

4
20je.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
"ARAGON"**

**ESTUDIO TEORICO PARA PROTEGER
CONTRA LA EROSION LAS PLAYAS
DE SAN NICOLAS Y BAHAMITA,
CAMPECHE.**

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

MEXICO,

1994

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

A G R A D E C I M I E N T O S

A TODAS AQUELLAS PERSONAS POR SU APOYO
MORAL E INTELECTUAL QUE CONTRIBUYERON
EN MI FORMACION , ELLOS SABEN QUIENES
SON...

EN ESPECIAL A MI MADRE Y HERMANOS,
MARIA DE JESUS, JOSE LUIS, HORTENCIA Y
ANGELICA.

I N D I C E

Resumen	pag.
1. INTRODUCCION	1
2. PRESENTACION DEL PROBLEMA	3
3. RECOPIACION DE INFORMACION DEL MEDIO FISICO	11
4. ANALISIS Y PROCESAMIENTO DE LA INFORMACION RECOPIADA	13
4.1 Características de los sedimentos	13
4.2 Climatología regional	15
4.3 Geología regional	16
4.4 Vientos	16
4.5 Oleaje	19
4.6 Ciclones	25
5. REFRACCION DE OLAJE.	
5.1 Oleaje ciclónico	27
5.1.1 Método de cálculo	27
5.1.2 Resultados	31
5.2 Sobreelevación por marea de tormenta	34
5.3 Refracción de oleaje	37

5.3.1	Método de cálculo	37
5.3.2	Malla de profundidades	47
5.3.3	Condiciones de Modelación	49
5.3.4	Resultados	50

6. TRANSPORTE LITORAL

6.1	Dirección del movimiento de arena	89
6.2	Cálculo de la cantidad de transporte litoral a lo largo de la costa	92
6.3	Ecuaciones del transporte litoral en la zona de estudio	96
6.4	Cálculo del transporte litoral en la zona de estudio	98

7. DISEÑO DE OBRAS DE PROTECCION CONTRA LA EROSION

7.1	Deformación de la playa y erosión costera	101
7.2	Causas que originan la erosión en las costas	102
7.3	Estructuras de protección contra la erosión	105
7.4	Batería de espigones	107
7.4.1	Forma de las sección transversal	107
7.4.2	Forma en planta	108
7.5	Normas y resumen de conclusiones recomendadas para el proyecto de contramedidas costeras	109
7.5.1	Normas de " Filosofía costera "	109
7.5.2	Condicionantes de los criterios de elección del tipo de defensa	110
7.5.3	Normas técnicas generales	111
7.5.4	Normas técnicas particulares de espigones	112

7.6	Diseño de obras de protección contra la erosión	116
7.6.1	Planteamiento de alternativas	116
7.6.1.1	Protección Marginal a base de una sección transversal trapecial con piedra de todos tamaños	116
7.6.1.2	Protección a base de espigones de sección transversal trapecial que constan de núcleo y coraza con una longitud total de 100 m	118
7.6.1.3	Cálculo de volúmenes de roca	121
7.7	Análisis de alternativas	161
7.7.1	Estimación de costos del anteproyecto de la protección marginal	161
7.7.2	Estimación de costos del anteproyecto a base de espigones	161
7.7.3	Selección de la alternativa de protección	161
8.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	163

Referencias

CAPITULO I

1. INTRODUCCION

En el año de 1957 la Dirección General de Obras Marítimas dependiente de la S.C.T construyó en isla del Carmen, una batería de 30 espigones de 30 m de longitud cada uno, para proteger contra la erosión, 100 m de costa de la zona denominada Bahamita. Los espigones construidos funcionaron de forma adecuada con el paso del tiempo, hasta 1961, fecha en la que los ciclones Carla e Inga generaron oleajes que provocaron daños a dichas estructuras.

El proyecto de protección a base de espigones, construido para proteger, las erosiones observadas desde 1930 en al zona de Bahamita funcionó adecuadamente, sin embargo, posteriormente a los daños generados a dichas estructuras por los ciclones Carla e Inga, las estructuras dañadas no se repararon y como consecuencia de ello se han seguido presentando problemas de erosión en las zonas de Bahamita y San Nicolás, al extremo de que en temporadas de tormentas la carretera federal que cruza la Isla del Carmen en las zonas antes mencionadas, ha estado en peligro latente por la erosión que se presenta en dichas zonas.

Con el fin de dar una solución al problema de erosión de las zonas de San Nicolás y Bahamita, en este trabajo se presentan los resultados de los estudios teóricos y en modelo matemático realizados, a fin de disponer de información técnica para la realización del proyecto ejecutivo de protección costera para la zona de estudio. Para tal efecto, este trabajo se ha integrado en ocho capítulos, en los cuales se contempla el siguiente contenido:

En el capítulo 1 denominado " Introducción ", se presentan los objetivos y alcances del trabajo que se presenta.

En el capítulo 2 denominado " Presentación del problema ", se presentan los antecedentes históricos de los problemas de erosión que se han estado presentando en San Nicolás y Bahamita.

En el capítulo 3 denominado " Recopilación de información del medio físico ", se citan las diversas fuentes de información consultadas para la realización del presente trabajo.

En el capítulo 4 denominado " Procesamiento y análisis de la información recopilada ", se presentan los resultados del análisis y procesamiento de la información recopilada en las diversas fuentes bibliográficas consultadas.

En el capítulo 5 denominado " Refracción de oleaje ", se presentan los resultados obtenidos al aplicar para la zona de estudio, los modelos matemáticos para la predicción de oleaje ciclónico y la refracción del oleaje (oleaje normal y ciclónico), así como los resultados obtenidos en el cálculo teórico de la sobreelevación del nivel del mar por marea de tormenta.

En el capítulo 6 denominado " Transporte litoral ", se presentan los resultados obtenidos en el cálculo teórico de la cantidad y dirección del transporte litoral a lo largo de la costa en la zona de estudio.

En el capítulo 7 denominado " Diseño de las obras de protección contra la erosión ", se presentan las alternativas de protección costera, las cuales se proponen tomando como base los resultados obtenidos en los capítulos anteriores, se analizan las ventajas y desventajas de dichas estructuras y finalmente se propone el proyecto ejecutivo de protección costera para la zona de estudio.

En el capítulo 8 denominado "Conclusiones y recomendaciones", se presentan las conclusiones y recomendaciones más relevantes de los estudios y proyectos realizados.

CAPITULO II

2. PRESENTACION DEL PROBLEMA

El área de estudio está situada entre los paralelos 18° 30' y 19° 00' de latitud norte y entre los meridianos 91°21' y 92°05' de longitud oeste y comprende el frente costero de Isla del Carmen, Camp. (ver Fig. 2.1).

La Isla del Carmen es una isla barrera que protege la Laguna de Términos de la acción directa del oleaje cuando actúan los ciclones y ocurre la marea de tormenta. La acción de las tormentas y la falta de un aporte constante de sedimentos, produce erosión en las playas, con un efecto evidente de erosión en la carretera que atraviesa la isla.

La Isla del Carmen separa el Golfo de México de la Laguna de Términos, tiene 40 km. de longitud; es baja y con vegetación tipo palmeras y mangle; separada del continente por dos bocas, la de Puerto Real con profundidades de 1.8 a 7.4 m. y la boca de Ciudad el Carmen que tiene un canal principal que conduce al puerto del mismo nombre, con profundidades hasta de 15 m. en el área cercana a los muelles del puerto comercial.

Bahamita localizada en parte central de la Isla de Términos o del Carmen, tenía hace más de 60 años una brecha de tierra por la que transitaban carretas y vehículos de motor, localizada longitudinalmente, por lo que había tránsito terrestre desde ciudad del Carmen hasta Puerto Real en la extremidad Oriental de la isla.

La isla tiene un estrechamiento muy exagerado, el de "Boca Nueva" frente a Bahamita, que por donde es obligado el trazo de cualquier carretera, quedando al norte el Golfo de Campeche y al sur, un estero profundo de los numerosos esteros que comunican con la laguna de Términos. Por ese "estrecho" se desbordaban las aguas, cargadas de sólidos, cuando las aguas de la laguna sobreelevaban su nivel sobre las del mar. Es debido a ese escurrimiento ocasional, que el lugar recibió el nombre de "Boca Nueva", la que a su vez eventualmente divide en dos partes a la isla de Términos o del Carmen.

En el año de 1930, la Junta Federal de Mejoras Materiales trató de mejorar ese camino vecinal isleño haciendo obras formales de terracería. Para cruzar Boca Nueva se construyó un bordo de arena confinado entre dos muros de contención, que cegarón totalmente el canal de Boca Nueva.

En el año de 1933 ocurrió un ciclón cerca de la isla, acumulándose una gran cantidad de agua de mar en la laguna; al tratar de salir el agua por todas las bocanas, en la vaciante se rompió el bordo de Boca Nueva, a pesar de los muros de contención, y escurrió el agua libremente cargada de azolves, los cuales se depositaron en el mar, formando numerosos bajos.

Algunos años más tarde, el camino de tierra volvió a ser mejorado, restableciéndose el bordo que cegó "Boca Nueva", cuantas veces fue necesario para mantener en servicio permanente, esa vía terrestre de comunicación. Pero en el año de 1954, se notó una erosión en la playa de la isla, en el lugar conocido con el nombre de "Bahamita", a partir del sitio denominado "Punta de Piedra", que amenazaba destruir el bordo de la carretera isleña.

En ese mismo año, el presidente municipal de ciudad del Carmen solicitó a la Dirección General de Obras Marítimas de la S.C.T, el estudio del problema marítimo. Como resultado del estudio, se propuso y se obtuvo la aprobación para construir cuatro espigones de defensa contra la erosión, que se construyeron con los materiales regionales: huacal de pilotes de guano yucateco; rollizos de mangle a los costados; cabezales de madera dura y relleno de piedra de "sillar" que son bloques madreporicos, que se extraen del subsuelo de la isla.

Al poco tiempo de haberse construido dichos espigones, estos desaparecieron, por que a causa de la falta de vigilancia, fueron sustraídos los "sillares". Esa destrucción privó de la oportunidad de observar el funcionamiento de los cuatro espigones en cuestión.

En 1957, la Dirección General de Obras Marítimas, propuso una solución al problema erosivo de la playa de Bahamita, que constituía una amenaza permanente sobre la carretera, realizando un levantamiento topohidrográfico; se anotó la formación del cordón litoral del que forma parte la isla de Términos o del Carmen; se determinó la procedencia del oleaje reinante en Bahamita y su incidencia oblicua con relación a la costa y mediante un plano de oleaje se verificó el sentido del acarreo litoral, para oleajes normales.

También se advirtió que la descarga del estero hacia el mar, que había existido en la boca de Bahamita (Boca Nueva) funcionó como un barrera al transporte de arenas playeras "originando un aumento en el ancho de la isla en esa zona", pero al final se dijo, el aporte litoral obturó la bocana de Bahamita. En la playa existe una punta de piedra denominada "Punta de Piedra" que esta actuando como un espigón aislado, el cual se llena de arena por el lado en el que incide el oleaje reinante, y se erosiona por el lado opuesto siendo esta "punta de piedra" la causa principal de la erosión de la playa de Bahamita y por ende de la carretera.

Finalmente, en diciembre de 1957 se presentó un proyecto de espigones para formar una playa artificial, con lo que se controlaría la erosión, y se protegería la carretera del circuito del Golfo en el tramo de Bahamita.

El proyecto consistió en una batería de 30 espigones, de 30 metros de longitud cada uno, abarcando una longitud total de 900 metros, para proteger 1000 metros de costa. Los espigones se construirían en primera etapa con longitud de 15 metros; sujetos a un programa en el que se construirían salteados, para observar sus resultados y hacer economías al suprimir algunos, o construyéndolos posteriormente, cuando ya hubiese avanzado la playa artificial. Para todos los espigones, se definió su localización, dirección, longitud, cota de corona y estructura, por lo que fue un proyecto completo.

Se presentaron varios tipos de estructura, pero al final, la Dirección General de Obras Marítimas optó por una estructura formada de pilotes de guano yucateco, costados de rollizos de mangle amarrados a los pilotes; cabezales de tablón de madera dura, y núcleos de piedra conchuela de la isla (que es piedra "coquina" clasificada geológicamente).

