \cot. h \frac{2 \pi d}{L} \right)^{1/2}$
Longitud de la Ola	$L_o = \frac{g T_o^2}{2 \pi}$	$L = \frac{g T}{2 \pi} \tan. h \frac{2 \pi d}{L}$
Longitud de la Ola	$L_o = C_o T_o$	$L = C T$

Donde, con subíndice "o" se indica las características del oleaje en aguas profundas.

Método gráfico para la construcción de los planos de olas. Para poder explicar el método gráfico utilizado para la construcción de los planos de refracción, conviene definir como frente de la ola a la cresta de ésta, la cual se supone infinita, y como ortogonal de la ola a una línea siempre perpendicular a la cresta.

El método utilizado en este estudio fué el de la ola frontal ya que es el que ha dado resultados bastante confiables aparte de su sencillez para desarrollo.

El método se basa en el movimiento de cada punto de un frente de ola en una dirección perpendicular a la misma, mediante una distancia igual a la velocidad de la ola tantas veces el intervalo de tiempo seleccionado. Esto se logra construyendo una escala o regleta de tal manera que dé el avance de la cresta para cualquier valor d/L_0 , tal como se muestra en la figura



Para la construcción de los planos mencionados anteriormente se utilizó:

- Batimetría de la zona de estudio en aguas profundas.
- Análisis de oleaje estadístico.
- Regleta para el trazo de los diagramas de refracción.

La batimetría de aguas profundas de la zona de estudio se obtuvo a partir de la carta Coatzacoalcos 15 Q-v - proporcionada por la Comisión Intersecretarial Coordinadora del Levantamiento de la Carta Geográfica de la República Mexicana, con una escala de 1:125 000.

Para determinar las direcciones y períodos del oleaje a representar en los planos de refracción se utilizó el análisis de oleaje indicado en Ocean Waves, del cual se concluyó que era necesario elaborar planos de olas para las direcciones del N, NE, E y NW con períodos de 6.3, 8, 10, 12 y 14 segundos respectivamente.

Para la construcción de cada una de las regletas utilizadas en la elaboración de los planos de refracción se calcularon unas tablas como la mostrada en la tabla -- VI.14, cuyos parámetros se calcularon como sigue:

- Se eligió el período del oleaje y con éste se calculó la longitud de la ola en aguas profundas en $L_0 = 1.56 T^2$.
- Se anotaron todas las batimetrías existentes en el -- plano (columna 1 de la tabla).
- Se calculó la relación d/L_0 (col. 2 de la tabla).
- Con estos valores se encontraron los correspondientes a $\tan. h \frac{2\pi d}{L}$ con ayuda de las tablas de funciones hiperbólicas (col. 3 de la tabla).
- Se eligió un módulo M de 15 cm para el cateto mayor - de la regleta.
- Se multiplicó este módulo por cada valor de la $\tan. h \frac{2\pi d}{L}$ encontrándose así, la distancia X a partir del origen a la que debía localizarse un determinado valor de d/L_0 (col. 4 de la tabla).
- Se determinó el avance de la ola a partir de la si- - guiente relación:

$$n = 0.0163 \quad E/T^2$$

donde:

- n - indica el número de longitudes de ola que - se repiten entre cada frente dibujado.

E - escala del plano

T - Período de la ola seleccionado de acuerdo con el período del oleaje y la escala del plano.

Se tiene:

$$n = 0.0163 \times 125000/64 = 31.83$$

TABLA VI.14

T = 8.00 seg.
Lo = 100 m

d (m)	d/Lo	Tan. h $2\pi d/L$	X = 15 tan. h $2\pi d/L$
1	0.01	0.2480	3.720
2	0.02	0.3470	5.205
3	0.03	0.4205	6.307
4	0.04	0.4802	7.203
5	0.05	0.5310	7.965
6	0.06	0.5753	8.629
7	0.07	0.6144	9.216
8	0.08	0.6493	9.739
9	0.09	0.6808	10.212
10	0.10	0.7093	10.639
11	0.11	0.7352	11.028
12	0.12	0.7589	11.383
13	0.13	0.7804	11.706
14	0.14	0.8002	12.003
15	0.15	0.8183	12.274
20	0.20	0.8884	13.326
25	0.25	0.9332	13.998
30	0.30	0.9611	14.416
35	0.35	0.9780	14.670
40	0.40	0.9877	14.815
45	0.45	0.9933	14.899
50	0.50	0.9964	15.000

En la práctica común, el tamaño del cateto menor de la regleta (avance de la ola) es del orden de 2.5 a 4.0 cm y el del cateto mayor (d/L_0) de 15 a 20 cm. Tales dimensiones se adoptan para poder manipular y hacer lecturas en la regleta sin dificultad.

Terminando la construcción de la regleta se inició la elaboración de los planos de refracción para cada período y dirección considerados, siguiendo los pasos siguientes:

- Se determinó el límite de aguas profundas a partir de $d/L_0 \approx 0.5$
- Se trazó el primer frente de ola atrás del límite de aguas profundas de acuerdo con la dirección considerada, y se inició el avance de la ola hacia la costa con el avance determinado en la regleta hasta encontrar el límite de aguas profundas. La forma de la ola en aguas profundas es una línea recta.
- Con el último frente de ola en el límite de aguas profundas, se colocó la regleta tangencialmente por el lado de los valores de d/L_0 sobre dicho frente y se deslizó sobre el mismo hasta hacer coincidir a la línea batimétrica más cer-

cana con su correspondiente valor d/L_0 en la línea punteada de la regleta, determinando el avance de la ola sobre la hipotenusa de la regleta.

- Una vez encontrado ese punto, se siguió deslizando la regleta sobre el mismo frente de ola - hasta interceptar nuevamente la misma batimétrica o una inmediata para determinar otro punto de la ola.
- De esta manera se repitió la operación hasta encontrar tantos puntos que al unirlos determinarían un nuevo frente de ola.
- Encontrado este nuevo frente de ola se repitieron los pasos anteriores hasta trazar el último frente en la batimétrica más baja.

Terminados los frentes de ola se procedió al trazo de las ortogonales; partiendo desde un punto específico en la costa y siguiendo hacia el mar hasta llegar a aguas profundas. En aguas bajas las ortogonales son líneas curvas pero se convierten en rectas en aguas profundas.

Para su trazo se utilizó una regla y una escuadra de 45° y se procedió como sigue:

- Se colocó el lado mayor de la escuadra de 45° tangente al frente de la ola en el punto de inicio de la ortogonal.
- Enseguida apoyando esta escuadra sobre la regla se giró el lado mayor a 90° a manera de trazar una perpendicular sobre el frente de la ola. Esta perpendicular se llevó hasta la mitad del espacio existente entre dos crestas consecutivas.
- Trazada esta perpendicular, se trazó de la misma forma la siguiente sobre la cresta más próxima de manera que coincidiera a la mitad del espacio entre las dos crestas anteriores con la perpendicular anterior.
- De esta manera se siguió sobre todos los frentes de ola hasta llegar a aguas profundas.
- Posteriormente estas perpendiculares se unieron con un curvígrafo a manera de obtener una línea uniforme y continua.

Así se trazaron tantas ortogonales como fue posible hasta cubrir toda la zona de costa en estudio.

Terminando el trazo de las ortogonales se dio por concluido el plano de refracción y como siguiente paso se proce-

dió al cálculo de los coeficientes de refracción para cada plano de olas elaborado.

Este coeficiente de refracción se calculó de acuerdo con la siguiente expresión:

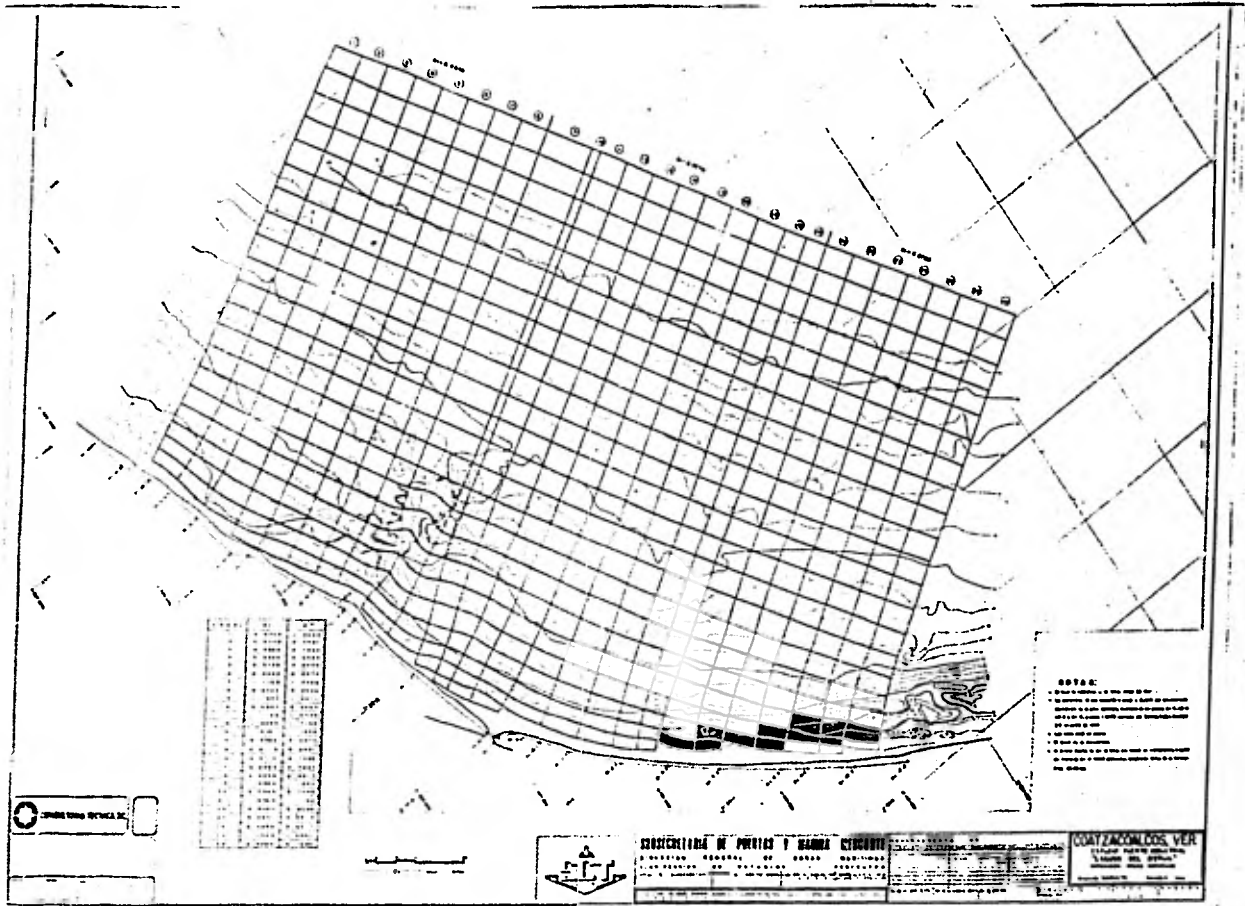
$$K_r = \left(\frac{b_o}{b} \right)^{1/2}$$

siendo:

- K_r = coeficiente de refracción
- b_o = Ancho entre dos ortogonales consecutivas en aguas profundas -- (canal de energía).
- b = Ancho entre las mismas ortogonales en aguas bajas.

Determinación de las características del oleaje en aguas bajas.

Conocidas las características del oleaje proveniente de aguas profundas, se procedió a estudiar su refracción en aguas bajas utilizando para ello la batimetría obtenida -- mediante mediciones directas para la zona comprendida entre la cota -20 m r.n.m.m. y la playa.



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----

NOTA:

- 1. Este es un plano de una zona de...
- 2. El terreno es un terreno...
- 3. El plano es un plano...
- 4. El plano es un plano...
- 5. El plano es un plano...
- 6. El plano es un plano...
- 7. El plano es un plano...
- 8. El plano es un plano...
- 9. El plano es un plano...
- 10. El plano es un plano...

COMANDO EN JEFE...



DESCRIPCION DE PLANOS Y BARRAS...

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----

QUAYZACONCOOS, VER

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----

III.- DESARROLLO DEL MODELO MARITIMO DE FONDO FIJO

3.1.- Objetivos del Modelo

Con el fin de observar el funcionamiento y efectos de las -- obras proyectadas se planeó la construcción de un modelo físico, como lo es el de fondo fijo para agitación.

En el Modelo de fondo fijo, se busca cumplir con los objetivos siguientes:

- Determinar la agitación que pudiera existir en el área -- abrigada del puerto debido a la posición de los rompeolas con respecto al oleaje incidente.
 - Observar en forma cualitativa los fenómenos de reflexión o resonancia que pudieran generarse por efecto de los -- muelles o parámetros del propio puerto.
 - Detectar la presencia de ondas de largo período en caso -- de llegar a presentarse.
 - En base a los puntos anteriores, definir la obra u obras necesarias para lograr en el interior del puerto las zonas de calma necesarias para el funcionamiento óptimo -- del proyecto.
- a) Las condiciones naturales por representar en el modelo son:

1) Oleaje

Es uno de los elementos naturales que tiene gran influencia en el comportamiento interior del puerto.- De los datos obtenidos en el capítulo anterior, se concluyó que el modelo debería estar equipado para estudiar cuando menos 3 direcciones de oleaje, N, - NE y E, con alturas de ola significativa de 1.5 m a 3.5 m y períodos de ola significativa de 6 a 9 seg;- además sería necesario generar un oleaje ciclónico de 6 a 8 m de altura con períodos de 12 a 14 seg.-- para tener condiciones de máxima agitación en el -- interior del puerto.

2) Mareas

Otros de los fenómenos que podrían tener influencia en el estudio son las mareas, pero debido a que en este estudio no se estudiará el acarreo de materiales por efecto de las corrientes, no se representará éste fenómeno ya que es un modelo de fondo fijo, pero sí se tomaran en cuenta los niveles de pleamar media y bajamar media, los cuales se combinaran con el oleaje para producir la máxima agitación posible.

3.2.- Condiciones de Similitud

Para predecir el comportamiento del prototipo, llamada así la obra al natural, a través de los resultados experimentales de un modelo hidráulico, es necesario relacionarlos por los métodos de semejanzas ó similitud, es decir, haciendo que sean geométicamente similares y que los parámetros pertinentes -- que gobiernan el fenómeno bajo investigación sean-- los mismos en ambos.

Estos parámetros adimensionales son función de las fuerzas que actúan en un determinado fenómeno siendo las principales fuerzas las de inercia, gravedad, viscosidad, presión, tensión superficial y elasticidad.

Combinando las fuerzas de inercia que intervienen siempre en cualquier fenómeno con cualquiera de las otras, se obtienen diferentes parámetros adimensionales que da lugar a las leyes de Similitud como -- las de Froude, Reynolds, Euler, Weber y Cauchy.

Los parámetros anteriores, ó parámetros Π , como-- se les llama, pueden obtenerse por el método de análisis dimensional ó directamente de las ecuaciones--

diferenciales gobernantes al pasarlas a forma adimensional.

En lo que respecta al modelo marítimo en estudio, - el fenómeno a reproducir es debido a la acción del oleaje, y como este tipo de ondas están clasificadas, dentro de las ondas de gravedad, la similitud que regirá los fenómenos hidráulicos será la ley de Similitud de Froude y además deberá cumplirse con la semejanza geométrica, cinemática y dinámica que debe existir en todo estudio experimental.

1) Semejanza Geométrica

Es semejanza de forma y por lo tanto es necesario -- que las relaciones de todas las dimensiones lineales homólogas entre el modelo y prototipo sean -- iguales. Las cantidades incluidas en la semejanza-geométrica son la longitud, área y volumen.

La relación de longitudes homólogas en modelo y prototipo se expresa como:

$$\frac{L_m}{L_p} = L_r \quad (1)$$

donde los subíndices "m" y "p" indican modelo y prototipo respectivamente, y el subíndice "r" indica,-

para cada cantidad, la relación entre modelo y prototipo.

Un área A es igual al cuadrado de su longitud característica; por consiguiente, la relación de áreas homólogas puede ser expresada como:

$$\frac{A_m}{A_p} = \frac{L_m^2}{L_p^2} = L_r^2 \quad (2)$$

El volumen es igual al cubo de una longitud característica; por lo tanto la relación de volúmenes homólogos puede ser expresada como:

$$\frac{V_m}{V_p} = \frac{L_m^3}{L_p^3} = L_r^3 \quad (3)$$

La semejanza geométrica completa incluye la semejanza de la rugosidad de la superficies. En la interpretación más estricta, esto significa que la configuración de la superficie del modelo deberá ser una reproducción exacta de la del prototipo.

2) Semejanza Cinemática

Es la semejanza de movimiento, por lo que hay que tener en cuenta una magnitud vectorial y el factor del tiempo, es decir para que exista semejanza cine

mática entre modelo y prototipo, es necesario que - las trayectorias de las partículas móviles homólogo-- gas sean geométricamente semejantes y que las rela-- ciones entre las velocidades de las partículas homó-- logas sean iguales.

La relación de los tiempos requeridos para partícu-- las homólogas en cursos y distancias homólogas en - modelo y prototipo es:

$$\frac{T_m}{T_p} = T_r \quad (4)$$

La velocidad "v" está expresada en términos de lon-- gitud por unidad de tiempo; así

$$\frac{V_m}{V_p} = \frac{L_m/T_m}{L_p/T_p} = \frac{L_m/L_p}{T_m/T_p} = \frac{L_r}{T_r} \quad (5)$$

La aceleración "a" está expresada como longitud por unidad de tiempo al cuadrado, esto es:

$$\frac{a_m}{a_p} = \frac{L_m/T_m^2}{L_p/T_p^2} = \frac{L_m/L_p}{T_m^2/T_p^2} = \frac{L_r}{T_r^2} \quad (6)$$

Para cumplir con esta semejanza en el modelo, en -- cuanto al movimiento del fluido, se consideró la -- similitud de la propagación del oleaje, ya que este

fenómeno es el principal generador del fenómeno -- en estudio.

La ecuación que gobierna el movimiento del líquido en este caso, es la fórmula de Airy. Dicha fórmula expresa que la celeridad de una onda gravitatoria es:

$$C = \left(\frac{gL}{2\pi} \tan. h \frac{2\pi d}{L} \right)^{1/2} \quad (7)$$

donde: C = Celeridad de la onda
 g = Aceleración debida a la gravedad
 L = Longitud de la onda
 d = Profundidad del agua

3) Semejanza Dinámica

Para la similitud dinámica es necesario que la relación de fuerzas homólogas entre modelo y prototipo sea igual a:

$$\frac{F_m}{F_p} = Fr \quad (8)$$

Puesto que en un modelo de agitación, el oleaje -- es afectado por las fuerzas de gravedad e inercia; para cumplir con esta semejanza se utilizó el número adimensional de Froude que es igual a:

$$F = \frac{V}{(gd)^{1/2}}$$

Donde:

V = Velocidad

g = Aceleración debida a la gravedad

d = Longitud característica

3.3.- Escalas

1) Escala de líneas

La escala de líneas del modelo se determinó a partir de la relación (1). Para esto se consideró -- que el área del prototipo a representar en el modelo quedaría limitada hacia mar afuera por la posición de los generadores de oleaje con respecto a los morros de los rompeolas, los cuales llegarían a la batimétrica -12.00. Hacia tierra el límite-- sería la distancia comprendida entre la cota cero y la dársena de operación del puerto.

