

# PAGINACION VARIA

16  
2eje.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
"ARAGON"

"ESTUDIO DE AGITACION EN MODELO FISICO  
DE PUERTO MADERO, CHIS."

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO CIVIL  
P R E S E N T A  
RODOLFO GOMEZ DIAZ



MEXICO, D. F.

1984

TESIS CON  
FALTA DE ORIGEN



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO

Ing. JOSE PAULO NEJORADA MOTA  
Jefe de Carrera de Ingeniería Civil  
P r e s e n t e .

En atención a su solicitud de fecha 10. de abril de año -  
en curso, por la que se comunica que el alumno RODOLFO GO  
NEZ DIAZ, de la carrera de INGENIERO CIVIL, ha concluido  
su trabajo de investigación intitulado "ESTUDIO DE AGIAC  
CION EN MODELO FISICO DE PUERTO MADERO, CHIS.", y como el  
mismo ha sido revisado y aprobado por usted, se autoriza  
su impresión, así como la iniciación de los trámites co  
rrespondientes para la celebración del Examen Profesional.

Sin otro particular, le reitero las seguridades de mi --  
atenta consideración.

ATENTAMENTE  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
San Juan de Aragón, Edo. de Mex., abril 22 de 1992  
EL JEFE DE LA UNIDAD

  
Lic. ALBERTO BARRERA ROSAS

c c p Ing. Manuel Martínez Ortiz, Jefe del Departamento  
de Servicios Escolares.  
c c p Ing. José Higuera Montoya Rodríguez, Asesor de Tesis.  
c c p Interesado.

AIR/vr

EN MEMORIA DE MI PADRE JOSE LUIS GOMEZ PRADO  
Y DE MIS HERMANOS LUIS ALBERTO Y JUAN CARLOS  
DESCANSEN EN PAZ.

AGRADECIMIENTOS.

A CIRA DIAZ FUENTES.

POR TU APOYO DESINTERESADO Y TU EJEMPLO EN EL CUAL HE  
FORJADO LOS PRINCIPIOS DE MI VIDA.

GRACIAS MAMA.

A MIS HERMANOS.

POR LOS ANIMOS BRINDADOS HACIA MI.

GRACIAS ESPERANZA, MARTHA, JOSE, Y CLAUDIA

A MI ESPOSA.

POR TU APOYO SINCERO Y POR TU AMOR QUE ES EL  
PRINCIPAL MOTOR QUE ME IMPULSA PARA SER MEJOR.

GRACIAS ROSALINDA

A MI DIRECTOR DE TESIS.  
ING. JOSE MIGUEL MONYOYA RODRIGUEZ

POR COMPARTIR CONMIGO SUS CONOCIMIENTOS Y POR  
DEDICAR PARTE DE SU TIEMPO PARA LA ELABORACION  
DE ESTE TRABAJO.

A MIS PROFESORES Y AMIGOS.

ING. JOSE PAULO MEJORADA MOTA  
ING. GILBERTO GARCIASANTAMARIA GONZALEZ  
ING. JOSE MARIO AVALOS HERNANDEZ  
ING. PASCUAL GARCIA CUEVAS  
GRACIAS POR SU ENSEÑANZA Y SU AMISTAD.

A TODOS AQUELLOS QUE A LO LARGO DE MI CARRERA INFLUYERON  
EN MI VIDA Y DESARROLLO PROFESIONAL.

A MIS COMPANEROS DE TRABAJO POR COMPARTIR SUS  
EXPERIENCIAS CONMIGO .

A MI ESCUELA Y MI PATRIA. GRACIAS.

**TESIS  
PROFESIONAL**

**ESTUDIO DE  
AGITACION EN  
MODELO FISICO  
DE PUERTO  
MADERO CHIS.**

## INDICE

	pag.
RESUMEN.....	3
CAPITULO 1. INTRODUCCION.....	7
1.1 ESTUDIOS DE AGITACION.....	8
OBJETIVOS	
CAPITULO 2. CONDICIONES FISICAS.....	10
2.1 MAREAS.....	10
2.2 OLEAJE.....	10
2.3 CORRIENTES.....	11
2.4 VIENTOS.....	12
2.5 GEOMETRÍA Y BATIMETRIA.....	12
CAPITULO 3. PROYECTO Y CONSTRUCCION.....	14
DEL MODELO FISICO.	
3.1 SELECCION DE LA ESCALA.....	14
FISICA.	
3.2 SELECCION DE LA ESCALA.....	15
DE FLUJO.	
3.4 CONSTRUCCION DEL MODELO FISICO.....	21
CAPITULO 4 INSTRUMENTACION Y DESARROLLO.....	25
EXPERIMENTAL.	
4.1 EQUIPO DE GENERACION.....	25
DE OLEAJE.	
4.2 EQUIPO DE MEDICION.....	25
DE OLEAJE.	
4.3 EQUIPO DE MEDICION.....	26
DE CORRIENTES.	
4.4 OPERACION DEL MODELO.....	29
FISICO.	

	pag.
4.5 CALIBRACION.....	29
4.6 ENSAYOS REALIZADOS.....	31
4.7 PROGRAMA DE ENSAYOS.....	33
4.8 PROCEDIMIENTO PARA.....	35
LA MEDICION.	
4.9 ENSAYOS DE AGITACION.....	36
A) CONDICIONES ACTUALES	
a.- DIRECCION SUR	
b.- DIRECCION SUROESTE	
B) CONDICIONES MODIFICADAS	
(DRAGADO SENO ORIENTE).	
a.- DIRECCION SUR	
b.- DIRECCION SUROESTE	
C) CONDICIONES MODIFICADAS	
(RELLENO SENO ORIENTE).	
4.10 ENSAYOS CUALITATIVOS.....	51
DE MOVIMIENTO DE MATERIAL.	
A) CONDICIONES ACTUALES	
B) CONDICIONES MODIFICADAS	
C) VELOCIDADES MAXIMAS	
DE CORTE SOBRE EL FONDO.	
CAPITULO 5 SOLUCIONES PROPUESTAS.....	56
5.1 DRAGADO SENO ORIENTE.....	56
5.2 ESPIGON INTERIOR.....	56
5.3 DISEÑO DEL ESPIGON INTERIOR.....	56
CAPITULO 6.CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	66
REFERENCIAS.....	75

## RESUMEN

Actualmente la escollera Oriente de Puerto Madero, Chis. ha alcanzado su vida útil, por lo que el material retenido por dicha escollera empieza a pasar frente a la misma, agravando el problema de azolve que ha existido en el interior del puerto.

Para encontrar alguna solución al problema anterior, se construyó un modelo hidráulico a escala 1:120 para estudiar la agitación provocada por el oleaje en el interior del puerto y las tendencias del movimiento del material playero que entra por su acceso.

En el modelo hidráulico se reprodujeron las direcciones de oleaje S y SW, con periodos de 10, 12, 14 y 16 seg. y alturas de 2.0 a 5.0 m. (en prototipo) realizando ocho ensayos con las condiciones actuales del puerto y diez ensayos con las alternativas propuestas para tratar de controlar el problema de azolve, las cuales consisten en : a)Dragar el seno de la escollera Oriente hasta la profundidad de -8.00 m., b)Construir un espigón curvo en lugar del espigón de bolsacreto y c)Dragar el canal de acceso a la dársena de pesca a una profundidad de -8.00 m con un ancho de plantilla de 80.00 m.

Para las condiciones actuales del puerto se obtuvieron en las zonas que a continuación se indican, los siguientes coeficientes de agitación:

- a) Inicio del canal de acceso 1.0.
- b) Sitio de los senos de 0.15 a 0.40
- c) Entrada a las dársenas de 0.09 a 0.14.

Los coeficientes anteriores son promedios tanto para la dirección sur como suroeste.

Para la alternativa consistente en dragar el seno oriente del puerto, se obtuvieron los siguientes coeficientes de agitación:

- a) Inicio del canal de acceso de 1.03 a 1.11
- b) Sitio de los senos de 0.23 a 0.62
- c) Entrada a las dárcenas de 0.18 a 0.44.

Como puede observarse, los coeficientes se incrementaron con respecto a los obtenidos para las condiciones actuales.

En las observaciones de la tendencia de movimiento del material en el interior del puerto, se utilizaron materiales de diferente peso y densidad como aserrín, café y baquelita, colocados convenientemente en el modelo.

De las pruebas realizadas con los materiales anteriores, se observó que los granos de café daban la mejor respuesta al movimiento provocado por el oleaje. De éstas observaciones se concluyó lo siguiente: El movimiento de material se desplazó uniformemente hasta llegar aproximadamente al morro de la escollera poniente, depositandose dicho material en el centro del canal de acceso, junto al arranque de las escolleras y frente a los senos de las mismas.

Los resultados de las observaciones anteriores se pueden corroborar con los cálculos teóricos realizados para conocer la velocidad cortante y crítica, en donde se encontró que las velocidades superiores a la crítica de 1.4 cm/seg. se encuentran desde el inicio del canal de acceso y hasta 300 m después del morro de la escollera Poniente, provocando con esto, que el material se mueva hacia el interior del puerto y depositandose al disminuir el valor de la velocidad crítica.

Los detalles de los estudios realizados son motivo del presente trabajo, donde se podrá encontrar los procedimientos de análisis y cálculos de las obras propuestas para minimizar el problema de azolve en Puerto Madero, Chis.

1950

... ..

... ..

... ..

**CAPITULO I**

... ..

## 1. INTRODUCCION

Puerto Madero se localiza en la parte Sur del estado de Chiapas en el litoral del océano Pacífico, su situación geográfica está definida por  $14^{\circ}42'09''$  de Latitud Norte y  $92^{\circ}25'06''$  de Longitud Oeste (Fig. 1.1).

Desde su construcción, dicho puerto ha presentado problemas de azolve debido a la gran cantidad de material que se mueve a lo largo de la costa Oriente en el sentido Este-Oeste.

Debido a lo anterior, en la actualidad, la playa Oriente ha avanzado hacia el mar, llegando hasta el extremo de la escollera Este, lo que ha provocado que el material empiece a pasar por el extremo de la misma y se acumule en el interior del canal de navegación, provocando en algunas épocas el cierre de la entrada a la dársena Oriente de dicho puerto.

Con el objeto de encontrar alguna solución al problema anterior, se decidió realizar los estudios experimentales correspondientes en un Modelo Hidráulico.

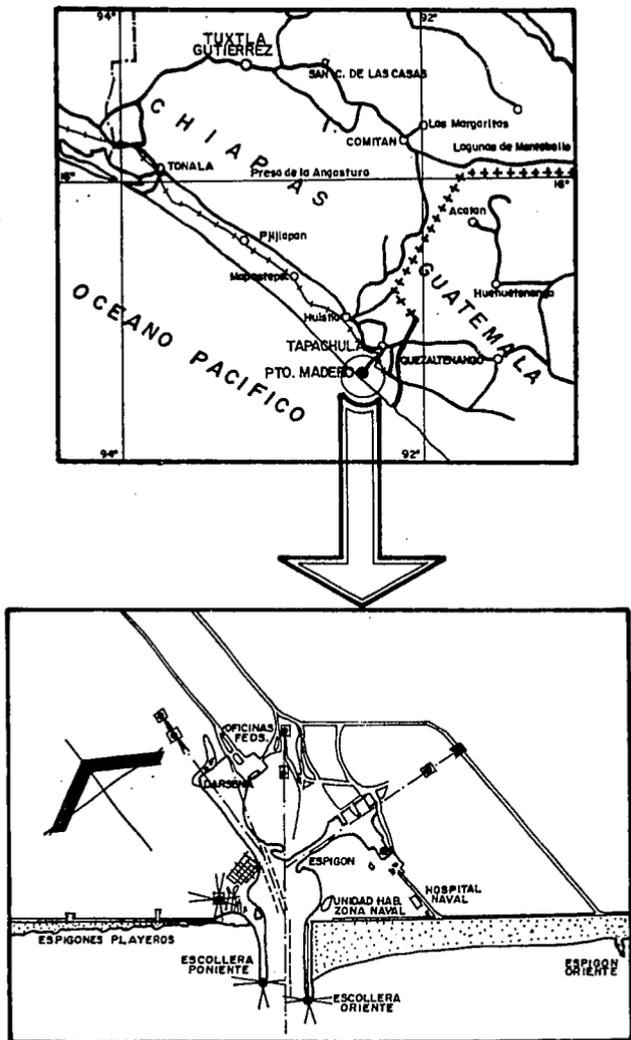


Fig. 1.1.-Localización de Puerto Madero, Chis.

## 1.1 ESTUDIOS DE AGITACION.

### OBJETIVOS

Con la finalidad de encontrar alguna solución al problema de azolvamiento del canal de acceso principal y del canal de acceso a la zona de pesca, el presente estudio basado en un modelo hidráulico tiene como objetivos fundamentales :

- a) Medir las alturas del oleaje en el interior del puerto provocadas por oleajes incidentes de las direcciones Sur y Suroeste para las condiciones actuales del puerto y con las modificaciones propuestas en el interior del mismo.
- b) Ver la influencia de las obras interiores propuestas en cuanto a la penetración del oleaje.
- c) Observar en forma cualitativa, la tendencia del movimiento del material en la zona entre escolleras y frente a la zona de los senos formados en el arranque de las mismas.

## CAPITULO II

## 2.- CONDICIONES FISICAS

Para entender el comportamiento de todo fenómeno marítimo, es necesario conocer las condiciones oceanográficas y meteorológicas más importantes de la zona en estudio, tales como las mareas, el oleaje, las corrientes y el viento. Para la zona en cuestión a continuación se resumen las condiciones físicas más importantes.

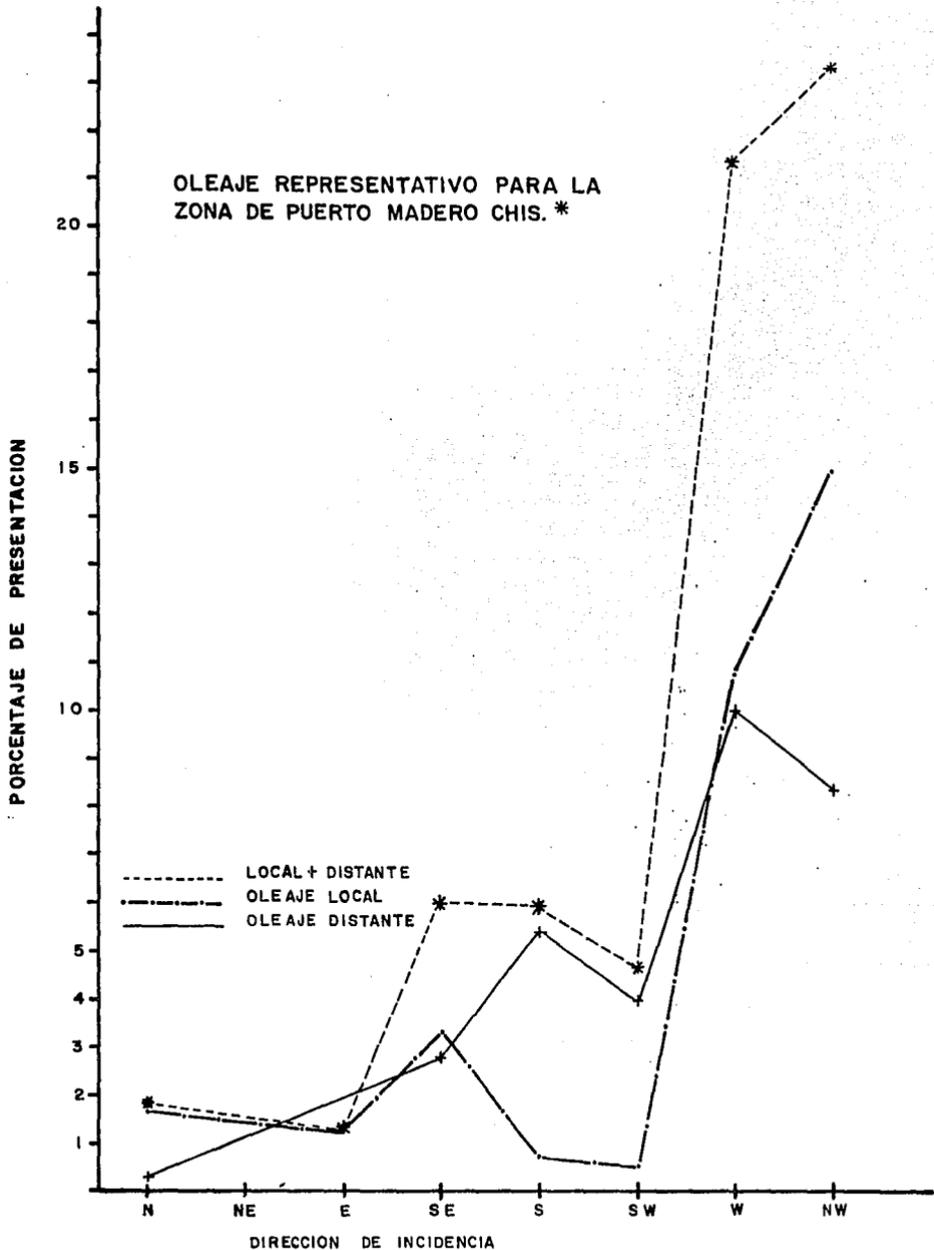
### 2.1 MAREAS

En cuanto a las características de la marea astronómica, ésta es del tipo Mixta Semidiurna, con los siguientes niveles significativos : <sup>(1)</sup>

Pleamar máxima registrada	1.311 m
Nivel de pleamar media superior	0.775 m
Nivel de pleamar media	0.662 m
Nivel medio del mar	0.000 m
Nivel de media marea	-0.002 m
Nivel de bajamar media	-0.655 m
Nivel de bajamar media inferior	-0.693 m
Bajamar mínima registrada	-1.096 m

### 2.2 OLEAJE

Con el fin de conocer las características del oleaje en la costa del estado de Chiapas, se realizó un análisis estadístico del mismo basado en datos obtenidos de las cartas del Sea and Swell. <sup>(2)</sup>



**FIG.- 2.1**

**PORCENTAJE DE ACCION DEL OLAJE POR DIRECCION**

\* FUENTE: SEA AND SWELL CHARTS ZONA 8

El resumen de la información obtenida se representa en la fig 2.1, en la cual se consignan las características anuales del oleaje local, distante y la suma de ellos. De dicha gráfica puede concluirse que los oleajes con mayor frecuencia en la zona provienen de las siguientes direcciones:

DIRECCION	% DE OCURRENCIA ANUAL	
	OLEAJE LOCAL	OLEAJE DISTANTE
SE	3.40	2.2
S	0.65	5.4
W	10.60	10.0
NW	14.90	8.3

Por otro lado, de una serie de observaciones visuales del oleaje realizadas durante el año de 1985, se puede mencionar que las direcciones del oleaje que se presentan con mayor frecuencia son la Sur y la Surcoeste, con períodos de 12, 14 y 16 segundos y alturas de 2 a 2.50 m. <sup>(3)</sup>

### 2.3 CORRIENTES

En cuanto a las corrientes en la zona de estudio, estas presentan velocidades de 10 a 20 <sup>cm</sup>/<sup>seg</sup> con dirección de Oeste a Este y de 50 a 75 <sup>cm</sup>/<sup>seg</sup> con dirección de Este a Oeste. <sup>(4)</sup>

## 2.4 VIENTOS

Las características de los vientos que se presentan en las cercanías de Puerto Madero (5) se indican en períodos trimestral y anual mediante los diagramas de Lenz de las figs 2.2 a 2.6 y mediante las tablas 2.1 a 2.5 . Dicha información permite definir los vientos reinantes (gráficas de frecuencias, "n").

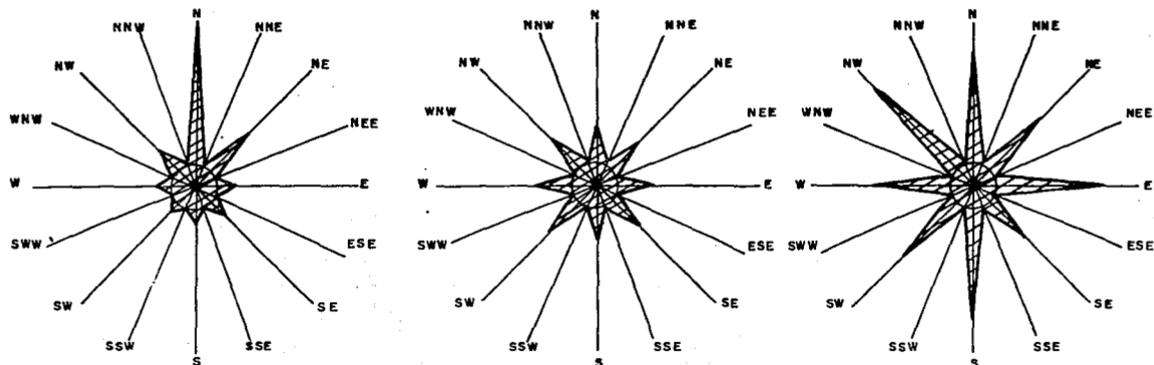
En cuanto a los vientos dominantes, estos se indican mediante las gráficas de velocidad máxima cuadrática, " $V^2$  máx".

## 2.5 GEOMETRIA Y BATIMETRIA

En cuanto a la geometría y condiciones batimétricas del puerto consideradas para la construcción del modelo, se tomó como base lo encontrado en las campañas de medición realizadas en Puerto Madero Chiapas.

Cabe mencionar que la batimetría de la zona exterior se representó en el modelo hasta la curva batimétrica -9.5 m. La longitud y orientación de las obras se representaron en el modelo de acuerdo a lo encontrado en las campañas de medición realizadas en dicho puerto.

## TRIMESTRE ENE - FEB - MAR



n (FRECUENCIA %)

nv (FRECUENCIA x v.media)

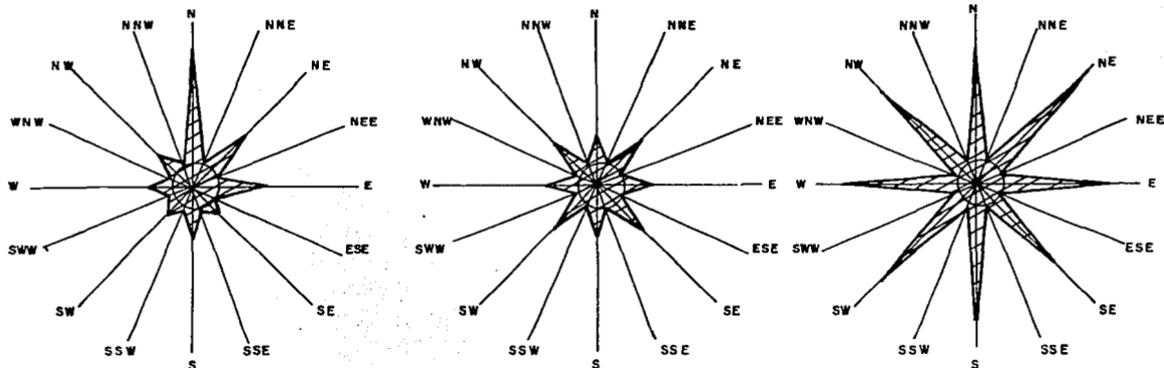
$V_{max}^2$  (Velocidad maxima)

FIG. 2.2. - DIAGRAMAS DE LENZ

	N	NNE	NE	NNE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	SWW	W	WNW	NW	NNW
n	49.72	0.0	16.08	0.0	5.73	0.0	6.84	0.0	4.8	0.0	3.33	0.0	4.62	0.0	8.87	0.0
nv	3.37	0.0	3.64	0.0	3.58	0.0	3.42	0.0	3.09	0.0	4.22	0.0	3.99	0.0	3.93	0.0
$V_{max}$	3.0	0.0	2.45	0.0	3.0	0.0	2.00	0.0	3.0	0.0	2.45	0.0	2.45	0.0	3.0	0.0
$V_{max}^2$	9.0	0.0	6.0	0.0	9.0	0.0	4.00	0.0	9.00	0.0	6.0	0.0	6.0	0.0	9.00	0.0

TABLA 2.1 RESUMEN TRIMESTRAL DE LAS CARACTERISTICAS DEL VIENTO PARA LA ZONA DE PUERTO MADERO, CHIS.

### TRIMESTRE - ABR - MAY - JUN



n(FRECUENCIA %)

nv(FRECUENCIA , x.v. media)

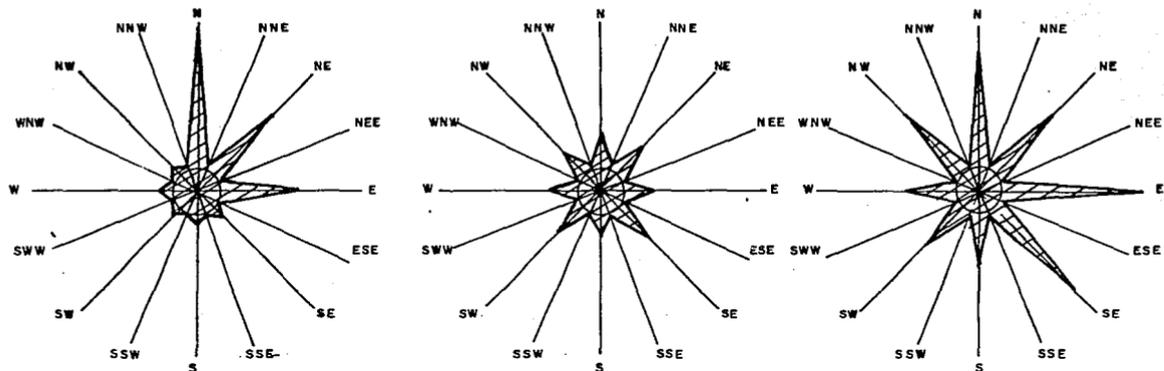
$V_{max}^2$ (Velocidad máxima)

FIG. 2.3 DIAGRAMAS DE LENZ

	N	NNE	NE	NEE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	SWW	W	WNW	NW	NNW
n	38.28	0.0	15.20	0.0	14.65	0.0	3.85	0.0	7.88	0.0	4.21	0.0	6.96	0.0	7.14	0.0
nv	3.07	0.0	3.84	0.0	2.90	0.0	3.82	0.0	2.80	0.0	4.07	0.0	3.22	0.0	4.00	0.0
$V_{max}$	3.0	0.0	3.46	0.0	3.0	0.0	2.65	0.0	3.0	0.0	3.0	0.0	3.0	0.0	3.0	0.0
$V_{max}^2$	9.0	0.0	12.0	0.0	9.00	0.0	7.0	0.0	9.0	0.0	9.0	0.0	9.0	0.0	9.0	0.0

TABLA 2.2 RESUMEN TRIMESTRAL DE LAS CARACTERISTICAS DEL VIENTO

### TRIMESTRE - JUL.-AGO-SEP



$n$ (FRECUENCIA, %)

$nV$ (FRECUENCIA,  $\times V$ .MEDIA)

$V_{max}^2$ (velocidad. maxima)

FIG. 2.4 DIAGRAMAS DE LENZ

	N	NNE	NE	NEE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	SWW	W	WNW	NW	NNW
$n$	39.86	0.0	22.83	0.0	23.55	0.0	3.80	0.0	2.17	0.0	1.09	0.0	3.26	0.0	1.63	0.0
$nV$	2.82	0.0	3.63	0.0	2.79	0.0	4.26	0.0	2.20	0.0	3.10	0.0	2.35	0.0	2.73	0.0
$V_{max}$	3.0	0.0	2.65	0.0	3.46	0.0	3.0	0.0	2.0	0.0	2.0	0.0	2.0	0.0	2.45	0.0
$V_{max}^2$	9.0	0.0	7.0	0.0	12.0	0.0	9.0	0.0	4.0	0.0	4.0	0.0	4.0	0.0	6.0	0.0

TABLA 2.3 RESUMEN TRIMESTRAL DE LAS CARACTERISTICAS DEL VIENTO

TRIMESTRE OCT- NOV- DIC.

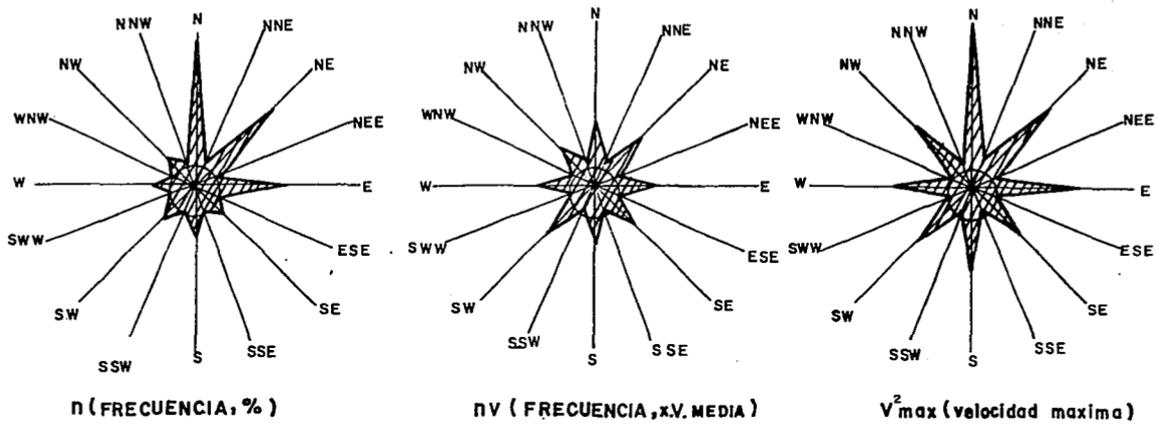


FIG. 2.5 DIAGRAMAS DE LENZ

	N	NNE	NE	NEE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	SWW	W	WNW	NW	NNW
n	37.9	0.0	24.86	0.0	19.20	0.0	3.49	0.0	7.99	0.0	5.08	0.0	5.44	0.0	4.17	0.0
nv	3.44	0.0	4.00	0.0	3.40	0.0	2.85	0.0	2.85	0.0	4.64	0.0	3.48	0.0	2.68	0.0
Vmax	3.74	0.0	3.0	0.0	3.0	0.0	2.0	0.0	2.45	0.0	2.45	0.0	2.45	0.0	2.45	0.0
V <sup>2</sup> max	14.0	0.0	9.0	0.0	9.0	0.0	4.0	0.0	6.0	0.0	6.0	0.0	6.0	0.0	6.0	0.0

TABLA,2.4 RESUMEN TRIMESTRAL DE LAS CARACTERISTICAS DEL VIENTO

## ANUAL

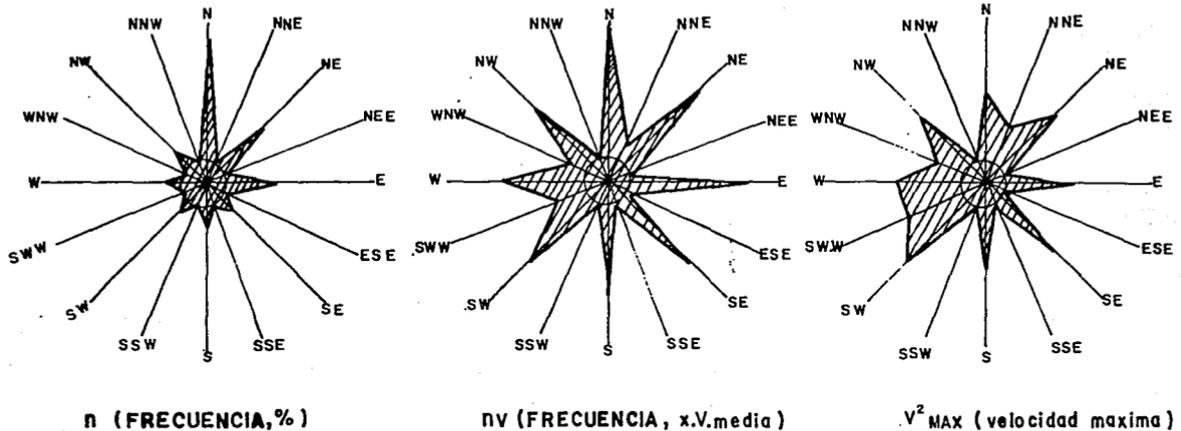


FIG.2-6 - DIAGRAMAS DE LENZ.

	N	NNE	NE	NEE	E	ESE	SE	SES	SSE	S	SSW	SW	SWW	W	WNW	NW	NNW
$n$	41.24	0.05	19.85	0.0	13.70	0.0	4.45	0.0	5.67	0.0	3.45	0.05	5.04	0.09	5.72	0.0	
$nv$	14.00	2.00	12.00	0.0	12.00	0.0	9.00	0.0	9.00	0.0	9.00	3.00	9.00	2.00	9.00	0.0	
$V_{max}$	1.78	1.41	1.95	0.0	1.73	0.0	1.89	0.0	1.88	0.0	2.05	1.73	1.82	1.22	1.90	0.0	
$V_{max}^2$	3.18	2.00	3.80	0.0	3.00	0.0	3.58	0.0	2.82	0.0	4.22	3.00	3.32	1.50	3.61	0.0	

TABLA 2.5 RESUMEN ANUAL DE LAS CARACTERISTICAS DEL VIENTO

**CAPITULO III**

### 3.- PROYECTO DEL MODELO FISICO

#### 3.1 SELECCION DE LA ESCALA FISICA

Tomando como base el área disponible en el Laboratorio y el área a representar del prototipo, el valor de la escala de líneas quedó determinado de acuerdo con la siguiente relación:

$$L_e = \left[ \frac{A_p}{A_m} \right]^{1/2} \quad (2.1)$$

donde:

$L_e$ : Es la escala de líneas

$A_p$ : Es el área por representar del prototipo

$A_m$ : Es el área disponible en el Laboratorio.

Al sustituir en la ecuación (2.1) los valores del área por representar y el área disponible resultó:

Area por representar	(3'885,840) m <sup>2</sup>
Area disponible	270.00 m <sup>2</sup>

$$L_e = \left[ \frac{3'885,840.0}{270.0} \right]^{1/2} = 119.97$$

De esta manera la escala de líneas con que se construyó el modelo fue de 1:120.

### 3.2 SELECCION DE LA ESCALA DEL FLUJO

Dado que las ondas a reproducir son gravitacionales, la Ley de Similitud a utilizar será la de Froude. Esta Ley de Similitud establece que los números de Froude en prototipo y en modelo deben ser iguales.

Tomando en cuenta que el número de Froude se define como :

$$F^2 = \frac{v^2}{gL} \quad (2.2)$$

donde:

V: Es la velocidad del flujo

g: La aceleración de la gravedad

L: La longitud característica.

Para que exista similitud entre modelo y prototipo la condición que deberá cumplirse es:

$$F_m^2 = F_p^2 \quad (2.3)$$

donde los subíndices m y p significan modelo y prototipo, respectivamente.

Sustituyendo (2.2) en (2.3) se obtiene:

$$\frac{v_m^2}{g_m L_m} = \frac{v_p^2}{g_p L_p} \quad (2.4)$$

Dado que la aceleración de la gravedad  $g$  es la misma tanto en modelo como en prototipo, la ecuación (2.4) cambia a :

$$\frac{v_m^2}{L_m} = \frac{v_p^2}{L_p} \quad (2.5)$$

o bien:

$$\frac{v_p}{v_m} = \left( \frac{L_p}{L_m} \right)^{1/2} \quad (2.6)$$

La ecuación 2.6 indica que la escala de velocidades debe ser igual a la raíz cuadrada de la escala de líneas.

En ensayos de agitación es necesario mantener la similitud de los fenómenos de refracción y difracción.

#### (a) SIMILITUD DE REFRACCION

El ángulo de refracción según la Ley de Snell se expresa como sigue:

$$\frac{\text{SEN}\beta}{\text{SEN}\beta_o} = \frac{C}{C_o} \quad (2.7)$$

donde:

- $\beta$  : Angulo de oleaje refractado
- $\beta_o$  : Angulo de oleaje incidente
- $C$  : Celeridad de oleaje refractado
- $C_o$  : Celeridad de oleaje incidente

Para satisfacer la similitud de la refracción es necesario que:

$$\frac{\text{SEN } \beta_p / \text{sen } \beta_{op}}{\text{SEN } \beta_m / \text{sen } \beta_{om}} = \frac{C_p / C_{op}}{C_m / C_{om}} \quad (2.8)$$

Para lo que  $\text{SEN } \beta / \text{sen } \beta_o$  deberá ser igual en el modelo como en prototipo quedando:

$$\frac{C_p}{C_{op}} = \frac{C_m}{C_{om}} \quad (2.9)$$

Por otro lado la longitud de oleaje se expresa como sigue:

$$L = \frac{g}{2\pi} T^2 \tanh \frac{2\pi}{L} h = L_o \text{Tanh } \frac{2\pi}{L} h \quad (2.10)$$

donde:

T: Período del oleaje

h: Profundidad

L: Longitud de oleaje

Por lo que:

$$\frac{L}{L_o} = \tan \frac{2\pi}{L} h \quad (2.11)$$

Si se utiliza la siguiente relación en la ec. 2.9:

$$\frac{L}{L_o} = \frac{C_T}{C_{oT}} = \frac{C}{C_o}$$

entonces:

$$\frac{C}{C_o} = \tanh \frac{2\pi}{L} h \quad (2.12)$$

Sustituyendo la ec. 2.12 en la ec. 2.9:

$$\tanh \frac{2\pi}{L_p} h_p = \tanh \frac{2\pi}{L_m} h_m$$

por lo tanto:

$$\frac{h_p}{L_p} = \frac{h_m}{L_m} \quad (2.13)$$

por lo tanto:

$$\frac{L_m}{L_p} = \frac{h_m}{h_p} \quad (2.14)$$

La ecuación 2.14 indica que la escala de la longitud del oleaje es igual a la escala de profundidades.

Por otro lado la longitud del oleaje en aguas profundas puede expresarse como sigue:

$$L_o = \frac{g}{2\pi} T^2$$

por lo tanto:

$$\frac{L_{om}}{L_{op}} = \frac{g/2\pi T_m^2}{g/2\pi T_p^2} = \frac{T_m^2}{T_p^2} \quad (2.15)$$

Utilizando la ec. 2.14 en esta ecuación:

$$\frac{T_m}{T_p} = \left( \frac{L_{om}}{L_{op}} \right)^{1/2} = \left( \frac{h_m}{h_p} \right)^{1/2} \quad (2.16)$$

La ec. 2.16 indica que la escala de períodos del oleaje debe ser igual a la escala de profundidades.

De esta manera se satisface la similitud de la refracción del oleaje.

#### (b) SIMILITUD DE LA DIFRACCION

Para satisfacer la similitud de la difracción es necesario que la relación de las longitudes del oleaje deben ser iguales en el modelo y en el prototipo.

Es decir:

$$\frac{L_p}{b_p} = \frac{L_m}{b_m}$$
$$\frac{L_m}{L_p} = \frac{b_m}{b_p} \quad (2.17)$$

donde:

L: Longitud del oleaje

b: Longitud horizontal de la configuración

Utilizando la ecuación de la longitud del oleaje se obtiene la siguiente relación:

$$\frac{T_m}{T_p} = \left( \frac{L_{Om}}{L_{Op}} \right)^{1/2} = \left( \frac{L_m}{L_p} \right)^{1/2} \quad (2.18)$$

Sustituyendo la ec. 2.17 en la ec. 2.18 se tiene:

$$\frac{T_m}{T_p} = \left( \frac{b_m}{b_p} \right)^{1/2} \quad (2.19)$$

La ec. 2.19 indica que la escala de períodos del oleaje debe ser igual a la raíz cuadrada de la escala de la longitud horizontal de la configuración.

Considerando lo escrito anteriormente sobre la Ley de Similitud de Refracción y Difracción, y la escala de líneas 1:120 seleccionada previamente, se obtuvieron las siguientes relaciones de escalas:

Escala de líneas horizontales y verticales	$L_e = 120$
Escala de longitudes de ola	$L_e = 120$
Escala de períodos de ola	$T_e = 10.95$
Escala de celeridades de ola	$C_e = 10.95$
Escala de altura de ola	$H_e = 120$

### 3.3 CONSTRUCCION DEL MODELO FISICO

Dicha construcción se realizó en un tanque de 27 x 28 m limpiándose toda el área requerida para el modelo, y delineando posteriormente un sistema coordinado para el trazo y nivelación de las curvas batimétricas, (fotos 1 a 3).

Una vez limpio el modelo se procedió a impermeabilizar los muros y losa del tanque donde se desplantaría la losa para la colocación del batidor. (Fotos 4 y 5).

Concluido el trabajo de impermeabilización se relleno la zona de batimetría y batidores con arena y se comenzó a colocar la cimbra para colar la losa de desplante de batidores en tramos iguales, utilizando un concreto con una resistencia  $f'c = 150 \text{ kg/cm}^2$ . (Fotos 6 a 8).

A la par con la impermeabilización del área para batidores, se construyeron los muros interiores para delimitar el modelo, a base de tabique rojo recocido, castillos de 15 x 15 cm a cada 3 m de separación y una dala de cerramiento de 15 x 20 cm. Terminados estos muros se aplanaron en su cara interior con mortero cemento-arena 1:5 acabado pulido, impermeabilizando la parte interior de losa y muros para evitar posibles filtraciones. (Fotos 9 y 10).

Terminados los trabajos de impermeabilización del tanque, se procedió al relleno del modelo para dar la configuración batimétrica a base de arena de mina compactando perfectamente con agua, en capas de 10 cm de espesor, utilizando pizón de mano y rodillo (fotos 11 a 13).



Foto No. 1 Levantamiento topográfico del  
tanque y limpieza del mismo.

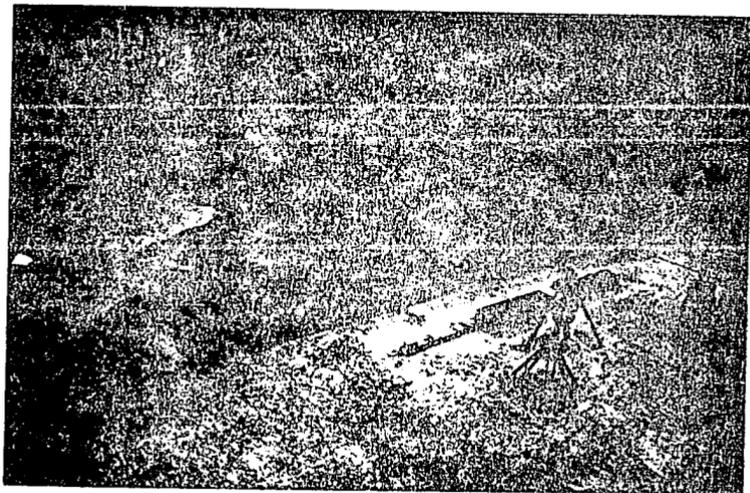


Foto 2 y 3 Trazo del sistema de coordenadas para la configuración batimétrica.



Foto 4 Vista interior del tanque. Impermeabilización de la losa de fondo.

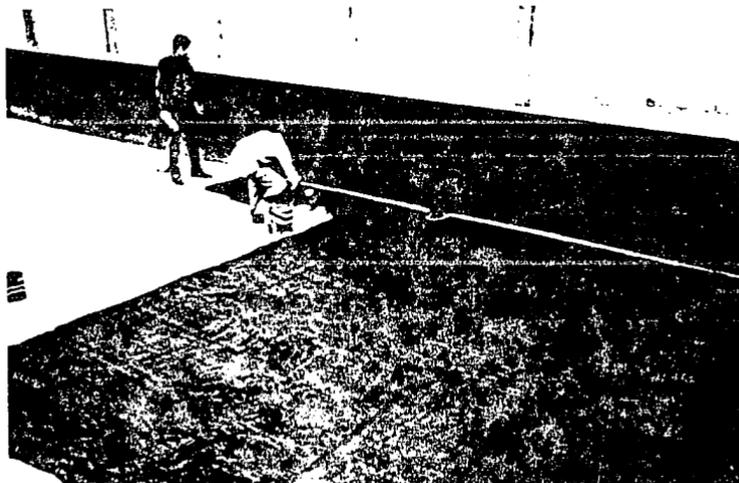
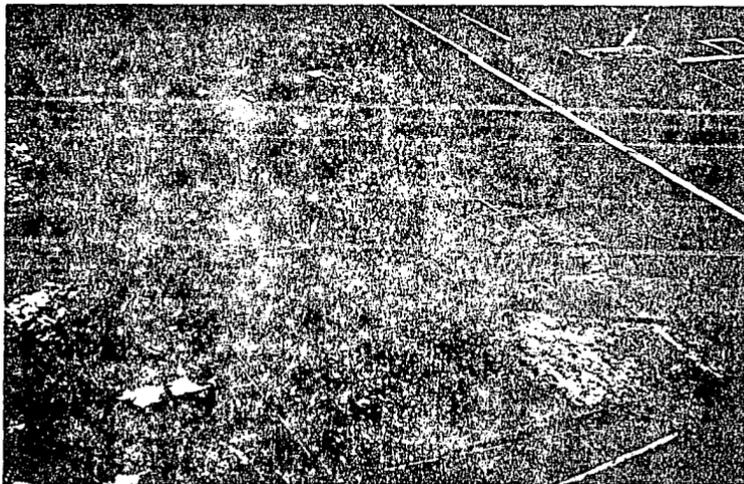


Foto 5 Impermeabilización de la losa y muros.



Fotos 6 y 7 Vista parcial del colado de la losa -  
para ubicación del generador de olas.



Foto 8 Vista final de la losa para colocaci3n  
de batidores.

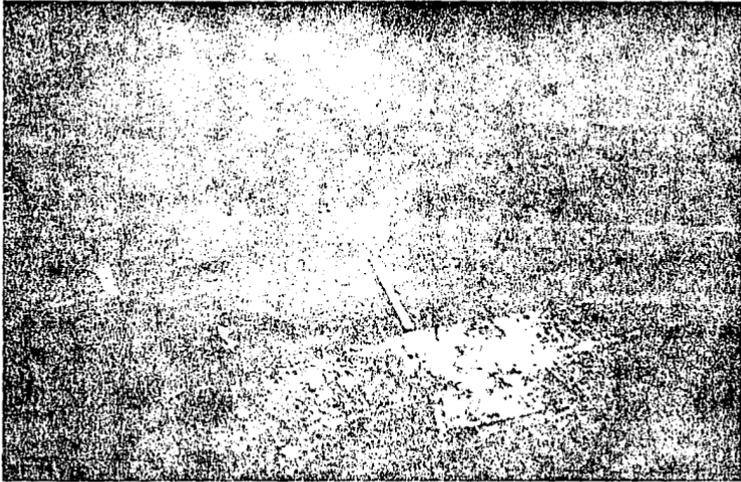


Foto 9 Construcción de muros interiores del modelo

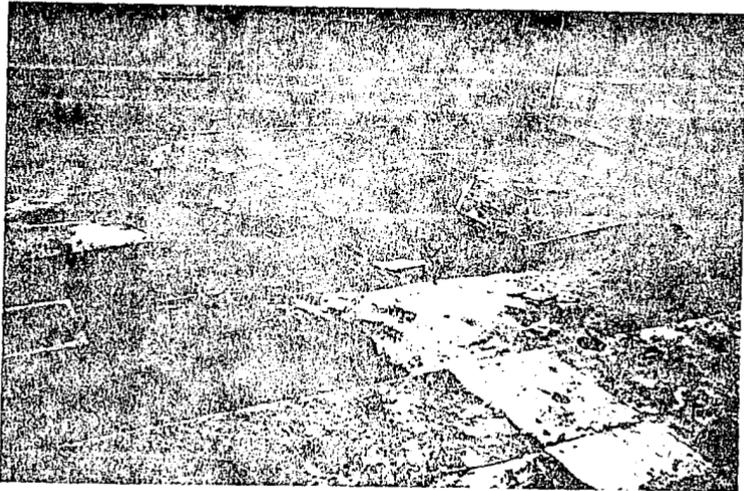
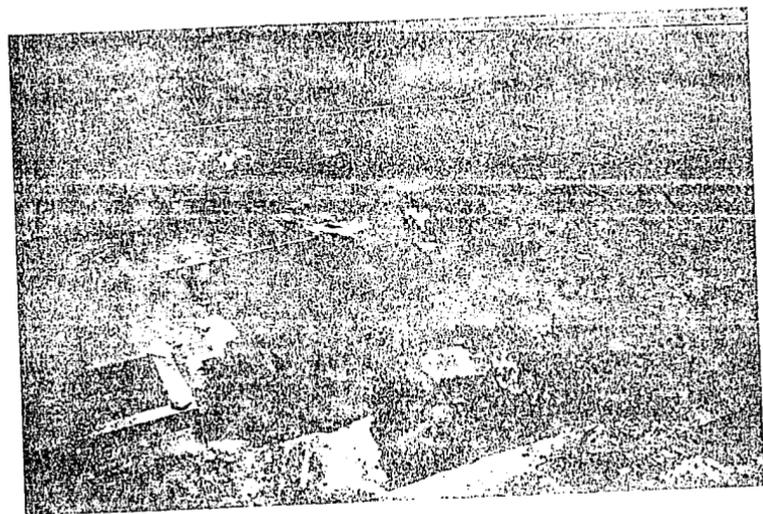
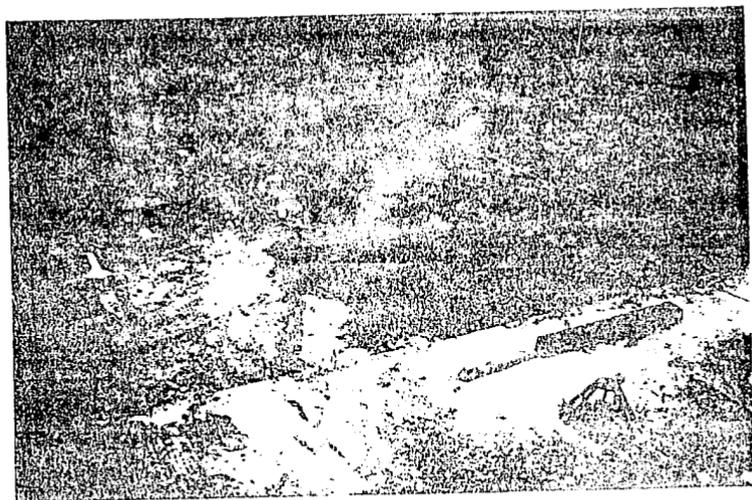


Foto 10 Impermeabilización del tanque.



Fotos 11 y 12 Vistas del relleno del tanque para nivelación de curvas batimétricas.

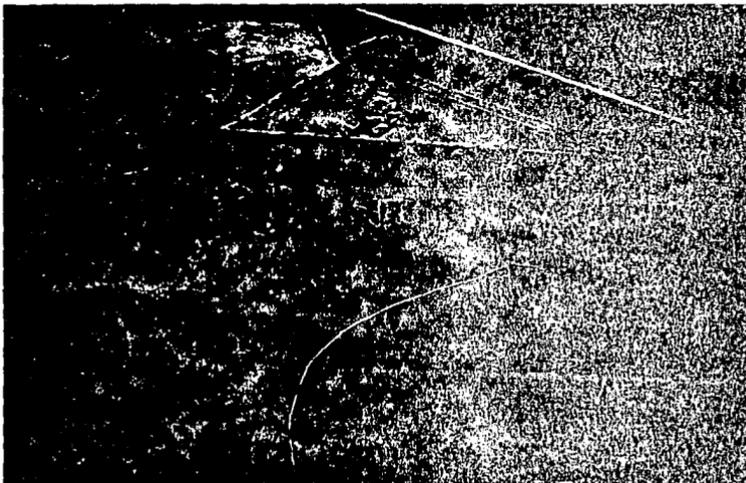


Foto 13 Compactación del relleno con rodillo.

Terminado el trabajo de relleno del modelo, se procedió al trazo y nivelación de las curvas batimétricas, utilizando para ello una cuadrícula trazada previamente en el modelo a base de hilos, a partir de la cual se ubicaron las secciones para configurar el modelo.