Como el problema se exageraba, y se carecía de presupuesto, se autorizó, como punto inicial de la obra, la construcción de solo 2 espigones de 30 m de longitud, el número 1 y el número 2 de dicho proyecto. La obra se terminó en marzo de 1958. La obra tan elemental dentro del conjunto, no dio resultado, y naturalmente la erosión siguió activa.

Después de varias gestiones, en el año de 1960 se autorizó otra asignación para continuar la construcción de los espigones de Bahamita .

En ese mismo año se construyó la carretera pavimentada a lo largo de la isla de Términos o del Carmen, como parte integrante del circuito del Golfo, unida al continente por dos pasos de mar, que se realizaba en chalanes: uno de "Punta Zacatal" a ciudad del Carmen y el otro de "Puerto Real" a "Isla Aguada".

Para construir la carretera a través de Boca Nueva se empleó la técnica consistente en: cegar el canal con un bordo, haciendo préstamo de arena de la playa de Bahamita, lo cual aceleró el efecto erosivo del mar, ya que este llegó a destruir un tramo de 120 m de carretera de terracería.

Dicho desperfecto se reparó reponiendo la terracería en la misma localización, ya que el talud norte era bañado por el mar durante la marea alta, aduciéndose para ello como razón justificativa, que la localización era obligada, pues no era posible mover el camino hacia el estero, para alejarlo del mar, por que es profundo y tiene suelo inestable.

A principios de 1961, se concedió otra asignación para liquidar el costo de la defensa de Bahamita, que ya había sido construida.

Con esas dos asignaciones se hizo la obra que se describe a continuación: Apegándose al proyecto elaborado, pero modificando la longitud de los espigones de acuerdo con las condiciones que el terreno había adquirido, pues después de dos años y medio se construyeron 17 espigones en primera etapa, más otros 2 espigones en segunda etapa, adelante del número 2 y del número 3. Todos suman 400 metros lineales de espigón, llegando a proteger una longitud de costa y carretera de 1049.50 metros mayor que la de proyecto, porque fuera del proyecto, se agregaron los espigones números 31, 32, y 33.

Al construirse la carretera, el estrecho de Boca Nueva fue un paso obligado del trazo, pero el canal fue cegado con terraplenes, sin construirse la obra correspondiente que mantendría viva esa desembocadura accidental de la laguna hacia el mar. En estas condiciones, la isla del Carmen se hizo una sola; en lugar de dos que la constituían la presencia de Boca Nueva.

Habiéndose cegado la Boca Nueva con la carretera, se produjo un desequilibrio costero, expresado por la erosión activada de la playa, amenazando a la carretera misma, ya que a la playa del lado del mar le falta la corriente lagunaria, accidental o permanente, que generó la playa milenaria a pesar de los transportes playeros del oleaje.

Los espigones de Bahamita resistieron sin ningún daño el embate de los oleajes de la temporada de nortes del Golfo de México correspondiente a 1960-1961. Trabajaron perfectamente al formar una playa artificial, que alejó la línea de playa de la carretera, que era lo que se pretendía. En cambio no resistieron el oleaje de los ciclones "Carla" que inició la destrucción de la playa artificial, ni el del ciclón "Inga", que sustrajo y hundió la piedra de los espigones, permaneciendo los pilotes y los cabezales de madera en su lugar.

El día 4 de septiembre de 1961 se presentó el ciclón "Carla" en el mar de las Antillas. El núcleo del Carla pasó a 600 kilómetros de Ciudad del Carmen, en donde hubo vientos "no huracanados".

En la laguna de Términos se estimó que el oleaje fue de 0.60 m de altura. El oleaje que se produjo en la costa fue de 1.5 m de altura, y dañó el extremo de algunos espigones de Bahamita, sin haber afectado la carretera.

El día 5 de noviembre de 1961, se formó el ciclón "Inga" frente a la Pesca o Soto la Marina, Tamps.; al trasladarse lo hizo inicialmente hacia el cuarto cuadrante, como la mayoría de todos los ciclones tropicales del Golfo de México, ese mismo día, el ciclón se estaba desplazando hacia el SE del Golfo de México, una masa de aire polar frío, la cual obligó al ciclón "Inga" a retroceder, primero hacia el sur y posteriormente hacia el SE. El día 7 de noviembre, a las 18 horas, fue localizado frente a la Barra de Santa Ana, perseguido siempre por la masa de aire polar frío. Permaneciendo con vientos de 90 kilómetros por hora, y permaneció allí estacionado durante 20.33 días, hasta que finalmente se disolvió, a unas 100 millas náuticas (185 kilómetros) de ciudad del Carmen. El peligro de un daño considerable sobre la isla estuvo latente los días 7, 8 y 9 de noviembre.

Aunque el ciclón "Inga" no produjo vientos ni lluvias en ciudad del Carmen, según consta en el reporte de la estación meteorológica, hizo descender la temperatura de 29 a 21°C y produjo un oleaje o marejada de recalada excepcional en la región, que destruyó las dos playas artificiales; esta marejada procedió del NNW, con alturas de ola estimadas entre 2.0 y 3.0 m.

En la laguna de Términos, la altura de ola fue de 1.0 m al principiarse el meteoro, cuando aún no se acumulaba mucho volumen de agua de mar en la laguna.

Otra playa de la isla de Términos o del Carmen, conocida con el nombre de playa de San Nicolás, muy próxima a la carretera se erosionó muy fuertemente y se cubrió con arena, en un tramo entre los kilómetros 655 y 658, no obstante que en la proximidad al mar no existe médano.

Quien quiera que observe el comportamiento de los espigones construidos, puede suponer, que si los espigones construidos con madera y piedra se deterioraron con una marejada, fue por que su estructura era débil, pudiéndose pensar que estos se debían de haber construido con elementos más resistentes, tales como cubos de concreto o bien tetrápodos fabricados con concreto simple.

En respuesta a lo anterior hay que argumentar lo siguiente : primero, que la marejada fue extraordinaria y que igual cosa hubiera sucedido si los espigones se hubieran construido con cubos o con tetrápodos, por que se hubieran sumergido hasta el nuevo fondo que formó la erosión; segundo, con dichos elementos, el costo de los espigones se hubiera elevado 2.5 veces por lo menos, al valor promedio de los construidos en Bahamita, y tercero, a pesar del daño tan severo que se presentó, los pilotes de madera, los rollizos que fueron clavados y los cabezales atornillados, quedaron casi todos en su lugar. Por último, es importante hacer notar que los espigones que no fueron destruidos totalmente, a los que les quedó algo de piedra en su arranque, empezaron a trabajar de nueva cuenta, en cuanto se restableció el oleaje normal, tratando de formar nuevamente la playa.

Por todas las razones expresadas anteriormente, se asegura que el proyecto y el funcionamiento de los espigones, fue correcto, de acuerdo con la técnica seguida por la Dirección General de Obras Marítimas, por que formaron la playa, la a que a su vez defendió la carretera de la embestida de una marejada extraordinaria pero también hay que reconocer que la solución no fue perfecta, ya que es necesario restituir las desembocaduras de los esteros, con puentes o alcantarillas, dragar el canal correspondiente, con lo cual se restablecerá el equilibrio oceánico, interrumpido con las terracerias de la carretera.

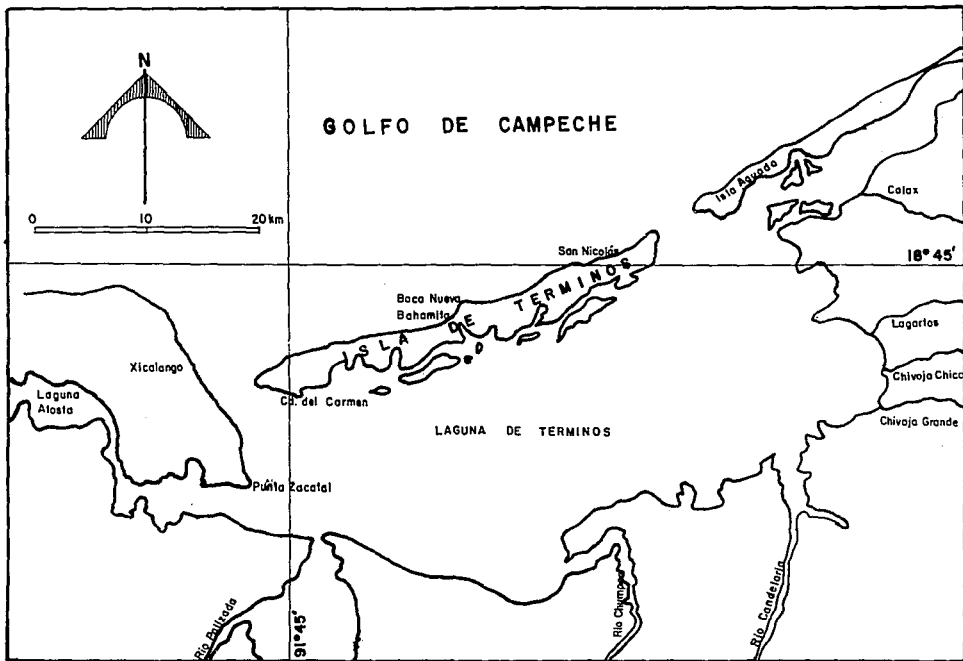


Fig. 2.1 Localización de la zona de estudio (isla de Términos)

CAPITULO III

3. RECOPIACION DE INFORMACION DEL MEDIO FISICO

Para llevar el presente trabajo, se realizó una recopilación de información en varios estudios realizados con anterioridad destacando la siguiente:

- " Levantamiento topohidrográfico para estudios del comportamiento de costas en isla del Carmen e isla Aguada, Campeche ". Realizado en 1971 por la Empresa Consultores en Ingeniería Fluviomarítima, S.A. "CIFSA", para la Dirección General de Obras Marítimas de la Secretaría de Marina.

- " Estudio de estabilidad de canal y dinámica litoral en el area de Isla del Carmen, Campeche ". Realizado en Julio de 1987, por la Empresa Planeación y proyectos, S.C., para la Dirección General de Obras Marítimas de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

- " Sea and Well Charts " - Oceanographic Atlas of the North Atlantic Ocean. Ed. Her Majesty's Stationery Office. Londres 1967.

- " Trayectorias Ciclónicas 1960-1980 ". Realizado en marzo de 1981 por la Dirección General del Servicio Meteorológico Nacional de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.

- " Portulano de Laguna de Términos y proximidades". Realizado en 1978, por la Dirección de Hidrografía de la Dirección General de Oceanografía de la Secretaría de Marina.

- " Informe sobre los espigones contra la erosión marítima; construidos por la Secretaría de Marina, en Bahamita, Isla de Términos y en la Barra de Puerto Escondido, Edo de Campeche ". Informe técnico realizado por el Ing. Roberto Mendoza Franco en diciembre de 1961.

La información recopilada en las fuentes antes señaladas, no fue la única que se consultó para la elaboración del presente estudio, pero fué la que sirvió de base para establecer los antecedentes correspondientes. En el capítulo 4 de este trabajo se presentan los resultados del análisis y procesamiento de la información recopilada en las publicaciones y estudios señalados con anterioridad.

CAPITULO IV

4. ANALISIS Y PROCESAMIENTO DE LA INFORMACION RECOPIADA

4.1 Características de los sedimentos .

(1) Frente Marino.

La sedimentología del frente marino de la isla esta formada por limo fino mal clasificado a limo grueso moderadamente clasificado. El material en la zona de Xicalango a una profundidad de 9.0 m. y a 14.81 km. de la costa, tiene porcentajes de limo del 89.57%, de arena del 1.51% y de arcilla del 10.92%, en la Isla del Carmen cerca de la boca de Puerto Real a una profundidad de 11.0 m. y a una distancia de la costa de 20.3 km., el porcentaje de limo es de 84.79%, 12.06% de arena y solamente el 3.15% de arcilla.

Existe un flujo de sedimentos terrígenos que proviene del sistema fluvial Grijalva-Usumacinta-San Pedro y San Pablo y otro de menor grado en la descarga del río Champotón . La plataforma carbonatada de Yucatán provee un flujo de sedimentos biogénicos [5].

La información disponible sobre la característica de los sedimentos en la zona de estudio es la contenida en la referencia [5] conforme a lo indicado en las Tablas 4.1 y 4.2 y en la Fig. 4.1.

