

49



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

"ESTUDIO DE LAS OBRAS DE PROTECCION A LAS
BOCAS DE TAMPACHICHE Y CORAZONES DE
LA LAGUNA DE TAMIHUA, VER."

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO CIVIL
P R E S E N T A
JOSUE FUENTES PEÑA

50066877



DIRECTOR : M.I. FRANCISCO J. ECHAVARRIA ALFARO

MEXICO, D.F.

MARZO 2001



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA
DIRECCION
FING/DCTG/SEAC/UTIT/199/94

Señor
JOSUE FUENTES PEÑA
Presente

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor **M.I. FRANCISCO ECHAVARRIA ALFARO**, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de **INGENIERO CIVIL**.

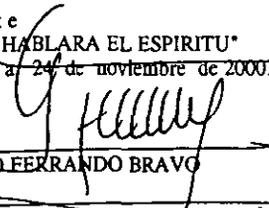
**"ESTUDIO DE LAS OBRAS DE PROTECCION A LAS BOCAS DE TAMPACHICHE
Y CORAZONES DE LA LAGUNA DE TAMIAHUA, VER."**

- INTRODUCCION**
- I. RECABACION DE INFORMACION**
 - II. TRABAJOS DE CAMPO**
 - III. ANALISIS OCEANOGRAFICO, HIDROMETEOROLOGICO E HIDROLOGICO**
 - IV. REGIMEN DE COSTAS**
 - V. SITUACION ACTUAL**
 - VI. PROYECTO DE LAS OBRAS DE PROTECCION**
 - VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el Título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria a 24 de noviembre de 2000.
EL DIRECTOR


M.C. GERARDO FERRANDO BRAVO
GFB/GMP/hstg

DEDICATORIA

A:

DIOS POR LA VIDA, GUÍA Y AYUDA QUE ME HA DADO (PROVERBIOS 9:10).

LA MEMORIA DE MI PADRE JONATHÁN*, A MI MADRE MARÍA TERESA Y A MI HERMANO GABRIEL POR SU AMOR, COMPRENSIÓN, APOYO, AYUDA Y DIRECCIÓN EN MI FORMACIÓN.

MIS ABUELOS, TÍOS Y AMIGOS, POR SU RECUERDO Y LO QUE COMPARTIERON CONMIGO DURANTE EL TRAYECTO DE SUS VIDAS.**

MIS DEMÁS FAMILIARES: TÍOS, PRIMOS Y SOBRINOS; POR LAS EXPERIENCIAS QUE HEMOS COMPARTIDO.

MIS AMIGOS, PROFESORES Y COMPAÑEROS.

LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO, LA FACULTAD DE INGENIERÍA, Y A LOS INGENIEROS POR SU APOYO PARA CONCLUIR ESTE TRABAJO.

A TODOS Y A CADA UNO LES DOY LAS GRACIAS.

* Finado.
** Finados.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	3
1 ANTECEDENTES.	3
2 LOCALIZACIÓN.	3
3 OBJETIVO DEL TRABAJO.	4
4 ALCANCES.	5
I RECABACIÓN DE INFORMACIÓN	6
I.1 PLANOS BASE.	6
I.2 DATOS OCEANOGRÁFICOS.	6
I.3 DATOS HIDROMETEOROLÓGICOS.	8
I.4 GEOLOGÍA.	14
II TRABAJOS DE CAMPO	16
II.1 TOPOGRAFÍA.	16
II.2 BATIMETRÍA.	18
II.3 MAREAS Y CORRIENTES.	19
II.4 MATERIAL PLAYERO.	21
III ANÁLISIS HIDROLÓGICO, HIDROMETEOROLÓGICO Y OCEANOGRÁFICO	22
III.1 VIENTOS.	22
III.2 OLEAJE.	26
III.3 MAREAS.	35
III.4 ESTUDIOS HIDROLÓGICOS.	41
III.5 BALANCE HIDROLÓGICO.	45
IV RÉGIMEN DE COSTAS	51
IV.1 MATERIAL PLAYERO.	51
IV.2 TRANSPORTE LITORAL.	53
V SITUACIÓN ACTUAL	56

**ESTUDIO DE LAS OBRAS DE PROTECCIÓN A LAS BOCAS DE TAMPACHICHE Y
CORAZONES DE LA LAGUNA DE TAMIAHUA, VERACRUZ**

<u>VI PROYECTO DE LAS OBRAS DE PROTECCIÓN</u>	<u>57</u>
VI.1 DISEÑO	58
VI.2 ANÁLISIS ECONÓMICO.	61
<u>VII CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</u>	<u>64</u>
VII.1 CONCLUSIONES.	64
VII.2 RECOMENDACIONES.	65
<u>BIBLIOGRAFÍA</u>	<u>67</u>
<u>ANEXO</u>	<u>68</u>

ESTUDIO DE LAS OBRAS DE PROTECCIÓN A LAS BOCAS DE TAMPACHICHE Y CORAZONES DE LA LAGUNA DE TAMIAHUA, VERACRUZ

INTRODUCCIÓN

1 Antecedentes.

El Complejo Lagunario del Estado de Veracruz es uno de los más importantes del País dada su influencia en la producción pesquera del Golfo de México y en el desarrollo de comunidades pesqueras y puertos que se han establecido en sus riberas y accesos costeros.

Los cuerpos lagunarios más importantes son: Tamiahua, Tampamachoco, Mandinga, Camaronera, Alvarado, Sontecomapan, Ostión y Pajaritos, sitio en el cual se han realizado grandes obras portuarias.

En algunos de los cuerpos costeros se tienen obras portuarias consistentes en muelles y obras de protección a los accesos que han permitido la comunicación del sistema lagunario con el mar.

Actualmente algunas de estas obras presentan problemas de azolvamiento, por lo que se hace necesario determinar las condiciones presentes y los proyectos requeridos para la óptima utilización de los recursos pesqueros de la zona enfocados fundamentalmente a tener vías de navegación adecuadas al tráfico de embarcaciones.

Por esta razón el Gobierno Federal realizó los Estudios Físicos del Complejo Lagunario del Estado de Veracruz que permite definir los proyectos de obras de protección, dragados de construcción o mantenimiento de algunos de los sitios mencionados tomando en cuenta los requerimientos del sector pesquero y el mantenimiento de las condiciones ecológicas de la zona costera.

2 Localización.

En la parte central-meridional de México se ubica el Estado de Veracruz, su configuración curva y alargada es delineada por el litoral del Golfo de México y la Sierra Madre Oriental. Cuenta con una extensión territorial de 72,815 km². Sus colindantes son los Estados de Tamaulipas, San Luis Potosí, Hidalgo, Puebla, Oaxaca, Chiapas y Tabasco, presentando hacia el oriente una línea de costa de aproximadamente 640 km.

Dentro de la entidad y en su porción norte entre los paralelos 21° 06' y 22° 06' de latitud norte y los meridianos 97° 23' y 97° 46' de longitud oeste se localiza la laguna de Tamiahua. Es

ESTUDIO DE LAS OBRAS DE PROTECCIÓN A LAS BOCAS DE TAMPACHICHE Y CORAZONES DE LA LAGUNA DE TAMIHUA, VERACRUZ

de forma alargada y la separa del océano un cordón litoral constituido básicamente con arenas de origen marino el cual presenta una amplia zona de dunas estabilizadas por vegetación, así como otra en donde prevalecen cerros de dunas activas localizadas hacia la parte media del cordón, las cuales llegan a alcanzar elevaciones hasta de 30 m sobre el nivel medio del mar.

Dentro de la laguna existen algunas islas, destacando por su extensión la de Juana A. Ramírez y la del Idolo, y otras de menor magnitud e importancia como la del Toro, Burros, Pájaros y del Frontón.

La laguna se encuentra en una región con amplia potencialidad económica denominada Huasteca Veracruzana y dentro de los municipios aledaños de Tampico Alto, Ozuluama, Tamalín y Tamiahua; además en el mismo litoral y hacia los extremos norte y sur de la misma se localizan las ciudades de Tampico, Tamaulipas y Tuxpan, Veracruz respectivamente.

La comunicación entre la laguna y el mar se presenta a través de las bocas de Corazones y de Tampachiche. La boca de Corazones es la más antigua y se localiza en la parte sur de la laguna a los 21° 15' de latitud norte y 97° 27' de longitud oeste, mientras que la boca de Tampachiche es más reciente y se localiza en la parte noroeste de ésta aproximadamente a los 22° 00' de latitud norte y 97° 42' de longitud oeste.

La laguna costera de Tamiahua es la tercera en superficie en el país después de la Laguna Madre y la Laguna de Términos, su superficie representa casi el 70 % de las áreas lagunarias del Estado de Veracruz y el 14 % de todas las del Golfo de México.

3 Objetivo del trabajo.

El objetivo fundamental es el definir y presentar los proyectos necesarios para los accesos marítimos a la laguna tomando en cuenta sus condiciones actuales, las obras existentes, los problemas de azolvamiento, así como sugerir sus posibilidades de desarrollo desde el punto de vista de la actividad pesquera, de la navegación y de la ecología.

ESTUDIO DE LAS OBRAS DE PROTECCIÓN A LAS BOCAS DE TAMPACHICHE Y CORAZONES DE LA LAGUNA DE TAMIAHUA, VERACRUZ

4 Alcances.

En relación al capítulo I se recopilan los planos base de la laguna y se obtienen los datos de mareas, vientos, oleaje, ciclones, precipitación, temperaturas, evaporación y geología que abarquen la zona de influencia de la laguna y sitios cercanos a la misma.

Dentro del capítulo II se mencionan los trabajos topográficos y batimétricos realizados en los sitios de acceso, así como la medición de mareas y corrientes, y lo referente a las muestras de material playero.

En el capítulo III se analiza la información del oleaje significativo, ciclones, vientos y mareas; además se calculan los parámetros hidrológicos de la cuenca para el suelo y la laguna como son: precipitación, temperatura, evapotranspiración y evaporación. Con los resultados anteriores y las dimensiones del canal se obtiene el balance hidrológico del sistema laguna-mar.

El capítulo IV contiene la descripción de las características granulométricas del material playero y la cuantificación del transporte litoral que se presenta en cada acceso.

Con respecto al capítulo V en él se describen las condiciones en que se encuentran los sitios en base a una visita de reconocimiento a éstos y la infraestructura con que cuentan.

En cuanto al capítulo VI éste contiene el diseño y características de las obras de protección por proyectar y el costo aproximado de las mismas.

Por último, en el capítulo VII se establecen las conclusiones y recomendaciones del estudio en función de los resultados para la laguna de Tamiahua, así como para estudios similares por realizar en tiempo futuro en esta laguna o en otras.

Los Estudios Físicos del Complejo Lagunario del Estado de Veracruz corresponden a los años de 1984 a 1986, y como la laguna de Tamiahua queda incluida en tales Estudios, para este trabajo se tomaron como base dichos datos.

ESTUDIO DE LAS OBRAS DE PROTECCIÓN A LAS BOCAS DE TAMPACHICHE Y CORAZONES DE LA LAGUNA DE TAMIAHUA, VERACRUZ

I RECAIACION DE INFORMACION

I.1 Planos Base.

Para la elaboracion de los planos se toma como base la informacion de las cartas de INEGI y de restituciones aerofotogrametricas existentes de la zona. Ya que no existen vuelos a escalas adecuadas de restituciones aerofotogrametricas para nuestro sitio de estudio, se utilizaron las cartas topograficas a escala 1:50000 de DETENAL que abarcaron toda la laguna y parte del area de tierra, siendo las siguientes:

F14B84 Tampico Sur (Tamaulipas y Veracruz)

F14D14 Llano de Bustos (Veracruz)

F14D15 Morales (Veracruz)

F14D24 Ozuluama (Veracruz)

F14D25 El Mamey (Veracruz)

F14D35 Tamiahua (Veracruz)

Los planos generales realizados tambien a escala grafica 1:50000 contienen principalmente poblados, vias de comunicacion, islas y esteros (Planos 1.1, 1.2, 1.3).

Por otro lado es necesario tener el cuerpo de agua a una escala mayor, siendo conveniente la de 1:20000, debido al tamano de la laguna, con el fin de representar otros trabajos por efectuar.

Dichos planos se obtienen ampliando los 1:50000, conteniendo adem as de lo ya presentado curvas de nivel e informacion adicional.

I.2 Datos Oceanograficos.

La informacion relacionada principalmente a este punto es la de mareas y corrientes. En cuanto a la primera el Servicio Mareografico Nacional del Instituto de Geofisica de la UNAM opera la red de estaciones mareograficas en las costas de Mexico desde el ano de 1952; actualmente este conserva en operacion 20 estaciones de las cuales 7 se localizan en el Golfo de Mexico y 13 en el Oceano Pacifico. Se encarga de la instalacion, operacion y mantenimiento de

ESTUDIO DE LAS OBRAS DE PROTECCIÓN A LAS BOCAS DE TAMPACHICHE Y CORAZONES DE LA LAGUNA DE TAMIHUA, VERACRUZ

las mismas, de la interpretación de los mareogramas y de la obtención de los planos de referencia, así como de las medidas de temperatura, densidad y salinidad del agua del mar en cada sitio.

Las estaciones mareográficas más cercanas a la laguna son la de Tampico, Tamps., de latitud norte $22^{\circ}13'00''$ y longitud oeste $97^{\circ}51'18''$ localizada al norte y la de Tuxpan, Ver., de latitud norte $21^{\circ}00'00''$ y longitud oeste $97^{\circ}20'00''$ situada al sur. El plano de referencia bajo el nivel medio del mar que es el nivel de bajamar media en las estaciones mencionadas es de -0.24 m y -0.27 m respectivamente.

En las Tablas de Predicción de Mareas se obtienen los datos de la marea astronómica, dichas tablas contienen la hora a la que ocurren las bajamares y las pleamares, así como la altura con relación al plano de referencia.

Aunque las mareas en el Golfo de México son predominantemente de tipo diurno, en las predicciones se menciona que en Tampico y Tuxpan son mixta-diurna; asimismo en ambas se usa la hora del meridiano 90° W. El período de registro del puerto de Tampico es de abril de 1962 a abril de 1971, mientras que en el puerto de Tuxpan es de agosto de 1959 a julio de 1968; los planos de mareas referidos al nivel medio del mar se muestran en la tabla siguiente:

	TAMPICO	TUXPAN
Pleamar máxima registrada (m)	0.925	0.833
Nivel de pleamar media (m)	0.208	0.219
Nivel medio del mar (m)	0.000	0.000
Nivel de media marea (m)	-0.027	-0.033
Nivel de bajamar media (m)	-0.262	-0.284
Bajamar mínima registrada (m)	-0.720	-0.782

ESTUDIO DE LAS OBRAS DE PROTECCIÓN A LAS BOCAS DE TAMPACHICHE Y CORAZONES DE LA LAGUNA DE TAMIAHUA, VERACRUZ

I.3 Datos Hidrometeorológicos.

Los diferentes temas que comprenden este inciso son: viento, oleaje, ciclones, precipitación, temperatura y evaporación.

El viento que es el aire en movimiento es un factor importante, para medir su velocidad se emplea el anemómetro de copas o hélices el cual registra el número de revoluciones debidas a la acción del viento, o también se usa el anemómetro de tubo el cual funciona con el principio del tubo de Pitot. Para determinar su dirección de acuerdo con los puntos de la rosa de los vientos se utiliza la veleta, que generalmente se coloca a 4 metros sobre el nivel del suelo.

Los datos del viento se obtienen del Servicio Meteorológico Nacional, procurando que sean de los años más recientes y que comprendan un mínimo de 10 años. Para la Laguna de Tamiahua las estaciones más cercanas son la de Tampico, Tamps., y la de Tuxpan, Ver.

El período de registro considerado en Tampico es de 1961 a 1981, mientras que en Tuxpan es de 1971 a 1981. Los datos son de la velocidad media y dirección del viento dominante, y de la velocidad máxima y su dirección en forma mensual y anual, en donde las velocidades están dadas en m/s. Como ejemplo de esta información se presenta la tabla 1.1.

ESTUDIO DE LAS OBRAS DE PROTECCIÓN A LAS BOCAS DE TAMPACHICHE Y
CORAZONES DE LA LAGUNA DE TAMIHUA, VERACRUZ

TABLA 1.1

VELOCIDAD MEDIA Y DIRECCIÓN DEL VIENTO REINANTE

ESTACIÓN TAMPICO, TAMPS.

MES/ AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1961	2.1	1.5		3.5	3.9	2.5	1.7	1.7	2.9	2.2	2.1	2.3	2.4
	N	E		E	E	E	E	E	E	E	E	E	E
1962	10.5	3.1	3.0	4.9	4.3	2.6	2.4	2.8	0.5	0.4	3.3	1.4	2.7
	N	E	E	E	E	E	E	E	E	E	N	N	E
1963	8.8	4.0	1.5	4.8	1.0	1.1	1.3	1.5	1.2	1.1	1.5	1.5	1.7
	N	N	E	E	E	E	E	E	E	E	E	N	E
1964	1.5	1.7	1.5	1.1	1.0	1.3	0.9	1.4	1.5	2.0	1.4	1.5	1.3
	N	E	E	E	E	E	E	E	E	N	E	N	E
1965	2.1	2.1	2.0	1.8	1.6	4.5	1.2	3.7	4.0	3.7	2.8	8.0	2.8
	N	N	E	E	E	E	E	E	E	E	E	N	E
1966	8.5	8.5	4.6	5.0	4.2	2.6	4.5	3.3	3.8	6.9	1.1	7.0	4.0
	N	N	E	E	E	E	E	E	E	N	NE	N	E
1967	7.5	8.1	6.7	5.1	3.9	5.1	7.3	C	7.6	C	2.7	9.1	5.1
	N	N	E	E	E	E	E		N		E	N	E
1968	6.3	C	C	2.2	5.7	C	2.9	3.1	2.8	C	C	C	C
	N			NE	E		E	E	E				
1969	C	C	4.3	3.7	2.9	3.5	C	2.7	3.0	3.3	1.9	0.9	2.9
			N	E	E	E		E	E	E	N	E	E
1970		12.9	4.1	2.2	3.3	2.5	2.9	C	1.1	2.1	C	2.9	3.0
		N	E	E	E	E	E		SW	SE		SE	E
1971	1.7	1.7	2.0	3.4	4.1	1.5	4.2	3.6	2.8	1.8	0.2	5.9	3.2
	N	E,SE	SE	E,SE	E	E,SE	E	NE	E	E	N	N	E
1972	5.6	5.1	3.3	3.8	4.3	4.6		4.2	1.4	1.6	2.3	2.7	3.6
	N	N	E	E	E	E		E	E	N	N	N	E
1973	5.5	7.3	4.3	2.3	2.2	5.5	2.4	2.4	1.7	2.7	2.1	4.9	4.4
	N	N	NE	E	E	E	NE	SE	N	N	E	N	N
1974	2.4	2.3	1.8	1.0	2.7	1.6	1.9	1.8	2.0	0.7	2.1	2.1	1.8
	SE	N	E	E	E	NE	SE	E	N	N	N	N	N
1975	4.0	7.6	3.0	3.5	2.8	2.0	2.1	2.1	2.2	2.2	2.5	3.6	2.5
	N	N	E	E	NE	E	E	E	NE	E	E	N	E
1976	3.4	3.0	3.2	7.7		2.0	1.1	1.8	3.3	5.8	2.7	4.8	4.2
	N	E	E	NE		NE	NE	NE	E	N	N	N	NE
1977	5.4	4.6	2.5	1.8	2.7	3.0	3.8	2.4	2.1	2.1	2.1	3.4	2.5
	N	N	E	E	E	NE	E	E	E	E	NE	N	E
1978	3.9	3.7	3.8	2.6	3.1	2.7	2.9	3.2	3.5	3.4	4.8	3.9	3.9
	N	N	N	E	E	E	E	E	E	N	N	N	N
1979	6.0	5.5	3.2	4.6	4.7	3.4	3.3	3.0	4.1	2.8	5.8	4.7	5.2
	N	N	NE	E	E	E	NE	E	N	NE	N	N	N
1980	5.3	5.9	6.9	4.2	3.6	4.8	3.6	3.8	2.2	4.9	4.1	2.1	5.1
	N	N	W	E	NE	E	E	E	NE	N	N	NE	N
1981	2.8	2.6		2.8	2.3	2.5	2.2	3.1	2.1	2.3	2.0	5.4	2.4
	N	E		E	E	NE	NE	NE	E	E	E	N	E

ESTUDIO DE LAS OBRAS DE PROTECCIÓN A LAS BOCAS DE TAMPACHICHÉ Y CORAZONES DE LA LAGUNA DE TAMIAHUA, VERACRUZ

Con respecto al oleaje tenemos que los desplazamientos de la superficie del mar se consideran un fenómeno o proceso aleatorio, ya que su configuración varía de una manera irregular tanto en el espacio como en el tiempo. Los parámetros que definen el oleaje son su longitud (L), su altura (H), su celeridad (C) y el período (T), teniendo para un tren de olas infinidad de valores de estas características, es por eso que si se acepta que las características obtenidas de observaciones visuales efectuadas corresponden a las del oleaje significativo, éstas tienen ciertas distribuciones de probabilidad ya conocidas.

En el Golfo de México la información general del oleaje de que se dispone corresponde a observaciones visuales realizadas por barcos y recopilada por la Oficina Oceanográfica de los Estados Unidos de Norteamérica; dicha información se refiere al oleaje generado en aguas profundas y se maneja en un Atlas en unas curvas de frecuencias acumuladas.