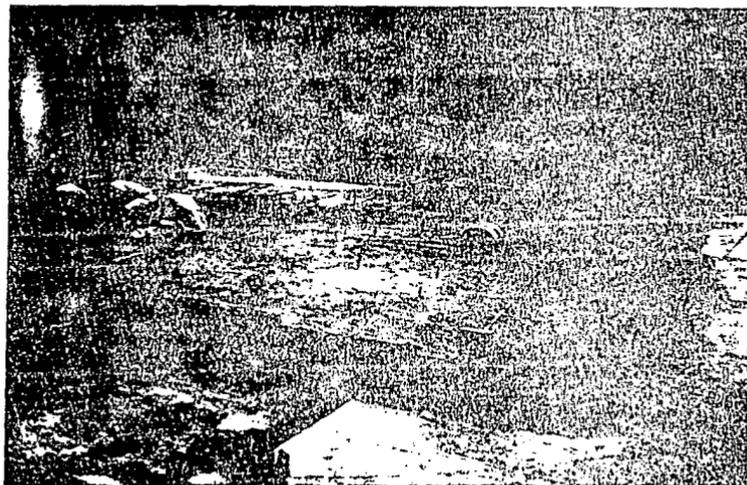
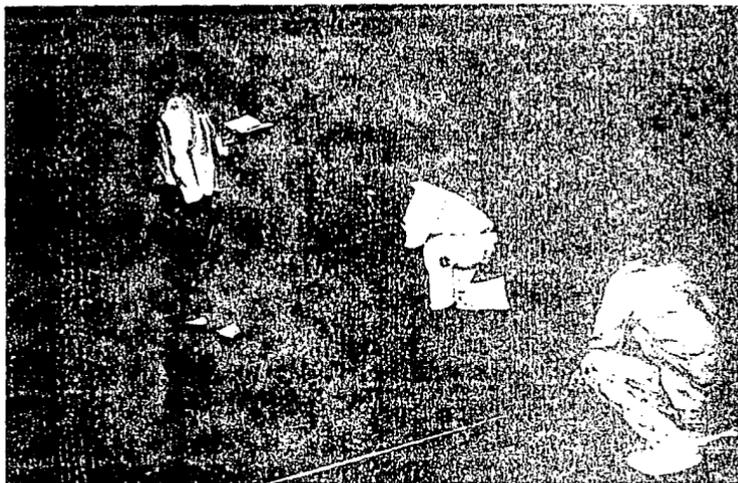
Para el trazo de las secciones en el modelo, se utilizaron tramos de varillas de 3/8" Ø las cuales se colocaron a distancias convenientes de acuerdo a la ubicación de cada curva batimétrica, (fotos 14 y 15).

Una vez colocados los tramos de varillas en cada sección de construcción, se nivelaron las mismas, utilizando para ello un nivel fijo y un estatal (foto 16).

Para la configuración de la batimetría entre escolleras, canales interiores y dársenas, se utilizaron secciones de madera cortadas de acuerdo con la batimetría del sitio, las cuales se colocaron a cada metro de separación (foto 17).

Para el colado final de la configuración batimétrica del modelo, se unieron las varillas niveladas por medio de "cordones" de concreto, los cuales indicaban la profundidad de cada curva, (fotos 18 y 19), quedando finalmente la configuración batimétrica como se muestra en la foto No. 20.

Terminado el trazo y nivelación de la batimetría del frente playero, canal de acceso y dársenas, se procedió al colado de la losa de configuración final, iniciando de las dársenas hacia el mar (fotos 21 a 23).



Fotos 14 y 15 Colocación de tramos de varillas en -  
cada cruce de curvas batimétricas.



Foto 16 Nivelación de las curvas batimétricas.  
Playa Oriente.

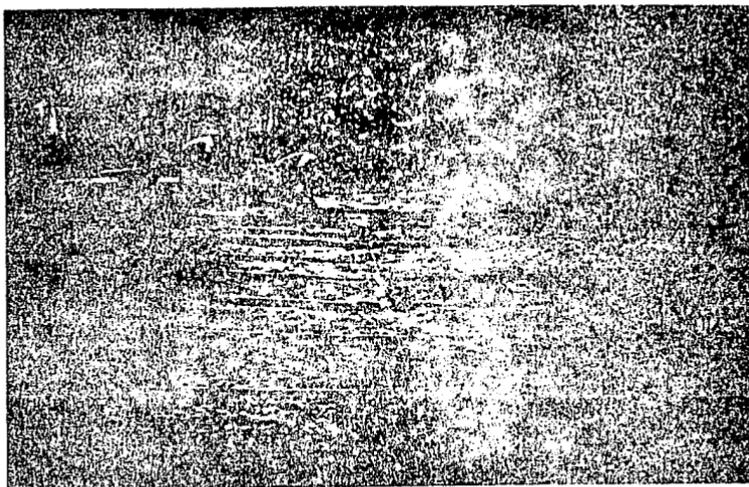


Foto 17 Colocación de secciones de madera en el canal de acceso.

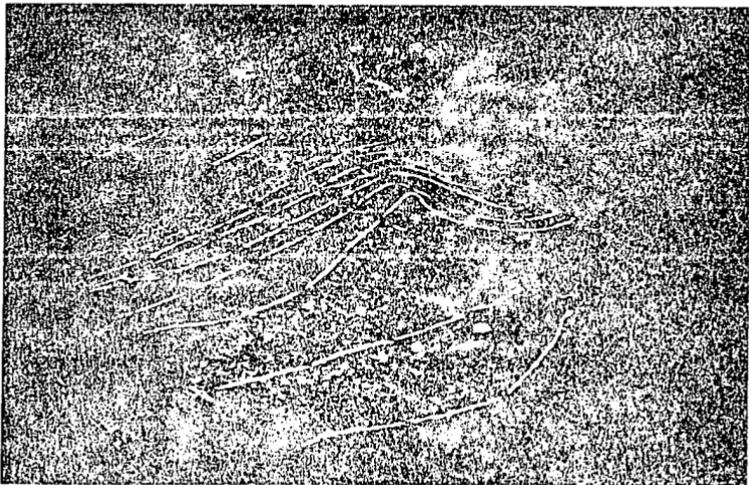


Foto 18 Trazo y colado de "cordones" de concreto en cada curva batimétrica.

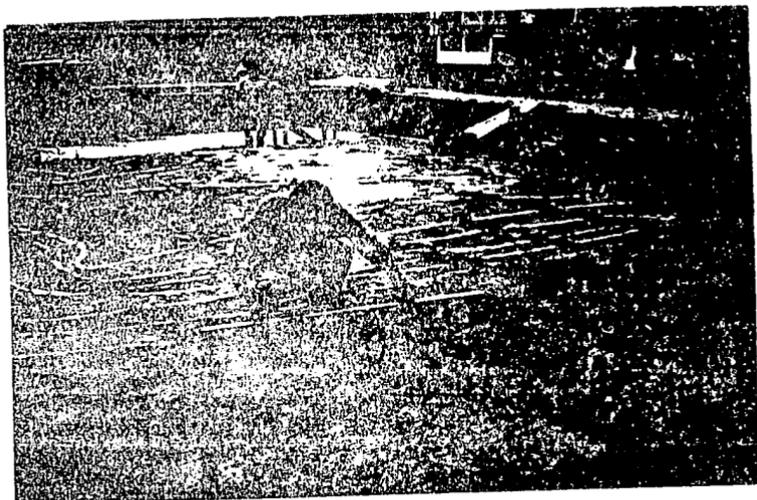


Foto 19 Detalle de colado de las curvas batimétricas. Playa Poniente.

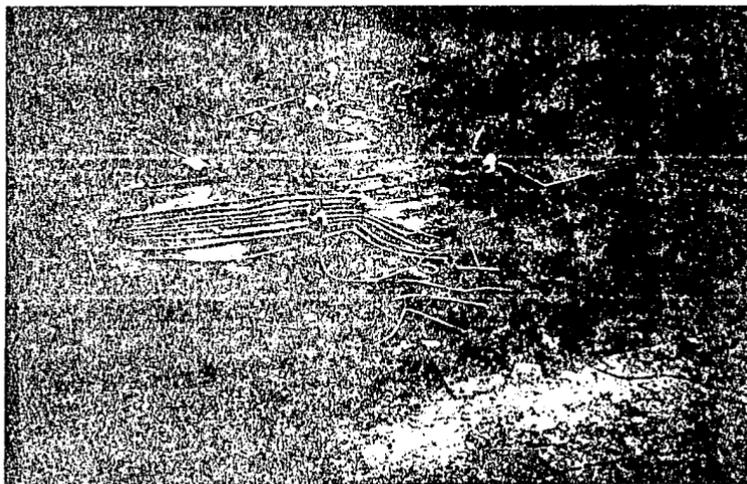
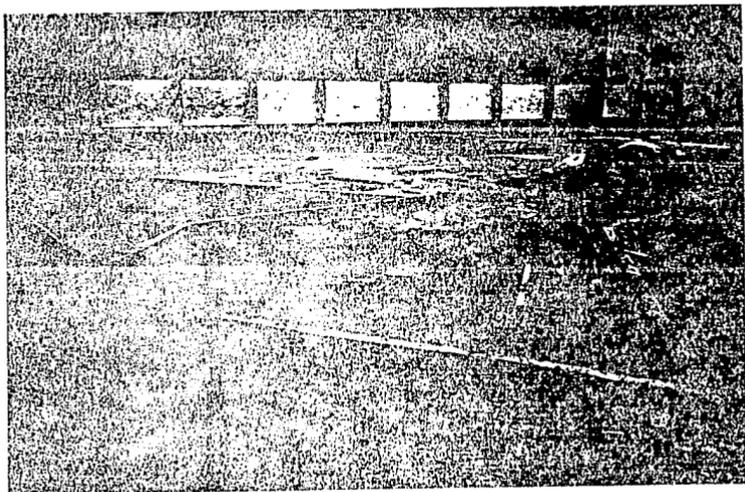
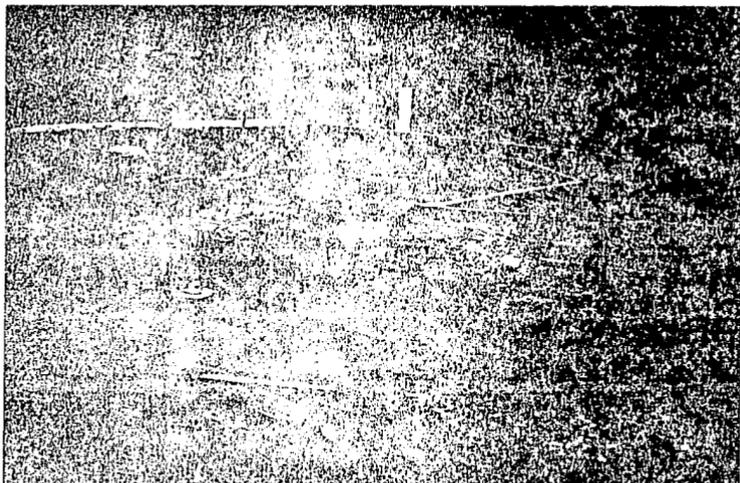


Foto 20 Detalle final de las curvas batimétricas. Playa Poniente.



Fotos 21 y 22 Colado en la zona de darsenas.

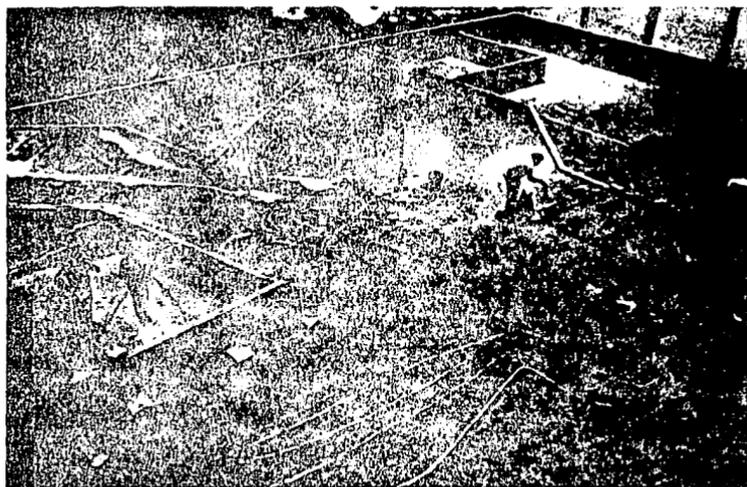


Foto 23 Colado en la zona de mar.



Foto 24 Construcción del talud amortiguador.

Terminada la losa de configuración del modelo se inició la colocación de un talud amortiguador a base de tezontle y malla de alambre en la fosa del batidor para evitar reflexiones, así como la colocación de las escolleras sobre el modelo utilizando grava de aproximadamente 1" de diámetro (foto 24).

Una vez terminada la etapa de construcción del modelo, se procedió a pintar el fondo del mismo y la posición de las curvas batimétricas quedando finalmente el modelo terminado como se muestra en las fotos 25 y 26.

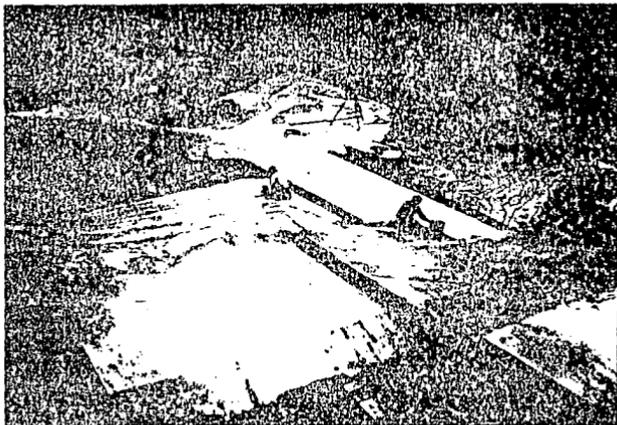


FOTO No. 25 Pintado parcial del fondo del modelo

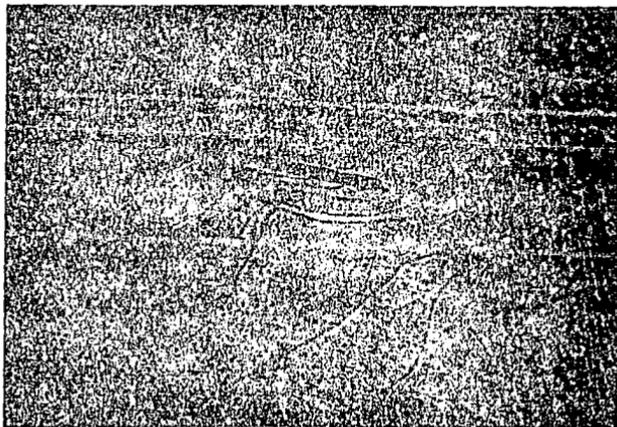


FOTO 26 Vista final del modelo

**CAPITULO IV**

#### 4.- INSTRUMENTACION Y DESARROLLO EXPERIMENTAL

El equipo utilizado para la reproducción y medición de los fenómenos a representar en el modelo fué el que se menciona a continuación:

##### 4.1 EQUIPO DE GENERACION DE OLEAJE

Para la generación del oleaje se utilizó un batidor móvil de paleta rígida de 7.90 m de longitud por 0.68 m de altura, el cual se ancló convenientemente en el modelo para generar inicialmente el oleaje proveniente del Suroeste y posteriormente el oleaje proveniente del Sur.

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 está unido a un sistema de poleas y catarinas que son movidas por un motor eléctrico trifásico, el cual al variar sus revoluciones cambia el período del oleaje, ver fig 2.7.

##### 4.2 EQUIPO DE MEDICION DE OLEAJE

Para la medición del oleaje en el modelo se utilizó un ológrafo, el cual consta de un sensor compuesto de dos electrodos, mismos que son introducidos en el agua cerrando un circuito cuya variación de resistencia es función de la profundidad de inmersión, que es amplificada y registrada mediante un registrador térmico, que cuenta con papel graduado que se mueve con una cierta velocidad, la cual puede ser controlada para variar la longitud de la onda dibujada. (Ver fig 2.8).

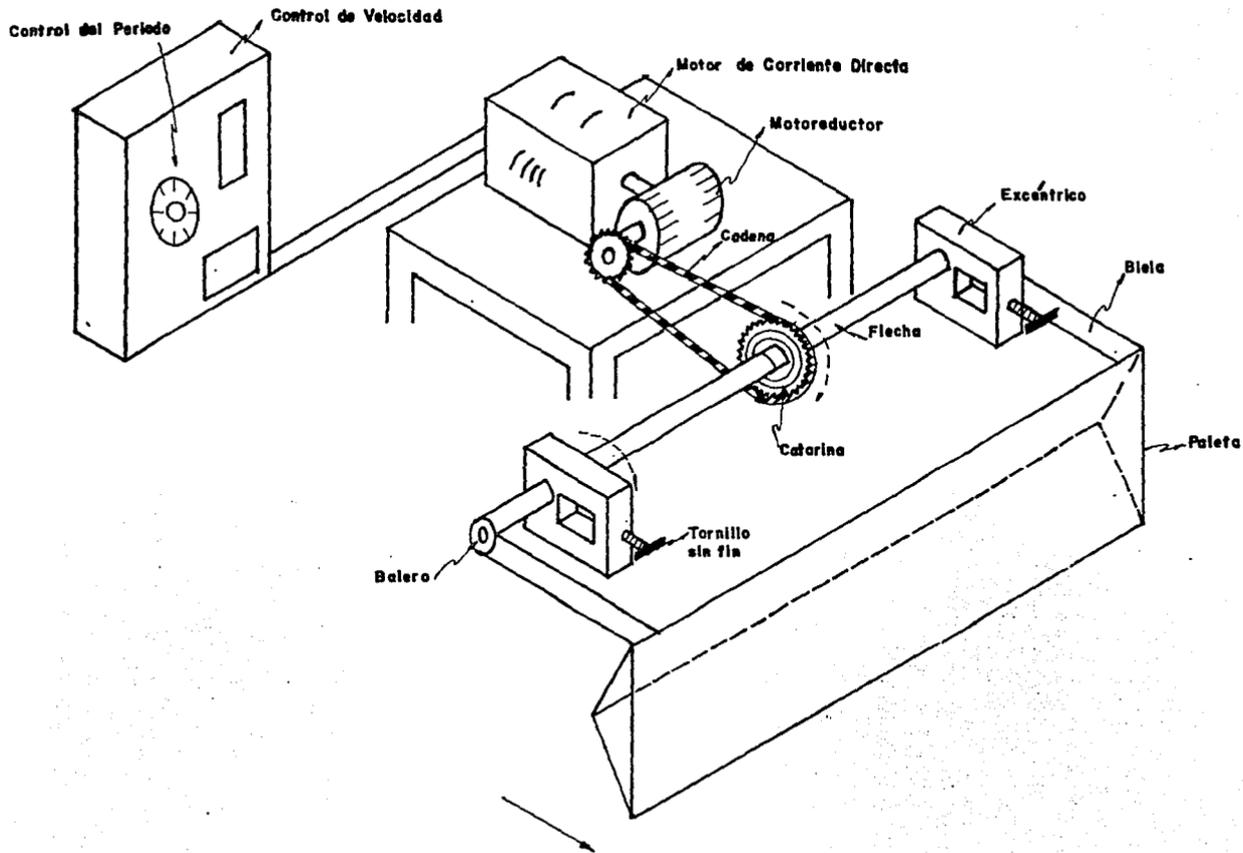


Fig. No. 2.7 Equipo de generación de oleaje

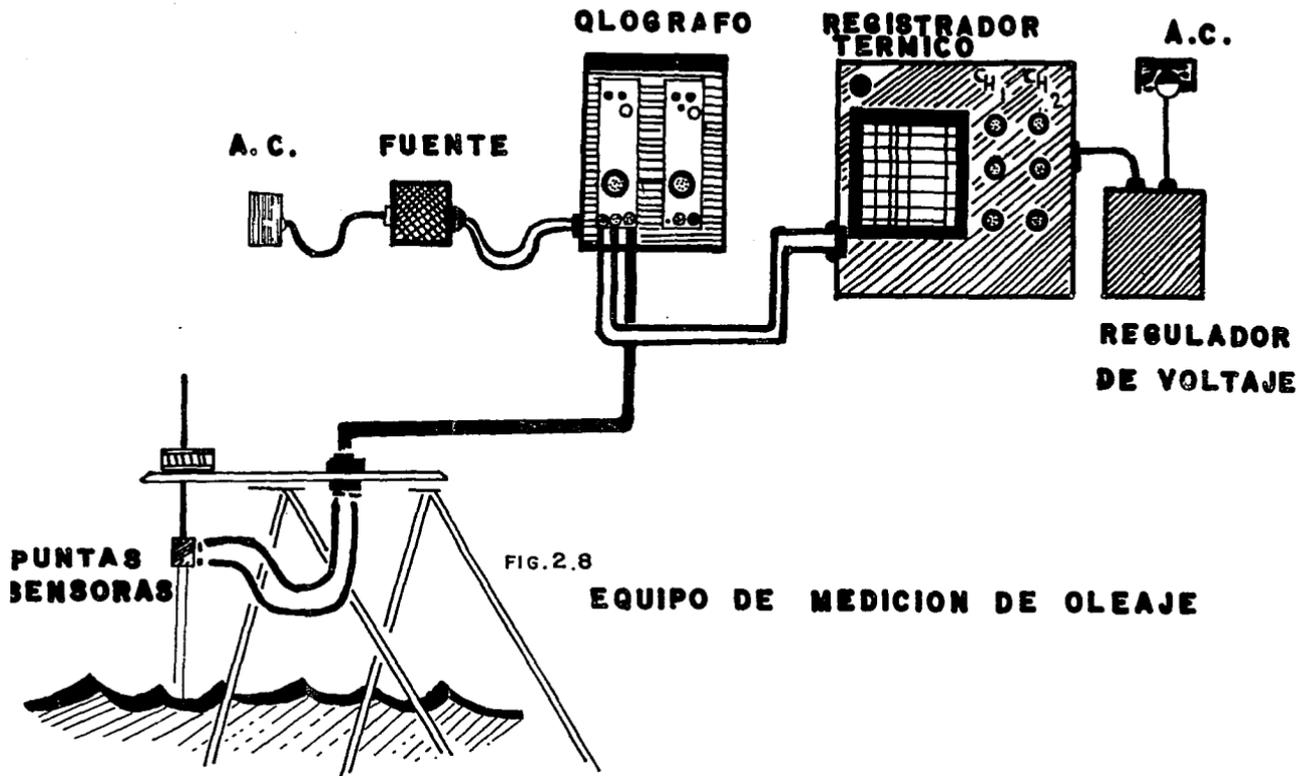


FIG. 2.8

EQUIPO DE MEDICION DE OLEAJE

### 4.3 EQUIPO DE MEDICION DE CORRIENTES

Este es un equipo que permite medir velocidades de hasta 2.0 m/seg, consta principalmente de un contador de flujo electromagnético (fig 2.9-a) con el cual se pueden obtener las velocidades de la corriente en dos direcciones así como la dirección de las mismas, a través de un sensor magnético (fig 2.9-b) que es el que se coloca en el punto donde se desean obtener las velocidades del flujo.

La velocidad de la corriente se obtiene con la expresión:

$$V = (x^2 + y^2)^{1/2}$$

y la dirección de la misma se obtiene con la expresión:

$$\theta = \tan^{-1} \left[ \frac{y}{x} \right]$$

siendo "x" y "y" las direcciones en que se mueve el flujo.

En la fig 2.9 se muestra el equipo utilizado, y en la tabla No.2.6 se dan los resultados de las mediciones obtenidas para una dirección de oleaje Sur con período de 14 seg.

Las velocidades registradas con el equipo anterior, se compararon con las velocidades orbitales teóricas obtenidas con la expresión que se menciona en el inciso 4.10.c, dando los resultados que se muestran en la tabla No. 2.7.

TABLA 2.6  
 VELOCIDADES MEDIDAS EN EL MODELO  
 DIRECCION SUR T = 14 SEG.

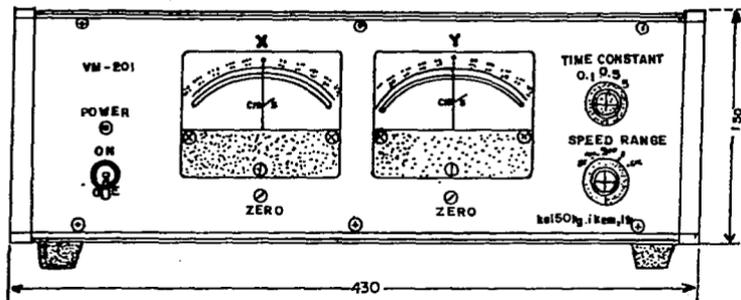
PUNTO	PROF. (cm)	H (cm)	X (cm/seg)	Y (cm/seg)	V(cm/seg)
9B	3.50	1.94	0.8	0.3	0.85
17B	3.00	1.49	0.7	0.1	0.71
3D	11.10	1.94	0.7	0.1	0.71
7D	11.30	2.40	0.7	0.2	0.73
18D	9.90	1.14	0.8	0.3	0.85
3E	11.20	2.51	0.7	0.1	0.71
10E	11.75	1.77	0.8	0.2	0.82
25E	11.90	0.60	0.6	0.3	0.67
6G	8.70	1.94	0.7	0.1	0.71
11G	6.10	1.66	0.7	0.2	0.73
19G	4.10	1.35	0.6	0.2	0.63

TABLA 2.7

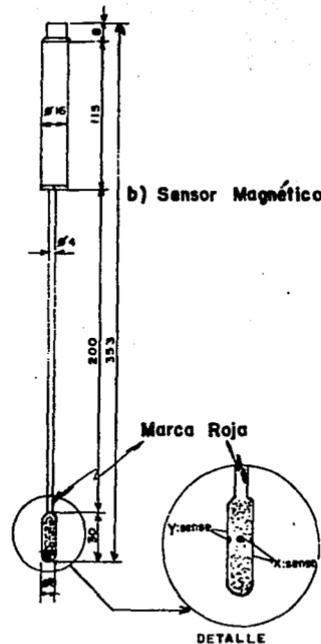
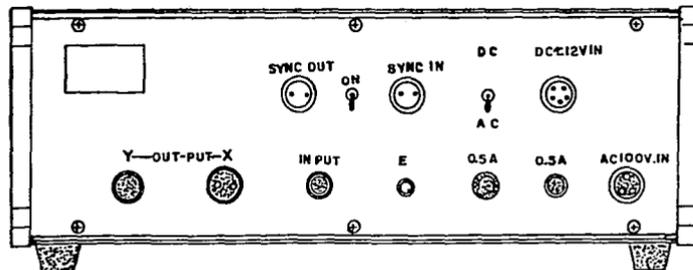
VELOCIDADES PARA UNA DIRECCION DE OLEAJE SUR CON PERIODO DE 14 SEG.

PUNTO DE MEDICION No.	VELOCIDAD MEDIDA	VELOCIDAD TEORICA
9B	0.85 cm/seg	1.95 cm/seg
17B	0.71 "	1.59 "
3D	0.71 "	1.87 "
7D	0.73 "	1.23 "
18D	0.85 "	1.00 "
3E	0.71 "	2.07 "
10E	0.82* "	0.85* "
25E	0.67* "	0.76* "
6G	0.71 "	1.67 "
11G	0.73 "	2.40 "
19G	0.63 "	1.17 "

Como puede observarse, las velocidades teóricas son superiores a las medidas, excepto para los puntos 10E y 25E en donde son muy parecidos ambos valores.



a) Contador de flujo electromagnético



ACOT. en m.m.

## CORRIENTOMETRO (CONTADOR DE FLUJO ELECTRO MAGNETICO)

Fig. 2.9

#### 4.4 OPERACION DEL MODELO DE AGITACION

La operación del modelo se dividió en dos etapas, siendo la primera de calibración y la segunda de ensayos realizados.

#### 4.5 CALIBRACION

Antes de iniciar los ensayos se procedió a la calibración tanto del generador de oleaje, como del equipo de medición y del propio modelo.

La calibración del generador de oleaje se realizó para obtener curvas de períodos y alturas de ola. Para las curvas de períodos se utilizó el control de velocidad como escala y se midieron las revoluciones por minuto en el excéntrico para obtener el período en el modelo, de acuerdo a la siguiente transformación:

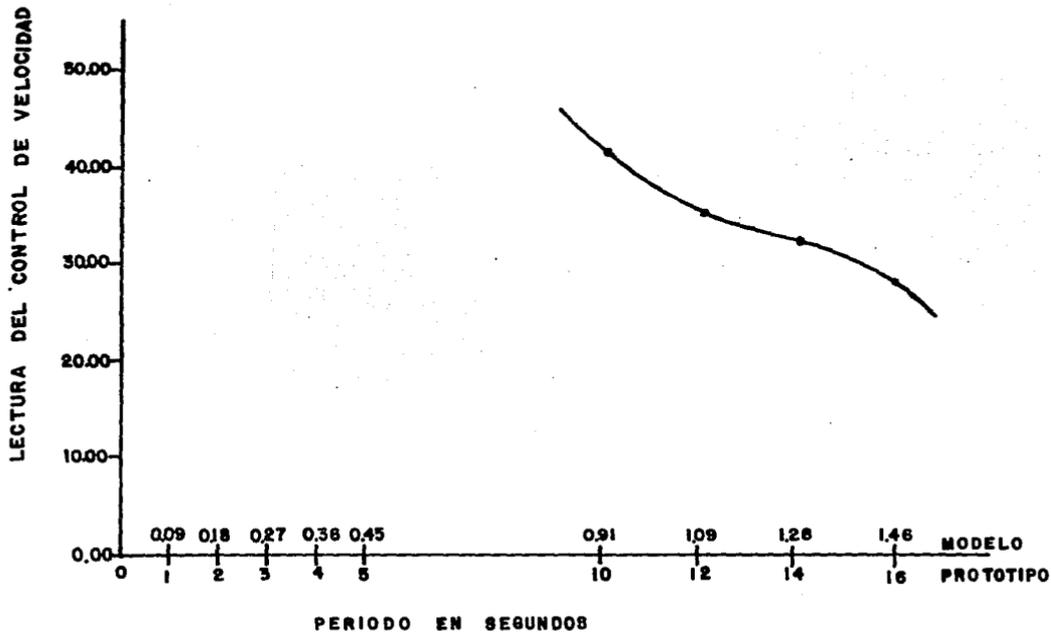
$$T_m = 60 (\text{R.P.M.})^{-1}$$

Los resultados de la calibración del período se muestran en la fig. 2.10.

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 del oleaje para cada centímetro de excentricidad, ya que la variación del oleaje generado depende además del tirante de agua frente al batidor, de la mayor o menor prolongación del mismo y éste a su vez depende de la excentricidad de la biela.

FIG.- 2.10

CURVA DE CALIBRACION DEL GENERADOR DE OLAS DE ACUERDO  
CON LOS PERIODOS MEDIDOS



La calibración del modelo consistió en representar en el mismo el frente de ola registrado en el prototipo, el cual (de acuerdo con la tabla No.2.8) (6) forma un ángulo mínimo de  $92^{\circ}$  y un máximo de  $104^{\circ}$  con respecto al eje de la escollera Este.

En dicha tabla no se indica el período de oleaje, por lo que se consideró de acuerdo con la teoría de la refracción, que cuando se presente un período de 10 seg., el frente de olas formaría un ángulo de  $104^{\circ}$  con respecto a la escollera Este y cuando el período fuese de 16 seg., el frente de ola formaría un ángulo de  $92^{\circ}$ .

De acuerdo con lo anteriormente descrito, se colocó el batidor y se movió de tal manera que al frente del morro de la escollera Este, se tuvieran los ángulos determinados en el prototipo.

Lo anterior se logró colocando el batidor en la fosa con un ángulo de  $100^{\circ}$  con respecto al eje del canal para la dirección Suroeste y de  $110^{\circ}$  para la dirección Sur.

Para medir el ángulo frente al morro de la escollera Este, se utilizó un cordón colocado de acuerdo con el frente de ola, midiendo posteriormente el ángulo entre la escollera y el cordón. Para la dirección sur y período de 16 seg. se midió un ángulo de  $94^{\circ}$  y para 10 seg. de  $104^{\circ}$ , que son muy parecidos a los registrados en el sitio.

Una vez comprobado que los frentes de ola en el modelo coincidían con los medidos en el prototipo, se procedió al ensayo del modelo.

#### 4.6 ENSAYOS REALIZADOS

Los ensayos se realizaron primeramente en las condiciones actuales en que se encuentra el puerto y posteriormente dragando el seno de escollera Oriente; ampliando el canal Oriente y ubicando un espigón interior al Noroeste del espigón de bolsacreto existente.

Puesto que uno de los elementos naturales que tiene gran influencia en el comportamiento interior de dicho puerto es el oleaje, fue necesario representar los parámetros de este elemento de acuerdo a los datos oceanográficos de la zona en estudio; por lo que se concluyó que el modelo debería de estar equipado para estudiarse en las condiciones antes descritas, generando oleaje cuando menos en dos direcciones (Sur y Suroeste), con alturas de ola y periodos significantes de 2.00 a 5.00 m y de 10 a 16 seg respectivamente.

TABLA 2.8

MEDICIONES DE OLEAJE EFECTUADAS EN PUERTO MADERO, CHIAPAS

DIA	HORA	ANGULO HORIZONTAL
01/OCT/90	10:10	104° 00'
"	10:15	102° 00'
"	10:20	98° 30'
"	10:25	95° 30'
"	10:30	95° 45'
"	10:35	95° 45'
"	10:40	99° 30'
"	10:45	97° 00'
"	10:50	99° 30'
"	10:55	94° 45'
"	11:00	92° 30'
"	11:05	92° 00'
"	11:10	92° 30'
02/OCT/90	11:45	96° 15'
"	11:50	96° 00'
"	11:55	97° 45'
"	12:00	101° 30'
"	12:05	95° 30'
"	12:10	94° 30'
"	12:15	98° 30'
"	12:20	97° 30'
"	12:25	103° 00'
"	12:30	91° 45'
"	12:35	95° 30'
"	12:40	97° 45'
"	12:45	95° 15'

#### 4.7 PROGRAMA DE ENSAYOS

De acuerdo con lo expresado anteriormente, se realizaron un total de 18 ensayos con diferentes condiciones de oleaje para determinar el grado de agitación en el interior del puerto. En la Tabla No. 2.9 se presenta el programa de ensayos, que se llevaron a cabo en el presente estudio.

TABLA 2.9

ENSAYOS REALIZADOS EN EL MODELO DE PUERTO MADERO, CHIS.

ENSAYO No	DIRECCION DEL OLEAJE	PERIODO DEL OLEAJE	ALTURA DE OLA INCIDENTE	CONDICIONES
1	Suroeste	10	2.50	actuales
2	Suroeste	12	2.44	actuales
3	Suroeste	14	2.64	actuales
4	Suroeste	16	2.26	actuales
5	Sur	10	3.94	actuales
6	Sur	12	3.34	actuales
7	Sur	14	2.90	actuales
8	Sur	16	2.91	actuales
9	Sur	10	3.65	modificadas
10	Sur	12	3.48	modificadas
11	Sur	14	4.21	modificadas
12	Sur	16	2.97	modificadas
13	Suroeste	12	3.13	modificadas
14	Suroeste	14	4.07	modificadas
15	Suroeste	16	2.88	modificadas
16	Suroeste	12	4.37	modificadas(*)
17	Suroeste	14	2.91	modificadas(*)
18	Suroeste	16	2.90	modificadas(*)

(\*) Sin el seno de escollera Oriente (rellenado con arena ).

#### 4.8 PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICION

En los ensayos de agitación se utilizó un ológrafo de 4 canales con sus respectivos registradores y transductores o "puntas de ológrafo" (ver fig 2.8). Una de estas puntas se mantuvo fija durante todo el ensayo en el interior del modelo, para observar que la altura de ola en ese punto se mantuviera constante durante todo el tiempo y detectar la existencia de posibles fenómenos parásitos. Las otras dos puntas montadas sobre un "carro" deslizable sobre un riel fueron accionadas manualmente en los extremos mediante un cable accionado por una manivela, de esta manera se obtuvo un registro continuo en cada uno de los puntos seleccionados previamente para la medición de la altura de ola en el modelo.

Para llevar a cabo la medición de la agitación fue necesario obtener coeficientes de amortiguamiento, dados por la relación de la altura de ola medida en cada punto del interior del puerto entre la altura media a la entrada del mismo. Dichos coeficientes se obtuvieron de acuerdo con la relación:

$$K_D = \frac{H_D}{H_i}$$

en donde:

$H_D$  = Altura de ola medida en el interior

$H_i$  = Altura de ola incidente.

El objeto de obtener dicho coeficiente, es que en esta forma se puede determinar para cualquier altura de ola exterior su correspondiente altura en cualquier punto interior de la zona abrigada del puerto, ya que estos coeficientes están dados en porcentajes de agitación exterior.

Con los datos obtenidos para cada dirección y período, se interpolaron los resultados con el objeto de conocer la distribución de las curvas de igual agitación.

#### 4.9 ENSAYOS DE AGITACION

##### A. CONDICIONES ACTUALES

La denominación "condiciones actuales", se le ha asignado al hecho de efectuar los ensayos de agitación en el modelo físico con las características en que actualmente se encuentra el puerto en estudio. De los resultados obtenidos se observa lo siguiente:

###### a. DIRECCION SUR.

- \* En el sentido longitudinal del puerto, se eligieron las partes más importantes para el estudio (ejes B, E y G fig.2.11), en los que es posible observar el comportamiento del oleaje mediante los coeficientes  $K_D$  de los puntos que se encuentran en dichos ejes.
- \* A partir de la entrada del canal de acceso del puerto, los coeficientes  $K_D$  descienden en forma general y debido a la semejanza de los valores medios obtenidos en los ejes B, E y G en los períodos 10, 12, 14 y 16 seg podemos decir que en promedio los  $K_D$  decrecen de 0.99 en la entrada del puerto (eje 3) a 0.1 al final del canal de acceso (eje 31).
- \* Aunque en el inciso anterior se hizo la observación con valores promedio de los tres sitios elegidos, cabe decir que los coeficientes medios en la entrada del puerto son mayores en el eje cercano a la escollera Oriente (1.02) que en el centro y eje cercano a la escollera Poniente (0.96 y 0.99 respectivamente).

- \* . En el sitio donde se localizan los senos de escollera (eje 27), sucede el mismo efecto que el anterior, en el eje cercano a la escollera Oriente (eje B) se tiene un coeficiente  $K_D$  promedio de 0.20 y en el lado opuesto (eje G) es de 0.15, el  $K_D$  medio del eje central es de 0.16. Como se ve tanto en la entrada del puerto como en el sitio de los senos, dichos coeficientes decrecen de Oriente a Poniente.
- \* . Al final del puerto, a la entrada de las dársenas de pesca y de la armada (eje 30), no tiene el mismo efecto que se describe en el inciso anterior, ya que se invierte el sentido decreciente, en este caso es de Poniente a Oriente, debido a que en el eje G se tiene un  $K_D$  promedio de 0.11 y el eje B es de 0.09.

En la tabla No. A-1., se muestran los coeficientes  $K_D$  de los tres ejes que se mencionan en las observaciones anteriores, eligiéndose los puntos correspondientes a la entrada del puerto, sitio de senos de escolleras y al final del canal de acceso donde se encuentran las entradas a las dársenas.

TABLA No. A-1

CONDICIONES ACTUALES  
DIRECCION SUR

PERIODO EN SEGUNDOS

EJE	10	12	14	16	PROMEDIO	UBICACION
B	1.18	0.96	1.05	0.90	1.02	Principio del canal de acceso (eje 3)
E	0.91	0.98	1.06	0.88	0.96	
G	1.06	1.10	1.06	0.72	0.99	
B	0.20	0.12	0.23	0.28	0.20	Sitio de senos (eje 27)
E	0.15	0.22	0.12		0.16	
G	0.18	0.17	0.12	0.11	0.15	
B	0.06	0.11	0.09		0.09	Entrada a dársenas. (eje 30)
E	0.07	0.19	0.10		0.12	
G	0.06	0.16			0.11	

## b. DIRECCION SUROESTE

Al igual que en las observaciones descritas en la anterior dirección, en este caso se han elegido las mismas líneas para su estudio (B, E y G), pero en lo que respecta a la entrada del puerto y al final del canal de acceso se escogieron los ejes 4 y 30 por ser estos los que cuentan con el mayor número de lecturas y se hacen las siguientes observaciones.

- \*. Es notorio el descenso de los coeficientes  $K_D$  en el sentido de la dirección del oleaje o bien de la entrada del puerto hacia el interior. Por otra parte, en lo que concierne al sentido transversal al eje del canal de acceso, también se tiene un descenso de los  $K_D$  de Oriente a Poniente. Tales observaciones se describen en los incisos que preceden.
  
- \*. En el sentido longitudinal del puerto, los coeficientes  $K_D$  promedio en la entrada, tienen valores de 1.01 (eje B), 1.02 (eje E) y 0.95 (eje G), mientras que al final del canal en la entrada a las dársenas de pesca y de la armada, estos mismos ejes cuentan con coeficientes de 0.14, 0.12 y 0.10 respectivamente como se observa, de acuerdo a los valores de los  $K_D$  promedios, en el eje cercano a la escollera oriente (B) son mayores que los del centro y de la escollera Poniente, confirmándose lo anteriormente descrito.

- \* Las observaciones que se han descrito en esta dirección, como ya se dijo son promedios de los coeficientes  $K_D$ ; sin embargo, de acuerdo a la tabla No. A-2, se aprecia que los valores máximos son del período de 16 seg y en su mayoría decrecen en un mínimo en el de 10 seg; esto es en cuanto a los ejes 4 y 30 correspondientes a la entrada y al final del canal de acceso.
  
- \* En lo que se refiere al sitio donde se localizan los senos de escollera Oriente y Poniente, no se justifica la anterior observación, ya que en este caso los valores de  $K_D$  son ligeramente mayores en el período de 10 seg, excepto en el eje B en donde los coeficientes más grandes son en el período de 16 seg.

TABLA No. A-2

CONDICIONES ACTUALES

DIRECCION SUROESTE

EJE	PERIODO EN SEGUNDOS				PROMEDIO	UBICACION
	10	12	14	16		
B	1.04	1.03	1.08	0.88	1.01	Principio del canal de acceso (eje 4).
E	0.86	0.94	1.06	1.23	1.02	
G	0.91	0.85	1.02	1.00	0.95	
B	0.40	0.33	0.39	0.50	0.41	Sitio de senos (eje 27)
E	0.18	0.14	0.11	0.17	0.15	
G	0.25	0.12	0.16	0.19	0.18	
B	0.08	0.12	0.13	0.21	0.14	Entrada a dársenas (eje 30).
E	0.14	0.12	0.09	0.13	0.12	
G	0.09	0.09	0.09	0.11	0.10	

## B. CONDICIONES MODIFICADAS (DRAGADO SENO ORIENTE)

Una vez terminados los ensayos con las características actuales del puerto, se procedió a modificar el modelo acondicionándolo de acuerdo con las obras propuestas para retener el azolve en el interior del mismo.

Las modificaciones realizadas al modelo fueron:

\*) Construcción de un canal de acceso hasta la entrada de la dársena de pesca con un ancho de plantilla de 66.66 cm (80 m en prototipo) y profundidad de 6.67 cm (8.0 m en prototipo), de acuerdo con los lineamientos que se indican en el inciso 3.3 .

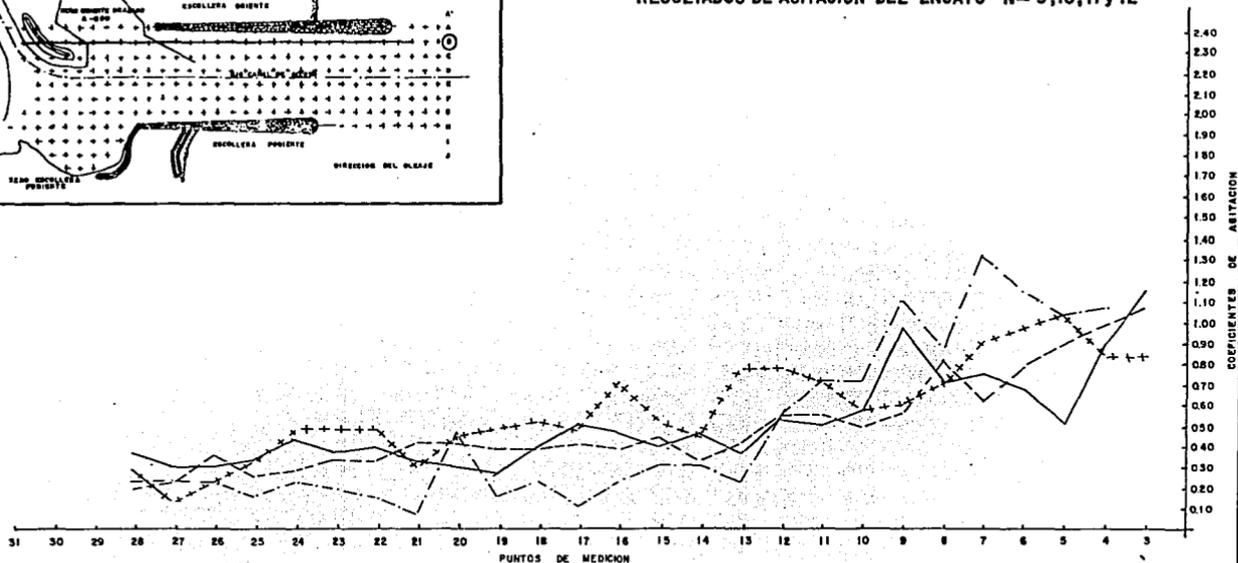
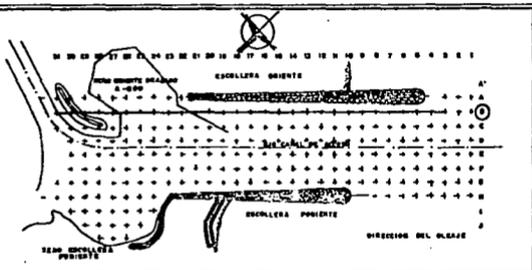
\*) Dragado del seno Oriente hasta la profundidad de -8.00 m, de acuerdo con la geometría que se muestra en el sitio.

\*) Colocación de un espigón curvo al NE del espigón actual, cuyas dimensiones en prototipo se muestran en el plano anterior. Una vez terminadas las modificaciones anteriores, se prosiguió con los ensayos, cuyos resultados se dan a continuación:

### a. DIRECCION SUR

\*. En los ejes más cercanos a las escolleras (B y G) los valores de los coeficientes  $K_D$  decrecen en el sentido del oleaje iniciando en la entrada del canal de acceso con valores medios (tomados en los diferentes períodos estudiados 10, 12, 14 y 16 seg) de 1.07, hasta 0.19 en la parte posterior donde están las entradas a las dársenas de pesca y de la armada (ver figs 2.11 y 2.12).

## RESULTADOS DE AGITACION DEL ENSAYO N.º 9,10,11 y 12



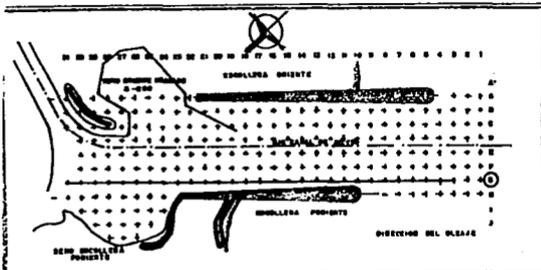
### SIMBOLOGIA —

E.N.E.P. ARAGON	+++++	10 Seg.
U. N. A. M.	—	12 Seg.
TESIS PROFESIONAL	- - - -	14 Seg.
RODOLFO GOMEZ DIAZ	- - - -	16 Seg.

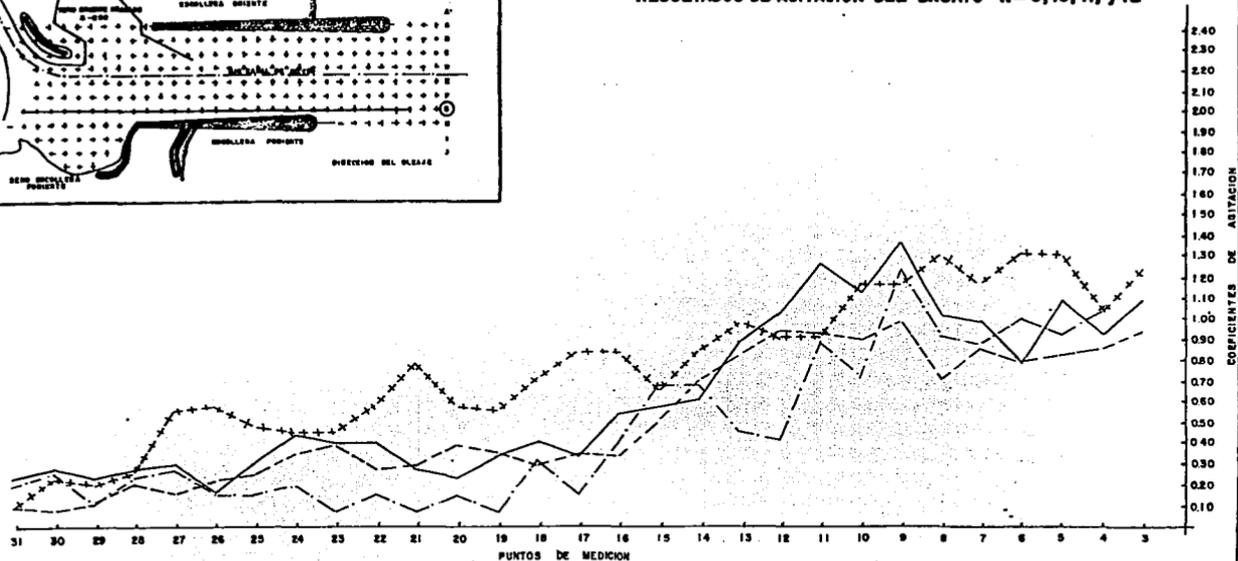
### NOTAS —

- El coeficiente de agitación ( $K_a$ ), se determinó con la relación de — altura de la ola incidente ( $H_i$ ) y la altura de la ola en el interior del puerto ( $H_e$ ).
- $$K_a = \frac{H_i}{H_e}$$
- La ola incidente se midió frente a las escaleras, entre los ejes 3 y 4.

**PUERTO MADERO, CHIS.**  
**LINEA B**  
 DIRECCION SUR  
 CONDICIONES MODIFICADAS  
 (DRAGADO SENO ORIENTE Y CANALES INTERIORES)  
 Fig. N.º 2.11



## RESULTADOS DE AGITACION DEL ENSAYO N° 9, 10, 11, y 12



### SIMBOLOGIA —

E.N.E.P. ARAGON

U. N. A. M.

TESIS PROFESIONAL

RODOLFO GOMEZ DIAZ

+ + + + + 10 Seg.  
 ————— 12 Seg.  
 - - - - - 14 Seg.  
 ······· 16 Seg.

### NOTAS —

— El coeficiente de agitación ( $K_a$ ), se determinó con la relación de —  
 altura de la ola incidente ( $H_i$ ) y la altura de la ola en el interior  
 del puerto ( $H_e$ ).

$$K_a = \frac{H_i}{H_e}$$

— La ola incidente se midió frente a los escolleras, entre los ejes  
 3 y 4.

PUERTO MADERO, CHIS.