De acuerdo a lo anterior se consideró conveniente-- colocar los generadores de oleaje a 6 longitudes de ola del morro de los rompeolas. Si el período máximo a reproducir en el modelo es de 14 seg., se tiene:

$$D_{\text{máx}} = 6 \times L_0 = 6 (1.56 T^2) = 6(1.56 \times 14) = 1234.56 \text{ m}$$

A esta distancia sobre el eje del canal de acceso, el cual tiene una localización N 63°00' E, se encuentra la cota -18.00 m por lo que se consideró a ésta el límite del modelo mar afuera.

De acuerdo con esto y considerando como origen el eje del canal de acceso y la cota 0.00, se determinaron los demás límites, considerando 3 km hacia el N; 3.5 km hacia el NE; 3.5 km hacia el E; 2 km hacia el SE; 1.5 km hacia el S y 1 km hacia el W dando con esto una superficie a representar en el modelo, de aproximadamente 19 km².

Para la construcción del modelo se tenía disponible una superficie de 720 m² aproximadamente, por lo que de acuerdo con la relación (2) se tiene:

$$L_r = \left(\frac{A_m}{A_p} \right)^{1/2} = \left(\frac{720}{19 \times 10^6} \right)^{1/2} = 0.00615$$

o sea que se tiene una relación de 1/0.00615 lo que da una escala de líneas de 162.60.

El valor de esta escala de líneas se redondeó a --

1:175; la cual es aceptable para este tipo de estudios de acuerdo con las experiencias obtenidas.

2) Escala de Velocidades

La escala de velocidades se determinó en función de la condición de similitud cinemática, ya que está, como se mencionó anteriormente, implica el movimiento semejante del fluido entre el modelo y el prototipo en cuanto a trayectorias y velocidades de las partículas se refiere.

Para esto y según la teoría lineal del oleaje, la celeridad de la ola dada por la ecuación (7), ecuación que es válida para aguas profundas, medias y reducidas.

Puesto que las condiciones que establece esta ecuación están de acuerdo con la profundidad relativa d/L , la que determina la zona de aguas costeras; si el límite del modelo es la batimétrica -18.00 m (prototipo) y el período mínimo a representar es de 6 seg., se tiene que la longitud de la ola a esta profundidad es:

$$L = \frac{g T^2}{2\pi} \tan. h \frac{2\pi d}{L} \quad (10)$$

siendo:

L = Longitud de la ola

g = Aceleración debida a la gravedad

T = Período

d = Profundidad del agua

Siendo la longitud de la ola en aguas profundas --
"Lo" igual a:

$$L_0 = 1.56 T^2 = 1.56 (6)^2 = 56.16 \text{ m}$$

la relación

$$\frac{d}{L_0} = \frac{18}{56.16} = 0.320$$

Y la tangente hiperbólica de esta relación es igual
a 0.969, se tiene que:

$$L = \frac{9.81 \times 6^2}{6.2832} \cdot 0.969 = 54.46 \text{ m.}$$

Por lo que la relación $d/L = 18/54.46 = 0.33$

Lo cual cumple la condición $1/25 < d/L < 1/2$ lo que
quiere decir que en el modelo se representará la -
zona de aguas intermedias y por lo tanto la ecua--
ción de Airy deberá cumplirse íntegramente tanto--
en modelo como en prototipo, esto es:

$$C_p = C_m$$

o sea que:

$$\left(\frac{gL}{2\pi} \tan. h \frac{2\pi d}{L} \right)_p^{1/2} = \left(\frac{gL}{2\pi} \tan. h \frac{2\pi d}{L} \right)_m^{1/2}$$

que en función de la definición de escala geométrica, que es la realación entre dos magnitudes homólogas, - una en prototipo y otra en modelo, resulta:

$$E_c = \frac{\left(\frac{gL}{2\pi} \tan. h \frac{2\pi d}{L} \right)_p^{1/2}}{\left(\frac{gL}{2\pi} \tan. h \frac{2\pi d}{L} \right)_m^{1/2}}$$

$$E_c = \frac{\left(\frac{gL}{2\pi} \right)_p^{1/2} \left(\tan. h \frac{2\pi d}{L} \right)_p^{1/2}}{\left(\frac{gL}{2\pi} \right)_m^{1/2} \left(\tan. h \frac{2\pi d}{L} \right)_m^{1/2}}$$

$$E_c = \frac{\left(\frac{g}{2\pi} \right)_p^{1/2} \left(\frac{L}{2\pi} \right)_p^{1/2} \left(\tan. h \frac{2\pi d}{L} \right)_p^{1/2}}{\left(\frac{g}{2\pi} \right)_m^{1/2} \left(\frac{L}{2\pi} \right)_m^{1/2} \left(\tan. h \frac{2\pi d}{L} \right)_m^{1/2}}$$

$$E_c = E_g^{1/2} \cdot E_L^{1/2} \cdot E \left(\tan. h \frac{2\pi d}{L} \right)_m^{1/2}$$

Para que esta similitud exista entre modelo y prototipo, deberá cumplirse que:

$$\left(\tan. h \frac{2\pi d}{L}\right)_m = \left(\tan. h \frac{2\pi d}{L}\right)_p$$

o sea que:

$$E \left(\tan. h \frac{2\pi d}{L}\right)^{1/2} = 1, \text{ con lo que resulta}$$

$$E_c = E_g^{1/2} \cdot E_L^{1/2}$$

Y si la gravedad es la misma tanto en modelo como en prototipo, se tiene que $E_g=1$, por tanto:

$$E_c = E_L^{1/2} \quad (11)$$

Al mismo tiempo que el oleaje es afectado por las fuerzas de gravedad e inercia, éste deberá ser tratado de acuerdo con la ley de similitud de Froude y para que exista semejanza, debe mantenerse el mismo número de Froude en modelo y prototipo, esto es, si el número de Froude es igual a:

$$Fr = \frac{v^2}{gd}$$

La condición de similitud de Froude establece que:

$$Fr_p = Fr_m$$

o sea que:

$$\frac{V_p}{(g_p d_p)^{1/2}} = \frac{V_m}{(g_m d_m)^{1/2}}$$

esto implica que en función de escalas se tendrá --
que cumplir con:

$$\frac{V_p}{V_m} = \frac{(g_p d_p)^{1/2}}{(g_m d_m)^{1/2}}$$

esto es:

$$E_v = E_g^{1/2} \cdot E_d^{1/2}$$

si la relación de gravedad entre prototipo y modelo
es la unidad, entonces se tiene que:

$$E_v = E_d^{1/2} \quad (12)$$

Como puede observarse en las ecuaciones (11) y (12)
las condiciones de similitud a cumplir establecen--
que la escala de celeridades deberá estar en función
de la longitud de onda (horizontal), y la escala de
velocidades en función de una longitud característica
ca "d" (vertical); pero como la celeridad es una vel
locidad, resulta que la escala de longitudes de ond
da (E_L), deberá ser igual a la escala de longitudes

(Ed), puesto que:

$$E_v = d^{1/2} = (L \text{ vertical})^{1/2}$$

y

$$E_c = L^{1/2} = (L \text{ horizontal})^{1/2}$$

y como E_v y E_c deben ser iguales, resulta:

$$L \text{ vertical}^{1/2} = L \text{ horizontal}^{1/2}$$

o sea que la escala vertical deber ser igual a la -
escala horizontal; en otras palabras, no deberá --
existir distorsión en el modelo.

Sustituyendo el valor de la escala de líneas ya - -
determinado se tiene:

$$E_v = E_L^{1/2} (175)^{1/2} = 13.22$$

3) Escala de Períodos

La escala de períodos de ola es igual a:

$$E_t = \frac{E_L}{E_v} = \frac{E_L}{E_L^{1/2}} = E_L^{1/2}$$

en la cual al sustituir el valor de " E_L " se tiene-

$$E_t = (175)^{1/2} = 13.22$$

De acuerdo con esta escala, si los períodos del --
oleaje en prototipo (T_p) son del orden de 6 a 14 seg.

el orden de los períodos en el modelo (T_m) sera:

$$T_p = 6 \text{ seg}; T_m = \frac{T_p}{Et} = \frac{6}{13.22} = 0.453 \text{ seg.}$$

y para

$$T_p = 14 \text{ seg}; T_m = \frac{T_p}{Et} = \frac{14}{13.22} = 1.058 \text{ seg.}$$

Como se observa, los períodos en el modelo son suficientes para evitar que el fenómeno de la tensión superficial influya sobre el oleaje, ya que este fenómeno sería significativo si el período del oleaje fuera inferior a 0.4 seg. en condiciones normales de temperatura.

4) Escala de áreas.

$$E_A = E_L \cdot E_L = E_L^2 = (175)^2 = 30\ 625$$

5) Escala de volúmenes

$$E_V = E_L \cdot E_L^2 = E_L^3 = (175)^3 = 5\ 359\ 375$$

6) Escala de aceleraciones

$$E_A = \frac{E_V}{E_T} = \frac{E_L^{1/2}}{E_L^{1/2}} = 1$$

7) Escala de fuerzas

$$E_F = E_M \cdot E_A = E_M = E_V \cdot E_f = E_L^3 \cdot E_f$$

Usando el mismo fluido en prototipo y modelo.

$$E_F = 1$$

y la escala de fuerza es:

$$E_F = E_L^3 = (175)^3 = 5\ 359\ 375$$

8) Escala de presión unitaria

$$E_P = \frac{E_F}{E_A} = \frac{E_L}{E_L^{1/2}} = 175$$

9) Escala de pesos

$$E_W = E_P E_A = E_L E_L^2 = E_L^3 = (175)^3 = 5\ 359\ 375$$

Resumiendo las relaciones que ligan al prototipo con el modelo, se dan en la siguiente tabla:

RELACIONES DE ESCALA PARA EL ESTUDIO DE AGITACION

ESCALA	Fórmula Adimensional	Valor
Escala de Longitudes horizontales y verticales	E_L	1:175
Escala de velocidades lineales	$E_V = E_L^{1/2}$	1:13.22
Escala de Períodos de ola	$E_T = E_L^{1/2}$	1:13.22
Escala de áreas	$E_A = E_L^2$	1:30 625
Escala de volúmenes	$E_V = E_L^3$	1:5 359 375
Escala de fuerzas	$E_F = E_L^3$	1:5 359 375
Escala de presión unitaria	$E_P = E_L$	1:175
Escala de Pesos	$E_W = E_L^3$	1:5 359 375

3.4.- Proyecto del Modelo

Habiéndose determinado todas las relaciones que ligan al prototipo con el modelo, se procedió como siguiente paso el proyecto del modelo, para lo cual se tomó en cuenta - el límite del prototipo a representar en el modelo, y el sitio disponible en el laboratorio. En base a lo anterior el modelo se proyectó sobre un tanque ya existente, el cual únicamente se modificó de acuerdo a los límites del nuevo modelo.

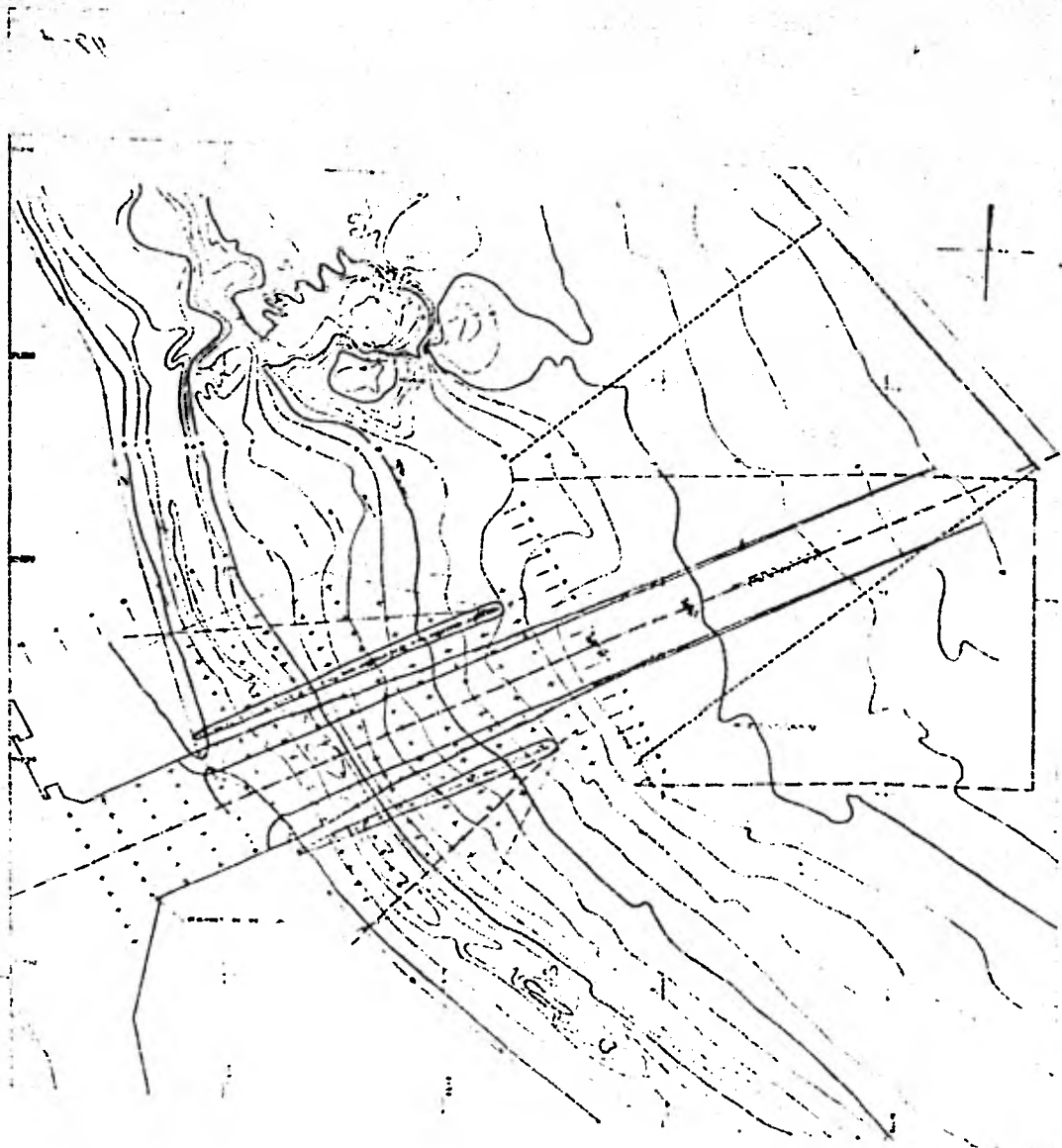
Para determinar los límites del modelo mar afuera, será necesario reproducir la propagación del oleaje desde - - aguas profundas hacia aguas bajas, para lo cual se tendría que colocar los generadores de ola en aguas profundas, que para este caso considerando un período de oleaje de 14 seg. se tiene un límite de aguas profundas a:

$$d_p = 0.5 L_o = 0.5 \times 1.56 \times T^2 =$$

$$d_p = 0.5 \times 1.56 \times 14^2 = 156.8 \text{ m}$$

y según la escala de líneas, en el modelo se tendría -- una profundidad de:

$$d_m = \frac{156.8}{175} = 89.60 \text{ cm.}$$



10 ALTERNATIVA EN ESTUDIO
ROMECOLAS EN LA BOCA DE LA LAGUNA

ESCALAS
PLANO MODELO 1:10 000
MAY 10 1970

pero debido a la profundidad del tanque existente, dado que de los planos de olas respectivos se tiene un avance del oleaje sensiblemente recto desde aguas profundas hasta la batimétrica -20 m, es posible entonces colocar los batidores a una profundidad de 70 (40 cm, modelo) y desde ahí, por medio de un desnivel empezar a reproducir los fondos desde la batimétrica -18.00 hasta la costa.

La zona abrigada por representar quedó limitada por los morros de los rompeolas de protección respectivos, los cuales se ubicaron a 6 veces la longitud de la ola ó -- sea aproximadamente a 2 km (11.40 m en modelo), a partir de los generadores de oleaje.

La zona terrestre por representar quedó limitada por el muro perimetral del modelo, hasta donde se puede representar parte de la dársena y canales de navegación, alcanzando una longitud de aproximadamente 1.5 km (8.5 m, modelo) de la cota cero hacia tierra adentro.

3.5- Construcción del Modelo

El modelo se construyó en el sitio destinado para tal fin en las instalaciones del Departamento de Estudios-- y laboratorios de la S. C. T.

Para la construcción del modelo se adoptó el tanque de un anterior modelo existente, demoliendo completamente la losa de configuración batimétrica y construyendo los muros perimetrales faltantes.

Los muros se construyeron de tabique rojo recocido, los cuales se desplantaron sobre una cadena de concreto reforzándolos con castillos de concreto a cada 3 metros de separación y una dala de cerramiento. Las cadenas y castillos fueron de 15 x 15 cm de sección de concreto de $f'c = 150 \text{ kg/cm}^2$ con 4 varillas de 3/8" y estribos de 1/4" de diámetro colocados a cada 20 cm.

Terminados estos muros, se aplanaron en su cara exterior con mortero cemento-arena 1:5 y en su cara interior se colocó además del aplanado, un acabado pulido y 2 capas de pintura impermeabilizante para evitar posibles filtraciones.

Como siguiente paso se procedió al relleno del modelo a base de cascajo, grava cementada y arena azul de mina, compactando perfectamente con pison de mano, cada relleno en capas menores de 10 cm. de espesor. Una vez realizado lo anterior se trazó, niveló y coló una losa plana de concreto de $f'c = 150 \text{ kg/cm}^2$ de 4 cm de espesor, que-

representa el canal de acceso y la dársena interior del puerto.

Paralelamente a esta actividad se realizó la instalación del sistema de alimentación del modelo a base de un equipo de bombeo y tubería de descarga de P.V.C. de 4" de diámetro, además se aprovecharon los batidores existentes para poder generar los oleajes de NE y E, reubicando únicamente un batidor para generar el oleaje del N.

Posteriormente se colocó sobre el modelo una cuadrícula auxiliar, a base de hilos los cuales se orientaron de acuerdo al norte astronómico del prototipo. Con la ayuda de esta cuadrícula, y por medio de coordenadas, se localizaron sobre el modelo puntos separados a cada 50 cm en cada curva del nivel.

Localizados estos puntos, se colocaron tramos de varilla de 20 cm de largo y 5/16" de diámetro en cada punto marcado en el modelo. Estas varillas se nivelaron con un nivel montado y una regla graduada hasta dar con la cota correspondiente; una vez niveladas las varillas se fijaron perfectamente con mortero cemento-arena para evitar que fueran movidas.