Estos muestreos fueron realizados en el laboratorio y se obtuvieron las siguientes características.

Muestra Número	D ₁₀ (mm)	D ₂₅ (mm)	D ₃₀ (mm)	D ₇₅ (mm)
10	0.240	0.800	0.980	1.750
11	0.145	0.700	0.190	0.430
12	0.190	0.205	0.240	1.649
13	0.147	0.270	0.300	1.210
14	0.200	0.300	0.360	1.900
15	0.146	0.170	0.175	0.320

Tabla 4.1 Diametros representativos de los sedimentos en el frente marino.

Muestra número	D ₅₀ (mm)	C _u	C _c	C _a	S _i	Localización
10	1.200	6.54	2.520	0.992	2.76	Duna del espigón No. 1
11	0.245	2.04	0.838	1.100	2.76	Estrán del espigón No. 1
12	0.507	4.80	0.536	1.142	2.75	Duna del espigón No. 10
13	0.605	5.78	0.798	0.941	2.78	Estrán del espigón No. 10
14	0.580	3.05	1.057	1.290	2.76	Duna del espigón No. 20
15	0.210	1.64	0.874	1.120	2.78	Estrán del espigón No. 20

Fig. 4.2 Características granulométricas de los sedimentos en el frente marino.

Donde:

D₅₀ : Diametro medio definido como aquel en que el 50% en peso de la muestra tiene diametro inferior a ese valor y el 50% en diametros mayores.

C_u : Coeficiente de uniformidad definido por $C_u = D_{60}/D_{10}$.

C_c : El coeficiente de curvatura se define como:
 $C_c = (D_{30})^2 / (D_{10} \cdot D_{60})$.

C_a : Coeficiente de asimetría definido por:
 $C_a = [(D_{75} \cdot D_{25}) / (D_{50})^2]^{1/2}$.

S_i : Densidad de los sedimentos de la curva granulométrica analizada.

De la tablas anteriores, se observa que las muestras Nos. 10, 12, 13, y 14 cuya localización se indica en la Fig. 4.1, están constituidas por arenas medias no uniformes y de granulometría extendida, las demás muestras están constituidas por arenas finas con granulometría muy uniforme. Tomando en cuenta la localización de las muestras se observa que las arenas más gruesas quedan sobre las dunas y las arenas más finas se encuentran en la playa.

(2) Laguna de Términos

La porción oeste de la Boca del Carmen, la constituyen sedimentos limo-arcillosos-arenosos, con abundante materia orgánica, resultado de los ríos que descargan en el interior de la laguna de Términos. El canal principal del Delta de sedimentación localizado enfrente de playa norte, cuenta con restos de concha tamaño grava y arena, y en los extremos abunda la arcilla.

En Boca del Carmen se ha estimado [5] que el transporte anual de sedimentos dominado por la marea viva es de $75 \times 10^3 \text{ m}^3$ durante la pleamar y de $130 \times 10^3 \text{ m}^3$ durante la bajamar, con una resultante en el reflujó de $55 \times 10^3 \text{ m}^3$.

4.2 CLIMATOLOGIA REGIONAL

La temperatura no varía mucho en Ciudad del Carmen, la media anual es de 27°C , la máxima absoluta es de 43.7°C y la mínima absoluta es de 11°C .

La temporada de lluvias se presenta de mayo a octubre habiéndose registrado la más alta precipitación mensual en octubre de 1961, con un total de 438.5 mm la mas baja precipitación mensual ocurrió en febrero de 1944 con un total de 0.7 mm.

Los vientos dominantes son del sureste, con promedio anual de 1.4 m/s, excepto durante la temporada de invierno, cuando las masas de aire polar continental modificado dan lugar a que el área sea afectada por vientos fuertes del norte y del noreste con rachas violentas que alcanzan velocidades de 25 a 35 m/s; en promedio Ciudad del Carmen es afectada por el paso de 4 "frentes fríos" al mes, durante la estación de invierno.

4.3 GEOLOGIA REGIONAL

Geológicamente, el territorio de Campeche es de formación reciente, al igual que toda la península de Yucatán. Los fósiles de origen marino, presentes en la caliza, proceden de los períodos plioceno y postplioceno; en las crestas de las colinas y sus costados, hay rocas cristalizadas con vetas rojizas; en las bases de lomeríos, brechas con fragmentos calizos de origen marino; y en los llanos depósitos secundarios de calcita en forma de arenas o cristales y en masas modulares. El terciario inferior está representado en el norte y centro de la entidad, en cuyas calizas, por acciones químicas y disolutivas, se han originado cavernas que facilitan la penetración y circulación del agua de lluvia. El terciario superior se manifiesta en una faja angosta al norte del municipio de Hecelchakán, en la que aparecen calizas blancas, rojas o amarillentas, los terrenos cuaternarios son los aluviones de la cuenca de la laguna de Términos que forman totalmente los suelos de los municipios del Carmen y Palizadas y la zona sureste de Champotón; en general, Campeche forma parte de la losa de Yucatán o plataforma yucateca, masa compacta donde no se ha encontrado fracturas tectónicas, se le supone integrada por rocas sedimentarias cretácicas, que soportan las formaciones terciarias, resultado de largos períodos de sedimentación sin trastornos orogénicos notables. A partir del plioceno se manifestaron esfuerzos epirogénicos con movimientos alternados de sumersión o emersión, en que dominaron éstos últimos; levantaron la losa e hicieron aparecer primero la parte sur. La continuación de este proceso escalonó sedimentos del mioceno, que cubren la losa en un 78.5%, del plioceno en un 13.5% y del pleistoceno en un 8%. En la parte superficial de la plataforma, la acción erosiva de las aguas cargadas de anhídrido carbónico convirtió las grietas y fisuras en cavernas donde generalmente se hallan estalactitas y estalagmitas. Hay también grutas originadas por fallas o hundimientos de origen tectónico. Los cenotes se forman cuando la bóveda de la caverna se derrumba. El agua de las lluvias se infiltra por diversos conductos hasta las capas arenosas por donde circula conforme a la presión hidrostática.

4.4 Vientos

En la zona de estudio la mayor frecuencia de los vientos ocurre en el primero y segundo cuadrante, siendo la mayor, la dirección Este, y el dominante lo representa el norte. El resumen estacional y anual de las características del viento se presenta en las Tablas 4.3 a 4.7.

Velocidad (m/s)	D I R E C C I O N								Total
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	
2.0 - 5.0	5	9.70	16.4	8	2	1	1	2.34	45.44
5.5 - 8.0	3	5	13.7	7.33	1	-	-	1.34	31.37
8.5 - 13.5	2	2	7	4.33	-	-	-	0.67	16.00
714	0.67	-	-	0.33	-	-	-	-	1.00
Total	10.67	16.70	37.10	19.90	3	1	1	4.35	93.81

No. de observaciones 1746

Calmas 6.19%

Tabla 4.3 Porcentajes de ocurrencia de las características del viento en Primavera, [5].

Velocidad (m/s)	D I R E C C I O N								Total
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	
2.0 - 5.0	4.00	11.66	21.00	10.33	2.34	1.33	1.33	2.00	53.99
5.5 - 8.0	1.33	5.00	11.00	6.00	1.00	-	0.33	0.33	24.99
8.5 - 13.5	1.00	2.67	4.00	2.00	-	-	-	-	9.67
714	-	-	0.33	-	-	-	-	-	0.33
Total	6.33	19.33	36.33	18.33	3.34	1.33	1.66	2.33	88.98

No. de observaciones 1886

Calmas 11%

Tabla 4.4 Porcentajes de ocurrencia de las características del viento en Verano, [5].

Velocidad (m/s)	DIRECCION								Total
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	
2.0 - 5.0	8.00	12.66	12.33	6.00	2.00	1.00	1.33	2.33	45.65
5.5 - 8.0	5.00	7.66	7.66	5.66	0.66	-	0.66	1.66	28.96
8.5 - 13.5	5.66	3.15	2.66	1.66	0.33	-	-	1.33	14.79
714	1.33	-	-	-	-	-	-	0.66	1.99
Total	19.99	23.47	22.65	13.32	2.99	1.0	1.99	5.98	91.39

No. de observaciones 1946

Calmas 9.33%

Tabla 4.5 Porcentajes de ocurrencia de las características del viento en Otoño, [5].

Velocidad (m/s)	DIRECCION								Total
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	
2.0 - 5.0	6.34	10.00	13.70	8.00	2.00	1.33	1.33	2.00	44.70
5.5 - 8.0	3.15	5.70	9.70	7.00	1.00	-	-	1.00	27.55
8.5 - 13.5	3.67	3.15	4.00	5.34	1.00	-	-	2.00	19.16
714	1.00	-	-	0.33	-	-	-	0.67	2.00
Total	14.16	18.85	27.40	20.67	4.00	1.33	1.33	5.67	93.41

No. de observaciones 1434

Calmas 6.50%

Tabla 4.6 Porcentajes de ocurrencia de las características del viento en Invierno, [5].

Velocidad (m/s)	DIRECCION								Total
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	
2.0 - 5.0	5.83	11.00	15.85	8.08	2.08	1.16	1.24	2.16	47.40
5.5 - 8.0	3.15	5.84	10.51	6.50	0.91	-	0.24	1.10	28.25
8.5 - 13.5	3.10	2.75	4.41	3.33	0.33	-	-	1.00	14.92
714	0.75	-	0.08	0.17	-	-	-	0.33	1.33
Total	12.83	19.59	30.85	18.08	3.32	1.16	1.48	4.59	91.90

No. de observaciones 7012

Calmas 8.10%

Tabla 4.7 Porcentajes de ocurrencia para el regimen anual de las características del viento para el regimen anual, [5].

de conformidad con los datos anteriores [5], el viento reinante se presenta en la dirección "E" con una velocidad media de 5.60 m/seg y el viento dominante se presenta en la dirección "E" con una velocidad media de 11.5 m/seg.

4.5 OLEAJE

La información de las alturas y direcciones del oleaje se obtuvo de las cartas del Sea and Swell, la cual establece la división clásica en oleaje local y oleaje distante. Es importante señalar que el objetivo principal del procesamiento de la información del oleaje, es con la finalidad de determinar los efectos que el oleaje normal tiene sobre la costa y consecuentemente disponer de los elementos de juicio necesarios para la proposición de soluciones al problema en cuestión. En las Tablas 4.8, 4.9, 4.10, 4.11 y 4.12 se presentan los tiempos de acción las características de los oleajes locales para las estaciones de primavera, verano, otoño, e invierno así como el resumen anual de dichos datos.

ALTURA DE OLA m.	N	NE	E	W	NW
< 0.9	186.51	337.91	338.36	16.41	90.12
0.9 A 1.5	49.54	45.30	98.63	10.79	28.58
1.5 A 2.4	17.17	11.55	11.24		5.93
2.4 A 3.6	5.93				
> 3.6	5.62				

CALMAS : 77.53 INDETERMINADAS : 0 OTRAS DIR : 317.09

Tabla 4.8 Tiempos de acción (en horas) del oleaje local en primavera, [5].

ALTURA DE OLA m.	N	NE	E	W	NW
< 0.9	167.47	224.68	203.38	37.28	108.12
0.9 A 1.5	33.50	66.37	93.62		29.19
1.5 A 2.4	11.20	27.58	10.99	5.60	16.80
2.4 A 3.6	27.20				48.77
> 3.6	10.99			5.45	59.99

CALMAS : 103.32 INDETERMINADAS : 0 OTRAS DIR : 309.92

Tabla 4.9 Tiempo de acción (en horas) del oleaje local en verano, [5].

ALTURA DE OLA m.	N	NE	E	W	NW
< 0.9	167.47	224.68	203.38	37.28	108.12
0.9 A 1.5	74.65	47.95	37.69	21.57	59.35
1.5 A 2.4	42.09	16.21		5.13	64.48
2.4 A 3.6	27.20				48.77
> 3.6	10.99			5.45	59.99

CALMAS : 54.22 INDETERMINADAS : 0 OTRAS DIR : 295.33

Tabla 4.10 Tiempos de acción (en horas) del oleaje en otoño, [5].