LÍNEA G

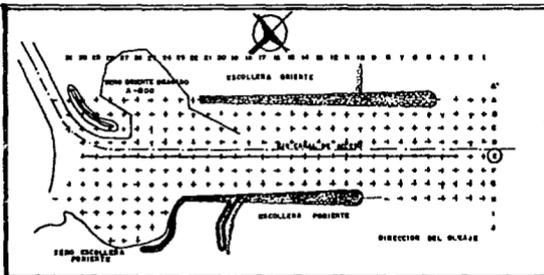
DIRECCION SUR

CONDICIONES MODIFICADAS

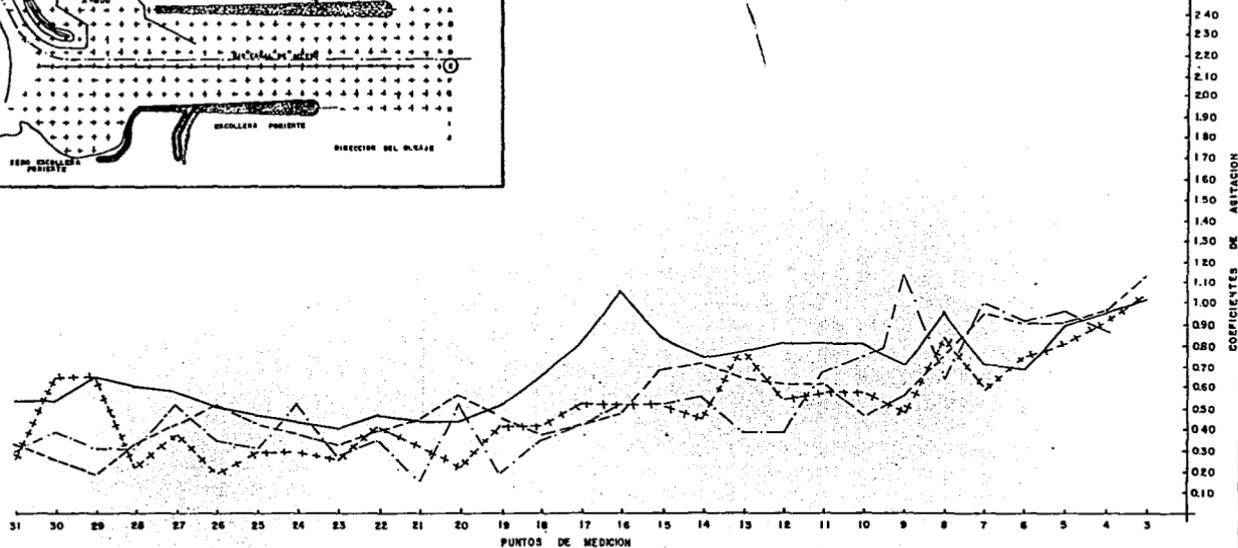
(DRAGADO SENO ORIENTE Y CANALES INTERIORES)

Fig. N° 2.12

- \*. En el eje central del canal de acceso (línea E), se observa el mismo caso descendiente que el anterior, iniciando con un  $K_D$  promedio de 1.07 en la entrada del puerto y de 0.36 en el interior al final del canal de acceso (ver fig 2.13).
  
- \*. Como conclusión de estas observaciones, se puede decir que los coeficientes de disminución de altura de ola ( $K_D$ ) en los diferentes períodos a la entrada del canal de acceso son semejantes, tanto en las cercanías de las escolleras de la parte central de dicho canal; no así para la parte posterior correspondiente al eje 31, en donde las alturas son mayores en el eje central.
  
- \*. Lo anteriormente descrito se puede corroborar en las figs 2.14 a 2.17, en donde se graficaron los coeficientes  $K_D$  en el sentido transversal al eje del canal, en los ejes 23, 25 y 27. De acuerdo con esto, se deduce que los coeficientes en la parte central (eje D y E), son mayores que en los ejes cercanos a las escolleras.
  
- \*. En las observaciones anteriores, como se especifica en el inciso 1, se observó un promedio de los coeficientes  $K_D$  en los períodos de 10, 12, 14 y 16 seg; sin embargo cabe mencionar que en general dichos coeficientes son mayores en el período de 12 seg, salvo en algunos casos en el que el mayor corresponde al eje cercano a la escollera Oriente, tal como se aprecia en la tabla No. B-1, en donde se eligen tres sitios (entrada al canal de acceso; donde se localizan los senos de escolleras y al final donde se encuentran las entradas a las dársenas).



## RESULTADOS DE AGITACION DEL ENSAYO N° 9, 10, 11 y 12



### SIMBOLOGIA —

E.N.E.P. ARAGON

U. N. A. M.

TESIS PROFESIONAL

RODOLFO GOMEZ DIAZ

+++++ 10 Seg.  
 ----- 12 Seg.  
 - - - - - 14 Seg.  
 - · - · - 16 Seg.

### NOTAS —

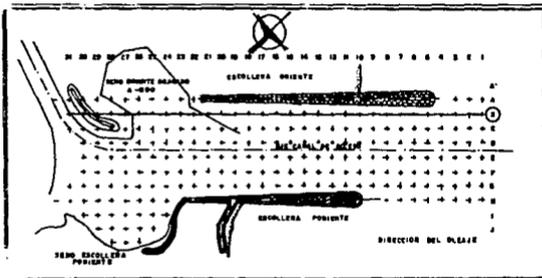
— El coeficiente de agitación ( $K_a$ ), se determinó con la relación de —  
 altura de la ola incidente ( $H_i$ ) y la altura de la ola en el interior  
 del puerto ( $H_e$ ).

$$K_a = \frac{H_i}{H_e}$$

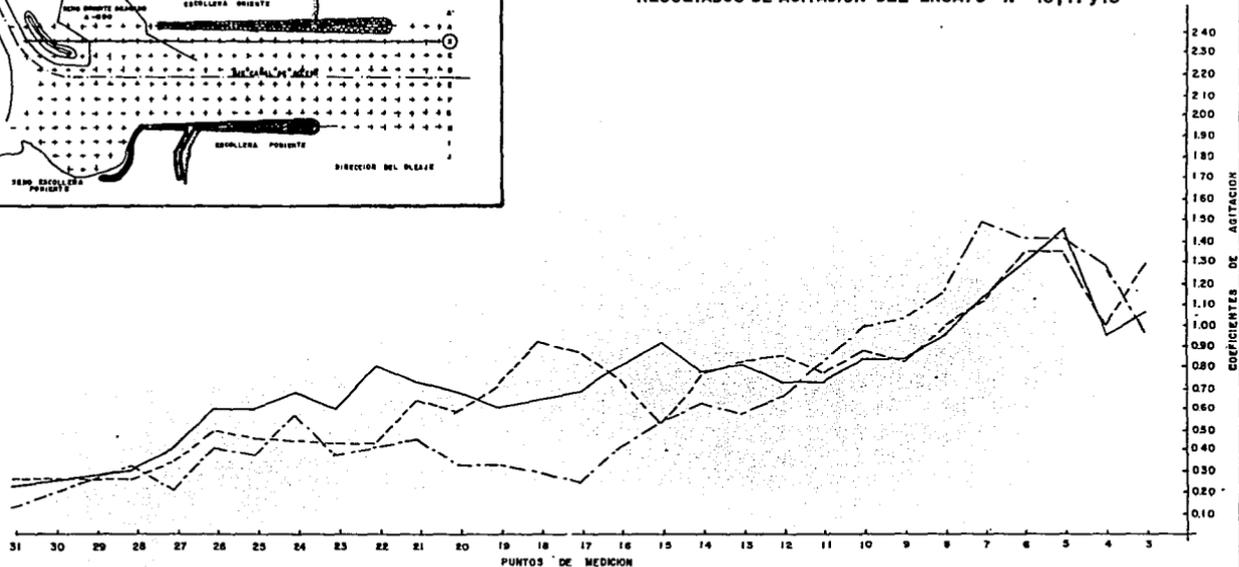
— La ola incidente se midió frente a las escaleras, entre los ejes  
 3 y 4.

PUERTO MADERO, CHIS.  
 LINEA E  
 DIRECCION SUR  
 CONDICIONES MODIFICADAS  
 (DRAGADO SENOS ORIENTE Y CANALES ENTRE  
 RIÑONES)

Fig. N° 2.13



## RESULTADOS DE AGITACION DEL ENSAYO N.º 16, 17 y 18



### SIMBOLOGIA.—

E.N.E.P. ARAGON

U. N. A. M.

TESIS PROFESIONAL

RODOLFO GOMEZ DIAZ

— 12 Seg.  
 - - - 14 Seg.  
 . . . 16 Seg.

### NOTAS.—

— El coeficiente de agitación ( $K_a$ ), se determinó con la relación de —  
 altura de la ola incidente ( $H_i$ ) y la altura de la ola en el interior  
 del puerto ( $H_e$ ).

$$K_a = \frac{H_i}{H_e}$$

— La ola incidente se midió frente a las escolleras, entre los ejes  
 3 y 4.

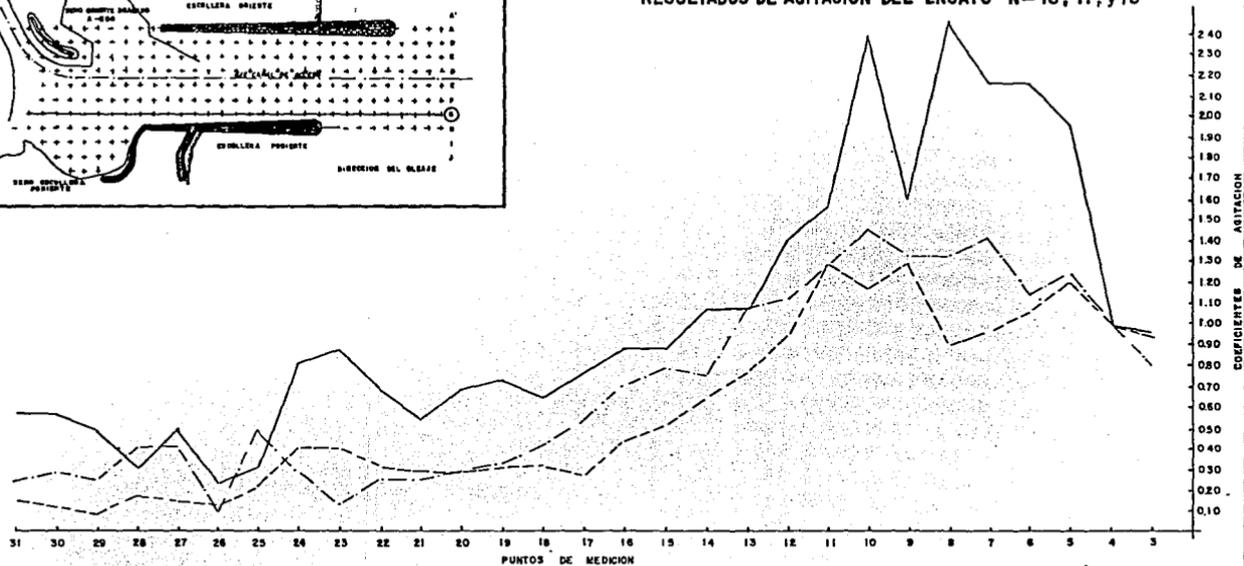
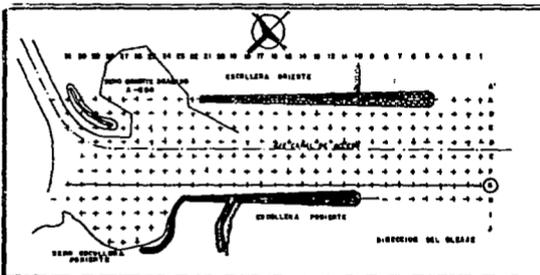
**PUERTO MADERO, CHIS.**

**LINEA B**

DIRECCION SUROESTE  
 CONDICIONES MODIFICADAS  
 (DRAGADO SENO ORIENTE Y CANALES INTE-  
 RIORES)

Fig. N.º 2.14

## RESULTADOS DE ÁGITACION DEL ENSAYO N.º 16, 17, y 18



### SIMBOLOGIA.—

E.N.E.P. ARAGON  
U. N. A. M.  
TESIS PROFESIONAL  
RODOLFO GOMEZ DIAZ

———— 12 Seg.  
----- 14 Seg.  
..... 16 Seg.

### NOTAS.—

— El coeficiente de agitación ( $K_a$ ), se determinó con la relación de—  
altura de la ola incidente ( $H_i$ ) y la altura de la ola en el interior  
del puerto ( $H_e$ ).

$$K_a = \frac{H_i}{H_e}$$

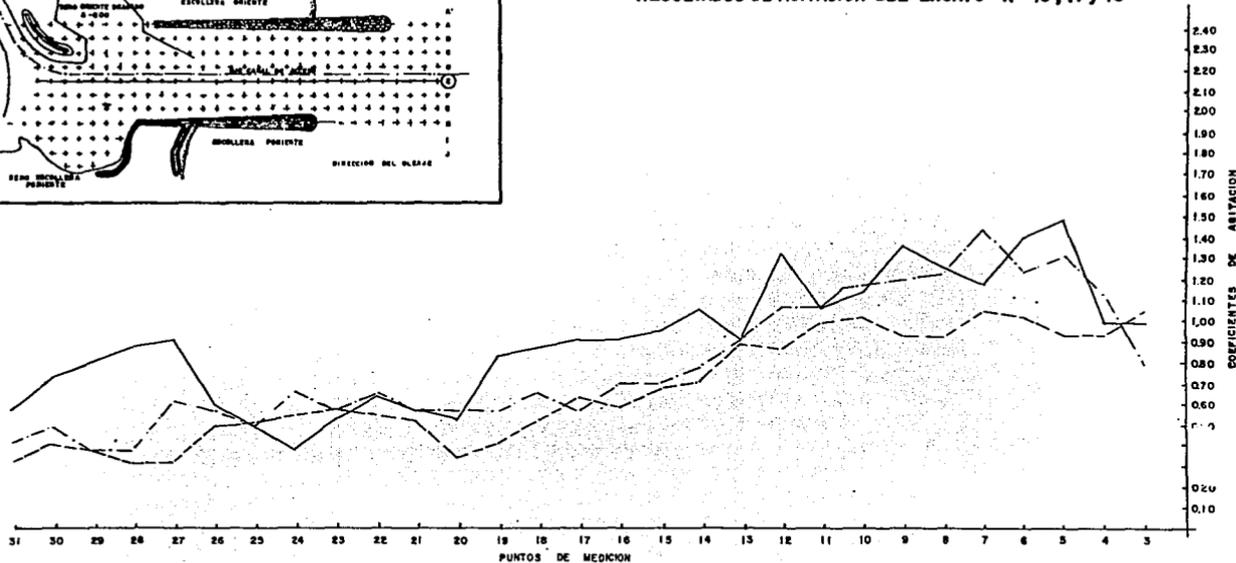
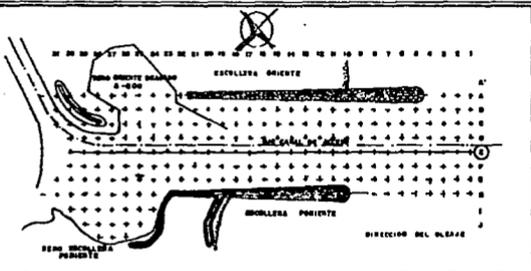
— La ola incidente se midió frente a las escaleras, entre los ejes  
3 y 4.

**PUERTO MADERO, CHIS.**  
**LINEA G**

DIRECCION SUROESTE  
CONDICIONES MODIFICADAS  
(DRAGADO SENO ORIENTE Y CANALES INTERIORES)

Fig. N.º 2.15

## RESULTADOS DE AGITACION DEL ENSAYO N° 16, 17 y 18



### SIMBOLOGIA —

E.N.E.P. ARAGON  
U. H. A. M.  
TESIS PROFESIONAL  
RODOLFO GOMEZ DIAZ

———— 12 Seg.  
----- 14 Seg.  
- · - · - 16 Seg.

### NOTAS —

— El coeficiente de agitación (Ks), se determinó con la relación de altura de la ola incidente (Hi) y la altura de la ola en el interior del puerto (He).

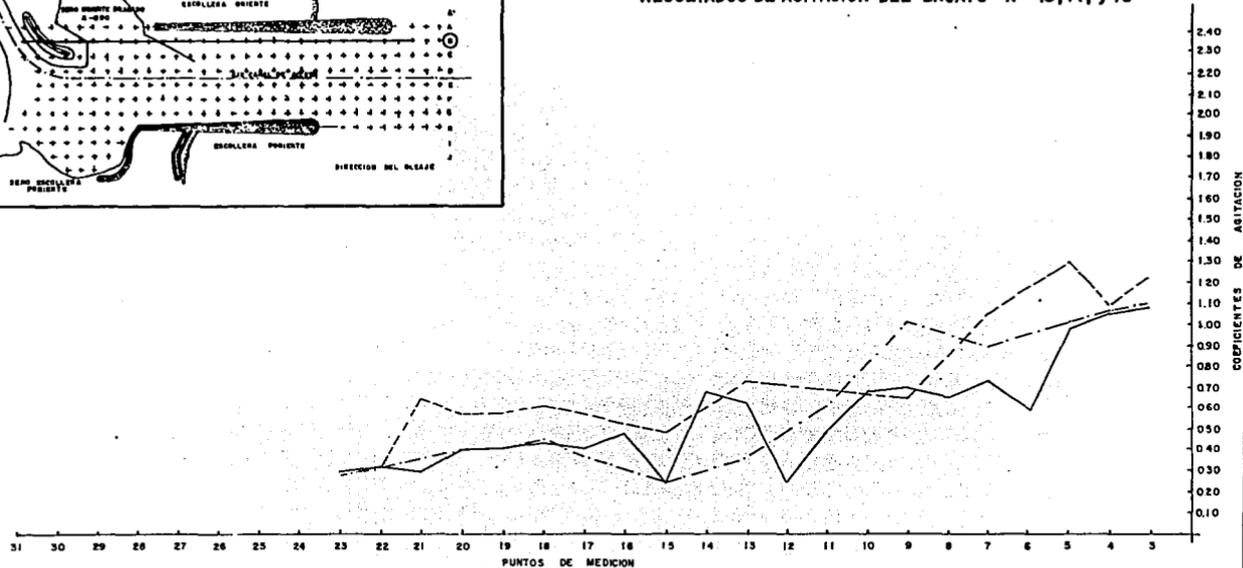
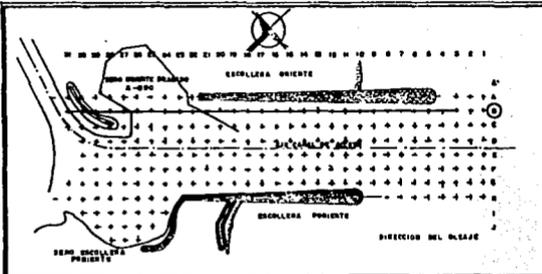
$$K_s = \frac{H_i}{H_e}$$

— La ola incidente se midió frente a los escaleras, entre los ejes 3 y 4.

PUERTO MADERO, CHIS.  
LINEA E  
DIRECCION SUROESTE  
CONDICIONES MODIFICADAS  
DRAGADO SENO ORIENTE Y CANALES INTERIORES  
Fig. N° 2.16

COEFICIENTES DE AGITACION

## RESULTADOS DE AGITACION DEL ENSAYO N° 13, 14, y 15



### SIMBOLOGIA—

E.N.E.P. ARAGON

U. N. A. M.

TESIS PROFESIONAL

RODOLFO GOMEZ DIAZ

— 12 Seg.

- - - 14 Seg.

- · - · 16 Seg.

### NOTAS—

— El coeficiente de agitación ( $K_a$ ), se determinó con la relación de — altura de la ola incidente ( $H_i$ ) y la altura de la ola en el interior del puerto ( $H_e$ ).

$$K_a = \frac{H_i}{H_e}$$

— La ola incidente se midió frente a los escolleras, entre los ejes 3 y 4.

PUERTO MADERO, CHIS.

LÍNEA B

DIRECCION SURESTE  
CONDICIONES MODIFICADAS

(RELLENO DEL SENO DE ESCOLLERA ORIENTE)

Fig. N° 2.17

TABLA B-1

CONDICIONES MODIFICADAS  
(DRAGADO DEL SENO ORIENTE)

DIRECCION SUR

EJE	PERIODO EN SEGUNDOS					PROMEDIO	UBICACION
	10	12	14	16			
B	0.85	1.17	1.08	---	1.03	Principio del canal de acceso (eje 3)	
E	1.05	1.03	1.14	---	1.07		
G	1.25	1.10	0.94	---	1.10		
B	0.14	0.31	0.23	0.24	0.23	Sitio de senos (eje 27)	
E	0.39	0.59	0.44	0.53	0.49		
G	0.56	0.30	0.16	0.28	0.33		
B	0.13	0.17	0.23	0.20	0.18	Entrada a dársenas (eje 31)	
E	0.26	0.55	0.34	0.30	0.36		
G	0.10	0.34	0.10	0.20	0.19		

## b. DIRECCION SUROESTE

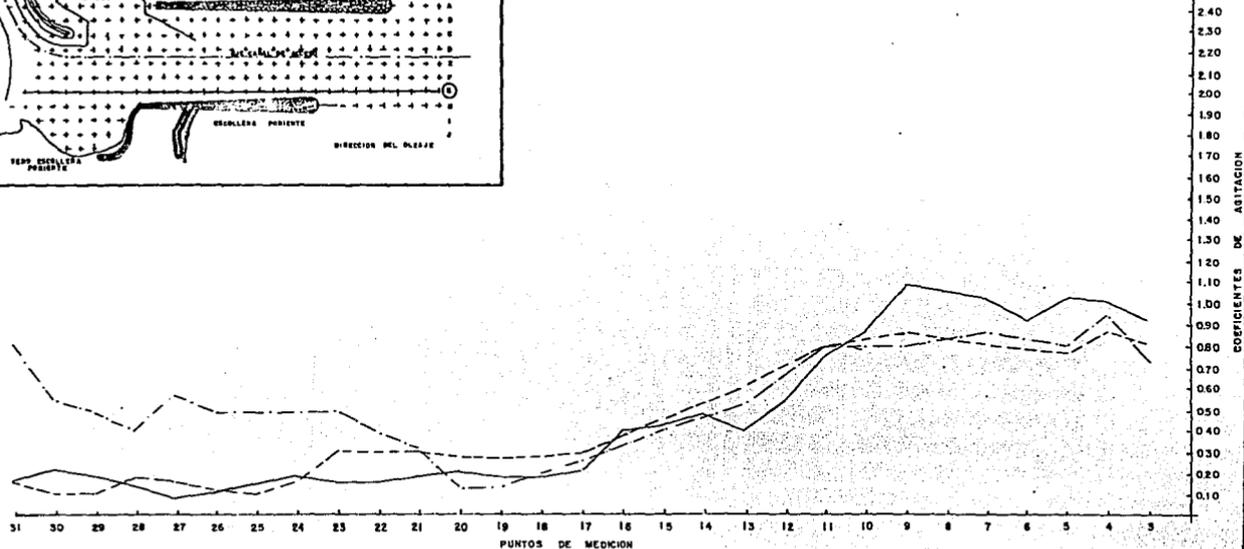
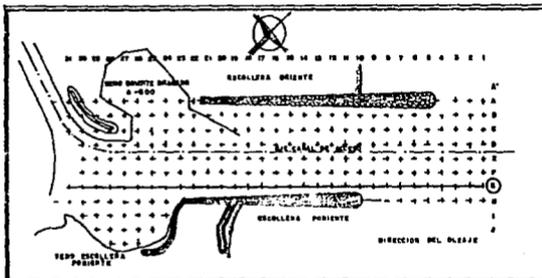
- \*. En los ejes cercanos a las escolleras (B y G) se observa que los coeficientes  $K_D$  en promedio (períodos de 12, 14 y 16 seg) son mayores en la entrada del puerto y descienden hacia el interior.

Se observa también en esta dirección que en el eje B cercano a la escollera Oriente el valor medio de  $K_D$  es superior al eje G de la escollera Poniente, siendo para el primero de 1.11 y de 0.90 en el segundo, ambos en la entrada del puerto (eje 3). En este mismo sitio, el coeficiente medio en el centro del canal de acceso (eje E) es de 0.95, notándose claramente el descenso de dichos coeficientes en el sentido de Oriente a Poniente.

- \*. En el interior donde se localizan los senos de escolleras Oriente y Poniente (eje 27), se invierte el sentido de descenso de los coeficientes en relación con el comportamiento anterior, ya que aunque ligeramente el  $K_D$  promedio en el eje G de 0.36 es mayor que en el eje B de 0.33; mientras que en el eje central se tiene un promedio de 0.62 siendo éste superior a los de los ejes B y G.
- \*. En lo que corresponde al final del canal de acceso, en donde se encuentran las entradas a las dársenas (eje 31), el comportamiento es semejante al del sitio de los senos, siendo los coeficientes promedio de: 0.33 en el eje G, 0.44 en la parte central (eje E) y de 0.21 para el eje B.

\*. Como ya se ha dicho, las observaciones antes descritas se hicieron en base a los coeficientes promedio obtenidos en los ensayos de agitación con períodos de 12, 14 y 16 seg; sin embargo es conveniente hacer notar que dichos coeficientes son superiores en el período de 12 seg. En la tabla No. B-2 se presentan los valores de los coeficientes en los tres sitios que se han estudiado al igual que en todos los casos descritos para las diferentes direcciones de oleaje. (Ver figs. 2.18 a 2.19).

## RESULTADOS DE AGITACION DEL ENSAYO N° 13,14 y 15



### SIMBOLOGIA

E.N.E.P. ARAGON

U. N. A. M.

TESIS PROFESIONAL

RODOLFO GOMEZ DIAZ

— 12 Seg.  
 - - - 14 Seg.  
 - · - 16 Seg.

### NOTAS

— El coeficiente de agitación ( $K_a$ ), se determinó con la relación de — altura de la ola incidente ( $H_i$ ) y la altura de la ola en el interior del puerto ( $H_e$ ).

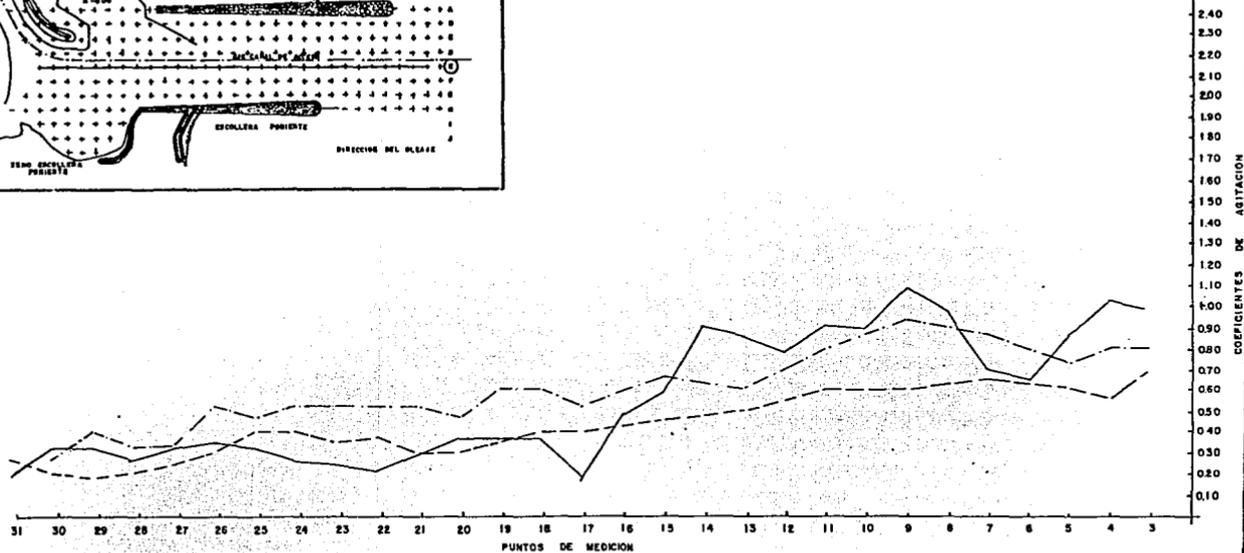
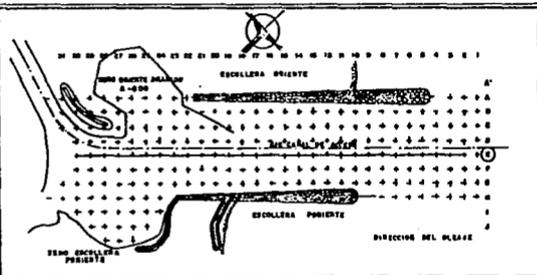
$$K_a = \frac{H_i}{H_e}$$

— La ola incidente se midió frente a las escaleras, entre los ejes 3 y 4.

**PUERTO MADERO, CHIS.**  
**LINEA 8**  
 DIRECCION SUROESTE  
 CONDICIONES MODIFICADAS  
 (RELLENO DEL SENO DE ESCALLERA ORIENTE)

Fig. N° 2.18

## RESULTADOS DE AGITACION DEL ENSAYO N° 13, 14 y 15



### SIMBOLOGIA —

E.N.E.P. ARAGON

U. N. A. M.

TESIS PROFESIONAL

RODOLFO GOMEZ DIAZ

— 12 Seg.

- - - 14 Seg.

· · · 16 Seg.

### NOTAS —

— El coeficiente de agitación ( $K_a$ ), se determinó con la relación de altura de la ola incidente ( $H_i$ ) y la altura de la ola en el interior del puerto ( $H_e$ ).

$$K_a = \frac{H_i}{H_e}$$

— La ola incidente se midió frente a las escaleras, entre los ejes 3 y 4.

PUERTO MADERO, CHIS.  
LINEA E  
DIRECCION SUROESTE  
CONDICIONES MODIFICADAS  
(RELLENO DEL SENO DE ESCALLERA ORIENTE)

Fig. N° 2. 19

TABLA No. B-2

CONDICIONES MODIFICADAS

(DRAGADO DEL SENO ORIENTE)

DIRECCION SUROESTE

EJE	PERIODO EN SEGUNDOS				PROMEDIO	UBICACION
	10	12	14	16		
B		1.07	1.30	0.96	1.11	Entrada al canal de acceso (eje 3)
E		1.00	1.06	0.79	0.95	
G		0.96	0.94	0.79	0.90	
B		0.42	0.35	0.21	0.33	Sitio de senos (eje 27)
E		0.92	0.32	0.63	0.62	
G		0.50	0.15	0.42	0.36	
B		0.23	0.27	0.13	0.21	Entrada a las dársenas (eje 31)
E		0.58	0.32	0.42	0.44	
G		0.58	0.16	0.25	0.33	

### C. CONDICIONES MODIFICADAS (RELLENO SENO ORIENTE)

#### \*\* .DIRECCION SUROESTE

Con objeto de conocer los efectos del oleaje en la zona donde se localizan los senos de escolleras Oriente y Poniente, se realizaron los ensayos de agitación en dirección Suroeste con periodos de 12, 14 y 16 seg anulando el seno Oriente, para lo cual se rellenó éste con arena. De los resultados obtenidos se observa lo siguiente:

- \*. A la entrada del canal de acceso, los coeficientes  $K_D$  en promedio (periodos 12, 14 y 16 seg) son más grandes en el eje cercanos a la escollera Oriente que en el centro y en el de la escollera Poniente; siendo de 1.15, 0.84 y 0.83. respectivamente. Esta condición se presenta igual que en el ensayo efectuado antes del relleno del seno.
  
- \*. En lo que respecta al sitio de los senos de escolleras, en los ejes estudiados, se tienen los siguientes coeficientes promedios (en este caso se eligió el eje 22).

Eje B	0.33
Eje E	0.38
Eje G	0.29

- \*. En la parte final del canal (eje 31) se tiene para el eje G un coeficiente de 0.16 en los periodos de 12, 14 seg, pero en el de 16 seg es de 0.83, ascenso que se empieza a notar en el eje transversal 21.

- \*. Como puede verse, en la figura antes descrita, los coeficientes a partir de la entrada del canal de acceso descienden en forma más o menos normal, estabilizándose en el eje 20 en donde se mantiene estabilizado hasta el eje 31, a excepción del eje G que como ya se explicó en el inciso anterior, éste sufrió un ascenso considerable.
  
- \*. En la tabla No. B-3 se presentan los valores de los coeficientes  $K_D$  en los diferentes periodos ensayados (12, 14 y 16 seg) en donde han elegido los mismos sitios estudiados que en los casos anteriores, pero en este caso, debido a que en el eje 27 no se tienen lecturas completas por haberse tapado el seno, se tomaron los  $K_D$  del eje 22.

TABLA B-3

CONDICIONES MODIFICADAS (RELLENO DEL SENO ORIENTE)

DIRECCION SUROESTE

EJE	PERIODO EN SEGUNDOS				PROMEDIO	UBICACION
	10	12	14	16		
B		1.10	1.24	1.12	1.15	Entrada al canal de acceso (eje 3)
E		0.99	0.72	0.82	0.84	
G		0.93	0.82	0.75	0.83	
B		0.33	0.33	0.33	0.33	Sitio de senos (eje 22)
E		0.22	0.39	0.41	0.29	
G		0.16	0.31	0.41	0.29	
B		0.05	0.25	0.33	0.21	Entrada a las dársenas (eje 31)
E		0.19	0.27	0.58	0.35	
G		0.16	0.16	0.83	0.38	

#### 4.10 ENSAYOS CUALITATIVOS DE MOVIMIENTO DE MATERIAL

Para tener una idea del movimiento del material en el interior del puerto, se colocaron en el modelo diferentes tipos de materiales ligeros, de tal manera que pudieran ser transportados por el oleaje. Dichos materiales fueron: aserrín, con peso específico de  $1.52 \text{ kg/m}^3$  y  $D_{50} = 0.58 \text{ mm}$ ; café, con peso específico de  $1.36 \text{ kg/m}^3$  y  $D_{50} = 0.80 \text{ kg/m}^3$ ; y baquelita, con peso específico de  $2400 \text{ kg/m}^3$  y  $D_{50} = 0.40 \text{ mm}$ .

Después de realizar las pruebas con los materiales mencionados, se observó que el café dio mejores resultados, por lo que los ensayos con este material fueron los que se consideraron para observar la tendencia del movimiento del material, cuyos resultados fueron los siguientes:

##### A. CONDICIONES ACTUALES.

Por los motivos antes expuestos, para la ejecución de este ensayo se utilizó café, el cual fue colocado en forma de cuadros de  $10 \times 10 \text{ cm}$  por lado y  $2 \text{ cm}$  de espesor sobre la maya de puntos de medición utilizados para los ensayos de agitación, como se muestra en la foto No. 27.

Una vez colocado el material, se generó el oleaje y por medio de tomas de fotografía a determinado tiempo, según el movimiento del material, se determinó su tendencia de movimiento en el interior del puerto. En las fotos 18 a 37 se muestra una secuencia de los ensayos realizados para la dirección de oleaje Sur con periodo de  $16 \text{ seg}$ .



Foto No. 27. Colocación del material móvil sobre el modelo (café) al inicio del ensayo.

El ensayo para las condiciones actuales del puerto se llevó a cabo para la dirección Sur con un período de 16 seg y se observó que la tendencia de movimiento en la entrada del puerto fue uniforme hasta llegar aproximadamente al morro de la escollera Poniente a partir de éste el movimiento fue mayor en las cercanías de las escolleras y nulo en la parte central en donde prácticamente no se tiene movimiento del material, esto puede apreciarse en las fotos No. 33 a 37 .

Gráficamente se indican las velocidades obtenidas analíticamente como se menciona en el sub-inciso 4.10.c. Este fenómeno también coincide con el ensayo realizado para la misma dirección y periodo de 10 seg., como puede observarse en la foto No. 38.

#### B) CONDICIONES MODIFICADAS

Para las condiciones modificadas (dragado del seno Oriente), el ensayo de movimiento de material se realizó para la dirección Suroeste por ser la más desfavorable en cuanto a la penetración del oleaje, con períodos de 12 y 14 seg, observándose lo siguiente:

- a) Con el seno de escollera Oriente dragado a la -8.00 m el movimiento del material fue uniforme desde la entrada del puerto hasta 300 m despues del morro de la escollera poniente como puede verse en la foto No. 39. Después de éste límite el material se depositó en el centro del canal de acceso.

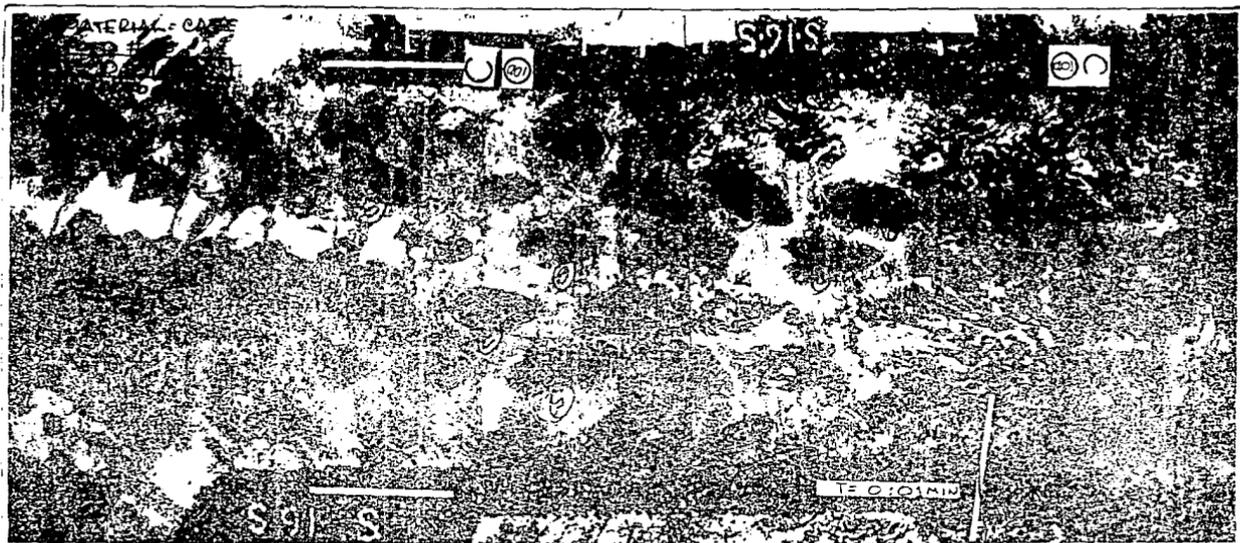


Foto No. 28. Movimiento del material a 1 min de iniciado el ensayo, provocado por un oleaje con dirección Sur y período de 16 seg.

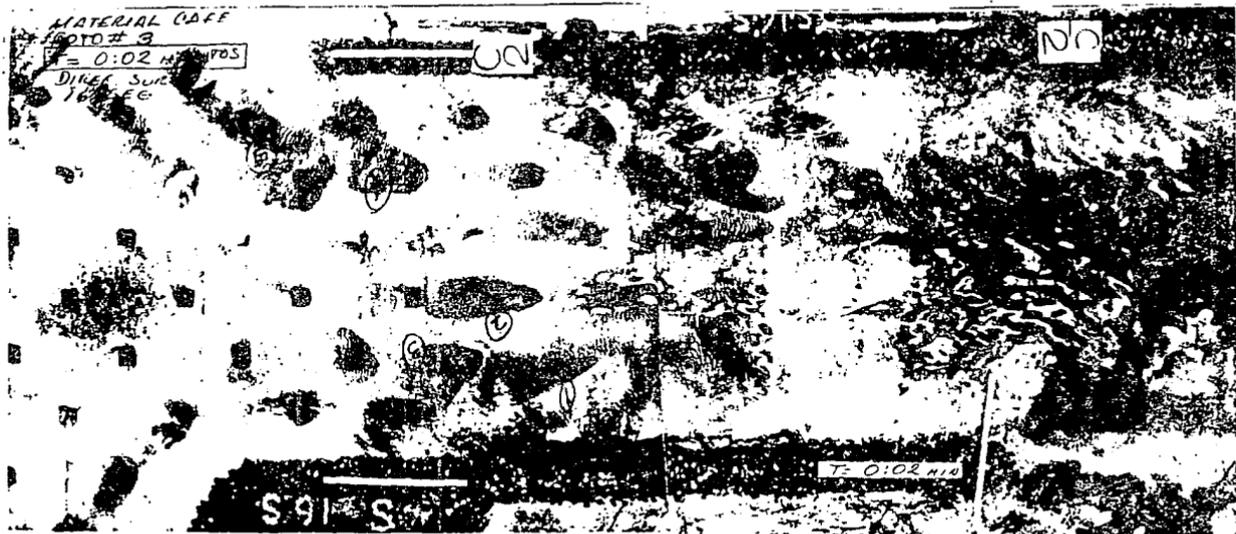


Foto No. 29. Movimiento del material a 2 minutos de iniciado el ensayo, provocado por un oleaje con dirección Sur y período de 16 seg.



Foto No. 30. Movimiento del material a 3 minutos de iniciado el ensayo, provocado por un oleaje con dirección Sur y período de 16 seg.

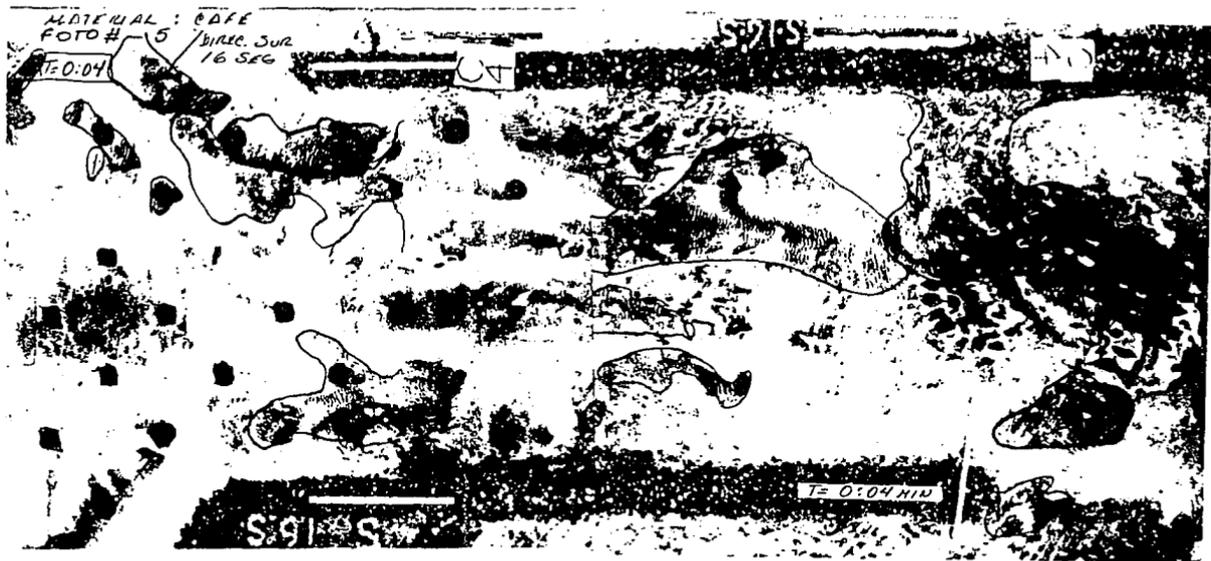


Foto No. 31. Movimiento del material a 4 minutos de iniciado el ensayo, provocado por un oleaje con dirección Sur y periodo de 16 seg.

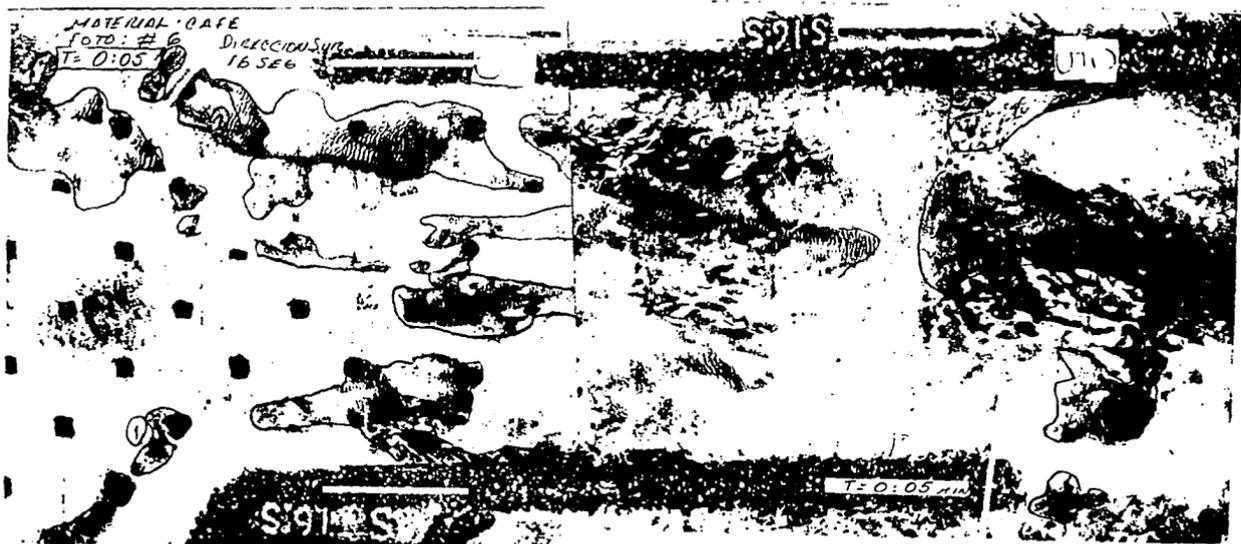


Foto No. 32. Movimiento del material a 5 minutos de iniciado el ensayo provocado por un oleaje con dirección Sur y período de 16 seg.



Foto No. 33. Movimiento del material a 10 minutos de iniciado el ensayo, provocado por un oleaje con --  
dirección Sur y período de 16 seg.

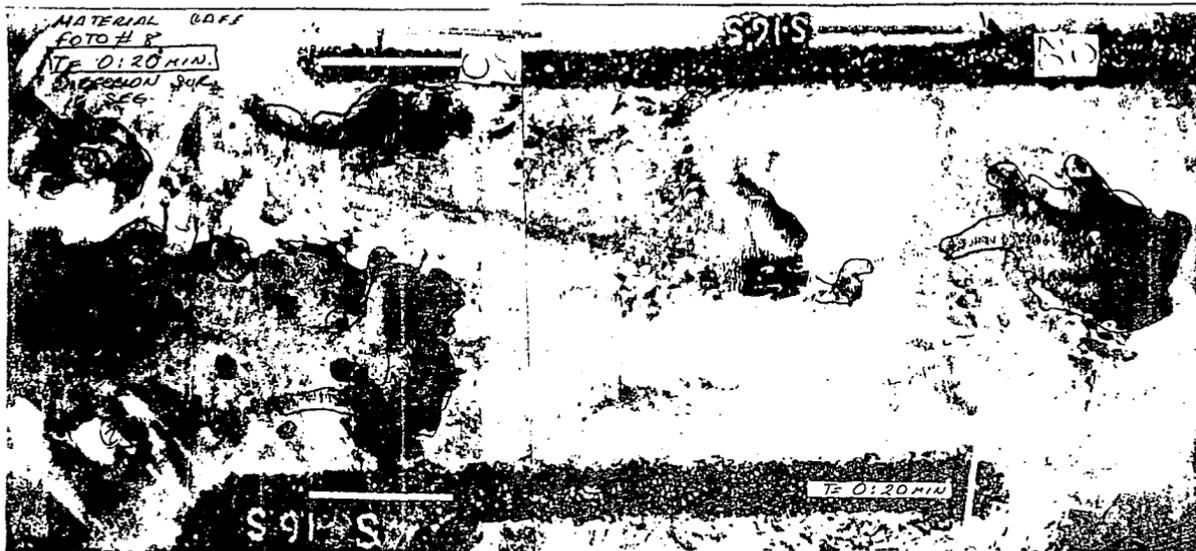


Foto No. 34. Movimiento del material a 20 minutos de iniciado el ensayo, provocado por un oleaje con dirección Sur y período de 16 seg.

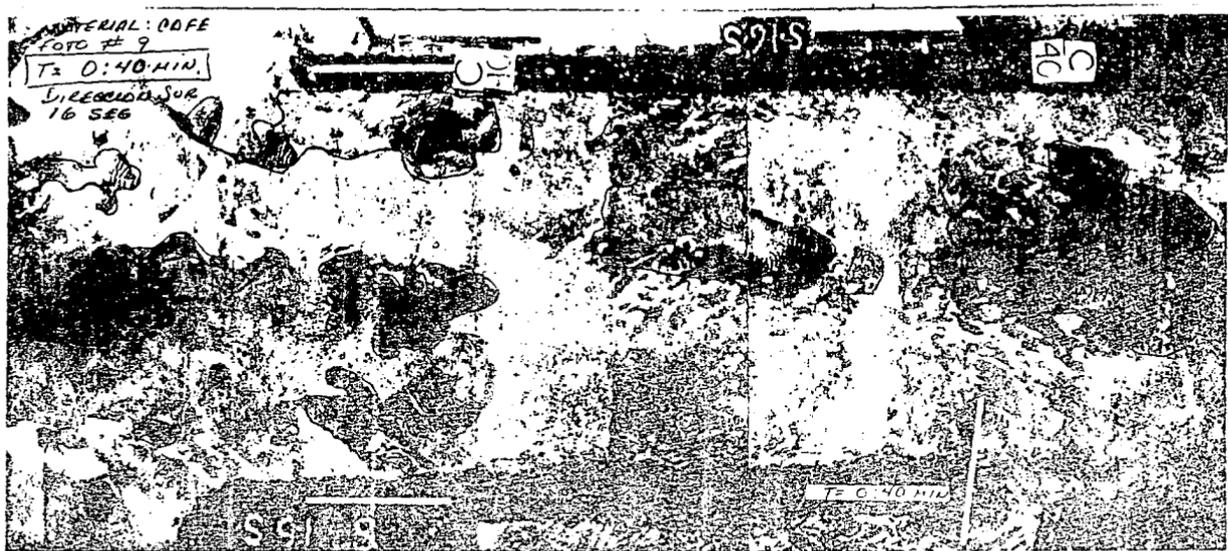


Foto No. 35. Movimiento del material a 40 minutos de iniciado el ensayo, provocado por un oleaje con dirección Sur y período de 16 seg.

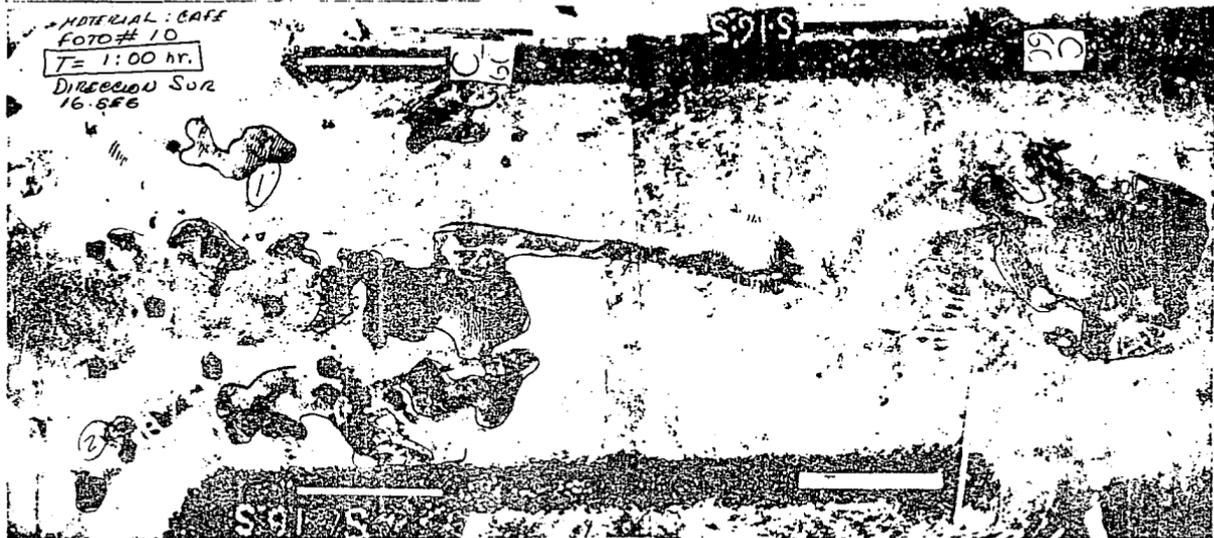


Foto No. 36. Movimiento del material a 60 minutos de iniciado el ensayo, provocado por un oleaje con dirección Sur y período de 16 seg.

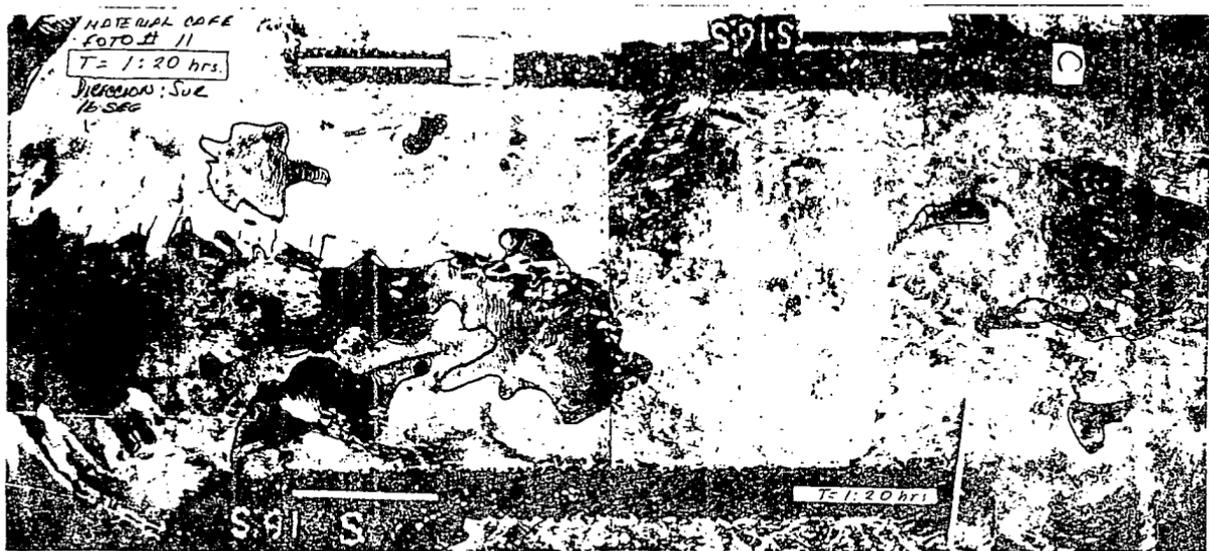


Foto No. 37. Movimiento del material a 80 minutos de iniciado el ensayo, provocado por un oleaje con dirección Sur y período de 16 seg.