A continuación se trazaron con cal las curvas de nivel-

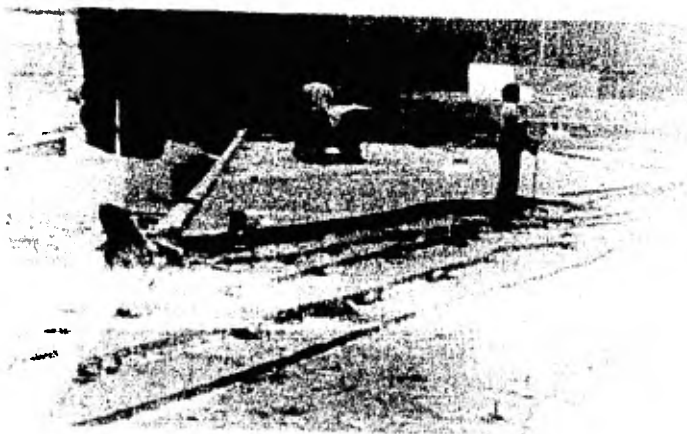
correspondientes para dar la configuración real de la curva y sobre ésta se fue colocando un fleje de fierro a todo lo largo de la curva batimétrica de 2" de ancho por 0.21 mm de espesor. Este fleje sirvió como cimbrapara colar por tramos la losa de configuración final -- del modelo. Para esta losa se utilizó concreto de - - - $f'c = 150 \text{ kg/cm}^2$ de 4 cm de espesor y acero de refuerzo consistente en tela de alambre calibre 22.

Una vez terminado el piso del modelo, se procedió a construir los parámetros del canal de acceso y del puerto, - utilizándose para formar el núcleo gravilla y para for--mar la coraza de protección piedras retenidas en la malla de 1/2".

Terminados de construir los rompeolas se procedio a pin--tar el piso del modelo con el objeto de obtener una ma--yor visibilidad al efectuar las mediciones de cada ensa--yo.



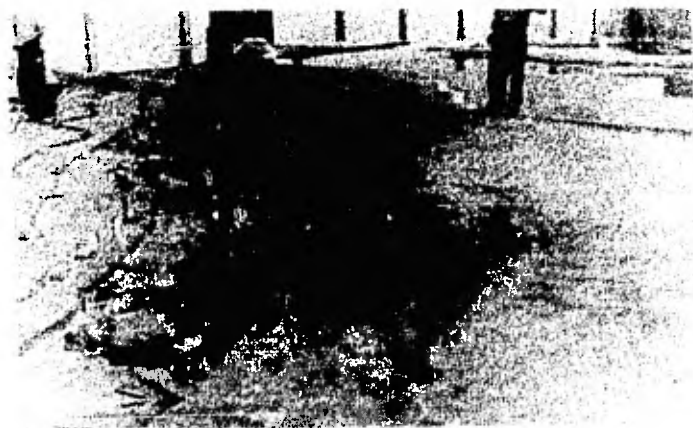
Chequen al detalle de la losa



Revisión sobre el fleje de batimetría



Colado de la franja batimétrica



Colado de la losa batimétrica

IV.- OPERACION DEL MODELO MARITIMO

4.1.- Equipo e Instrumentación

El equipo generador de oleaje y los instrumentos de medición utilizados en el presente estudio, fueron los siguientes:

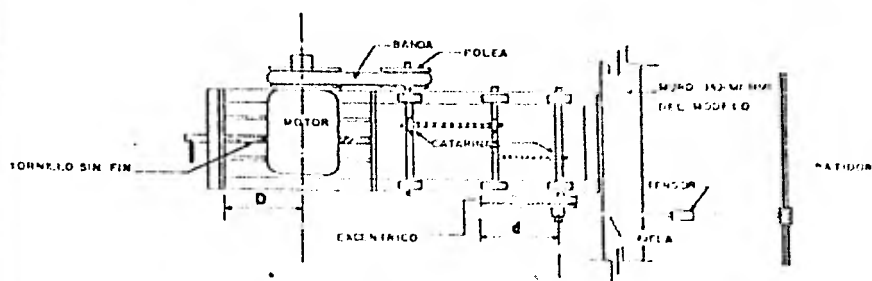
- Generadores de Oleaje

Para la generación del oleaje se utilizaron 3 batidores de - paleta rígida de 10.6 m de longitud por 0.48 m de altura, los cuales se anclaron convenientemente en el modelo para generar - los oleajes provenientes del N, NE y E.

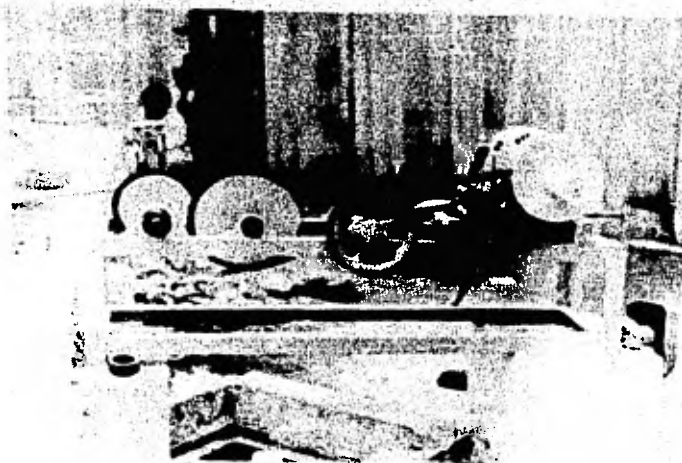
Se utilizó este tipo de generadores por ser los más empleados en los laboratorios al tener un mecanismo de funcionamiento sencillo y por producir un oleaje más real, ya que su principal ventaja es que el movimiento que le imprime a las particulas va disminuyendo conforme la profundidad aumenta, siendo nulo en el fondo. El mecanismo de estos generadores consiste de una paleta plana articulada en el fondo, unida a una biela que en su otro extremo está articulada a un excéntrico, el cual al variar su excentricidad aumenta o disminuye la altura de la ola.

El excéntrico además esta unido a un sistema de catarinas y poleas, que son movidas por un motor eléctrico trifásico, el cual al variar sus revoluciones por medio de un -- tornillo sinfin, al tensar el motor por medio de una banda, se cambia el período del oleaje.

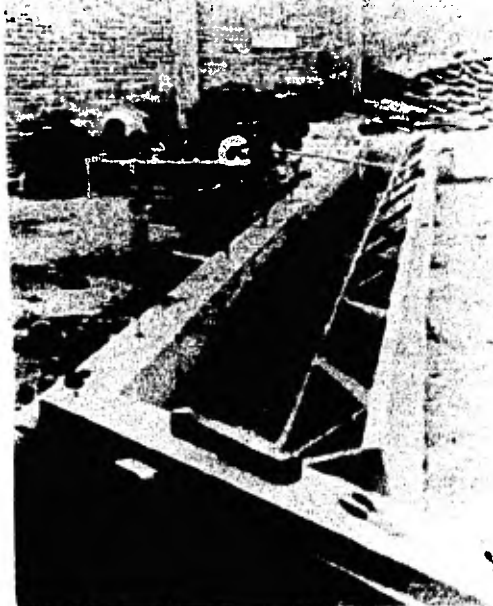
ESTUDIO PUERTO INDUSTRIAL
"LAGUNA DEL OSTION"



MECANISMO DE GENERACION
BATIDORES DE OLEAJE



Vista detallada del equipo de generación de oleaje



Vista general de la conexión con los baterías

- Equipo de Bombeo

Para abastecer de agua el modelo, se utilizó un equipo - de bombeo consistente de una bomba centrífuga horizontal, con tubería de succión de 6" y tubería de descarga de 4".

Este equipo de bombeo se instaló sobre el cárcamo de --- bombeo existente dentro de las salas de modelos a cubierto del laboratorio.

Posteriormente se tendió una tubería de P.V.C. de 4" de diámetro y 45 m de longitud la cual se hizo llegar hasta la zona de aguas profundas del modelo, garantizando con esto un gasto aproximado en el modelo de 20 lts/seg.

Para controlar el gasto hacia el modelo se instaló una- válvula de globo de 4" de diámetro a la salida de la tubería de descarga y junto al cárcamo de bombeo para re-- gresar el agua bombeada que no se necesitó en el modelo.

- Limnómetro mecánico

Este limnómetro sirve para controlar los niveles de operación del modelo y consiste en una escala metálica graduada, arreglada para moverse verticalmente entre soportes fijos, teniendo en su extremo inferior un gancho -- puntiagudo. Esta escala se controla verticalmente con-

un tornillo de accionamiento lento, y una escala con --
vernier que permite hacer lecturas aproximadas hasta ---
un décimo de milímetro.

Su colocación se hizo en un depósito auxiliar concentra-
do en el modelo en su parte inferior por medio de un --
tubo de fierro de 4" de diámetro, el cual sirvió para --
establecer el principio de vasos convenientes entre el--
modelo y el depósito auxiliar. Para controlar los nive-
les, se pone en un mismo plano horizontal la punta del -
gancho y la elevación cero del modelo, por medio de un-
nivel montado y una regla graduada; una vez logrado el--
mismo plano horizontal, se toma la lectura de la escala-
graduada del limnómetro; esa lectura se toma como "cero"
de la escala, a partir de dicha lectura se suman o res-
tan los niveles de operación del modelo, para trabajar--
con los niveles de pleamar o bajamar respectivamente. --
Para determinar las lecturas de la superficie libre del-
agua se baja la escala del limnómetro hasta que el gan--
cho se introduzca en el agua del depósito auxiliar y des-
pués se sube hasta que la punta origine un pequeño rebor-
de   elevación que aparece sobre la superficie, pero co-
mo este reborde es una distorsión de la delgada superfi-
cie de la película de agua cuyas partes se mantienen jun-
tas por la acción de la tensión superficial, el gancho se-

bajará lo suficiente para que desaparesca el reborde y -
entonces la punta del gancho estará en la superficie - -
del agua y se procederá a tomar lectura de la escala y -
el vernier.

- Limnómetro Electromecánico

Este limnómetro sirve para medir las alturas del oleaje-
frente a los batidores y en diversos puntos de la zona -
de estudio en el modelo. Este instrumento consiste sim-
plemente de un limnógrafo montado sobre una base móvil -
al que se le adapta un sistema eléctrico para que por --
medio de una señal luminosa dada por un foco de muy ba-
ja resistencia indique cuando la punta (o puntas) del --
limnómetro hasta que el foco empieza a ponerse incanden-
cente y en ese instante se toma la lectura de la escala.

Para medir el nivel más bajo de los senos se introduce--
la punta y se va sacando poco a poco, hasta que el foco-
se apague ligeramente y durante un instante, tomándose-
nuevamente la lectura de la escala correspondiente. La-
altura de la ola se obtendrá por la diferencia de las -
lecturas observadas.

- Ológrafo

El ológrafo sirve para medir con mayor exactitud el - -

oleaje al tener un registro continuo en cada uno de los puntos de medición. Consiste en un aparato electrónico- que en términos generales consta de un sensor compuesto- de electrodos, mismos que son introducidos en el agua -- y cerrando un circuito cuya variación de resistencia es- proporcional a la profundidad de inversión, que es ampli- ficada y registrada sobre un rollo de papel graduado que se mueve con un cierta velocidad la cual puede ser contro- lada para variar la longitud de la onda dibujada.

- Cronómetro

El cronómetro sirve para controlar el período de la ola- en el modelo. Este control se logra midiendo el tiempo- que tardan "X" crestas consecutivas al pasar por un mis- mo punto.

4.2.-Calibración

Antes de iniciar los ensayos se procedió a la calibración de los generadores de oleaje, del equipo de medición y - del propio modelo.

La calibración de los generadores de oleaje se realizó - para obtener curvas de períodos y alturas de ola. Para- la obtención de la curva de períodos se utilizó una es--

cala en la base del motor, de manera que para cada centímetro de desplazamiento del motor realizado al mover el tornillo sinfín instalado bajo el motor, se midieron las revoluciones por minuto en el excéntrico, obteniéndose el período en el modelo de acuerdo con la siguiente transformación:

$$T_m = 60 (\text{R.P.M.})^{-1}$$

Para la obtención de la gráfica de alturas de ola se marcó una escala sobre una de las paredes del excéntrico con el propósito de medir la altura de oleaje para cada centímetro de excéntrica, ya que la variación de la altura del oleaje generado depende además de la carga de agua frente al batidor, de la mayor o menor prolongación del batidor y éste a su vez depende de la excéntrica de la biela.

Las alturas del oleaje se midieron en 3 puntos frente a cada batidor para determinar una altura promedio; utilizándose para las mediciones el limnómetro electromecánico así como el ológrafo para comparación de resultados.

4.3.- Ensayos

Los ensayos fueron programados de manera de poder deter-



CONSULTORIA TECNICA, S.C.

CALIBRACION ALTURAS OLEAJE

Estudio: PUERTO IND. LAGUNA DEL OSTION

Fecha: 28 OCT. 1980

Generador: NORTE

Operador: J. BETANZOS

Modelo Hidráulico: FONDO ELJO

Distancia "d" excéntrico: 0

Tabla VIII.5

DISTANCIA "d" MOTOR (cm.)	T PROTOTIPO	ESTACION MEDICION	ALTURA OLA (cm.)	ALTURA PROMEDIO cm.	ALTURA OLA MODELO cm.	ALTURA OLA PROTOTIPO cm.
0	16.81	a	2.75	3.67	3.67	6.42
		b	4.50			
		c	3.75			
		Suma	11.00			
1	15.74	a	4.15	3.88	3.88	6.79
		b	4.10			
		c	3.40			
		Suma	11.65			
2	13.31	a	4.50	3.77	3.77	6.60
		b	4.15			
		c	2.65			
		Suma	11.30			
3	11.60	a	4.25	3.78	3.78	6.62
		b	4.60			
		c	2.50			
		Suma	11.35			
4	10.29	a	4.25	3.48	3.48	6.09
		b	3.70			
		c	2.50			
		Suma	10.45			
5	9.38	a	3.00	2.85	2.85	4.99
		b	2.80			
		c	2.75			
		Suma	8.55			



CONSULTORIA TECNICA, S.C.

CALIBRACION ALTURAS OLEAJE

Estudio: PUERTO IND. LAGUNA DEL OSTION

Fecha: 28 OCT 1980

Generador: NORTE

Operador: J. BETANZOS

Modelo Hidráulico: FONDO FIJO

Distancia "d" excéntrica: 0

Tabla VIII.5 (cont.)

DISTANCIA D MOTOR (cm.)	T	ESTACION PROTOTIPO MEDICION	ALTURA OLA (cm.)	ALTURA PROMEDIO cm.	ALTURA OLA MODELO cm.	ALTURA OLA PROTOTIPO m.
6	8.36	a	2.60	2.92	2.92	5.11
		b	3.40			
		c	2.75			
		Suma	8.75			
7	7.65	a	2.75	2.42	2.42	4.24
		b	2.50			
		c	2.00			
		Suma	7.25			
8	7.09	a	2.25	2.88	2.88	5.04
		b	3.00			
		c	3.40			
		Suma	8.65			
9	6.61	a	1.90	2.63	2.63	4.60
		b	3.00			
		c	3.00			
		Suma	7.90			
		a				
		b				
		c				
		Suma				
		a				
		b				
		c				
		Suma				



CONSULTORIA TECNICA, S.C.

CALIBRACION ALTURAS OLEAJE

Estudio: PUERTO IND. LAGUNA DEL OSTION

Fecha: 27 OCT 1980

Generador: NORESTE

Operador: GAYA - J.B.

Modelo Hidráulico: FONDO ELJO

Distancia "d" excéntrico: 0

Tabla VIII.6

DISTANCIA "d" MOTOR (cm.)	T PROTOTIPO	ESTACION MEDICION	ALTURA OLA (cm.)	ALTURA PROMEDIO cm.	ALTURA OLA MODELO CB.	ALTURA OLA PROTOTIPO CB.
0	16.26	a	0.69	0.71	0.71	1.24
		b	0.95			
		c	0.50			
		Suma	2.14			
1	14.02	a	0.90	0.96	0.96	1.68
		b	0.95			
		c	1.03			
		Suma	2.88			
2	12.42	a	1.01	1.24	1.24	2.17
		b	1.43			
		c	1.27			
		Suma	3.71			
3	11.05	a	1.22	1.19	1.19	2.08
		b	1.14			
		c	1.23			
		Suma	3.59			
4	10.32	a	1.52	1.32	1.32	2.31
		b	1.40			
		c	1.04			
		Suma	3.96			
5	9.42	a	1.56	1.55	1.55	2.68
		b	1.63			
		c	1.40			
		Suma	4.59			



CONSULTORIA TECNICA, S.C.

CALIBRACION ALTURAS OLEAJE

Estudio: PUERTO IND. LAGUNA DEL OSTION

Fecha: 27 OCTUBRE 1980

Generador: NORESTE

Operador: GAYA - J. B.

Modelo Hidráulico: FONDO FIJO

Distancia "d" excéntrico: 0

Tabla VIII.6 (cont.)

DISTANCIA "d" MOTOR (cm.)	T PROTOTIPO	ESTACION MEDICION	ALTURA OLA (cm.)	ALTURA PROMEDIO cm.	ALTURA OLA MODELO cm.	ALTURA OLA PROTOTIPO m.
6	8.69	a	1.73	1.64	1.64	2.87
		b	1.50			
		c	1.70			
		Suma	4.93			
7	8.03	a	1.90	1.77	1.77	3.10
		b	1.50			
		c	1.90			
		Suma	5.30			
8	7.65	a	1.90	1.72	1.72	3.01
		b	1.50			
		c	1.75			
		Suma	5.15			
9	7.08	a	1.98	1.71	1.71	2.99
		b	1.56			
		c	1.60			
		Suma	5.14			
10	6.76	a	2.10	1.93	1.93	3.38
		b	1.54			
		c	2.15			
		Suma	5.79			
11	6.50	a	2.30	2.01	2.01	3.52
		b	1.72			
		c	2.00			
		Suma	6.02			



CONSULTORIA TECNICA, S.C.

CALIBRACION ALTURAS OLEAJE

Estudio: PUERTO IND. LAGUNA DEL OSTION

Fecha: 27 OCTUBRE 1980

Generador: ESTE

Operador: J. BETANZOS

Modelo Hidráulico: FONDO FIJO

Distancia "d" excéntrico: 0

Tabla VIII.7

DISTANCIA "D" MOTOR (cm.)	T PROTOTIPO	ESTACION MEDICION	ALTURA OLA (cm.)	ALTURA PROMEDIO cm.	ALTURA OLA MODELO cm.	ALTURA OLA PROTOTIPO m.
1	15.38	a	0.46	0.49	0.49	0.86
		b	0.63			
		c	0.47			
		Suma	1.46			
2	14.08	a	0.43	0.52	0.52	0.91
		b	0.64			
		c	0.50			
		Suma	1.57			
3	12.14	a	0.61	0.67	0.67	1.17
		b	0.74			
		c	0.65			
		Suma	2.00			
4	10.70	a	0.53	0.65	0.65	1.14
		b	0.66			
		c	0.75			
		Suma	1.94			
5	9.68	a	0.74	0.91	0.91	1.59
		b	0.90			
		c	1.08			
		Suma	2.72			
6	8.84	a	0.77	0.81	0.81	1.42
		b	0.76			
		c	0.91			
		Suma	2.44			



CONSULTORIA TECNICA, S.C.