Las curvas mencionadas muestran la distribución, para las diferentes estaciones (primavera, verano, otoño e invierno), de las frecuencias acumuladas para períodos, alturas y direcciones predominantes del oleaje. Los períodos se dividieron en menores o iguales a 5, 6, 8, 10, y mayores o iguales a 11 seg., mientras que para las alturas se consideran rangos de variación a cada 2 ft desde 0 hasta mayores de 18 ft.

En la tabla 1.2 se ejemplifica la forma en que se presentan los datos del oleaje y en la tabla 1.3 se resumen las frecuencias estacionales y anual para todas las direcciones del oleaje.

TABLA 1.2

DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS PARA ALTURAS Y PERÍODOS DEL OLEAJE EN EL GOLFO DE MÉXICO

Primavera - Norte

H \ P	< 5	6	8	10	> 11	SUMA
0 - 2	0.94	0.99	0.00	0.00	0.17	2.10
2 - 4	3.54	1.99	0.57	0.16	0.17	6.43
4 - 6	0.83	1.28	0.35	0.08	0.17	2.71
6 - 8	0.12	0.35	0.00	0.08	0.17	0.72
8 - 10	0.18	0.00	0.21	0.00	0.00	0.39
10 - 12	0.06	0.21	0.00	0.00	0.00	0.27
12 - 14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
14 - 16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16 - 18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
> 18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SUMA	5.67	4.82	1.13	0.32	0.68	12.62

ESTUDIO DE LAS OBRAS DE PROTECCIÓN A LAS BOCAS DE TAMPACHICHE Y CORAZONES DE LA LAGUNA DE TAMIAHUA, VERACRUZ

TABLA 1.3

DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS DEL OLEAJE EN EL GOLFO DE MÉXICO

DIRECCION	PRIMAVERA	VERANO	OTOÑO	INVIERNO	ANUAL
N	12.62	9.39	27.93	21.52	17.87
NE	14.45	15.32	12.26	9.08	12.78
E	28.72	31.65	14.17	14.85	22.35
SE	34.50	22.35	15.22	28.07	25.04
S	5.71	5.81	8.27	16.50	9.07
SW			1.90		0.47
W		1.05	2.84	1.11	1.25
NW		1.89	8.62	6.59	4.27
Calmas	4.00	12.54	8.79	2.28	6.90

Para los ciclones y su oleaje generado, la información se puede obtener del Estudio desarrollado por el Dr. R. Springall para el Suroeste del Golfo de México; el área de estudio abarcada queda comprendida entre los 18° y 26° de latitud norte y los 90° y 98° de longitud oeste, ésta se divide a su vez en 16 zonas de 2° latitud norte y 2° longitud oeste cada una como se observa en una figura de dicha publicación.

En el lapso de 1886 a 1971 (86 años) se han presentado en la zona de estudio mencionada 89 tormentas tropicales y 60 huracanes, definiendo a las primeras con vientos sostenidos de 39 mph y a los segundos con vientos sostenidos de 74 mph o más altos; en una tabla del estudio se indican los valores obtenidos de la distribución de los mismos para las 16 zonas, así como su dirección de incidencia y su velocidad media de movimiento.

Además en otra tabla se presentan las características de los huracanes estándar de proyecto para las diferentes zonas, siendo éstas las siguientes: dirección, índice de presión central (Po), radio de máximo viento (R) y velocidad de desplazamiento (Vd), teniendo las dos últimas un valor mínimo, medio y máximo.

En cuanto a los datos climatológicos de precipitación, temperatura y evaporación que se necesitan, la información se obtiene en el Servicio Meteorológico Nacional.

La precipitación se mide en términos de altura de lámina de agua y se expresa en milímetros; los aparatos de medición se clasifican en pluviómetros y pluviógrafos y se colocan a la intemperie para recoger el agua producto de la lluvia. El pluviómetro y el pluviógrafo son

ESTUDIO DE LAS OBRAS DE PROTECCIÓN A LAS BOCAS DE TAMPACHICHE Y CORAZONES DE LA LAGUNA DE TAMIAHUA, VERACRUZ

recipientes de forma cilíndrica, pero el primero mide la altura de lluvia cada 24 horas mientras que el otro aparato lleva un registro continuo de altura de lluvia contra tiempo.

La temperatura del aire se mide con el termómetro, dicho aparato debe de colocarse en condiciones que permitan la libre circulación del aire a su alrededor y estar protegido de la exposición directa de la precipitación y los rayos solares, logrando esto al instalarlo dentro de una caseta de madera.

La evaporación se mide con un evaporímetro, el cual consiste en un recipiente circular de lámina abierto en su parte superior, de aproximadamente 0.26 m de alto y 1.20 m de diámetro; éste se llena de agua hasta un cierto nivel y después de transcurrido un día se mide la variación del nivel, siendo la diferencia de éstos el valor de la evaporación, se expresa en milímetros.

Para nuestro caso existen 14 estaciones climatológicas cercanas a la zona que cuentan con valores medios mensuales y anuales de los parámetros mencionados; en la tabla 1.4 se presentan los nombres de las estaciones, los parámetros que en ella se miden y los periodos de registro considerados. La ubicación de dichas estaciones se muestra en la figura 1.1.

TABLA 1.4

PERÍODOS DE REGISTRO DE LAS ESTACIONES CLIMATOLÓGICAS

ESTACION	TEMPERATURA MEDIA	PRECIPITACION	EVAPORACION
TAMPICO, TAMPS.	1921 - 1981	1921 - 1981	1975 - 1980
TAMOS, VER.	1960 - 1982	1971 - 1982	1969 - 1982
EBANO, SLP.	1960 - 1982	1960 - 1982	1962 - 1982
SANTA TRINIDAD, VER.	1960 - 1982	1960 - 1982	
EL HIGO, VER.	1956 - 1983	1954 - 1983	1956 - 1983
TEMPOAL, VER.	1954 - 1982	1954 - 1982	1954 - 1982
EL CARDON, VER.	1960 - 1983	1960 - 1983	1960 - 1983
PLATON SANCHEZ, VER.	1960 - 1982	1960 - 1982	1969 - 1982
IXCATEPEC, VER.	1960 - 1983	1960 - 1980	
LOS HULES, VER.	1960 - 1983	1960 - 1983	1961 - 1983
CHICONTEPEC, VER.	1961 - 1983	1961 - 1983	
BENITO JUAREZ, VER.	1962 - 1983	1962 - 1983	
ALAMO, VER.	1978 - 1983	1965 - 1983	1978 - 1983
TUXPAN, VER.	1922 - 1983	1922 - 1983	

En la tabla 1.5 se ejemplifica la información anterior mostrando los valores medios anuales registrados en la estación de Tempoal, Veracruz.

**ESTUDIO DE LAS OBRAS DE PROTECCIÓN A LAS BOCAS DE TAMPACHICHE Y
CORAZONES DE LA LAGUNA DE TAMIAHUA, VERACRUZ**

TABLA 1.5

ESTACIÓN TEMPOAL, VER

AÑO	P (mm)	Tm(°C)	E (mm)
1954			
1955	1,953.90	26.00	1,322.90
1956	1,418.20	24.70	
1957	1,005.70	25.40	1,492.80
1958	1,790.00	24.40	1,275.70
1959	911.10	24.20	1,327.80
1960	956.50	24.70	1,500.40
1961	1,473.60	24.40	1,382.50
1962	847.70	25.10	1,635.30
1963	952.10	24.70	1,641.00
1964	1,040.10	24.70	1,640.70
1965	906.10	24.60	1,490.10
1966	1,278.00	23.80	1,479.60
1967	1,422.60	24.60	1,663.80

1968			
1969	1,320.30	24.60	1,395.50
1970	1,000.50	23.90	1,385.80
1971	842.40	25.10	1,530.50
1972	970.00	25.00	1,380.70
1973	1,351.60	24.90	1,474.30
1974	1,203.10	23.50	1,369.70
1975	1,143.70	23.50	1,414.90
1976	1,363.80	21.90	1,236.80
1977	1,085.40	24.10	1,351.50
1978			
1979	926.30	23.60	1,350.20
1980	848.00	24.30	1,416.80
1981	1,755.70	23.90	1,216.40
1982	710.00	24.50	1,456.20

I.4 Geología.

La información geológica se obtiene realizando una visita de campo a la región y consiste en conocer la ubicación de posibles bancos de material y sus características.

La zona donde se encuentra la laguna de Tamiahua está formada principalmente por suelo de roca de tipo sedimentario y marino, con orígenes que van desde el jurásico hasta el pleistoceno y reciente, dichas formaciones sedimentarias marinas están intrusionadas por rocas extrusivas

ESTUDIO DE LAS OBRAS DE PROTECCIÓN A LAS BOCAS DE TAMPACHICHE Y CORAZONES DE LA LAGUNA DE TAMIAHUA, VERACRUZ

básicas (generalmente basaltos), que se presentan en aparatos volcánicos o en coladas; esta región pertenece a la parte sur de la franja del Golfo.

El banco Coronel Mascareñas está ubicado 15 km al Noroeste de Ozuluama, a escasa distancia de la estación ferrocarrilera del mismo nombre, sus coordenadas geográficas aproximadas son 21°45' latitud norte y 98° longitud oeste. Este sitio corresponde a un aparato volcánico de pendientes fuertes en sus laderas y cerca de 50 m de altura, constituidas por depósito de roca basáltica empacadas en arcillas de alta plasticidad; la densidad de la roca es de 2.9 y mediante una explotación adecuada se pueden producir fragmentos con peso superior a una tonelada y 40 % de fragmentos de menor peso. El recorrido total es 61 kilómetros.

El banco Taninul localizado 15 km al Sur de Ozuluama por la Carretera Federal 180, de coordenadas 21°30' latitud norte y 97°53' longitud oeste tiene un cantil del orden de 25 m de altura formado por roca masiva aparentemente caliza con una densidad de 2.6, puede obtenerse un 60 % de trozos de roca con peso superior a una tonelada. La distancia total es de 79 kilómetros.

El banco La Trinidad se encuentra 15 km al Sur de Pánuco y sus coordenadas son 21°52' latitud norte y 98°15' longitud oeste. La roca se presenta en una colada basáltica de 15 m de espesor cuya densidad es de 2.9, se puede lograr un 40 % de trozos con peso mayor a una tonelada al explotar la parte profunda de la colada. Su distancia es 126 kilómetros.

El banco El Abra situado al poniente de Tamuín, con coordenadas 22° latitud norte y 99° de longitud oeste está formado por roca caliza masiva de la que se produce un 80 % de roca con tamaño superior a 1 m, su densidad es de 2.6, y tiene 124 kilómetros de recorrido. Este corresponde al plegamiento que da origen a la sierra del Abra, que se extiende desde 15 km al sur de Tamuín hasta unirse con la Sierra Madre Oriental al noroeste de la ciudad de El Mante.

El banco El Bernal cuyas coordenadas son 22°40' latitud norte y 98°35' longitud oeste se ubica 20 km al oeste de las poblaciones de Manuel y de González en Tamaulipas, es un aparato volcánico al que la erosión e intemperismo han descubierto el cuello, presentando una gran cantidad de depósito de talud de pequeños hasta grandes fragmentos, se logra un 70 % de material superior a 1 m. El sitio tiene un recorrido de 130 kilómetros y su roca es andesita o basalto compacta con una densidad de 2.9.

El banco El Cafetal está 21 km al sur de Naranjos, formado de piedra caliza con dos frentes de ataque siendo el frente superior de roca de mayor densidad obteniéndose un 59 % de

ESTUDIO DE LAS OBRAS DE PROTECCIÓN A LAS BOCAS DE TAMPACHICHE Y CORAZONES DE LA LAGUNA DE TAMIAHUA, VERACRUZ

roca mayor de una tonelada. Su distancia total es de 62 kilómetros y ha sido utilizado en la reconstrucción de las escolleras de la barra de Corazones.

El banco Horconitos se encuentra 2 km al norte de Horconitos, sobre la carretera 180 (Tampico-Tuxpan) en el tramo Tampico Alto a Ozuluama, está formado por roca caliza en forma de lajas y se puede obtener un 30 % de fragmentos mayores a una tonelada. En este banco existe el inconveniente de pasar muy cerca el gasoducto Cactus-Reynosa.

El banco Cerro La Peña localizado dentro de la comunidad de Cucharas, a casi 1 km del estero Cucharas y 31 km de Naranjos está constituido por roca basáltica ligeramente fracturada y presenta una altura de 25 m.

Las distancias mencionadas de los primeros 5 bancos son hasta la boca de Tampachiche mientras que la del sexto es hasta la boca de Corazones.

II TRABAJOS DE CAMPO

En este capítulo están incluidos los siguientes trabajos de medición: topografía, batimetría, mareas, corrientes y material playero.

II.1 Topografía.

Antes de cualquier trabajo es necesario y conveniente conocer las condiciones existentes en el sitio de estudio mediante una visita de reconocimiento que permita plantear alternativas de trazo.

Los levantamientos topográficos por efectuar determinan las posiciones de puntos sobre la superficie de la tierra y la representación de las medidas en un plano, dentro de estos levantamientos tenemos los siguientes: de terrenos en general, de vías de comunicación, de minas, catastrales y aéreos. En los trabajos mencionados se comprenden aspectos de planimetría o control horizontal, altimetría o control vertical y observaciones astronómicas.

La planimetría implica el trazo de una poligonal de apoyo en la cual se miden distancias y direcciones de las líneas formadas por los puntos o vértices principales marcados en el terreno y su desarrollo debe tener 2 km de frente a cada lado de la boca. Para este trabajo se utiliza tránsitos de aproximación menor a 1 minuto, aceptando una precisión lineal de 1/3000 y una

ESTUDIO DE LAS OBRAS DE PROTECCIÓN A LAS BOCAS DE TAMPACHICHE Y CORAZONES DE LA LAGUNA DE TAMIAHUA, VERACRUZ

roca mayor de una tonelada. Su distancia total es de 62 kilómetros y ha sido utilizado en la reconstrucción de las escolleras de la barra de Corazones.

El banco Horconcitos se encuentra 2 km al norte de Horconcitos, sobre la carretera 180 (Tampico-Tuxpan) en el tramo Tampico Alto a Ozuluama, está formado por roca caliza en forma de lascas y se puede obtener un 30 % de fragmentos mayores a una tonelada. En este banco existe el inconveniente de pasar muy cerca el gasoducto Cactus-Reynosa.

El banco Cerro La Peña localizado dentro de la comunidad de Cucharas, a casi 1 km del estero Cucharas y 31 km de Naranjos está constituido por roca basáltica ligeramente fracturada y presenta una altura de 25 m.

Las distancias mencionadas de los primeros 5 bancos son hasta la boca de Tampachiche mientras que la del sexto es hasta la boca de Corazones.

II TRABAJOS DE CAMPO

En este capítulo están incluidos los siguientes trabajos de medición: topografía, batimetría, mareas, corrientes y material playero.

II.1 Topografía.

Antes de cualquier trabajo es necesario y conveniente conocer las condiciones existentes en el sitio de estudio mediante una visita de reconocimiento que permita plantear alternativas de trazo.

Los levantamientos topográficos por efectuar determinan las posiciones de puntos sobre la superficie de la tierra y la representación de las medidas en un plano, dentro de estos levantamientos tenemos los siguientes: de terrenos en general, de vías de comunicación, de minas, catastrales y aéreos. En los trabajos mencionados se comprenden aspectos de planimetría o control horizontal, altimetría o control vertical y observaciones astronómicas.

La planimetría implica el trazo de una poligonal de apoyo en la cual se miden distancias y direcciones de las líneas formadas por los puntos o vértices principales marcados en el terreno y su desarrollo debe tener 2 km de frente a cada lado de la boca. Para este trabajo se utiliza tránsitos de aproximación menor a 1 minuto, aceptando una precisión lineal de 1/3000 y una

ESTUDIO DE LAS OBRAS DE PROTECCIÓN A LAS BOCAS DE TAMPACHICHE Y CORAZONES DE LA LAGUNA DE TAMIAHUA, VERACRUZ

tolerancia angular de $T=a(n)$ donde a es la aproximación del aparato y n es el número de ángulos medidos.

En forma adicional al levantamiento de la poligonal se realizan orientaciones astronómicas en dos tramos de ella para obtener con precisión los rumbos astronómicos de dichos lados; en Tampachiche las líneas orientadas fueron la 2-1 y la 7-8 (11 de Diciembre de 1984) y los rumbos respectivos NW $27^{\circ}15'41''$ y SE $33^{\circ}10'40''$, y en Corazones fueron la 2-1 (15 de Diciembre de 1984) y la 11-12 (17 de Diciembre de 1984) y sus rumbos SE $8^{\circ}36'12''$ y NE $0^{\circ}24'38''$.

Por otra parte, es necesario dejar puntos de referencia y de control para lo cual se monumentan algunos vértices con mojoneras de concreto que contienen en su parte superior una placa de identificación y sobresalen del terreno natural 0.30 m, evitando que dichos monumentos queden en una zona de erosión o azolve donde sean destruidos, esto permite para el futuro la reconstrucción de la poligonal.

Otro aspecto en relación con la poligonal es el definir si ésta es cerrada o abierta; además es indiferente la dirección de su recorrido pero es importante que donde existen obras ya construidas en ellas queden ubicados vértices.

Para la altimetría se lleva a cabo una nivelación de perfil con la que se obtiene las cotas de los vértices y estacas intermedias de la poligonal, esta nivelación se apoya en bancos de nivel existentes o en puntos de cota conocida; la precisión o tolerancia permitida es de $+ 0.01 \text{ m} \times (k)$ donde k es el desarrollo total de la poligonal en kilómetros. En Tampachiche el punto de referencia corresponde a la cresta de la escollera sur (vértice 6) cuya cota es 2.50 mmm, y para Corazones se utilizaron los bancos de nivel D y E cuyas elevaciones respectivas son 3.899 y 4.286 mmm, vértices que pertenecen a una triangulación existente y con los cuales se hace una liga con el vértice 9.

En cuanto al seccionamiento playero se obtienen cotas de puntos sobre secciones transversales cuya separación se fija de antemano, procurando hacia el lado del mar llegar hasta la cota -1.00 mmm y hacia tierra una distancia de 100 m si el terreno lo permite; la sección de cadenamamiento 0+000 se toma como inicial.

Con lo anterior se calculan las coordenadas de todos los vértices para referenciarlos a un sistema; la poligonal de la barra de Tampachiche contiene 10 vértices y un desarrollo de 4532.44

ESTUDIO DE LAS OBRAS DE PROTECCIÓN A LAS BOCAS DE TAMPACHICHE Y CORAZONES DE LA LAGUNA DE TAMIAHUA, VERACRUZ

m mientras que la poligonal de la barra de Corazones es de 12 vértices y su longitud total es de 4640.27 m.

Por último se elaboran planos de las plantas de la poligonal y su configuración con curvas de nivel a cada metro a una escala adecuada y también planos de las secciones transversales con escala vertical y horizontal apropiadas.

Todos los trabajos descritos son realizados por un Ingeniero topógrafo.

II.2 Batimetría.

Estos trabajos son posteriores a los topográficos y se refieren a la medición de las profundidades del agua tanto en el frente marítimo como en la laguna.

En relación al levantamiento del frente marítimo éste debe cubrir la longitud total de la poligonal y abarcar desde la zona de rompientes hasta cierta profundidad hacia mar adentro. El método empleado para ubicar los puntos de sondeos es por intersección de ángulos medidos al mismo tiempo con 2 aparatos colocados en vértices de la poligonal o en puntos referidos a ésta, las lecturas fijas se toman a intervalos constantes de tiempo y para ello se utilizan relojes sincronizados a la misma hora y en algunas ocasiones con radios de onda corta.

Para la lectura de profundidades éstas se pueden medir directamente o con un equipo sondeador instalado en una lancha con motor fuera de borda; por otra parte las enfilaciones o recorridos de la lancha se procuran efectuar perpendiculares a la línea de costa con una separación constante entre ellas y en ciertos casos se complementan con enfilaciones paralelas a la playa.

Con respecto al levantamiento del canal de acceso y la laguna se puede seguir el procedimiento descrito anteriormente y si no es posible se marcan puntos del contorno plenamente identificables entre los cuales se realiza un recorrido a velocidad uniforme determinando puntos fijos a cada cierto tiempo y en los extremos del trayecto.

Las profundidades obtenidas tanto en forma directa o con equipo de sondeo deben corregirse por marea y transductor para referirlas al nivel medio del mar y poder después de hacer la configuración del mar la unión con el levantamiento topográfico.

En relación con los puntos medidos por el método de intersección se obtiene su ubicación empleando un programa de computadora ya que muchas veces existen varios puntos donde se

ESTUDIO DE LAS OBRAS DE PROTECCIÓN A LAS BOCAS DE TAMPACHICHE Y CORAZONES DE LA LAGUNA DE TAMIAHUA, VERACRUZ

colocan los aparatos. Los resultados de la batimetría se presentan en planos con la misma escala de los de topografía, mientras que en los planos base se realiza la configuración de la laguna.

Las superficies aproximadamente levantadas en nuestros sitios de estudio en km² fueron de frente marítimo en Tampachiche 8.5 y en Corazones 10.0, y en relación a la zona lagunaria de Tampachiche 90.3 y en Corazones 73.6.

II.3 Mareas y Corrientes.

A través de campañas de medición continua es posible analizar estos fenómenos cuya información sirve de complemento al estudio.