FOTO No. 38 (Condiciones actuales) Movimiento del -  
material para T = 10 seg. Dirección Sur.

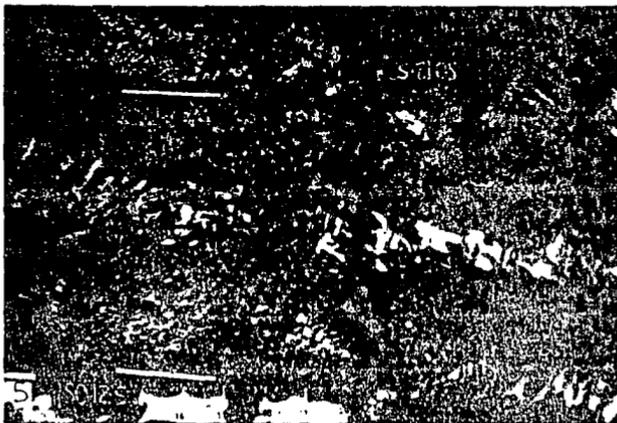


FOTO No. 39 Movimiento del material en el ensayo con dirección Suroeste - y T = 12 seg. (Dragado del se no de escollera oriente).



FOTO No. 40 Movimiento del material en el ensayo con dirección Suroeste  
T = 12 seg. (Sin el seno de -  
escollera oriente).



FOTO No. 41 Movimiento del material en el ensayo con dirección Suroeste - y T = 14 seg. (Sin el seno de escollera oriente).

- b) Sin el seno de escollera Oriente (rellenado con arena) el movimiento del material fué semejante al anterior depositándose frente al seno oriente y arranque de las escolleras, como puede observarse en las fotos No. 40 y 41.

### C. VELOCIDADES MAXIMAS DE CORTE SOBRE EL FONDO

Para comprobar lo observado en los ensayos cualitativos de movimiento del material, para la dirección SW y período de 16 seg, se calculó la velocidad máxima de corte sobre el fondo que produciría el oleaje, el cual se expresa como:

$$U_{*max} = \left( \frac{8\nu U_{max}^2}{\pi T} \right)^{1/4}$$

Donde:

$\nu$ , viscosidad cinemática del fluido, en  $m^2/seg$

$\pi$ , constante 3.1416

T, período del oleaje, en seg

$U_{max}$ , velocidad orbital máxima y es igual a:

$$U_{max} = \frac{\pi H}{T \operatorname{Senh} \frac{2\pi d}{L}}$$

H, altura de la ola, en m

d, profundidad del agua, en m

L, longitud de la ola, en m.

Los resultados de estos cálculos para cada punto de medición, en las condiciones actuales y con las modificaciones propuestas se muestran en las tablas No. C-1 a C-18.

En el plano V-1 (ver anexo) se muestran en forma gráfica los resultados de la velocidad cortante en cada punto de medición en el modelo, así como el valor de la velocidad crítica, para un período de 16 seg y dirección de oleaje SW. En dichas gráficas se puede observar que en todos los puntos que quedan por arriba de la línea que marca la velocidad crítica, el material se moverá y por el contrario, las zonas donde el material no se moverá, estarán indicadas por los puntos localizados por debajo de la línea de velocidad crítica.

**CAPITULO V**

## 5. SOLUCIONES PROPUESTAS

Para evitar que el material transportado por el oleaje hacia el interior del puerto se acumule en la zona de bifurcación de los canales interiores que comunican a la dársena de pesca, hacia el Oriente; y a la dársena de la armada hacia el Poniente, se proponen las siguientes obras, de acuerdo con los estudios experimentales

### 5.1 DRAGADO DEL SENO ORIENTE

Este dragado permitirá crear una zona de depósito, donde la arena se acumulará, evitando de esta manera que dicho material siga su curso y se acumule en los canales interiores. Una vez retenida una cierta cantidad de material, éste deberá ser retirado del seno dragado, para evitar que pierda su capacidad de retención y se repitan los problemas que en la actualidad se presentan. Las dimensiones de la zona a dragar se muestran en el plano de proyecto No. P-1 (ver anexo).

### 5.2 ESPIGON INTERIOR

La función del espigón interior será el evitar que la arena atrapada en el seno Oriente se desplace hacia los canales interiores.

### 5.3 DISEÑO DEL ESPIGON INTERIOR

#### OLA DE DISEÑO

Para definir la ola de diseño, se analizaron 3 criterios, 2 considerando un oleaje extremal (ciclónico) y uno considerando el oleaje rompiente.

1°) Criterio de STEVENSON <sup>(7)</sup>

Según este criterio, la altura de la ola en el interior de un puerto se puede obtener la siguiente relación:

$$H_D = H_i \left[ \left( \frac{b}{B} \right)^{1/2} - 0.02(D)^{1/4} \left( 1 + \sqrt{\frac{b}{B}} \right) \right]$$

Donde:

$H_D$  = altura de la ola en el interior del puerto, en ft

$H_i$  = altura de la ola incidente, en ft

$b$  = ancho a la entrada del puerto, en ft

$B$  = ancho del puerto en el punto donde se requiere conocer  $H_D$ , en ft

$D$  = distancia desde la entrada del puerto al punto donde se requiere conocer  $H_D$ , en ft.

Si se considera como ola incidente la ola ciclónica de diseño para la prolongación de la escollera Este que fue de 5.22 m (17.11 ft) (8), se tiene, de acuerdo con la fórmula anterior, que la ola frente al morro del espigón, interior será de  $H_D = 2.80$  m, determinada con los datos siguientes:  $b = 1147.54$  ft,  $B = 1816.39$  ft y  $D = 2655.74$  ft.

## 2°) Método Gráfico de JOHNSON <sup>(6)</sup>

Este método se basa en la selección de uno de los diagramas de difracción de Johnson, el cual estará en función de la relación de ancho de la entrada del puerto (B) a la longitud de la ola a la entrada del mismo (L), la cual a su vez estará en función del período del oleaje.

Para el caso de Puerto Madero si analizamos el oleaje ciclónico considerado para el diseño de la prolongación de la escollera Este con un período de 16 seg, se tiene que la longitud de la ola a la entrada del puerto, considerando una profundidad de 9.0 m, será de  $L = 146.7$  m calculada con la ecuación:

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

Donde:

- $g$ , aceleración de la gravedad, en  $m/seg^2$
- $T$ , período del oleaje, en seg
- $\pi$ , constante adimensional
- $d$ , profundidad del agua

Con la longitud anterior y el ancho de la entrada del puerto que es de  $B = 350$  m, se tiene una relación de :

$$\frac{B}{L} = 2.38$$

Como en los diagramas de Johnson no aparece esta relación, se considera la más próxima :

$$B/L = 2.5$$

Con esta relación se eligió el diagrama correspondiente, el cual se amplió a la escala. Una vez ampliado el diagrama, se sobrepuso al plano del puerto, obteniéndose con esto que en la zona donde se ubicará el morro del espigón, se tendrá un coeficiente de difracción  $K' = 0.78$ .

Si se considera que el coeficiente de difracción es igual a  $k' = H_d/H_i$  y si la ola a la entrada del puerto es la ola ciclónica con altura  $H = 5.22$  m, se tendrá que la ola frente al morro del espigón será:

$$H_d = K' H_i = 0.78 \times 5.22 = 4.07 \text{ m}$$

### 3°) Criterio de GALVIN <sup>(6)</sup>

Este criterio permite conocer la altura de la ola rompiente frente a una estructura, la cual estará influenciada por la profundidad crítica del agua frente a la estructura, la pendiente de la playa frente a la obra, la pendiente de la ola incidente y la distancia de recorrido de la rompiente.

Según este criterio, la altura de la ola rompiente se obtiene con:

$$H_b = \frac{d_s}{\beta - m \tau_p}$$

Donde:

$d_s$ , profundidad del agua frente a la estructura

$\beta$ , es una relación de profundidad de rompiente a altura de ola rompiente ( $d_b/H_b$ )

$m$ , es la pendiente de la playa

$\tau_p$ , es la distancia de recorrido e igual a  $x_p/h_b$  siendo  $x_p = \tau_p$

$H_b = (4-9.25 \text{ m}) H_b$ .

Puesto que  $\beta$  en la ecuación anterior no puede conocerse directamente sino hasta después de calcular el valor de  $H_b$ , la solución de esta ecuación se presenta en forma gráfica en la referencia 9.

De acuerdo con el criterio anterior y considerando que el morro del espigón estará a 2.0 m de profundidad, el Nivel de Pleamar Media Superior (N.P.M.S.)  $a = 1.475$  m sobre el Nivel de Bajamar Media Inferior (N.B.M.I.) y la pendiente de la playa frente a la estructura es de 0.025, se tiene que la altura de la ola rompiente considerando un oleaje normal de 8 seg de período, será de  $H_b = 3.24$  m.

De estas tres alturas de ola determinadas se eligió como ola de diseño, una ola de 3.0 m, la cual puede considerarse como la ola promedio encontrada con los métodos analizados.

Peso de los elementos de las capas constitutivas del espigón:

A) Peso de los elementos de coraza

Para el cálculo del peso de los elementos de coraza del espigón se utilizó la fórmula de Hudson, la cual se expresa como:

$$P = \frac{\delta_s H^3}{K_D (S_{r-1})^3 \cot \theta}$$

Donde:

P = peso de los elementos de coraza, en kg o ton

$\delta_s$  = peso específico de los elementos de coraza,  $\text{kg/m}^3$  ó  $\text{ton/m}^3$

H = altura de la ola de diseño, en m

$K_D$  = coeficiente de trabazón

$S_r$  = densidad relativa del material en  $\delta_s/\delta_w$

$\delta_w$  = peso específico del agua de mar =  $1.025 \text{ ton/m}^3$

$\theta$  = pendiente de la estructura.

Considerando los siguientes datos de diseño : H = 3.0 m,  $\delta_s = 2.6 \text{ ton/m}^3$ ,  $K_D$  morro = 2.8 y talud de la estructura 2:1, se tiene que el peso de los elementos de coraza será de:

$$P = \frac{2.6 \times 3^3}{2.8 (1.53)^3 2} = \frac{70.2}{20.056} = 3.50 \text{ ton}$$

b) Peso de los elementos de la capa secundaria

$$P_s = \frac{3.50}{10} = 350 \text{ kg}$$

c) Peso de los elementos del núcleo

$$P_N = \frac{3.5}{200} = 17.5 \text{ a } P_N = \frac{3.5}{4000} = 0.875 \text{ kg}$$

Considerando las recomendaciones dadas en el Shore Protection Manual (9) para los rangos de pesos aceptables que son para la coraza  $\pm 25\%$  y para la capa secundaria  $\pm 30\%$  se tendrá:

CAPA	PESO TEORICO	RANGO PRACTICO
MORRO	3.5 ton	4.3 a 2.6 ton
CAPA SECUNDARIA	350 kg	455 a 245 kg
NUCLEO	0.875 kg	17.5 a 1.0 kg

Sin embargo para aprovechar la explotación de la pedrera donde se obtendrán los pesos de los elementos para el recargue y prolongacion de la escollera Este (8), se consideraron estos mismos pesos para la construcción del espigón, los cuales serán:

CAPA	ELEMENTO
CORAZA	Roca de 3 a 8 ton
CAPA SECUNDARIA	Roca de 500 a 1000 kg
NUCLEO	Roca de 5 a 500 kg

Como puede observarse, estos pesos son superiores a los determinados teóricamente por lo que se está del lado de la seguridad.

Espesores de cada capa, elevaciones y anchos de corona

a) Espesor de la coraza y capa secundaria

Los espesores de la coraza y capa secundaria se obtuvieron con la siguiente fórmula:

$$e = N K_{\Delta} \left( \frac{P}{\delta S} \right)^{1/3}$$

Donde:

$e$  = espesor de la capa, en m

$N$  = número de capas (se consideraron 2 capas en este caso)

$K_{\Delta}$  = coeficiente de capa = 1.0 (Ref. 8)

$P$  = peso promedio del elemento en cada capa, kg ó ton (para este caso)

$\delta_s$  = peso específico del elemento, ( $\delta_s = 2.6 \text{ ton/m}^3$  en este caso)

Sustituyendo los valores de cada parámetro en la fórmula anterior, se tiene:

Espesor de la coraza

$$e = 2 \times 1 \left( \frac{5500}{2600} \right)^{1/3} = 2.56 \text{ m}$$

Espesor de la capa secundaria

$$e = 2 \times 1 \left( \frac{750}{2600} \right)^{1/3} = 1.32 \text{ m}$$

b) Elevaciones y anchos de corona.

Para determinar las elevaciones de cada capa, se partió de la elevación del núcleo, al cual se le dió una cota de +1.25 sobre el Nivel de Bajamar Media Inferior (N.B.M.I.), debido a que ésta es la elevación del núcleo de las escolleras construídas con anterioridad en el sitio.

De acuerdo con la elevación anterior y los espesores de cada capa, se obtuvieron las restantes elevaciones para la capa secundaria y coraza quedando:

Elev. capa sec:        1.25    elev. núcleo  
                  + 1.32    esp. capa sec.  
                  + 2.57 m sobre el N.B.M.I.

Elev. coraza:         2.57    elev. capa sec.  
                  + 2.56    esp. coraza  
                  + 5.13 m sobre el N.B.M.I.

Con respecto al ancho de las coronas de cada capa, se partió del ancho dado al núcleo, que fue de 4.0 m, tomando en cuenta el procedimiento constructivo del mismo, el cual supone una superficie de rodamiento sobre el mismo.

En base a tal ancho y a los taludes y espesores de las capas, se determinaron analíticamente los anchos de la capa secundaria y coraza.

### C) Longitud y forma del espigón

La longitud del espigón se determinó de tal manera, que el morro del mismo terminara a 20 m aproximadamente antes del inicio del talud de dragado del seno Oriente, lo cual, de acuerdo con el último levantamiento batimétrico considerado (plano No. P-1 ver anexo) dicho morro llegaría hasta la profundidad de -2.00 m.

En cuanto a la forma en planta, ésta se determinó en función de la curvatura del canal de acceso hacia la dársena de pesca.

De esta manera, el espigón tendrá una longitud total de 214.71 m, considerando un tramo curvo de 157.71 m y un tramo recto en su inicio de 57.00 m.

El proyecto del espigón se indica en el plano No. P-1 (ver anexo).

## CAPITULO VI

CLAVE	SECCION Y ELEMENTO.
I	NUCLEO (CUERPO) PIEDRA DE 5 a 1000 kg.
II	CAPA SECUNDARIA (CUERPO) PIEDRA DE 1 a 3 TON. (2 CAPAS)
III	CORAZA (CUERPO) PIEDRA DE 8 a 12 TON. (2 CAPAS)
IV	CORAZA PIEDRA DE 3 a 5 TON. (3 CAPAS)

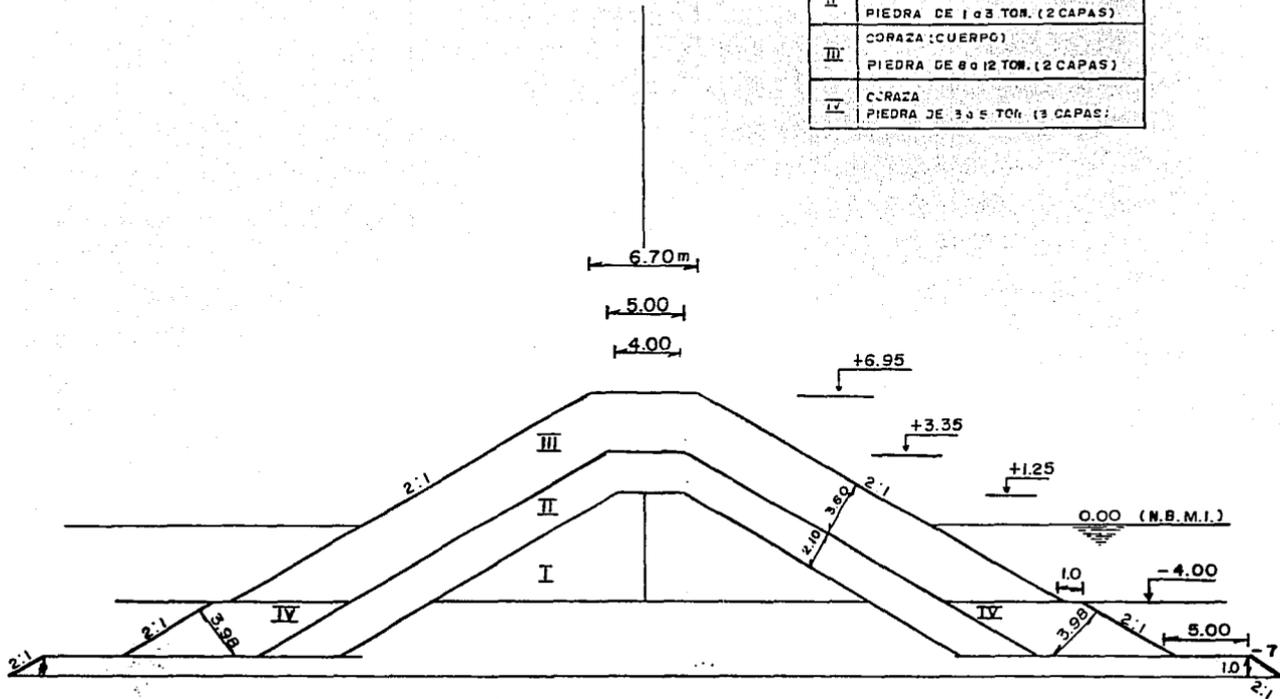


FIG.3.1.- SECCION CUERPO A LA -8.00 EN PROTOTIPO

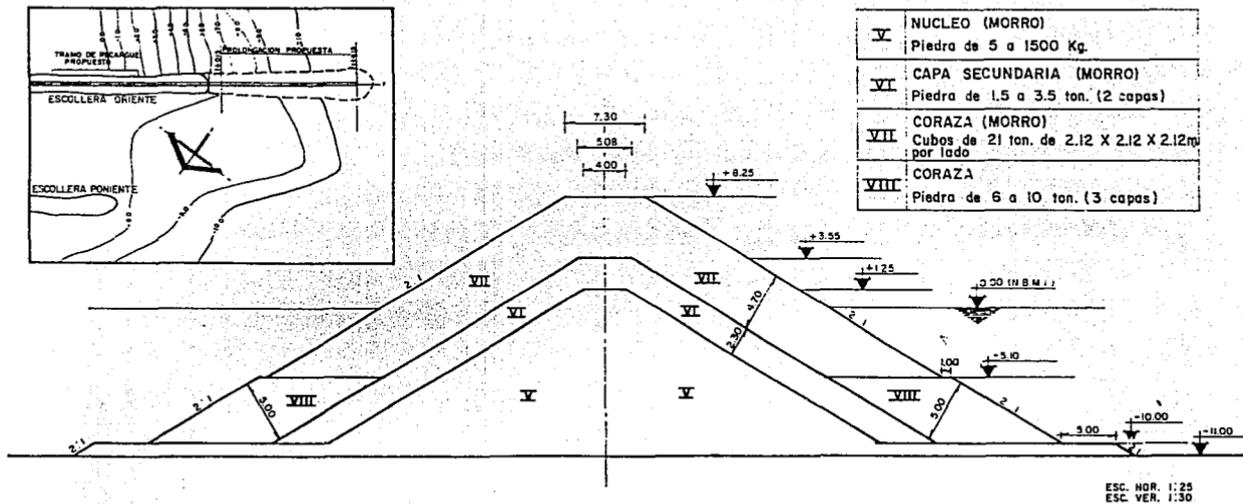


Fig. 3.2.- Sección Morro de la prolongación de la Escollera Oriente de Puerto Madero, Chis.

## 6.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Después de ensayar el modelo y analizar la información obtenida se pueden establecer las siguientes conclusiones y recomendaciones:

a) En los ensayos de penetración de oleaje, se observó que la dirección Suroeste provoca una mayor agitación en le seno de la escollera Este, tanto para condiciones actuales como para la alternativa consistente en dragar dicho seno a la profundidad de -8 m.

b) Las velocidades resultantes producidas por el movimiento orbital del oleaje fueron mayores en la zona interior de la escollera Este, disminuyendo frente a los senos de ambas escolleras.

c) Respecto a la tendencia del movimiento del material colocado en el modelo, se observo que este fué transportado por el oleaje y colocado en el centro del canal de acceso y en el seno de la escollera Este.

d) De los ensayos de estabilidad de la prolongación de la escollera Este, se obtuvieron daños del 5% y 0% para el cuerpo y morro, respectivamente, en el diseño considerado.

De acuerdo a las conclusiones anteriores se recomienda :

1) Dragar el seno de la escollera Este hasta la profundidad de -8 m de acuerdo a la geometría indicada en el plano de proyecto No.P-1 (ver anexo).

2) Entre el seno dragado y el canal interior hacia la darsena de pesca, deberá construirse un espigón con las características indicadas en el plano antes mencionado, el cual servirá para evitar que la arena que se acumule en dicho seno sea transportada hacia el interior del canal de pesca.

3) Una vez que el seno Oriente se azolve, deberá retirarse el material acumulado para que dicho seno siga funcionando como trampa de oleaje y de azolves.

4) Dado que al dragar el seno Oriente se afectarán los terrenos donde actualmente se encuentran los casinos de oficiales de la armada, se recomienda se hagan las gestiones respectivas para que dichos casinos sea reubicados.

5) Para dar cabida a que en la zona de pesca puedan llegar embarcaciones tipo atuneras; resulta necesario dragar un canal de 7.50 m. de profundidad y 91 m. de ancho de plantilla, con la localización indicada en el plano No. P-1 (ver anexo).

TABLA No. C-14  
 PUERTO MADERO, CHIS.  
 TABLA DE VELOCIDAD PROVOCADA POR EL OLEAJE  
 VELOCIDAD Y ESFUERZO CORTANTE.

SIN SENO DE ESCOLLERA T=16 DIR SW  
 LINEA C.

	V	V*	TC
1	0		
2	1.42032	.0238691	.583979
3	1.07138	.0207307	.440506
4	0		
5	.779935	.0176877	.320677
6	0		
7	1.23246	.0222346	.506738
8	0		
9	.817285	.0181063	.336034
10	0		
11	.73624	.0171851	.302712
12	0		
13	1.09774	.0209842	.451346
14	0		
15	.936629	.0193833	.385103
16	1.08826	.0208934	.447448
17	.852436	.0184916	.350487
18	.794288	.0178497	.326579
19	.802472	.0179415	.329943
20	.688716	.0166212	.283172
21	.429641	.0131279	.176651
22	000000		
23	000000		
24	000000		
25	000000		
26	000000		
27	000000		
28	.860748	.0185815	.353904

Nota: La numeración corrida a los puntos fijados en el modelo, por lo que en esta tabla el No. 1 corresponde al punto No. 3 y así sucesivamente.

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

TABLA No.C-15

PUERTO MADERO, CHIS.

TABLA DE VELOCIDAD PROVOCADA POR EL OLEAJE  
VELOCIDAD Y ESFUERZO CORTANTE

SIN SENO DE ESCOLLERA T=16 DIR SW  
LINEA D

	V	V*	TC
1	1.10573	.0210604	.45463
2	1.23529	.0222601	.507901
3	1.02245	.0202518	.420391
4	0		
5	1.36616	.0234096	.561708
6	0		
7	1.4187	.238555	.583312
8	0		
9	1.16765	.0216421	.48009
10	0		
11	.983703	.0198644	.404458
12	0		
13	0		
14	.930798	.0193228	.382706
15	0		
16	.961783	.0196418	.395446
17	1.07493	.0207651	.441969
18	1.04869	.02051	.431177
19	1.05089	.0205316	.432083
20	1.04055	.0204303	.427832
21	.918564	.0191954	.377676
22	.900172	.0190023	.370114
23	.822361	.0181624	.338121
24	.751984	.0173679	.309185
25	.853636	.0185046	.35098
26	.519699	.0144384	.213679
27	.514046	.0143597	.211355
28	.451353	.0134555	.185578
29	.722481	.0170238	.297055

Nota: La numeración corrida corresponde a los puntos fijados en el modelo, por lo que en esta tabla el No. 1 corresponde al punto No.3 y así sucesivamente.

TABLA No.C-16  
 PUERTO MADERO, CHIS  
 TABLA DE VELOCIDAD PROVOCADA POR EL OLEAJE  
 VELOCIDAD Y ESFUERZO CORTANTE.

SIN SENO DE ESCOLLERA T-16 DIR SW  
 LINEA E

	V	V*	TC
	V	V*	TC
1	1.05	.0205228	.431716
2	1.02188	.0202462	.420154
3	.927069	.0192841	.381173
4	0		
5	1.13253	.0213142	.465651
6	0		
7	1.22826	.0221987	.505009
8	0		
9	1.02685	.0202953	.422197
10	0		
11	.812416	.0180523	.334032
12	0		
13	.923184	.0192436	.379575
14	0		
15	.749116	.0173348	.308006
16	.868468	.0186647	.357078
17	.841562	.0183732	.346016
18	.637616	.0159927	.262161
19	.709644	.0168719	.291776
20	.702381	.0167853	.28879
21	.697058	.0167216	.286601
22	.668732	.0163783	.274955
23	.591113	.0153985	.243041
24	.736682	.0171903	.302893
25	.522909	.0144829	.214999
26	.522909	.0144829	.214999
27	.662762	.016305	.272501
28	.77164	.0175934	.317267

Nota: La numeración corrida corresponde a los puntos fijados en el modelo, por lo que en esta tabla el No. 1 corresponde al punto No. 3 y así sucesivamente.

TABLA No. C-17  
 PUERTO MADERO, CHIS.  
 TABLA DE VELOCIDAD PROVOCADA POR EL OLEAJE  
 VELOCIDAD Y ESFUERZO CORTANTE.

SIN SENO DE ESCOLLERA T=16 DIR SW  
 LINEA F

	V	V*	TC
1	1.44705	.0240927	.594969
2	1.5538	.0249655	.638858
3	1.35506	.0233143	.557146
4	0		
5	1.65072	.0257324	.678709
6	0		
7	1.65072	.0257324	.678709
8	0		
9	1.83102	.0271012	.752839
10	0		
11	1.44381	.0240657	.593635
12	0		
13	1.02151	.0202425	.420003
14	0		
15	.7825	.0177168	.321732
16	.551147	.0148688	.226809
17	.617637	.0157402	.253947
18	.616124	.0157209	.253325
19	.749099	.0173345	.307999
20	.890912	.0189043	.366306
21	1.0394	.020419	.427358
22	.729148	.0171022	.299796
23	.853526	.0185034	.350935
24	1.04055	.0204303	.427832
25	1.15311	.0215069	.4741211
26	.426763	.0130839	.175467
27	.939842	.0194165	.386424
28	1.46799	.0242663	.603577

Nota: La numeración corrida corresponde a los puntos fijados en el modelo, por lo que en esta tabla el No. 1 corresponde al punto No. 3 y así sucesivamente.

TABLA No.C-18  
 PUERTO MADERO, CHIS.  
 TABLA DE VELOCIDAD PROVOCADA POR EL OLEAJE  
 VELOCIDAD Y ESFUERZO CORTANTE.

SIN SENO DE ESCOLLERA T=16 DIR SW  
 LINEA G

	V	V*	TC
1	1.06395	.0206587	.437451
2	1.35997	.0233565	.559164
3	1.18634	.0218146	.487773
4	0		
5	1.23728	.0222781	.50872
6	0		
7	1.34553	.0232322	.553228
8	0		
9	1.45957	.241986	.600114
10	0		
11	1.07865	.0207817	.442675
12	0		
13	.828513	.182303	.340651
14	0		
15	.589907	.0153828	.242545
16	.45959	.0135778	.188965
17	.302471	.011015	.124364
18	.295034	.0108788	.121306
19	.800177	.0179158	.329
20	.985299	.0198805	.526504
21	1.28054	.0226841	.526504
22	1.23854	.0222894	.509236
23	1.20027	.0219423	.4935
24	.966071	.0196855	.397109
25	1.04404	.0204645	.429266
26	.607521	.0156107	.249788
27	.671406	.016411	.276055
28	.885492	.0188467	.364078

Nota: La numeración corrida corresponde a los puntos fijados en el modelo, por lo que en esta tabla el No. 1 corresponde al punto No. 3 y así sucesivamente.

TABLA No.C-12  
 PUERTO MADERO, CHIS.  
 TABLA DE VELOCIDAD PROVOCADA POR EL OLEAJE  
 VELOCIDAD Y ESFUERZO CORTANTE.

ESCOLLERA CURVA T=16 DIRECCION SUROESTE  
 LINEA G

	V	V*	TC
1	0		
2	0		
3	1.11275	.0211272	.457517
4	1.41398	.0238157	.581369
5	1.79446	.0268293	.737807
6	1.67068	.0258875	.686917
7	1.95663	.0280155	.804488
8	2.02143	.0284756	.831131
9	2.17095	.0295099	.892603
10	2.53174	.0318678	1.04095
11	2.28134	.0302509	.937993
12	2.09938	.0290194	.863177
13	2.12605	.0292031	.874143
14	1.50386	.024561	.618324
15	1.5874	.025234	.652675
16	1.45243	.0241374	.597178
17	1.16488	.0216164	.478951
18	.919181	.0192019	.37793
19	.72593	.0170644	.298473
20	.619572	.0157648	.254742
21	.600133	.0155155	.24675
22	.591179	.0153994	.243069
23	.320134	.0113321	.131626
24	.722481	.0170238	.297055
25	1.20027	.0219423	.4935
26	.201265	8.98518E-03	.0827518
27	.745742	.0172957	.306619
28	.607521	.0156107	.249788
29	.335703	.0116043	.138027
30	.387403	.0124659	.159284
31	0000000		

Nota: La numeración corrida corresponde a los puntos fijados en el modelo, por lo que en esta tabla el No. 1 corresponde a la línea No. 3 y así sucesivamente. (la línea 3 se encuentra a 100 m del frente del morro de la escollera oriente).

TABLA No. 10  
 PUERTO MADERO, CHIS.  
 TABLA DE VELOCIDADES PROVOCADA POR EL OLAJE  
 VELOCIDAD Y ESFUERZO CORTANTE.

CONDICIONES INICIALES T+16 SEG. DIRECCION SW  
 LINEA B

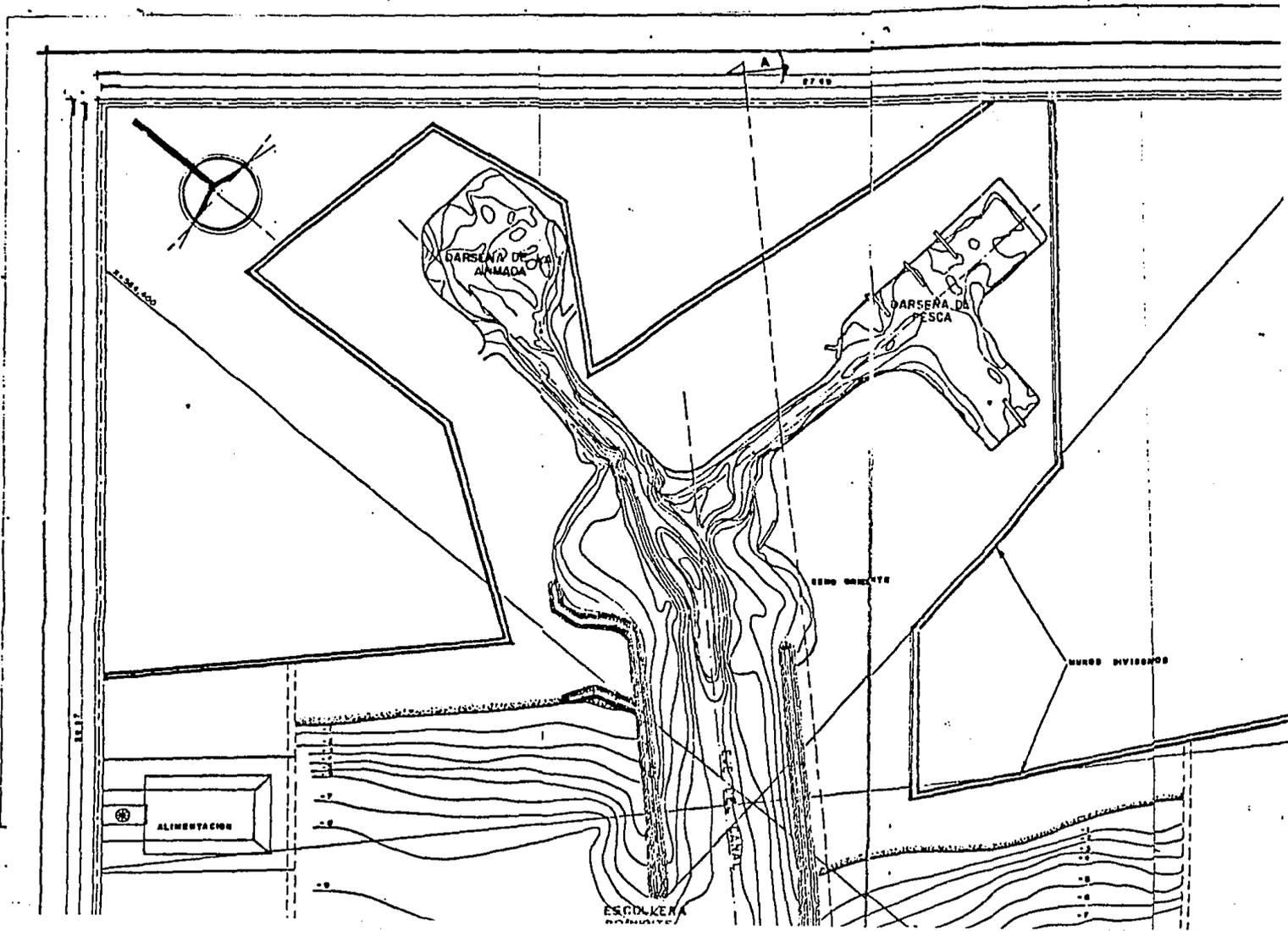
	V	V*	TC
1	1.23192	.0222297	.506515
2	1.13798	.0213654	.46789
3	1.189	.21839	.488866
4	1.32765	.0230773	.545877
5	1.20988	.2203	.497455
6	1.31373	.022956	.540153
7	1.254424	.0224302	.515693
8	1.21574	.0220833	.499863
9	1.0143	.020171	.41704
10	.947948	.0195	.389757
11	.947948	.0195	.389757
12	.612787	.0156783	.251953
13	.471308	.0137498	.193783
14	.533557	.0146296	.219377
15	.890268	.0188975	.366041
16	.889261	.0188868	.365627
17	1.07884	.0208028	.443575
18	.849182	.0184562	.349149
19	.787253	.0177705	.323686
20	4.25912	.0413336	1.75117
21	1.82654	.0270681	.750999
22	1.34019	.023186	.55103
23	1.39063	.0236183	.571772
24	1.75927	.026565	.723341
25	1.06336	.020653	.437209
26	.493747	.0140733	.203009
27	.336035	.0116101	.138164

Nota: La numeración corrida corresponde a los puntos fijados en el modelo, por lo que en esta tabla el no. 1 corresponde al punto No. 3 y así sucesivamente.

## REFERENCIAS

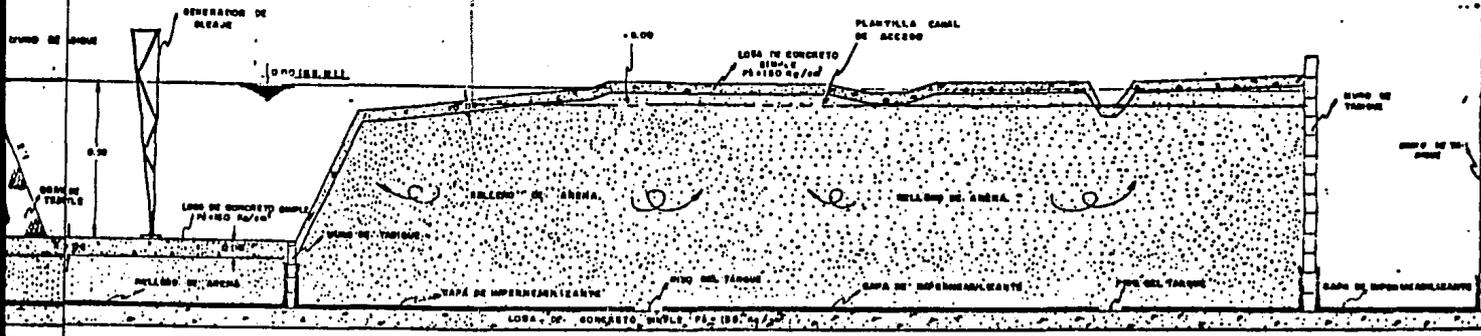
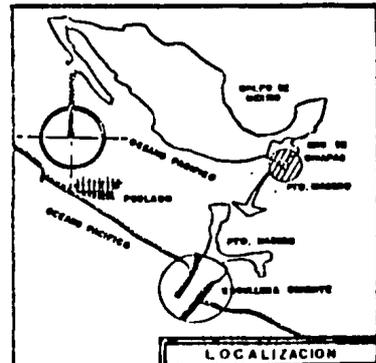
1. Tablas de predicción de Mareas para el Océano Pacífico de 1990. Instituto de Geofísica de la U.N.A.M.
2. Atlas of Sea and Swell Charts. Zona No. 8.
3. Informe de la Residencia de Obras Marítimas de Puerto Madero, Chis.
4. Estudio de Acarreos y Estabilidad en Puerto Madero, Chis. CIFSA Consultores. Enero de 1988.
5. Diagramas de Lenz. Planos No. E y B 77,28 A y B. Secretaria de Marina. 1970-1975.
6. Mediciones de oleaje efectuadas en el puerto y enviadas a la Subgerencia en oficio No. PM-34-R/1-2-155 del 31 de octubre de 1990.
7. Design and Construction of Ports and Marine Structures. Alonzo de F. QUINN.
8. Estudio de la evolución de la línea de playa para establecer las obras de protección contra el azolvamiento en Puerto Madero, Chis.
9. Shore Protection Manual, 1984 U.S. Army. Coastal Engineering Research Center.
10. Reporte de la comisión a Puerto Madero, Chis. agosto de 1990 elaborado por personal del Laboratorio Hidráulico de obras Marítimas de la S.C.T.

**A N E X O**



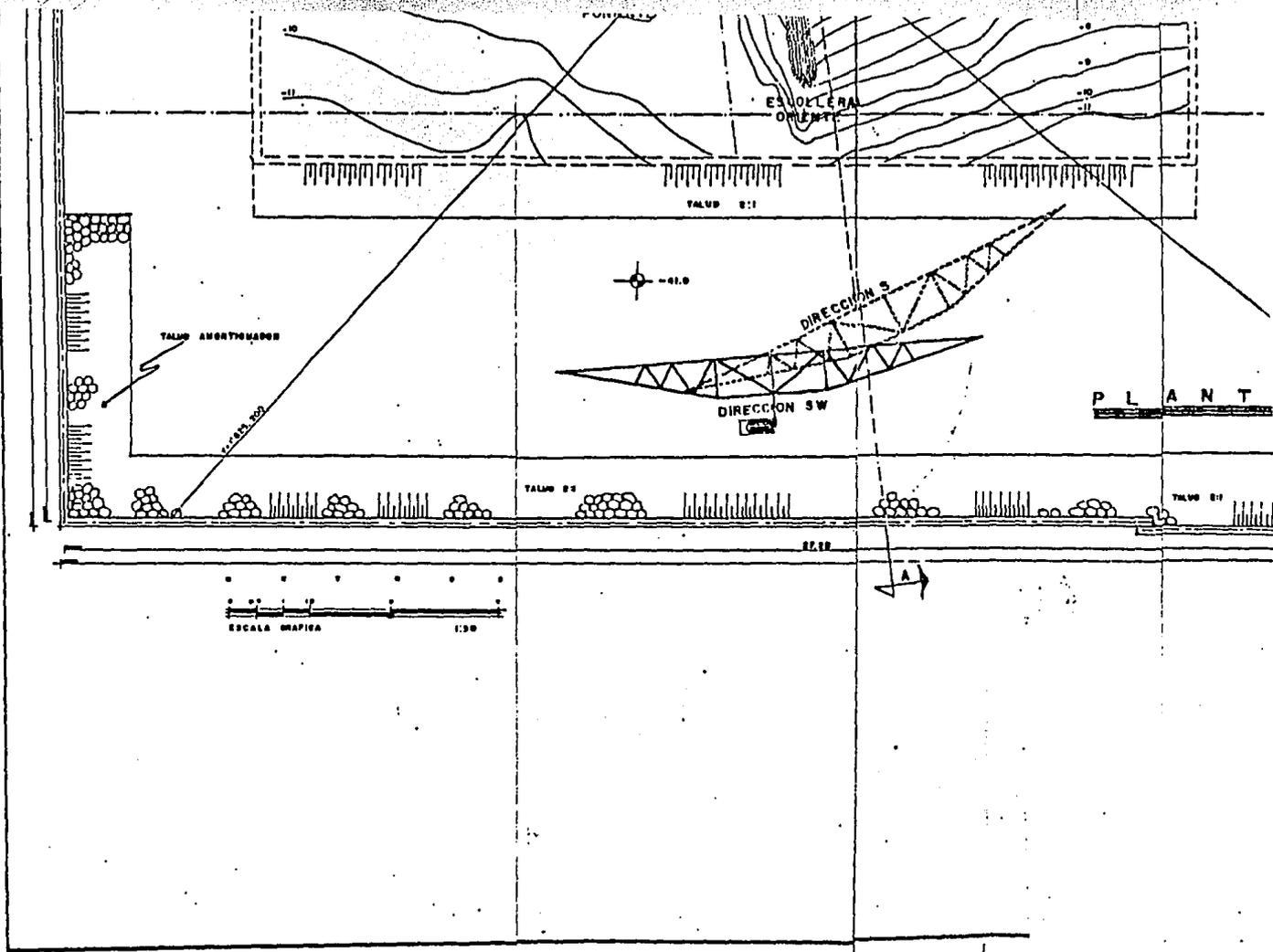


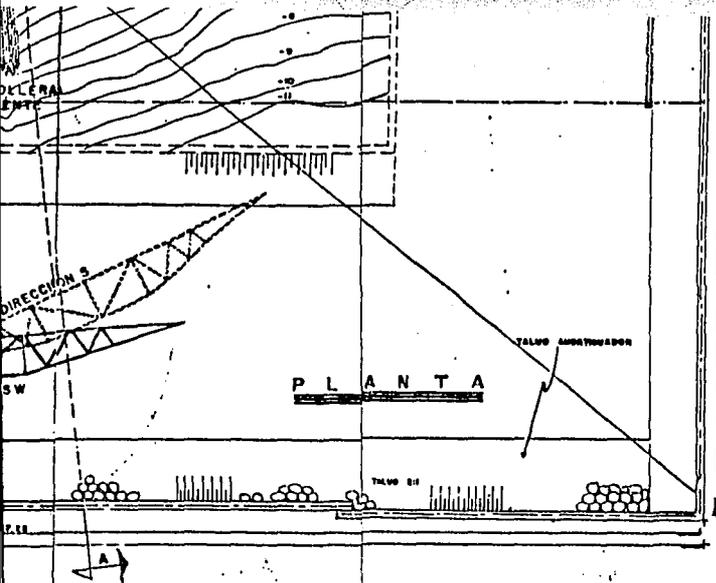
2.08-619-11b



CORTE A-A

MATERIAL DE CONSTRUCCION





MATERIAL ELÉCTRICO			
Nº	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
1	Cable para tubo PVC corchete pasado 1/2"	PZA.	20
2	Corchete para tubo PVC corchete pasado 1/2"	PZA.	10
3	Tubo PVC corchete pasado de 1/2"	TRAMO	30
4	Abracadora de alambre 1/8" marca BOMEX	PZA.	100
5	Caja para contacto terminal No. PSC re-tenedor de 1/2" DOMEX con tapa y tornillos de la tierra	PZA.	7
6	Conector recto para PVC eléctrico para corchete pasado 1/2"	PZA.	20
7	Cable de alfiler marca NYTO.	PZA.	10
8	Pegamento para PVC.	LTS.	1
9	Interruptor TERMOMAGNETICO. - 2 polos 50 AMP. CAT. 002 - 250 marca SQUARE'D.	PZA.	1
10	Cable con rudo de 2 polos (DUPLIX) marca CONDUMEX sobre IE	ROLLO	2
11	Estimador de botones clase 0001, RENA 1 conector. - B - 30 marca SQUARE'D.	PZA.	1
12	Tubo flexible LICUATITE de 3/4"	M	20
13	Conector recto LICUATITE de 3/4"	PZA.	10
14	Cable VMANEL 500 CONDUMEX sobre hilos No. 10	ROLLO	1
15	Cable VMANEL 500 CONDUMEX sobre hilos No. 10	ROLLO	1
16	Pipa para madera de 3/8" x 1/2"	PZA.	100
17	Tornillos de madera de 3/8" x 1/2"	PZA.	100
18	Tornillos con tuercas de 1/2" x 2 1/8"	PZA.	20
19	Cable blindado de 2 polos No. 10	M	20
20	Cinta de tubo con rudo	PZA.	5

Nº	DESCRIPCIÓN	U
1	Cometa	
2	Grava	
3	Arroz	
4	Tablones rojo refractario 6' x 12' 20 cm.	
5	Impermeabilizante Hidroclim	
6	Impermeabilizante Neosure 500	
7	Impermeabilizante Paster Plus	
8	Arroz 10 por cada de Tapan	
9	Varilla de 3/8"	
10	Pintura Vialitas Blanca	
11	Grava de Tapan	
12	Pintura Vialitas Azul Rey	
13	Pintura de esmalte Negro	
14	Roda tela de gualtera de 12 50 cm.	
15	Malla de alambre col. 22 1 50x 50 m.	
16	Malla de alambre de 20 1 50x 50 m. 1/4"	
17	Hilo de Céfalo	
18	Cables flexibles gruesos	
19	Tablones rojo resaca	
20	Angulo de 1" x 1/2" x 1/2"	
21	Tornillos para tornillos de 1/2" x 1/4"	
22	Soldadura 60/10 marca Niro	
23	Chaveta para 1/2"	
24	Moldura de pedregal 1/2"	
25	Railbase plano 1/2"	
26	Tornillos 1/2" x 1/4"	
27	Alambre resaca del No. 10	
28	Sopletes	
29	Pigmentos	
30	Láminas de aluminio de 3" x 6" col. 10	

E. N. E. P. A R A G O N  
 U. N. A. M.  
 TESIS PROFESIONAL  
 RODOLFO GOMEZ DIAZ

### MATERIAL ELECTRICO

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD
Tubo PVC cartela pasado 1/2"	PZA.	20
Tubo PVC cartela pasado 1/2"x3/4"	PZA.	10
Cartela pasado de 1/2"	TRANS	30
de cable 1/2" marca BOMEX	PZA.	100
Conector terminal tipo PFC con 1/2" BOMEX con tapa y conductores	PZA.	7
Tubo para PVC empujador para tubo 1/2"	PZA.	50
Clavos marca NITTO.	PZA.	10
Cable PVC.	LTS.	1
TERMOELECTRICO.- 2		
P. CAT. 602 - 230 marcas	PZA.	1
de 2 polos (DUPLEX) marca sobre 12	ROLLO	2
Conexión clase 0001, BENA - B - 30 marcas	PZA.	1
LICUATITE de 3/4"	M	50
LICUATITE de 3/4"	PZA.	10
BOO CONDUMEX sobre M12H90	ROLLO	1
BOO CONDUMEX sobre M12H90	ROLLO	1
de 3/8"x 1 1/2"	PZA.	100
de 3/8"x 1 1/2"	PZA.	100
de 1/2" x 1 1/2"	PZA.	30
de 2 polos No. 16	M	50
de uso todo	PZA.	5

NR.	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD
1	Concreto	TON.	20
2	Grava	M <sup>3</sup>	24
3	Arena	M <sup>3</sup>	240
4	Tablero rojo refractario 6715X 28 cm.	MILLAR	2
5	Impermeabilizante Hidrostop	LTO.	228
6	Impermeabilizante Vasartín 590	LTO.	1600
7	Impermeabilizante Pastel Fino	LTO.	776
8	Arco de mar hecho de Pulpas	M <sup>2</sup>	24
9	Varilla de 3/8"	TON.	039
10	Platón Vialito Blanco	LTO.	76
11	Grava de Tazante	M <sup>3</sup>	160
12	Platón Vialito Azul Rey	LTO.	87
13	Platón de Esmeralda Rojo	LTO.	19
14	Reda tela de gallo de 12 50 m.	ROLLO	18
15	Malla de alambre cal. 22 150X 30 m.	ROLLO	2
16	Mejor de tijera de 20 12X 24X 1/4"	HOJAS	2
17	Hilo de Cálamo	M	100
18	Cartón blanco grueso	M	200
19	Tabique bajo rasado	MILLAR	9
20	Ancha de 1"x1"x 3/16"	KG	710
21	Tornillos para tornillo de 1 1/2" x 1/4"	PZA.	270
22	Saldador 60/15 marca Mira	KG	2
23	Chaveta para 1/8"	CAMA	1
24	Resistor de potencia 1/2"	PZA	30
25	Resistor potencia 1/2"	PZA	30
26	Tornillos 1 1/2" x 1/4"	KG.	2
27	Alambre rasado del No. 16	PZA.	2
28	Sepaltes	PZA.	2
29	Fibrocemento	KG	10
30	Láminas galvanizadas de 3"x8" esp. 18	PZA	2

### NOTAS.

— Para hacer el modelo se tomará como referencia los acortados  $X=564,400$ ,  $Y=1'628,200$

— El modelo se construirá a una escala 1:120

— Se impermeabilizará el tanque totalmente antes de hacer los trabajos de relinco.

— Los curvas dimensionales están referidas al B.S.M. (.)

— El modelo se construirá de acuerdo a la propuesta que aparece en el plano No. E y L-140. Para la topografía se empleará los planos No. S.O.M. - B 02/02, P.S.O.M. 19-02 y S.S.O.M. 19-02

E.N.E.P. A R A G O N

U. N. A. M.

TESIS PROFESIONAL

RODOLFO GOMEZ DIAZ

PUERTO MADERO, CHIS.

MODELO HIDRAULICO DE AGITACION

PLANO NO.