CALIBRACION ALTURAS OLEAJE

Estudio: PUERTO IND. LAGUNA DEL OSTION

Fecha: 27 OCTUBRE 1980

Generador: ESTE

Operador: J. BETANZOS

Modelo Hidráulico: FONDO FIJO

Distancia "d" excéntrica: 0

Tabla VIII.7 (cont.)

DISTANCIA "d" MOTOR (cm.)	T PROTOTIPO	ESTACION MEDICION	ALTURA OLA (cm.)	ALTURA PROMEDIO cm.	ALTURA OLA MODELO cm.	ALTURA OLA PROTOTIPO m.
7	7.87	a	0.85	0.86	0.86	1.51
		b	0.78			
		c	0.96			
		Suma	2.59			
8	7.28	a	0.96	1.03	1.03	1.80
		b	0.93			
		c	1.20			
		Suma	3.09			
9	6.77	a	1.20	1.13	1.13	1.98
		b	0.87			
		c	1.32			
		Suma	3.39			
10	6.26	a	1.30	1.28	1.28	2.24
		b	0.85			
		c	1.69			
		Suma	3.84			
		a				
		b				
		c				
		Suma				
		a				
		b				
		c				
		Suma				

minar primeramente dentro de la gama de períodos susceptibles de presentarse en el puerto, aquel o aquellos que pudiesen incrementar notablemente las condiciones de agitación existente en la zona abrigada del puerto con la obra proyectada. Posteriormente y después de haber determinado los períodos antes mencionados, se procederá a estudiar de una manera exhaustiva la agitación producida por la ubicación de la obra y las posibles soluciones que permitan lograr las zonas de calma necesarias que se requieran para el buen funcionamiento del puerto.

Los ensayos a realizarse en el modelo de fondo fijo implican las siguientes etapas de estudio:

- 1.- Determinación y localización de las obras exteriores más convenientes para el acceso al puerto.
 - 2.- Determinación de la agitación en la zona protegida por dichas obras exteriores.
- Selección de los parámetros del oleaje a representar en el modelo:
- 1.- Selección de Períodos

Con el fin de conocer los períodos del oleaje que se representarían en el modelo para los estudios de agitación, se

procedió a efectuar un análisis estadístico del oleaje-- basado en los datos publicados en el libro "Ocean Waves Statistics" del Almirantazgo Británico, donde se presen taron el número de observaciones realizadas para cada al tura y período del oleaje observado. De éstas se obser- va que los períodos del oleaje que pueden presentarse en la zona son de 6 a 16 seg., para el oleaje del NE y de - 6-12 seg., para el oleaje del Este. Para el presente es tudio se seleccionaron los períodos de 6,8,10 y 12 seg.

2.- Selección de Alturas de Ola

Para determinar las alturas de ola a representar se uti- lizaron los datos publicados en la fuente de información anterior y en el "Oceanographic Atlas of the North Atlan- tic Ocean", Sección IV Sea and Swell, donde se obtuvo la siguiente información:

Dirección	Sea and Swell (oleaje distante)	Ocean Waves
NE	2.54	8.00
ESTE	2.77	6.50

Como la información anterior corresponde, a aguas profun- das, se hizo la transformación correspondiente hacia ---

aguas poco profundas, hasta la batimétrica -15.00 m que es - - - donde se midió la altura de la ola de referencia al iniciar cada ensayo, obteniéndose las siguientes alturas de ola ya afectadas por los coeficientes de refracción y de fondo para los períodos de 6,8, 10 y 12 seg.

SEA AND SWELL

DIRECCION	HO(m)	T seg.	H(-15)(m)
NE	2.54	6	2.21
		8	1.90
		10	1.40
		12	1.86
PROMEDIO			1.84
E	2.77	6	1.79
		8	2.00
		10	1.59
		12	1.60
PROMEDIO			1.74

OCEAN WAVES

DIRECCION	HO(m)	T seg.	H(-15)(m)
NE	8.00	6	6.98
		8	6.01
		10	4.42
		12	5.88
PROMEDIO			5.82
E	6.50	6	4.22
		8	4.70
		10	3.74
		12	3.76
PROMEDIO			4.10

De este análisis se determinó que las alturas y períodos

a ensayar en el modelo serían: $H = 1.80, 4.10$ y 5.80 m - respectivamente con períodos de $T = 6, 8, 10$ y 12 seg., para cada altura de ola.

Selección de Puntos de Medición.

1.- En el lado del mar

Para la operación del modelo se eligió la batimétrica -- -15.00 m para medir en un punto fijo la altura de la ola para cada ensayo en el modelo.

2.- Frente a los morros de las escolleras

Para poder obtener el cambio de altura de ola en el interior de la zona protegida por las rompeolas se ubicaron un serie de puntos frente a los morros de los mismos marcados de A a R y separados en cada 50 cm, de los cuales - se consideraron los puntos I, J, K para determinar el promedio de la altura de la ola incidente.

3.- En la zona protegida

De acuerdo a la disposición de los rompeolas y al canal - de acceso se situaron los puntos interiores tomando como referencia el eje del canal (Eje J) y la columna de pun--tos frente a los rompeolas. A partir de esta intersección

y sobre el eje del canal se trazaron puntos a cada 1.00 m, los cuales se encuentran marcados de 1 a 14.

- Procedimiento de los ensayos

Una vez definidas las alternativas a ensayar; las características del oleaje a representar y las zonas de medición en el modelo, se procedía de la siguiente manera:

- 1º Se media la ola frente al batidor a manera de obtener una ola uniforme a la salida del mismo.
- 2º Se media la ola de referencia en la batimétrica de -15.00 m.
- 3º Se comprobaba en un punto fijo el modelo dentro de la zona protegida que no se presentan fenómenos parásitos durante todo el tiempo que duraba el ensayo.
- 4º Se iniciaba la medición del oleaje en todos los puntos restantes del modelo.

Para la medición del oleaje se utilizó un ológrafo de dos canales con sus respectivos registradores y transductores o "puntas de ológrafo". Una de estas puntas se mantenía fija durante todo el ensayo en el interior del puerto para observar que la altura de ola en ese punto se mantuviera constante en el tiempo; en el caso de no existir fenó-

menos parásitos, la otra punta se deslizaba sobre dos rieles en un "carro" el cual era jalado manualmente por sus extremos por medio de un cable y una manivela. De esta manera se obtenía un registro continuo del oleaje en cada zona de medición del modelo.

Para obtener los frentes de ola correctos fue necesario colocar unas ortogonales sobre el modelo para cada período ensayado, las cuales se tomaron de los planos de oleaje elaborados previamente..

- Mediciones

Para llevar a cabo la medición de la agitación fue necesario obtener coeficientes de amortiguamiento dados por la relación de la altura de ola máxima medida en cada punto del interior del puerto entre la altura media de la ola fuera de él, la cual corresponde a los puntos I, J, K. Este coeficiente se determinó de acuerdo con la relación:

$$\text{Coeficiente de Amortiguamiento} = \frac{H}{H_0} = \frac{\text{Altura de la ola difractada}}{\text{Altura de la ola incidente.}}$$

El objeto de obtener los coeficientes de amortiguamiento es que en esta forma se puede determinar para cualquier amplitud de oleaje exterior su correspondiente amplitud en cualquier punto interior de la zona abrigada del puer

to, ya que estos coeficientes están dados en porcentajes de agitación exterior.

4.4.- Diversas Alternativas

En base a las etapas de estudio para los ensayos se estudiaron las siguientes alternativas de escollera.

- Alternativa 1

De acuerdo con el proyecto original, las obras exteriores consistían en dos rompeolas paralelas (Alt. N° 1, figura N° 1.1) para proteger el acceso al puerto, con los muros desplantados en la batimétrica -12.00 m y una separación entre los mismos de 700.00 m.

Partiendo de esta alternativa se hizo un análisis teórico aproximado de la propagación del oleaje dentro de la zona protegida, utilizando el método de Iribarren y para las direcciones de oleaje del N, NE y E que son las de mayor incidencia en la zona de estudio.

Los resultados de estos análisis se muestran en la figura N° 1.1 a 1.3 donde se observa que para los oleajes del NE y E se tienen unos coeficientes de cambio de altura de ola de 0.86 - 1.17 sobre el eje del canal y cerca de la playa. Para el oleaje del norte los coeficientes son de 0.30 - 0.50.

Los resultados obtenidos aunque no son muy confiables -- por las limitaciones del método, demuestran que esta alternativa no es muy conveniente ya que el oleaje del NE y E dentro de la zona protegida es prácticamente el mismo que a la entrada de las obras, no así el oleaje del Norte que se reduce en un 50%.

- Alternativa 2

De acuerdo con los resultados anteriores, se pensó en -- difractar el oleaje a la entrada de las obras exteriores para disminuir el oleaje interior, por lo que se pensó -- que las escolleras deberían estar colocadas de acuerdo -- con el límite de la zona de agitación marcada por el método de Iribarren, pero esto implica tener una zona protegida demasiado grande por lo que para evitar esto las escolleras se ubicaron aproximadamente en la zona media del límite de la zona en Expansión y el límite de la zona de agitación, marcados por el método mencionado anteriormente, tomando como base: a) el oleaje del "Este", -- que como se muestra en la figura 1.3 es el que causa mayor agitación en la zona protegida y b) el rompeolas situado al Norte del eje del canal que es el que causa mayor reflexión, con esto se obtuvo la posición del rompeolas en el acceso, cuyo morro se desplantó en la misma zo

na del morro, de la alternativa N^o 1 y su arranque se --
inició paralelo a la misma alternativa anterior hasta -
una longitud de la mitad de la longitud del rompeolas to
tal.

Con los rompeolas en esta posición se hicieron los cál-
culos respectivos y se obtuvieron los resultados que se
muestran en las figuras 2.1, 2.2 y 2.3, donde se observa
que para el oleaje del Norte, se tiene un coeficiente me
dio en el eje del canal y cerca de la costa de 0.16; pa-
ra el oleaje del Noreste el coeficiente es de 0.32 y pa-
ra el oleaje del Este es de 0.30.

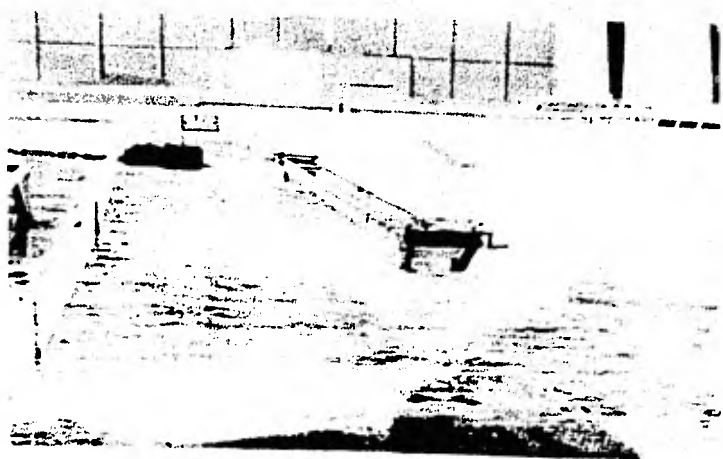
- Alternativa 3

Para esta alternativa se eligieron unos rompeolas conver
gentes cuyo arranque y morro se ubicaron sobre las mis-
mas zonas de la alternativa anterior. Esta alternativa
se eligió para disminuir un tanto las dimensiones de --
las rompeolas de la alternativa N^o 2.

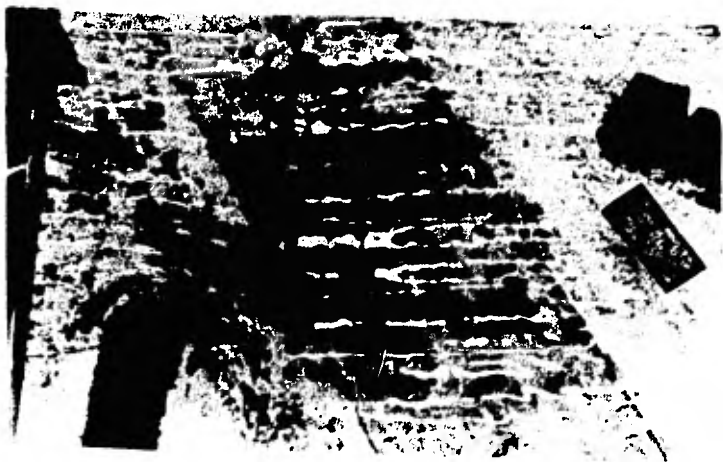
Los resultados obtenidos para los coeficientes de cambio
de altura de ola se muestran en las figuras 3.1, 3.2 y -
3.3 donde se tienen que para oleaje del Norte, consideran
do el mismo punto de las alternativas anteriores, el coe
ficiente es de 0.14 y para el oleaje del Este y NE el --
coeficiente es de 0.33

De acuerdo con los estudios anteriores se concluyó lo siguiente:

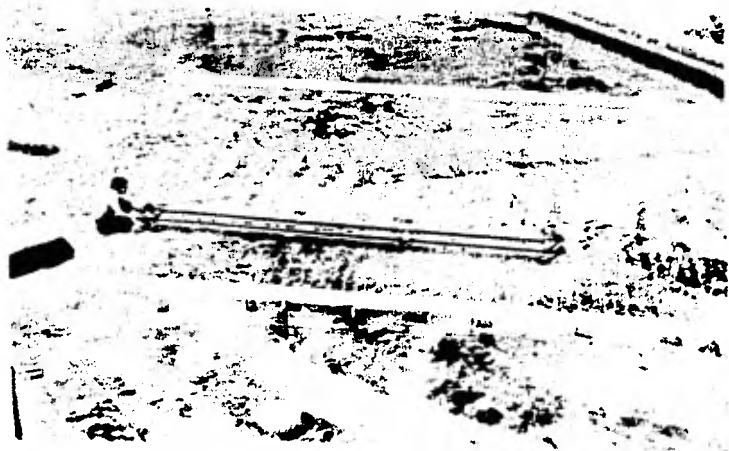
- La alternativa N° 1, no es conveniente como obra de protección del acceso al puerto ya que para los oleajes del NE y E, prácticamente no se tiene ninguna disminución de la altura de la ola.
- El oleaje del Norte no causaría mayor problema a la zona protegida por las obras exteriores, puesto que el coeficiente máximo obtenido en el punto considerado de referencia fué de 0.16.
- Las alternativas 2 y 3 prácticamente dan los mismos resultados ya que los coeficientes obtenidos son casi iguales.
- De acuerdo con el 2º punto se consideró que, en el modelo físico no será necesario ensayar con oleaje proveniente de la dirección Norte.



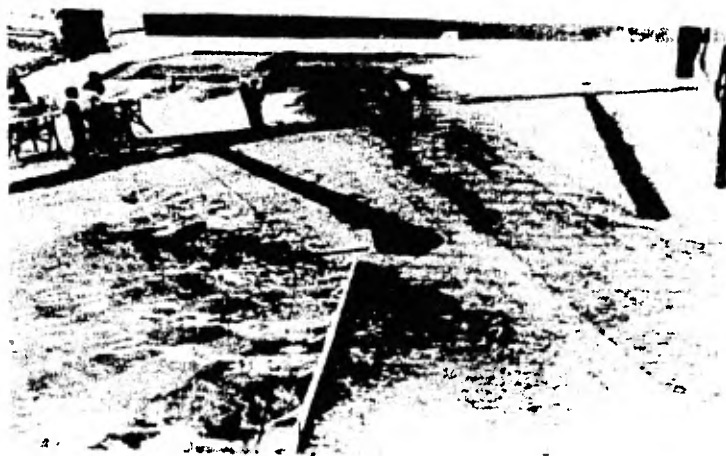
Sonda usada para la medición



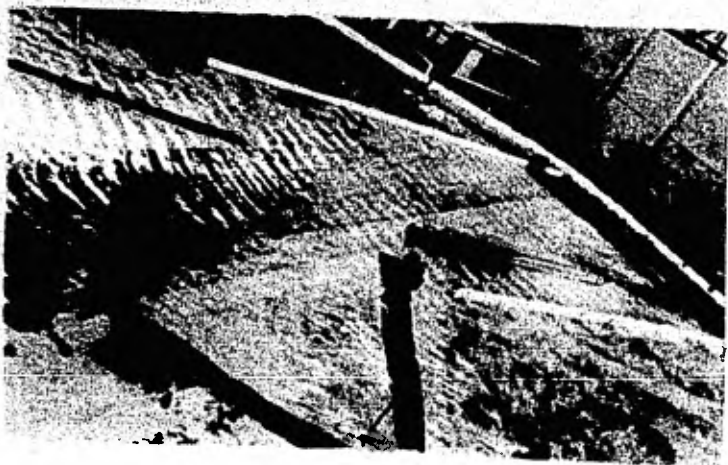
Vista de la incidencia del viento



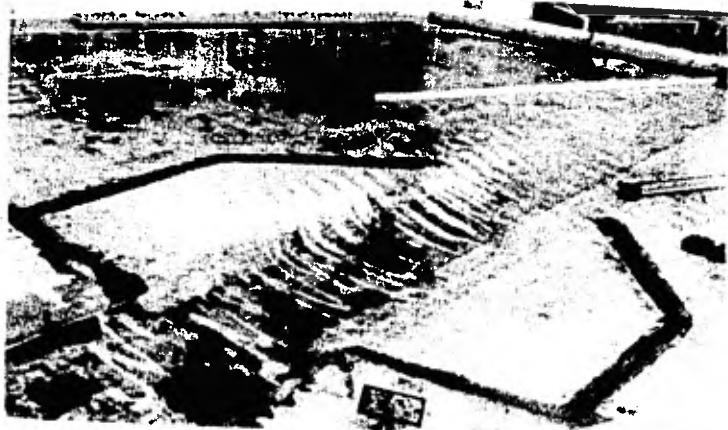
Medición de la ola de referencia



Medición dentro de la zona abrigada



Vista de algunas alternativas y el uso de ortogonales.



V.- CONCLUSIONES

Los resultados de los coeficientes de agitación para cada dirección y período, se interpolaron con el objeto de conocer la distribución de las curvas de igual agitación tal como se muestra en las figuras 4.2.1 a 4.2.9.

- Alternativa N° 1

Los ensayos realizados para esta alternativa se resumen en las figuras 4.2.1 a 4.2.3 de las cuales se puede observar lo siguiente:

- a) Para la dirección Noreste el oleaje penetra con un coeficiente de 0.5 a 0.6 hasta aproximadamente 2 km del morro de los rompeolas.
- b) Para la dirección Este, el mismo coeficiente se tiene a 1,400 m del morro de los rompeolas.

De estas observaciones puede concluirse que:

La agitación en general es importante, en toda la zona protegida por los rompeolas, la cual alcanza valores superiores a los permisibles.