Para conocer la variación del nivel del mar es necesario instalar reglas graduadas o limnómetros en la zona de estudio en diferentes lugares (mar, canal de acceso y laguna) durante un lapso mínimo de 2 semanas, estos aparatos deben ligarse con un banco de nivel para saber su plano de referencia. Si se utiliza el limnómetro el registro obtenido es continuo mientras que con la regla se toman lecturas del nivel cada cierto tiempo. Los resultados se grafican en un plano junto con los valores de los registros de la estación mareográfica más cercana para su comparación.

En cuanto a la medición de corrientes se necesita establecer una sección transversal de aforo en la cual se mide la velocidad del agua, para ello se utiliza un molinete hidráulico que consta de una hélice pequeña conectada a un cuerpo fuselado, la cual gira por el choque del agua contra ella y transmite su movimiento a un sistema que registra el número de vueltas que da en un intervalo de tiempo.

Como la distribución de velocidades cambia de un punto a otro en una misma sección se deben efectuar mediciones en diferentes sitios y profundidades para obtener el valor de la velocidad media. Los métodos más usados para calcular esta velocidad se basan en las propiedades del arco de parábola a la cual se asemeja la curva representativa de la velocidad en una vertical, además éstos dependen de la profundidad a la que se mida la velocidad, algunos de ellos son: 0.6 del tirante, el promedio de 0.2 y 0.8 del tirante y el de 0.8 y 0.95 de la velocidad superficial.

ESTUDIO DE LAS OBRAS DE PROTECCIÓN A LAS BOCAS DE TAMPACHICHE Y CORAZONES DE LA LAGUNA DE TAMIAHUA, VERACRUZ

Lo anterior implica medir la velocidad en la superficie y a 0.2, 0.6 y 0.8 de tirante, y en el centro y extremos del canal; además cada molinete tiene una expresión con la que se calcula la velocidad en función del número de revoluciones por segundo.

Finalmente con la velocidad y el área de la sección se obtiene el gasto medio instantáneo, en la tabla 2.1 se tienen los resultados respectivos de una campaña efectuada durante un día completo en Tampachiche y Corazones.

TABLA 2.1

AFOROS

BOCA DE TAMPACHICHE

20 - 21 Noviembre 1985

HORA	Vm	Am	Qm
	m/s	M ²	M ³ /s
8.10	0.28	676.79	189.50
9.10	0.26	673.28	175.05
10.10	0.25	669.77	167.44
11.10	0.25	666.26	166.57
12.10	0.23	662.75	152.43
13.10	0.22	659.24	145.03
14.10	0.22	655.73	144.26
15.10	0.26	652.22	169.58
16.10	0.28	655.19	183.45
17.10	0.35	663.29	232.15
18.10	0.33	671.39	221.56
19.10	0.32	679.76	217.52
20.10	0.31	687.86	213.24
21.10	0.30	695.96	208.79
22.10	0.28	704.06	197.14
23.10	0.26	708.11	184.11
0.10	0.26	701.36	182.35
1.10	0.26	694.61	180.60
2.10	0.28	687.86	192.60
3.10	0.27	681.11	183.90
4.10	0.27	674.36	182.07
5.10	0.27	667.61	180.25
6.10	0.27	670.85	181.13
7.10	0.27	675.71	182.44

**ESTUDIO DE LAS OBRAS DE PROTECCIÓN A LAS BOCAS DE TAMPACHICHE Y
CORAZONES DE LA LAGUNA DE TAMIAHUA, VERACRUZ**

**BOCA DE CORAZONES
2 - 3 Septiembre de 1985**

HORA	Vm	Am	Qm
	m/s	M²	M³/s
11.15	0.15	632.01	94.80
12.15	0.16	639.39	102.30
13.15	0.23	646.77	148.76
14.15	0.25	654.15	163.54
15.15	0.25	661.53	165.38
16.15	0.24	668.91	160.54
17.15	0.29	669.11	194.04
18.15	0.27	663.99	179.28
19.15	0.30	658.86	197.66
20.15	0.25	653.94	163.49
21.15	0.25	648.82	162.21
22.15	0.25	643.69	160.92
23.15	0.27	643.08	173.63
0.15	0.26	646.56	168.11
1.15	0.27	650.05	175.51
2.15	0.25	653.53	163.38
3.15	0.24	656.81	157.63
4.15	0.26	658.25	171.15
5.15	0.19	651.48	123.78
6.15			
7.15	0.20	637.95	127.59
8.15	0.24	631.19	151.49
9.15	0.32	624.22	199.75
10.15	0.27	617.45	166.71

II.4 Material Playero.

Con el fin de determinar las características del material playero del lugar se lleva a cabo un muestreo del mismo en toda la zona de interés. Las muestras obtenidas son superficiales y de los siguientes niveles: duna, estrán que es la parte alta de la playa, berma zona intermedia entre la duna y el estrán, y a la profundidad de 1 m y de 2 m; todas éstas se envían a un laboratorio para su análisis.

ESTUDIO DE LAS OBRAS DE PROTECCIÓN A LAS BOCAS DE TAMPACHICHE Y CORAZONES DE LA LAGUNA DE TAMIAHUA, VERACRUZ

III ANÁLISIS HIDROLÓGICO, HIDROMETEOROLÓGICO Y OCEANOGRÁFICO

Dentro de este capítulo se estudian algunos fenómenos de la atmósfera, del mar y principalmente los hidrológicos, todos los cuales influyen en las condiciones existentes en la laguna.

III.1 Vientos.

El régimen de viento es de importancia ya que actúa como agente generador de corrientes y éstas a su vez del oleaje y transporte de sedimentos, así como de las mareas de viento.

Por lo anterior, se analiza la información recabada en forma mensual y anual de las velocidades medias y máximas para determinar las características principales del viento. En relación a las velocidades medias se calcula para cada dirección su frecuencia y valor medio, así como el producto de ambos y su porcentaje correspondiente; mientras que para las velocidades máximas solamente se obtiene su valor medio y el cuadrado de éste.

En la tabla 3.1 se muestran las direcciones con mayor frecuencia resultantes del análisis de las velocidades medias para las estaciones de Tampico y Tuxpan (viento reinante), en la tabla 3.2 se tienen las direcciones con mayor velocidad máxima media para los mismos sitios (viento dominante) y por último la tabla 3.3 indica los valores medios anuales de las características mencionadas para todas las direcciones.

**ESTUDIO DE LAS OBRAS DE PROTECCIÓN A LAS BOCAS DE TAMPACHICHE Y
CORAZONES DE LA LAGUNA DE TAMIHUA, VERACRUZ**

TABLA 3.1

ANÁLISIS VELOCIDAD MEDIA

TAMPICO TUXPAN

Mes	Dir	Frec	Vel	Dir	Frec	Vel
		%	M/s		%	m/s
Ene	N	90.00	5.05	N	90.91	7.66
Feb	N	61.91	5.97	N	68.18	8.30
Mar	E	63.16	3.10	N	40.91	7.72
Abr	E	88.10	3.27	E	50.00	7.23
May	E	90.00	3.22	NE	45.45	6.95
Jun	E	73.81	3.14	E	45.45	6.68
Jul	E	70.00	2.98	E	63.64	7.23
Ago	E	71.43	2.71	NE	50.00	4.72
Sep	E	66.67	2.49	NE	36.36	3.98
Oct	E	42.86	2.12	W	36.36	5.10
Nov	N	42.86	3.02	W	36.36	4.32
Dic	N	76.20	4.37	N	45.45	7.16
Annual	E	53.32	2.42	N	28.78	6.84

TABLA 3.2

ANÁLISIS VELOCIDAD MÁXIMA

TAMPICO TUXPAN

Mes	Dir	Vel	Dir	Vel
		m/s		m/s
Ene	N	20.39	N	22.41
Feb	N	21.58	N	24.00
Mar	NE-E	23.00	N	22.89
Abr	NE	19.00	S	24.00
May	NW	21.80	SW	33.00
Jun	NE	14.70	S	30.00
Jul	W	15.40	SE	17.44
Ago	NW	15.05	E	24.50
Sep	W	25.80	S	33.00
Oct	W	49.50	N	19.86
Nov	N	19.45	N	21.27
Dic	N	19.72	N	21.41
Annual	N	17.27	N	19.86

**ESTUDIO DE LAS OBRAS DE PROTECCIÓN A LAS BOCAS DE TAMPACHICHE Y
CORAZONES DE LA LAGUNA DE TAMIAHUA, VERACRUZ**

TABLA 3.3

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DEL VIENTO

TAMPICO

TUXPAN

Dir	Vmax	Vm	N	Vmax	Vm	n
	m/s	m/s	%	m/s	m/s	%
N	17.27	2.48	28.22	19.86	6.84	28.78
NE	11.00	2.33	9.33	10.94	4.88	21.21
E	10.47	2.42	53.32	12.26	5.13	26.16
SE	6.86	1.18	3.06	13.31	4.99	5.30
S	0.00	0.00	0.00	14.62	0.00	0.00
SW	4.20	0.09	0.40	10.99	0.97	2.27
W	17.20	0.57	0.44	13.12	2.31	11.74
NW	7.86	0.00	0.00	7.78	2.55	4.54

Viento reinante		E 2.42 m/s		N 6.84 m/s	
Viento dominante		N 17.27 m/s		N 19.86 m/s	
Calmas		5.23 %		0 %	

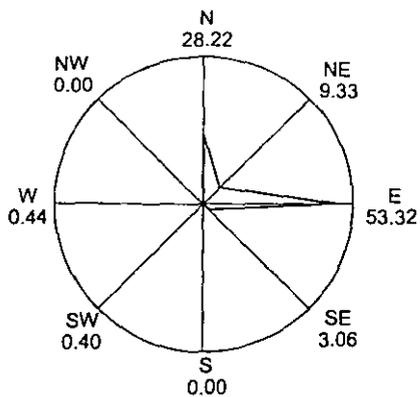
Con los resultados obtenidos se elaboran los siguientes diagramas:

- 1) Frecuencia del viento donde se grafica el % de acción.
- 2) De Lenz donde se presenta el % de energía (intensidad por duración).
- 3) De la velocidad máxima al cuadrado ($V_{\text{máx}}^2$).

Las diferentes gráficas descritas son en forma circular y con todas las direcciones de la información mensual, anual o estacional; éstos se pueden presentar en planos aunque la mayoría de las veces solamente son el de frecuencia del viento y de Lenz.

Los 2 primeros diagramas sirven para orientar las obras portuarias por proyectar y el último para realizar un cálculo de estabilidad de las mismas; las gráficas anuales para Tampico y Tuxpan de la frecuencia del viento y de Lenz se presentan en la figura 3.

ESTACIÓN TAMPICO



CALMAS 5.23%

DIAGRAMA DE FRECUENCIA DEL VIENTO

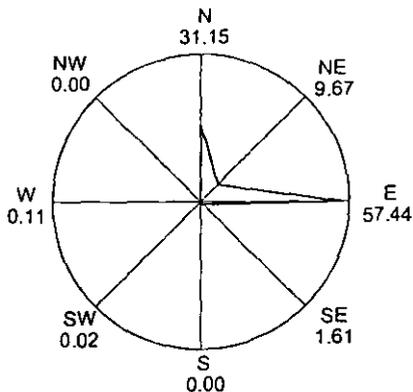


DIAGRAMA DE LENZ

ESTACIÓN TUXPAN

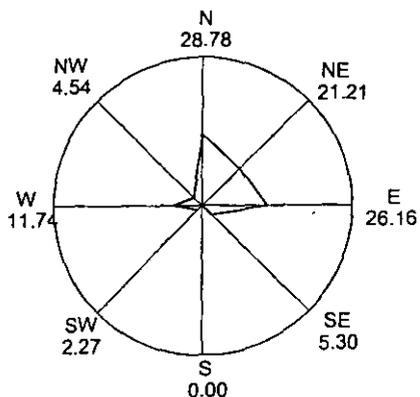


DIAGRAMA DE FRECUENCIA DEL VIENTO

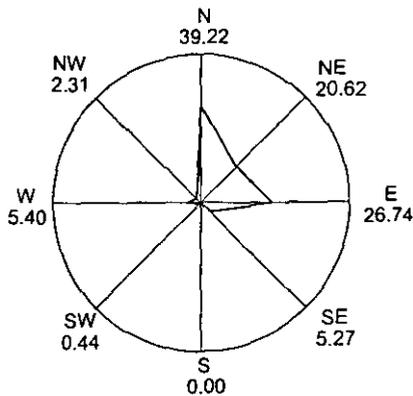


DIAGRAMA DE LENZ

FIGURA 3 DIAGRAMAS ANUALES

ESTUDIO DE LAS OBRAS DE PROTECCIÓN A LAS BOCAS DE TAMPACHICHE Y CORAZONES DE LA LAGUNA DE TAMIAHUA, VERACRUZ

III.2 Oleaje.

La información disponible del oleaje se refiere a algunas características que éste tiene en aguas profundas, las cuales se necesitan conocer en la zona de aguas bajas. Lo anterior implica que la celeridad, altura, longitud y dirección de éste son afectadas por la profundidad del mar con excepción del período el cual permanece constante durante todo el proceso.

Para definir estas características variables se deben trazar los planos del oleaje, cuyas ecuaciones fundamentales que rigen su elaboración se basan en la teoría lineal del oleaje armónico simple de pequeña amplitud.

La diferencia de las expresiones para calcular los parámetros mencionados en relación con la profundidad d en la que se encuentran están ligadas a los rangos de variación de la relación d/L y a las aproximaciones de las funciones hiperbólicas. Las ecuaciones empleadas son:

$$\begin{array}{ll} \text{Aguas Profundas} & \text{Aguas Bajas} \\ L_0 = C_0 T_0 & L = CT \end{array} \quad (3.1)$$

$$C_0 = \sqrt{\frac{gL_0}{2\pi}} \quad C = \sqrt{\frac{gL \cdot \tanh\left[\frac{2\pi d}{L}\right]}{2\pi}} \quad (3.2)$$

$$T_0 = \sqrt{\frac{2\pi L_0}{g}} \quad T = \sqrt{\frac{2\pi L \cdot \coth\left[\frac{2\pi d}{L}\right]}{g}} \quad (3.3)$$

$$L_0 = \frac{gT_0^2}{2\pi} \quad L = \frac{gT^2 \cdot \tanh\left[\frac{2\pi d}{L}\right]}{2\pi} \quad (3.4)$$

Como $T = T_0$, de la ecuación 3.1 se deduce que:

$$LK = L_0 \quad (3.5)$$

$$y \quad K = \coth\left[\frac{2\pi d}{L}\right] \quad (3.6)$$

Las relaciones anteriores permiten calcular algunos valores en función de otros conocidos.

ESTUDIO DE LAS OBRAS DE PROTECCIÓN A LAS BOCAS DE TAMPACHICHE Y CORAZONES DE LA LAGUNA DE TAMIAHUA, VERACRUZ

Una manera de obtener la construcción de los planos de oleaje es utilizando un método numérico que resuelve el método gráfico de rayos de ola propuesto por Arthur, Munk e Issacs. Por medio de dicho programa se deduce la trayectoria del rayo a través de coordenadas y ángulos de propagación, pero antes es necesario construir sobre la batimetría una malla o cuadrícula y en los puntos de cruce determinar la profundidad del mar. Los rayos de oleaje que se calculan en cada sitio corresponden a sus direcciones principales y períodos de < 5, 6, 8, 10 y > 11 segundos.

Las mallas construidas son tanto en aguas profundas como en aguas bajas y se busca que tengan la misma orientación; en nuestro caso solamente la de Corazones en aguas bajas se giró 13° a la derecha de la de aguas profundas. El frente marino cubre 80 km en aguas profundas y 2 km en aguas bajas. La tabla 3.4 presenta los datos en aguas profundas y la 3.5 en aguas bajas.

TABLA 3.4

RAYOS DE OLA AGUAS PROFUNDAS

TAMPACHICHE CORAZONES

Período	Dir	Angulo	Dir	Angulo
S		Gra		Gra
	N	119.00		
Todos	NE	164.00	NE	148.00
	E	209.00	E	193.00
	SE	254.00	SE	238.00

**ESTUDIO DE LAS OBRAS DE PROTECCIÓN A LAS BOCAS DE TAMPACHICHE Y
CORAZONES DE LA LAGUNA DE TAMIAHUA, VERACRUZ**

TABLA 3.5

RAYOS DE OLA AGUAS BAJAS

TAMPACHICHE CORAZONES

Periodo	Dir	Ángulo	Ángulo	Ángulo modificado
S		Gra	Gra	Gra
< 5	N	119.00		
	NE	164.00	148.10	135.10
	E	209.00	193.00	180.00
	SE		237.20	224.20
6	N	119.20		
	NE	164.20	149.00	136.00
	E	208.90	192.50	179.50
	SE		232.70	219.70
8	N	125.30		
	NE	166.70	153.40	140.40
	E	207.40	190.70	177.70
	SE	242.90	221.20	208.20
10	N	137.10		
	NE	168.60	156.40	143.40
	E	205.40	188.60	175.60
	SE	234.10	216.60	203.60
> 11	N	146.20		
	NE	169.30	159.80	146.80
	E	204.90	188.50	175.50
	SE	231.40	209.70	196.70

Con la información de los rayos de ola se calcula el ángulo de incidencia α y el coeficiente de refracción K.

Tales parámetros aparecen en la tabla 3.6.

**ESTUDIO DE LAS OBRAS DE PROTECCIÓN A LAS BOCAS DE TAMPACHICHE Y
CORAZONES DE LA LAGUNA DE TAMIAHUA, VERACRUZ**

TABLA 3.6

REFRACCIÓN DEL OLEAJE

TAMPACHICHE CORAZONES

Período	Dir	K	Ang Gra	K	Ang Gra
S					
< 5	N	0.78	40.80		
	NE	0.98	14.17	0.94	29.75
	E	1.04	19.25	0.97	25.42
	SE			0.92	11.33
6	N	0.75	34.60		
	NE	1.08	13.30	0.92	33.58
	E	1.05	15.67	0.92	21.67
	SE			0.94	20.75
8	N	0.77	37.83		
	NE	0.95	11.20	0.91	37.16
	E	1.15	17.17	0.95	22.91
	SE	1.16	23.10	0.93	18.50
10	N	0.90	28.30		
	NE	0.85	8.90	0.91	28.83
	E	0.99	13.17	0.98	36.75
	SE	0.84	36.17	0.95	22.58
> 11	N	0.92	23.42		
	NE	0.98	9.17	0.92	26.16
	E	1.03	16.00	0.99	25.91
	SE	1.03	36.50	0.95	22.00

Además, con la información recabada del oleaje y conociendo las direcciones principales se calcula la distribución de frecuencias de las alturas y períodos en forma estacional, esta información se tiene en la tabla 3.7.

**ESTUDIO DE LAS OBRAS DE PROTECCIÓN A LAS BOCAS DE TAMPACHICHE Y
CORAZONES DE LA LAGUNA DE TAMIAHUA, VERACRUZ**

TABLA 3.7

DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS DEL OLEAJE

BARRA DE TAMPACHICHE

Dir	Primavera	Verano	Otoño	Invierno	Anual
N	12.62	10.32	32.22	24.80	19.99
NE	14.45	15.32	12.26	9.08	12.78
E	28.72	31.65	14.17	14.85	22.35
SE	37.40	25.21	19.02	36.31	29.48
Calmas	6.81	17.50	22.33	14.96	15.40

BARRA DE CORAZONES

Dir	Primavera	Verano	Otoño	Invierno	Anual
NE	20.82	20.06	26.31	19.91	21.77
E	28.72	31.65	14.17	14.85	22.35
SE	37.40	25.21	19.02	36.31	29.49
Calmas	13.06	23.08	40.50	28.93	26.39

Para el análisis del oleaje ciclónico como se mencionó anteriormente se puede utilizar el criterio desarrollado por el Dr. Springall, para ello primeramente en base a las coordenadas geográficas de los sitios se localiza la región en la que se ubican, siendo para ambos la región i en la cual se han presentado en un lapso de 86 años (1886-1971) 11 tormentas tropicales y 7 huracanes.

Las características del huracán estándar de proyecto para dicha región, cuya latitud media es 21°, son:

Dirección Este

- Indice de presión central (Po) 27.03 pulgadas de Hg
- Radio de máximo viento medio (R) 13.97 millas náuticas
- Velocidad de desplazamiento media (Vd) 9.20 nudos

ESTUDIO DE LAS OBRAS DE PROTECCIÓN A LAS BOCAS DE TAMPACHICHE Y CORAZONES DE LA LAGUNA DE TAMIAHUA, VERACRUZ

El oleaje significativo máximo producido por un huracán así como por el campo de viento tiene las siguientes características: posición o distancia de la línea de máxima generación (r), índice de energía máxima ($Eh_{\text{máx}}$), longitud del fetch en la línea de generación (F), altura de la ola (H), período de la ola (T) y velocidad del viento (V).