H

ESCOLLERA PONIENTE

EJE CANAL DE ACCESO

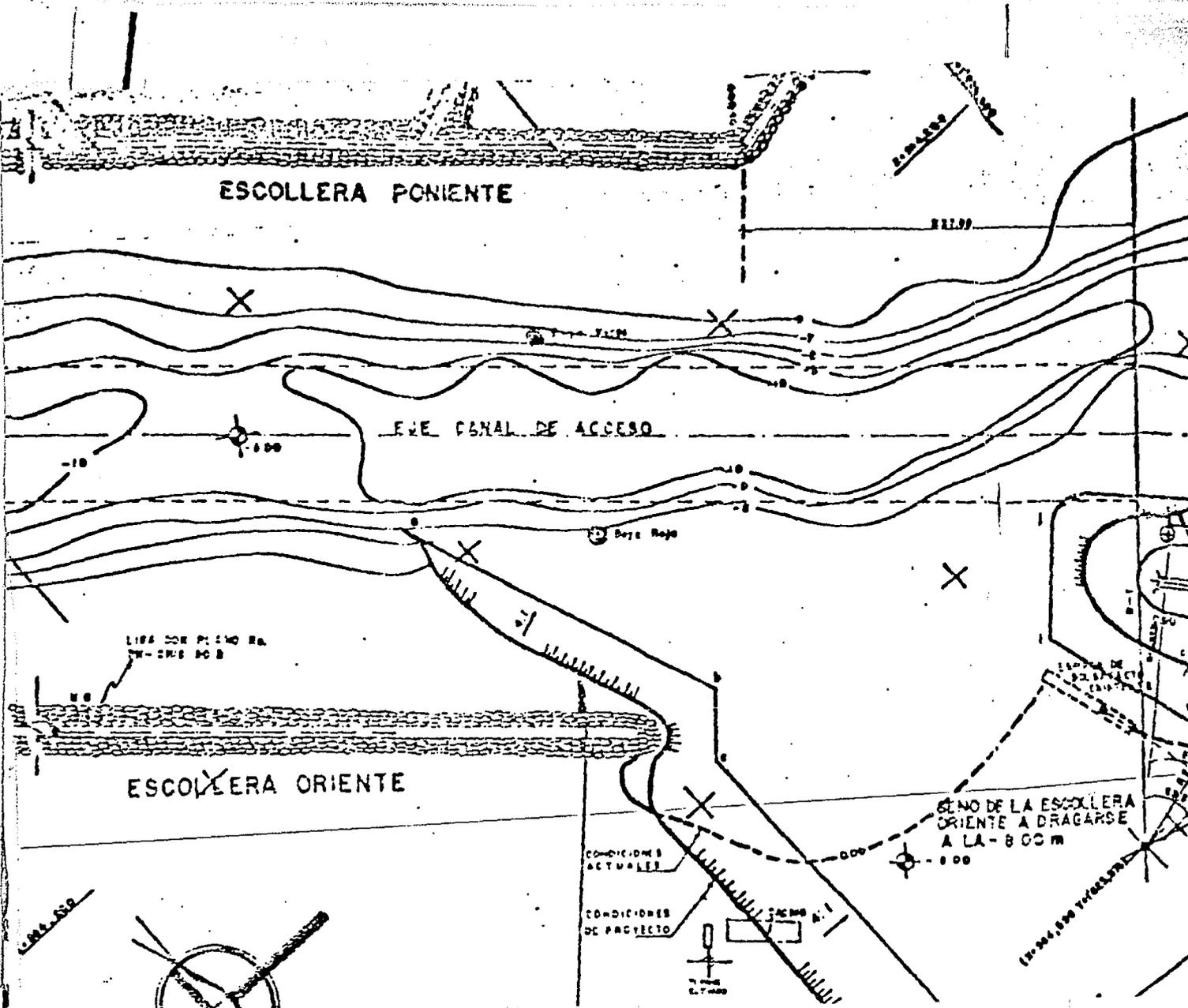
ESCOLLERA ORIENTE

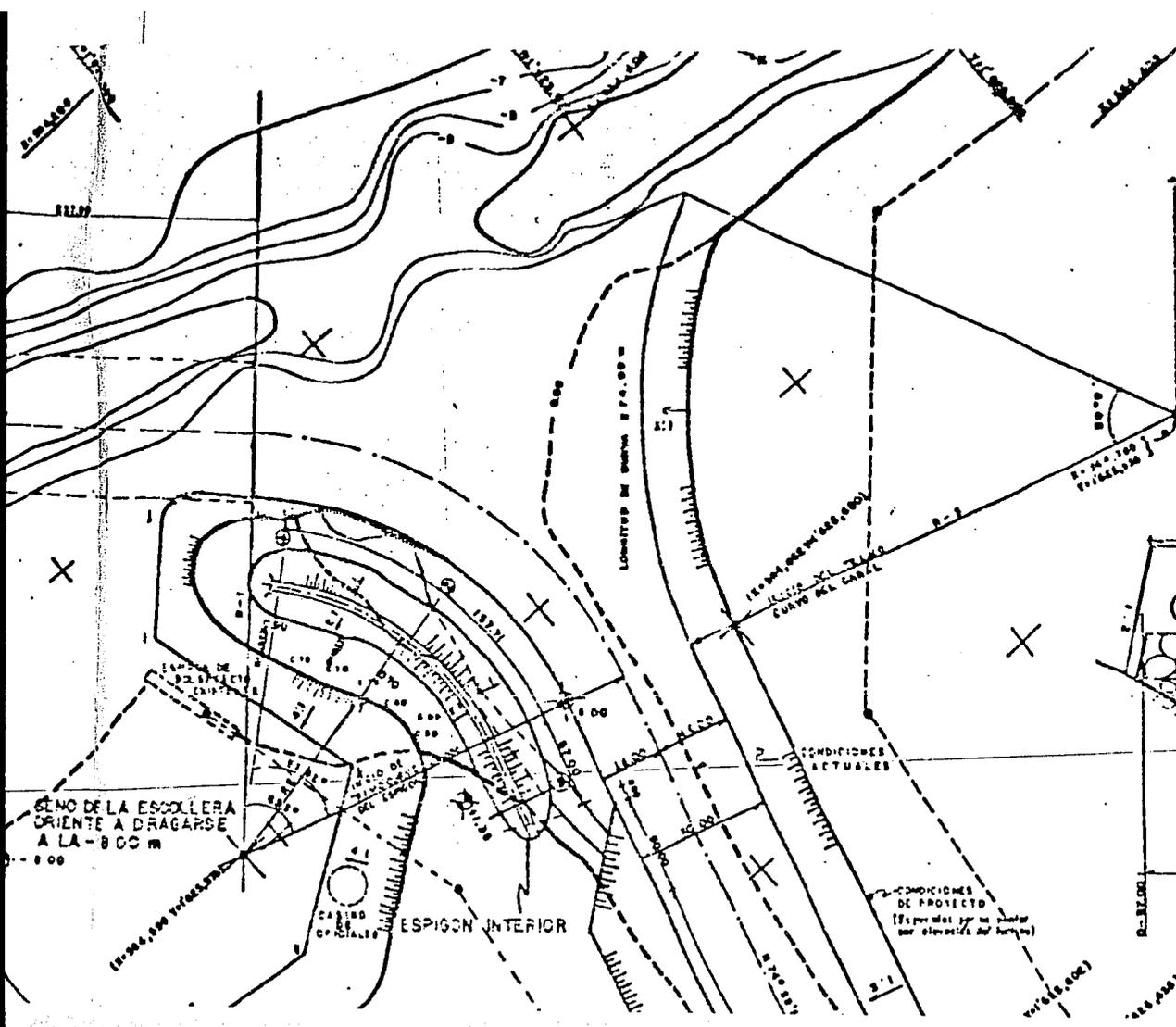
CONDICIONES  
ACTUALES

CONDICIONES  
DE PROYECTO

SENO DE LA ESCOLLERA  
ORIENTE A DRAGARSE  
A LA -800 m

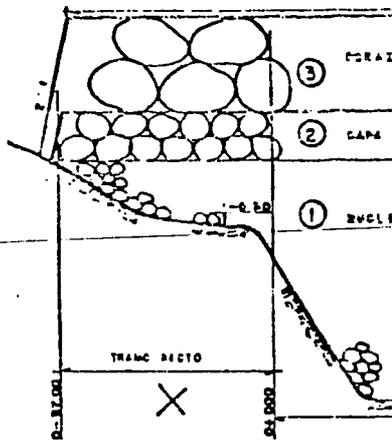
LINA CON PLANO RA.  
M-0000 000





**CANTIDAD DE MATERIAL**

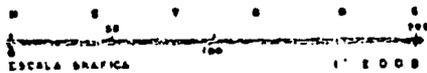
CLASE	CAPA DE ESPESOR	AREA
①	BUELOS	14.400 Sq
②	CAPA DE CEMENTO	1000.000 Sq
③	CONCRETO	14.400 m <sup>3</sup>



**PERFIL LONGITUDINAL**

NO





VOLUMENES DE DRAGADO	
Seno Oriente	586,520 m <sup>3</sup>
Canal Interior	403,967 m <sup>3</sup>
<b>TOTAL</b>	<b>1'090,487 m<sup>3</sup></b>

Los volúmenes son aproximados ya que no se contó con las elevaciones del terreno natural tanto en el seno oriente como en el canal interior.

### SECCION CUERPO (2)

COORDENADAS DEL DRAGADO EN SENO ORIENTE			
PUNTO	DISTANCIA	X	Y
0		384,482	1'015,181
1	238,97 m	384,338	1'023,183
2	48,93 m	384,480	1'023,284
3	210,98 m	384,600	1'028,784
4	86,48 m	384,820	1'028,803
5	72,84 m	384,898	1'023,768
6	118,48 m	384,897	1'018,229
7	38,48 m	384,488	1'023,410
8	71,48 m	384,410	1'023,471

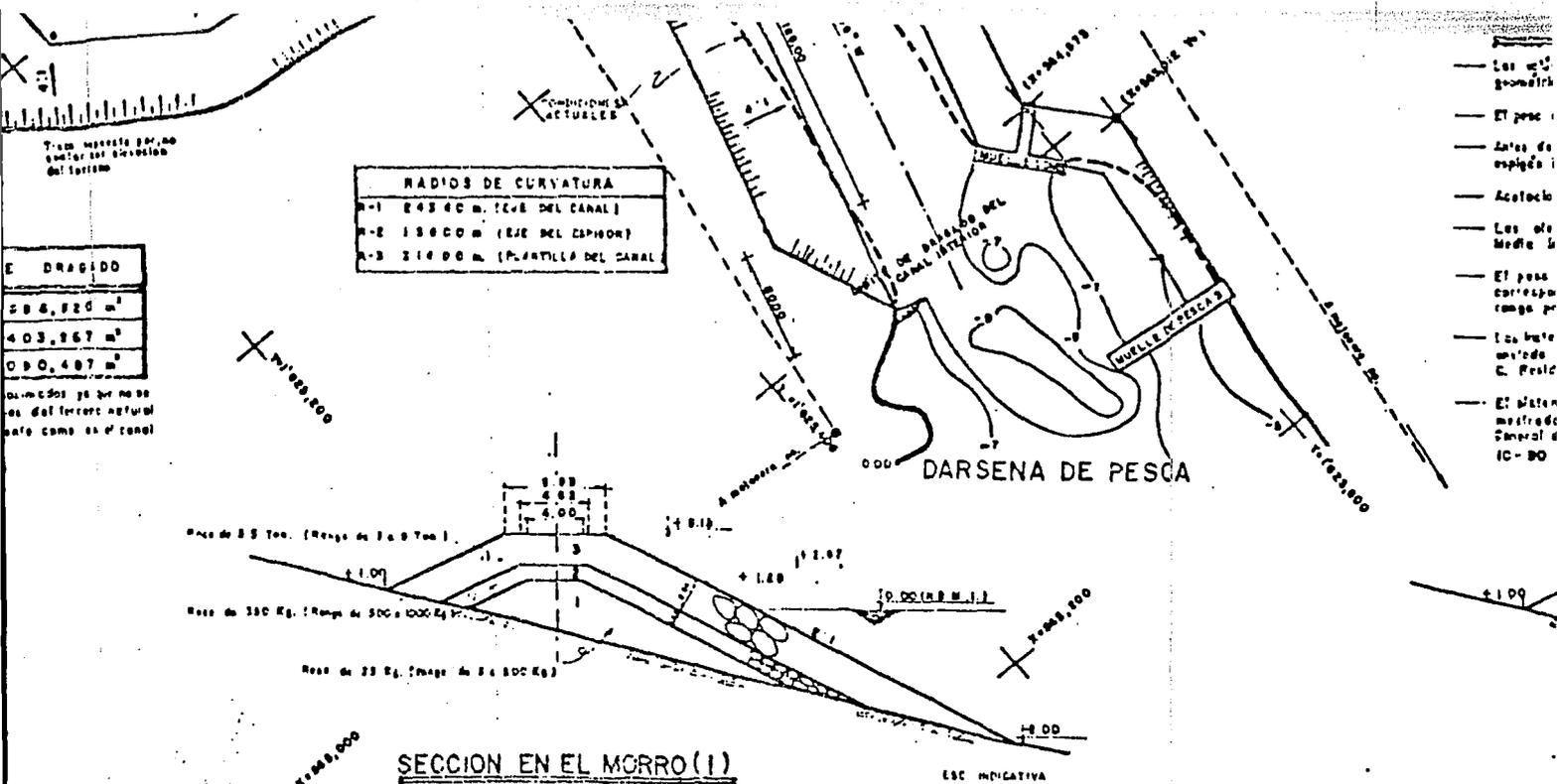
Base de 25 Ton. (Rango de 2 a 8 Ton)

Base de 300 Kg. (Rango de 500 a 1000)

Base de 25 Kg. (Rango de 1 a 5 Kg)

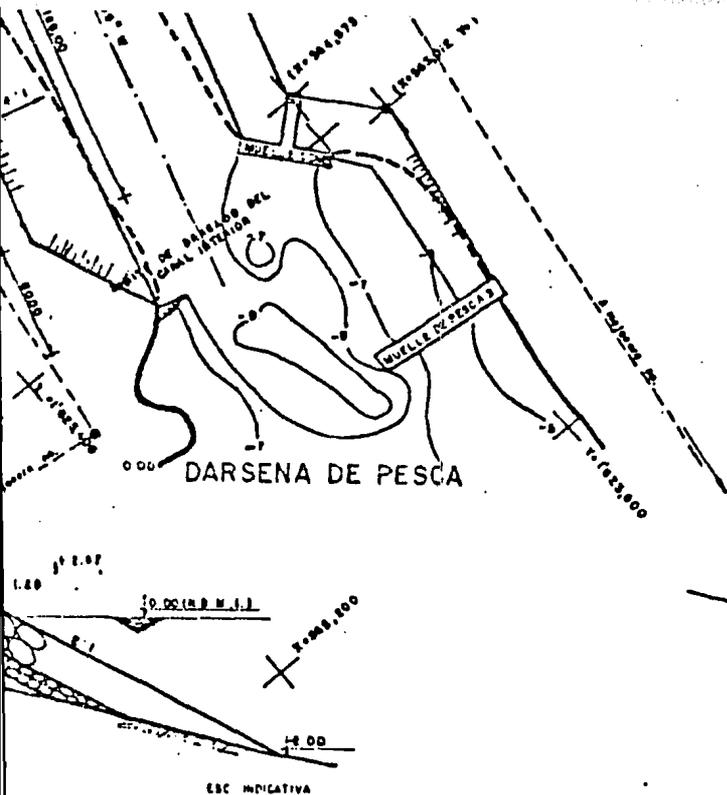
2000,000

SE

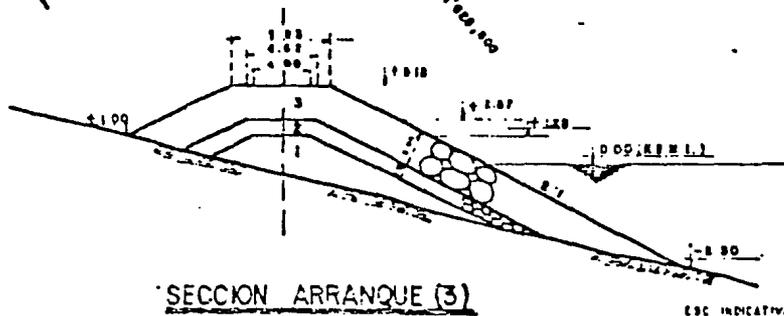


E. N. E. P. A R A G O N .
U. N. A. M.
TESIS PROFESIONAL
RODOLFO GOMEZ DIAZ

PUERTO
PROYECTO DE
Y DRAGADO DE
Y CANAL ORIE



- Las alturas de muelle consideradas para el espigón son geométricas.
- El peso específico considerado para la masa de  $2.0 \text{ ton/m}^3$ .
- Antes de dragar el seno o muelle, deberá construirse el espigón interior.
- Acostumbres y elevaciones en metros.
- Las observaciones están referidas al Nivel de Bajamar Media Interior (N.B.M.I.).
- El peso indicado en las diferentes capas del espigón corresponde al de diseño. En el paréntesis se indica el rango profético.
- Las alturas de la zona Noé de este muelle corresponden a las dadas por Foa. No. 122 del 23 Nov. de 1950 por el C. Presidente de Pta. Madero Chis.
- El sistema coordenado y altimétrico corresponden al utilizado en el plano Puerto Madero, Chis. Barómetro General del Puerto de Octubre de 1950 con No. R.B.C.M. 10-50.



E. N. E. P. A R A G O N

U. N. A. M.

TESIS PROFESIONAL

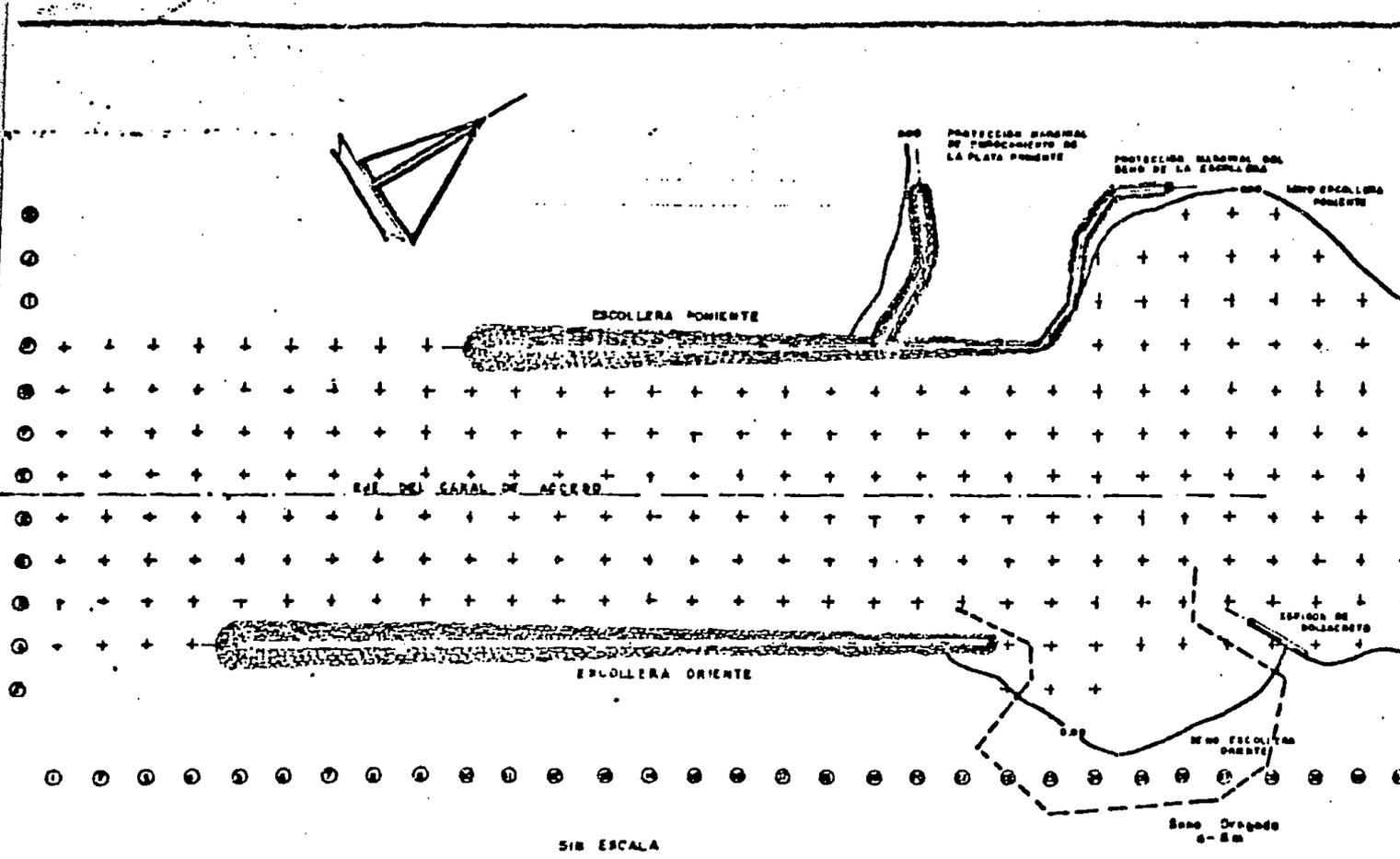
RODOLFO GOMEZ DIAZ

PUERTO MADERO CHIS.

PROYECTO DE ESPIGON INTERIOR  
Y DRAGADO DEL SENDE DE ESCOLLERA  
Y CANAL ORIENTE

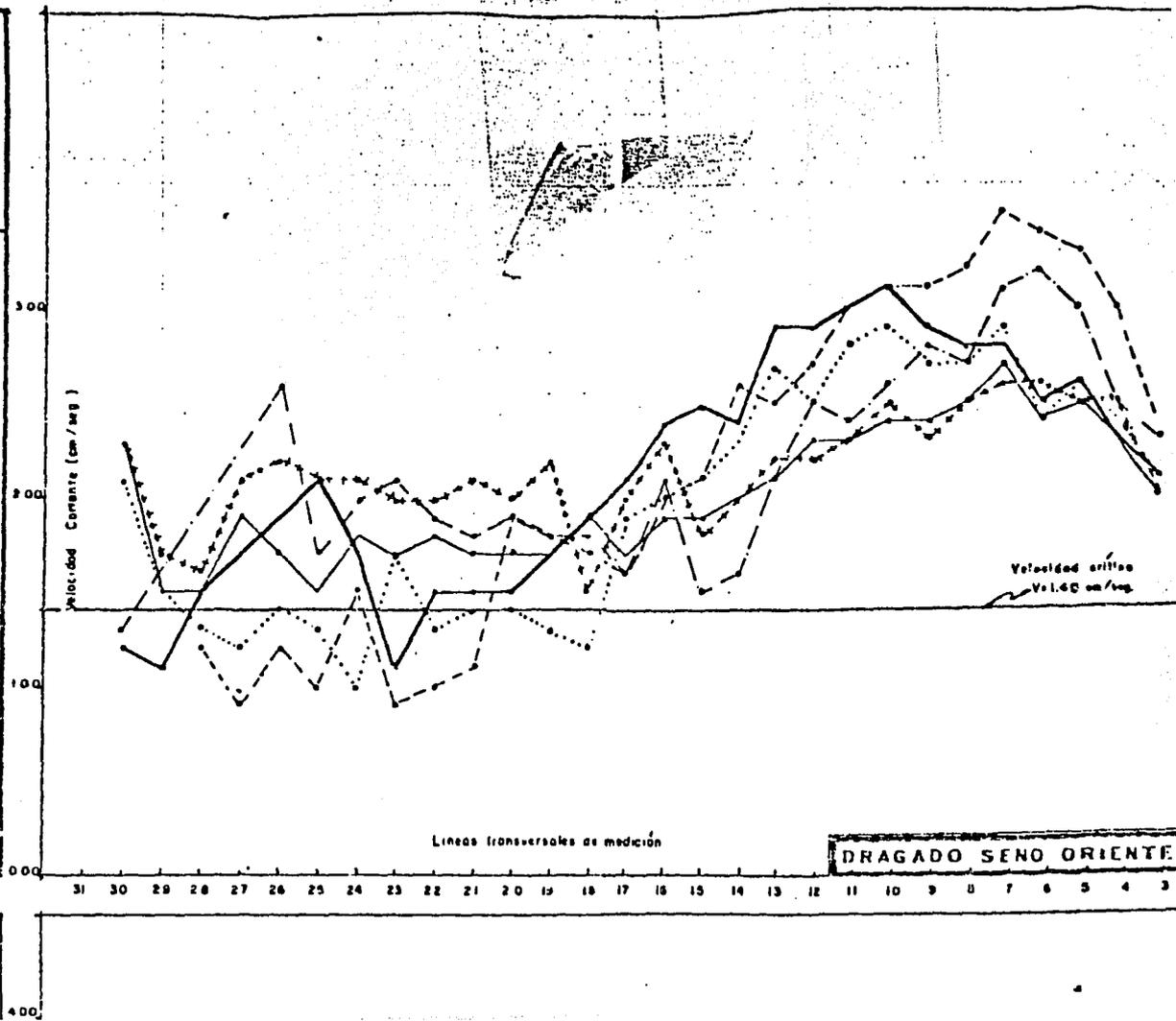
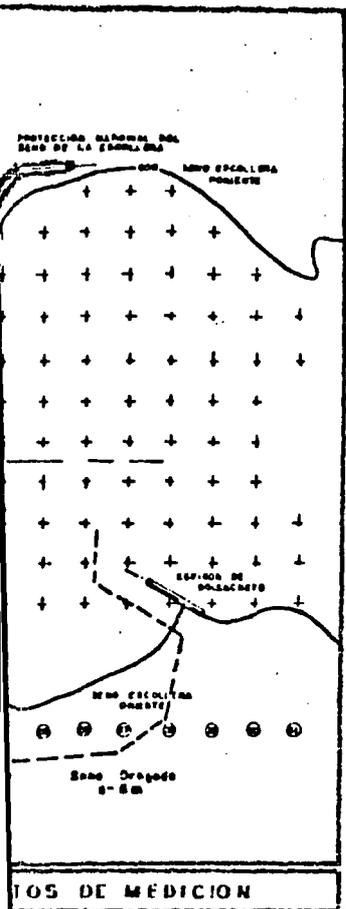
PLANO NO.

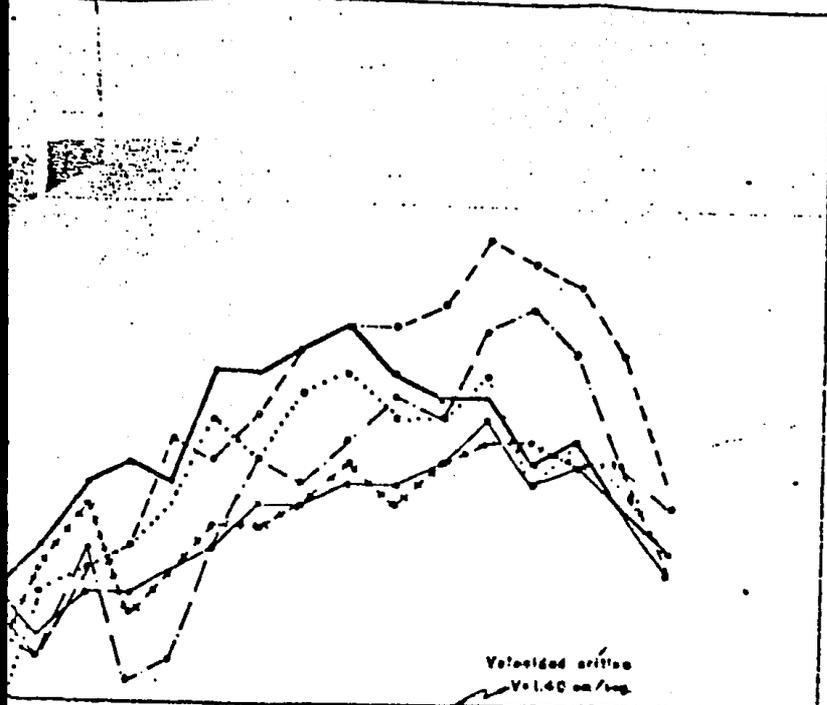
P-1



PLANTA

UBICACION DE PUNTOS DE MEDICION

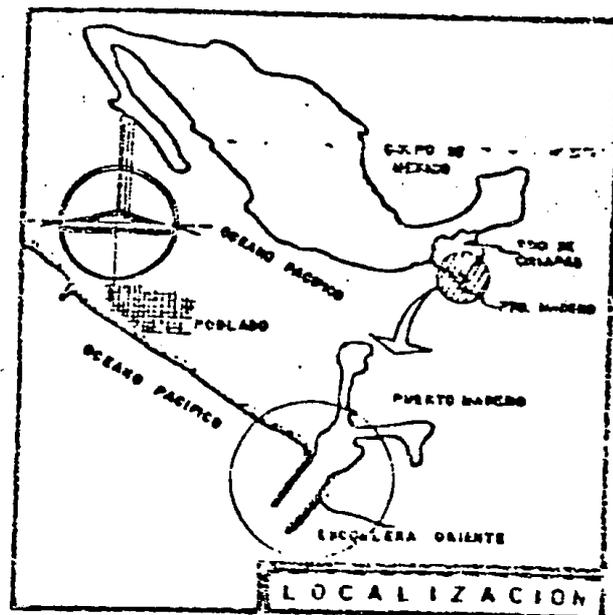




medición

DRAGADO SENO ORIENTE A - B 00

17 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3



### SIMBOLOGIA

-----	LINIA	B
- · - · -	LINIA	C
· · · · ·	LINIA	D
—————	LINIA	E
· · · · ·	LINIA	F
—————	LINIA	G
+	PUNTOS DE MEDICION	

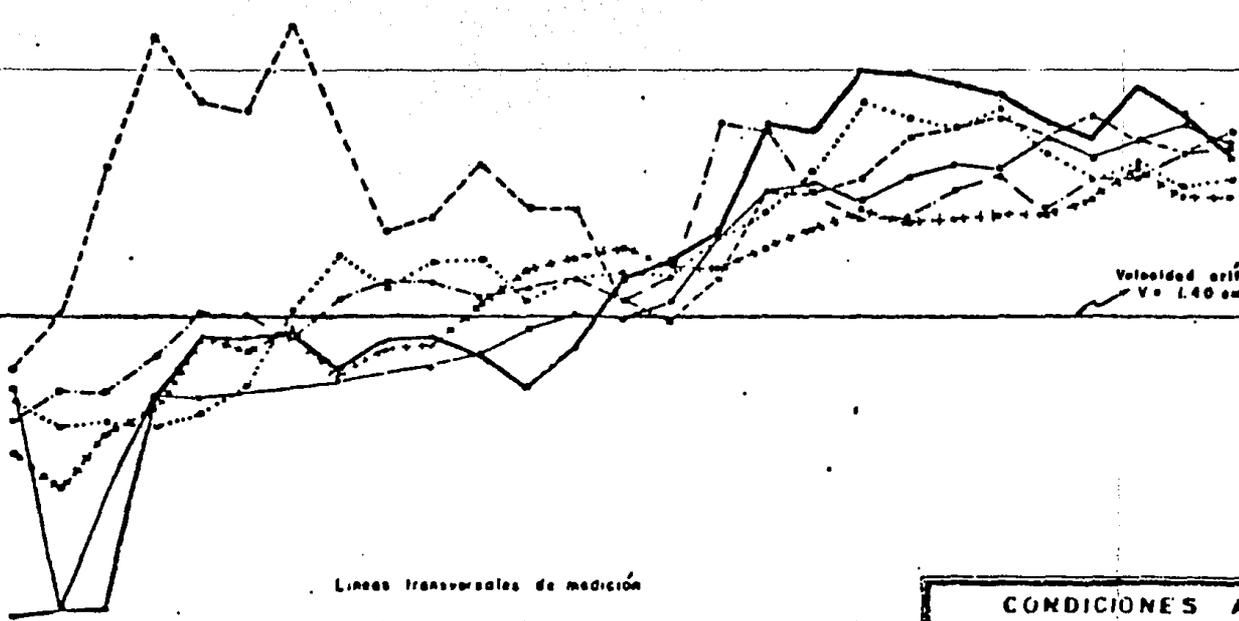
Velocidad Corriente (cm/seg.)

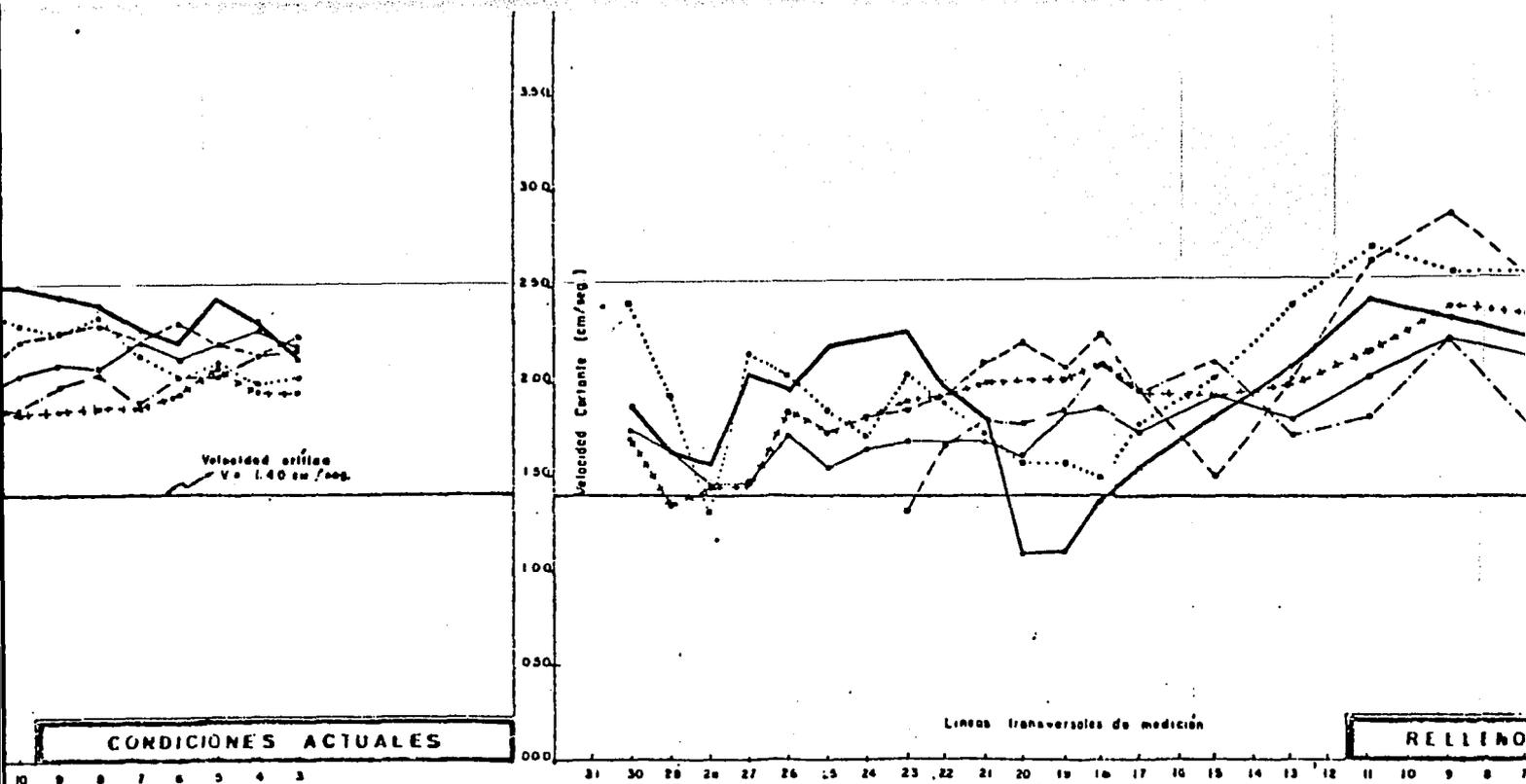
Velocidad crítica  
 $V_c = 1.40 \text{ cm/seg.}$

Lineas transversales de medición

CONDICIONES ACTUALES

30 29 28 27 26 25 24 23 22 21 20 19 18 17 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3





E. N. E. P. A R A G O N

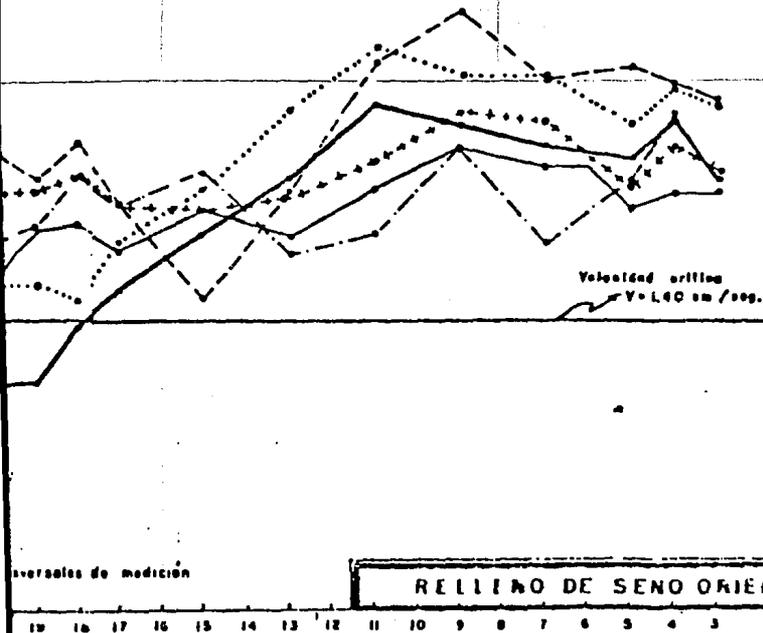
U. N. A. M.

TESIS PROFESIONAL

RODOLFO GOMEZ DIAZ

## NOTAS:

- Las velocidades críticas de corte sobre el fondo y la velocidad crítica se determinaron teóricamente.
- Los puntos que aparecen por arriba de la velocidad crítica, indican las zonas de movimiento de material.
- Los puntos que aparecen por abajo de la velocidad crítica, indican zonas donde el material no se mueve.
- Los cálculos de las velocidades se realizaron tomando como datos las curvas de era en cada punto de medición, obtenidas con la dirección SW y período de 16 seg.

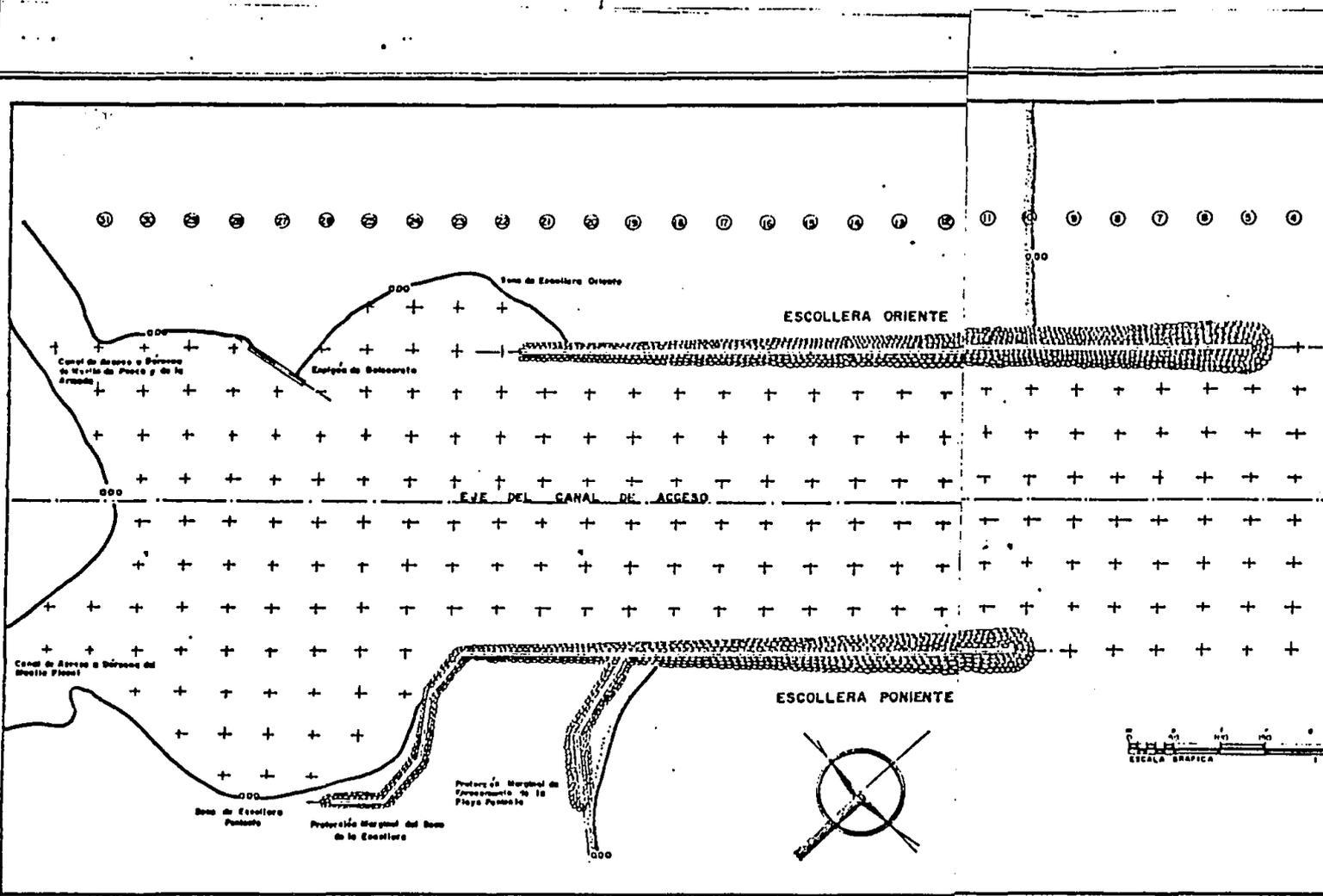


N. E. P. A R A G O N  
J. N. A. M.  
TESIS PROFESIONAL  
RODOLFO GOMEZ DIAZ

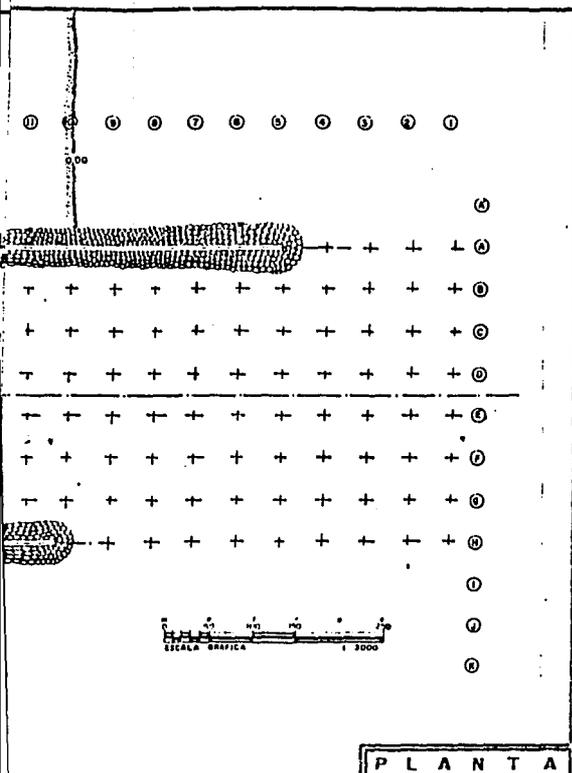
PUERTO MADERO. CHIS.  
VELOCIDADES CORTANTE Y CRITICA  
EN CADA PUNTO DE MEDICION.

PLANO NO.

V-1



**LINEA B**  
**DIRECCION SUR**



PLANTA

LINEA E  
DIRECCION SUR

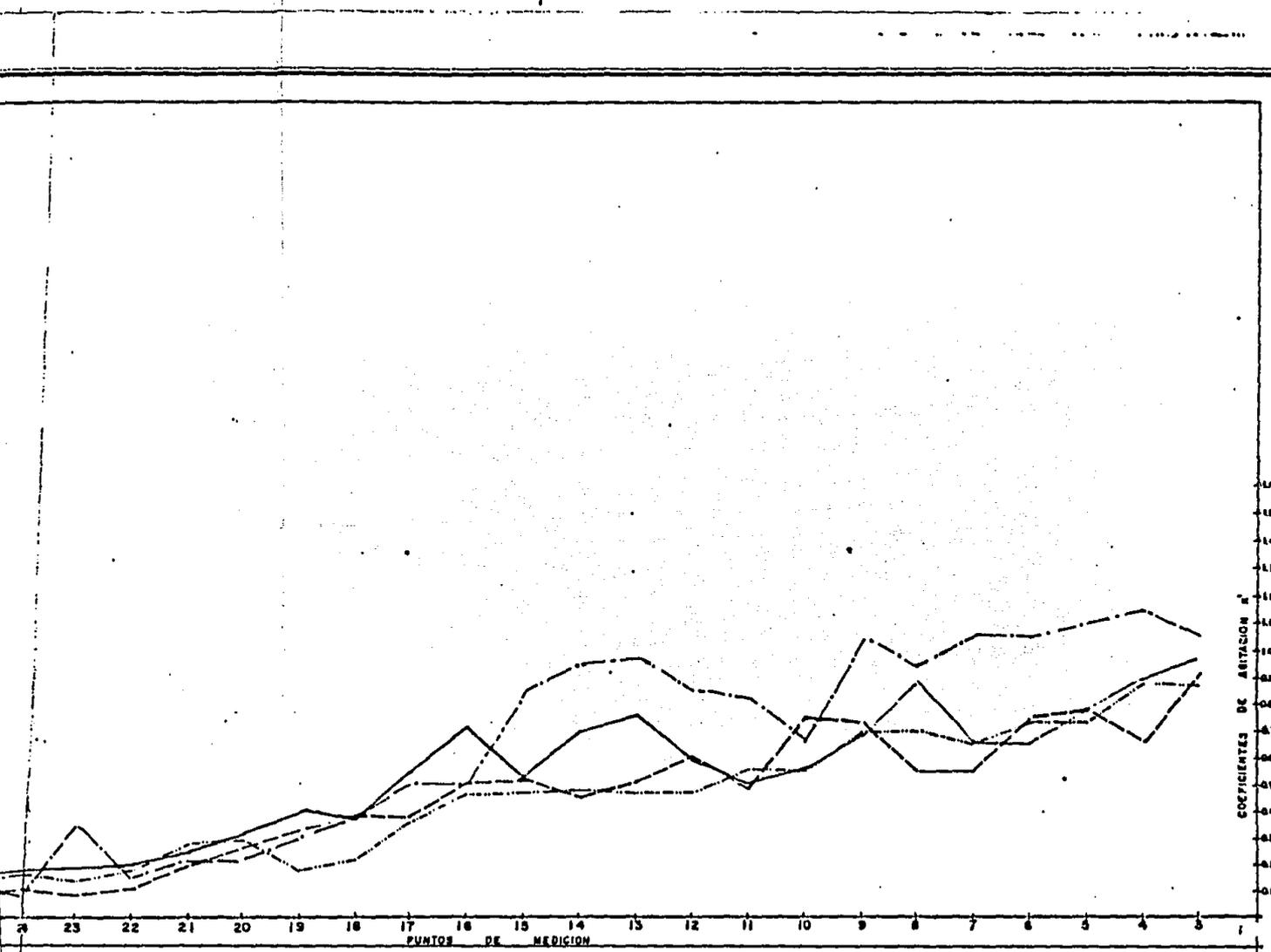
SIMBOLOGIA

- 10 Seg.
- 12 Seg.
- 14 Seg.
- 18 Seg.

30 29 28 27 26 25 24 23 22 21 20 19 18 17 16 15 14 13 12  
PUNTOS DE MEDICION

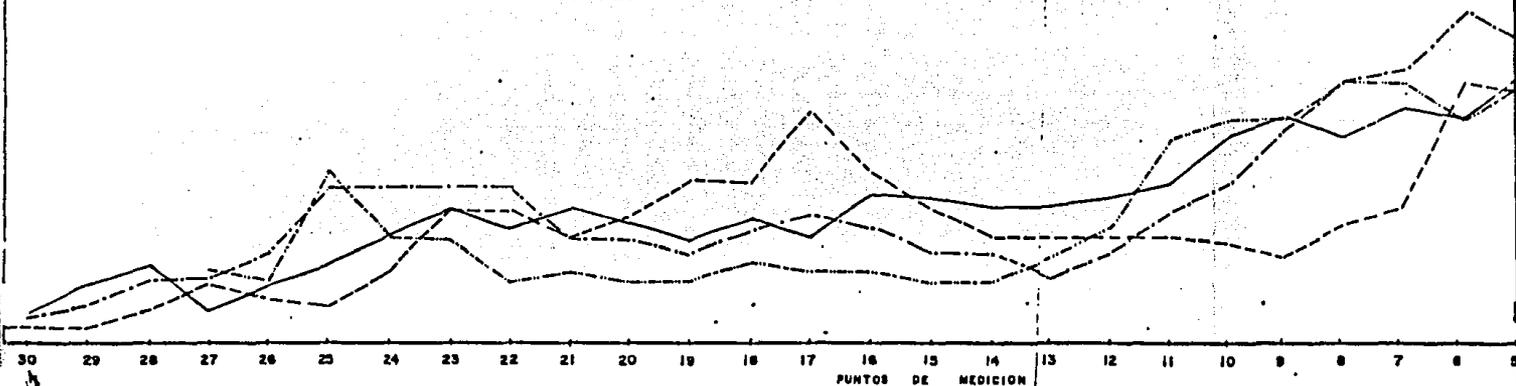
LINEA G  
DIRECCION SUR

25.08 - 21.11



**SIMBOLOGIA**

-----	10 seg.
-----	12 seg.
-----	14 seg.
-----	16 seg.



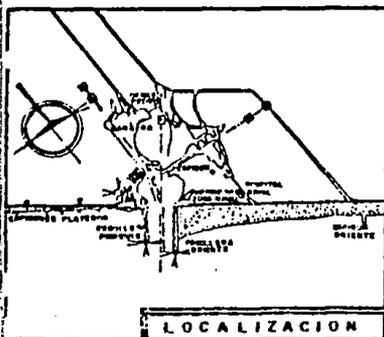
**NOTAS**

- LAS GRAFICAS MUESTRAN LA VARIACION DE LOS COEFICIENTES DE AGITACION, DESDE LA ENTRADA DEL PUERTO HASTA EL INICIO DE LOS CANALES DE ACCESO INTERIORES.