- Alternativa N° 2

Esta alternativa consistió en ensanchar hasta 1,700 m el

arranque de los rompeolas, sin mover los morros de los rompeolas de la alternativa 1 para lograr una zona de mayor expansión del oleaje. Los resultados de estos ensayos se muestran en las figuras 4.2.4 a 4.2.6 de las cuales se observa lo siguiente:

- a) Para la dirección Noreste y $T = 8$ seg., el oleaje penetra hasta 1,700 m aproximadamente con un coeficiente de $k = 0.80$.
- b) Para la misma dirección pero con un período de 12 seg., este coeficiente de $K = 0.8$ se tiene aproximadamente a 1,200 m del morro de los rompeolas.
- c) Para la dirección Este con $T = 8$ seg., el coeficiente de $K = 0.8$ se encuentra a 1,100 m aproximadamente del morro de los rompeolas.

De estos ensayos se concluye que:

- a) La agitación en general para la dirección NE y $T=8$ seg., es un tanto mayor que la agitación con los mismos parámetros para la alternativa N° 1.
- b) Se presenta una marcada concentración de energía hacia el rompeolas del lado norte.

...

- Alternativa N° 3

Los ensayos de esta alternativa se muestran en las figuras 4.2.7 a 4.2.9 donde se observa lo siguiente:

- a) Para la dirección Noreste con $T = 8$ seg., se tiene un coeficiente de $K = 0.7$ a 1,400 m del morro de los rompeolas.
- b) Para la misma dirección pero con $T = 12$ seg., este mismo coeficiente se tiene a 1,200 m del morro de los rompeolas.
- c) Para la dirección Este con $T = 8$ seg., se tiene un coeficiente de $K = 0.55$ a 1,300 m del morro de los rompeolas.

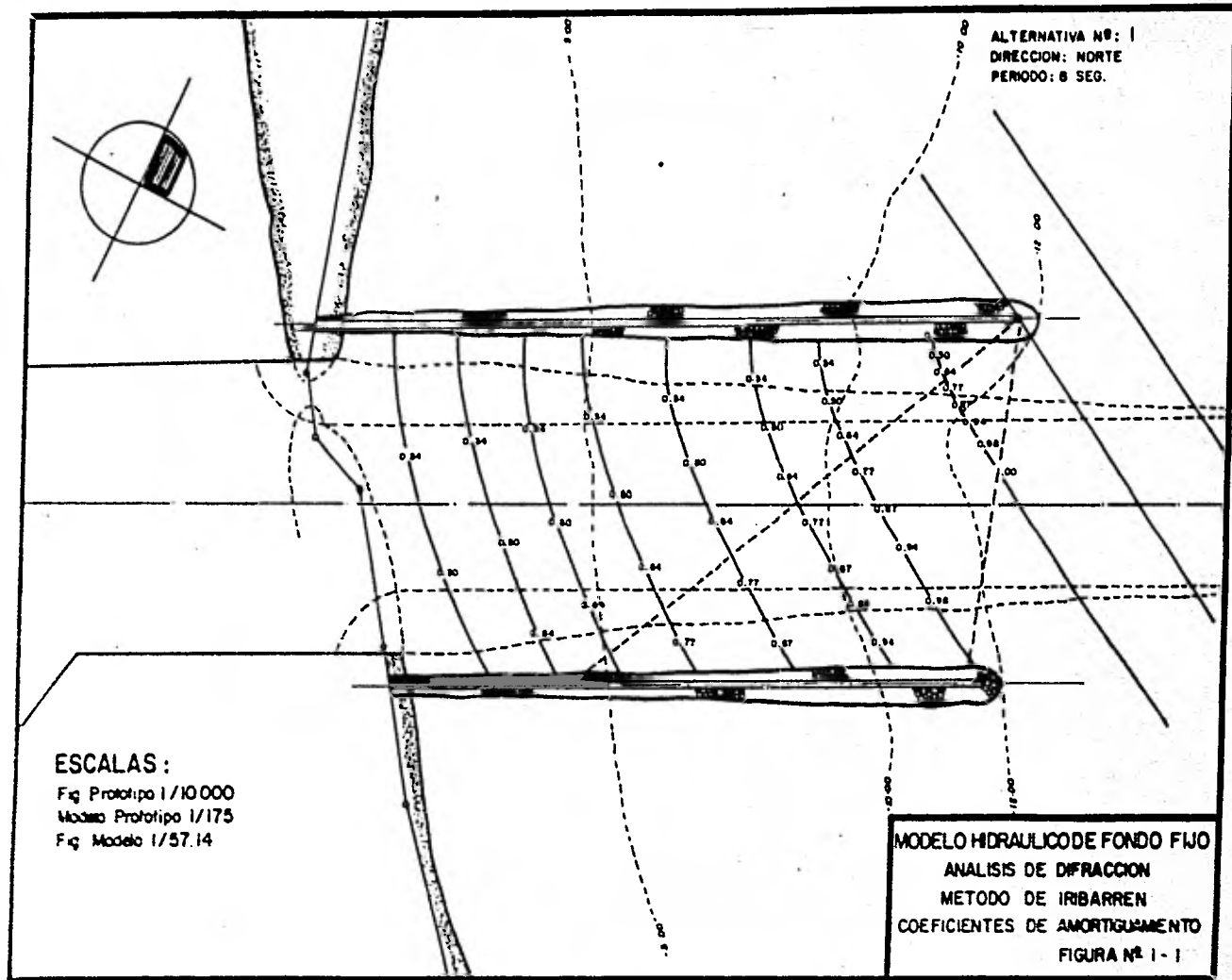
De estos ensayos se concluye que:

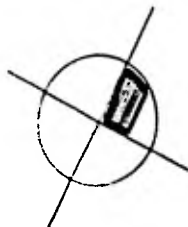
- a) La agitación en general es parecida a la medida en la Alternativa N° 2.
- b) Hay concentración de energía sobre los dos rompeolas del Puerto.

Aunque los ensayos se realizaron únicamente considerando el oleaje incidente debido a las limitaciones del espacio disponible no se representó el puerto completo y de-

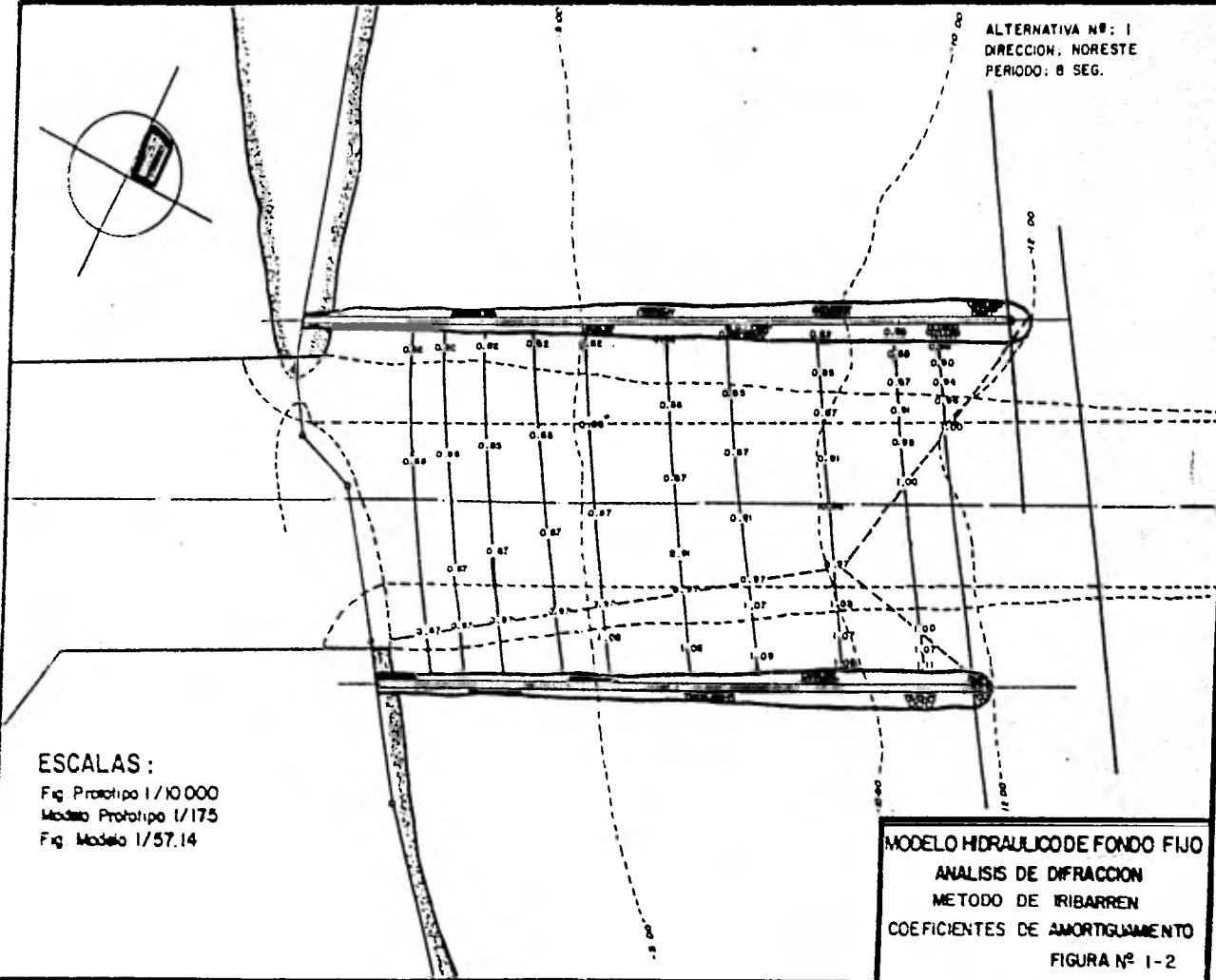
bido a esto no se consideró el oleaje reflejado por los parámetros de los muelles o del propio puerto) se recomienda de una manera general que:

- a) Los rompeolas paralelos (Alt. N° 1) no son recomendables para la protección de la agitación en el -- puerto.
- b) Los rompeolas de las alternativas 2 y 3 funcionan -- prácticamente igual por lo que cualquiera de éstas -- dos podrían adoptarse como solución al problema de agitación.
- c) Se recomienda la selección de la alternativa N°2, -- por tener menor volumen de obra.
- d) Se recomienda hacer un estudio de maniobrabilidad -- de embarcaciones para definir de una manera más ra -- cional el ancho del canal de acceso y su orienta -- ción.



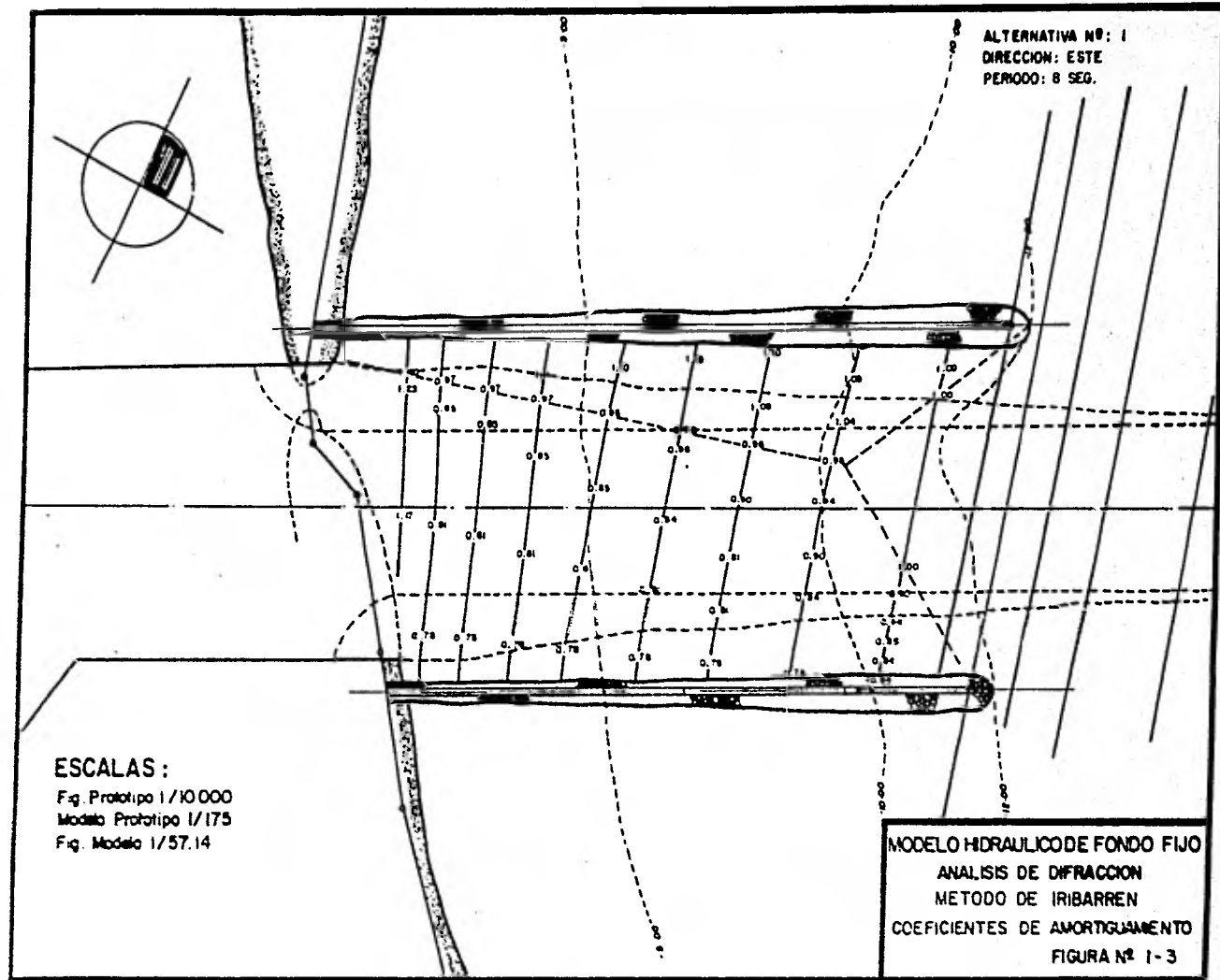


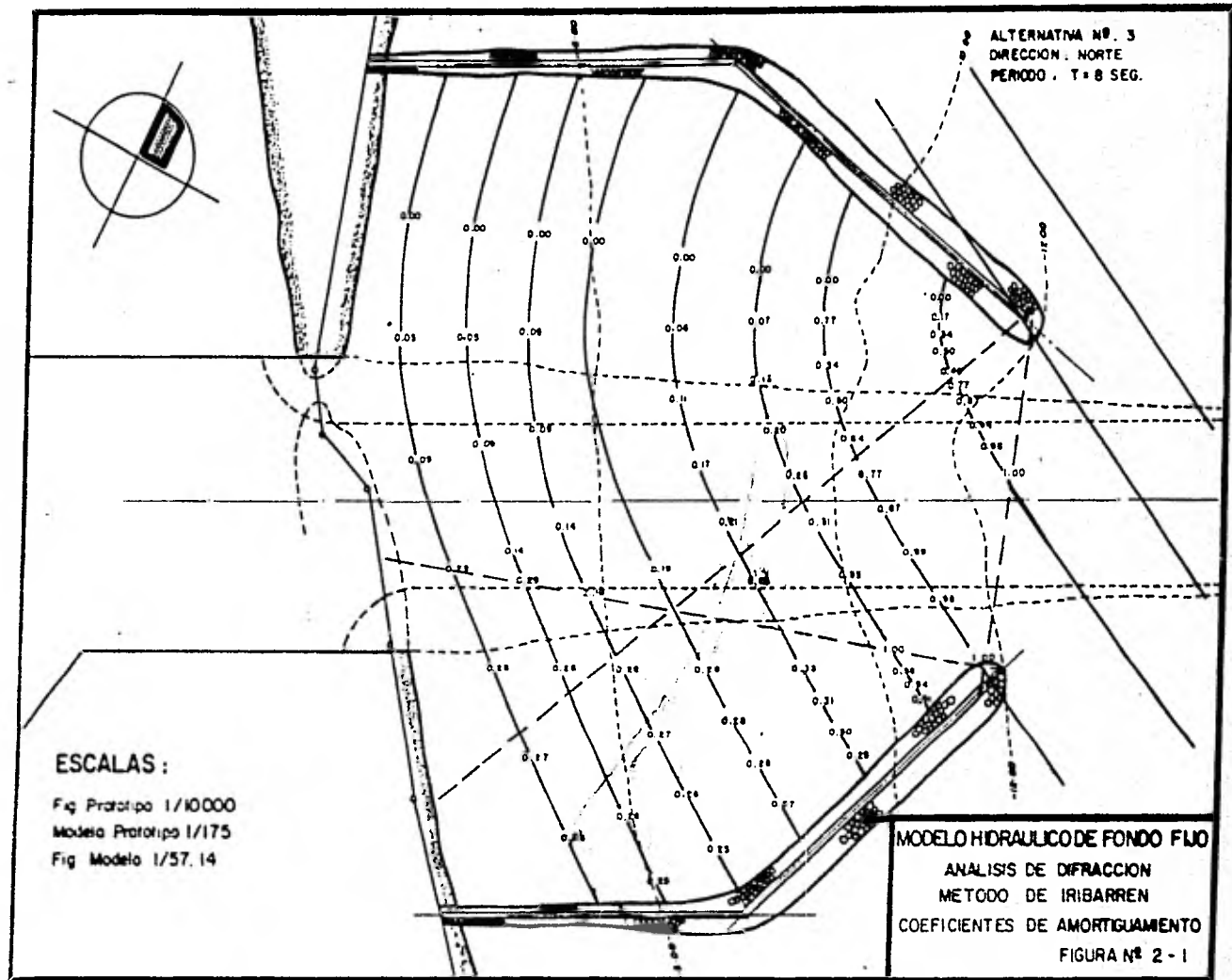
ALTERNATIVA Nº: 1
DIRECCION: NORESTE
PERIODO: 8 SEG.