Para un huracán estacionario se emplean las siguientes expresiones:

$$\frac{r}{R} = 2.619 - 0.0345R \quad (3.7)$$

$$Eh_{\text{máx.}} = 13913 (29.92 - P_0)^{7/6} R^{2/3} \text{sen}^{-1/3} \phi \quad (3.8)$$

$$F = 0.183(Eh_{\text{máx.}})^{0.553} \quad (3.9)$$

$$H = 0.024(Eh_{\text{máx.}})^{0.452} \quad (3.10)$$

$$T = 0.644(Eh_{\text{máx.}})^{0.222} \quad (3.11)$$

$$t = 0.087(Eh_{\text{máx.}})^{0.429} \quad (3.12)$$

Donde: r (mn)

$Eh_{\text{máx.}}$ (nudos² mn)

ϕ latitud (°)

F (mn)

H (m)

T (seg.)

t tiempo mínimo de permanencia (horas)

Mientras que para un huracán con desplazamiento son:

$$\frac{r'}{R} = \frac{r}{R} - 0.04Vd \quad (3.13)$$

$$\theta = 14.39 + 0.52 Vd \quad (3.14)$$

$$Eh'_{\text{máx.}} = Eh_{\text{máx.}} \left[1 + 0.037 \frac{Vd}{(29.92 - P_0)^{0.5}} \right] \quad (3.15)$$

$$F' = F + 2.47 Vd \quad (3.16)$$

$$H' = 0.0133 (Eh'_{\text{máx.}})^{0.518} \quad (3.17)$$

$$T' = 0.4485 (Eh'_{\text{máx.}})^{0.261} \quad (3.18)$$

**ESTUDIO DE LAS OBRAS DE PROTECCIÓN A LAS BOCAS DE TAMPACHICHE Y
CORAZONES DE LA LAGUNA DE TAMIHUA, VERACRUZ**

$$\bar{V} = 1.944 \left[\frac{g^{0.58} H'}{0.0834 F'^{0.42}} \right]^{0.862} \quad (3.19)$$

Donde:

r' (mn)

θ deflexión de la línea por efecto del movimiento (°)

$Eh'_{\text{máx.}}$ (nudos² mn)

F' (mn)

H' (m)

T' (seg.)

\bar{V} (nudos)

g gravedad (m/seg.²)

En forma simultánea a la generación del oleaje ciclónico se tiene una sobreelevación del nivel del agua por efecto del campo de viento conocida como marea por tormenta, para su cálculo se aplica el criterio de Bretschneider cuyas ecuaciones son:

$$S_x = \frac{K \bar{V}^2 F \cos \theta}{g [D_0 - (D_c + S_x)]} \text{Ln} \frac{D_0}{D_c + S_x} \quad (3.20)$$

$$S_y = \frac{6}{7} f \frac{\bar{V} F}{g} \left[\frac{k}{K} \text{sen} \theta \right]^{1/2} D_0^{1/2} \quad (3.21)$$

En la figura 3.1 se indica el significado de algunas variables, teniendo también que:

$$K = 3 \times 10^{-6}$$

$$k = 15 n^2 \quad (3.22)$$

$$f = 14.56 \times 10^{-5} \text{ sen } \phi \quad (3.23)$$

donde n es el coeficiente de Manning

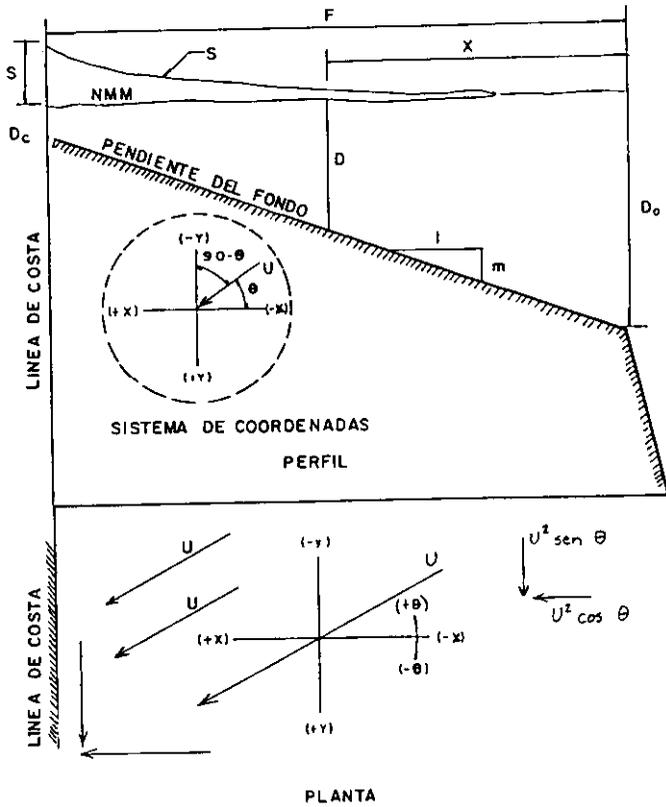


FIGURA 3.1 MAREA POR TORMENTA

ESTUDIO DE LAS OBRAS DE PROTECCIÓN A LAS BOCAS DE TAMPACHICHE Y CORAZONES DE LA LAGUNA DE TAMIAHUA, VERACRUZ

Para el caso en que $\theta = 0^\circ$ el valor de S_y se hace cero y S_x se obtiene por tanteos; mientras que para $\theta = 90^\circ$ el valor de S_x es cero y S_y se calcula en forma directa.

Los resultados del oleaje ciclónico se presentan en la tabla 3.8 y en la 3.9 los de la marea por tormenta.

TABLA 3.8

ANÁLISIS DEL OLEAJE CICLÓNICO

Característica	TAMPACHICHE	CORAZONES
R (mn)	29.85	29.85
Eh max (nudos ² mn)	386,136.31	390,410.23
F (mn)	224.86	226.23
H (m)	8.04	8.08
T (seg.)	11.20	11.23
T (hr)	21.69	21.79
ϕ (°)	22.00	21.25
R' (mn)	24.71	24.71
θ (°)	19.17	19.17
Eh' max (nudos ² mn)	463,454.43	468,584.14
F' (mn)	247.58	248.95
H' (m)	11.45	11.52
T' (seg.)	13.51	13.55
V (nudos)	57.61	57.80

TABLA 3.9

MAREA POR TORMENTA

Variable	TAMPACHICHE	CORAZONES
N	0.0250	0.0250
K	0.0094	0.0094
F (rad/s)	0.0001	0.0001
M	0.0027	0.0025
Do (m)	100.0000	100.0000
F (m)	36,500.0000	39,800.0000
Dc (m)	0.2080	0.2190
θ (gra)	0.0000	0.0000
Sx (m)	0.4900	0.5310
Sy (m)	0.0000	0.0000
V (m/s)	29.6400	29.7400
S=Sx+Dc (m)	0.6980	0.7500

ESTUDIO DE LAS OBRAS DE PROTECCIÓN A LAS BOCAS DE TAMPACHICHE Y CORAZONES DE LA LAGUNA DE TAMIAHUA, VERACRUZ

Con los parámetros anteriores y la relación de esbeltez de la ola de:

$$\frac{H}{d} = 0.78 \quad (3.24)$$

donde H altura de la ola (m)

d profundidad (m)

Se obtiene para cada sitio su ecuación de la ola por ciclón. En Tampachiche para $d > 13.98$ m, $H = 11.45$ m y para $d < 13.98$ m, $H = 0.78 (d + 0.698)$, y en Corazones para $d > 14.02$ m, $H = 11.52$ m y para $d < 14.02$ m, $H = 0.78 (d + 0.750)$.

III.3 Mareas.

Para conocer la marea astronómica que se presenta cada mes tanto en Tampico como en Tuxpan se procesa la información recabada anteriormente, dicho análisis consiste en calcular los valores medios de las bajamares y pleamares y sus correspondientes duraciones medias, la tabla 3.10 muestra los cálculos en donde las alturas están referidas al nivel medio del mar.

**ESTUDIO DE LAS OBRAS DE PROTECCIÓN A LAS BOCAS DE TAMPACHICHE Y
CORAZONES DE LA LAGUNA DE TAMIAHUA, VERACRUZ**

TABLA 3.10

PREDICCIÓN MAREA ASTRONÓMICA PARA EL AÑO DE 1985

TAMPICO, TAMPS.

TUXPAN, VER.

Mes	M.A. (m)	D.M.A. (hrs)	M.B. (m)	D.M.B. (hrs)	M.A. (m)	D.M.A. (hrs)	M.B. (m)	D.M.B. (hrs)
ENE	0.12	370.00	-0.28	371.80	0.14	377.90	-0.31	358.90
FEB	0.10	348.60	-0.27	321.90	0.09	348.20	-0.29	322.20
MAR	0.12	396.40	-0.24	348.30	0.10	381.40	-0.28	363.40
ABR	0.13	396.80	-0.24	328.50	0.11	354.50	-0.27	370.80
MAY	0.14	391.30	-0.25	349.00	0.12	349.50	-0.30	390.60
JUN	0.14	364.90	-0.31	351.20	0.13	359.80	-0.37	361.30
JUL	0.15	387.10	-0.29	358.30	0.14	393.00	-0.33	352.50
AGO	0.18	443.20	-0.19	300.80	0.20	451.00	-0.22	292.90
SEP	0.23	483.90	-0.12	235.60	0.28	493.90	-0.13	225.40
OCT	0.26	478.80	-0.11	267.30	0.31	493.60	-0.11	252.30
NOV	0.24	430.50	-0.21	290.20	0.29	439.80	-0.20	280.80
DIC	0.18	396.80	-0.28	344.80	0.22	403.20	-0.29	338.00
ANUAL	0.17	4,888.30	-0.23	3,867.70	0.18	4,845.80	-0.26	3,909.10

Como nos interesa tener esta información en las bocas de Tampachiche y Corazones se efectúa una interpolación de los resultados obtenidos en función de las distancias entre los sitios y los puertos analizados, en la tabla 3.11 se presentan estos valores.

**ESTUDIO DE LAS OBRAS DE PROTECCIÓN A LAS BOCAS DE TAMPACHICHE Y
CORAZONES DE LA LAGUNA DE TAMIAHUA, VERACRUZ**

TABLA 3.11

PREDICCIÓN MAREA ASTRONÓMICA PARA EL AÑO DE 1985

TAMPACHICHE

CORAZONES

Mes	M.A.	D.M.A.	M.B.	D.M.B.	M.A.	D.M.A.	M.B.	D.M.B.
	(m)	(hrs)	(m)	(hrs)	(m)	(hrs)	(m)	(hrs)
ENE	0.12	371.8	-0.29	369.0	0.14	376.3	-0.30	361.6
FEB	0.10	348.5	-0.27	322.0	0.09	348.3	-0.29	322.2
MAR	0.12	393.1	-0.25	351.6	0.10	384.6	-0.27	360.2
ABR	0.13	387.5	-0.25	337.8	0.11	363.4	-0.26	361.9
MAY	0.14	382.1	-0.26	358.2	0.12	358.3	-0.29	381.9
JUN	0.14	363.8	-0.32	353.4	0.13	360.9	-0.36	359.2
JUL	0.15	388.4	-0.30	357.0	0.14	391.8	-0.32	353.7
AGO	0.18	444.9	-0.20	299.1	0.20	449.3	-0.21	294.6
SEP	0.24	486.1	-0.12	233.3	0.27	491.8	-0.13	227.6
OCT	0.27	482.0	-0.11	264.0	0.30	490.5	-0.11	255.5
NOV	0.25	432.6	-0.21	288.2	0.28	437.9	-0.20	282.8
DIC	0.19	398.2	-0.28	343.3	0.21	401.9	-0.29	339.4
ANUAL	0.17	4,878.9	-0.24	3,876.8	0.17	4,854.7	-0.25	3,900.4

Otro aspecto relacionado con este inciso es la sobreelevación del agua dentro de la laguna producida por la marea de viento, para su análisis se emplea el criterio de Bretschneider cuya ecuación es:

$$S = \frac{NKU^2F}{2gh} \cos\theta \quad (3.25)$$

Donde S- Sobreelevación del nivel del agua en la frontera hacia la cual sopla el viento (m).

N- Coeficiente que depende de la forma del embalse, igual a 1 en rectangulares, 2/3 y 4/3 en triangulares si el viento sopla del vértice a la base o de la base al vértice respectivamente.

K- Constante adimensional relacionada con el esfuerzo cortante (3.3×10^{-6}).

U- Velocidad del viento (m/s).

F- Longitud efectiva del fetch (m)

g- Aceleración de la gravedad (m/seg^2)

**ESTUDIO DE LAS OBRAS DE PROTECCIÓN A LAS BOCAS DE TAMPACHICHE Y
CORAZONES DE LA LAGUNA DE TAMIAHUA, VERACRUZ**

h- Profundidad media a lo largo del fetch (m).

θ - Ángulo que forma el fetch con la dirección del viento ($^{\circ}$)

Los resultados de cada sitio para las condiciones de vientos medios se indican en la tabla 3.12, y en las figuras 3.2 y 3.3 se indican las direcciones analizadas en cada sitio respectivamente.

TABLA 3.12

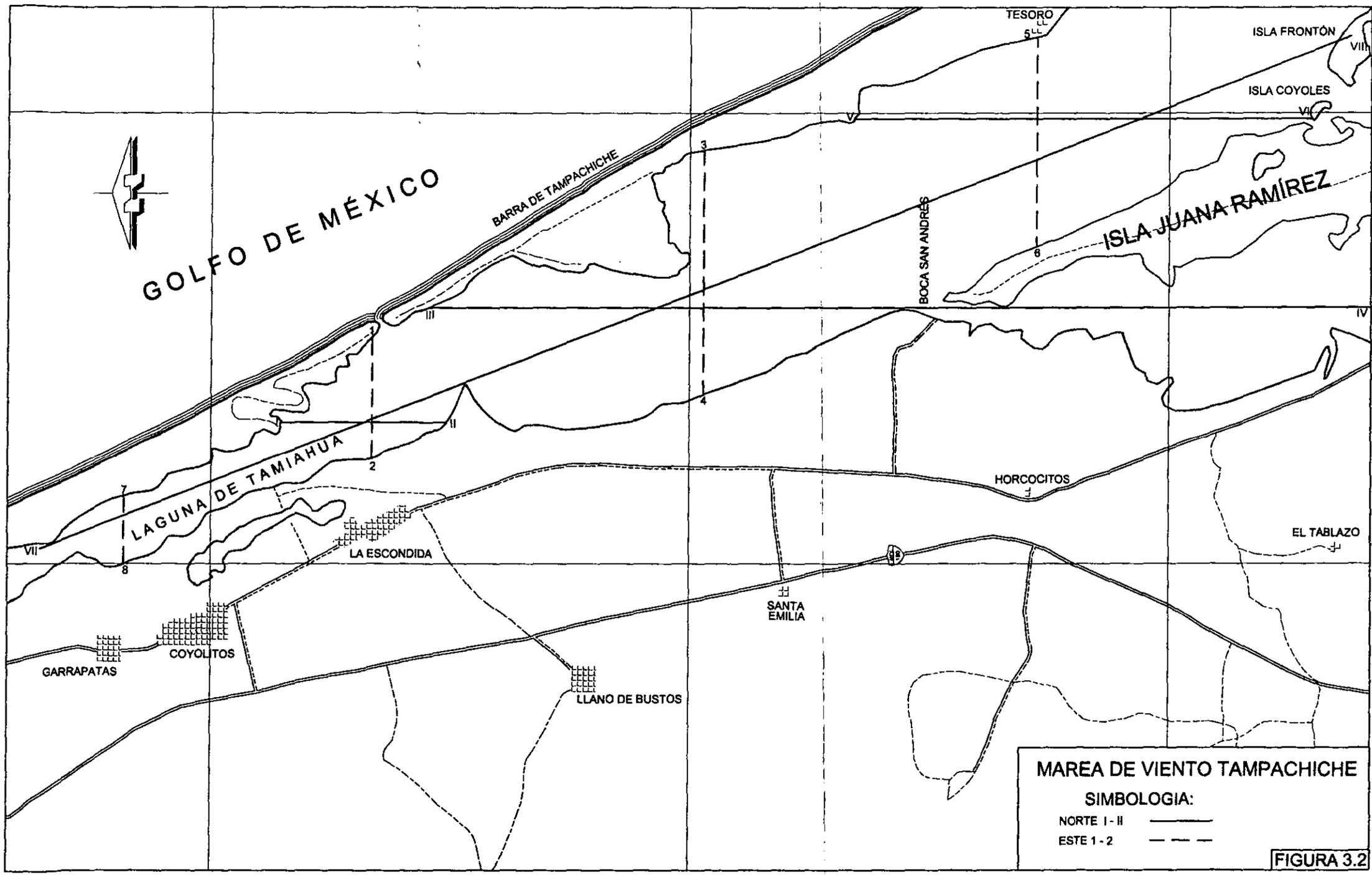
SOBREELEVACIÓN POR MAREA DE VIENTO

TAMPACHICHE

Fetch		Long (m)	Prof (m)	Dir viento	U (m/s)	Ángulo (Gra)	S (m)
I -	II	3,430.000	1.740	N	2.480	0.000	0.001
III -	IV	19,000.000	1.840	N	2.480	0.000	0.007
V -	VI	9,200.000	2.980	N	2.480	0.000	0.002
VII -	VIII	30,300.000	2.620	N	2.480	21.000	0.011
1 -	2	2,340.000	1.950	E	2.420	0.000	0.001
3 -	4	4,600.000	1.680	E	2.420	0.000	0.002
5 -	6	4,500.000	3.070	E	2.420	0.000	0.001
7 -	8	1,410.000	1.790	E	2.420	0.000	0.001

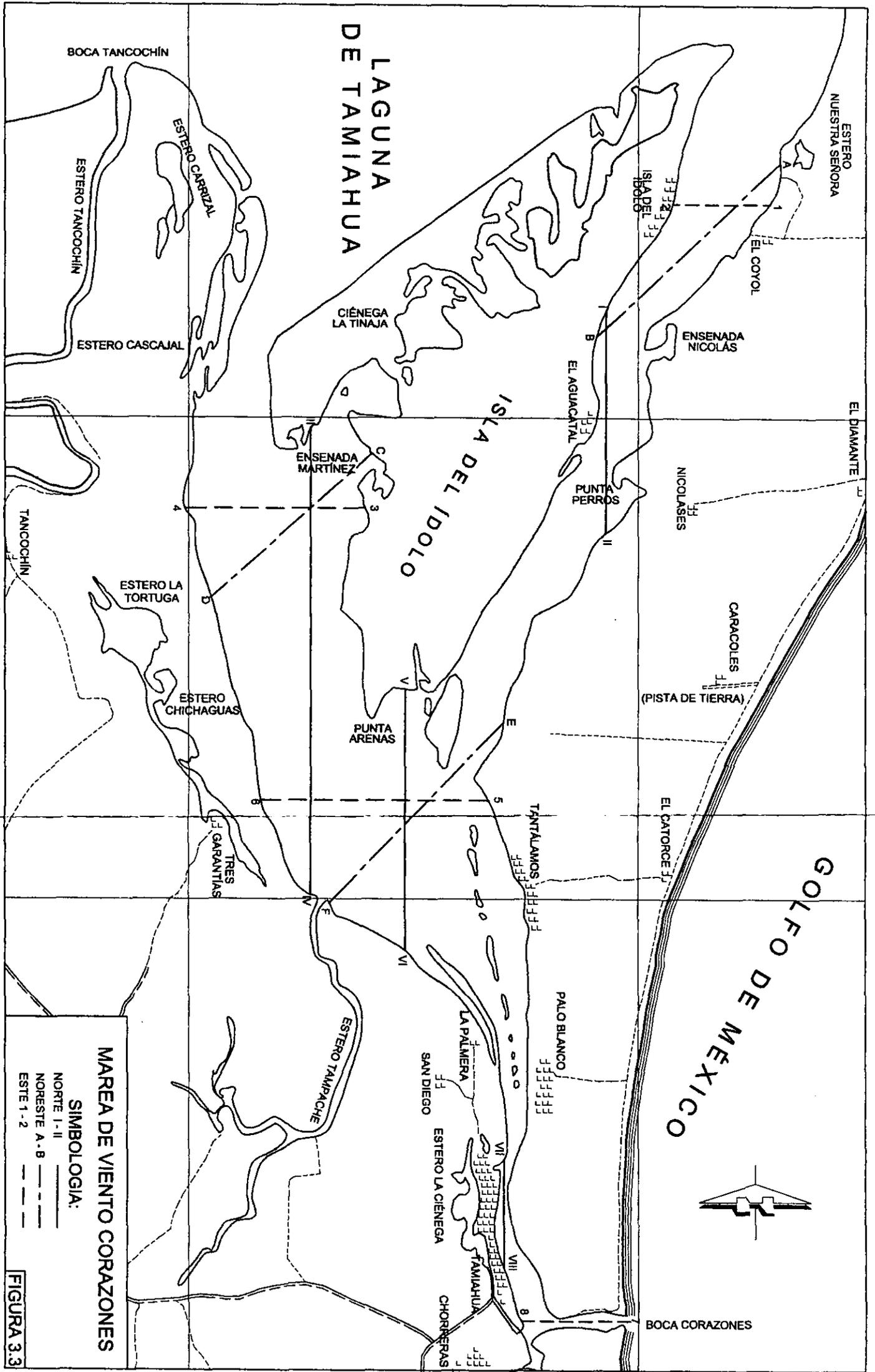
CORAZONES

Fetch		Long (m)	Prof (m)	Dir viento	U (m/s)	Ángulo (Gra)	S (m)
I -	II	4,300.000	1.580	N	6.840	0.000	0.029
III -	IV	9,070.000	2.140	N	6.840	0.000	0.045
V -	VI	5,050.000	2.010	N	6.840	0.000	0.026
VII -	VIII	2,100.000	2.320	N	6.840	0.000	0.009
A -	B	5,110.000	1.710	NE	4.880	0.000	0.008
C -	D	4,300.000	1.930	NE	4.880	0.000	0.006
E -	F	5,330.000	1.920	NE	4.880	0.000	0.007
1 -	2	1,970.000	1.270	E	5.130	0.000	0.009
3 -	4	3,500.000	1.830	E	5.130	0.000	0.011
5 -	6	4,480.000	2.220	E	5.130	0.000	0.024
7 -	8	1,630.000	2.380	E	5.130	0.000	0.004



MAREA DE VIENTO TAMPACHICHE
SIMBOLOGIA:
 NORTE I - II ———
 ESTE 1 - 2 - - - -

FIGURA 3.2



MAREA DE VIENTO CORAZONES
SIMBOLOGIA:
 NORTE I - II —————
 NORESTE A - B - - - - -
 ESTE 1 - 2 - · - · - ·

FIGURA 3.3

ESTUDIO DE LAS OBRAS DE PROTECCIÓN A LAS BOCAS DE TAMPACHICHE Y CORAZONES DE LA LAGUNA DE TAMIAHUA, VERACRUZ

III.4 Estudios Hidrológicos.