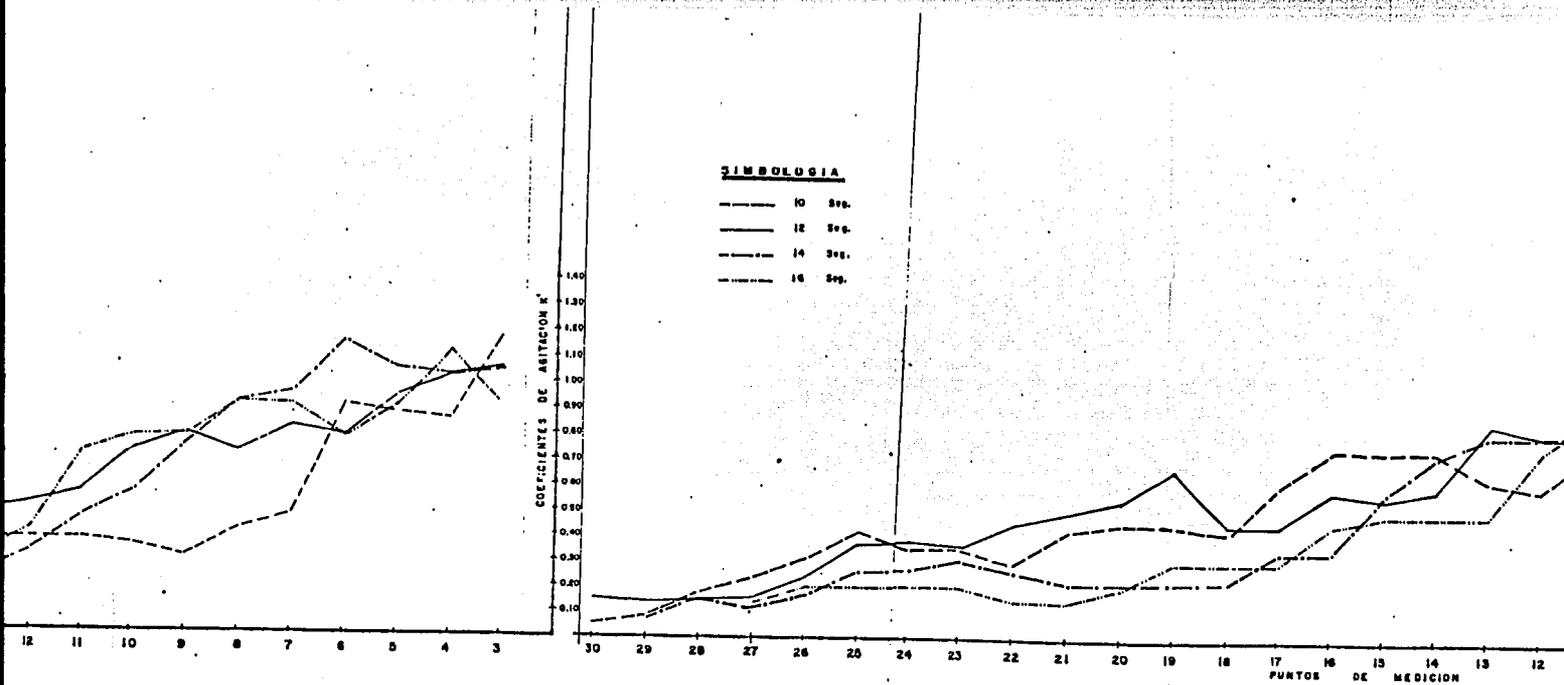
- EL COEFICIENTE DE AGITACION  $K$ , SE DETERMINO COMO:

$$K = H_0/H_I$$

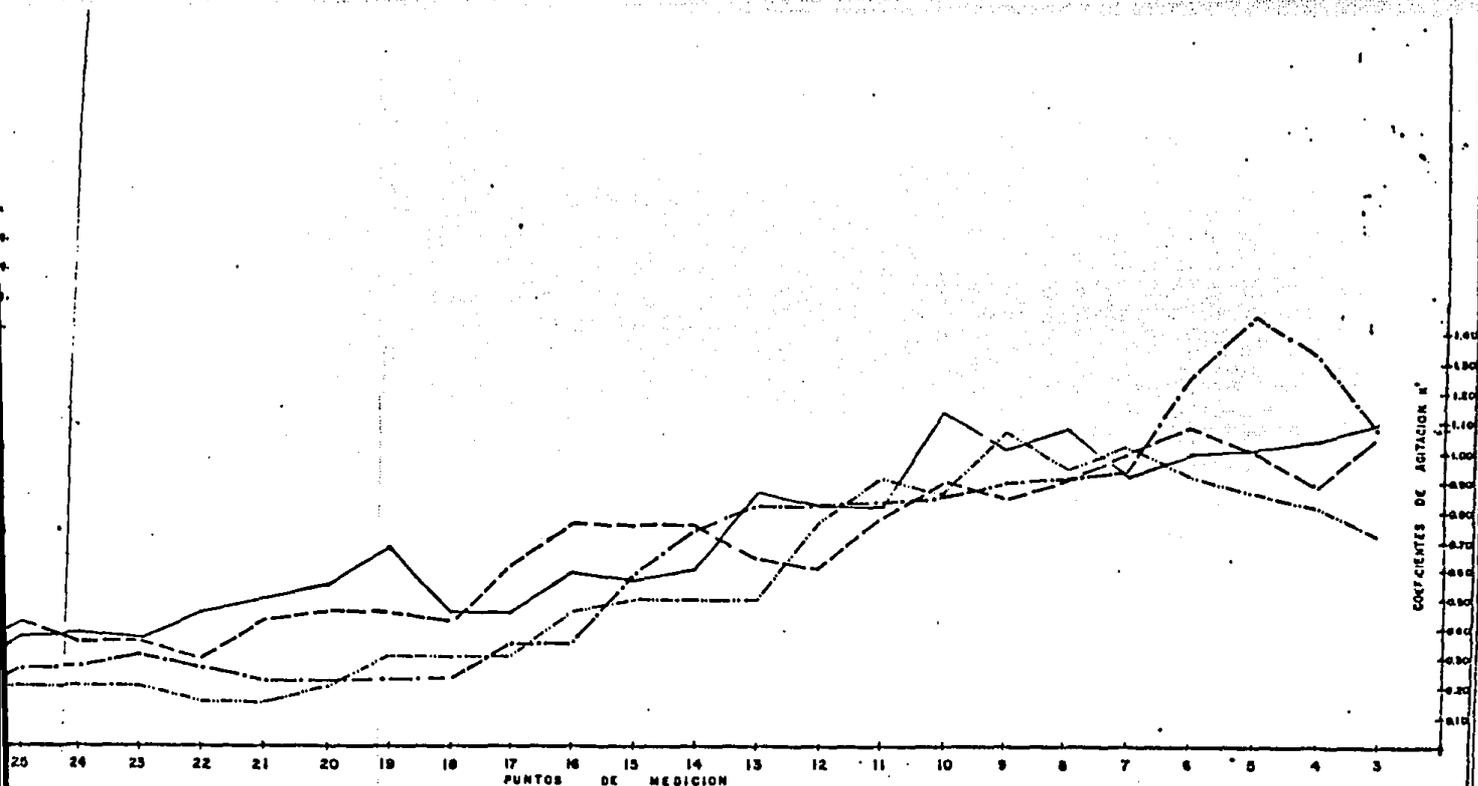
SIENDO  $H_0$ , LA ALTURA DE LA OLA EN EL INTERIOR DEL PUERTO, EN CADA PUNTO DE MEDICION Y  $H_I$  LA ALTURA DE LA OLA INCIDENTE.



**LOCALIZACION**



E. N. E. P. A R A G O N		COMPO DE A ( COND
U. N. A. M.		
TESIS PROFESIONAL		
RODOLFO GOMEZ DIAZ		



E. N. E. P. A R A G O N

U. N. A. M.

TESIS PROFESIONAL

RODOLFO GOMEZ DIAZ

PUERTO MADERO, CHIS.

COMPORTAMIENTO DE LOS COEFICIENTES  
DE AGITACION EN LOS ENSAYOS CON  
DIRECCION SUR

( CONDICIONES ACTUALES DEL PUERTO )

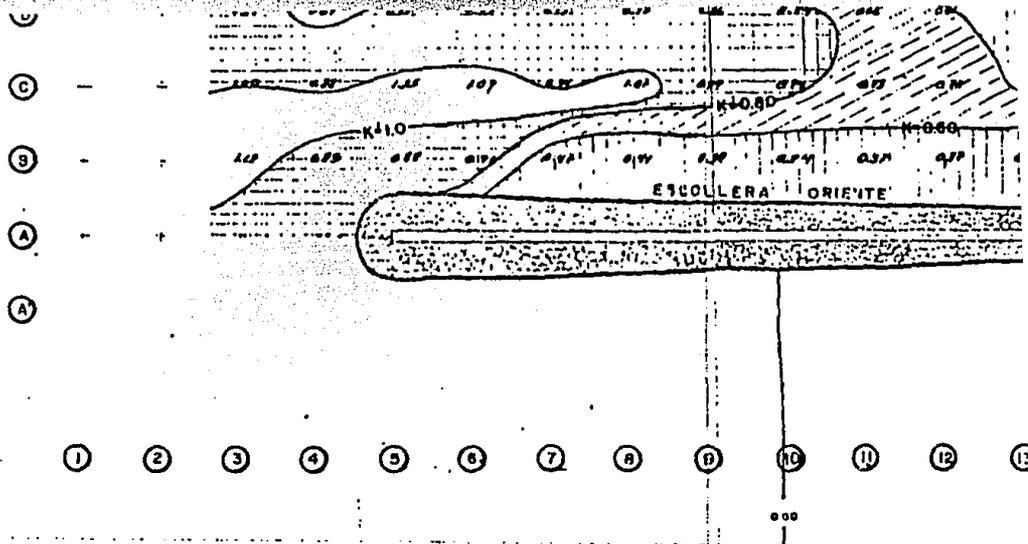
PLANO NO.

A









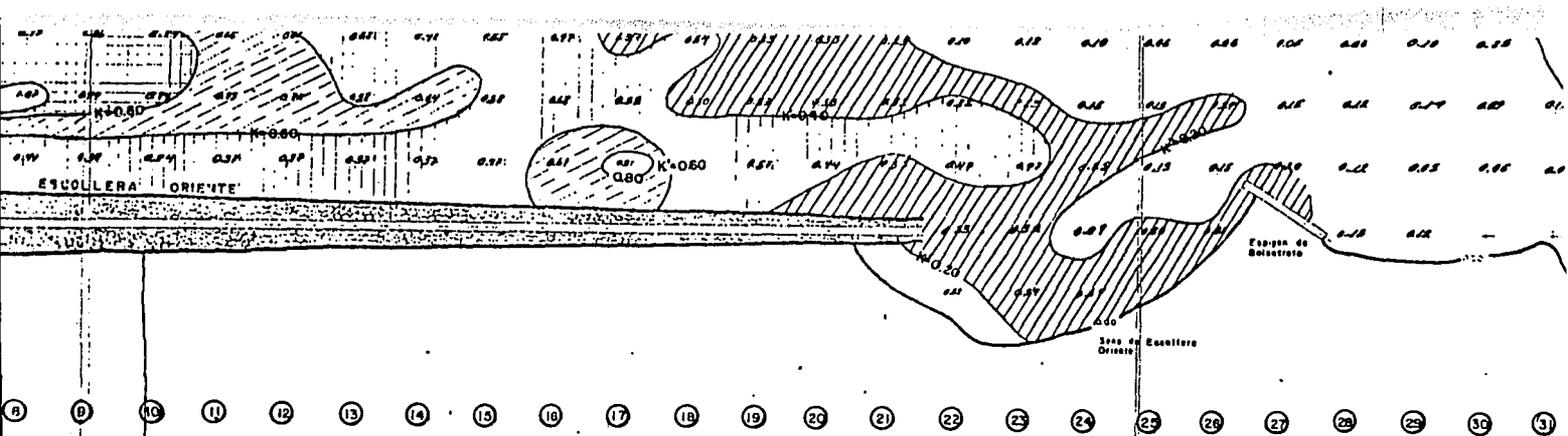
**NOTAS. -**

- EL MODELO HIRÁULICO SE CONSTRUYO CON UNA ESCALA DE LINEAS DE 1/120, DE ACUERDO CON LA BATIMETRIA GENERAL DEL PUERTO.
- LAS CURVAS MUESTRAN ZONAS DE IGUAL COEFICIENTE DE REDUCCION DE ALTURA DE OLA,  $K'$  DETERMINADA COMO SIGUE :

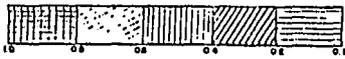
$$K' = \frac{H_0}{H_i}$$

$H_0$  = ALTURA DE LA OLA EN EL INTERIOR DEL PUERTO

$H_i$  = ALTURA DE OLA INCIDENTE, MEDIDA EN EL EXTERIOR DEL PUERTO.

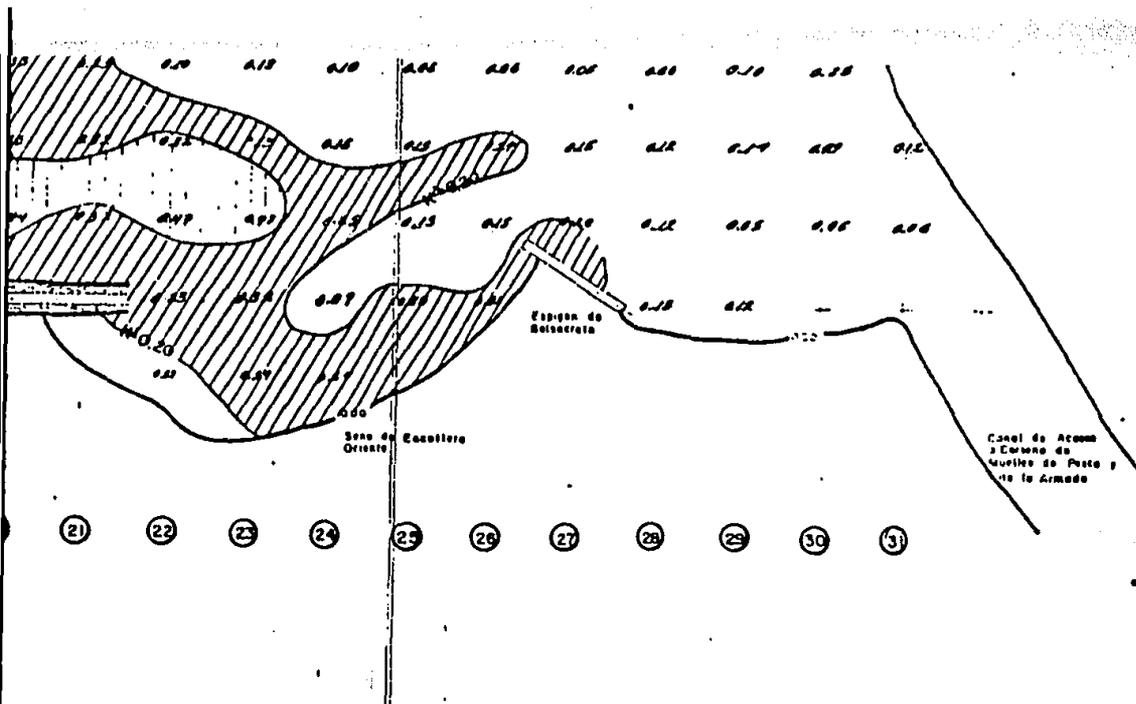


RANGOS DE AGITACION



DE ACUER-  
RA DE OLA.

E. N. E. P. A R A G O N	PUERTO MADERO, CHIS. ESTUDIO EXPERIMENTAL DE AGITACION EN CONDICIONES ACTUALES
U. N. A. M.	
TESIS PROFESIONAL	
RODOLFO GOMEZ DIAZ	
DIR. SUR	PERIODO 10



E.N.E.P. A R A G O N

U. N. A. M.

TESIS PROFESIONAL

RODOLFO GOMEZ DIAZ

PUERTO MADERO, CHIS.

ESTUDIO EXPERIMENTAL DE AGITACION  
EN CONDICIONES ACTUALES

DIR. SUR PERIODO 10 SEG.

PLANO NO

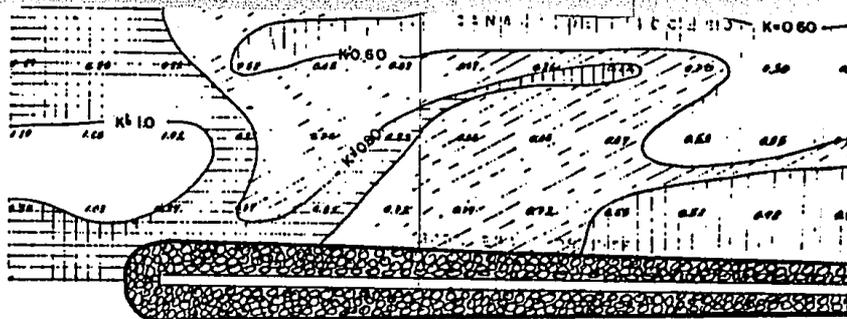
A-1







(D)  
 (C)  
 (B)  
 (A)  
 (A)



(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9) (10) (11) (12) (13) (14)

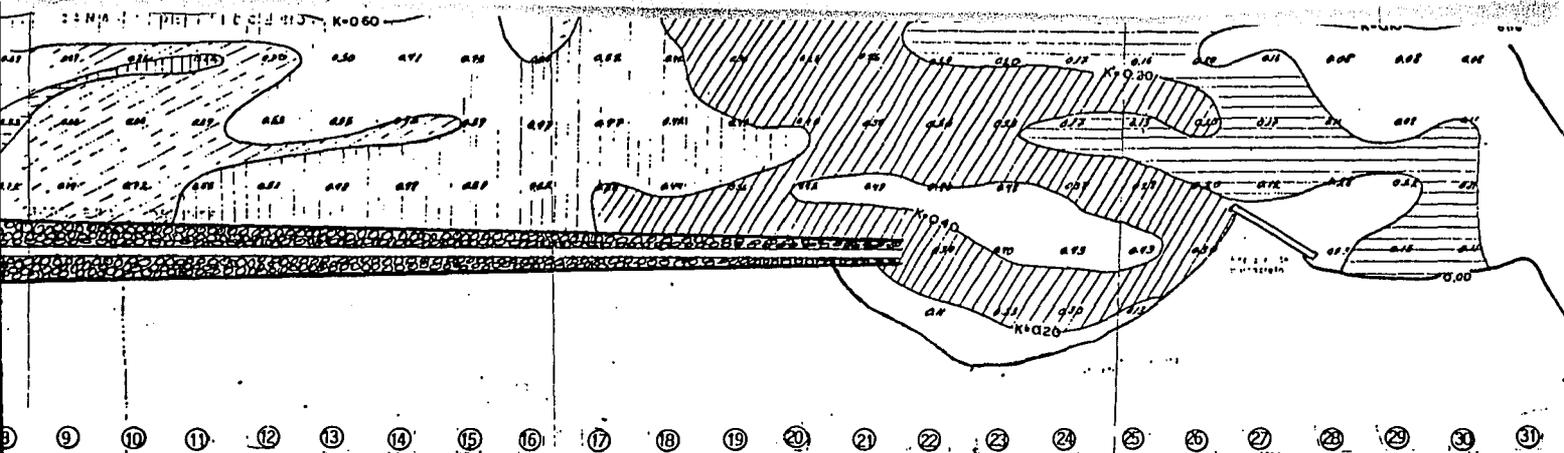
**NOTAS.-**

- EL MODELO HIRAUICO SE CONSTRUYO CON UNA ESCALA DE LINEAS DE 1/120, DE ACUERDO CON LA BATIMETRIA GENERAL DEL PUERTO.
- LAS CURVAS MUESTRAN ZONAS DE IGUAL COEFICIENTE DE REDUCCION DE ALTURA DE OLA, K<sup>i</sup> DETERMINADA COMO SIGUE :

$$K^i = \frac{H_i}{H_l}$$

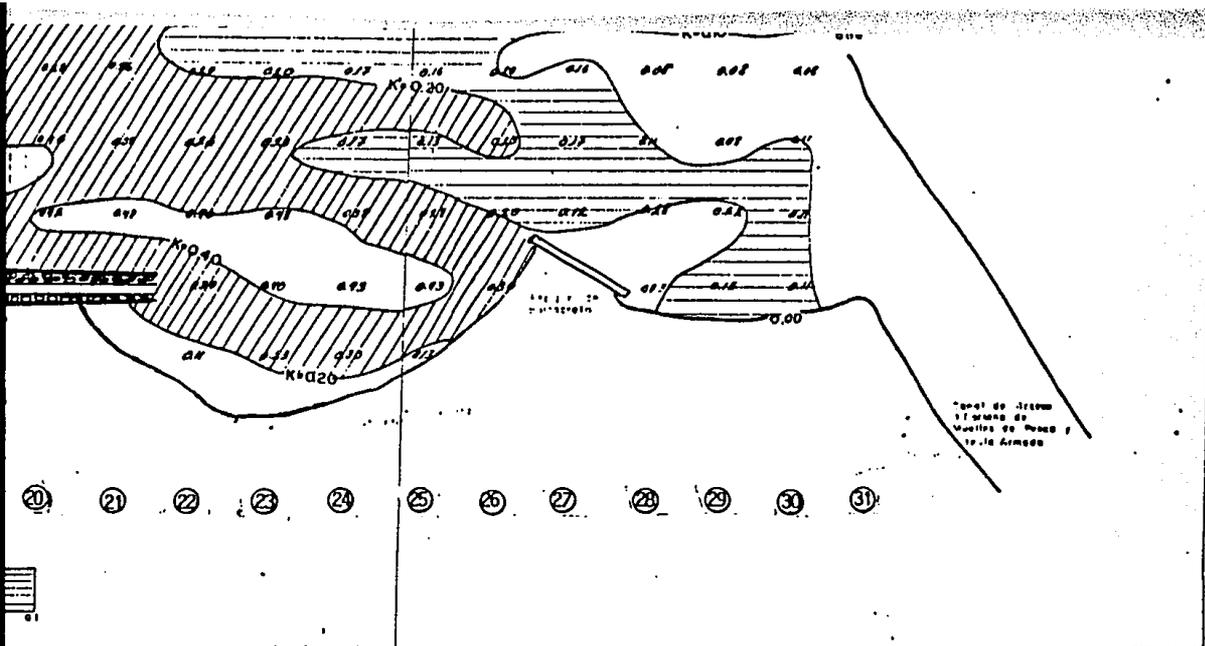
H<sub>i</sub> = ALTURA DE LA OLA EN EL INTERIOR DEL PUERTO

H<sub>l</sub> = ALTURA DE OLA INCIDENTE, MEDIDA EN EL EXTERIOR DEL PUERTO.



0. DE ACUER-  
TURA DE OLA,

E.N.E.P. A R A G O N	PUERTO MADERO, CHIS.
U. N. A. M.	ESTUDIO EXPERIMENTAL DE AGITACION EN CONDICIONES ACTUALES
TESIS PROFESIONAL	DIR. SUR PERIODO 12
RODOLFO GOMEZ DIAZ	

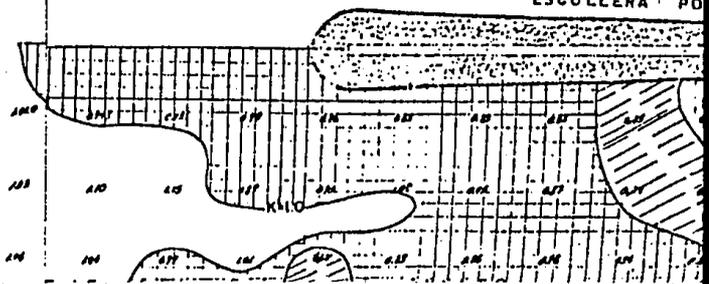


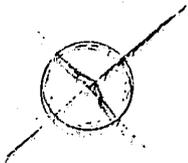
Topo de Jarama  
 17 grado de  
 Vueltas de Puerto  
 de la Armada

E. N. E. P. A R A G O N	PUERTO MADERO, CHIS.	PLANO NO.
U. N. A. M.	ESTUDIO EXPERIMENTAL DE AGITACION EN CONDICIONES ACTUALES	<b>A·2</b>
TESIS PROFESIONAL	DIR. <u>  SUR  </u> PERIODO <u>  12  </u> SEG.	
RODOLFO GOMEZ DIAZ		

(K)  
(J)  
(I)  
(H)  
(G)  
(F)  
(E)

118 133 148  
124 139 154



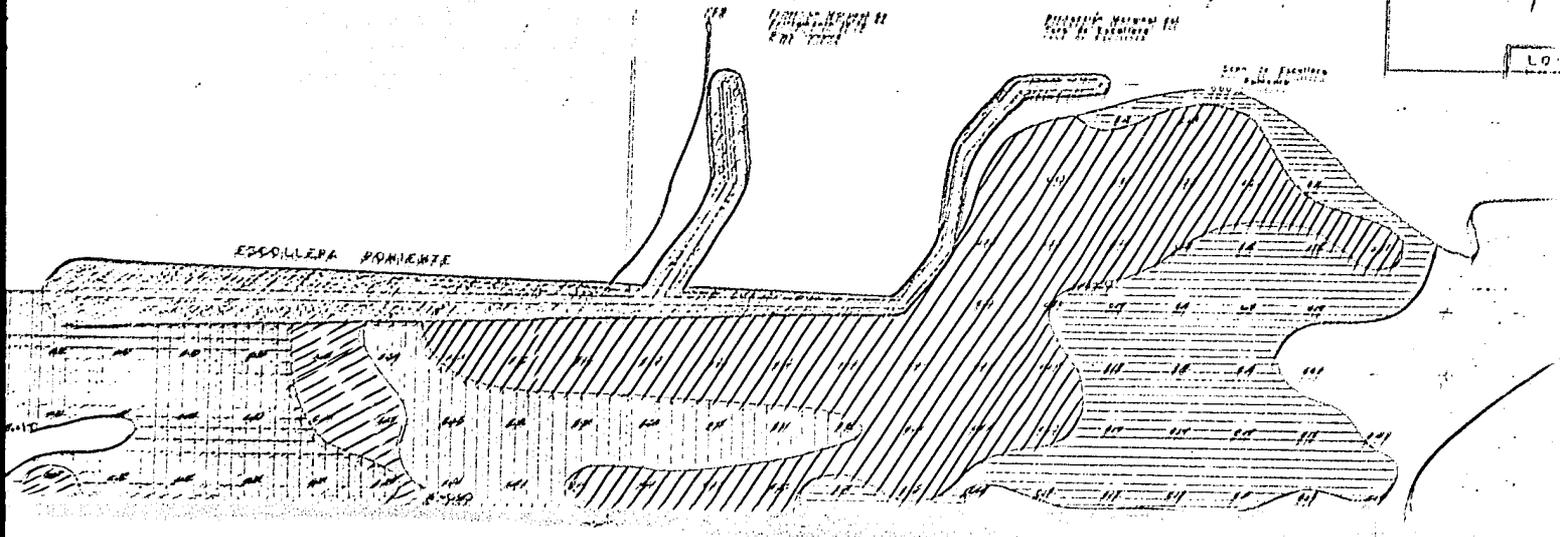


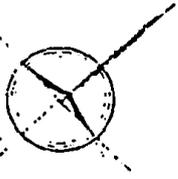
ESTACION NACIONAL DE  
CULTIVO DE LA CAÑA DE AZÚCAR  
EN EL PUEBLO

ESTACION NACIONAL DE  
CULTIVO DE LA CAÑA DE AZÚCAR  
EN EL PUEBLO

San de Escalera  
1900

ESCALERA PONIENTE

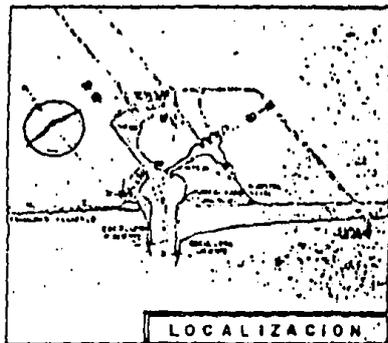




Proyección Marginal de  
Extrapolación de la  
Red Topográfica

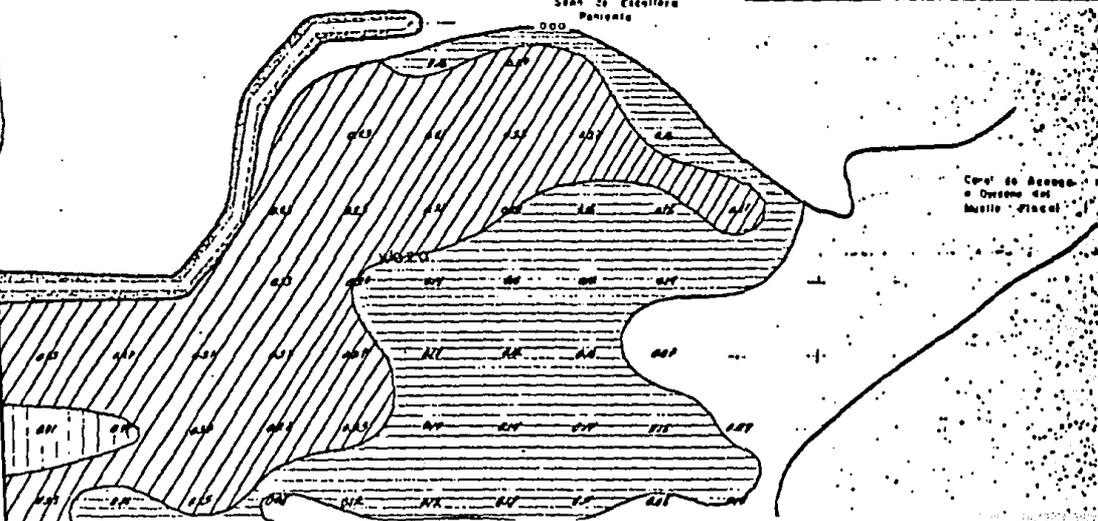
Proyección Marginal del  
Cano de Escollera

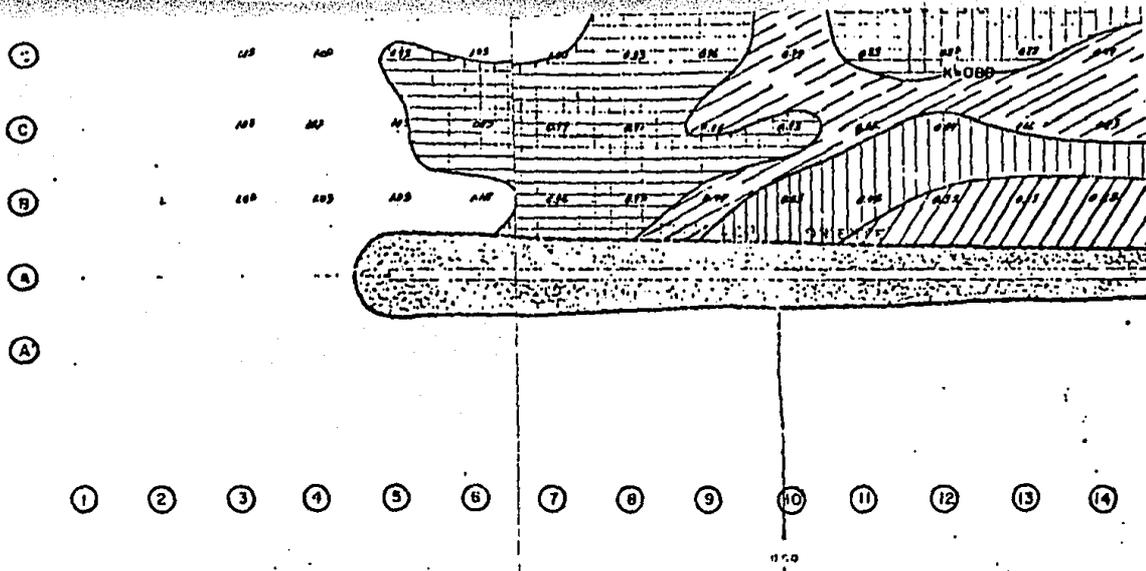
Sección de Escollera  
Panigato



El 08-11-1911

Canal de Scaque  
o Ocaso del  
Muelle Fiscal





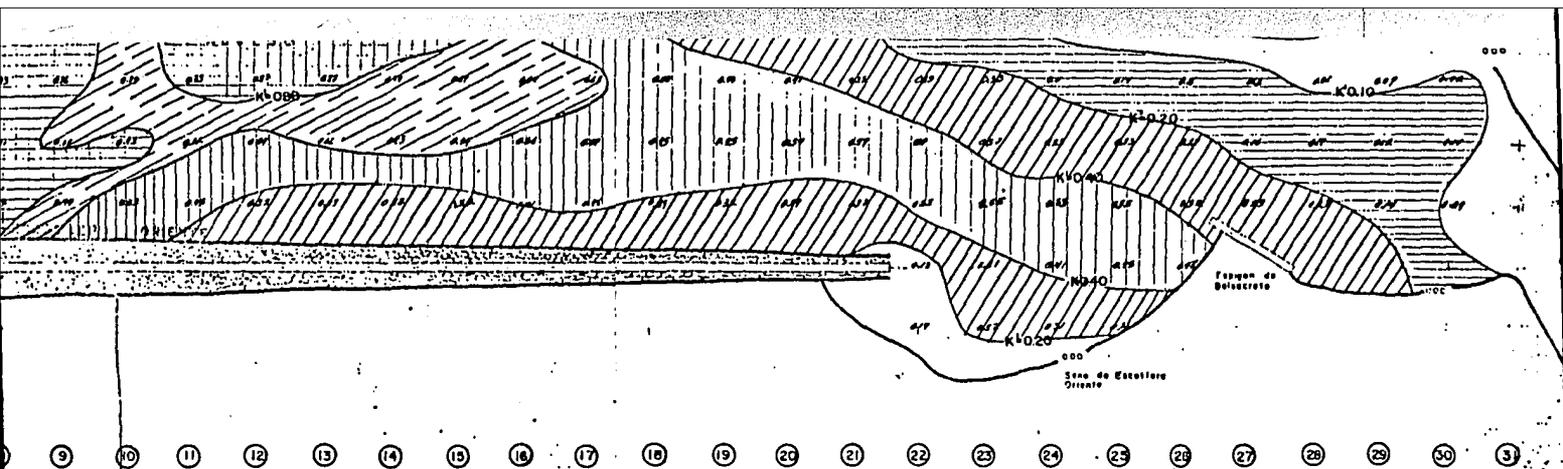
**NOTAS . -**

- EL MODELO HIRAUICO SE CONSTRUYO CON UNA ESCALA DE LINEAS DE 1/120, DE ACUERDO CON LA BATIMETRIA GENERAL DEL PUERTO.
- LAS CURVAS MUESTRAN ZONAS DE IGUAL COEFICIENTE DE REDUCCION DE ALTURA DE OLA,  $K'$  DETERMINADA COMO SIGUE :

$$K' = \frac{H_d}{H_i}$$

$H_d$  = ALTURA DE LA OLA EN EL INTERIOR DEL PUERTO

$H_i$  = ALTURA DE OLA INCIDENTE, MEDIDA EN EL EXTERIOR DEL PUERTO.



E. N. E. P. A R A G O N

U. N. A. M.

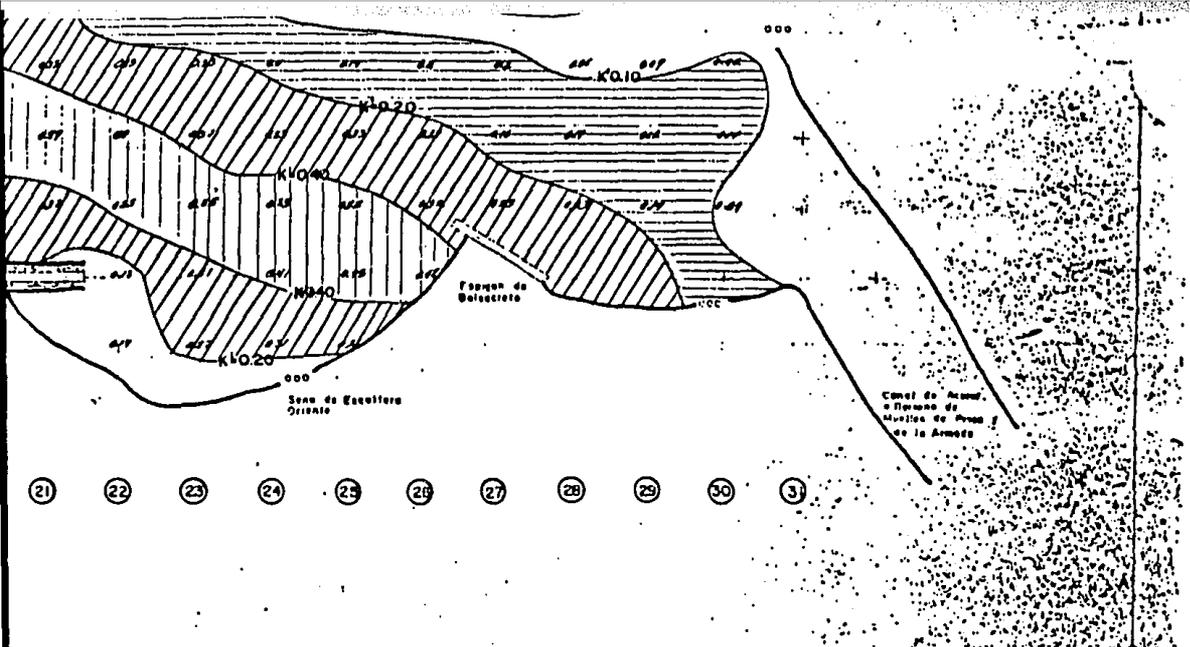
TESIS . PROFESIONAL

RODOLFO GOMEZ DIAZ

PUERTO MADERO, CHIS.

ESTUDIO EXPERIMENTAL DE AGITACION  
EN CONDICIONES ACTUALES

DIR. SUR PERIODO 14



E. N. E. P. A R A G O N

U. N. A. M.

TESIS PROFESIONAL

RODOLFO GOMEZ DIAZ

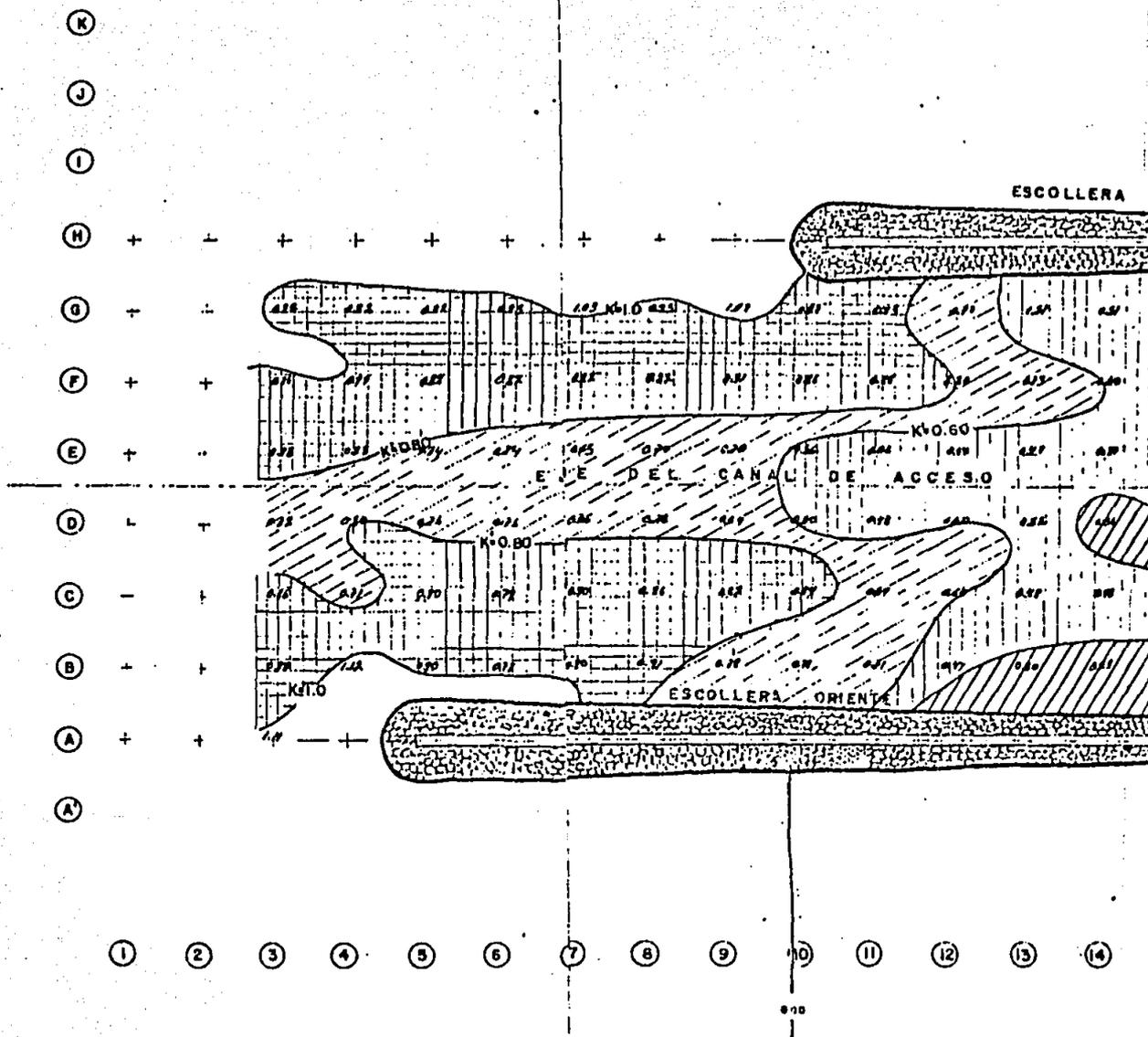
PUERTO MADERO, CHIS.

ESTUDIO EXPERIMENTAL DE AGITACION  
EN CONDICIONES ACTUALES

DIR. SUR PERIODO 14 SEG.

PLANO NO

**A-3**



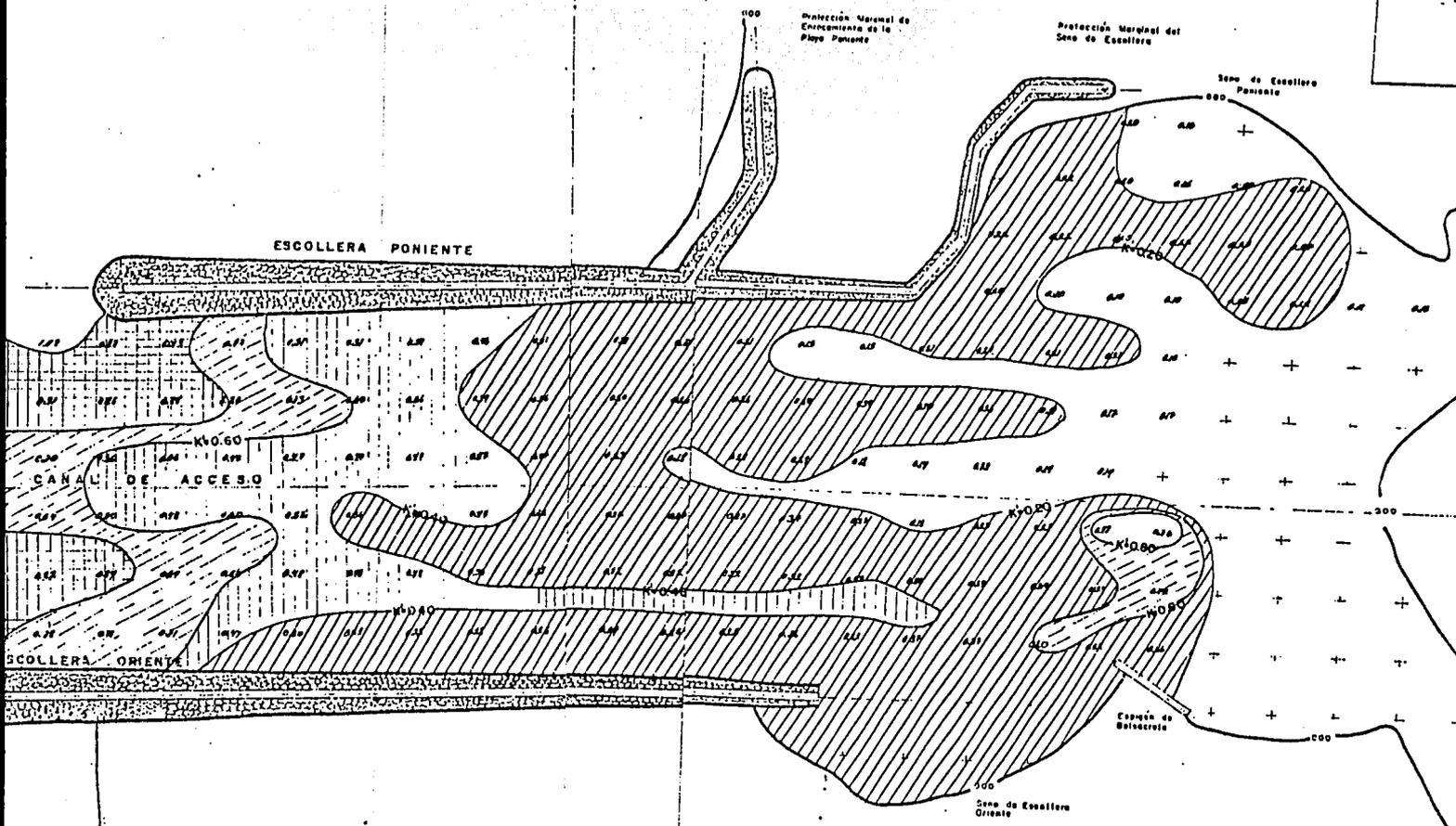
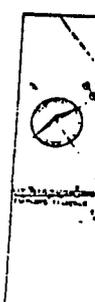
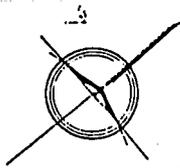
NOTAS.-

- EL MODELO HIRAUICO SE CONSTRUYO CON UNA ESCALA DE LINEAS DE 1/120, DE ACUERDO CON LA BATIMETRIA GENERAL DEL PUERTO.
- LAS CURVAS MUESTRAN ZONAS DE IGUAL COEFICIENTE DE REDUCCION DE ALTURA DE OLA, K' DETERMINADA COMO SIGUE :

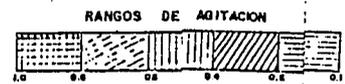
$$K' = \frac{Hd}{Hi}$$

Hd = ALTURA DE LA OLA EN EL INTERIOR DEL PUERTO

Hi = ALTURA DE OLA INCIDENTE, MEDIDA EN EL EXTERIOR DEL PUERTO.

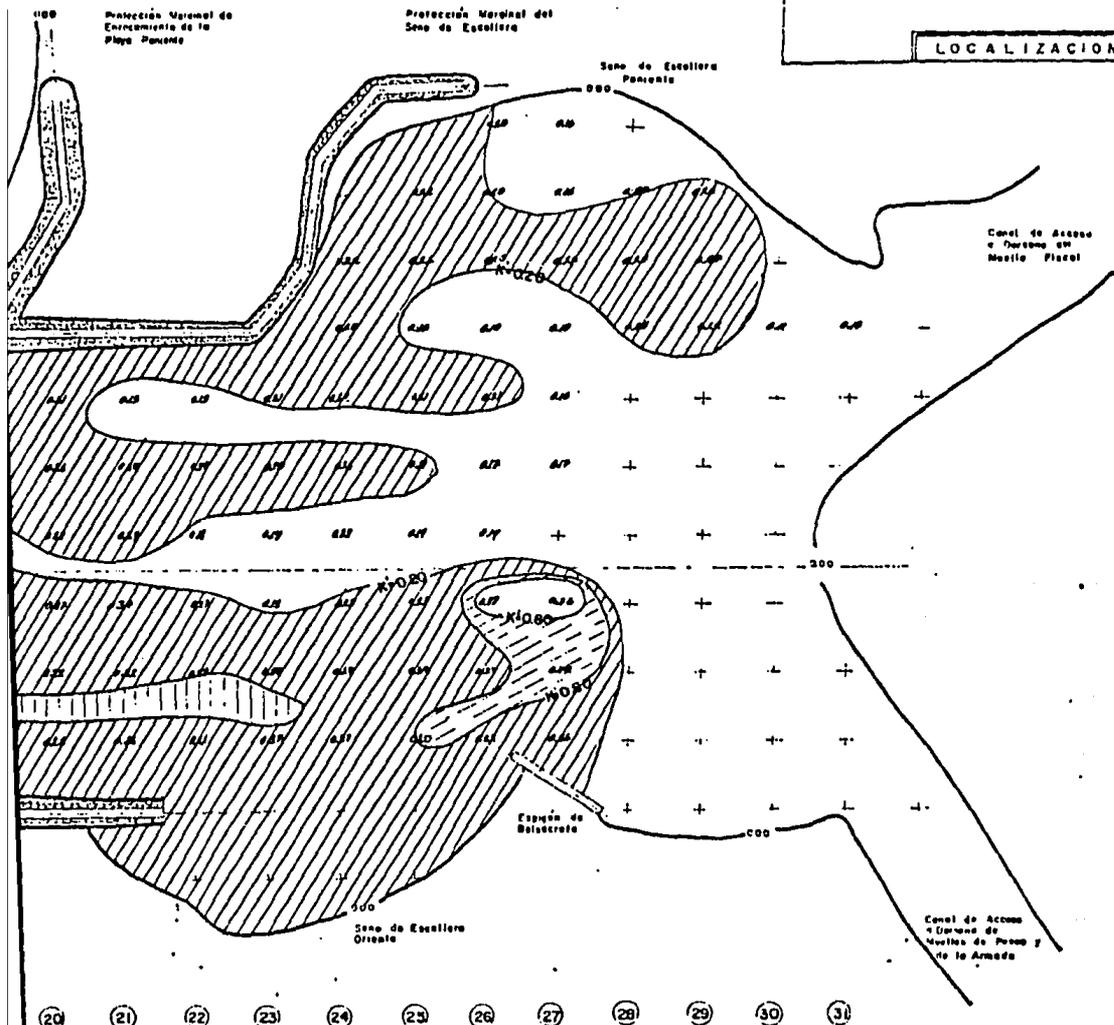
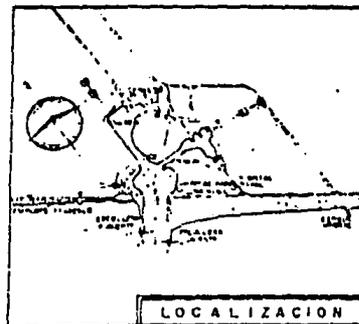
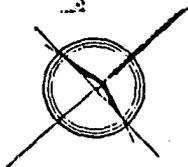


- 9
- 10
- 11
- 12
- 13
- 14
- 15
- 16
- 17
- 18
- 19
- 20
- 21
- 22
- 23
- 24
- 25
- 26
- 27
- 28
- 29
- 30
- 31



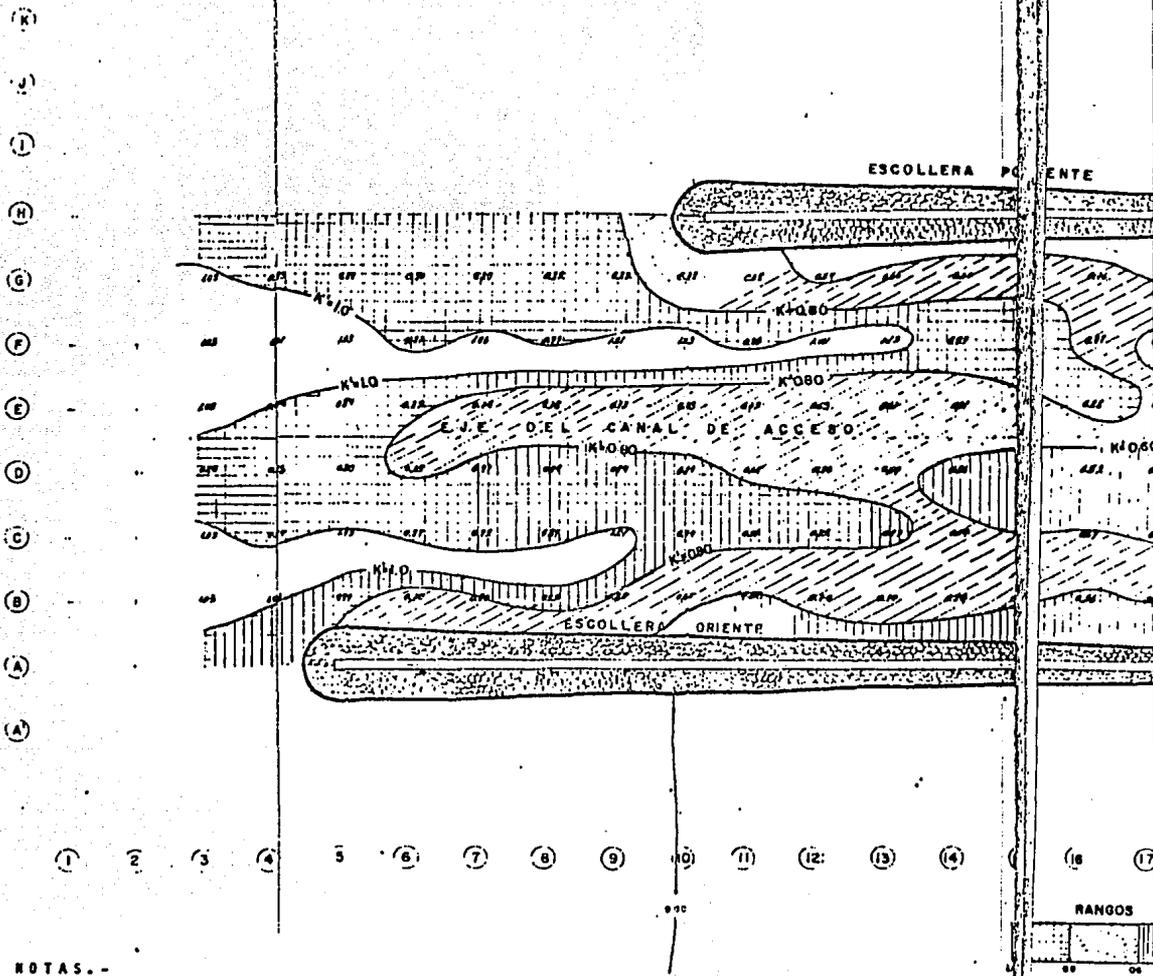
E.N.E.P. ARAGON  
 U. N. A. M.  
 TESIS PROFESIONAL  
 RODOLFO GOMEZ DIAZ

PUERTO MADERO, CHIS.  
 ESTUDIO EXPERIMENTAL DE AGITACION  
 EN CONDICIONES ACTUALES  
 DIR. SUR PERIODO 16 S



(20) (21) (22) (23) (24) (25) (26) (27) (28) (29) (30) (31)

E.N.E.P. ARAGON	PUERTO MADERO, CHIS.	PLANO NO.
U. N. A. M.	ESTUDIO EXPERIMENTAL DE AGITACION EN CONDICIONES ACTUALES	<b>A-4</b>
TESIS PROFESIONAL	DIR. SUR PERIODO 16 SEG.	
RODOLFO GOMEZ DIAZ		



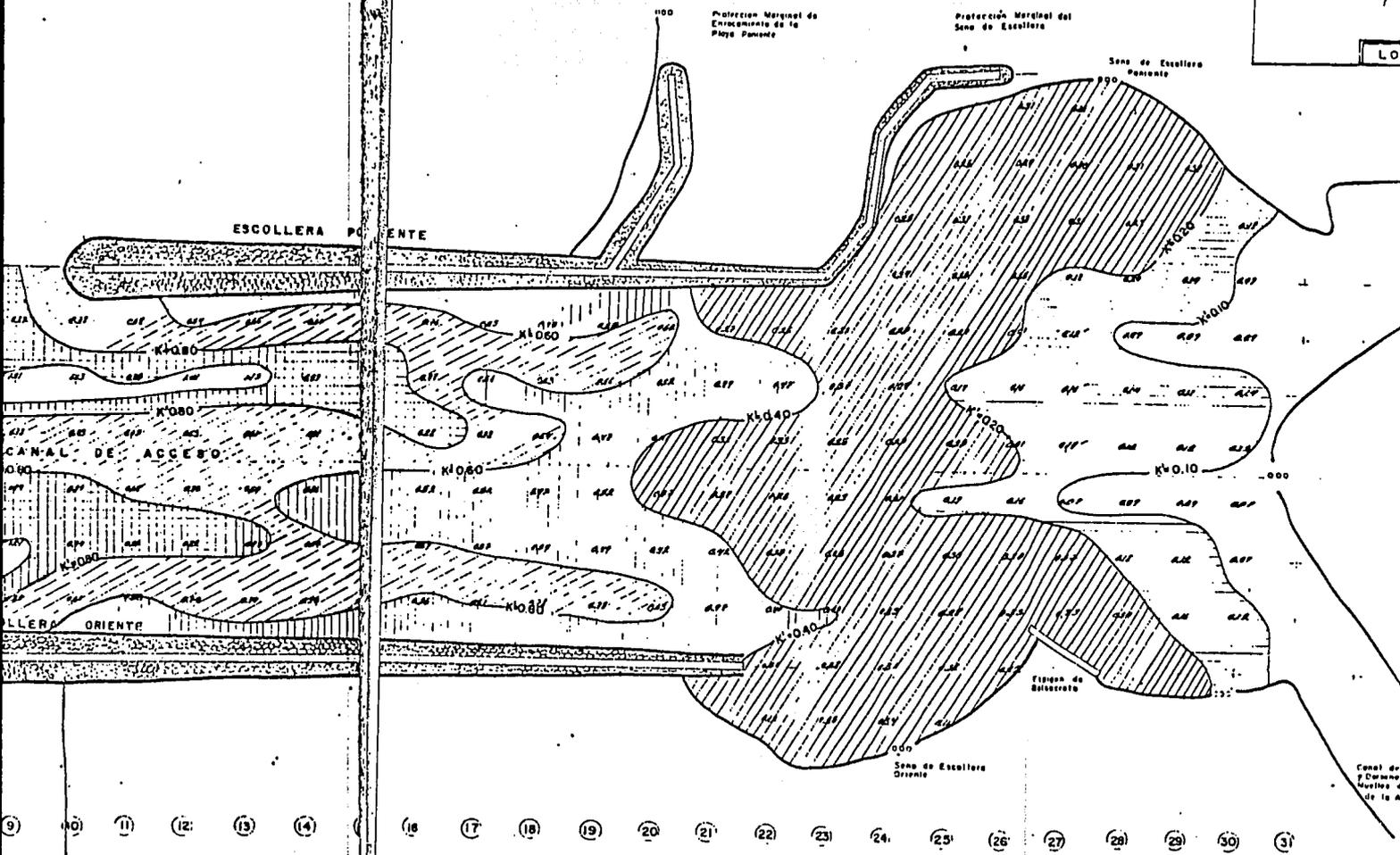
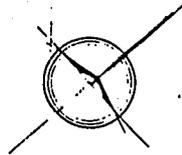
NOTAS.-

- EL MODELO HIRAUICO SE CONSTRUYO CON UNA ESCALA DE LINEAS DE 1/120, DE ACUERDO CON LA BATIMETRIA GENERAL DEL PUERTO.
- LAS CURVAS MUESTRAN ZONAS DE IGUAL COEFICIENTE DE REDUCCION DE ALTURA DE OLA,  $K^0$  DETERMINADA COMO SIGUE :

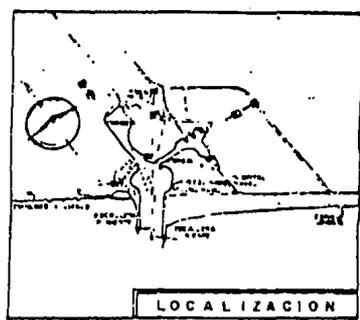
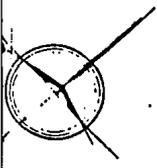
$$K^0 = \frac{H_I}{H_i}$$

$H_i$  = ALTURA DE LA OLA EN EL INTERIOR DEL PUERTO

$H_I$  = ALTURA DE OLA INCIDENTE, MEDIDA EN EL EXTERIOR DEL PUERTO.