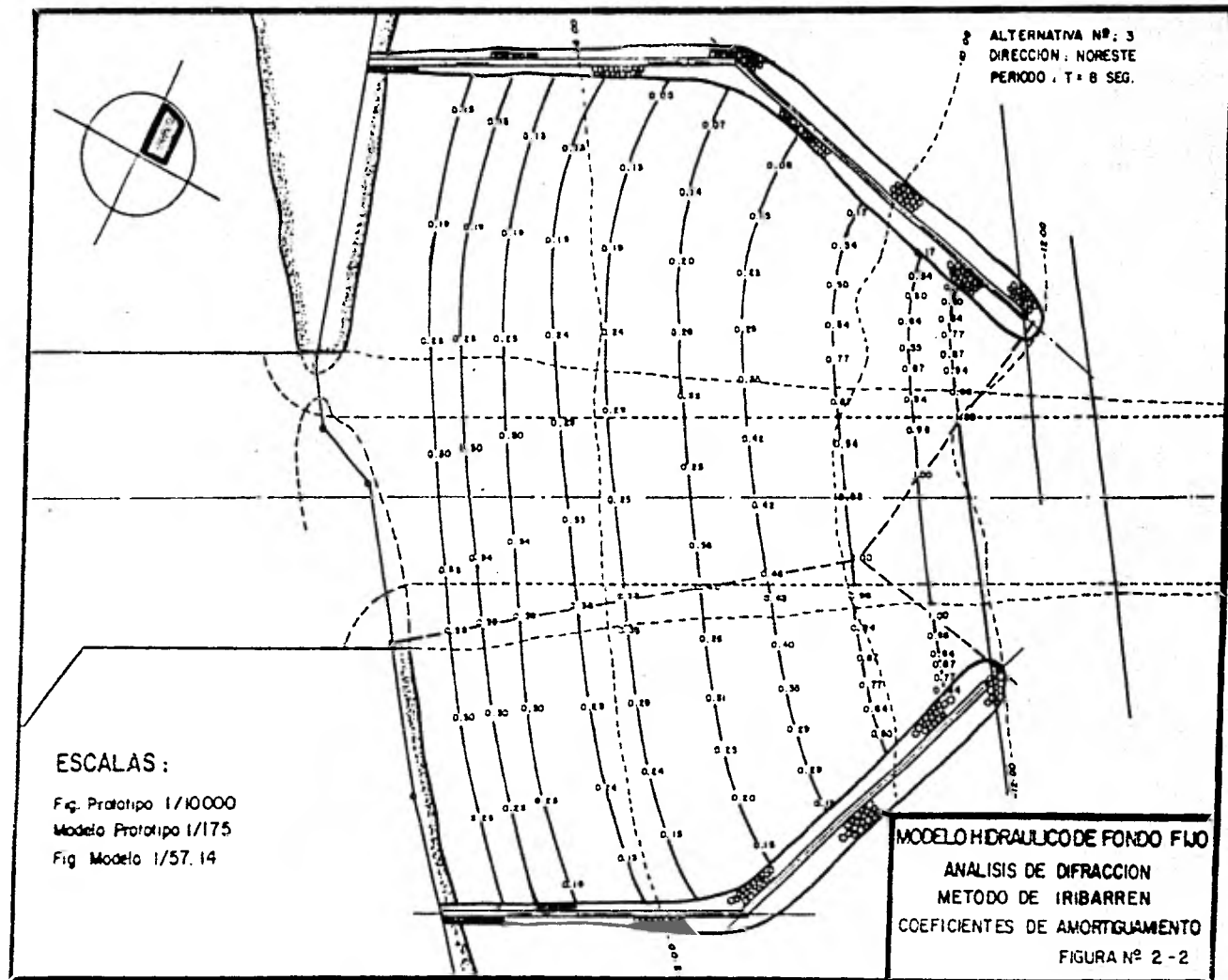


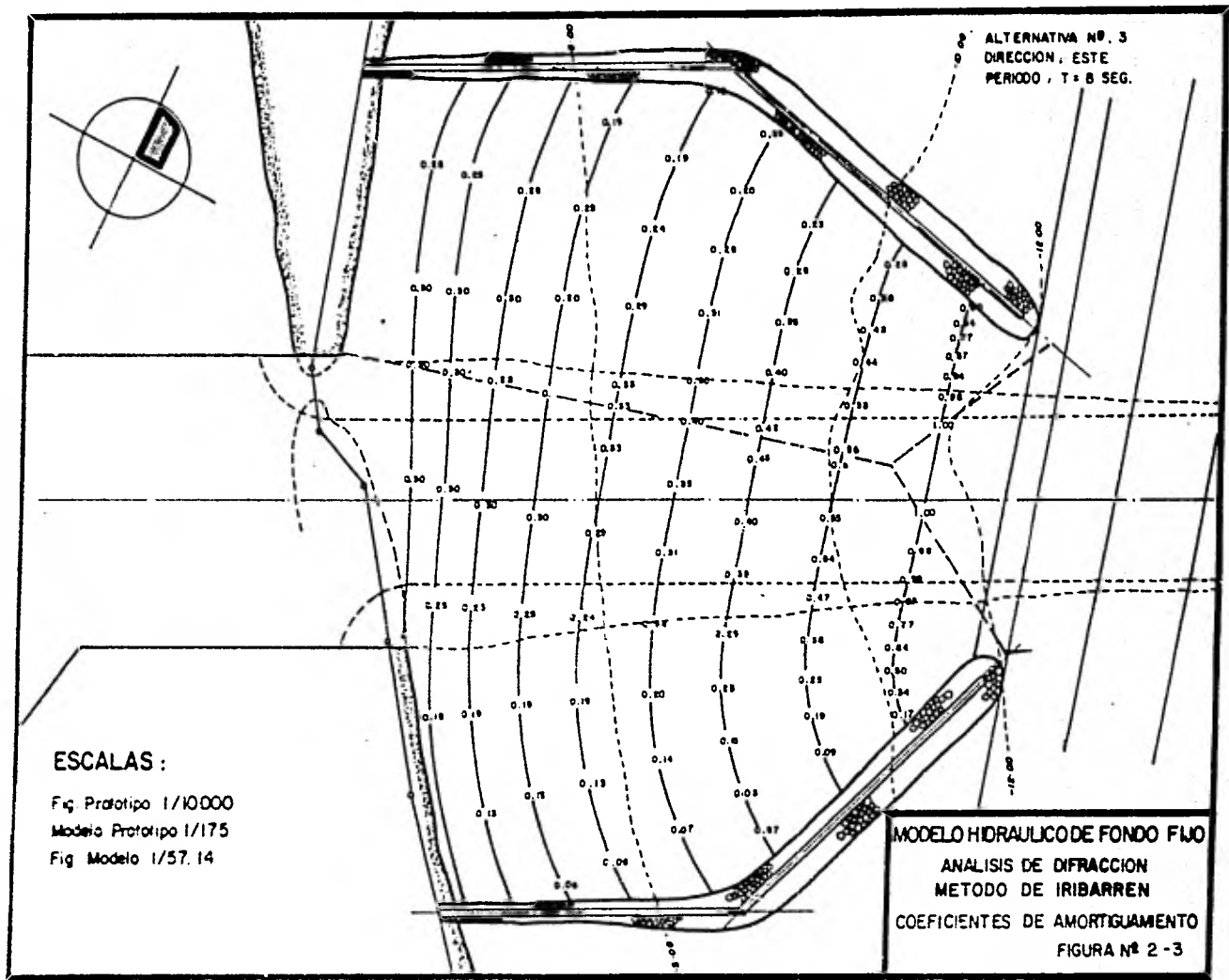
ESCALAS :
Fig Prototipo 1/10000
Modelo Prototipo 1/175
Fig Modelo 1/57.14

MODELO HIDRAULICO DE FONDO FIJO
ANALISIS DE DIFRACCION
METODO DE IRIBARREN
COEFICIENTES DE AMORTIGUAMIENTO
FIGURA Nº 1-2







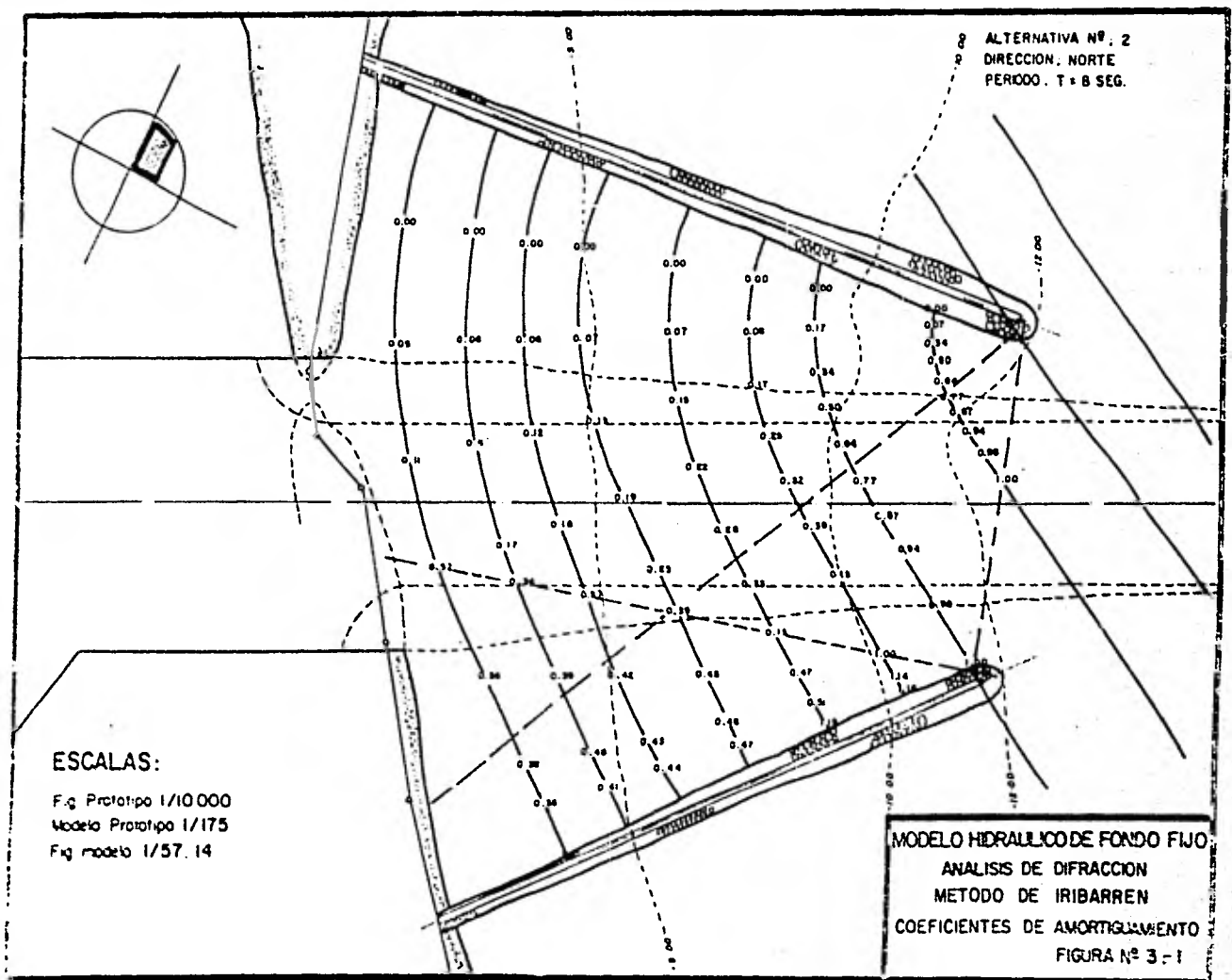


ALTERNATIVA Nº. 3
 DIRECCION: ESTE
 PERIODO: T = 8 SEG.

ESCALAS:

Fig Prototipo 1/10000
 Modelo Prototipo 1/175
 Fig Modelo 1/57.14

MODELO HIDRAULICO DE FONDO FIJO
ANALISIS DE DIFRACCION
METODO DE IRIBARREN
COEFICIENTES DE AMORTIGUAMIENTO
FIGURA Nº 2-3

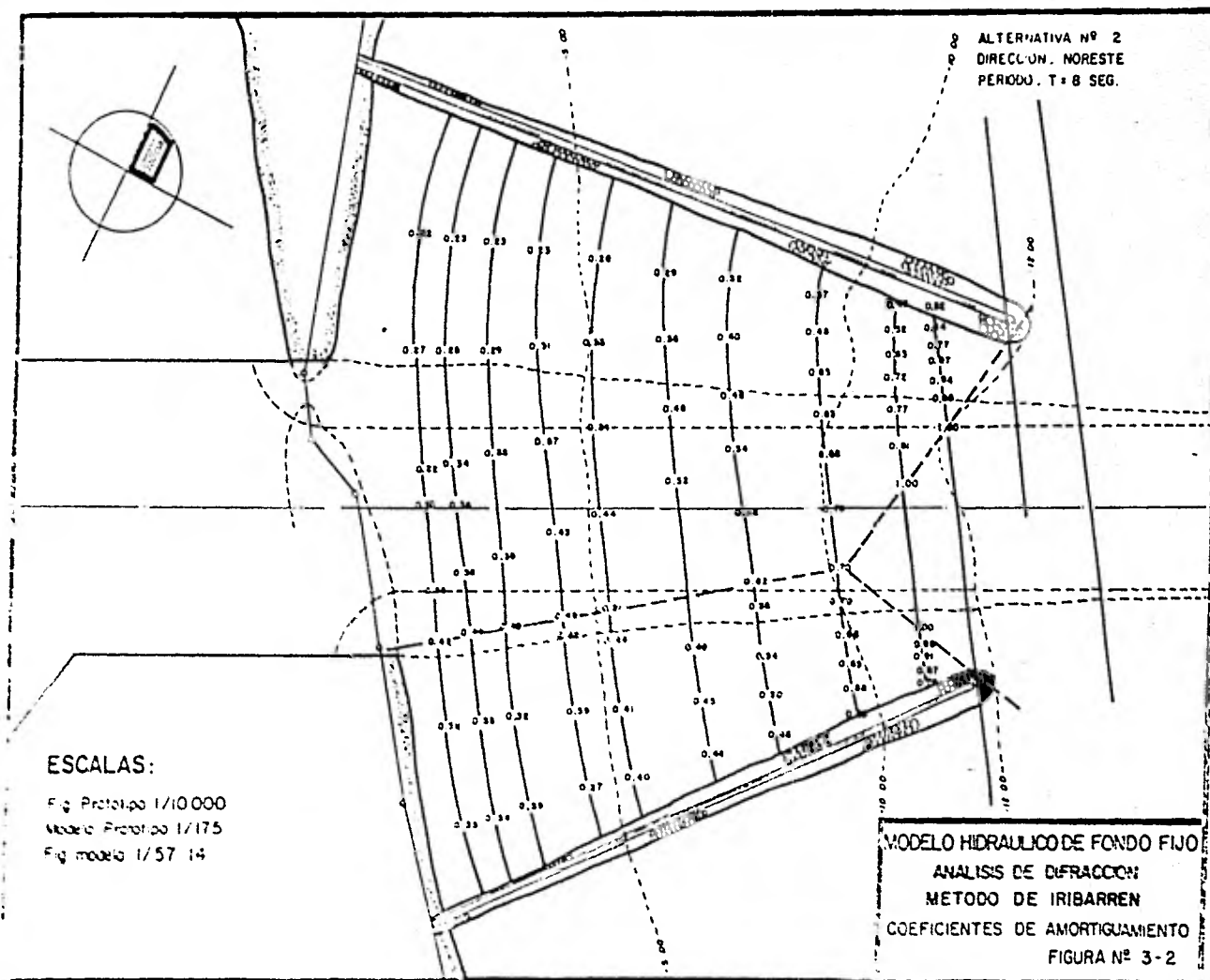


ALTERNATIVA Nº. 2
 DIRECCION: NORTE
 PERIODO: T = 8 SEG.

ESCALAS:

Fig. Prototipo 1/10 000
 Modelo Prototipo 1/175
 Fig. modelo 1/57. 14

MODELO HIDRAULICO DE FONDO FIJO
 ANALISIS DE DIFRACCION
 METODO DE IRIBARREN
 COEFICIENTES DE AMORTIGUAMIENTO
 FIGURA Nº 3-1