ALTURA DE OLA m.	N	NE	E	W	NW
< 0.9	150.30	225.60	280.10	58.94	112.80
0.9 A 1.5	64.43	37.65	32.15	16.17	64.29
1.5 A 2.4	21.41	10.73	10.77	5.37	58.94
2.4 A 3.6	26.84				32.15
> 3.6	37.65				48.29

CALMAS : 64.22 INDETERMINADAS : 0 OTRAS DIR : 252.27

Tabla 4.11 Tiempos de acción (en horas) del oleaje local en invierno, [5].

ALTURA DE OLA m.	N	NE	E	W	NW
< 0.9	648.20	1136.20	1114.13	156.74	405.02
0.9 A 1.5	222.12	197.27	262.09	48.53	174.41
1.5 A 2.4	91.87	66.07	33.00	16.10	146.15
2.4 A 3.6	65.57			5.60	103.32
> 3.6	54.26			28.84	113.88

CALMAS : 299.9 INDETERMINADAS : 0 OTRAS DIR : 1174.61

Tabla 4.12 Tiempo de acción (en horas) del oleaje local para el regimen anual, [5].

ALTURA DE OLA m.	N	NE	E	W	NW
0.3 A 1.8	29.72	46.96	54.82	1.58	6.52
1.8 A 3.6	19.60	23.72	9.58		6.24
> 3.6	3.16				1.50

CALMAS : 276.54 INDETERMINADAS : 0 OTRAS DIR : 30.06

Tabla 4.13 Tiempo de acción (en horas) del oleaje distante en primavera, [5].

ALTURA DE OLA m.	N	NE	E	W	NW
0.3 A 1.8	18.98	73.03	61.11	4.92	11.59
1.8 A 3.6	19.82	11.14	21.70	7.38	9.84
> 3.6	4.92			2.46	7.38

CALMAS : 306.72 INDETERMINADAS : 73.6 OTRAS DIR : 40.63

Tabla 4.14 Tiempo de acción en horas del oleaje distante para verano, [5].

ALTURA DE OLA m.	N	NE	E	W	NW
0.3 A 1.8	33.78	91.82	27.52	1.98	23.37
1.8 A 3.6	53.81	36.43	14.00	1.98	63.86
> 3.6	13.85		2.05		18.06

CALMAS : 183.08 INDETERMINADAS : 3 OTRAS DIR : 20.02

Tabla 4.15 Tiempos de acción (en horas) del oleaje distante para otoño, [5].

ALTURA DE OLA m.	N	NE	E	W	NW
0.3 A 1.8	55.32	53.50	31.54	7.72	19.90
1.8 A 3.6	65.44	18.78	16.42	10.12	46.40
> 3.6	11.88				19.56

CALMAS : 218.82 INDETERMINADAS : 2.10 OTRAS DIR : 21.70

Tabla 4.16 Tiempo de acción (en horas) del oleaje distante para invierno, [5].

ALTURA DE OLA m.	N	NE	E	W	NW
0.3 A 1.8	137.80	265.31	175.42	18.66	61.38
1.8 A 3.6	158.67	90.07	61.70	19.48	26.34
> 3.6	33.81		2.06	2.46	46.50

CALMAS : 985.16 INDETERMINADAS : 11.37 OTRAS DIR : 118

Tabla 4.17 Tiempo de acción (en horas) del oleaje distante para el regimen anual, [5].

4.6 Ciclones

Para complementar la información oceanográfica y meteorológica que rige en los diseños de las obras de protección costera, se efectuó una recopilación de información de los datos meteorológicos de los ciclones que han afectado la zona de estudio, la información recopilada se analizó con el fin de determinar los valores extremos de las alturas y períodos del oleaje significativo con las técnicas de predicción de oleaje a partir de configuraciones isobáricas, así como los niveles de sobreelevación del mar por el efecto de la marea de tormenta. Para tal efecto, se analizó información de 3 ciclones ocurridos del 5 de septiembre de 1961 al 16 de septiembre de 1988 conforme a las trayectorias ciclónicas indicadas en la Fig. 4.2 y a las cartas isobáricas respectivas.

Huracan Carla :

Esta perturbación tropical, alcanzó las características de huracán el día 5 de septiembre de 1961, se originó al NE de Honduras y su desplazamiento en general fue hacia el NW, pasando cerca de las costas nororientales de la Península de Yucatán, moviéndose en su trayectoria hacia el NW hasta llegar a tierra entre Corpus Christi y Galveston, llegando hasta el sur de Waco, Texas; su duración fue del 5 al 11 de septiembre de 1961.

Tormenta tropical Inga :

Este fenómeno tropical alcanzó las características de Tormenta el día 5 de noviembre de 1961, comenzó a desarrollarse frente a las costas de Tampico, Tamaulipas dirigiéndose al NW, después hacia el NE, siguió hasta el SE, posteriormente hacia el SW y finalmente hacia el SE hasta disiparse hasta las costas frente a las costas de Tabasco Campeche, este es un caso raro, ya que en general su desplazamiento fue del NW al SE siendo que debería de ser contrario siguiendo el mismo patrón de las demás perturbaciones tropicales; su duración fue del 5 al 18 de noviembre.

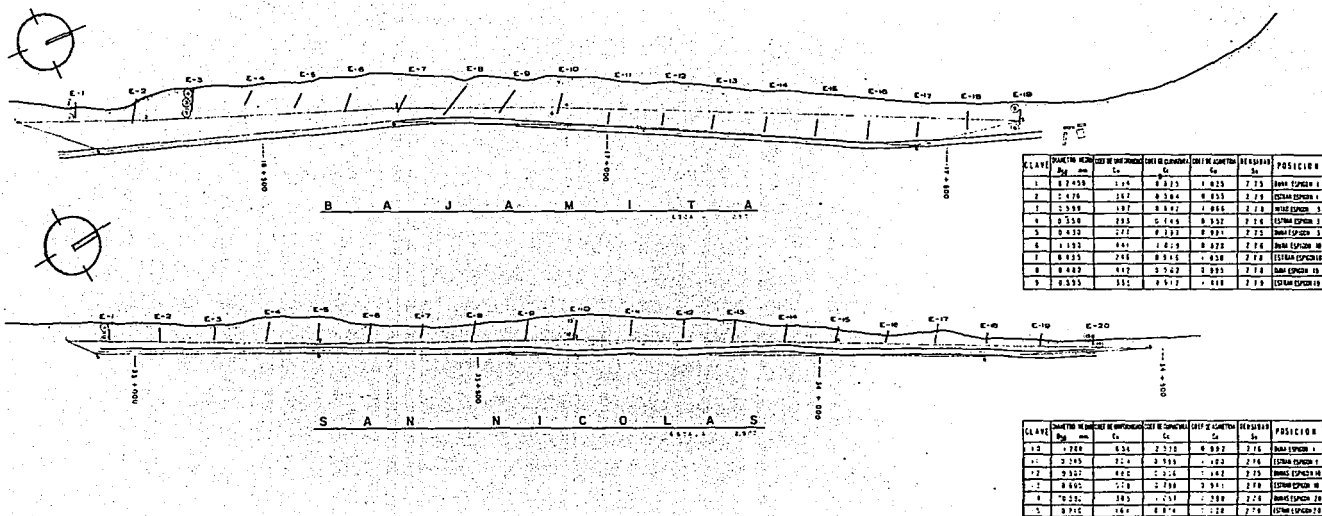


Fig. 4.1 Características de los sedimentos en la zona de estudio

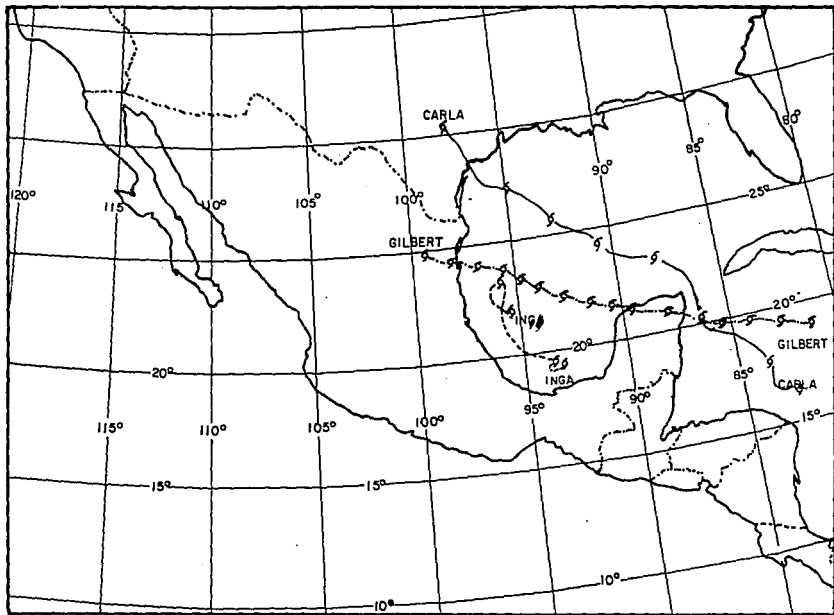


Fig. 4.2 Trayectorias ciclonicas

CAPITULO V

5. REFRACCION DEL OLEAJE

Antes de proceder a realizar el análisis de refracción de oleaje, resulta necesario calcular primeramente el oleaje producido por los ciclones, que es el que rige en el diseño estructural de las obras de protección.

Considerando lo anterior, el oleaje producido por los ciclones, se cálculo con la metodología que a continuación se presenta:

5.1 OLEAJE CICLONICO

5.1.1 Método de cálculo

La determinación de los oleajes producidos por ciclones se realizó utilizando el método reportado por Goto y Aono, el cual está basado en el modelo matemático para la distribución del campo de velocidades del viento en un huracán, elaborado por Meyer (1954).

El método utiliza las siguientes ecuaciones para la determinación de la altura y período significativo en aguas profundas.

$$F1 = A + B * S$$

Donde :

F1 : Es la energía suministrada por el viento
A : Es un coeficiente expresado como sigue:

$$A(\omega, U) = \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} \frac{3.54 \times 10^{-11} \cdot \omega^{5.25} \cdot U^{2.25}}{\left[\frac{1}{4} \left(\frac{\omega}{U} \right)^2 - (K \sin \theta)^2 \right] \left[\frac{1}{9} \left(\frac{\omega}{U} \right)^{2.5} + \left(k \cdot \cos \theta - \frac{\omega}{U} \right)^2 \right]} d\theta \quad (5.1)$$

B : es un coeficiente expresado como sigue:

$$B(\omega, U_*) = \left[5 * \text{Exp} \left\{ - 7000 \left[\left(\frac{U_*}{C} \right) - 0.031 \right]^2 \right\} \right. \\ \left. + 2612 \left(\frac{U_*}{C} \right) \text{exp} \left\{ -0.0004 \left(\frac{U_*}{C} \right)^2 \right\} \right] \frac{\omega}{2\pi} \quad (5.2)$$

- ω : Frecuencia angular $\omega = 2\pi/f$ (f:frecuencia)
 U : Velocidad del viento
 U_* : Velocidad friccional del viento
 K : Número de oleaje $K = 2\pi/L$ (L:Longitud del oleaje)
 C : Velocidad del oleaje $C = gT/2\pi$ (T: período del oleaje)

La velocidad U y la velocidad friccional U_* del viento se relacionan como sigue.

$$10^2 U_* = 2.67 U + 3.15 \quad \text{por } U < 11.4 \text{ m/seg.} \\ 10^2 U_* = 12.14 U - 105.9 \quad \text{por } U > 11.4 \text{ m/seg.} \quad (5.3)$$

ω y K se relacionan con la siguiente ecuación:

$$\omega^2 = gk \tanh kh$$

$$S_{pm}(f, U) = \alpha g^2 (2\pi)^{-4} f^{-5} \text{exp} \left\{ - \beta \left(\frac{g}{2\pi U f} \right)^4 \right\}$$

Donde:

$S_{pm}(f, U)$: Espectro frecuencial de Pierson y Moskowitz

g : Aceleración de la gravedad

f : Frecuencia de la componente del oleaje

- U** : Velocidad del viento
 α : Coeficiente experimental
 β : Coeficiente experimental

Para α y β , se usan los valores 0.0081 y 0.74 respectivamente en este cálculo.

$$V = \sqrt{(rf_o \operatorname{sen}\varphi)^2 + \frac{r}{\rho} \frac{dp}{dx}} - rf_o \operatorname{sen}\varphi \quad (5.4)$$

Donde:

- r** : El radio de curva de la línea isobárica medida desde el centro del ciclón.
 f_o : La velocidad angular de la autorotación de la tierra ($7.29 \times 10^{-5} \text{ seg}^{-1}$)
 φ : La latitud del centro del ciclón
dp/dr: La pendiente de la presión atmosférica

$$P = P_o + \Delta p e^{-r_o/r}$$

Donde:

- P** : Es la distribución de presión dentro del ciclón
 Δp : La diferencia de la presión atmosférica entre el centro y el lado exterior del ciclón.
 r_o : La distancia entre el punto del viento máximo y el centro del ciclón.