Los parámetros que comprenden este inciso son la temperatura, precipitación, evaporación y evapotranspiración. En relación a los tres primeros su análisis se basa en la información de las estaciones climatológicas recabada con anterioridad y consiste en calcular los promedios mensuales y anuales de sus valores medios y máximos registrados, los cálculos obtenidos para las estaciones con influencia en la zona se presentan en las tablas 3.13, 3.14 y 3.15.

TABLA 3.13
TEMPERATURA MEDIA (°C)

ESTACIÓN	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
Tampico,	18.6	19.9	22.2	24.7	26.8	27.9	28.0	28.2	27.3	25.5	22.1	19.9	24.3
Sta. Trinidad	17.9	19.4	23.1	26.7	28.6	28.7	27.8	28.0	27.1	24.4	21.5	19.0	24.4
Ixcatepec	17.9	19.1	22.2	25.7	27.5	28.0	27.1	27.1	26.5	24.6	21.8	19.2	23.9
Alamo	18.9	19.7	23.1	26.0	28.9	28.9	28.9	28.6	27.5	25.5	23.5	19.9	25.0
Tuxpan	19.8	21.2	23.4	25.9	27.8	28.3	28.0	28.1	27.5	25.7	22.8	20.5	24.9

TEMPERATURA MÁXIMA (°C)

ESTACIÓN	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
Tampico	21.3	22.4	24.5	26.6	28.3	29.5	29.4	29.4	28.6	26.9	24.9	30.0	25.4
Sta. Trinidad	20.6	24.4	25.8	28.8	30.4	30.7	30.0	30.2	28.5	26.3	24.4	21.5	25.1
Ixcatepec	22.1	24.5	24.6	27.5	30.4	32.2	31.8	29.6	28.3	27.7	26.6	24.0	25.4
Alamo	21.1	20.6	24.4	27.4	30.7	29.5	30.2	29.8	28.0	26.2	28.8	21.5	25.1
Tuxpan	28.0	30.6	29.9	32.9	35.5	34.3	34.9	35.1	34.4	32.0	30.9	27.1	30.3

**ESTUDIO DE LAS OBRAS DE PROTECCIÓN A LAS BOCAS DE TAMPACHICHE Y
CORAZONES DE LA LAGUNA DE TAMIAHUA, VERACRUZ**

TABLA 3.14

PRECIPITACIÓN (mm)

ESTACION	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
Tampico	30.6	15.9	12.3	17.5	46.0	139.1	129.8	124.1	264.1	126.8	44.5	32.4	983.1
Sta. Trinidad	34.2	22.1	19.3	19.0	63.8	171.3	149.9	140.9	196.0	78.6	37.1	40.9	973.1
Ixcatepec	41.2	43.4	35.3	53.6	66.3	199.4	171.5	200.6	268.9	159.0	91.6	52.2	1383.0
Alamo	45.5	36.2	36.1	41.6	76.5	220.5	143.4	182.3	244.2	129.7	62.8	38.8	1257.6
Tuxpan	36.9	36.2	36.7	56.4	74.5	181.8	154.1	153.7	312.7	179.4	74.2	46.5	1343.1

PRECIPITACIÓN MÁXIMA (mm)

ESTACION	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
Tampico	236.2	106.7	62.8	59.0	195.1	558.8	529.1	513.8	914.9	538.7	354.4	205.0	1924.0
Sta. Trinidad	173.0	64.8	110.0	74.5	178.7	509.9	468.1	323.0	655.5	264.5	122.5	195.0	1435.0
Ixcatepec	103.5	128.0	90.0	148.5	191.5	398.5	443.0	456.5	726.5	721.5	296.0	148.5	2373.5
Alamo	177.5	96.2	133.3	81.4	191.1	559.4	400.8	385.7	500.2	242.4	179.9	124.9	1885.1
Tuxpan	214.2	222.6	408.0	285.8	450.5	565.7	506.5	460.0	851.9	505.0	345.1	324.0	2534.0

TABLA 3.15

EVAPORACIÓN (mm)

EST.	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
Tampico	84.5	83.4	109.7	146.4	147.2	147.2	159.3	148.1	106.5	120.6	126.5	106.1	1485.5
Sta. Trinidad	75.3	83.5	126.5	139.9	169.4	162.0	158.0	145.5	125.7	101.2	77.2	68.4	1432.6
Ixcatepec	62.4	76.2	122.6	158.9	178.9	167.2	149.5	155.1	121.6	102.9	75.0	59.2	1429.5
Alamo	58.5	74.0	113.0	141.8	168.6	162.1	145.6	147.2	122.3	99.9	71.7	53.5	1358.2
Tuxpan	53.7	56.6	96.5	120.7	137.1	143.8	141.5	134.0	109.3	93.7	65.7	48.2	1200.8

**ESTUDIO DE LAS OBRAS DE PROTECCIÓN A LAS BOCAS DE TAMPACHICHE Y
CORAZONES DE LA LAGUNA DE TAMIAHUA, VERACRUZ**

EVAPORACIÓN MÁXIMA (mm)

EST.	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
Tampico	120.5	125.8	135.8	181.9	169.5	175.0	208.5	184.0	141.5	171.5	148.1	110.0	1657.7
Sta. Trinidad	96.6	111.3	159.7	168.6	197.4	187.0	189.4	181.6	154.5	118.3	93.9	99.5	1590.1
Ixcatepec	86.8	116.3	203.2	201.8	216.3	219.9	207.7	218.5	158.6	133.5	104.8	95.0	1663.8
Alamo	79.9	126.7	169.0	198.2	256.6	227.7	268.7	258.3	174.3	177.3	100.8	65.1	1823.2
Tuxpan	71.5	78.5	116.4	136.1	162.3	183.8	158.9	171.8	133.8	108.4	79.7	57.5	1347.6

Para el estudio es conveniente definir la cuenca de la Laguna de Tamiahua y a su vez dividirla en área de suelo y de laguna, además esta cuenca es no instrumentada ya que no tiene estaciones hidrométricas dentro de ella. Las diferentes partes que componen la cuenca con sus respectivas áreas se señalan en la tabla 3.16.

TABLA 3.16

CUENCA LAGUNA DE TAMIAHUA

ZONA	Área (Km ²)	%
Islas	79.9	2.30
Barra	178.2	5.13
Laguna	784.0	22.56
Continente	2433.2	70.01
Total	3475.3	100.00

Por otra parte uno de los métodos que permite obtener los parámetros medios de la cuenca es el de los polígonos de Thiessen que consiste en la triangulación entre las estaciones más cercanas y determinar el área de influencia de cada una, la tabla 3.17 muestra las áreas correspondientes de los polígonos construidos.

**ESTUDIO DE LAS OBRAS DE PROTECCIÓN A LAS BOCAS DE TAMPACHICHE Y
CORAZONES DE LA LAGUNA DE TAMIAHUA, VERACRUZ**

TABLA 3.17

AREAS POLÍGONOS DE THIESSEN

CUENCA LAGUNA DE TAMIAHUA

**Parte Continental
Temperatura y Precipitación**

ESTACIÓN	Km²	%
Tampico , Tamps.	245.0	10.07
Santa Trinidad , Ver.	136.1	5.59
Ixcatepec , Ver.	1510.0	62.06
Alamo , Ver.	165.9	6.82
Tuxpan , Ver.	376.2	15.46
Total	2433.2	100.00

**Parte Lagunaria
Precipitación**

ESTACION	Km²	%
Tampico , Tamps.	212.5	27.10
Ixcatepec , Ver.	382.6	48.80
Tuxpan , Ver.	188.9	24.10
Total	784.0	100.00

Evaporación

ESTACION	Km²	%
Tampico , Tamps.	370.9	47.31
Alamo , Ver.	413.1	52.69
Total	784.0	100.00

Con respecto a la evapotranspiración en la parte continental, para su cálculo se emplea el método de Thornthwaite cuya expresión es:

$$Et = 1.6K_a \left(\frac{10t}{i} \right)^a \quad (3.26)$$

donde Et- Evapotranspiración (cm)

K_a - Coeficiente de ajuste por latitud (mensual)

a - Constante del lugar

ESTUDIO DE LAS OBRAS DE PROTECCIÓN A LAS BOCAS DE TAMPACHICHE Y CORAZONES DE LA LAGUNA DE TAMIAHUA, VERACRUZ

t- Temperatura media mensual (°C)

i- Índice de eficiencia mensual

siendo $i = \left(\frac{t}{5}\right)^{1.514}$

$$a = 0.675 \times 10^{-6} i^3 - 0.771 \times 10^{-4} i^2 + 0.01792i + 0.49239$$

Finalmente en la tabla 3.18 se resumen los parámetros hidrológicos de la cuenca para la parte continental y lagunaria.

TABLA 3.18

PARÁMETROS HIDROLÓGICOS CUENCA LAGUNA DE TAMIAHUA

Parte Continental (Suelo) Parte Lagunaria

Mes	P (mm)	Tm(mm)	Et(mm)	P (mm)	E (mm)
Enero	39.4	18.3	111.6	37.3	68.3
Febrero	37.8	19.6	108.3	34.2	69.3
Marzo	32.4	22.5	131	29.4	102.7
Abril	47.6	25.7	142.9	44.5	132.8
Mayo	66.1	27.6	160.9	62.8	141.9
Junio	190.5	28.1	160.3	178.8	145.4
Julio	161.5	27.5	162.3	156	149.9
Agosto	181.1	27.5	157.1	168.6	140.7
Septiembre	269.4	26.8	141.8	278.1	108
Octubre	152.4	24.9	133	155.2	106.4
Noviembre	79.1	22.1	116.5	74.6	94.5
Diciembre	47.8	19.5	112.1	45.5	75.6
Anual	1305.1	24.2	1637.8	1265	1335.5

III.5 Balance Hidrológico.

Con toda la información procesada se realiza de manera mensual y anual el balance hidrológico medio de la laguna.

La ecuación de dicho balance se puede plantear para un mes cualquiera como:

ESTUDIO DE LAS OBRAS DE PROTECCIÓN A LAS BOCAS DE TAMPACHICHE Y CORAZONES DE LA LAGUNA DE TAMIHUA, VERACRUZ

$$V_i = V_{i-1} + V_e + V_n + MA + MB \quad (3.27)$$

donde V_i - Volumen de la laguna al final del mes i en estudio.

V_{i-1} - Volumen de la laguna al inicio del mes i

V_e - Volumen de escurrimiento de la cuenca

V_n - Volumen de precipitación neta

MA- Volumen por marea alta (flujo)

MB- Volumen por marea baja (reflujo)

En relación con la precipitación neta ésta se calcula para la laguna como la diferencia entre la precipitación y la evaporación, mientras que para la parte continental se obtiene restando la precipitación y la evapotranspiración, en éste último caso si el resultado es negativo la precipitación neta se considera cero; finalmente el volumen correspondiente a este aspecto resulta de multiplicar la precipitación neta por el área respectiva.

Sobre el volumen por marea alta o baja tenemos que se determina como:

$$M = V A D \quad (3.28)$$

siendo M - Volumen por marea (m^3)

V - Velocidad media del flujo (m/s)

A - Area hidráulica de la boca (m^2)

D - Duración de la marea (s)

Además, de acuerdo con la figura 3.4 se tiene que:

$$\Delta h = Z - E \quad (3.29)$$

en donde Δh - Desnivel (m)

Z - Nivel de marea relacionada al nmm (m)

E - Elevación de la laguna referida al nmm (m)

Si se aplica ahora el teorema de Bernoulli entre una sección en el mar y otra en la laguna obtenemos que:

$$\Delta h = \frac{V^2}{2g} + hm + hf \quad (3.30)$$

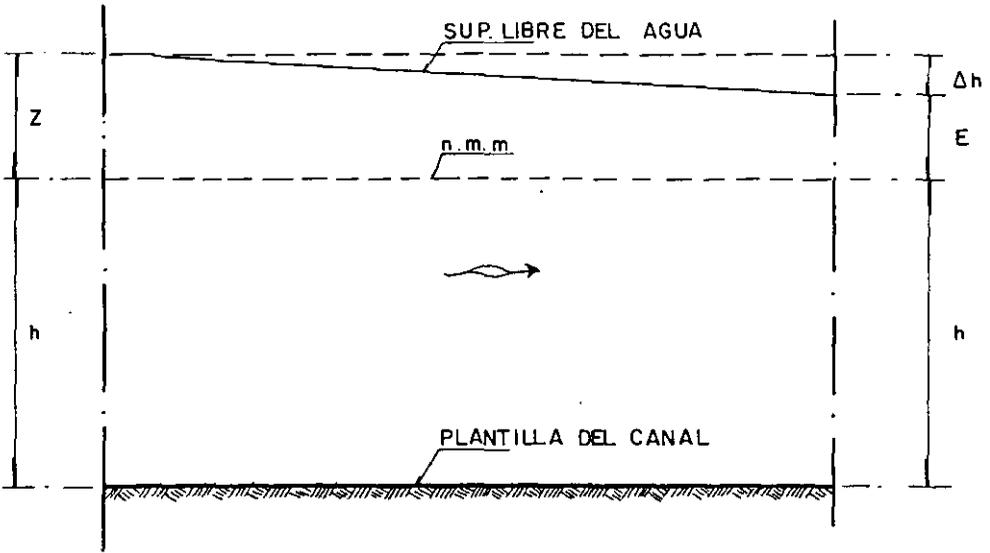


FIGURA 3.4 INTERACCION HIDRAULICA SISTEMA LAGUNA - MAR
A TRAVES DEL CANAL DE COMUNICACION

ESTUDIO DE LAS OBRAS DE PROTECCIÓN A LAS BOCAS DE TAMPACHICHE Y CORAZONES DE LA LAGUNA DE TAMIAHUA, VERACRUZ

$$hm = K_e \frac{V^2}{2g} \quad (3.31)$$

$$hf = \left(\frac{nV}{R^{2/3}} \right)^2 L \quad (3.32)$$

donde hm- Pérdidas menores de carga

g-aceleración de gravedad

Ke- Coeficiente de pérdida por entrada

hf- Pérdidas de carga por fricción

n- Coeficiente de rugosidad de Manning

L- Longitud de la boca

R- Radio hidráulico de la sección media de la boca, en forma aproximada se calcula como

$$R = h + \frac{Z + E}{2} \quad (3.33)$$

Al considerar las ecuaciones 3.31 y 3.32, la ecuación 3.30 se transforma en:

$$\Delta h = K \frac{V^2}{2g} + \left(\frac{nV}{R^{2/3}} \right)^2 L \quad (3.34)$$

Con lo cual la velocidad media del flujo se puede calcular con la siguiente expresión:

$$V = \left[\frac{\Delta h}{\frac{K}{2g} + \left(\frac{n}{R^{2/3}} \right)^2 L} \right]^{1/2} \quad (3.35)$$

Como información adicional es necesario conocer las características geométricas del canal y la curva elevaciones – capacidades.

En nuestro caso el área de suelo es de 2,691.3 km² y de la laguna de 784 km²; las características geométricas son para Tampachiche (canal 1) ancho 90 m, profundidad 2.70 m, talud 3:1 y longitud 300 m, y las de Corazones (canal 2) ancho 90 m, profundidad 3.0 m, talud

**ESTUDIO DE LAS OBRAS DE PROTECCIÓN A LAS BOCAS DE TAMPACHICHE Y
CORAZONES DE LA LAGUNA DE TAMIAHUA, VERACRUZ**

3:1 y longitud 1500 m. Los datos de la curva mencionada se muestran en la tabla 3.19 y por último, la tabla 3.20 presenta los resultados del balance hidrológico.

TABLA 3.19
CURVA ELEVACIONES - CAPACIDADES

E(m)	C(Nm³)
-3.5	35.83
-3.0	125.97
-2.5	255.47
-2.0	454.43
-1.0	1046.82
0.0	1783.66
1.0	2550.00

**ESTUDIO DE LAS OBRAS DE PROTECCIÓN A LAS BOCAS DE TAMPACHICHE Y
CORAZONES DE LA LAGUNA DE TAMIAHUA, VERACRUZ**

TABLA 3.20

**BALANCE HIDROLÓGICO
LAGUNA DE TAMIAHUA, VER.**

MES	CANAL	E	VN	MAREA ALTA				MAREA BAJA			
				H	Z	YM	QL	H	Z	YM	QL
ENE	1	-0.053	1744.91	-0.16	0.12	2.74	306.37	0.25	-0.29	2.53	-340.03
	2			-0.18	0.14	3.05	240.54	0.26	-0.30	2.83	-253.46
FEB	1	-0.072	1730.54	-0.16	0.10	2.72	302.89	0.21	-0.27	2.53	-311.75
	2			-0.15	0.09	3.01	215.57	0.23	-0.29	2.82	-237.87
MAR	1	-0.048	1748.24	-0.18	0.12	2.73	319.12	0.19	-0.25	2.55	-301.69
	2			-0.16	0.10	3.02	220.39	0.21	-0.27	2.84	-231.09
ABR	1	-0.059	1740.34	-0.18	0.13	2.74	321.60	0.20	-0.25	2.55	-309.33
	2			-0.16	0.11	3.03	222.25	0.21	-0.26	2.85	-231.71
MAY	1	-0.071	1731.15	-0.20	0.14	2.74	340.86	0.20	-0.26	2.54	-305.73
	2			-0.18	0.12	3.03	237.19	0.23	-0.29	2.82	-238.40
JUN	1	-0.034	1758.92	-0.18	0.14	2.75	326.77	0.28	-0.32	2.52	-356.72
	2			-0.17	0.13	3.04	233.66	0.32	-0.36	2.80	-276.43
JUL	1	-0.028	1762.95	-0.18	0.15	2.76	328.86	0.27	-0.30	2.53	-352.58
	2			-0.17	0.14	3.05	235.24	0.29	-0.32	2.82	-266.41
AGO	1	0.093	1854.58	-0.10	0.18	2.83	247.69	0.28	-0.20	2.64	-384.65
	2			-0.12	0.20	3.14	202.05	0.29	-0.21	2.94	-286.89
SEP	1	0.245	1971.64	0.00	0.24	2.94	56.27	0.36	-0.12	2.76	-457.14
	2			-0.03	0.27	3.25	115.85	0.37	-0.13	3.05	-340.96
OCT	1	0.215	1948.76	-0.04	0.27	2.95	177.16	0.34	-0.11	2.76	-443.96
	2			-0.07	0.30	3.26	171.17	0.34	-0.11	3.06	-327.41
NOV	1	0.142	1892.65	-0.10	0.25	2.90	256.80	0.36	-0.21	2.67	-441.94
	2			-0.13	0.28	3.22	219.03	0.35	-0.20	2.98	-321.41
DIC	1	0.030	1806.48	-0.15	0.19	2.81	305.41	0.32	-0.28	2.58	-396.31
	2			-0.17	0.21	3.12	242.41	0.33	-0.29	2.87	-294.48
ENE	1	-0.055	1743.50	-0.16	0.12	2.74	308.01	0.25	-0.29	2.53	-338.55
	2			-0.18	0.14	3.05	241.67	0.26	-0.30	2.83	-252.38
FEB	1	-0.072	1730.37	-0.16	0.10	2.72	303.19	0.21	-0.27	2.53	-311.46
	2			-0.15	0.09	3.01	215.79	0.23	-0.29	2.82	-237.66

E	ELEVACIÓN MEDIA MENSUAL DE LA LAGUNA EN M.
VN	VOLUMEN NETO EN LA LAGUNA EN MILLONES DE M3.
H	DESNIVEL MEDIO MENSUAL ENTRE EL MAR Y LA LAGUNA EN M.
Z	NIVEL MEDIO MENSUAL DEL MAR EN M.
YM	TIRANTE MEDIO EN M.
QL	GASTO LIQUIDO EN M3/S.

ESTUDIO DE LAS OBRAS DE PROTECCIÓN A LAS BOCAS DE TAMPACHICHE Y CORAZONES DE LA LAGUNA DE TAMIAHUA, VERACRUZ

IV RÉGIMEN DE COSTAS

IV.1 Material Playero.

A cada una de las muestras obtenidas se les realiza su análisis granulométrico y de densidad con la finalidad de determinar algunos parámetros que permitan clasificar el material y sirvan para cálculos posteriores.

Tales resultados se indican para cada sitio en las tablas 4.1 y 4.2 respectivamente.