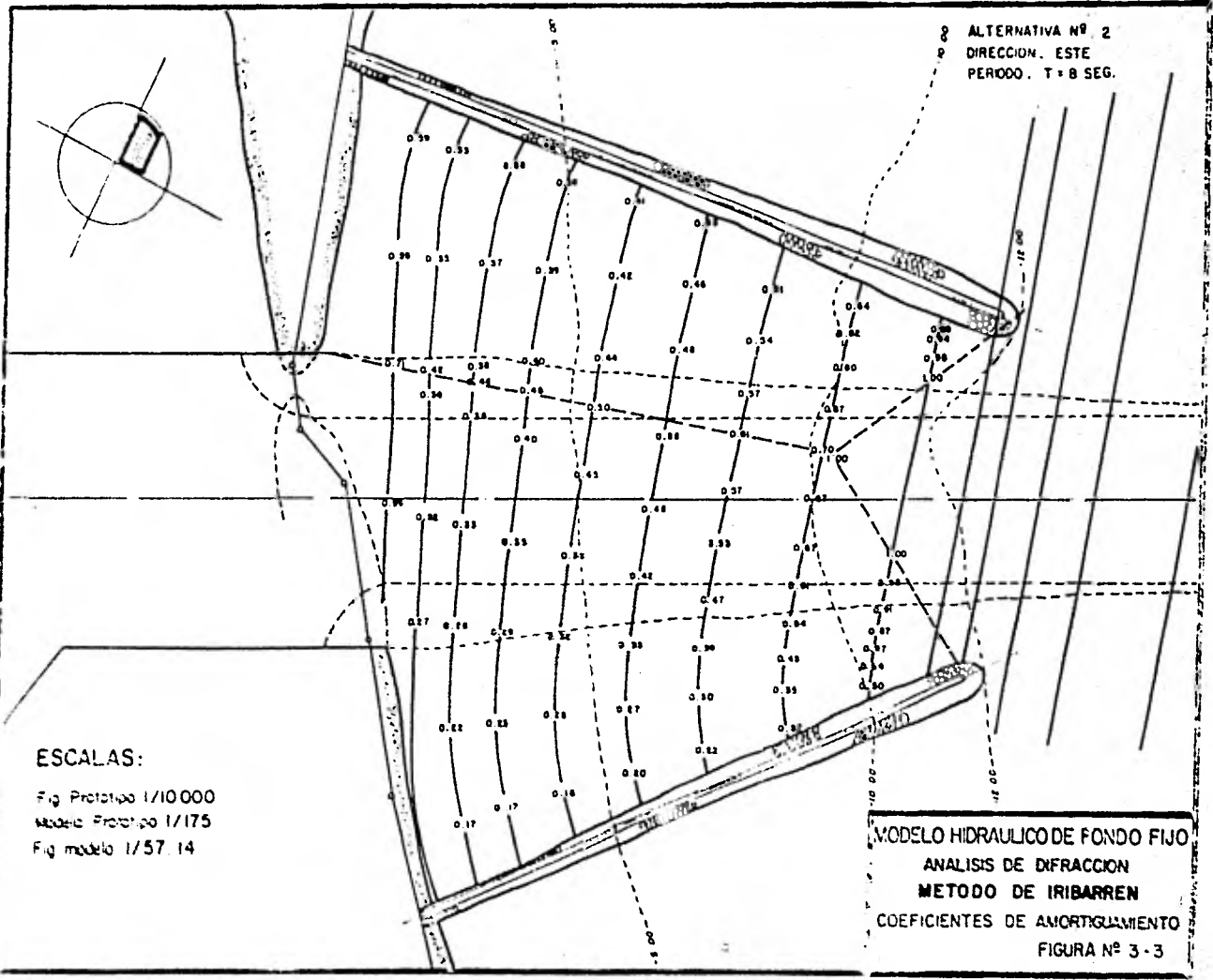


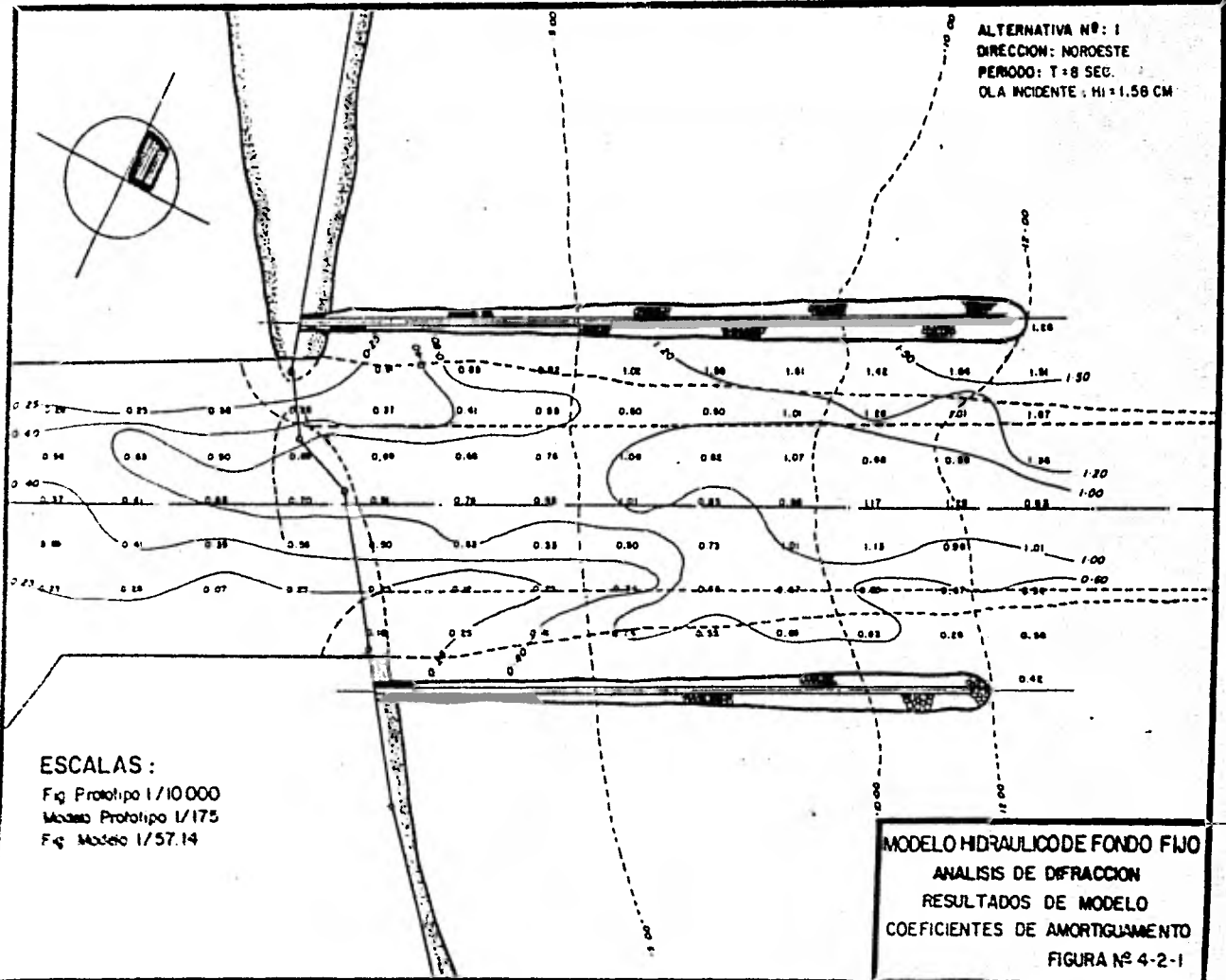
ALTERNATIVA Nº 2
 DIRECCION. NORESTE
 PERIODO. T = 8 SEG.

ESCALAS:

Fig. Prototipo 1/10000
 Modelo Prototipo 1/175
 Fig. modelo 1/57.14

MODELO HIDRAULICO DE FONDO FIJO
 ANALISIS DE DIFRACCION
 METODO DE IRIBARREN
 COEFICIENTES DE AMORTIGUAMIENTO
 FIGURA Nº 3-2

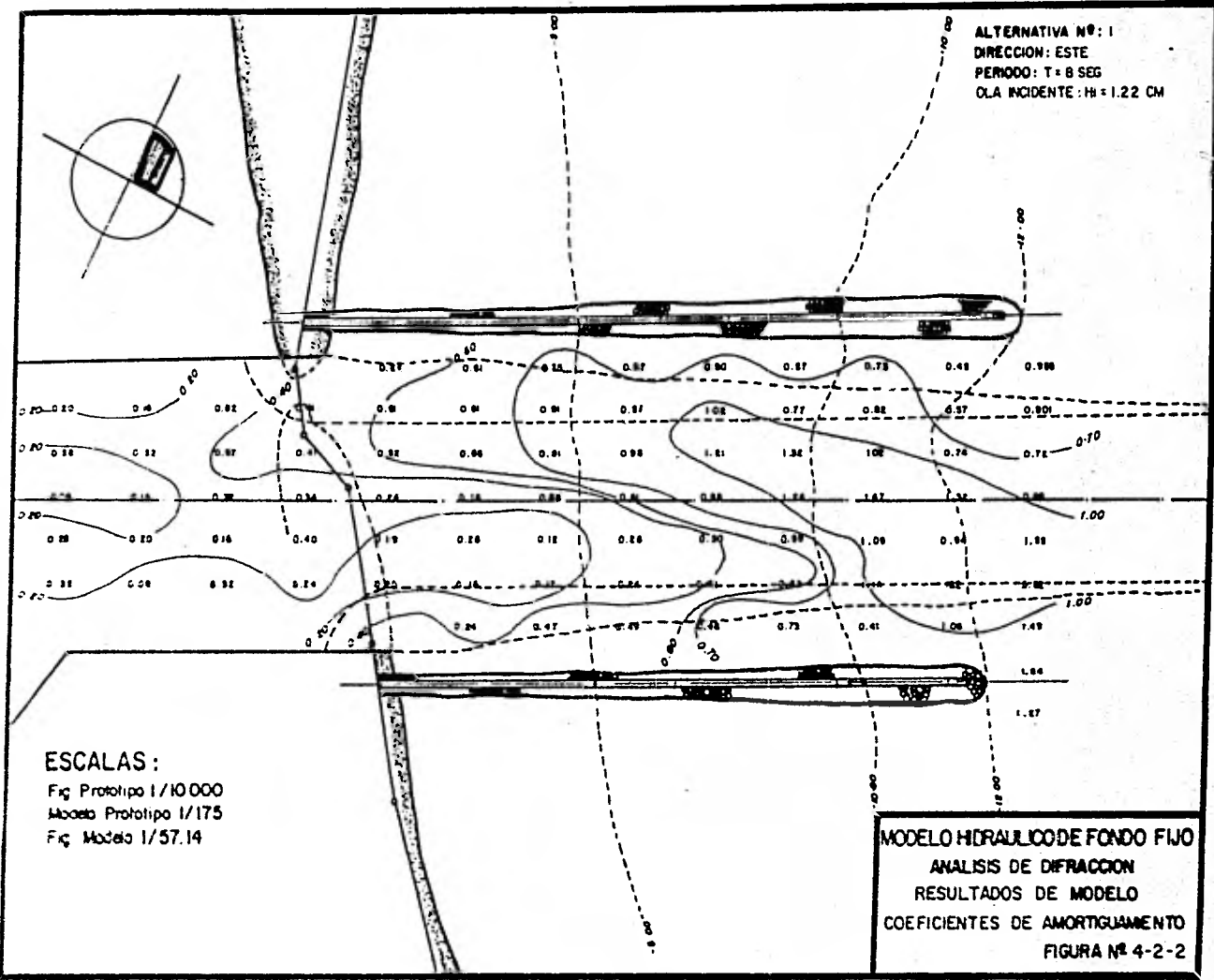




ALTERNATIVA Nº: 1
 DIRECCION: NOROESTE
 PERIODO: T=8 SEG.
 OLA INCIDENTE: H1=1.58 CM

ESCALAS :
 Fig Prototipo 1/10000
 Modelo Prototipo 1/175
 Fig Modelo 1/57.14

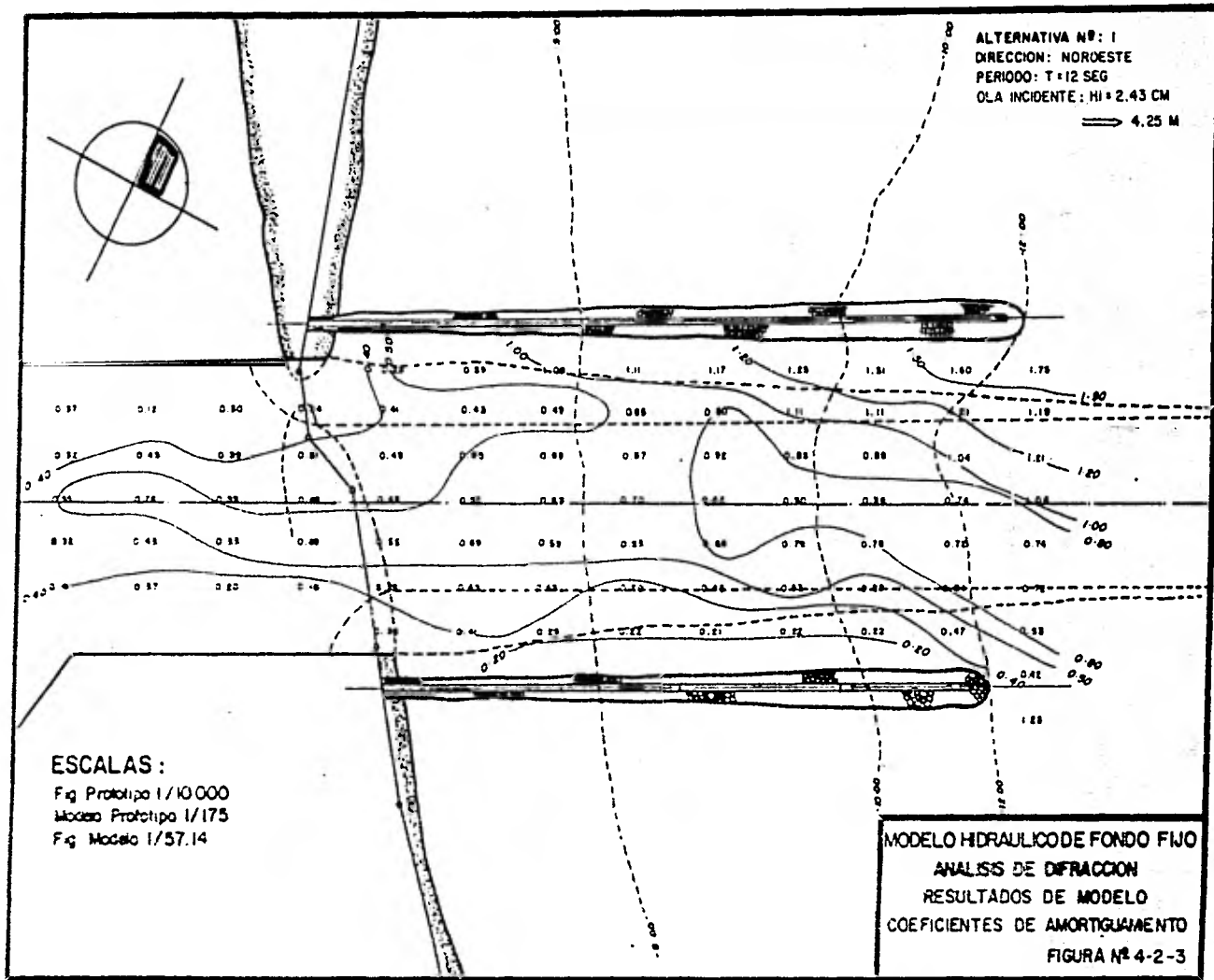
MODELO HIDRAULICO DE FONDO FIJO
 ANALISIS DE DIFRACCION
 RESULTADOS DE MODELO
 COEFICIENTES DE AMORTIGUAMIENTO
 FIGURA Nº 4-2-1

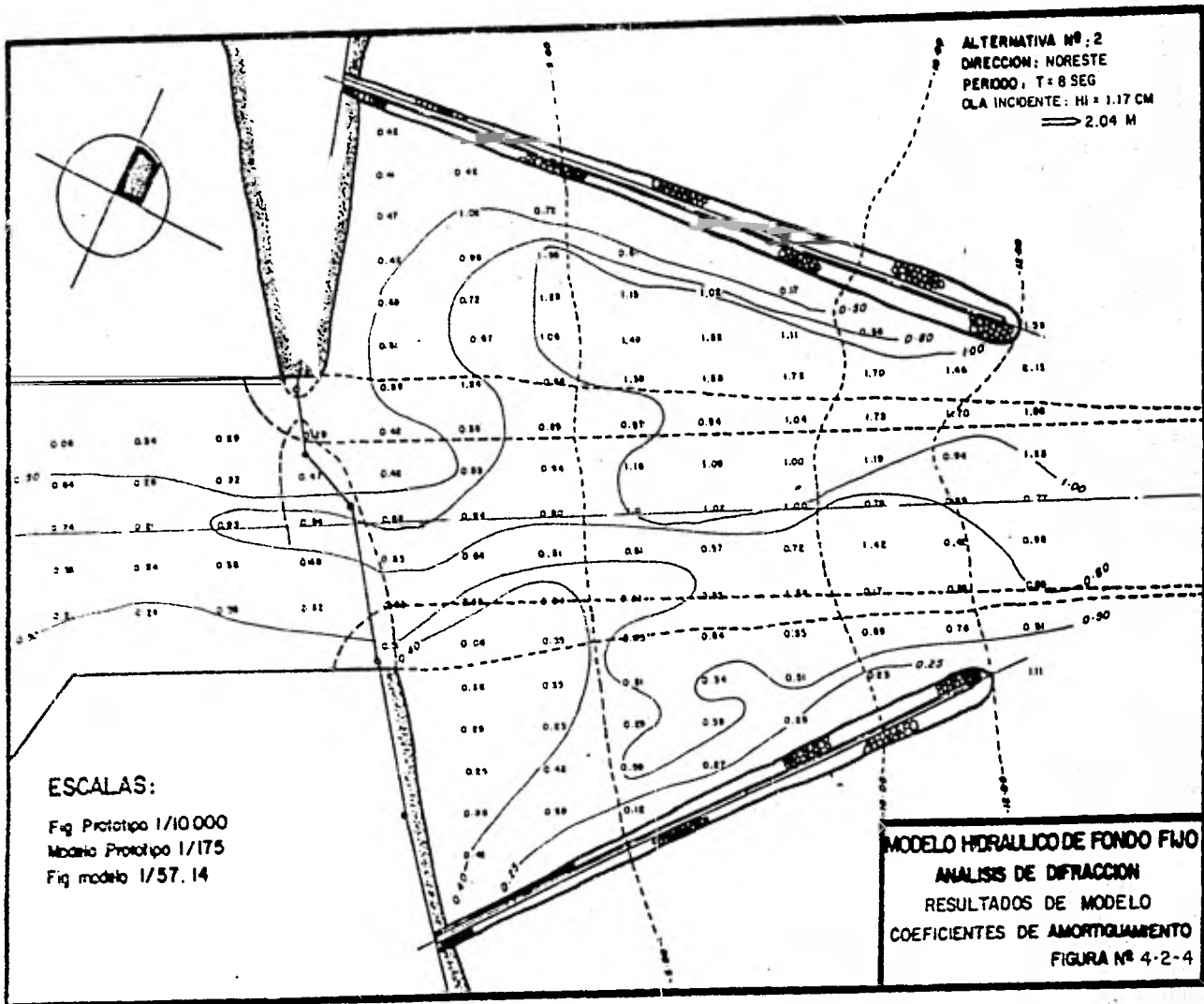


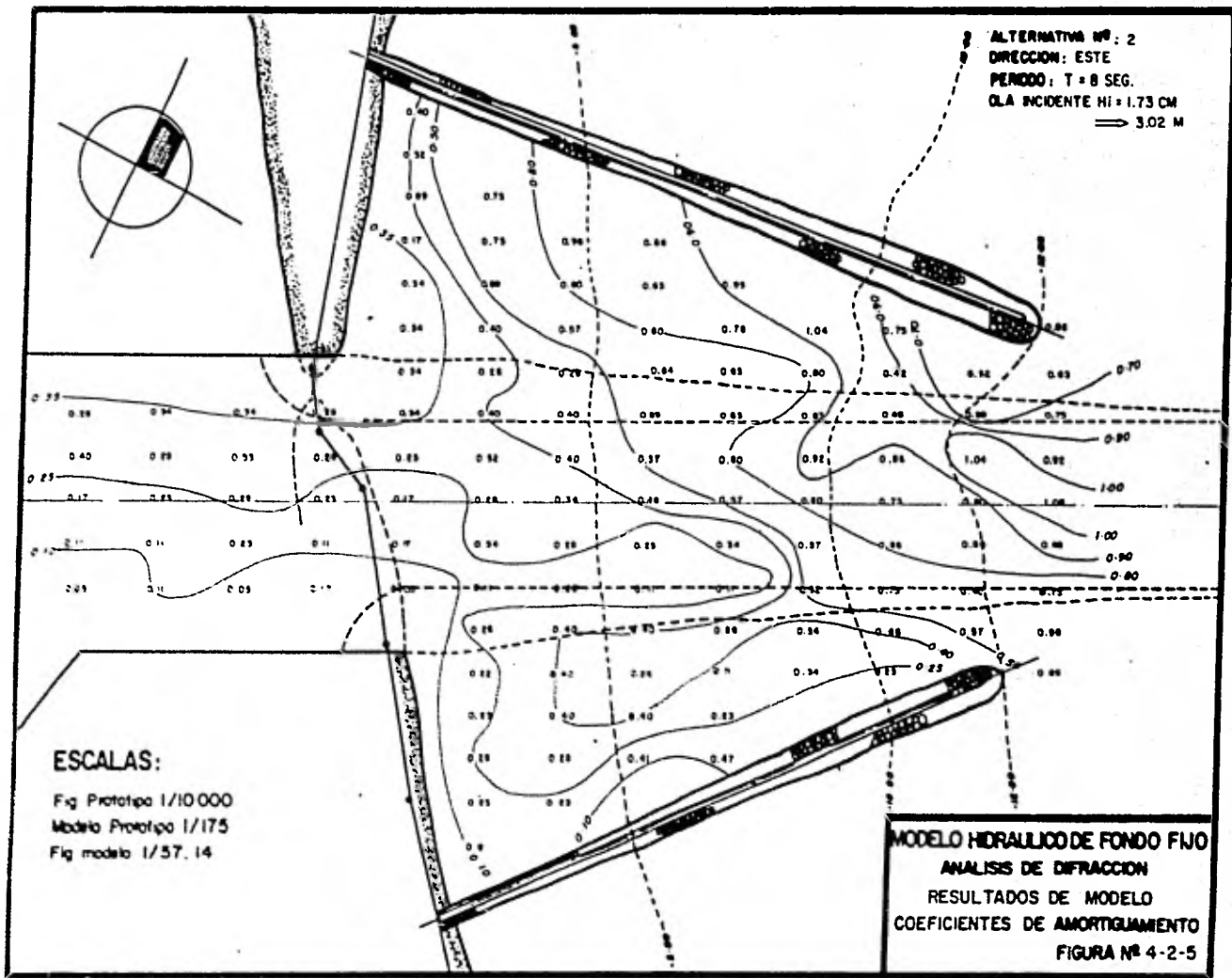
ALTERNATIVA Nº: 1
 DIRECCION: ESTE
 PERIODO: T = 8 SEG
 OLA INCIDENTE: H = 1.22 CM