P_c : La presión del centro del ciclón.

$$H_{1/3} = 2.83 \cdot \sqrt{2 \cdot m_0} \doteq 4.0 \sqrt{m_0}$$

$$m_0 = \int_0^{\infty} S(f) df = \int_{0.04}^{0.25} S(f) df + \int_{0.25}^{\infty} S(f) df$$

El período promedio \bar{T} se cambia a $T^{1/3}$

$$\bar{T} = \frac{m_0}{m_2} = \sqrt{\frac{\int_0^{\infty} S(f) df}{\int_0^{\infty} f^2 S(f) df}}$$

$$T_{1/3} = 1.2 \bar{T}$$

De conformidad con las trayectorias ciclónicas indicadas en la Fig. 4.1, y tomando en consideración las configuraciones isobáricas de dichos meteoros y el efecto que provocan en la zona de estudio, se seleccionaron para el análisis de predicción de oleaje ciclónico y de marea de tormenta las configuraciones isobáricas de las posiciones de los ciclones ocurridos en las fechas y horas indicadas en la Tabla 5.1.

NOMBRE	FECHA	HORAS
CARLA	07/09/1961	6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22.
CARLA	08/09/1961	0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22.
CARLA	09/09/1961	0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22.
CARLA	10/09/1961	0, 2, 4.
GILBERTO	12/09/1988	0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22.
GILBERTO	13/09/1988	0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22.
GILBERTO	14/09/1988	0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22.
GILBERTO	15/09/1988	0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22.
GILBERTO	16/09/1988	0, 2, 4, 6, 8, 10, 12.

Tabla 5.1 Fechas y horas de las configuraciones isobaricas de los ciclones considerados.

5.1.2 Resultados

Con el modelo de predicción de oleaje presentado con anterioridad y con los datos de los ciclones antes señalados, se obtuvieron las características del oleaje ciclonico que afectaron a la zona de estudio. Dichas características se presentan en la **Tabla 5.2, 5.3 y 5.4.**

	AÑO	MES	DIA	HORA	H _{1/3}	T _{1/3}	HD	VV	DV
1	1988	9	12	0	0.00	0.00	500.0	1.0	112.6
3	1988	9	12	2	0.00	0.00	500.0	1.1	112.6
5	1988	9	12	4	0.00	0.00	500.0	1.2	112.5
7	1988	9	12	6	0.00	0.00	500.0	1.3	112.4
9	1988	9	12	8	0.00	0.00	500.0	1.5	112.3
11	1988	9	12	10	0.00	0.00	500.0	1.6	112.2
13	1988	9	12	12	0.00	0.00	19.0	1.8	112.1
15	1988	9	12	14	0.00	0.00	21.0	2.0	112.0
17	1988	9	12	16	0.00	0.00	27.0	2.2	111.8
19	1988	9	12	18	0.00	0.00	42.0	2.4	111.7
21	1988	9	12	20	0.00	0.00	87.0	2.5	111.7
23	1988	9	12	22	0.00	0.00	87.0	2.6	111.6
25	1988	9	13	0	0.00	0.00	85.0	2.8	111.5
27	1988	9	13	2	0.00	0.00	86.0	3.7	112.0
29	1988	9	13	4	0.01	0.00	86.0	4.6	112.4
31	1988	9	13	6	0.01	0.00	86.0	5.5	112.9
33	1988	9	13	8	0.02	0.00	85.0	6.4	113.5
35	1988	9	13	10	0.04	0.00	85.0	7.4	114.0
37	1988	9	13	12	0.07	0.00	84.0	8.3	114.6
39	1988	9	13	14	0.11	5.62	84.0	9.3	115.2
41	1988	9	13	16	0.16	5.91	83.0	10.3	115.9
43	1988	9	13	18	0.22	6.23	82.0	11.4	116.6
45	1988	9	13	20	0.29	6.74	79.0	13.1	118.2
47	1988	9	13	22	0.40	7.47	75.0	14.9	120.0
49	1988	9	14	0	0.58	8.44	69.0	17.0	122.1
51	1988	9	14	2	0.79	9.51	60.0	17.2	122.9
53	1988	9	14	4	1.06	10.69	50.0	17.3	123.8
55	1988	9	14	6	1.39	11.91	43.0	17.4	124.6
57	1988	9	14	8	1.78	13.01	39.0	18.5	126.7
59	1988	9	14	10	2.20	13.84	37.0	19.5	128.9
61	1988	9	14	12	2.60	14.43	36.0	20.5	131.2
63	1988	9	14	14	2.95	14.67	37.0	20.6	133.2
65	1988	9	14	16	3.25	14.73	37.0	20.6	135.4
67	1988	9	14	18	3.51	14.73	38.0	20.6	137.9
69	1988	9	14	20	3.75	14.72	40.0	20.6	140.6
71	1988	9	14	22	3.96	14.78	41.0	20.4	143.7
73	1988	9	15	0	4.17	14.78	42.0	20.2	147.0
75	1988	9	15	2	4.35	14.75	43.0	19.8	150.8
77	1988	9	15	4	4.49	14.76	44.0	19.3	154.9
79	1988	9	15	6	4.61	14.67	45.0	18.6	159.5
81	1988	9	15	8	4.67	14.53	46.0	17.6	164.5
83	1988	9	15	10	4.68	14.32	47.0	16.3	169.8
85	1988	9	15	12	4.63	14.05	48.0	14.8	175.4
87	1988	9	15	14	4.53	13.71	49.0	14.8	175.4
89	1988	9	15	16	4.40	13.30	50.0	14.8	175.4

	AÑO	MES	DIA	HORA	H _{1/3}	T _{1/3}	HD	VV	DV
91	1988	9	15	18	4.24	12.83	51.0	14.8	175.4
93	1988	9	15	20	4.06	12.37	51.0	14.0	178.9
95	1988	9	15	22	3.88	11.96	52.0	13.1	182.3
97	1988	9	16	0	3.71	11.61	52.0	12.3	185.5
99	1988	9	16	2	3.53	11.33	53.0	11.6	186.9
101	1988	9	16	4	3.38	11.11	53.0	11.0	188.4
103	1988	9	16	6	3.24	10.92	53.0	10.4	189.8
105	1988	9	16	8	3.10	10.75	54.0	9.8	191.2
107	1988	9	16	10	2.97	10.62	54.0	9.2	192.5

Tabla 5.2 Historia del oleaje significativo (en aguas profundas) en el tiempo que produjo el huracan Gilberto en la zona de estudio.

HURACAN CARLA

	AÑO	MES	DIA	HORA	H _{1/3}	T _{1/3}	HD	VV	DV
1	1961	9	8	6	0.00	0.00	97.0	4.8	138.5
3	1961	9	8	8	0.01	0.00	97.0	5.1	139.3
5	1961	9	8	10	0.01	0.00	95.0	5.5	140.3
7	1961	9	8	12	0.02	0.00	96.0	5.9	141.3
9	1961	9	8	14	0.03	0.00	97.0	7.4	141.4
11	1961	9	8	16	0.06	0.00	96.0	9.0	141.4
13	1961	9	8	18	0.11	6.31	93.0	10.8	141.4
15	1961	9	8	20	0.18	7.33	83.0	11.9	141.6
17	1961	9	8	22	0.28	8.68	70.0	11.7	141.9
19	1961	9	9	0	0.43	10.53	58.0	10.3	142.1
21	1961	9	9	2	0.67	12.63	50.0	10.9	144.6
23	1961	9	9	4	0.99	14.51	47.0	10.3	147.6
25	1961	9	9	6	1.34	15.84	45.0	8.1	150.9
27	1961	9	9	8	1.68	16.58	44.0	9.7	151.9
29	1961	9	9	10	2.00	16.91	44.0	11.1	152.9
31	1961	9	9	12	2.30	17.05	44.0	12.2	154.0
33	1961	9	9	14	2.58	17.11	44.0	13.2	154.9
35	1961	9	9	16	2.85	17.10	44.0	14.0	155.9
37	1961	9	9	18	3.10	17.04	44.0	14.6	156.8
39	1961	9	9	20	3.34	16.92	45.0	16.5	158.4
41	1961	9	9	22	3.58	16.81	46.0	17.2	160.0
43	1961	9	10	0	3.81	16.70	47.0	17.0	161.4
45	1961	9	10	2	4.03	16.62	48.0	12.6	162.9
47	1961	9	10	4	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0

Tabla 5.3 Historia del oleaje significativo (en aguas profundas) en el tiempo que produjo el huracan Carla en la zona de estudio.

El significado de la variables indicas en las tablas anteriores corresponde a lo siguiente :

$H_{1/3}$: Altura de ola significativa, en m.
$T_{1/3}$: Periodo significativa, en seg.
HD	: Dirección de oleaje medida con respecto al Este de la zona de estudio.
VV	: Velocidad del viento, en m/s.
DV	: Dirección del viento medida con respecto al Este de la zon de estudio.

5.2. SOBREELEVACION POR MAREA DE TORMENTA

La determinación del nivel máximo de ascenso del mar por marea de tormenta se realizó utilizando el criterio propuesto por **Shore Protection Manual [8]** el cual considera el siguiente proceso.

a) Cálculo del ascenso de la ola S_w

S_w se calcula con la siguiente ecuación.

$$S_w = 0.19 \left[1 - \left[\frac{H_b}{gT^2} \right]^{1/2} \right] H_b$$

Donde:

S_w	: Ascenso de la ola en m.
H_b	: Altura de la ola rompiente en m.
T	: Período de la ola en seg.
g	: Aceleración de la gravedad.

b) Al ascenso anterior se añade el ascenso producido por marea de viento, en la dirección del oleaje extraordinario.

c) Se calcula el ascenso producido por marea de viento S_p en pies, con la siguiente ecuación.

$$S_p = S_r * F_M$$

Debiéndose seleccionar el factor F_M de tal modo que resulte máximo, es decir con un ángulo μ próximo a 80° ; así se obtendrá $S_{p\text{máx}}$. Se compara el valor de $(S_p + S_w)$ con $S_{p\text{máx}}$. Si el primero resulta mayor que el segundo, el máximo nivel de ascenso del mar se encuentra haciendo:

$$\Delta Z_T = Z_{MA} + (S_p + S_w)$$

En caso contrario, el máximo nivel de ascenso se determina con la siguiente ecuación.

$$\Delta Z_T = Z_{MA} + S_{p\text{máx}}$$

En estas formulas Z_{MA} es la máxima semiamplitud de la marea astronómica.

Donde:

μ	: Ángulo de incidencia del oleaje en la costa
$H_{1/3}$: Altura de ola significativa
$T_{1/3}$: Período significativo del oleaje
H_b	: Altura de la ola rompiente, en m.
Z_{MA}	: Máxima semiamplitud de la marea astronómica
ϕ	: Latitud de la zona en estudio
S_1	: Valor tomado de la gráfica 3 - 57 " Shore Protection Manual [8] "

- F_M : Valor tomado de la gráfica 3 - 60 " Shore Protection Manual [8] "
 S_p : Ascenso producido por marea de viento
 F_{MMAX} : Valor tomado de la gráfica 3 - 60 " Shore protection Manual [8] "
 $S_{P_{MAX}}$: $0.3048 * F_{MMAX} * S_1$
 ΔZ_1 : Nivel de ascenso del mar
 ΔZ_2 : Nivel de ascenso del mar
 ΔZ_r : Máximo nivel de ascenso del mar

Aplicando el procedimiento anterior para la zona de estudio y considerando la condición más desfavorable correspondiente al huracán Gilberto ocurrido el día 15 de septiembre de 1988 a las 10.00 hrs. el cual generó en aguas profundas una altura de ola de 4.68 m. en aguas profundas así como los siguientes valores para dicha zona:

- $H_{1/3}$ = 4.68 m.
 $T_{1/3}$ = 14.05 seg.
 μ = 158°
 H_b = 6.02 m.
 F_M = 0.96
 S_1 = 5.00
 F_{MMAX} = 1.34

Se obtuvo un nivel máximo de sobreelevación por marea de tormenta de 2.87 m.