ESTUDIO DE LAS OBRAS DE PROTECCIÓN A LAS BOCAS DE TAMPACHICHE Y
CORAZONES DE LA LAGUNA DE TAMIAHUA, VERACRUZ

TABLA 4.1

RESUMEN ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO BARRA DE TAMPACHICHE

Localización Muestra		Clasificación			Diámetro (mm)				Coeficiente		Densidad
PI	Cad.	No.	Nivel	SUCS.	10	30	50	60	Cu	Cc	
1	0+000.00	1	Duna	SP	0.136	0.170	0.205	0.240	1.764	0.885	2.590
		2	Berma	SP	0.170	0.230	0.450	0.590	3.470	0.527	2.570
		3	Estrán	SW	0.200	0.900	1.400	1.730	8.650	2.341	2.590
2	0+819.25	4	-1 m	SW	0.200	1.000	1.660	1.900	9.500	2.631	2.540
		5	Duna	SP	0.170	0.400	0.600	0.720	4.235	1.307	2.600
		6	Berma	SP	0.160	0.250	0.390	0.440	2.750	0.887	2.570
4	1+663.74	7	Estrán	SW	0.180	0.530	0.920	1.140	6.333	1.368	2.630
		8	-1 m	SW	0.210	1.000	1.450	1.700	8.095	2.801	2.580
		9	Duna	SP	0.160	0.200	0.300	0.400	2.500	0.625	2.600
6	2+337.49	10	Berma	SP	0.180	0.310	0.480	0.570	3.166	0.936	2.580
		11	Estrán	SP	0.420	0.470	0.520	0.580	1.380	0.906	2.630
		12	-1 m	SP	0.180	0.900	1.250	1.440	8.000	3.125	2.640
8	3+404.46	13	Duna	SP	0.206	0.840	1.050	1.200	5.825	2.854	2.590
		14	Berma	SP	0.224	0.480	0.730	0.870	3.883	1.182	2.660
		15	Estrán	SP	0.550	0.900	1.020	1.100	2.000	1.338	2.640
10	4+532.44	16	-1 m	SP	0.900	1.080	1.300	1.500	1.666	0.864	2.660
		17	Duna	SP	0.150	0.200	0.230	0.265	1.766	1.006	2.610
		18	Berma	SP	0.205	0.460	0.710	0.870	4.243	1.186	2.600
10	4+532.44	19	Estrán	SP	0.200	0.470	0.600	0.680	3.400	1.624	2.600
		20	-1 m	SP	0.175	0.420	0.980	1.196	6.834	0.842	2.630
		21	Duna	SP	0.160	0.250	0.400	0.470	2.937	0.831	2.580
10	4+532.44	22	Berma	SP	0.200	0.545	0.910	1.050	5.250	1.414	2.640
		23	Estrán	SP	0.191	0.450	0.700	0.830	4.345	1.277	2.640
		24	-1 m	SP	0.540	0.920	1.160	1.380	2.555	1.135	2.650

**ESTUDIO DE LAS OBRAS DE PROTECCIÓN A LAS BOCAS DE TAMPACHICHE Y
CORAZONES DE LA LAGUNA DE TAMIAHUA, VERACRUZ**

TABLA 4.2

RESUMEN ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO BARRA DE CORAZONES

Localización Muestra	Clasificación Diámetro (mm)				Coeficiente		Densidad					
	PI	Cad.	No.	Nivel	SUCS.	10		30	50	60	Cu	Cc
1	0+000.00	1	Duna	SP		0.090	0.120	0.150	0.165	1.833	0.969	2.65
		2	Berma	SP		0.087	0.130	0.150	0.160	1.839	1.214	2.58
		3	Estrán	SP		0.090	0.135	0.160	0.170	1.888	1.191	
		4	-1 m	SP		0.085	0.120	0.150	0.170	2.000	0.996	2.4
5	0+943.56	5	-2 m	SP		0.080	0.120	0.150	0.160	2.000	1.125	2.65
		6	Duna	SP		0.080	0.120	0.150	0.155	1.937	1.161	2.64
		7	Berma	SP		0.100	0.150	0.160	0.170	1.700	1.323	2.5
		8	Estrán	SP		0.086	0.130	0.160	0.170	1.976	1.155	2.46
		9	-1 m	SP		0.086	0.140	0.180	0.207	2.406	1.100	2.52
		10	-2 m	SP		0.080	0.130	0.160	0.180	2.250	1.173	2.66
7	1+765.76	11	Duna	SP		0.080	0.116	0.141	0.150	1.875	1.121	2.68
		12	Berma	SP		0.087	0.110	0.123	0.140	1.609	0.993	2.52
		13	Estrán	SP		0.080	0.110	0.143	0.150	1.875	1.008	2.42
		14	-1 m	SP		0.090	0.120	0.146	0.150	1.666	1.066	2.55
		15	-2 m	SP		0.080	0.110	0.136	0.140	1.750	1.080	2.6
9	2+348.23	16	Duna	SP		0.079	0.100	0.129	0.141	1.784	0.897	2.45
		17	Berma	SP		0.080	0.113	0.141	0.149	1.862	1.071	2.64
		18	Estrán	SP		0.080	0.106	0.138	0.147	1.837	0.955	2.48
		19	-1 m	SP		0.087	0.130	0.156	0.171	1.965	1.135	2.44
		20	-2 m	SP		0.074	0.113	0.145	0.152	2.054	1.135	2.64
11	3+814.27	21	Duna	SP		0.080	0.107	0.135	0.144	1.800	0.993	2.49
		22	Berma	SP		0.081	0.113	0.145	0.159	1.962	0.991	2.69
		23	Estrán	SP		0.078	0.112	0.144	0.149	1.910	1.079	2.56
		24	-1 m	SP		0.080	0.116	0.143	0.150	1.875	1.121	2.68
		25	-2 m	SP		0.082	0.117	0.146	0.151	1.841	1.105	2.64
12	4+640.27	26	Duna	SP		0.080	0.102	0.133	0.145	1.812	0.896	2.33
		27	Berma	SP		0.080	0.116	0.143	0.149	1.862	1.128	2.54
		28	Estrán	SP		0.084	0.122	0.151	0.165	1.964	1.073	2.37
		29	-1 m	SP		0.090	0.142	0.161	0.174	1.933	1.287	2.31
		30	-2 m	SP		0.082	0.123	0.147	0.158	1.926	1.167	2.73

IV.2 Transporte litoral.

Para cuantificar el transporte litoral por el oleaje se pueden emplear los criterios o fórmulas siguientes:

**ESTUDIO DE LAS OBRAS DE PROTECCIÓN A LAS BOCAS DE TAMPACHICHE Y
CORAZONES DE LA LAGUNA DE TAMIAHUA, VERACRUZ**

$$\text{Larras} \quad Q_s = 1.56023 \frac{H_r^2 T^3}{H_o D^{1/2}} \operatorname{sen} \left(\frac{7}{4} \alpha \right) \quad (4.1)$$

$$\text{Pychkine} \quad Q_s = 0.507 \frac{H_r^2 T^2}{\left(\frac{D}{1000} \right)^{1/2}} \operatorname{sen} 2\alpha \quad (4.2)$$

$$\text{CERC} \quad Q_s = 3456 H_o^3 T K^2 \operatorname{sen} \alpha \cos \alpha \quad (4.3)$$

$$\text{Springall} \quad Q_s = 1.1 \times 10^6 \left(\frac{D}{1000} \right) H_r^{7/4} \left(\frac{\operatorname{sen} 2\alpha}{mT} \right)^{1/2} \quad (4.4)$$

en donde Q_s - Gasto sólido ($m^3/\text{día}$)

H_o - Altura de la ola en aguas profundas (m)

H_r - Altura de la ola en aguas bajas (m)

T - Período de la ola (s)

D (D_{50})- Diámetro del material (mm)

α - Ángulo de incidencia del oleaje ($^\circ$)

K - Coeficiente de refracción

m - Pendiente media de la playa

Estos volúmenes se obtienen en forma estacional y anual para cada criterio y dirección analizada, en las tablas 4.3 y 4.4 se muestran los resultados para cada lugar.

TABLA 4.3

**VOLUMEN DE TRANSPORTE LITORAL EN M^3 EN EL FRENTE
PLAYERO DE LA BARRA DE TAMPACHICHE, VER.**

DIRECCION	PRIMAVERA	VERANO	OTOÑO	INVIERNO	ANUAL
CRITERIO DE LARRAS					
Norte	6468.16	5404.45	30405.4	18989.4	61267.5
Noreste	2690.31	4040	4619.91	3969.04	15319.2
Este	13475.64	10245.1	8631.64	10607.4	42959.8
Sureste	15316.56	5871.33	14620.3	19860.2	55668.8
				Balance	-22041.89

**ESTUDIO DE LAS OBRAS DE PROTECCIÓN A LAS BOCAS DE TAMPACHICHE Y
CORAZONES DE LA LAGUNA DE TAMIAHUA, VERACRUZ**

CRITERIO DE PYCHKINE

Norte	13270.85	9716.98	81425.7	46454.8	150898.3
Noreste	7168.95	8464.41	12653.9	10663.6	38950.9
Este	29275.54	21124.5	23555.0	29383.5	103338.7
Sureste	26709.25	12672.2	37848.9	47519.5	124749.9
				Balance	-38239.37

CRITERIO DE CERC

Norte	124853.3	86732.4	640244.4	396918.8	1248748.9
Noreste	99559.92	93777.7	117313.6	107894.4	418545.7
Este	311104.8	244439.8	217983.5	303129.5	1076657.8
Sureste	174364.25	109179.6	272759.9	380355.2	936659.1
				Balance	-346022.1

CRITERIO DE SPRINGALL

Norte	27741.34	19916.0	100641.3	70647.8	218946.6
Noreste	30616.02	28733.6	29574.6	26005.5	114929.8
Este	75502.68	67770.0	43571.2	57360.4	244204.4
Sureste	23950.14	14809.5	30201.1	48866.8	117827.6
				Balance	-28155.61

Norte y Noreste (+)
Este y Sureste (-)

TABLA 4.4

**VOLUMEN DE TRANSPORTE LITORAL EN M³ EN EL FRENTE
PLAYERO DE LA BARRA DE CORAZONES, VER.**

DIRECCIÓN	PRIMAVERA	VERANO	OTOÑO	INVIERNO	ANUAL
		CRITERIO	DE LARRAS		
Noreste	21222.76	26841.70	61219.40	45005.22	154289.08
Este	40495.64	31410.88	28294.17	29722.56	129873.25
Sureste	34989.84	17053.81	28224.52	40767.96	121036.13
				Balance	163126.20

**ESTUDIO DE LAS OBRAS DE PROTECCIÓN A LAS BOCAS DE TAMPACHICHE Y
CORAZONES DE LA LAGUNA DE TAMIAHUA, VERACRUZ**

CRITERIO DE PYCHKINE

Noreste	49478.18	51809.19	163841.20	113346.51	378475.08
Este	82197.27	65310.04	75150.97	78252.48	300910.76
Sureste	73811.82	40160.32	77088.71	106341.30	297402.15
				Balance	381983.69

CRITERIO DE CERC

Noreste	251098.64	220153.23	591105.67	446384.72	1508742.26
Este	337809.93	296147.20	267616.51	312367.61	1213941.25
Sureste	306746.71	186088.98	273535.39	434626.42	1200997.56
				Balance	1521685.95

CRITERIO DE SPRINGALL

Noreste	17500.73	15066.61	29279.46	23148.17	84994.97
Este	23546.07	22547.82	14108.34	17186.96	77389.19
Sureste	24745.69	15419.35	16038.00	29327.66	85530.70
				Balance	76853.46

Noreste y Este (+)

Sureste (-)

V SITUACIÓN ACTUAL

Las vías de comunicación más importantes existentes en la zona se reducen a la carretera federal 180 y al camino de terracería conocido como la brecha de la Huasteca.

La carretera mencionada comunica a las ciudades de Tampico, Tamaulipas y Tuxpan, Veracruz, pero también durante su recorrido toca algunas poblaciones como Tampico Alto, Ozuluama, Naranjos y Cerro Azul; en cuanto a la brecha de la Huasteca se puede decir que enlaza los poblados de Cuauhtémoc y Naranjos siguiendo una trayectoria muy cercana a la orilla de la laguna y uniendo los centros pesqueros de la Rivera, la Laja, Cucharas, Reforma y el Saladero.

Por otra parte, frente a la barra sur de Tampachiche se encuentra localizado el campamento de pescadores llamado las Chacas cuya comunicación es a través de una brecha de terracería con la brecha de la Huasteca, continuando por ésta última hacia el norte se conecta con

**ESTUDIO DE LAS OBRAS DE PROTECCIÓN A LAS BOCAS DE TAMPACHICHE Y
CORAZONES DE LA LAGUNA DE TAMIAHUA, VERACRUZ**

CRITERIO DE PYCHKINE

Noreste	49478.18	51809.19	163841.20	113346.51	378475.08
Este	82197.27	65310.04	75150.97	78252.48	300910.76
Sureste	73811.82	40160.32	77088.71	106341.30	297402.15
				Balance	381983.69

CRITERIO DE CERC

Noreste	251098.64	220153.23	591105.67	446384.72	1508742.26
Este	337809.93	296147.20	267616.51	312367.61	1213941.25
Sureste	306746.71	186088.98	273535.39	434626.42	1200997.56
				Balance	1521685.95

CRITERIO DE SPRINGALL

Noreste	17500.73	15066.61	29279.46	23148.17	84994.97
Este	23546.07	22547.82	14108.34	17186.96	77389.19
Sureste	24745.69	15419.35	16038.00	29327.66	85530.70
				Balance	76853.46

Noreste y Este (+)

Sureste (-)

V SITUACIÓN ACTUAL

Las vías de comunicación más importantes existentes en la zona se reducen a la carretera federal 180 y al camino de terracería conocido como la brecha de la Huasteca.

La carretera mencionada comunica a las ciudades de Tampico, Tamaulipas y Tuxpan, Veracruz, pero también durante su recorrido toca algunas poblaciones como Tampico Alto, Ozuluama, Naranjos y Cerro Azul; en cuanto a la brecha de la Huasteca se puede decir que enlaza los poblados de Cuauhtémoc y Naranjos siguiendo una trayectoria muy cercana a la orilla de la laguna y uniendo los centros pesqueros de la Rivera, la Laja, Cucharas, Reforma y el Saladero.

Por otra parte, frente a la barra sur de Tampachiche se encuentra localizado el campamento de pescadores llamado las Chacas cuya comunicación es a través de una brecha de terracería con la brecha de la Huasteca, continuando por ésta última hacia el norte se conecta con

ESTUDIO DE LAS OBRAS DE PROTECCIÓN A LAS BOCAS DE TAMPACHICHE Y CORAZONES DE LA LAGUNA DE TAMIHUA, VERACRUZ

otra brecha que va hacia el poniente y que se une con la carretera 180 a la altura del kilómetro 76; lo anterior es en relación a la boca de la zona norte de la laguna y con respecto a la boca de la zona sur tenemos que frente a la barra norte de Corazones se ubica el poblado de Tamiahua, el cual se comunica hacia el sur con Tuxpan mediante un camino revestido de 40 km de longitud y hacia el noroeste con Naranjos por un camino de terracería de aproximadamente 31 km en donde se entronca con la carretera federal 180.

En cuanto a obras portuarias se cuenta en Tamiahua con dos muelles o atracaderos de concreto, por un lado el muelle fiscal de 47 m de largo por 3 m de ancho construido sobre pilotes de concreto y otro de 40 m por 8 m. Además en ambas bocas se han construido obras exteriores: en Tampachiche existen dos escolleras a base de bolsacreto que son convergentes hacia el mar, mientras que en Corazones ambas son de material pétreo y paralelas teniendo la escollera norte una longitud aproximada de 460 m y la sur de 390 m.

Sobre el estado de las obras y las condiciones de los lugares se puede mencionar que en boca de Tampachiche las escolleras se encuentran semidestruidas en algunas partes y la boca en ocasiones se cierra, en tanto que en la boca de Corazones las escolleras no presentan daños y solamente se tiene que el canal de navegación se encuentra azolvado.

VI PROYECTO DE LAS OBRAS DE PROTECCIÓN

Las estructuras de protección formadas con elementos sueltos se clasifican en: rompeolas, escolleras y espigones. Las tres obras se diseñan en forma similar aunque su propósito y su tamaño difieren.

Los primeros sirven principalmente para la protección o formación de puertos; las segundas se utilizan para evitar el azolve del canal de navegación en la desembocadura de ríos, impedir la entrada de material a la obra de toma de una planta termoeléctrica o nucleoelectrica y defender de la acción del oleaje la obra de toma y planta de bombeo de esas centrales; y los últimos se usan para proteger playas contra la erosión o mantenerlas cuando su formación es artificial.

La construcción de cualquiera de las tres es generalmente con enrocamiento protegido con elementos artificiales de concreto o rocas de gran tamaño, están asimismo formadas por dos partes: un cuerpo o tronco y un morro.

ESTUDIO DE LAS OBRAS DE PROTECCIÓN A LAS BOCAS DE TAMPACHICHE Y CORAZONES DE LA LAGUNA DE TAMIAHUA, VERACRUZ

otra brecha que va hacia el poniente y que se une con la carretera 180 a la altura del kilómetro 76; lo anterior es en relación a la boca de la zona norte de la laguna y con respecto a la boca de la zona sur tenemos que frente a la barra norte de Corazones se ubica el poblado de Tamiahua, el cual se comunica hacia el sur con Tuxpan mediante un camino revestido de 40 km de longitud y hacia el noroeste con Naranjos por un camino de terracería de aproximadamente 31 km en donde se entronca con la carretera federal 180.

En cuanto a obras portuarias se cuenta en Tamiahua con dos muelles o atracaderos de concreto, por un lado el muelle fiscal de 47 m de largo por 3 m de ancho construido sobre pilotes de concreto y otro de 40 m por 8 m. Además en ambas bocas se han construido obras exteriores: en Tampachiche existen dos escolleras a base de bolsacreto que son convergentes hacia el mar, mientras que en Corazones ambas son de material pétreo y paralelas teniendo la escollera norte una longitud aproximada de 460 m y la sur de 390 m.

Sobre el estado de las obras y las condiciones de los lugares se puede mencionar que en boca de Tampachiche las escolleras se encuentran semidestruidas en algunas partes y la boca en ocasiones se cierra, en tanto que en la boca de Corazones las escolleras no presentan daños y solamente se tiene que el canal de navegación se encuentra azolvado.

VI PROYECTO DE LAS OBRAS DE PROTECCIÓN

Las estructuras de protección formadas con elementos sueltos se clasifican en: rompeolas, escolleras y espigones. Las tres obras se diseñan en forma similar aunque su propósito y su tamaño difieren.

Los primeros sirven principalmente para la protección o formación de puertos; las segundas se utilizan para evitar el azolve del canal de navegación en la desembocadura de ríos, impedir la entrada de material a la obra de toma de una planta termoeléctrica o nucleoelectrica y defender de la acción del oleaje la obra de toma y planta de bombeo de esas centrales; y los últimos se usan para proteger playas contra la erosión o mantenerlas cuando su formación es artificial.

La construcción de cualquiera de las tres es generalmente con enrocamiento protegido con elementos artificiales de concreto o rocas de gran tamaño, están asimismo formadas por dos partes: un cuerpo o tronco y un morro.

ESTUDIO DE LAS OBRAS DE PROTECCIÓN A LAS BOCAS DE TAMPACHICHE Y CORAZONES DE LA LAGUNA DE TAMIAHUA, VERACRUZ

El cuerpo se inicia desde el arranque en la costa o playa hasta un poco antes del final de la obra, mientras que el morro lo constituye la zona final y es la parte más expuesta al oleaje; en esta última zona se colocan los elementos más pesados y sus secciones transversales deben ser simétricas teniendo los mismos elementos tanto del lado exterior como del interior.

Los aspectos que comprenden este inciso son: ubicación en planta y longitud de las estructuras, dimensionamiento de las mismas y pesos de los elementos que las forman.

La coraza es la parte exterior de la estructura constituida por elementos que deben resistir la acción directa del oleaje.

La capa secundaria sirve para soportar los elementos de la coraza y también como filtro para evitar que salgan los elementos de la capa en que se apoya.

El núcleo es de tipo masivo y funciona como soporte y relleno a la estructura.

Por último, el delantal tiene como objetivo proteger la obra contra la socavación al pie de la misma; en muchas ocasiones se construyen utilizando los mismos elementos del núcleo y nunca debe evitarse su construcción ya que da mayor seguridad a la estructura.

VI.1 Diseño

Una manera de calcular la longitud de las escolleras, las cuales serían en forma perpendicular a la playa, es utilizando el criterio de Pelnard cuya expresión es:

$$L = 8.54 \sqrt{\frac{QT}{2h}} \tan \bar{\alpha} \quad (6.1)$$

en donde L- Longitud (m)

Q- Transporte litoral neto (m³/año)

T- Vida útil de la escollera (años)

h- Profundidad de la escollera en el morro (m)

$\bar{\alpha}$ Ángulo de incidencia promedio del oleaje (°)

$$\text{y además } \bar{\alpha} = \frac{\sum \alpha f_i}{\sum f_i} \quad (6.2)$$

ESTUDIO DE LAS OBRAS DE PROTECCIÓN A LAS BOCAS DE TAMPACHICHE Y CORAZONES DE LA LAGUNA DE TAMIAHUA, VERACRUZ

α_i - Angulo de incidencia del oleaje que proviene de la dirección i.

f_i - Frecuencia anual con la cual se presenta el ángulo i.