ESCALAS:
 Fig Prototipo 1/10000
 Maqueta Prototipo 1/175
 Fig Modelo 1/57.14

MODELO HIDRAULICO DE FONDO FIJO
 ANALISIS DE DIFRACCION
 RESULTADOS DE MODELO
 COEFICIENTES DE AMORTIGUAMIENTO
 FIGURA Nº 4-2-2



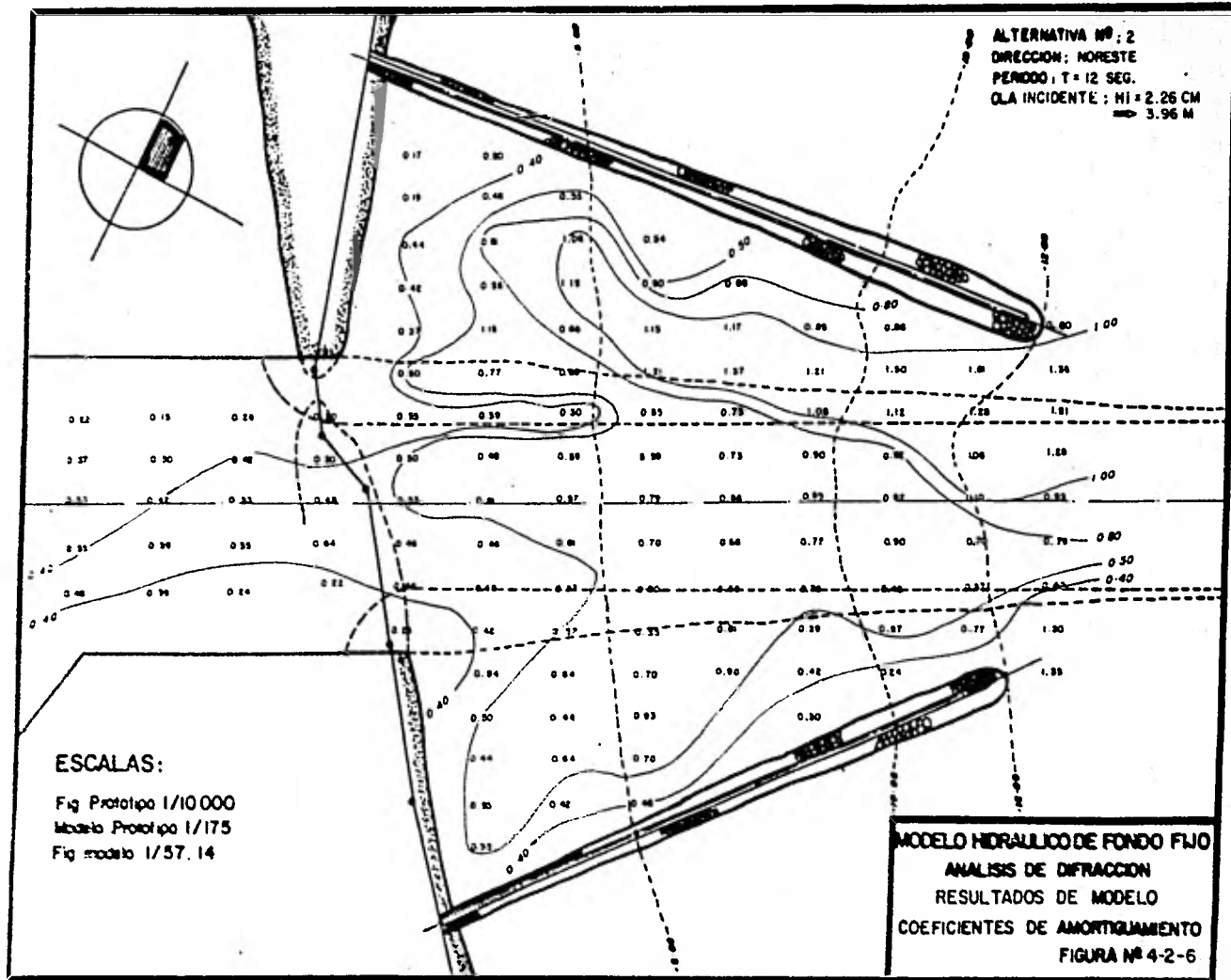


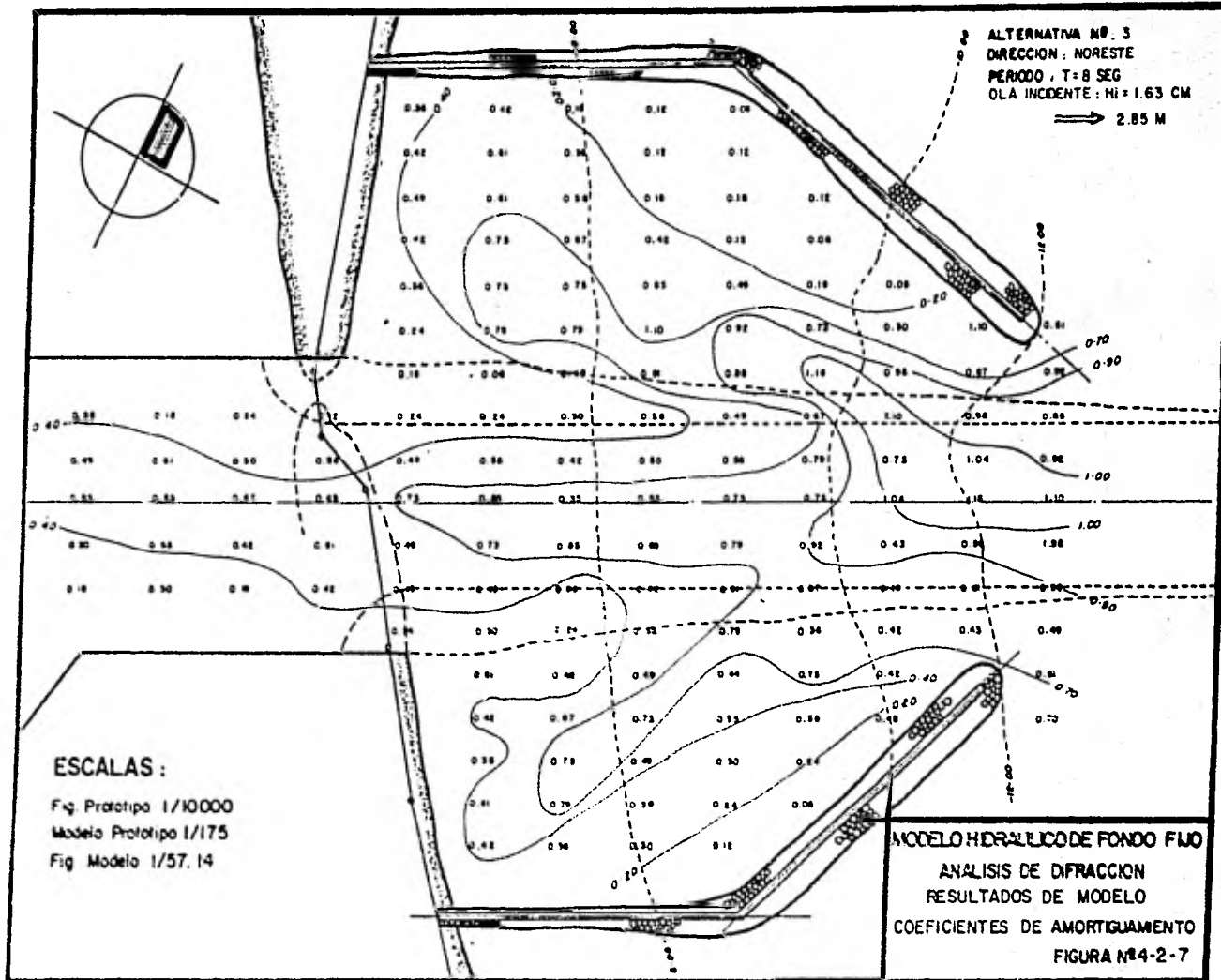


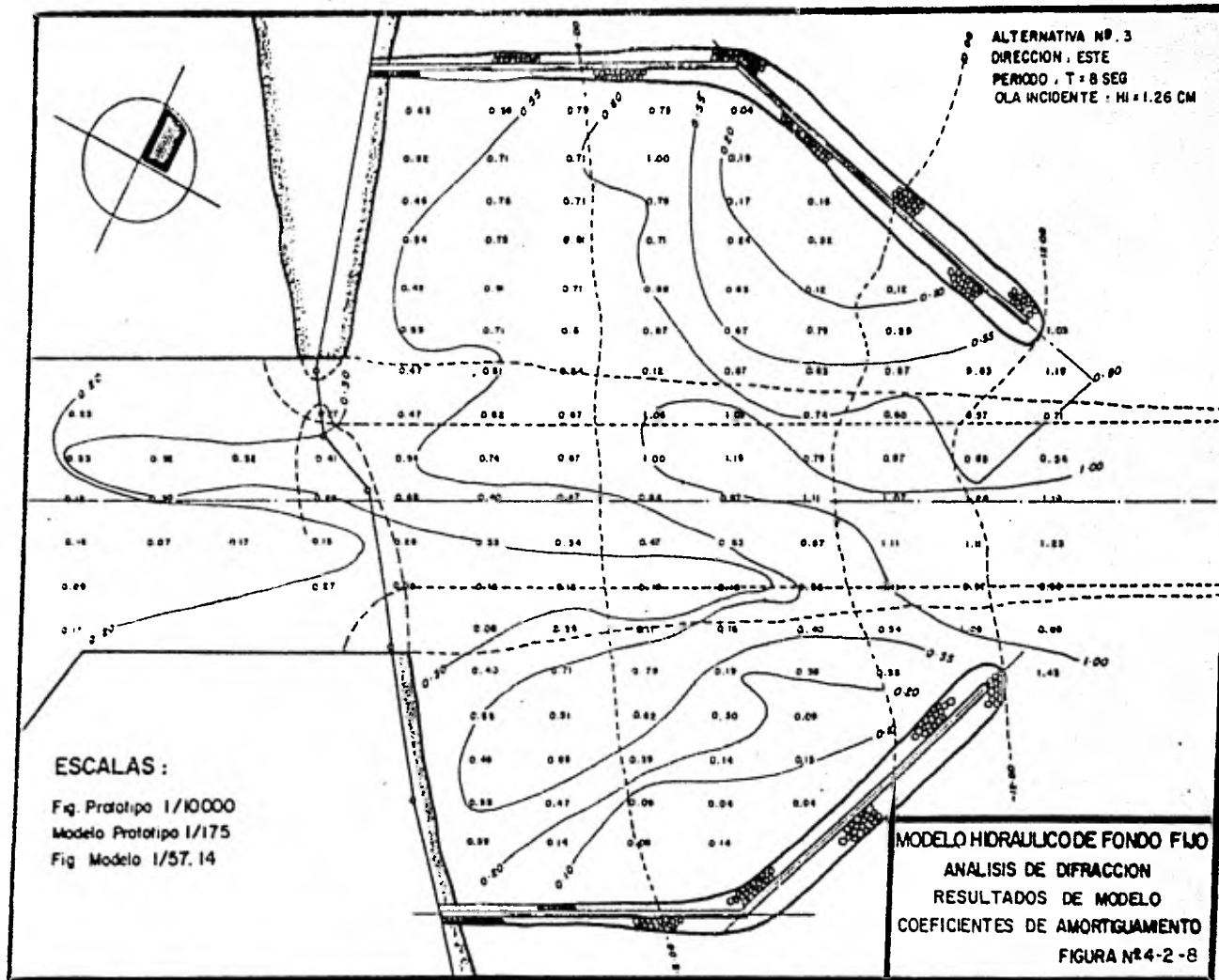
ALTERNATIVA Nº: 2
 DIRECCION: ESTE
 PERIODO: T = 8 SEG.
 OLA INCIDENTE HI = 1.73 CM
 ⇒ 3.02 M

ESCALAS:
 Fig Prototipo 1/10 000
 Modelo Prototipo 1/175
 Fig modelo 1/57.14

MODELO HIDRAULICO DE FONDO FIJO
ANALISIS DE DIFRACCION
RESULTADOS DE MODELO
COEFICIENTES DE AMORTIGUAMIENTO
FIGURA Nº 4-2-5



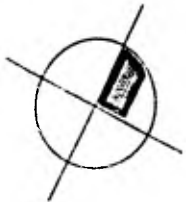




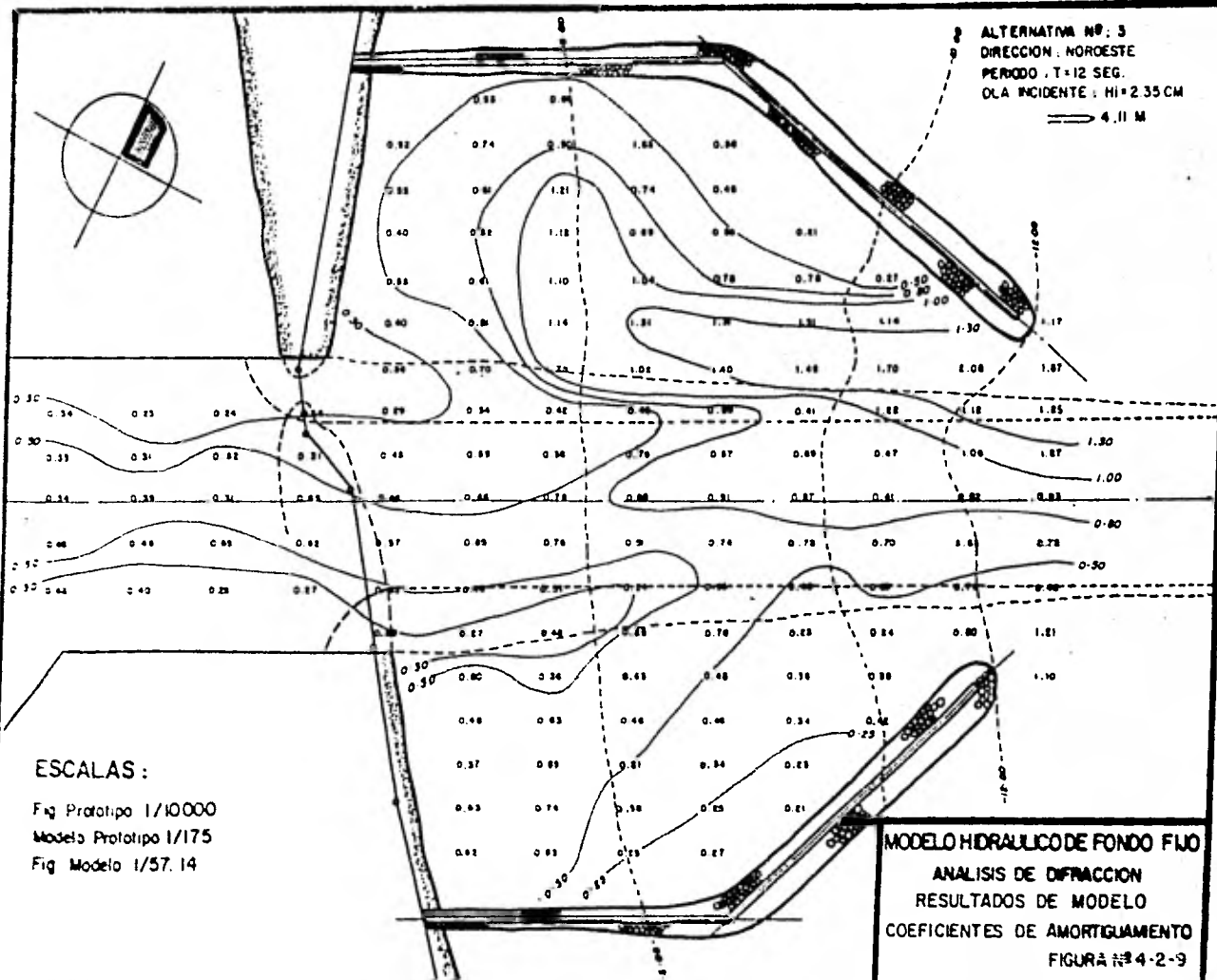
ALTERNATIVA Nº. 3
 DIRECCION: ESTE
 PERIODO, T = 8 SEG
 OLA INCIDENTE: H1 = 1.26 CM

ESCALAS :
 Fig. Prototipo 1/10000
 Modelo Prototipo 1/175
 Fig Modelo 1/57.14

MODELO HIDRAULICO DE FONDO FIJO
 ANALISIS DE DIFRACCION
 RESULTADOS DE MODELO
 COEFICIENTES DE AMORTIGUAMIENTO
 FIGURA Nº 4-2 -8



ALTERNATIVA Nº: 3
DIRECCION: NOROESTE
PERIODO: T=12 SEG.
OLA INCIDENTE: HI=2.35 CM
⇒ 4.11 M



ESCALAS:

Fig Prototipo 1/10000
Modelo Prototipo 1/175
Fig Modelo 1/57.14

MODELO HIDRAULICO DE FONDO FIJO
ANALISIS DE DIFRACCION
RESULTADOS DE MODELO
COEFICIENTES DE AMORTIGUAMIENTO
FIGURA Nº 4-2-9

REFERENCIAS.

- 1.- U.S. Army Coastal Engineering Research Center, Shore Protection Manual, Vol. I, 1977.
- 2.- Bustamante Ahumada Roberto, Ingeniería Marítima Ediciones Temas Marítimos S. de R. L. 1976.
- 3.- Vergara Sánchez Miguel Angel. Modelos Hidráulicos Marítimos. -- Centro de Educación Continua. Facultad de Ingeniería. U.N.A.M.- 1979.
- 4.- U.S. Navy Hydrographic Office, 1963. Atlas of Sea and Swell -- Charts Northeaster Pacific Ocean.
- 5.- Yllescas Torres Javier, Manual de Hidráulica Marítima, Primera - Parte, Mecánica del Movimiento de las olas Secretaría de Comu nicaciones y Transportes, Dirección General de Obras Marítimas, 1979.