5.3 Refracción del oleaje

5.3.1 Método de cálculo

El cálculo de la distribución espacial de las alturas y direcciones del oleaje en cada nodo de la malla de discretización, se realizó mediante la técnica numérica desarrollada por T. Takayama [7] para oleaje irregular, que utiliza la ecuación de equilibrio energético expresada como sigue:

$$\frac{\partial(S C_g \cos \theta)}{\partial x} + \frac{\partial(S C_g \sin \theta)}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial \theta} \left[S \left(\frac{C_g}{C} \right) (\sin \theta \frac{\partial C}{\partial x} - \cos \theta \frac{\partial C}{\partial y}) \right] = -(\epsilon'_b + \epsilon'_f) S \quad (5.5)$$

Donde:

- S : Energía del oleaje.
- C_g : Celeridad de grupo.
- C : Celeridad del oleaje.
- X : Eje coordenado perpendicular a la línea de costa.
- Y : Eje coordenado paralelo a la línea de costa.
- ϵ'_b : Coeficiente de pérdida de energía del oleaje por rompiente.
- ϵ'_f : Coeficiente de pérdida de energía del oleaje por fricción del fondo.

Si la energía de cada componente del oleaje se define como D_n , la ec. (5.5) cambia como sigue:

$$\frac{\partial(D_x V_x)}{\partial x} + \frac{\partial(D_y V_y)}{\partial y} + \frac{\partial(D_\theta V_\theta)}{\partial \theta} = -(\epsilon'_x + \epsilon'_y) D_x \quad (5.6)$$

Donde:

$$\begin{aligned} D_x &= S \delta f \delta \theta \\ V_x &= C_y \cos \theta \\ V_y &= C_y \sin \theta \\ V_\theta &= \left(\frac{C_y}{C}\right) \left(\sin \theta \left(\frac{\partial C}{\partial x}\right) - \cos \theta \left(\frac{\partial C}{\partial y}\right) \right) \end{aligned} \quad (5.7)$$

Donde δf es el ancho del intervalo en el se divide el eje de las frecuencias del espectro frecuencial y $\delta \theta$ es el ancho del intervalo en el que se divide el eje de las componentes de la dirección del oleaje del espectro direccional.

La energía total del oleaje "S" se expresa como sigue:

$$S = \sum_{f=f_{min}}^{f_{max}} \sum_{\theta=\theta_{min}}^{\theta_{max}} S(f) \cdot G(\theta; f) \delta \theta \delta f \quad (5.8)$$

La energía total del oleaje expresada en la ecuación anterior, se calcula con los espectros frecuencial y direccional de **Bretschneider-Mitsuyasu** respectivamente, expresados mediante las siguientes ecuaciones:

$$S(f) = 0.257 H_{1/3}^2 (T_{1/3} f)^{-5} \exp(-1.03 (T_{1/3} f)^{-4}) \quad (5.9)$$

$$G(\theta; f) = \left[\int_{-\left(\frac{\pi}{2} - \frac{\Delta \theta}{2}\right)}^{\left(\frac{\pi}{2} - \frac{\Delta \theta}{2}\right)} \cos^{2\mu} \left(\frac{\theta}{2}\right) d\theta \right]^{-1} \quad (5.10)$$

Donde:

- $S(f)$ = Función de densidad del espectro frecuencial.
 $G(\theta; f)$ = Función de distribución direccional de la energía del oleaje del espectro direccional.
 $H_{1/3}$ = Altura de ola significativa en cm.
 $T_{1/3}$ = Período de ola significativa en seg.
 f = $\frac{1}{T}$; frecuencia de ola en seg^{-1} .
 S = $S_{\text{máx.}} \cdot (f/f_p)^5$; cuando $f \leq f_p$
 S = $S_{\text{máx.}} \cdot (f/f_p)^{-2.5}$; cuando $f \geq f_p$
 f_p = $1/(1.05 T_{1/3})$
 f_p = Frecuencia pico del espectro frecuencial

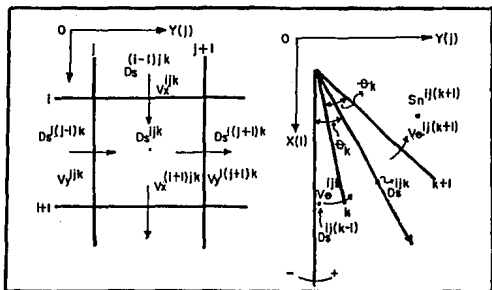


Fig. 5.1 Sistema coordinado y arreglo de variables

Si se define el sistema coordenado indicado en la Fig. 5.1, y se consideran las variables indicadas en la misma figura, la ec. (5.6) se expresa como sigue:

$$\frac{D_s^{ijk} V_x^{(i+1)jk} - D_s^{(i-1)jk} V_x^{ijk}}{\Delta x} + \frac{D_s^{ijk} V_y^{i(j+1)k} - D_s^{i(j-1)k} V_y^{ijk}}{\Delta y} + \frac{D_s^{ijk} V_0^{ij(k+1)} - D_s^{ij(k-1)} V_0^{ijk}}{\Delta \theta_k} = -(\epsilon'_b + \epsilon'_z) D_s^{ijk}$$

Al hacer operaciones y simplificando la ecuación anterior resulta:

$$\therefore A_1 D_s^{ijk} + A_2 D_s^{i(j-1)k} + A_3 D_s^{i(j+1)k} + A_4 D_s^{ij(k-1)} + A_5 D_s^{ij(k+1)} = -B D_s^{(i-1)jk} \quad (5.11)$$

Si el oleaje se dirige siempre hacia la costa, V_x es siempre mayor que cero, y los coeficientes de la ec. (5.6) se expresan como sigue:

$$A_1 = \frac{V_x^{(i+1)jk}}{\delta x} + \epsilon'_b \quad + \left\{ \begin{array}{l} \frac{V_y^{i(j+1)k}}{\delta y} \dots \dots \text{(cuando } V_y > 0) \\ -\frac{V_y^{ijk}}{\delta y} \dots \dots \text{(cuando } V_y < 0) \end{array} \right\}$$

$$B = -\frac{V_x^{iix}}{\delta x} \quad (5.17)$$

$$+ \left\{ \begin{array}{ll} \frac{V_0^{ij(k+1)}}{\delta \theta_k} & ; \text{ cuando } (V_0^{ijk} \geq 0) \\ 0 & ; \text{ cuando } (V_0^{ijk} \geq 0, V_0^{ij(k+1)} < 0) \\ \frac{(V_0^{ij(k+1)} - V_0^{ijk})}{\delta \theta_k} & ; \text{ cuando } (V_0^{ijk} < 0, V_0^{ij(k+1)} \geq 0) \\ -\frac{V_0^{ijk}}{\delta \theta_k} & ; \text{ cuando } (V_0^{ijk} < 0, V_0^{ij(k+1)} < 0) \end{array} \right\} \quad (5.12)$$

$$A_2 = \left\{ \begin{array}{ll} -\frac{V_y^{ijk}}{\delta y} & (V_y \geq 0) \\ 0 & (V_y < 0) \end{array} \right\} \quad (5.13)$$

$$A_3 = \left\{ \begin{array}{ll} 0 & (V_y \geq 0) \\ \frac{V_y^{i(j+1)k}}{\delta y} & (V_y < 0) \end{array} \right\} \quad (5.14)$$

$$A_4 = \left\{ \begin{array}{ll} -\frac{V_0^{ijk}}{\delta \theta_k} & (V_0^{ijk} \geq 0) \\ 0 & (V_0^{ijk} < 0, V_0^{ij(k+1)} \geq 0) \\ 0 & (V_0^{ijk} < 0, V_0^{ij(k+1)} < 0) \end{array} \right\} \quad (5.15)$$

$$A_5 = \left\{ \begin{array}{ll} 0 & (V_0^{ijk} \geq 0) \\ 0 & (V_0^{ijk} < 0, V_0^{ij(k+1)} \geq 0) \\ \frac{V_0^{ij(k+1)}}{\delta \theta_k} & (V_0^{ijk} < 0, V_0^{ij(k+1)} < 0) \end{array} \right\} \quad (5.16)$$

Si las coordenadas en la dirección Y , y del ángulo K varían de 1 a J y de 1 a K respectivamente, para calcular los espectros sobre alguna coordenada de X , para cada frecuencia habrá que resolver las ecuaciones resultantes con $J * K$ variables incógnitas. Por lo tanto, si el espectro frecuencial se divide en N frecuencias, y las coordenadas en la dirección X , varían de 1 a I , dichas ecuaciones tendrán que resolverse $N * I$ veces.

El coeficiente de pérdida de energía por rompiente se calcula suponiendo que la distribución de las alturas de ola corresponde con la distribución de Rayleigh en la rompiente.

Si las alturas de ola rompientes en la entrada y en la salida de cada cuadro de la malla de discretización se definen por H_{b1} y H_{b2} respectivamente, de conformidad con la Fig. 5.2, la pérdida de energía en la rompiente " E_b ", expresada como la relación de la energía del oleaje que sale por un cuadro de la malla respecto a la energía del oleaje que entra por dicho cuadro se calcula con la siguiente ecuación:

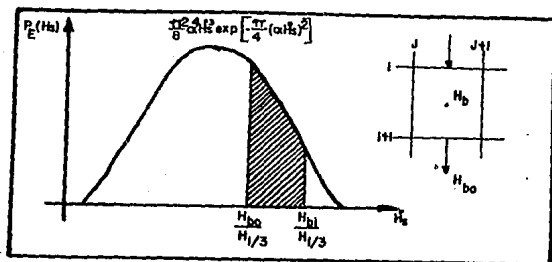


Fig. 5.2 Distribución de Rayleigh en la rompiente y su relación con las alturas de olas que entran y salen en un cuadro de la malla de discretización.

$$E_b = 1 - \frac{1 - \left[1 + \frac{\pi}{4} (\alpha H_{b0}/H_{1/3})^2 \right] \exp\left[-\frac{\pi}{4} (\alpha H_{b0}/H_{1/3})^2\right]}{1 - \left[1 + \frac{\pi}{4} (\alpha H_{b1}/H_{1/3})^2 \right] \exp\left[-\frac{\pi}{4} (\alpha H_{b0}/H_{1/3})^2\right]} \quad (5.18)$$

Donde:

$$\alpha = H_{1/3}/\bar{H}$$

$H_{1/3}$ = Altura de ola significativa, en m.

\bar{H} = Altura de ola media, en m.

El cálculo de H_{b1} y H_{b0} se realiza con la fórmula de Goda expresada como sigue:

$$H_b = A L_o \left\{ 1 - \exp\left[-1.5 \frac{\pi \bar{H}}{L_o} (1 + 15 \beta^{4/3})\right] \right\}; \text{ cuando } \beta \geq 0 \quad (5.19)$$

$$H_b = A L_o \left\{ 1 - \exp\left[-1.5 \frac{\pi \bar{H}}{L_o}\right] \right\}; \text{ cuando } \beta < 0 \quad (5.20)$$

Donde L_o es la longitud del oleaje en aguas profundas, \bar{H} la Profundidad promedio, A es un Coeficiente igual a 0.17 según Goda y β es la pendiente del fondo del mar que se calcula con la siguiente fórmula:

$$\beta = \beta_x \cos \bar{U} + \beta_y \operatorname{sen} \bar{U}$$

Donde β_x es la pendiente del fondo del mar en la dirección x , β_y es la pendiente del fondo del mar en la dirección y , \bar{U} es la dirección promedio del oleaje.

En el cálculo numérico, el coeficiente de pérdida de energía del oleaje por rompiente (por unidad de tiempo) se realiza utilizando la siguiente ecuación:

$$\epsilon_b' = E_b C / \sqrt{\Delta X \Delta Y} \quad (5.21)$$

Donde:

- C = Celeridad del oleaje, en m/s .
 ΔX = Abertura de la malla en la dirección x , en m .
 ΔY = Abertura de la malla en la dirección y , en m .