Para calcular el peso de los elementos que forman la coraza se emplea la fórmula de

Hudson:

$$P_c = \frac{\gamma_s H^3}{K \left[\left(\frac{\gamma_s}{\gamma} \right) - 1 \right]^3 \cot \alpha} \quad (6.3)$$

En cuanto a los pesos de los elementos de la capa secundaria o filtro y del núcleo sus valores están en función del peso de los de la coraza, algunas ecuaciones para su cálculo son:

$$P_f = \frac{P_c}{20} \quad (6.4)$$

$$P_n = \frac{P_c}{2000} \text{ a } \frac{P_c}{200} \quad (6.5)$$

donde P_c - Peso de los elementos de la coraza (Ton)

P_f - Peso de los elementos del filtro (Ton)

P_n - Peso de los elementos del núcleo (Ton)

H- Altura de la ola de diseño (m)

γ_s - Peso específico del elemento (Ton/m³)

γ Peso específico del agua (Ton/m³)

K- Coeficiente que depende del tipo de elementos y otras características

α - Ángulo que forma el talud de la estructura con la horizontal (°)

Además de lo anterior también es necesario conocer el espesor de la coraza y del filtro, los cuales se determinan con la ecuación siguiente:

$$E = nK' \left(\frac{P}{\gamma_s} \right) \quad (6.6)$$

en donde E- Espesor (m)

n- Número de capas que forman cada componente

K' Coeficiente de capa que depende del material

P- Peso del elemento (Ton)

γ_s - Peso específico (Ton/m³)

**ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA**

ESTUDIO DE LAS OBRAS DE PROTECCIÓN A LAS BOCAS DE TAMPACHICHE Y CORAZONES DE LA LAGUNA DE TAMIAHUA, VERACRUZ

Con respecto al tipo de elementos prefabricados de concreto que se pueden seleccionar para que constituyan la coraza, entre los más utilizados, se tienen: cubos, tetrápodos, dolos y cubos modificados.

Como complemento se debe utilizar la información de los canales de navegación para realizar la ubicación en planta de las escolleras en cada sitio.

En nuestro caso se ha pensado construir escolleras nuevas en Tampachiche y en Corazones prolongar las actuales, asimismo para ambos sitios se escogieron como elementos de la coraza los cubos de concreto.

Para calcular la longitud de las escolleras en Tampachiche se consideró $T = 5$ años, $Q = 22\ 042\ \text{m}^3/\text{año}$ (criterio de Larras) y $\alpha = 23.69^\circ$; por otra parte, los valores de algunos parámetros necesarios para el diseño de las escolleras fueron:

γ_s Roca $2.7\ \text{Ton}/\text{m}^3$, cubo $2.2\ \text{Ton}/\text{m}^3$

γ $1.025\ \text{Ton}/\text{m}^3$

K Cubo: morro 4.0 y cuerpo 6.8

Talud $2:1$

n 2

K' Roca 1.02 , cubo 1.1

p Roca 0.38 , cubos 0.47

Las características geométricas de las escolleras se calculan para las secciones extremas del morro y el cuerpo, por ello se muestran en la tabla 6.1 las profundidades y su respectiva altura de ola para cada escollera de ambos lugares, mientras que en la tabla 6.2 se presentan para cada sitio las cotas del núcleo, filtro y coraza de las escolleras.

**ESTUDIO DE LAS OBRAS DE PROTECCIÓN A LAS BOCAS DE TAMPACHICHE Y
CORAZONES DE LA LAGUNA DE TAMIAHUA, VERACRUZ**

TABLA 6.1

PROFUNDIDADES Y OLA DE DISEÑO (m)

Tampachiche

Corazones

ESCOLLERA	Norte		Sur		Norte		Sur	
	D	H	d	H	d	H	d	H
Morro	3.50	3.27	3.50	3.27	3.50	3.32	3.00	2.93
Cuerpo	2.80	2.73	3.30	3.12	3.05	2.96	2.75	2.73

TABLA 6.2

ELEVACIONES DE LAS PARTES DE LA ESCOLLERA (m)

Tampachiche

Corazones

ESCOLLERA	Norte		Sur		Norte		Sur	
	Morro	Cuerpo	Morro	Cuerpo	Morro	Cuerpo	Morro	Cuerpo
Núcleo	0.54	0.54	0.48	0.48	0.48	0.48	0.55	0.55
Filtro	1.54	1.24	1.48	1.28	1.53	1.28	1.45	1.25
Coraza	4.69	3.44	4.63	3.83	4.73	4.00	4.30	3.57

En los planos 6.1 y 6.2 se tienen las características de proyecto y diseño de Tampachiche y Corazones respectivamente.

VI.2 Análisis económico.

Para cuantificar el costo de las obras es necesario conocer los volúmenes de material a emplear para la formación del núcleo, filtro y coraza.

El número de elementos de concreto requeridos para la coraza se obtiene utilizando la siguiente expresión:

ESTUDIO DE LAS OBRAS DE PROTECCIÓN A LAS BOCAS DE TAMPACHICHE Y CORAZONES DE LA LAGUNA DE TAMIAHUA, VERACRUZ

$$N = AK'n(1-p) \left(\frac{\gamma_s}{P} \right)^{2/3} \quad (6.7)$$

siendo N- Número de elementos

A- Área longitudinal de la escollera (m²)

n- Número de elementos que forman la capa

p- Porosidad que depende del tipo de elemento (%)

Mientras que el volumen de núcleo y filtro se calcula con la ecuación:

$$V = A'L(1-p) \quad (6.8)$$

donde A'- Área de la sección transversal correspondiente (m²)

L- Longitud de la escollera (m)

Para poder aplicar la ecuación del volumen se toman secciones medias a lo largo de las escolleras basándose en la pendiente del fondo; además, como el núcleo y filtro es a base de enrocamiento se debe seleccionar el banco de explotación para su obtención.

Con respecto a los cubos se necesita escoger el tipo de concreto con el que se construirán, en nuestro caso se consideró un concreto de $f_c' = 200 \text{ kg/cm}^2$ de resistencia cuyo proporcionamiento es:

arena	0.508 m ³ /m ³
grava	0.702 m ³ /m ³
agua	280 lt/m ³
cemento	403 Kg/m ³

Los conceptos manejados para el cálculo del costo fueron: suministro y colocación de piedra, acarreo en kms subsecuentes, explotación de dunas de arena, explotación y acarreo de grava, acarreo de agua, suministro y flete de cemento simple, fabricación, carga, acarreo, descarga y colocación de elementos de concreto.

Las cantidades de material obtenidas para cada sitio se presentan en la tabla 6.3.

**ESTUDIO DE LAS OBRAS DE PROTECCIÓN A LAS BOCAS DE TAMPACHICHE Y
CORAZONES DE LA LAGUNA DE TAMIHUA, VERACRUZ**

TABLA 6.3

CANTIDADES DE MATERIAL

Concepto Tampachiche Corazones

Piedra para nucleo (Ton)	34410	27940
Piedra para filtro (Ton)	12950	10840
Concreto (m3)	19360	16210
Arena (m3)	9835	8235
Grava (m3)	13590	11380
Agua (m3)	5420	4540
Cemento (Ton)	7805	6535
Cubos (piezas)	12870	11480

El costo aproximado de las obras en función de los datos anteriores para el año 2000 es de \$70 millones para Tampachiche y \$ 62 millones para Corazones.

ESTUDIO DE LAS OBRAS DE PROTECCIÓN A LAS BOCAS DE TAMPACHICHE Y CORAZONES DE LA LAGUNA DE TAMIAHUA, VERACRUZ

VII CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

VII.1 Conclusiones.

A través de este proyecto de Ingeniería Civil se comprueba que las diferentes áreas de ésta, como son hidráulica, marítima, topografía, construcción, etc., se interrelacionan y en mayor o menor grado colaboran en la solución del problema.

Para lograr el objetivo del estudio es necesario realizar los trabajos descritos en los diferentes capítulos y en general seguir el orden mencionado; aunque algunos incisos también se pueden efectuar antes o en forma simultánea.

La información recabada de las cartas topográficas, estaciones mareográficas, estaciones climatológicas y lo relativo a geología fue suficiente porque comprendió toda la laguna y una extensa zona adyacente a ella.

Los valores de las características del oleaje ciclónico son casi similares en las dos bocas, debiéndose la poca diferencia al valor de la latitud de cada una.

Sobre la marea astronómica podemos ver que los valores para Tampachiche y Corazones corresponden casi a los de Tampico y Tuxpan respectivamente.

El área de la Laguna de Tamiahua representa el 22.56% del total de la cuenca, mientras que la mayor área de ésta corresponde a la zona continental.

Para los parámetros hidrológicos de la parte continental, la estación de Ixcatepec, Veracruz es la que tiene una mayor área de influencia, sucediendo lo mismo para la precipitación de la parte lagunaria; y solamente para la evaporación en la laguna esto corresponde a la estación de Alamo, Veracruz.

En cuanto al balance hidrológico medio de la laguna se obtuvo una diferencia entre el mayor y el menor nivel de ésta de 0.35 m.

La dirección del transporte litoral en el primer sitio dió de sur a norte y en el otro de norte a sur de la playa.

ESTUDIO DE LAS OBRAS DE PROTECCIÓN A LAS BOCAS DE TAMPACHICHE Y CORAZONES DE LA LAGUNA DE TAMIAHUA, VERACRUZ

La solución planteada para la boca de Tampachiche consistió en la construcción de escolleras nuevas convergentes hacia el mar con la finalidad de mantener abierta la boca, mientras que para la boca de Corazones se pensó en la prolongación de las actuales para mantener la profundidad del canal de comunicación.

VII.2 Recomendaciones.

Efectuar campañas periódicas de batimetría tanto en la costa como en la laguna para observar los cambios en la configuración y poder determinar de una mejor manera el transporte litoral que se presenta en cada sitio.

Llevar también a cabo una medición permanente de las mareas, el nivel del agua en la laguna y del material playero; así como mediciones de la temperatura y salinidad del agua de la laguna y del mar.

Pensar en la construcción de otro tipo de instalaciones portuarias y mejorar los caminos existentes en la zona para ayudar a su desarrollo.

Rediseñar en Tampachiche escolleras más pequeñas en longitud y tamaño de sus elementos que también permitan mantener abierta la boca.

En Corazones se necesita primeramente dragar el canal de comunicación y después de un cierto período de tiempo verificar las condiciones del mismo, para posteriormente determinar si se deben o no ampliar las escolleras.

Seleccionar un mismo tamaño de los cubos de concreto para ambas escolleras y de ésta forma facilitar su construcción.

Determinar las condiciones necesarias que se deben tener para el desarrollo de las especies marinas.

Analizar la posibilidad de abrir otra comunicación entre la laguna y el mar en otro sitio.

Mantener en observación las condiciones y características de todas las lagunas litorales del país que permitan conocer su funcionamiento, así como el de la infraestructura con que cuentan.

Realizar un estudio socioeconómico de las comunidades pesqueras que existen en la laguna de Tamiahua para impulsar y mejorar sus condiciones de vida.

ESTUDIO DE LAS OBRAS DE PROTECCIÓN A LAS BOCAS DE TAMPACHICHE Y CORAZONES DE LA LAGUNA DE TAMIAHUA, VERACRUZ

En este estudio se consideraron básicamente los trabajos de Ingeniería, siendo conveniente complementarlo con estudios de otras ciencias.

En lo que corresponde al aspecto ecológico y dada la creciente importancia que ha venido adquiriendo en la actualidad, sería conveniente realizar el Estudio de Impacto Ambiental conforme lo estipulado por el Reglamento vigente en esta materia en México; las obras proyectadas en este estudio aparecen mencionadas en el siguiente artículo: 5, inciso A) Hidráulicas, del mismo modo, se tomarán en cuenta los lineamientos de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente del 28 de enero de 1988, así como del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental del 30 de mayo del 2000.

ESTUDIO DE LAS OBRAS DE PROTECCIÓN A LAS BOCAS DE TAMPACHICHE Y CORAZONES DE LA LAGUNA DE TAMIAHUA, VERACRUZ

BIBLIOGRAFÍA

Estudios Físicos para el Complejo Lagunario del Estado de Veracruz, SCT. Subsecretaría de Infraestructura, Dirección General de Obras Marítimas, Dirección de Estudios y Proyectos, Consultores S.A. Mayo de 1987.

Hidráulica General Volumen I Fundamentos, Gilberto Sotelo Ávila, Editorial Limusa, México 1980.

Fundamentos de Hidrología de Superficie, Francisco J. Aparicio Mijares, Noriega Editores, Editorial Limusa, 1ª Edición 1989.

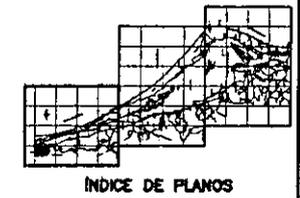
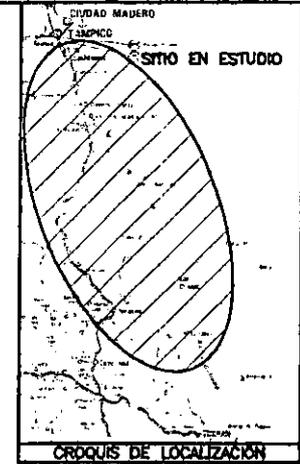
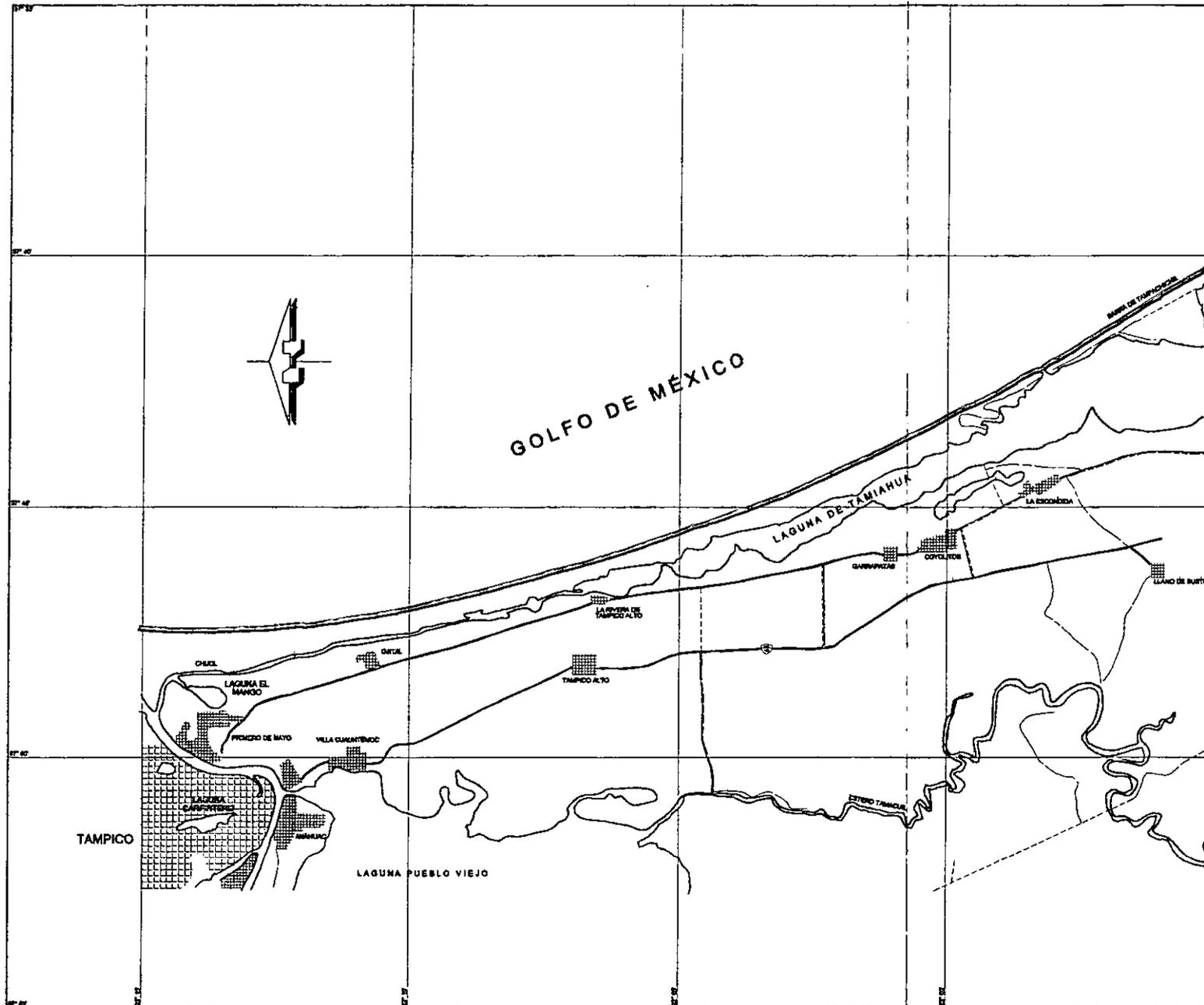
“ Estudio y Análisis Estadístico del Oleaje Generado por Huracanes en el SW del Golfo de México”, Rolando Springall, Tesis Doctoral, Publicación del Instituto de Ingeniería, UNAM (361), Dic. 1975.

Costos de Construcción Pesada, Volumen 2 Número 39, Julio del 2000, Ing. Leopoldo Varela Alonso, Bimsa (Construction Market Data Group).

Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental; Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. Diario Oficial, martes 30 de mayo de 2000.

**ESTUDIO DE LAS OBRAS DE PROTECCIÓN A LAS BOCAS DE TAMPACHICHE Y
CORAZONES DE LA LAGUNA DE TAMIAHUA, VERACRUZ**

ANEXO



SIMBOLOGÍA

POBLADO	
CARRETERA	
IRRIGACION	
SECCION	
VEREDA	
FERROCARRIL	
NO O ABERTO	
GRUPO DE AGUA	

NOTAS:

- * EL NORTE VERDADERO ES EL ASTRONÓMICO.
- * LOS DATOS USADOS PARA LA ELABORACION DE ESTE PLANO SE TOMARON DE LAS CARTAS TOPOGRÁFICAS NACIONALES 1:25 000, HOJAS 7488A, 7489A Y 7490A.

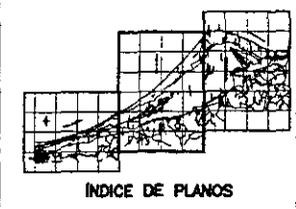
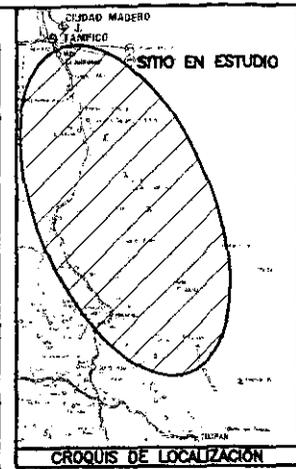
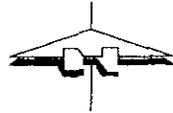
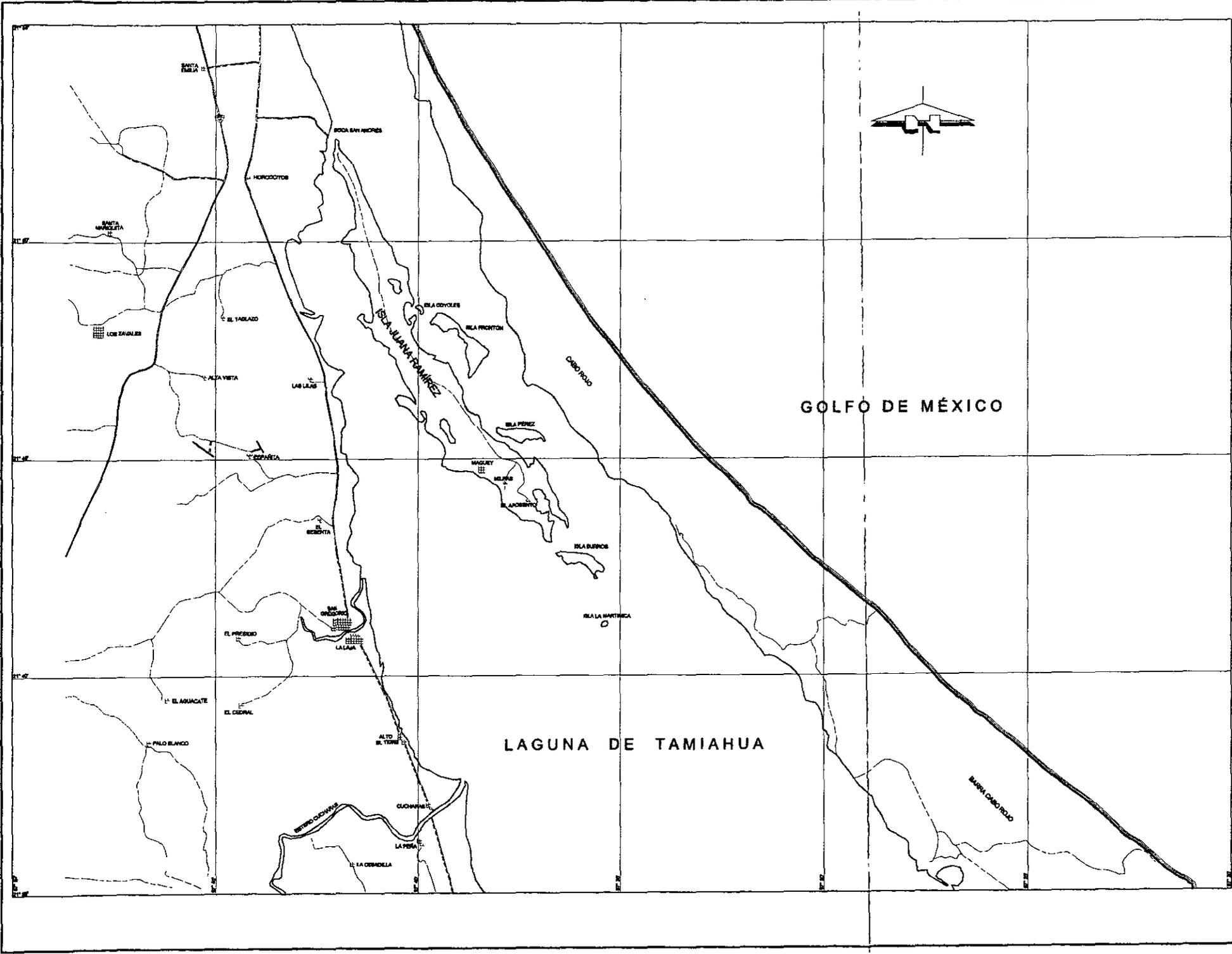
ESCALA = 50 000

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE INGENIERÍA

INSTITUTO DE LAS CIENCIAS DE PROTECCIÓN A LAS BOCAS
DE TAMPAQUIQUES Y CONCIERNE DE LA LAGUNA DE TAMIAHUA, VER.