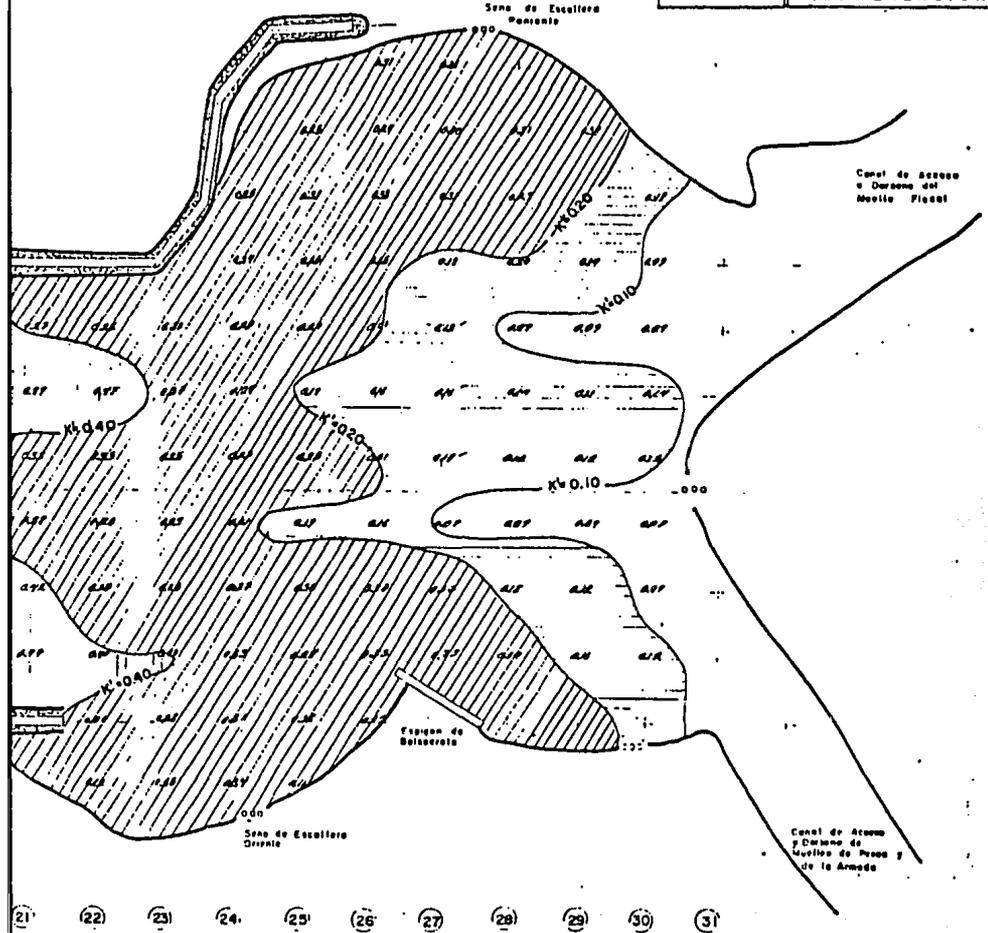
E.N.E.P. A RAGON	PUERTO MADERO, CHIS.
U. N. A. M.	ESTUDIO EXPERIMENTAL DE AGITACION EN CONDICIONES ACTUALES
TESIS PROFESIONAL	
RODOLFO GOMEZ DIAZ	DIR. SW PERIODO 12 SEG.



Protección Marginal de  
Entrecamisa de la  
Playa Panzote

Protección Marginal del  
Seno de Escollera

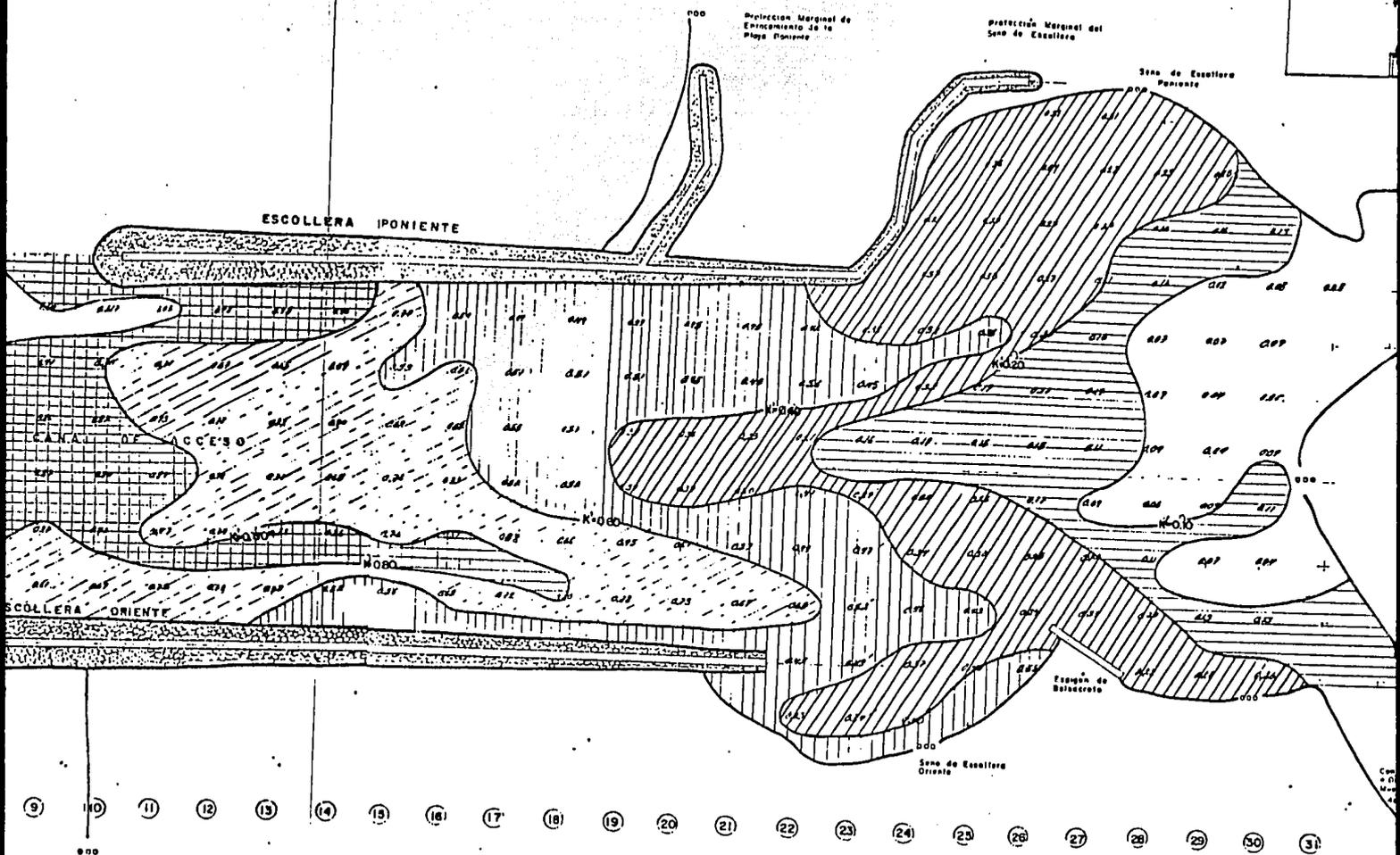
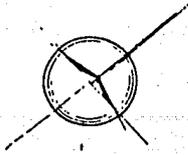
Seno de Escollera  
Panzote



- (21)
- (22)
- (23)
- (24)
- (25)
- (26)
- (27)
- (28)
- (29)
- (30)
- (31)

<b>E. N. E. P. A R A G O N</b> <b>U. N. A. M.</b> <b>TESIS PROFESIONAL</b> <b>RODOLFO GOMEZ DIAZ</b>	<b>PUERTO MADERO, CHIS.</b> <b>ESTUDIO EXPERIMENTAL DE AGITACION</b> <b>EN CONDICIONES ACTUALES</b> DIR. SW PERIODO 12 SEG.	<b>PLANO NO</b> <span style="font-size: 2em; font-weight: bold;">A-5</span>
---	--	--





E.N.E.P. A R A G O N

U. N. A. M.

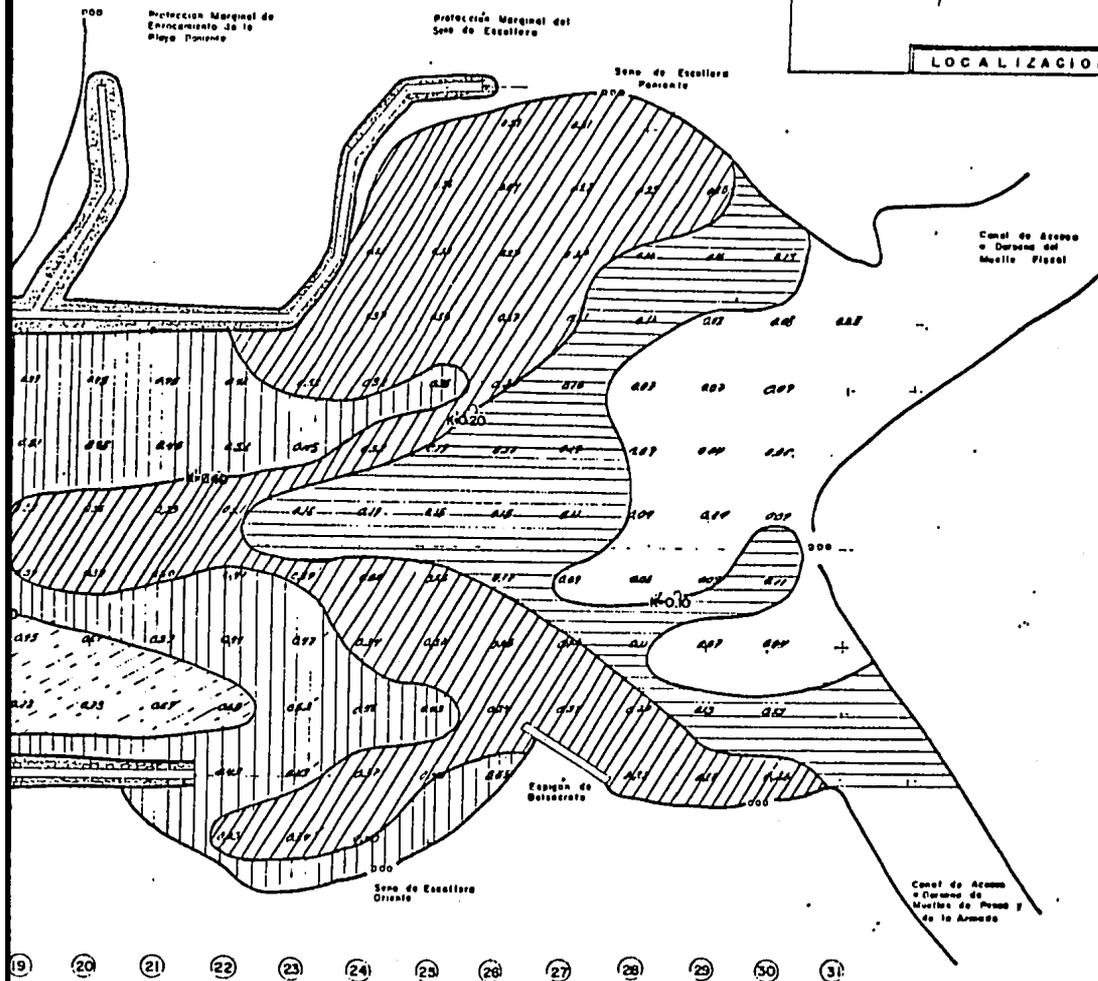
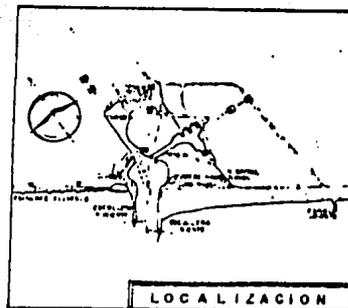
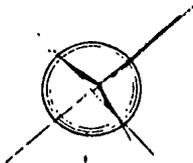
TESIS PROFESIONAL

RODOLFO GOMEZ DIAZ

PUERTO MADERO, CHIS.

ESTUDIO EXPERIMENTAL DE AGITACION  
EN CONDICIONES ACTUALES

DIR. SW PERIODO 14 SEG



19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31

E.N.E.P. ARAGON	PUERTO MADERO, CHIS.	PLANO NO.
U. N. A. M.	ESTUDIO EXPERIMENTAL DE AGITACION EN CONDICIONES ACTUALES	A-6
TESIS PROFESIONAL	DIR. SW PERIODO 14 SEG.	
RODOLFO GOMEZ DIAZ		

(K)

(J)

(I)

(H) + + + + +

(G) - - +

(F) + + +

(E) + + +

(D) - + +

(C) - + +

(B) + + +

(A) + + +

(A)

(1)

(2)

(3)

(4)

(5)

(6)

(7)

(8)

(9)

(10)

(11)

(12)

(13)

(14)

(15)

(16)

NOTAS.-

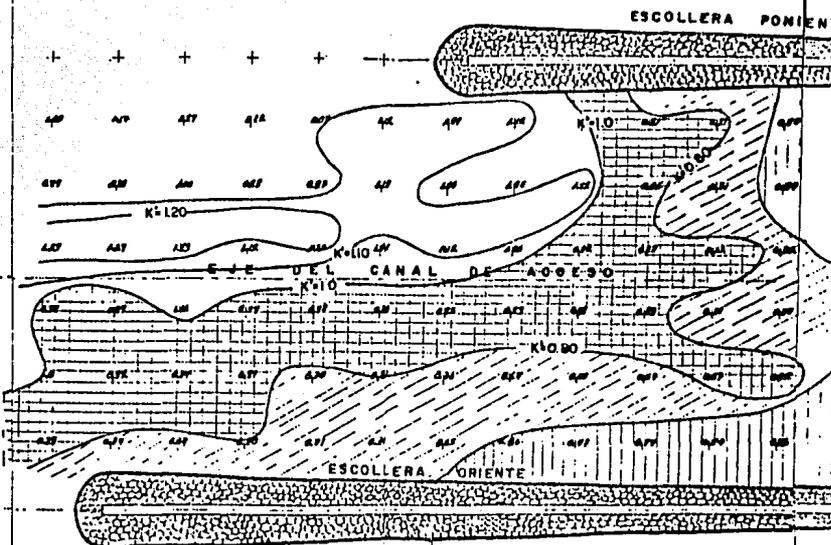
- EL MODELO HIDRAULICO SE CONSTRUYO CON UNA ESCALA DE LINEAS DE 1/120, DE ACUERDO CON LA BATIMETRIA GENERAL DEL PUERTO.

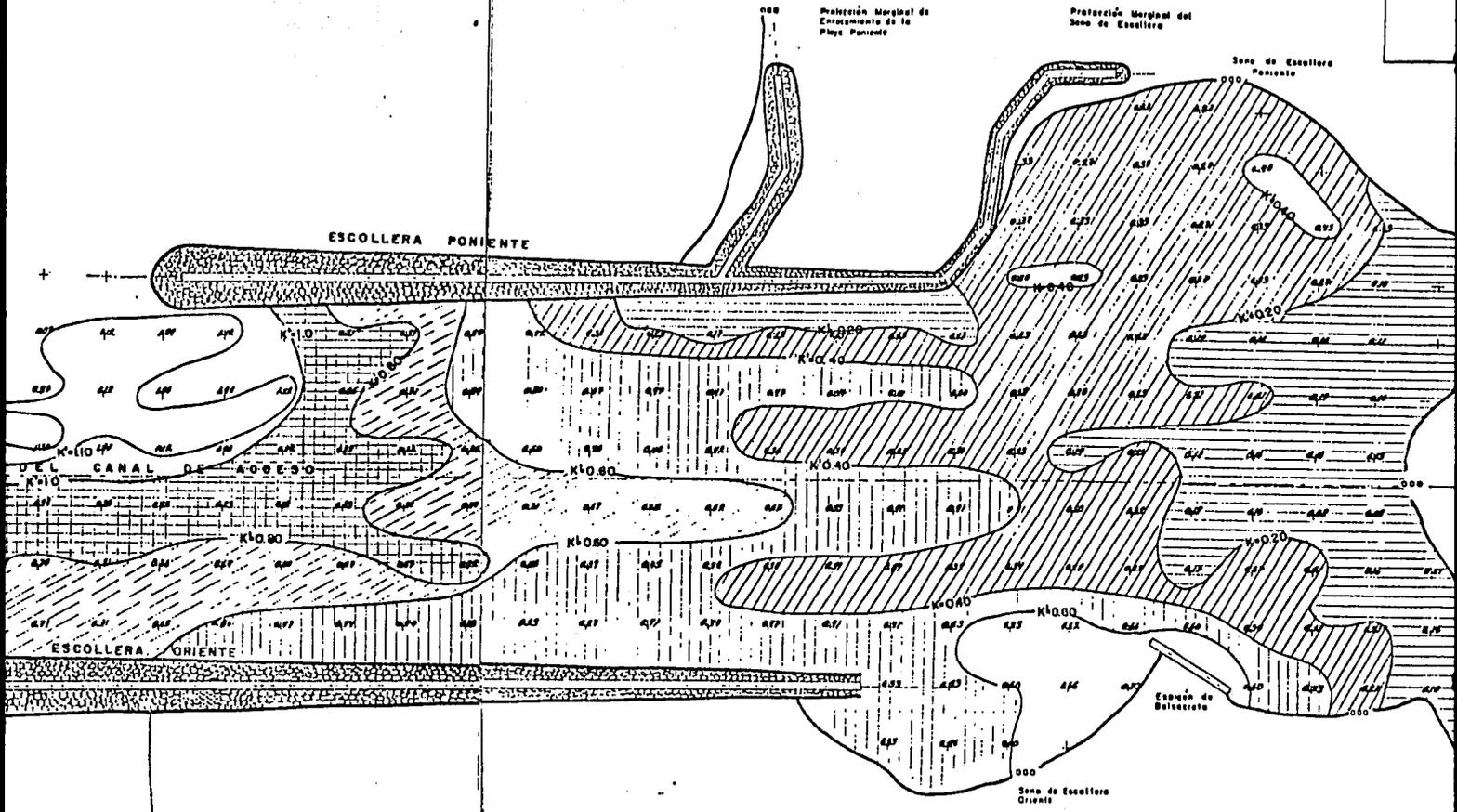
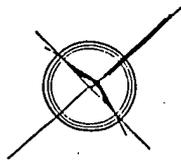
- LAS CURVAS MUESTRAN ZONAS DE IGUAL COEFICIENTE DE REDUCCION DE ALTIMA DE OLA, K' DETERMINADA COMO SIGUE :

$$K' = \frac{H_i}{H_e}$$

H<sub>i</sub> = ALTURA DE LA OLA EN EL INTERIOR DEL PUERTO

H<sub>e</sub> = ALTURA DE OLA INCIDENTE, MEDIDA EN EL EXTERIOR DEL PUERTO.





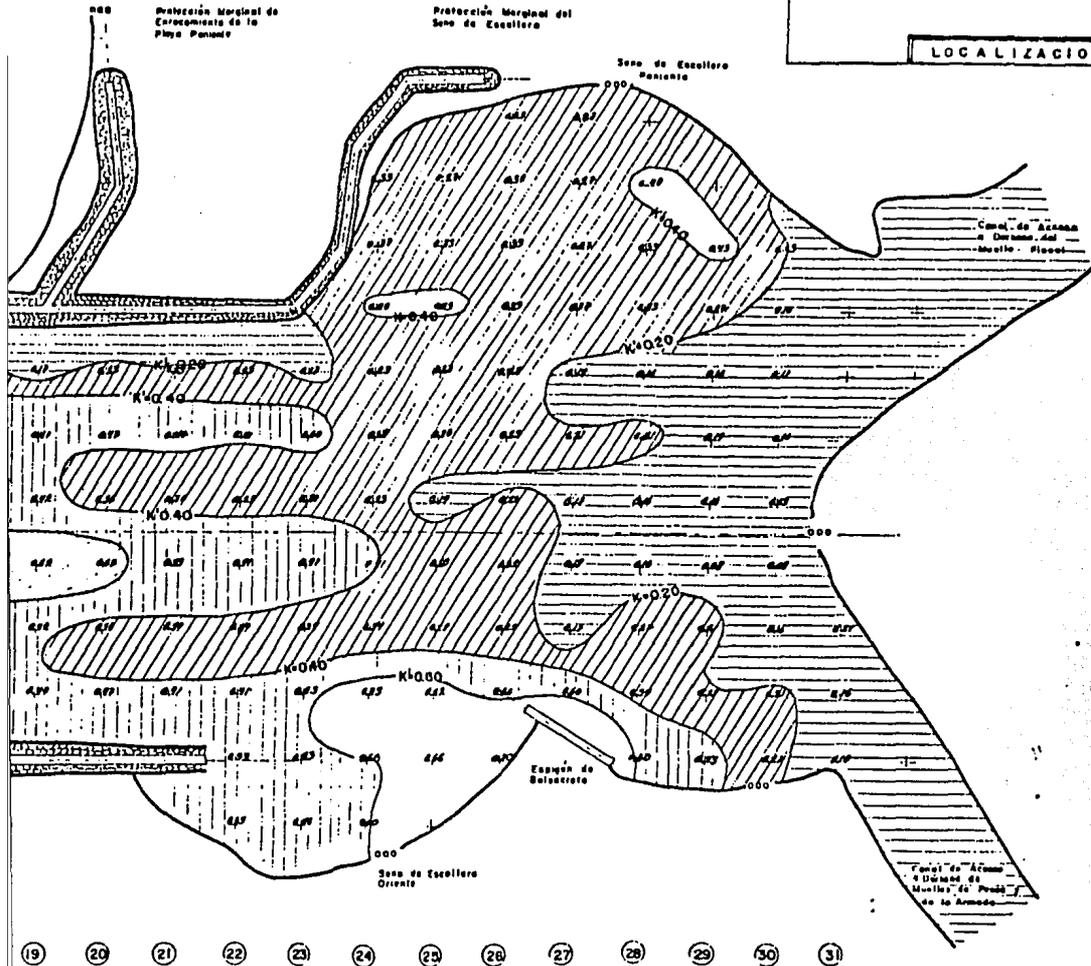
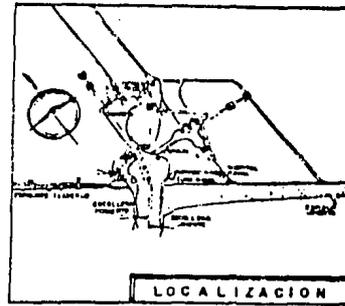
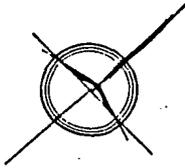
- 8
- 9
- 10
- 11
- 12
- 13
- 14
- 15
- 16
- 17
- 18
- 19
- 20
- 21
- 22
- 23
- 24
- 25
- 26
- 27
- 28
- 29
- 30
- 31

RANGOS DE AGITACION



ACUER-  
DE OLA,

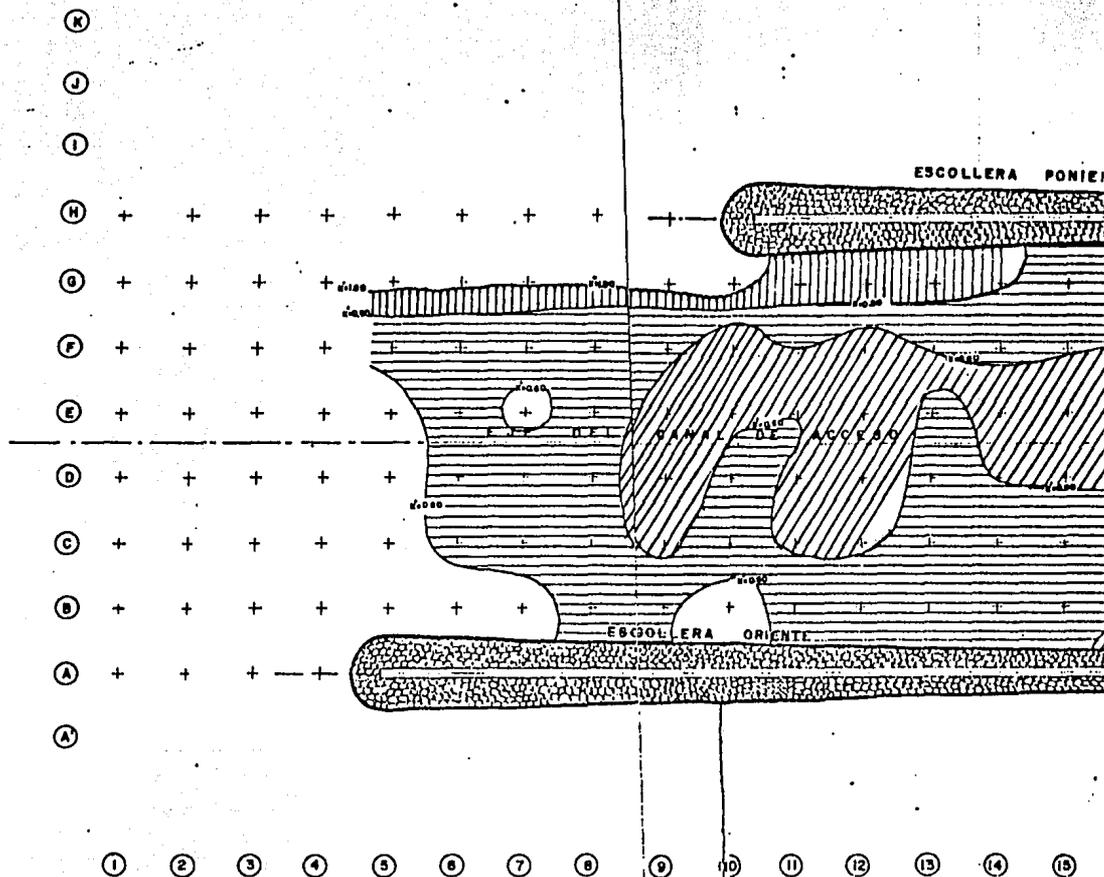
<b>E.N.E.P. A R A G O N</b> <b>U. N. A. M.</b> <b>TESIS PROFESIONAL</b> <b>RODOLFO GOMEZ DIAZ</b>	<b>PUERTO MADERO, CHIS.</b> <b>ESTUDIO EXPERIMENTAL DE AGITACION EN CONDICIONES ACTUALES</b> DIR. SW PERIODO 16
--	---



19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31



E. N. E. P. A R A G O N	PUERTO MADERO, CHIS.	PLANO NO
U. N. A. M.		
TESIS PROFESIONAL	ESTUDIO EXPERIMENTAL DE AGITACION EN CONDICIONES ACTUALES	A·7
RODOLFO GOMEZ DIAZ	DIR. SW PERIODO 16 SEG.	



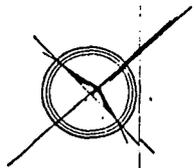
NOTAS.-

- EL MODELO HIDRAULICO SE CONSTRUYO CON UNA ESCALA DE LINEAS DE 1/120, DE ACUERDO CON LA BATIMETRIA GENERAL DEL PUERTO.
- LAS CURVAS MUESTRAN ZONAS DE IGUAL COEFICIENTE DE REDUCCION DE ALTURA DE OLA, K' DETERMINADA COMO SIGUE :

$$K' = \frac{H_I}{H_I}$$

H<sub>I</sub> = ALTURA DE LA OLA EN EL INTERIOR DEL PUERTO

H<sub>I</sub> = ALTURA DE OLA INCIDENTE, MEDIDA EN EL EXTERIOR DEL PUERTO.



Profecion Marginal de  
Entramado de la  
Playa Panzona

Profecion Marginal del  
Seno de Escollera

Seno de Escollera  
Panzona

ESCOLLERA PONIENTE

ACCESO

ESCOLLERA ORIENTE

SENO ORIENTE DRAGADO

ESPIGON INTERIOR

- 9
- 10
- 11
- 12
- 13
- 14
- 15
- 16
- 17
- 18
- 19
- 20
- 21
- 22
- 23
- 24
- 25
- 26
- 27
- 28
- 29
- 30
- 31

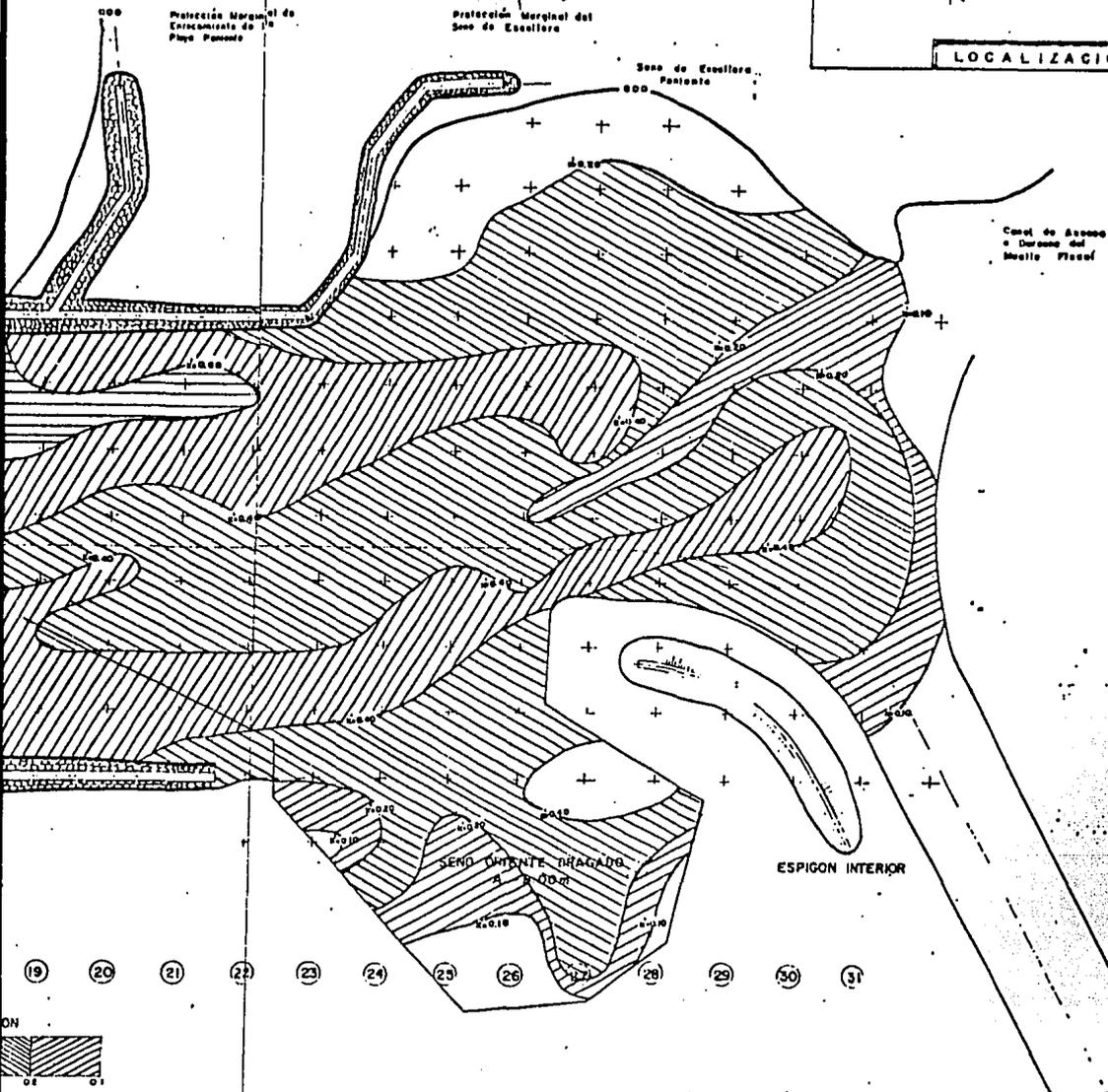
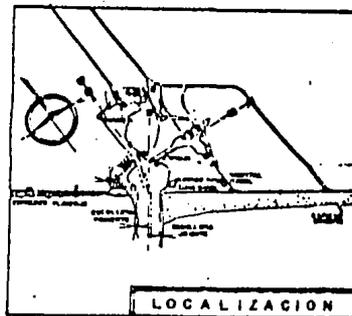
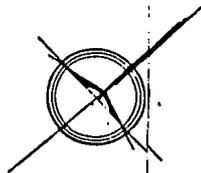
RANGOS DE AGITACION



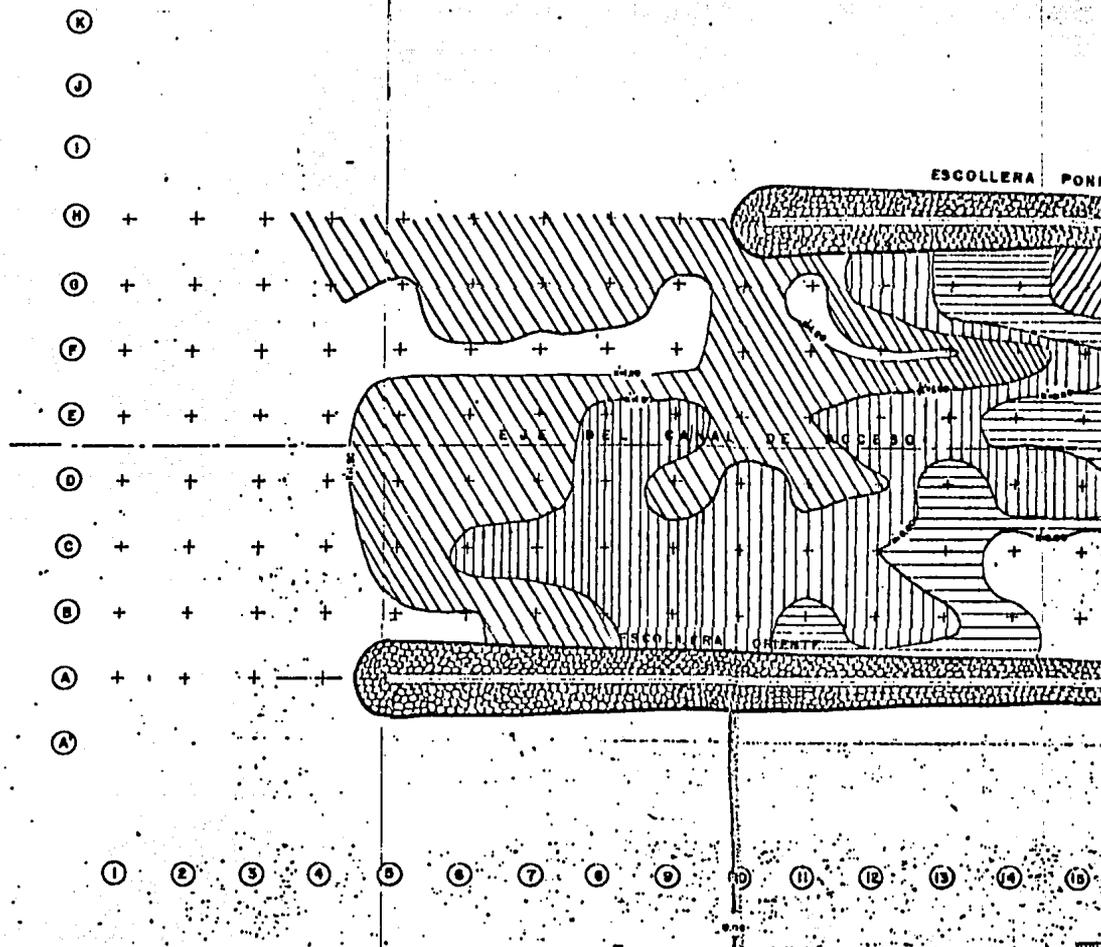
CUER-  
OLA,

E. N. E. P. A R A G O N
U. N. A. M.
TESIS PROFESIONAL
RODOLFO GOMEZ DIAZ

PUERTO MADERO, CHIS.  
 COEFICIENTES DE AGITACION  
 ( DRAGADO A - 8.00 m )  
 DIRECCION SUR PERIODO 10



E. N. E. P. A R A G O N	PUERTO MADERO, CHIS. COEFICIENTES DE AGITACION ( DRAGADO A - 8.00 m ) DIRECCION SUR PERIODO 10	PLANO NO.
U. N. A. M.		<b>D-1</b>
TESIS PROFESIONAL		
RODOLFO GOMEZ DIAZ		



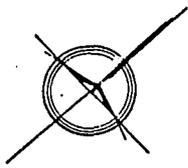
NOTAS. -

- EL MODELO HIRAUICO SE CONSTRUYO CON UNA ESCALA DE LINEAS DE 1/120, DE ACUERDO CON LA BATIMETRIA GENERAL DEL PUERTO.
- LAS CURVAS MUESTRAN ZONAS DE IGUAL COEFICIENTE DE REDUCCION DE ALTURA DE OLA,  $K^2$  DETERMINADA COMO SIGUE:

$$K^2 = \frac{H_0}{H_1}$$

$H_0$  = ALTURA DE LA OLA EN EL INTERIOR DEL PUERTO

$H_1$  = ALTURA DE OLA INCIDENTE, MEDIDA EN EL EXTERIOR DEL PUERTO.

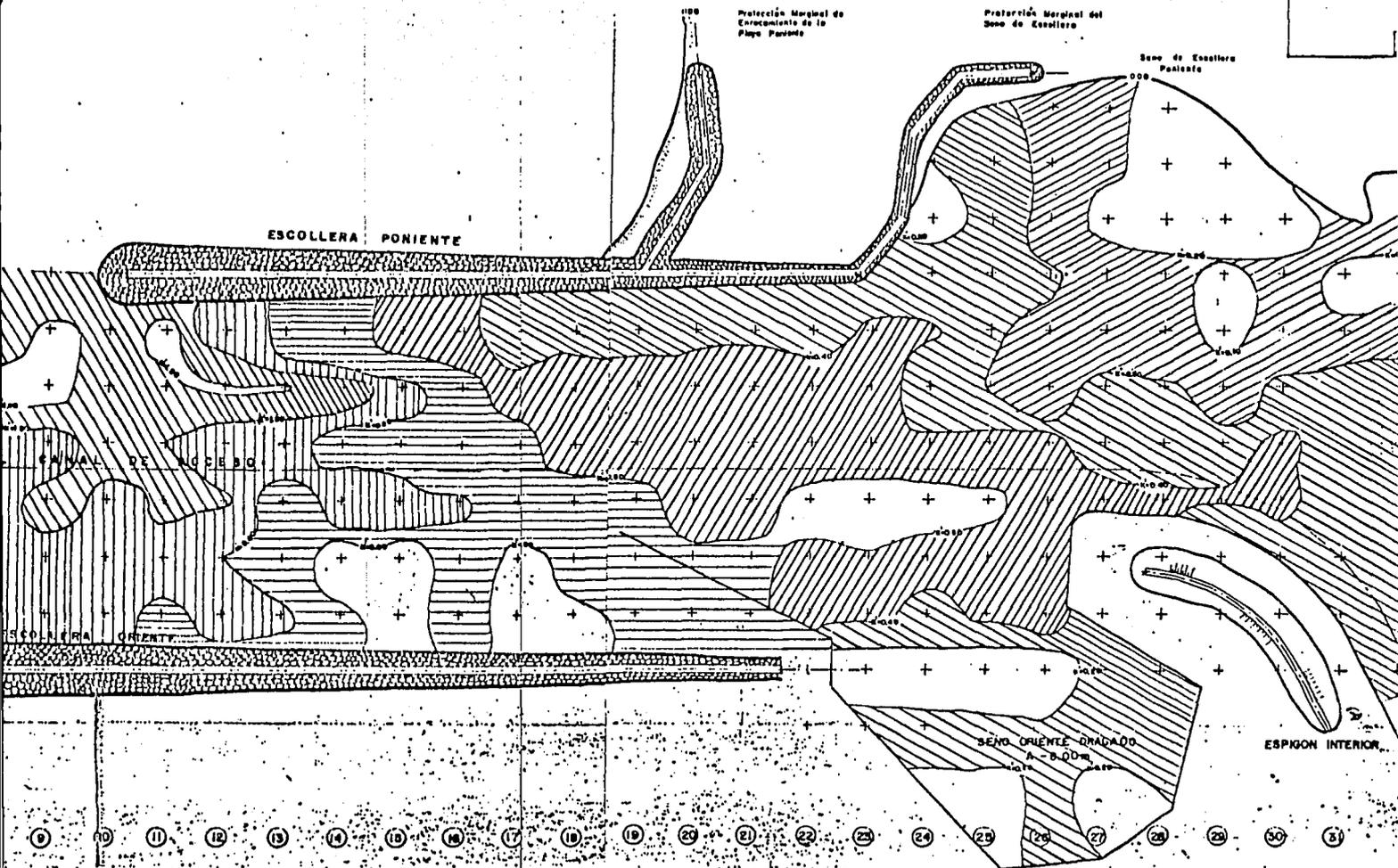


Protección Marginal de Enrocamiento de la Playa Panteón

Protección Marginal del Seno de Escollera

Senos de Escollera Panteón

ESCOLLERA PONIENTE



8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31

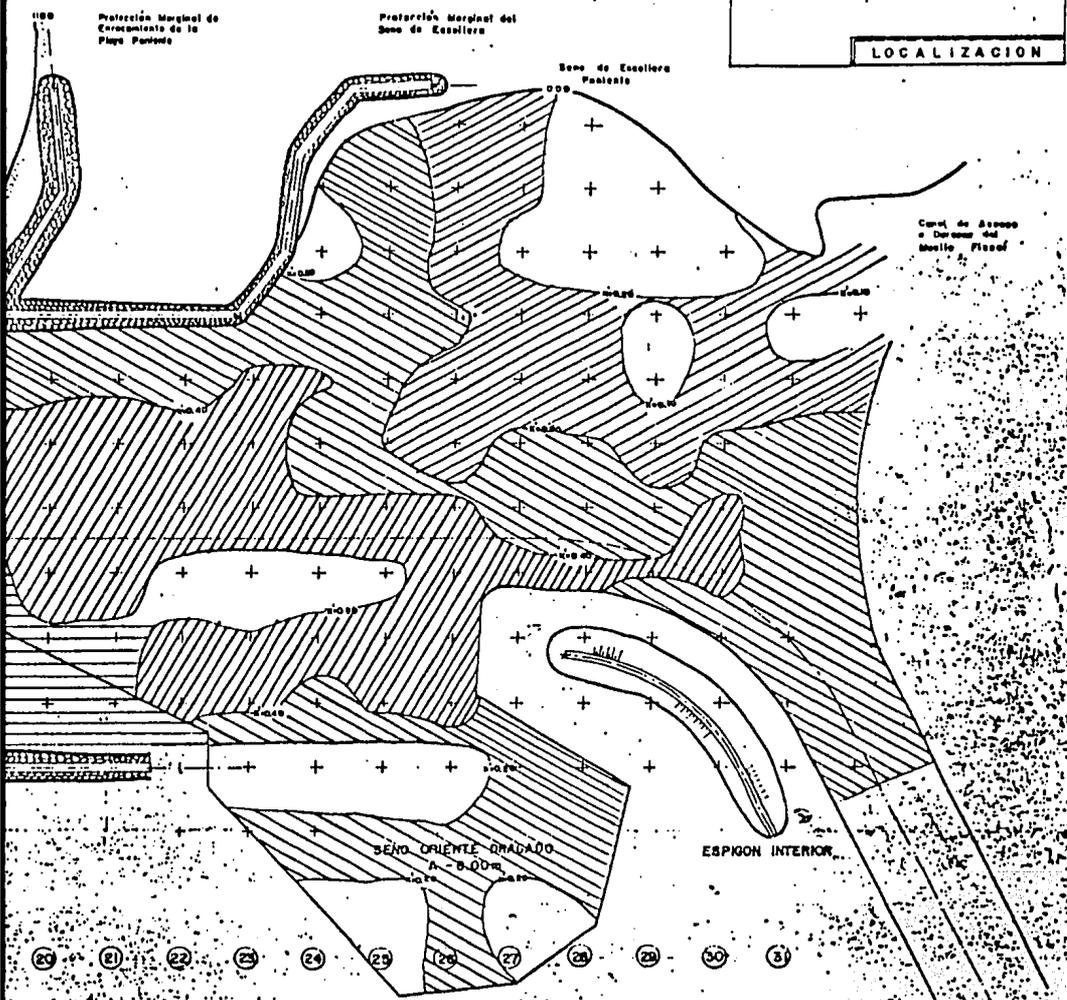
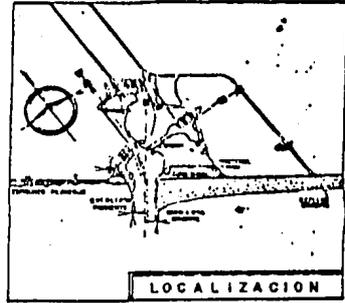
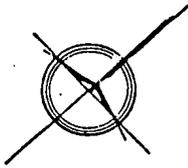
RANGOS DE AGITACION



ACUER-  
DE OLA.