El efecto de la disipación gradual del oleaje debido a los efectos viscosos del fluido es despreciable en aguas profundas, no siendo así en la zona de aguas someras, donde una parte de la energía del oleaje se transforma en calor debido a la fricción del fondo, este efecto se considera en el modelo numérico mediante el tratamiento de **Bretschneider** quien definiendo dos secciones 1 y 2 separadas una distancia ΔX , y considerando una profundidad uniforme (ver Fig. 5.3) encontró la siguiente ecuación para calcular la pérdida de energía del oleaje por la fricción del fondo :

$$K_f = \frac{1}{PFR} = \frac{H_2}{H_1} \left[1 + \frac{64}{2} \frac{\pi^3}{g^2} \frac{f H_1 \Delta X}{L^2} \left(\frac{h}{T^2} \right) \frac{Ks^2}{\sinh^3(2\pi h/L)} \right]^{-1} \quad (5.22)$$

(5.22)

Donde:

- K_f = Pérdida de energía del oleaje por la fricción del fondo.
 H_2 = Altura de ola en la sección 2, en m .
 H_1 = Altura de ola en la sección 1, en m .
 g = Aceleración de la gravedad, en m/s^2 .
 ΔX = Distancia entre las secciones 1 y 2, en m .
 h = Profundidad promedio entre las secciones 1 y 2, en m .
 L = Longitud del oleaje, en m .
 T = Período del oleaje, en seg .
 f = Factor de fricción del fondo del mar, cuyo valor estándar varía de 0.01 a 0.02 para un fondo cubierto con una capa permeable de sedimentos con espesor mayor de 0.3 veces la longitud de la ola (Horikawa).

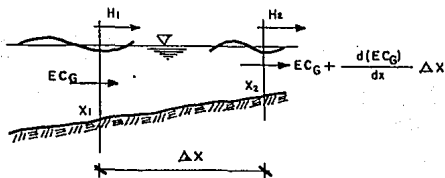


Fig. 5.3 Disipación de la energía del oleaje por la fricción del fondo.

En la figura anterior, E es la energía total del oleaje y C_g es la celeridad de grupo del oleaje, el resto de las variables indicadas ya fueron definidas con anterioridad.

Si la ec. (5.22) se escribe como sigue:

$$H_2 = \frac{H_1}{PFR} \quad (5.23)$$

La pérdida de energía por fricción del fondo, expresada como la relación de la diferencia de las energías del oleaje en las secciones 1 y 2 respecto a la energía de la sección 1, se expresa como sigue:

$$E_f = \frac{H_1^3 - H_2^3}{H_1^3} = \frac{(H_1)^3 - \left(\frac{H_1}{PFR}\right)^3}{(H_1)^3} = 1 - \frac{1}{(PFR)^3}$$

En el cálculo numérico, el coeficiente de pérdida de energía del oleaje debido al efecto de la fricción del fondo (por unidad de tiempo) se realiza con la siguiente ecuación:

$$E_f' = \frac{E_f C}{\sqrt{\Delta X \Delta Y}} \quad (5.25)$$

Después de haberse calculado los valores de D_{mn}^{ijk} , $H_{1/3}$, $H_{máx}$, $T_{1/3}$ y de la dirección del oleaje θ , las características del oleaje en el centro de cada cuadro de la malla, se calculan con las siguientes ecuaciones, utilizando los valores de la energía del oleaje previamente calculados:

$$\begin{aligned} H_{1/3} &= 4.0 \sqrt{M_0} \\ H_{máx} &= \min \{ h_b, 1.8 H_{1/3} \} \\ T_{1/3} &= T_{0,1/3} \cdot (\bar{T}/\bar{T}_0) ; \text{ con } \bar{T} = \sqrt{M_0/M_2} \\ \theta &= \sum_{n=1}^N \sum_{k=1}^N \theta_k D_n^{ijk} / M_0 \end{aligned}$$

Donde:

$$M_0 = \sum_{n=1}^N \sum_{k=1}^N D_{mn}^{ijk}.$$

$T_{0,1/3}$ = Período significativo del oleaje en aguas profundas.

$$M_2 = \sum_{n=1}^N \sum_{k=1}^N f n^2 D_{mn}^{ijk}.$$

\bar{T}_0 = Período del oleaje en aguas profundas.

$\min\{a,b\}$: a ; cuando $\leq b$
 : b ; cuando $\geq b$

El cálculo numérico de la refracción se desarrolla utilizando las ecuaciones antes descritas como sigue:

- Para el cálculo de la distribución espacial de las alturas y direcciones del oleaje en cada nodo se utiliza la ec. (5.5).
- La energía de cada componente del oleaje (D_n) se obtiene con la ec. (5.6).
- La energía total del oleaje se calcula con la ec. (5.8).
- El cálculo de los espectros frecuencial y direccional se calculan con las ecs. (5.9) y (5.10), respectivamente.

- e) Al considerar las variables indicadas en la Fig. (5.5), de la ec. (5.6) se obtiene la ec. (5.11), que es con la que se realiza el cálculo de la energía del oleaje.
- f) El coeficiente de pérdida de energía por rompimiento (E_b), se calcula suponiendo que la distribución de las alturas de ola corresponden con la distribución de Rayleigh y por la ec. (5.18).
- g) El cálculo numérico del coeficiente de pérdida de energía del oleaje debido al efecto de fricción se realiza con la ec. (5.25).
- h) Con los valores de D_{sa}^{ijk} , $H_{1/3}$, $H_{máx}$, $T_{1/3}$ y θ , las características del oleaje en el centro de cada celda de la malla, se calculan las ecuaciones presentadas en la página 50 de este capítulo.
- i) Cabe mencionar que, si las coordenadas en la dirección Y , y del ángulo K varían de 1 a J y de 1 a K respectivamente, para calcular los espectros sobre alguna coordenada de X , para cada frecuencia habrá que resolver las ecuaciones resultantes con $J * K$ variables incógnitas. Por lo tanto, si el espectro frecuencial se divide en M frecuencias, y las coordenadas en la dirección X , varían de 1 a I , dichas ecuaciones tendrán que resolverse $N * I$ veces.

5.3.2 Malla de profundidades

El cálculo numérico de la distribución espacial de las alturas y direcciones del oleaje (refracción del oleaje), se realizó tomando en consideración la zona de estudio, quedando así definidas en el modelo numérico 3 mallas de discretización de las profundidades, la primera malla con una abertura de 1200 m. por lado iniciándose desde la profundidad de 105 m, la segunda malla con una abertura de 600 m. por lado y la tercer malla con una abertura de 300 m. por lado. La disposición de las mallas de discretización utilizadas en el modelo numérico de refracción de oleaje se muestran en la Fig. 5.4.

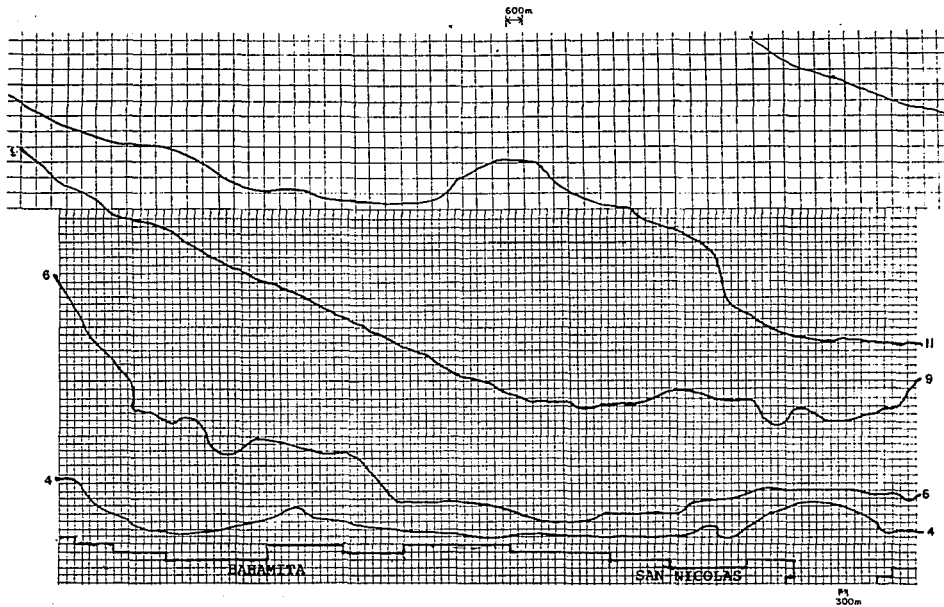


Fig. 5.4 Disposición de las mallas de discretización para el cálculo de la refracción del oleaje

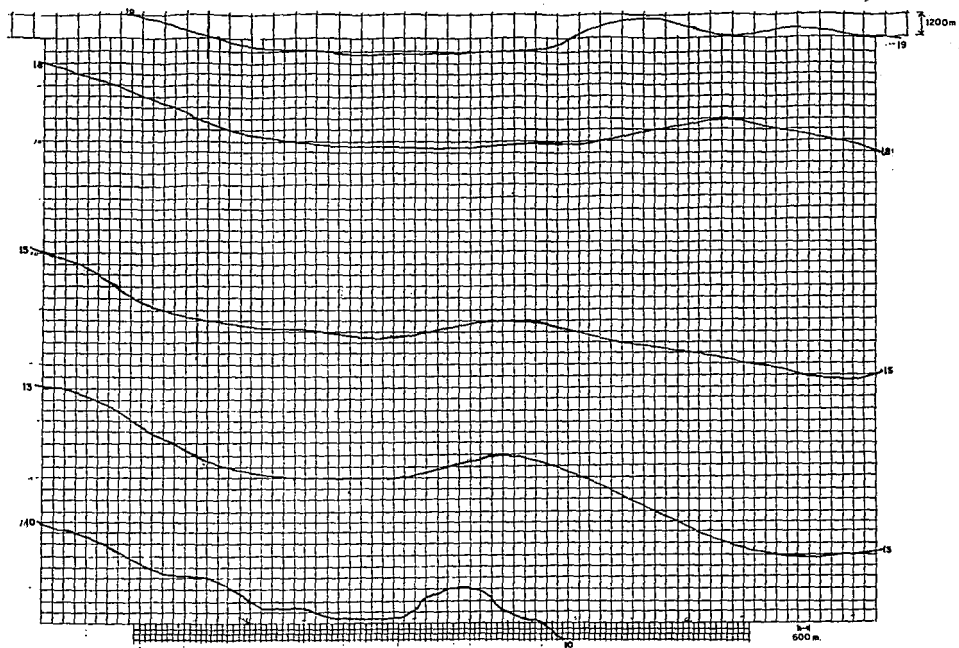


Fig. 5.4a Continuación de las mallas de discretización

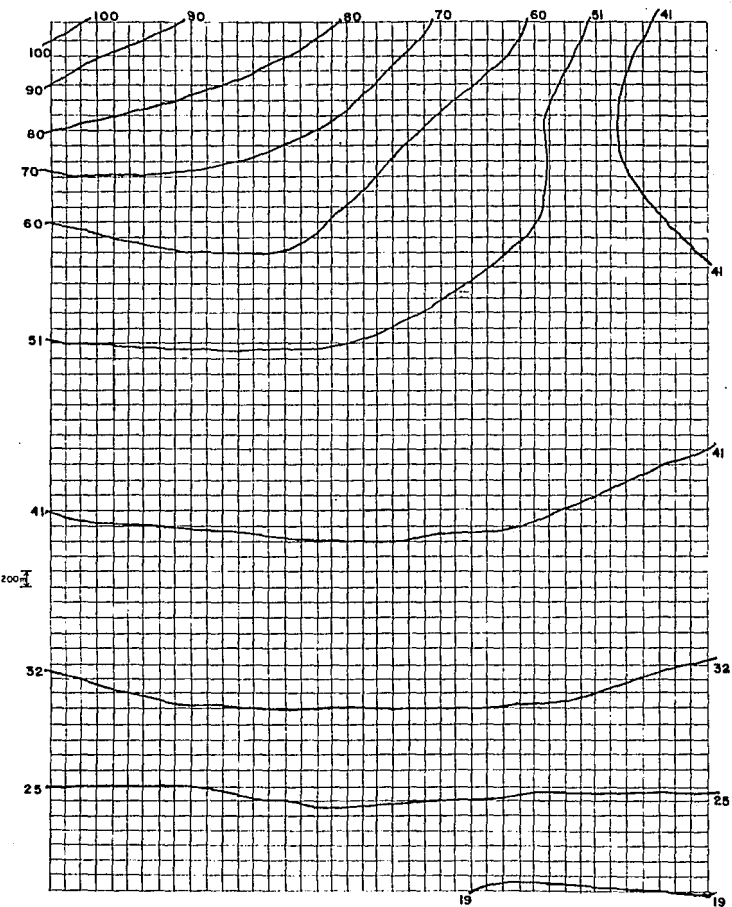


Fig. 5.4b Continuación de las mallas de discretización

5.3.3 Condiciones de la modelación

La modelación matemática de la refracción del oleaje de la zona de aguas profundas a la zona de estudio, se realizó con las condiciones de oleaje normal y ciclonico indicadas en la Tabla 5.4.