**LAGUNA DE TAMIAHUA
BOCA DE TAMPACHICUA**

PLANO 1.1



SIMBOLOGÍA

POBLADO	▬▬▬▬▬▬▬▬▬▬▬▬
CARRETERA	▬▬▬▬▬▬▬▬▬▬▬▬
TERMINACIÓN	▬▬▬▬▬▬▬▬▬▬▬▬
BRECHA	▬▬▬▬▬▬▬▬▬▬▬▬
FERROCARRIL	▬▬▬▬▬▬▬▬▬▬▬▬
PISTA DE TIERRA	▬▬▬▬▬▬▬▬▬▬▬▬
VÍO O ARROYO	▬▬▬▬▬▬▬▬▬▬▬▬
CUERPO DE AGUA	▬▬▬▬▬▬▬▬▬▬▬▬

NOTAS:

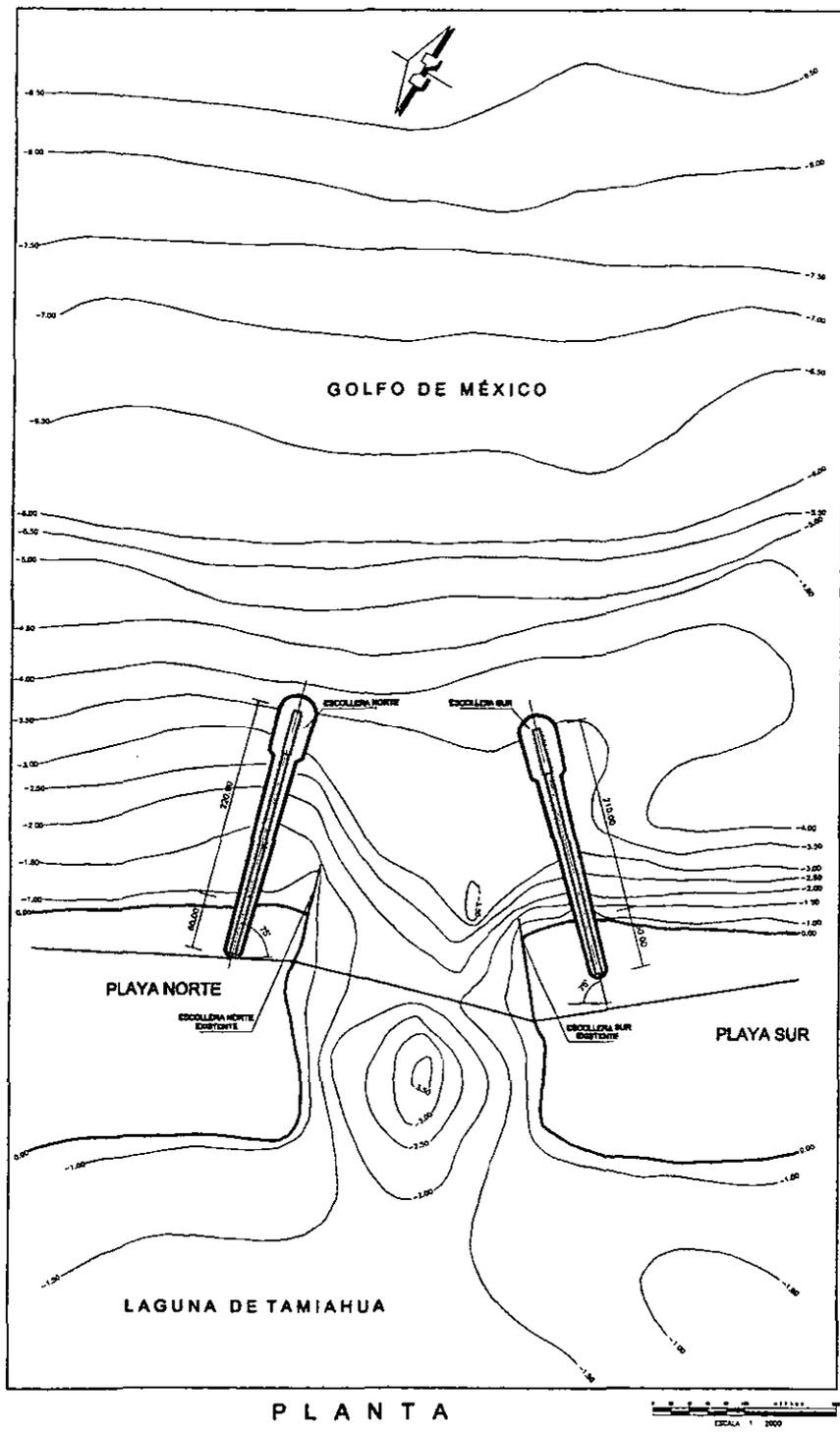
- * EL NORTE MARCADO ES EL ASTRONÓMICO.
- * LOS DATOS USADOS PARA LA ELABORACIÓN DE ESTE PLANO SE TOMARON DE LAS CARTAS TOPOGRÁFICAS INTERNAL 1:50,000, HOJAS F14214, F14224 Y F14225.

ESCALA 1 : 25 000

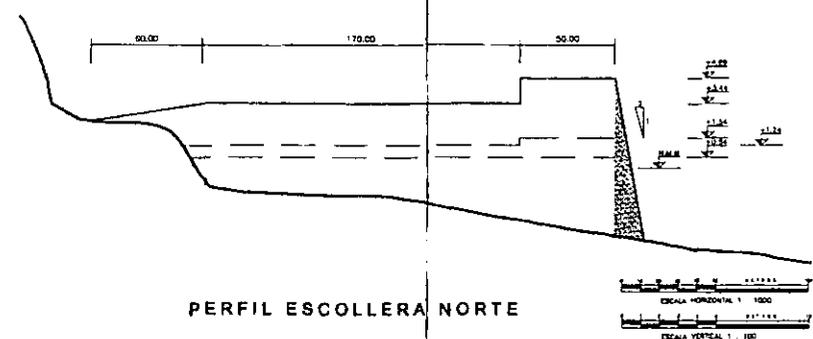
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE INGENIERÍA

SECRETARÍA DE LAS CIENCIAS DE INGENIERÍA Y LAS ARTES
DE INVESTIGACIÓN Y CONOCIMIENTO DE LA LAGUNA DE TAMIAHUA, PUE.
**LAGUNA DE TAMIAHUA
BARRA DE CABO ROJO**

PLANO 1.2



PLANTA



PERFIL ESCOLLERA NORTE



PLANTA ESCOLLERA NORTE



SECCIÓN MORRO ESCOLLERA NORTE



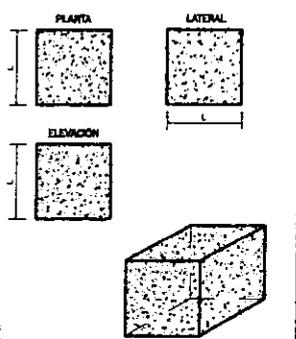
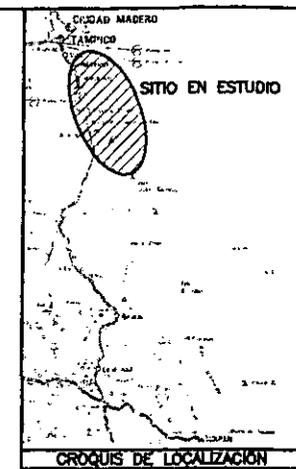
SECCIÓN MORRO ESCOLLERA SUR



SECCIÓN CUERPO ESCOLLERA NORTE



SECCIÓN CUERPO ESCOLLERA SUR



CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LOS CUBOS

CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO

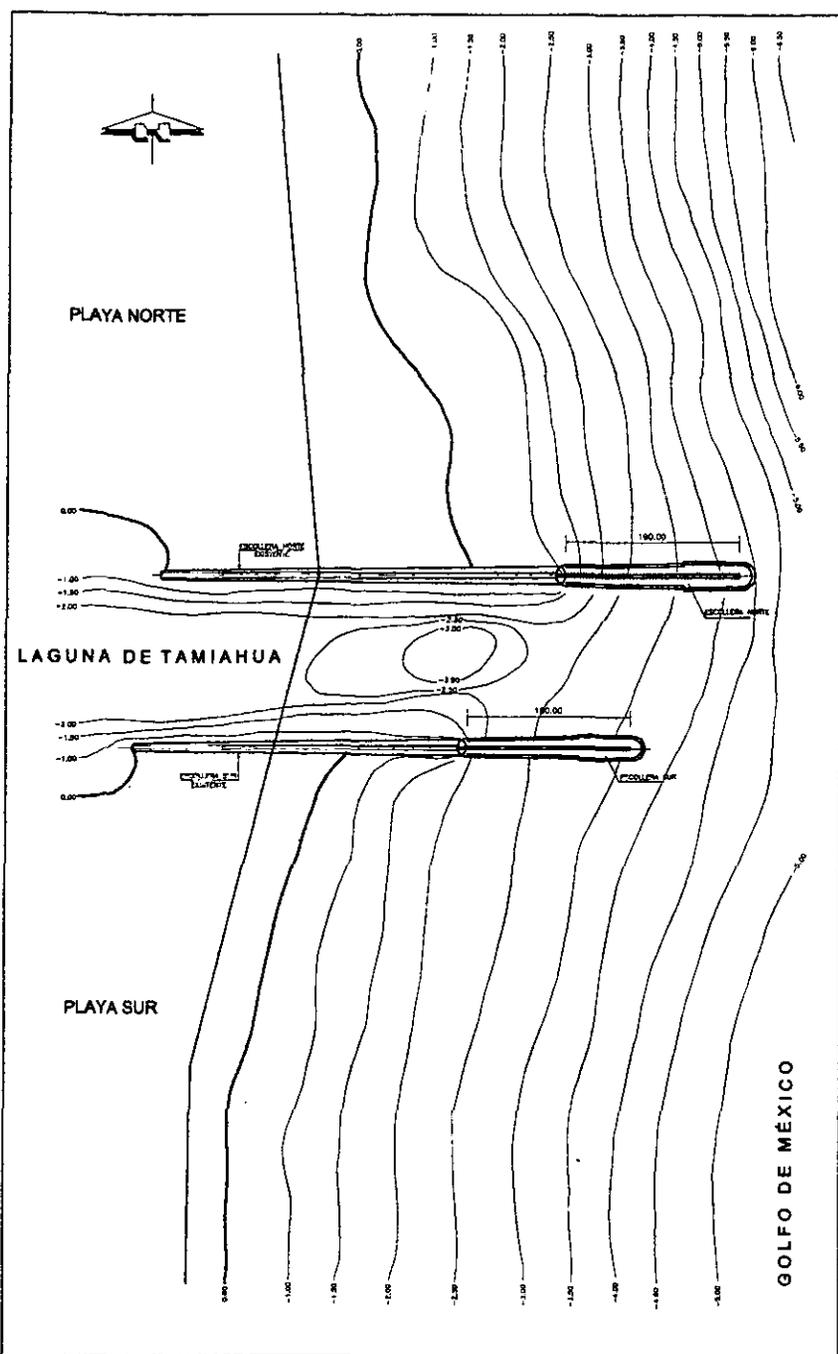
	NORTE	SUR
ESCALA	1:200	1:200
PERÍMETRO (m)	1.800	1.800
VOLUMEN (m³)	1.800	1.420

CARACTERÍSTICAS DE PROYECTO Y CONSTRUCCIÓN DE CUBOS COMO ELEMENTOS DE CORAZA

SECCION	h ₁ (m)	h ₂ (m)	PERÍMETRO (m)	ESPAZOR (cm)	VOLUMEN (m³)	VOLUMEN (m³)	VOLUMEN (m³)
CORAZA	MORRO	3.77	4.90	5.73	2.820	111.0	111.0
	CUERPO	2.75	4.80	2.90	8.891	967.9	967.9
PETRO	MORRO	3.27	4.80	3.20	8.110	740	740
	CUERPO	2.77	4.80	3.20	8.861	1.060	1.060
MOLDE	MORRO	3.27	4.90	3.20	8.612	115.0	115.0
	CUERPO	2.77	4.80	3.20	8.861	421.0	421.0

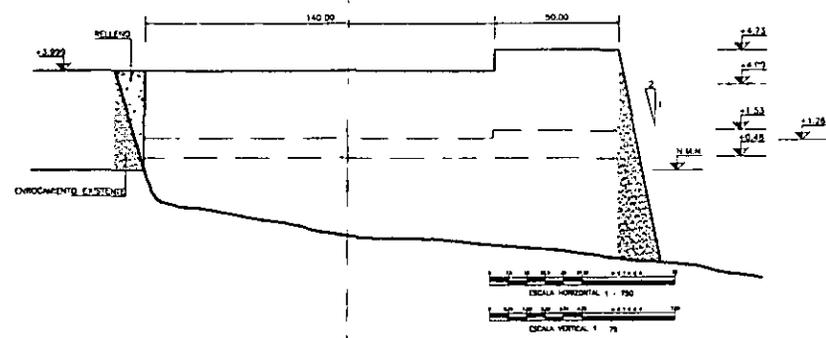
SECCION	h ₁ (m)	h ₂ (m)	PERÍMETRO (m)	ESPAZOR (cm)	VOLUMEN (m³)	VOLUMEN (m³)	VOLUMEN (m³)
CORAZA	MORRO	3.77	4.90	5.73	2.820	110.0	110.0
	CUERPO	2.75	4.80	2.90	8.891	463.0	463.0
PETRO	MORRO	3.27	4.80	3.20	8.110	740	740
	CUERPO	2.77	4.80	3.20	8.861	1.060	1.060
MOLDE	MORRO	3.27	4.90	3.20	8.612	171.0	171.0
	CUERPO	2.77	4.80	3.20	8.861	655.0	655.0

- NOTAS:**
- EL DISEÑO DE LAS OBRAS DE PROTECCIÓN SE REALIZÓ EN BASE A CUBOS PREPARADOS DE CONCRETO SIMPLE RESISTENTE A LAS BOLSAS.
 - PARA EL MOLDE Y PETRO SE CONSIDERÓ LA BQUEANTE $\alpha = 2.7 \text{ cm}^2/\text{m}^2$, BANCOS CORONA MACADAMIZADA.
 - EL PESO MÁXIMO DE LOS ELEMENTOS QUE FORMAN EL MOLDE ESTÁ MEDIDO EN LAS TABLAS CORRESPONDIENTES A CADA ESCALLERA, SONDO SU PESO MÁXIMO DE 1 Y 2 kg RESPECTIVAMENTE. LA DISTRIBUCIÓN DEL MOLDE DE ESTA OBRAS EN VARIAS OBRAS ESTÁ EN OBRAS.
 - PARA LOS ELEMENTOS PREPARADOS (MOLDE) EL TAMAÑO Y PESO ESPECIFICOS ES EL MÍNIMO POSIBLE SIN PERDIDA DE GRANULOS POR ECONOMÍA O FACILIDADES CONSTRUCTIVAS, DESDEO VERIFICAR EL NÚMERO DE ELEMENTOS PARA LAS MUESTRAS CARACTERÍSTICAS DE ESTAS, SEMPRE Y CUANDO MANTENGAN LA PRODUCCIÓN SEGURO.
 - EL TAMAÑO DE CORAZA EN LA OBRAS DEL MOLDE ES DE 3 - POR FACILIDAD DE CONSTRUCCIÓN.

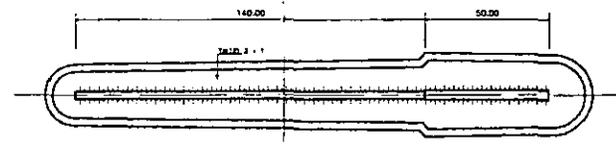


PLANTA

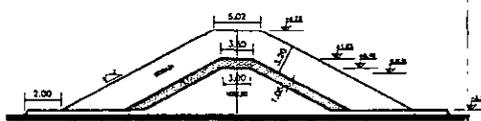
ESCALA 1:2000



PERFIL ESCOLLERA NORTE



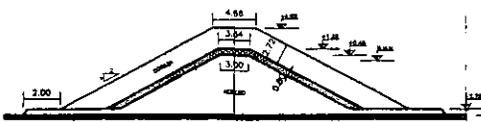
PLANTA ESCOLLERA NORTE



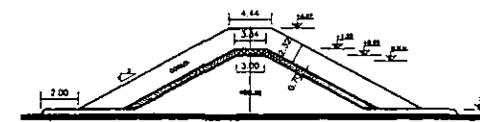
SECCIÓN MORRO ESCOLLERA NORTE



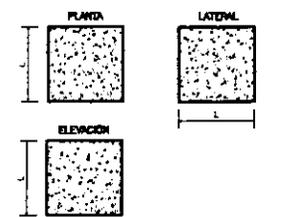
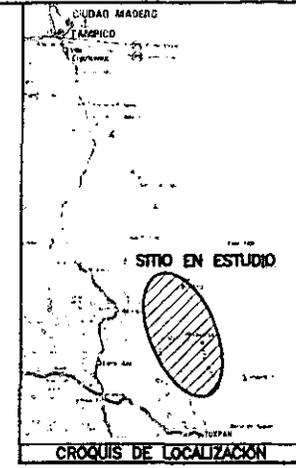
SECCIÓN MORRO ESCOLLERA SUR



SECCIÓN CUERPO ESCOLLERA NORTE



SECCIÓN CUERPO ESCOLLERA SUR



CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LOS CUBOS

CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO

ESCALERA	VOL. (m³)	SUP. (m²)
MORRO (14)	4390	4617
CUERPO (14)	3108	3298
L (14)	1448	1278

- NOTAS:
- EL DISEÑO DE LAS OBRAS DE PROTECCIÓN SE REALIZÓ EN BASE A LOS DATOS PROPORCIONADOS POR CONCRETO SINGULAR ADHESIVO A LAS BARRAS.
 - PARA EL MÓDULO Y FILTRO SE CONSIDERÓ LO SIGUIENTE:
 - MÓDULO: 2.00m
 - FILTRO: 1.00m
 - EL PESO MÁXIMO DE LOS ELEMENTOS QUE FORMAN EL MOLDEO DEBE SER MENOR QUE EL PESO MÁXIMO QUE PUEDE SER SOSTENIDO POR EL FONDO DE LA LAGUNA DE TAMIAHUA. LA COMPRESIÓN DEL MATERIAL DE LA CAPA ES VARIABLE DENTRO DE ESTOS DOS LÍMITES.
 - PARA LOS ELEMENTOS PREFABRICADOS (CUBOS) EL TIPO DE MOLDEO QUE SE UTILIZÓ DEBE SER EL MISMO QUE EL QUE SE UTILIZÓ PARA LOS ELEMENTOS QUE FORMAN EL MOLDEO. SE DEBE VERIFICAR EL NÚMERO DE ELEMENTOS PARA LAS NUEVAS CARACTERÍSTICAS DE ESTAS OBRAS Y CUMPLIR MANTENER LA PROPORCIÓN GEOMÉTRICA.
 - EL PESO DE CORONA EN LA CAPA DEL MOLDEO ES DE 3 m POR CUADRO DE CONSTRUCCIÓN.

CARACTERÍSTICAS DE PROYECTO Y CONSTRUCCIÓN DE CUBOS COMO ELEMENTOS DE CORAZA

SECCION	H (m)	L (m)	PESO (kg)	ESPESOR (cm)	VOLUMEN (m³)	VOLUMEN (m³)
CORONA	MORRO	3.32	4.95	2.25	3.52	1.48
	CUERPO	3.29	4.92	2.22	3.48	1.45
FILTRO	MORRO	3.32	4.95	1.25	3.12	0.87
	CUERPO	3.29	4.92	1.22	3.08	0.84
MOLDEO	MORRO	3.32	4.95	1.1	2.82	0.78
	CUERPO	3.29	4.92	1.07	2.78	0.75

* LA CORONA ES EN N.º DE ELEMENTOS LOS DEMÁS EN M.º

SECCION	H (m)	L (m)	PESO (kg)	ESPESOR (cm)	VOLUMEN (m³)	VOLUMEN (m³)
CORONA	MORRO	3.32	4.95	2.25	3.52	1.48
	CUERPO	3.29	4.92	2.22	3.48	1.45
FILTRO	MORRO	3.32	4.95	1.25	3.12	0.87
	CUERPO	3.29	4.92	1.22	3.08	0.84
MOLDEO	MORRO	3.32	4.95	1.1	2.82	0.78
	CUERPO	3.29	4.92	1.07	2.78	0.75

* LA CORONA ES EN N.º DE ELEMENTOS LOS DEMÁS EN M.º

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE INGENIERÍA

ESTUDIO DE LAS OBRAS DE PROTECCIÓN A LAS BOCAS DE TRÁNSITO Y CORAZONES DE LA LAGUNA DE TAMIAHUA, VER.

OBRAS DE PROTECCIÓN CORAZONES