E.N.E.P. A R A G O N
U. N. A. M.
TESIS PROFESIONAL
RODOLFO GOMEZ DIAZ

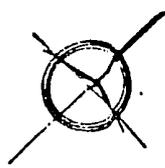
PUERTO MADERO, CHIS.  
 COEFICIENTES DE AGITACION  
 ( DRAGADO A - 8.00 m )  
 DIRECCION SUROESTE PERIODO 14



100-H10

E. N. E. P. A R A G O N	PUERTO MADERO, CHIS.	PLANO NO.
U. N. A. M.		
TESIS PROFESIONAL	COEFICIENTES DE AGITACION ( DRAGADO A - 8.00 m )	D-2
RODOLFO GOMEZ DIAZ	DIRECCION SUROESTE PERIODO 14	

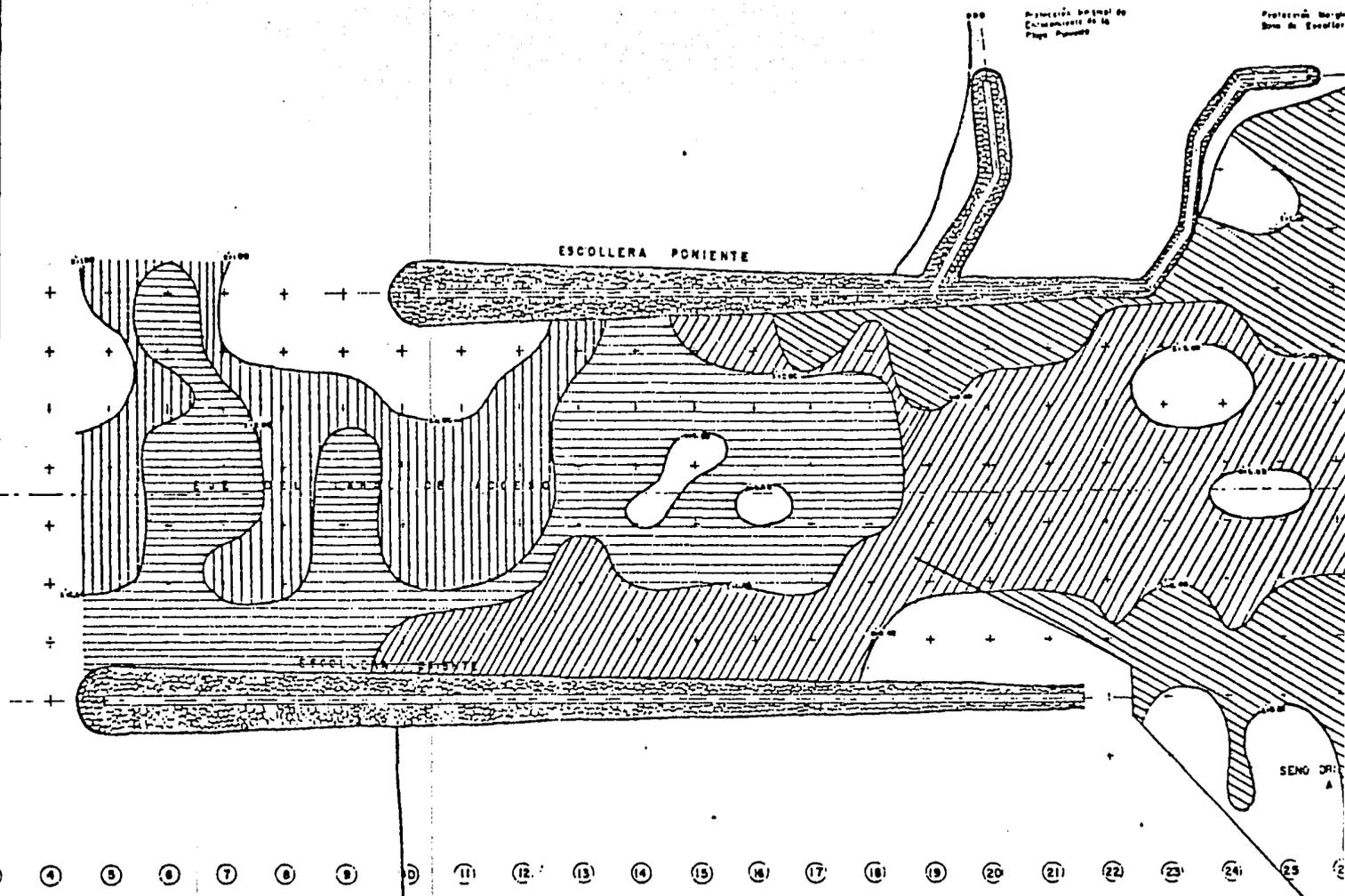




Protección Marginal de  
Cantón de la  
Playa Puntana

Protección Marginal  
Barral de Escalera

ESCOLLERA PONIENTE



SEMO DE  
A

4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25

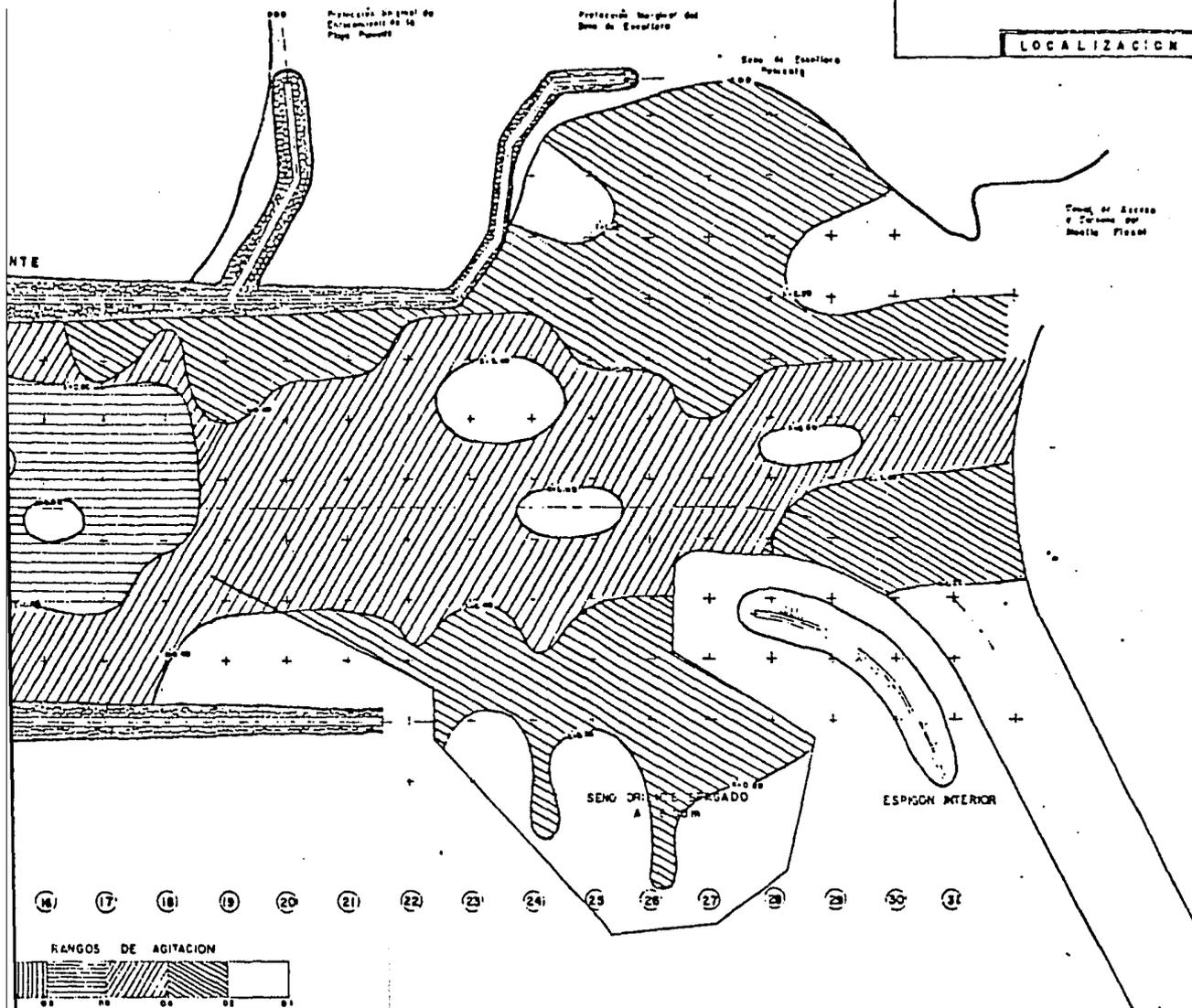
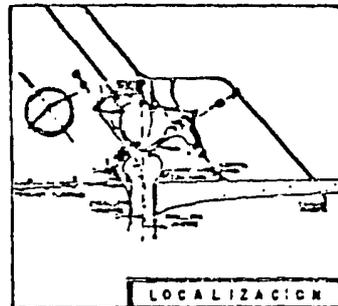
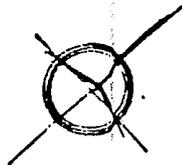
RANGOS DE AGITACION



ALA DE LINEAS DE 1/120, DE ACUER-  
TE DE REDUCCION DE ALTURA DE OLA,

PUERTO  
L EXTERIOR DEL PUERTO.

E.N.E.P. A R A G O N
U. N. A. M.
TESIS PROFESIONAL
RODOLFO GOMEZ DIAZ



E.N.E.P. A R A G O N
U. N. A. M.
TESIS PROFESIONAL
RODOLFO GOMEZ DIAZ

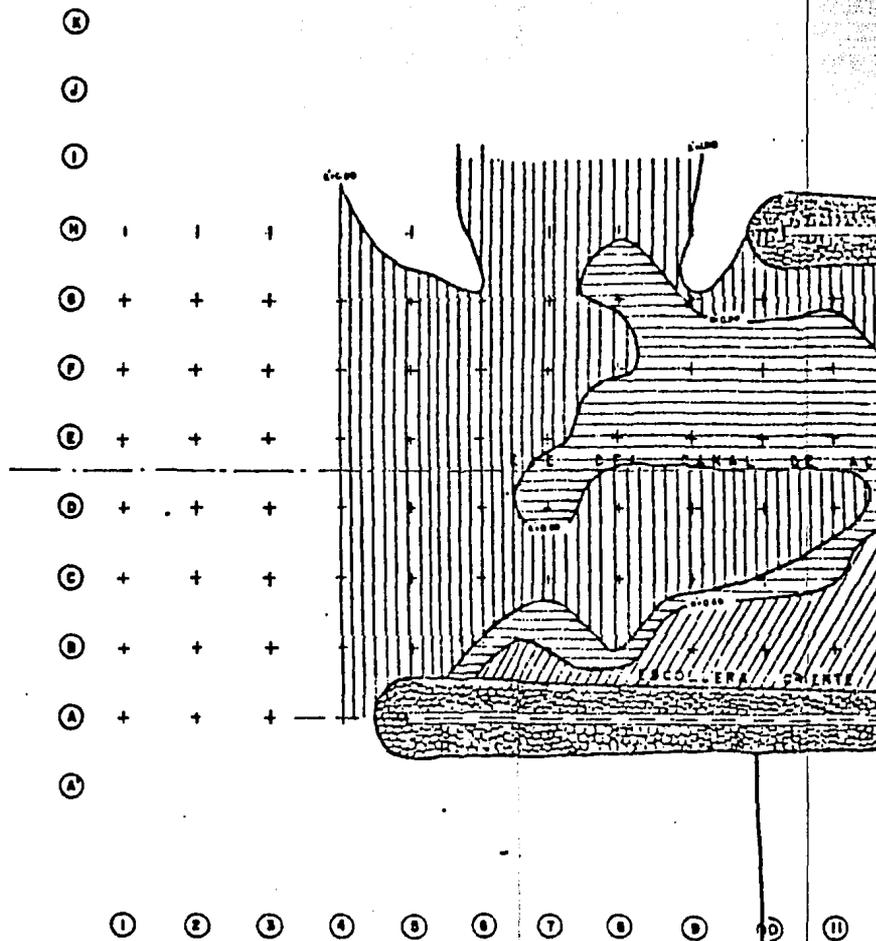
PUERTO MADERO, CHIS.

COEFICIENTES DE AGITACION  
( DRAGADO A - 8.00 m )

DIRECCION SUR PERIODO 12

PLANO NO.

D-3



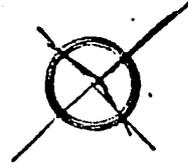
NOTAS.-

- EL MODELO HIRAUICO SE CONSTRUYO CON UNA ESCALA DE LINEAS DE 1/120, DE ACUERDO CON LA BATIMETRIA GENERAL DEL PUERTO.
- LAS CURVAS MUESTRAN ZONAS DE IGUAL COEFICIENTE DE REDUCCION DE ALTURA DE OLA,  $K'$  DETERMINADA COMO SIGUE:

$$K' = \frac{H_i}{H_e}$$

$H_i$  = ALTURA DE LA OLA EN EL INTERIOR DEL PUERTO

$H_e$  = ALTURA DE OLA INCIDENTE, MEDIDA EN EL EXTERIOR DEL PUERTO.



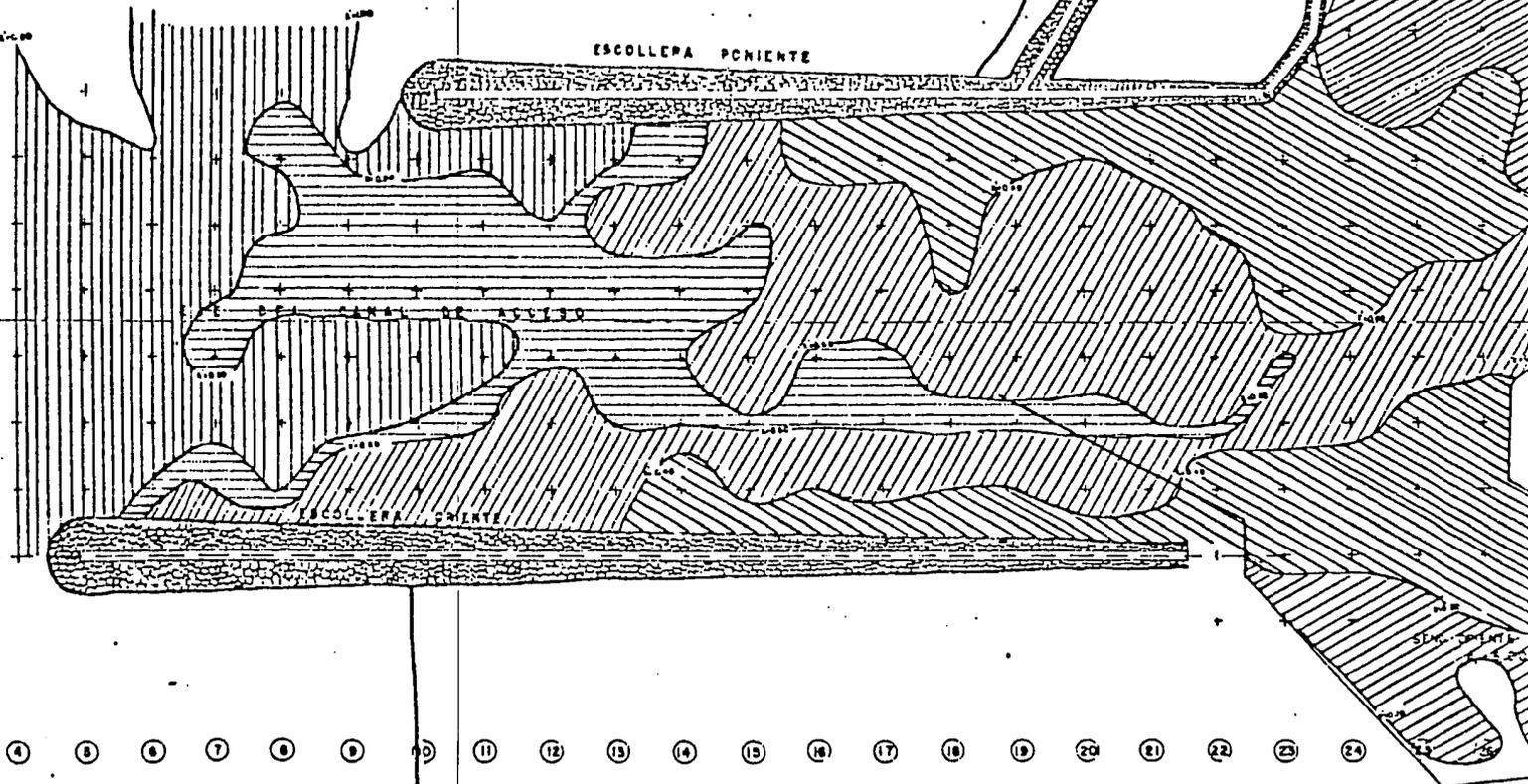
Proyecto: Marginal de  
Enchambrado de la  
Riata Parana

Proyecto: Marginal de  
San de Escollera

ESCOLLEPA PONIENTE

DEL CANAL DE ASISDO

ESCOLLEPA ORIENTE



4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24

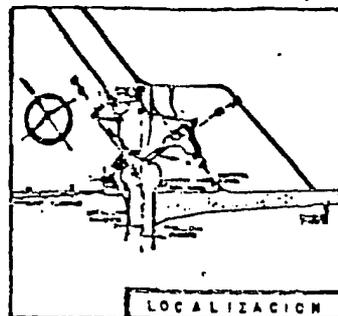
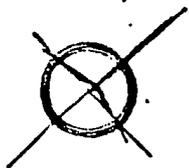
RANGOS DE AGITACION



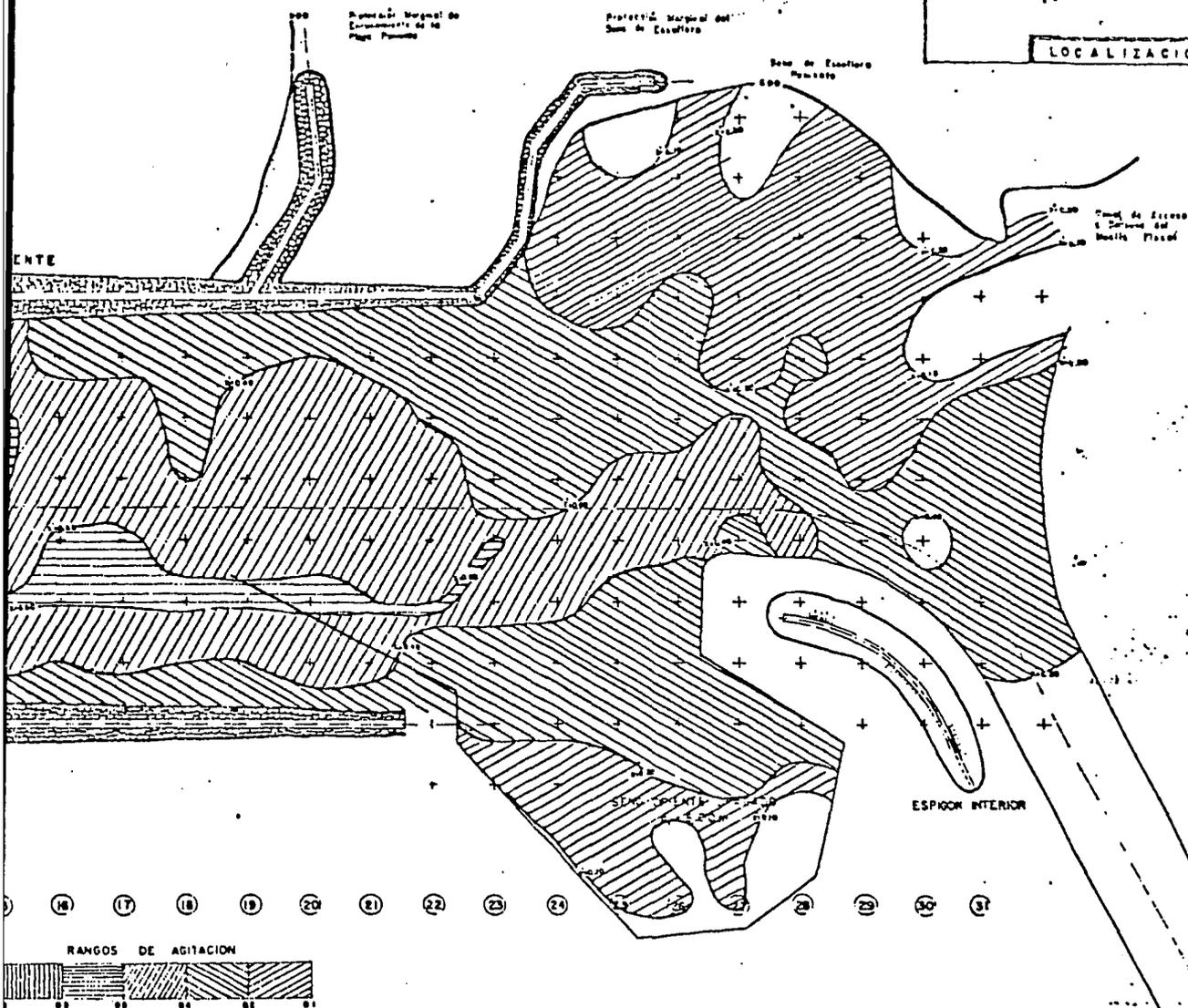
ALA DE LINEAS DE 1/120, DE ACUER-  
TE DE REDUCCION DE ALTURA DE LA,

VERTO  
EXTERIOR DEL PUERTO.

E.N.E.P. ARAGON	
U. N. A. M.	
TESIS PROFESIONAL	
RODOLFO GOMEZ DIAZ	DI



511-615-111



E.N.E.P. ARAGON

U. N. A. M.

TESIS PROFESIONAL

RODOLFO GOMEZ DIAZ

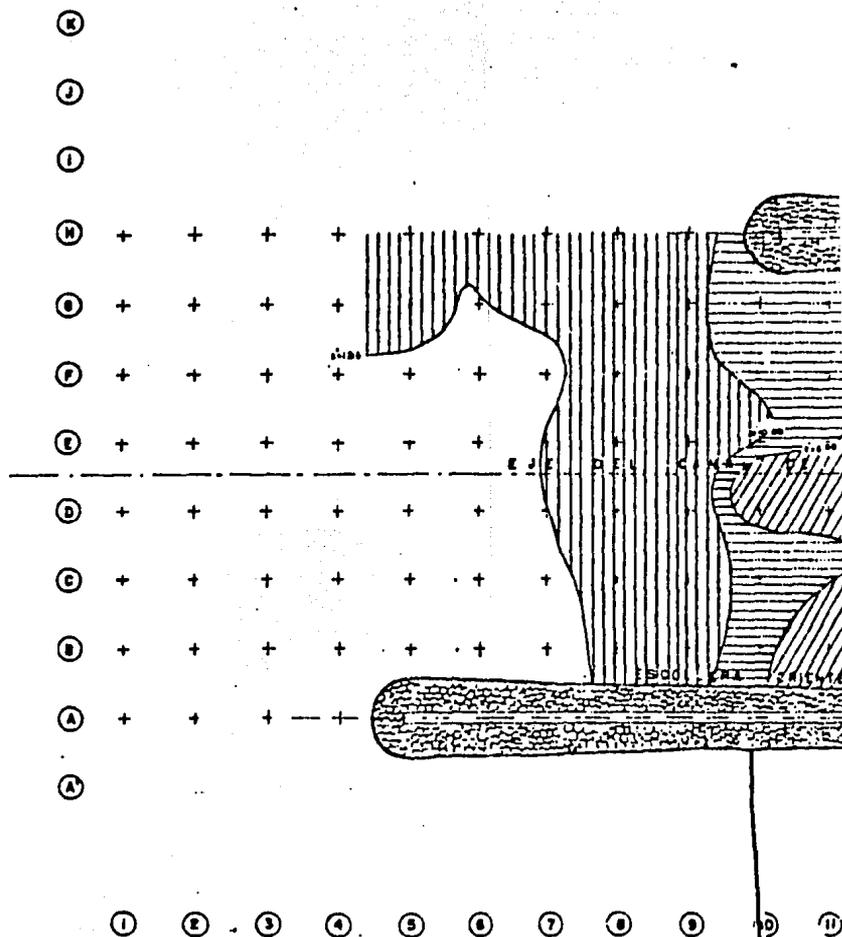
PUERTO MADERO, CHIS.

COEFICIENTES DE AGITACION  
( DRAGADO A - 8.00 m )

DIRECCION SUR PERIODO 14

PLANO NO.

D-4



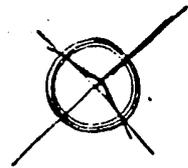
**. NOTAS . -**

- EL MODELO HIRAUICO SE CONSTRUYO CON UNA ESCALA DE LINEAS DE 1/120, DE ACUERDO CON LA BATIMETRIA GENERAL DEL PUERTO.
- LAS CURVAS MUESTRAN ZONAS DE IGUAL COEFICIENTE DE REDUCCION DE ALTURA DE OLA,  $K'$  DETERMINADA COMO SIGUE :

$$K' = \frac{H_i}{H_e}$$

$H_i$  = ALTURA DE LA OLA EN EL INTERIOR DEL PUERTO

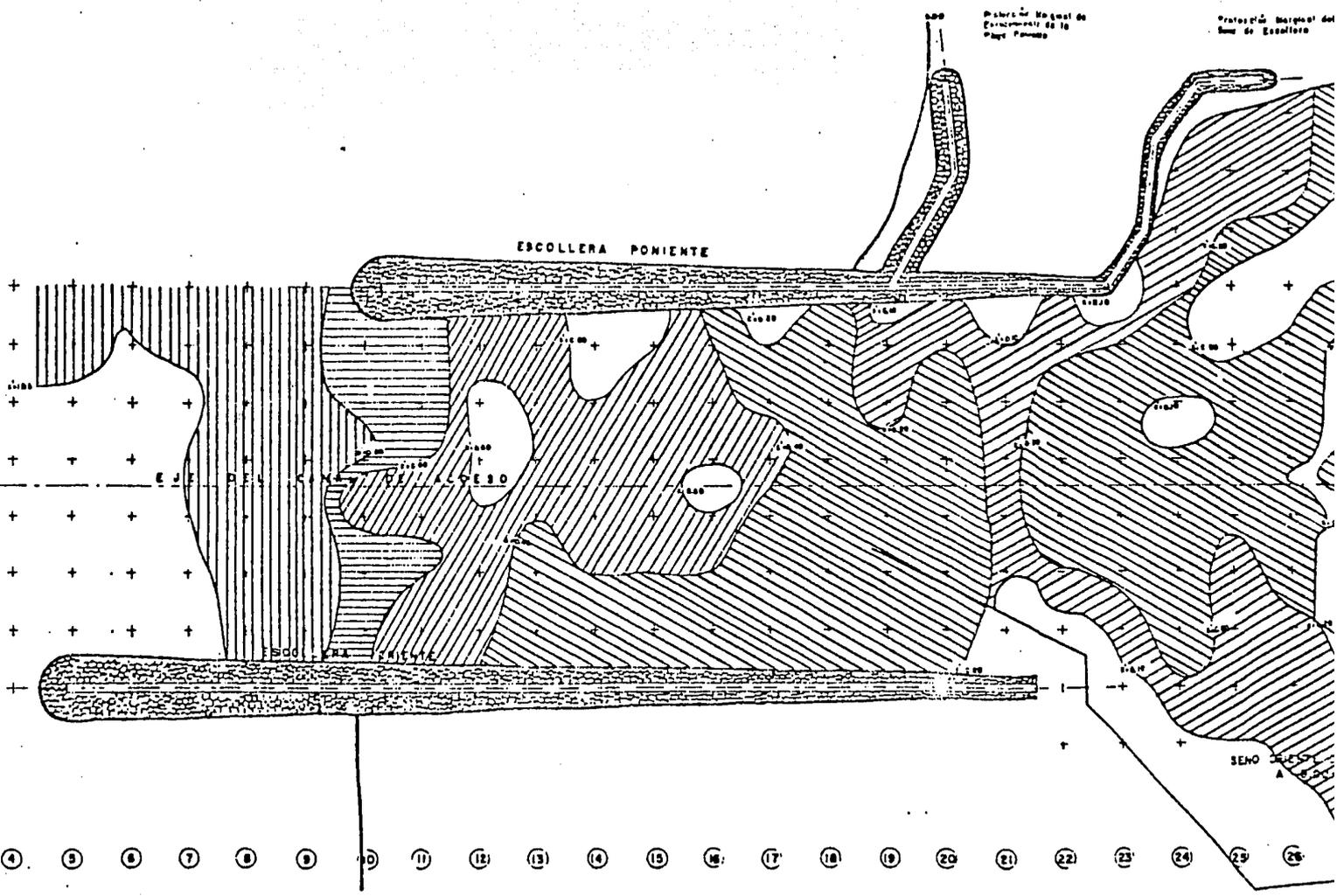
$H_e$  = ALTURA DE OLA INCIDENTE, MEDIDA EN EL EXTERIOR DEL PUERTO.



Protección Marginal de  
Escollera de la  
Playa Poniente

Protección Marginal del  
Banco de Escollera

ESCOLLERA PONIENTE



RANGOS DE AGITACION

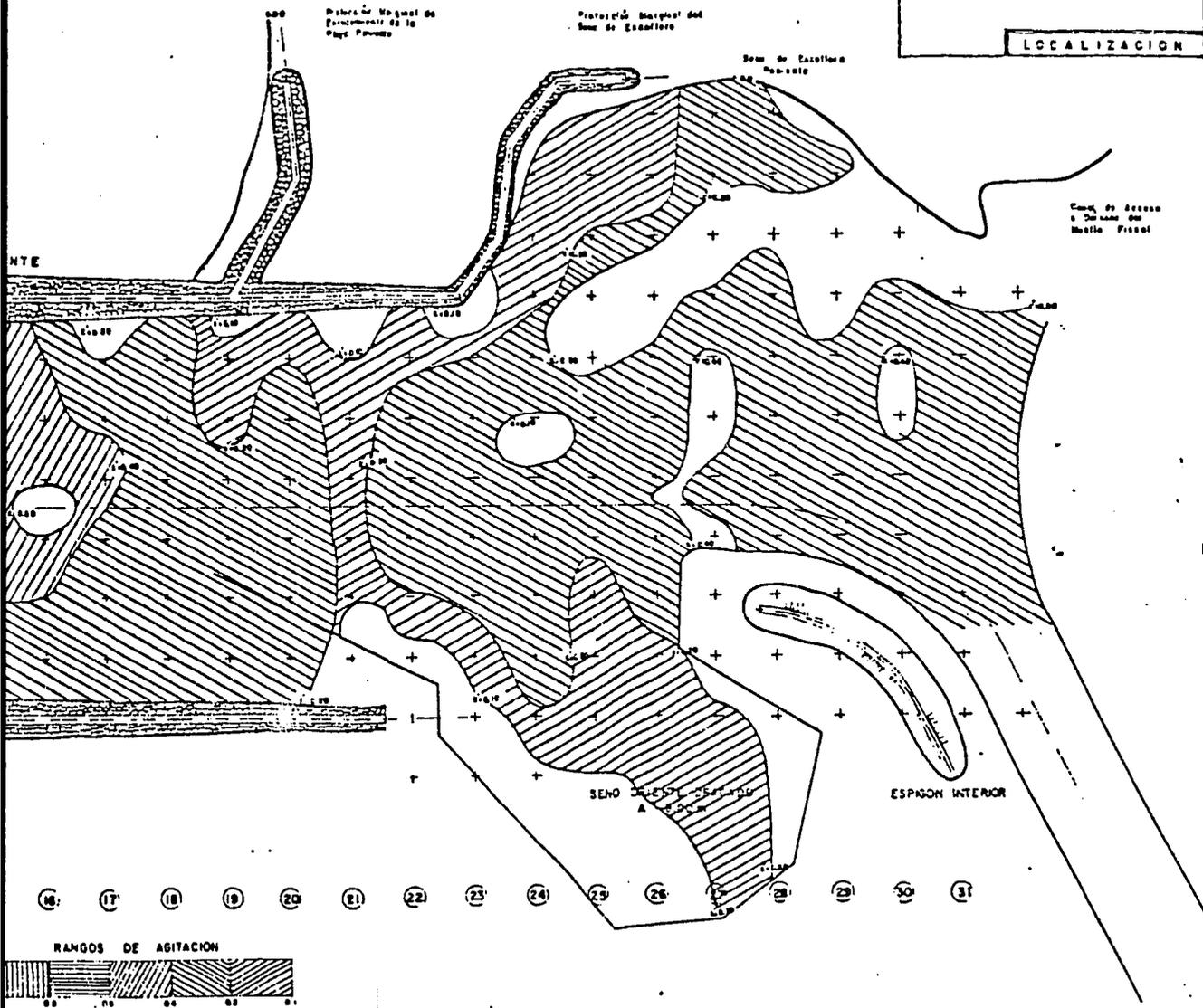
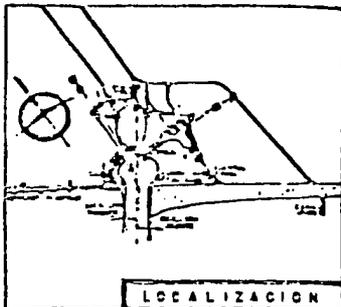
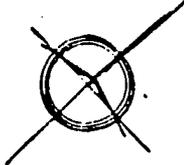


A DE LINEAS DE 1/120, DE ACUER-  
DE REDUCCION DE ALTURA DE OLA,

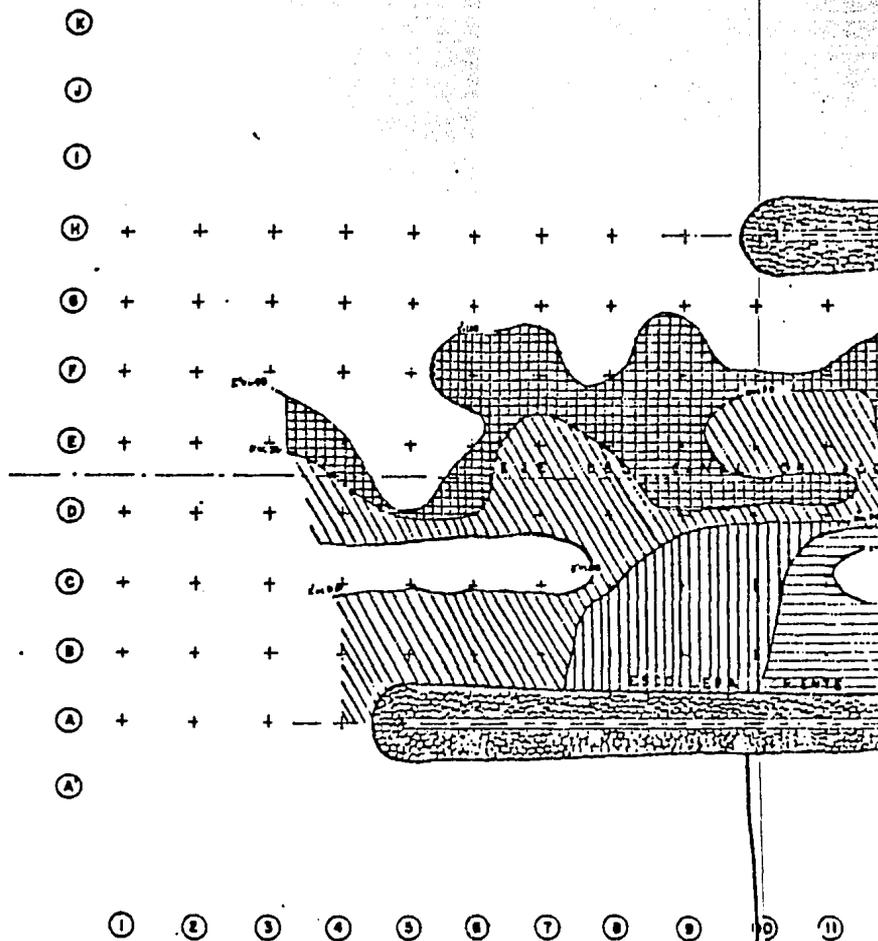
RTO  
TERIOR DEL PUERTO.

E.N.E.P. A R A G O N
U. N. A. M.
TESIS PROFESIONAL
RODOLFO GOMEZ DIAZ

DI



E.N.E.P. A R A G O N	PUERTO MADERO, CHIS.	PLANO NO.
U. N. A. M.	COEFICIENTES DE AGITACION ( DRAGADO A - 8.00 m )	D-5
TESIS PROFESIONAL	DIRECCION SUR PERIODO 16	
RODOLFO GOMEZ DIAZ		



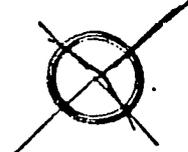
NOTAS. -

- EL MODELO HIRAUJICO SE CONSTRUYO CON UNA ESCALA DE LINEAS DE 1/120, DE ACUERDO CON LA BATIMETRIA GENERAL DEL PUERTO.
- LAS CURVAS MUESTRAN ZONAS DE IGUAL COEFICIENTE DE REDUCCION DE ALTURA DE OLA, K' DETERMINADA COMO SIGUE :

$$K' = \frac{Hd}{Hl}$$

Hd = ALTURA DE LA OLA EN EL INTERIOR DEL PUERTO

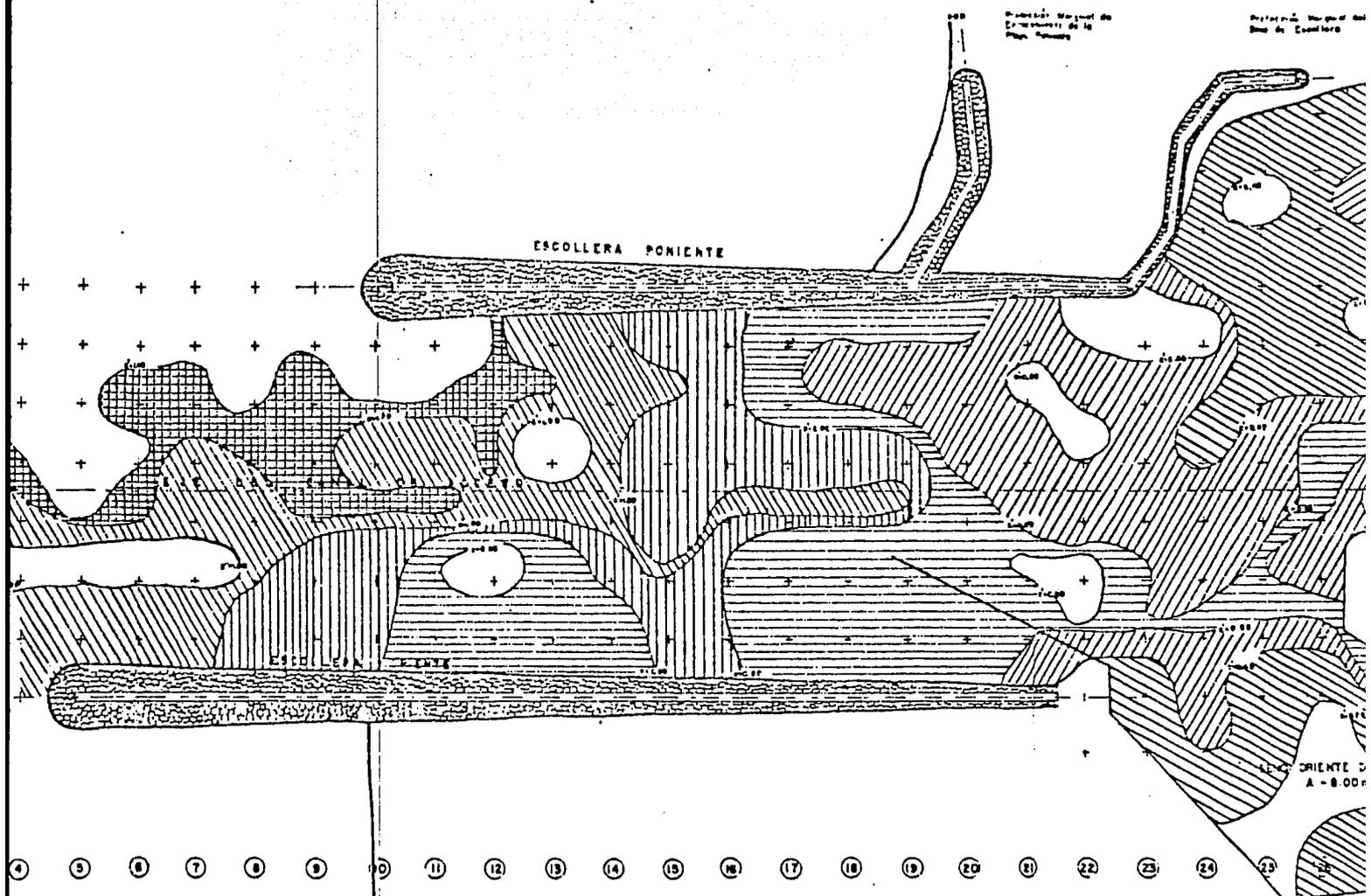
Hl = ALTURA DE OLA INCIDENTE, MEDIDA EN EL EXTERIOR DEL PUERTO.



Profundidad Marginal de  
Escollera de la  
Isla de Escondido

Profundidad Marginal de  
Escollera de la  
Isla de Escondido

ESCOLLERA PONIENTE



ESCOLLERA ORIENTE  
A - 8.00 P

RANGOS DE AGITACION

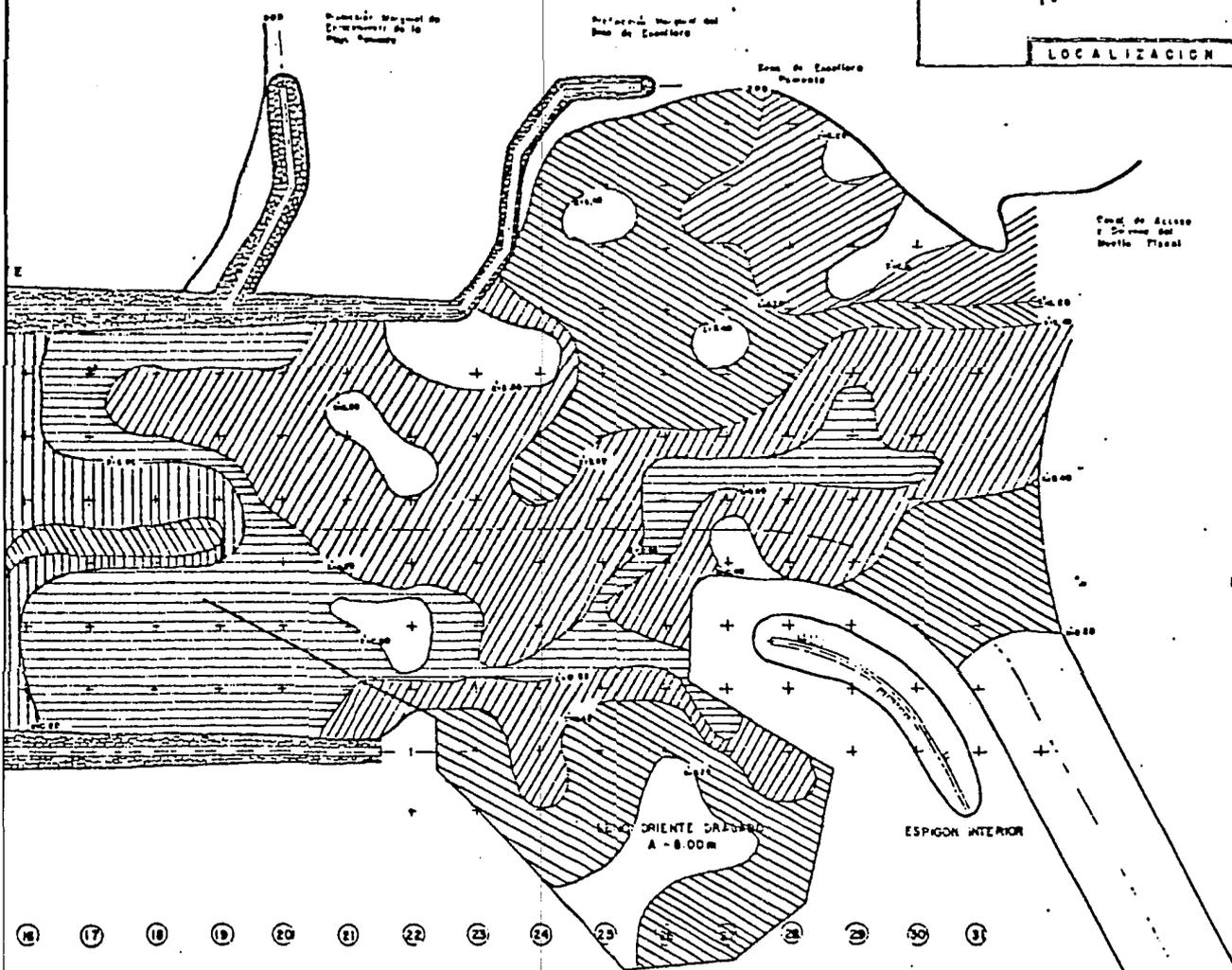
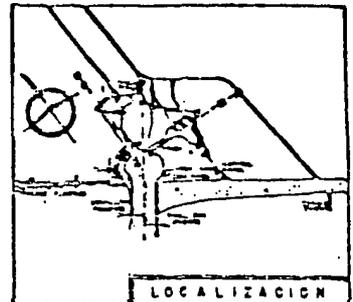
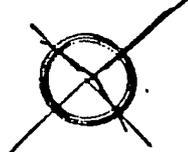


DE LINEAS DE 1/120, DE ACUER-  
DE REDUCCION DE ALTURA DE OLA,

TO  
TERIOR DEL PUERTO.

E.N.E.P. A R A G O N
U. N. A. M.
TESIS PROFESIONAL
RODOLFO GOMEZ DIAZ

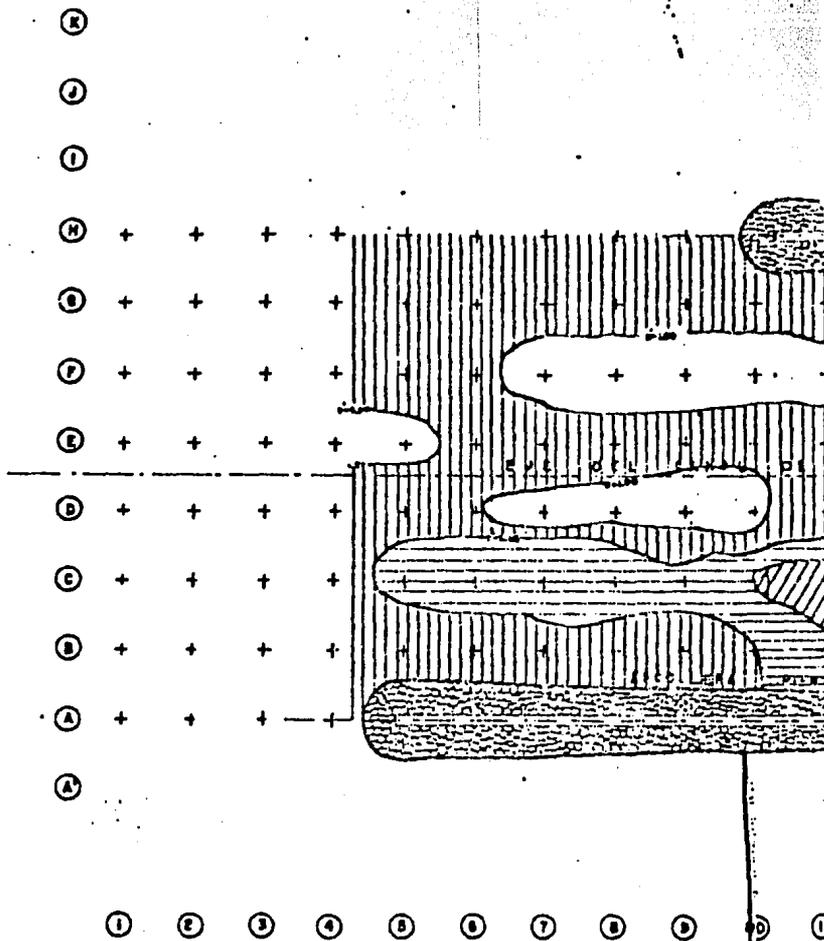
DI



E.N.E.P. A R A G O N  
 U. N. A. M.  
 TESIS PROFESIONAL  
 RODOLFO GOMEZ DIAZ

PUERTO MADERO, CHIS.  
 COEFICIENTES DE AGITACION  
 ( DRAGADO A - 8.00 m )  
 DIRECCION SW PERIODO 12

PLANO NO  
**D-6**



NOTAS..

- EL MODELO HIRAUICO SE CONSTRUYO CON UNA ESCALA DE LINEAS DE 1/120, DE ACUERDO CON LA BATIMETRIA GENERAL DEL PUERTO.
- LAS CURVAS MUESTRAN ZONAS DE IGUAL COEFICIENTE DE REDUCCION DE ALTURA DE OLA,  $K^*$  DETERMINADA COMO SIGUE :

$$K^* = \frac{Hd}{Hi}$$

$Hd$  = ALTURA DE LA OLA EN EL INTERIOR DEL PUERTO

$Hi$  = ALTURA DE OLA INCIDENTE, MEDIDA EN EL EXTERIOR DEL PUERTO.



Profundidad de Aguas de Escollera de la Playa Principal

Profundidad de Aguas de Escollera de la Playa Secundaria

ESCOLLERA PONIENTE

SENO ORIENTE DE A - B. 0.00 m

5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26

RANGOS DE AGITACION

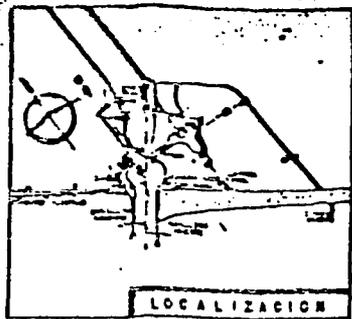
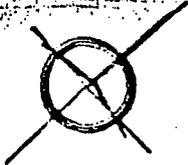


LINEAS DE 1/120, DE ACUER-

DUCCION DE ALTURA DE OLA,

DEL PUERTO.

E.N.E.P. A R A G O N
U. N. A. M.
TESIS PROFESIONAL
RODOLFO GOMEZ DIAZ
DIR



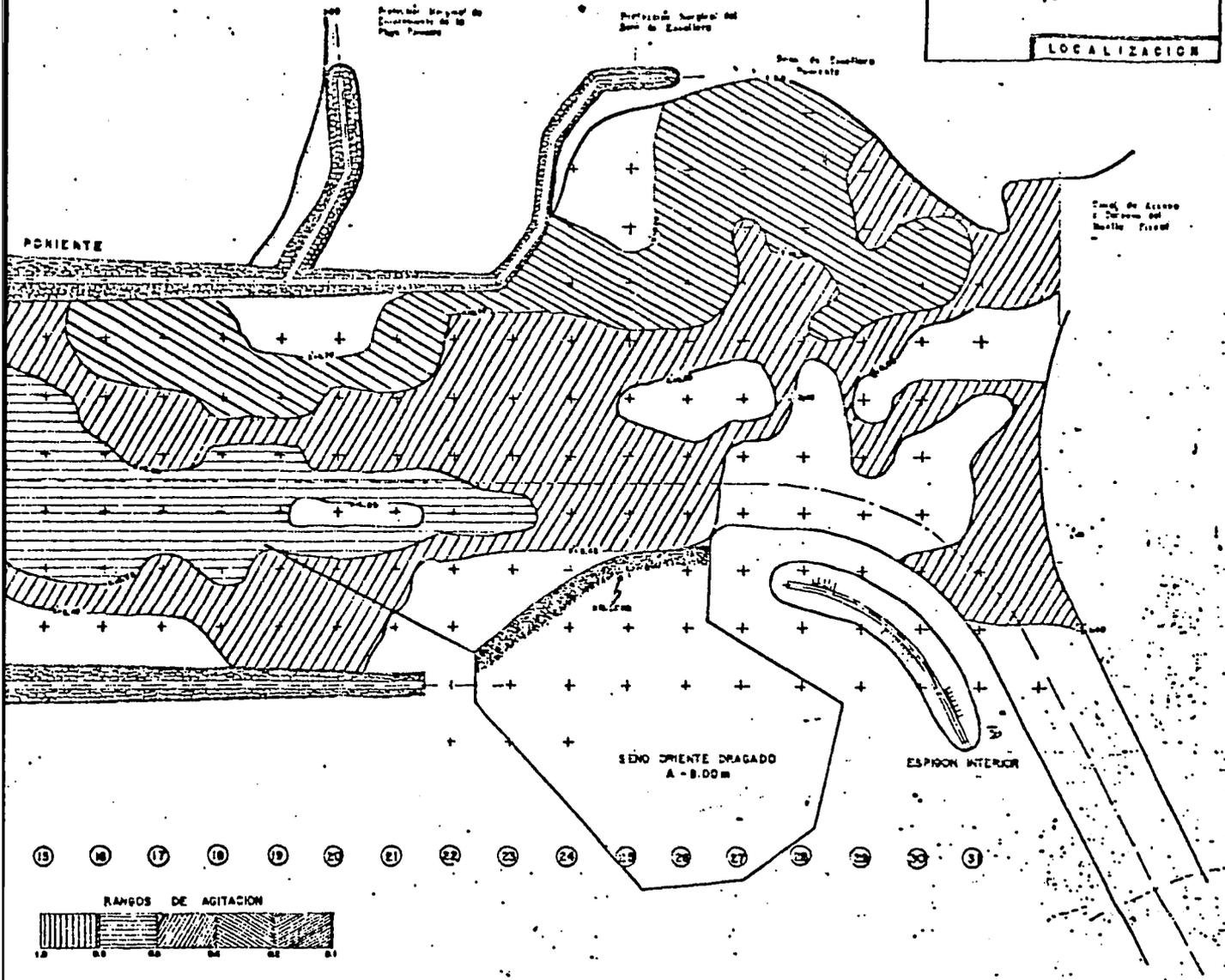
Perfil longitudinal del  
Escuadrante del No.  
100

Perfil longitudinal del  
Seno de Escudero

Seno de Escudero  
Nuestro

Perfil de Acceso  
a Diques del  
Muelle Fiscal

ORIENTE



E.N.E.P. A R A G O N
U. N. A. M.
TESIS PROFESIONAL
RODOLFO GOMEZ DIAZ

PUERTO MADERO, CHIS.
COEFICIENTES DE AGITACION ( DRAGADO A - 8.00 m )
DIRECCION <u>SW</u> PERIODO <u>16</u>

PLANO NO.
<b>D-7</b>