DIRECCIONES DEL OLAJE	CONDICION DEL OLAJE	ALTURA (m)	PERIODO (m)
NORTE	NORMAL	1	5.0
		1	6.5
		1	8.5
		1	10.5
		1	12.5
		1	16.5
N 30° E	NORMAL	1	5.0
		1	6.5
		1	8.5
		1	10.5
		1	12.5
		1	14.5
N 60°W	NORMAL	1	5.0
		1	6.5
		1	8.5
		1	10.5
		1	12.5
		1	14.5
N 30° W	NORMAL	1	5.0
		1	6.5
		1	8.5
		1	10.5
		1	12.5
		1	16.5
N 60° E	NORMAL	1	5.0
		1	6.5
		1	8.5
		1	10.5
		1	12.5
		1	16.5
OESTE	NORMAL	1	5.0
		1	6.5
		1	8.5
		1	10.5
		1	12.5
		1	14.5

DIRECCION DEL OLEAJE	CONDICION DEL OLEAJE	ALTURA (m)	PERIODO (seg)
-70°	CICLONICO	4.68	14.32

Tabla 5.4 Condiciones para la modelación matemática de la refracción.

5.3.4 Resultados

Los resultados abarcan las alturas y direcciones del oleaje en el centro de los cuadros de las tres mallas de cálculo definidas con anterioridad. con la finalidad de visualizar los resultados obtenidos, la distribución espacial del oleaje se representó mediante los vectores oleaje, definiendo las magnitudes y las direcciones de dichos vectores, con los vectores de las alturas y direcciones del oleaje obtenidas en la simulación numérica respectivamente.

Considerando lo anterior, en las Figs 5.5 a 5.42 se muestran las distribuciones espaciales del oleaje representados con los vectores oleaje, para mayor claridad en la interpretación de los resultados obtenidos, se amplió la escala de la tercer malla de cálculo, la cual abarca la zona de estudio.

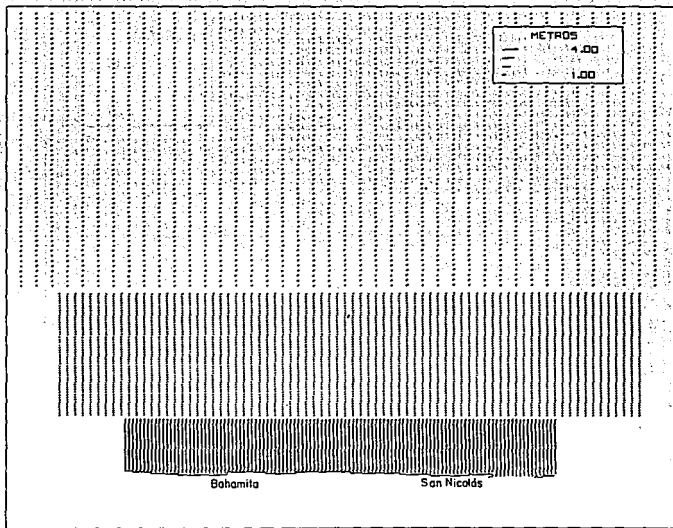


Fig. 5.5 Distribución espacial del oleaje representada por los vectores oleaje en las tres mallas de cálculo para la dirección Norte, $T = 6.5$ s. y $H_0 = 1.0$ m.

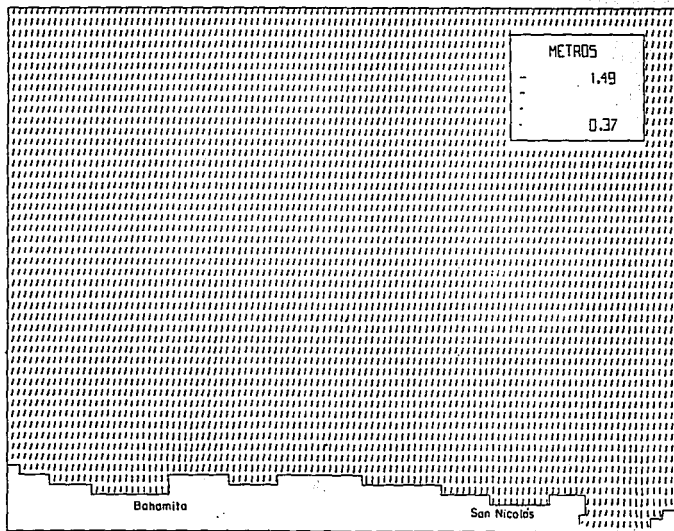


Fig. 5.6 Distribución espacial del oleaje representada por los vectores oleaje en la tercer malla de cálculo para la dirección Norte, $T = 6.5$ s. y $H_0 = 1.0$ m.

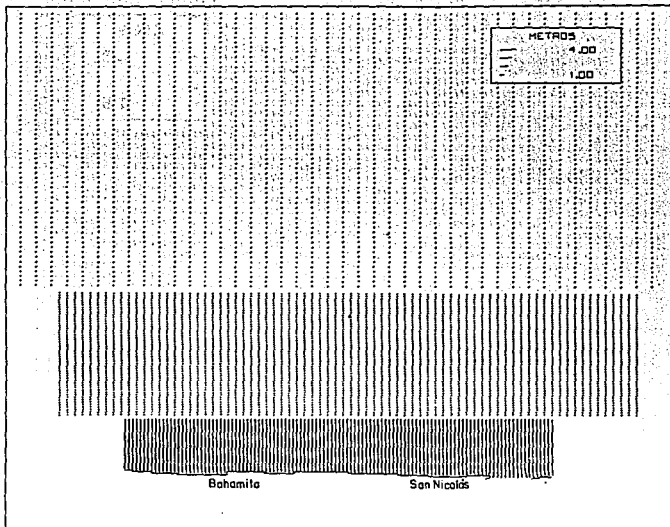


Fig. 5.7 Distribución espacial del oleaje representada por los vectores oleaje en las tres mallas de cálculo para la dirección Norte, $T = 10.5$ s. y $H_s = 1.0$ m.

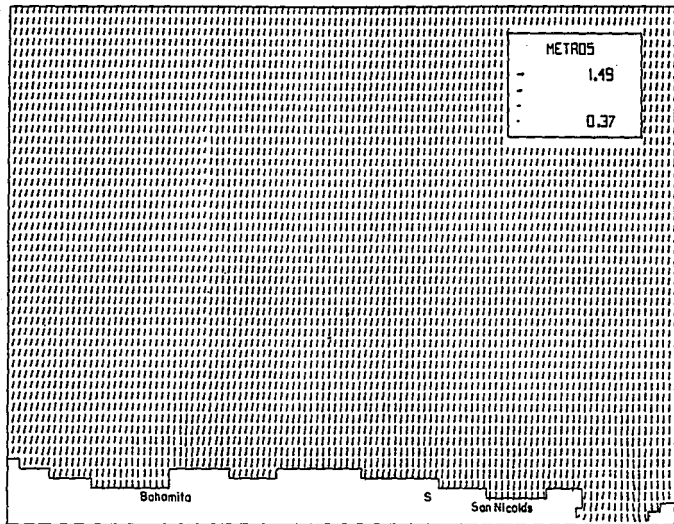


Fig. 5.8 Distribución espacial del oleaje representada por los vectores oleaje en la tercer malla de cálculo para la dirección Norte, $T = 10.5$ s. y $H_s = 1.0$ m.

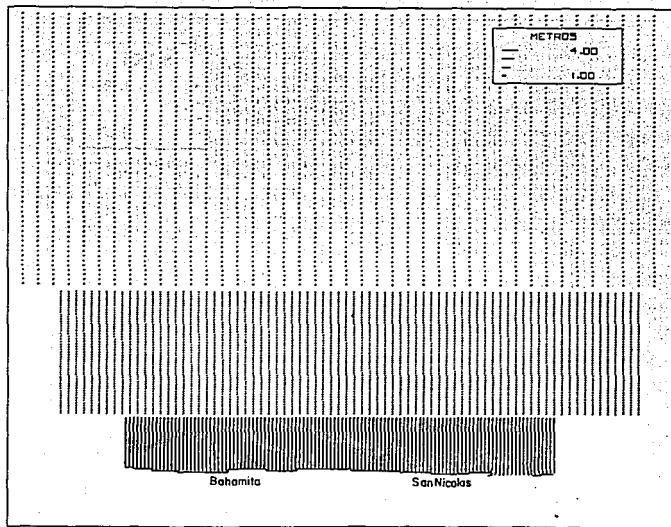


Fig. 5.9 Distribución espacial del oleaje representada por los vectores oleaje en las tres mallas de cálculo para la dirección Norte, $T = 16.5$ s. y $H_0 = 1.0$ m.

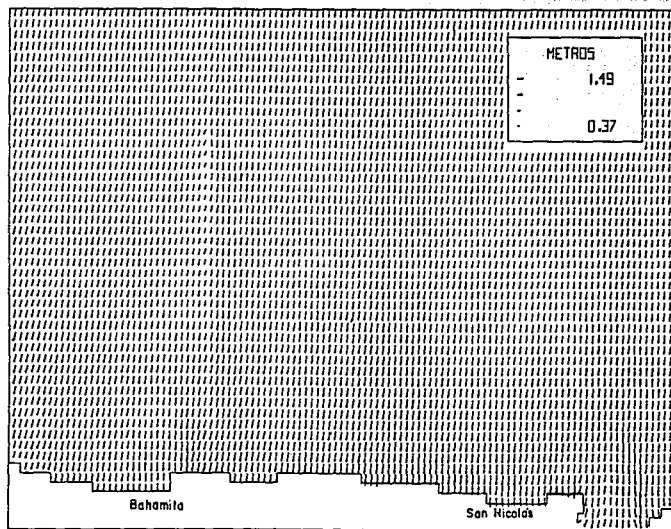


Fig. 5.10 Distribución espacial del oleaje representada por los vectores oleaje en la tercer malla de cálculo para la dirección Norte, $T = 10.5$ s. y $H_s = 1.0$ m.

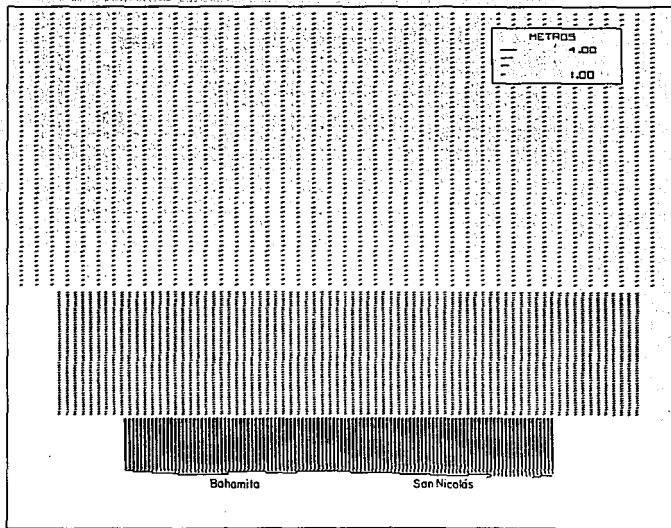


Fig. 5.11 Distribución espacial del oleaje representada por los vectores oleaje en las tres
 mallas de cálculo para la dirección $N 30^{\circ} E$, $T = 6.5$ s. y $H_0 = 1.0$ m.

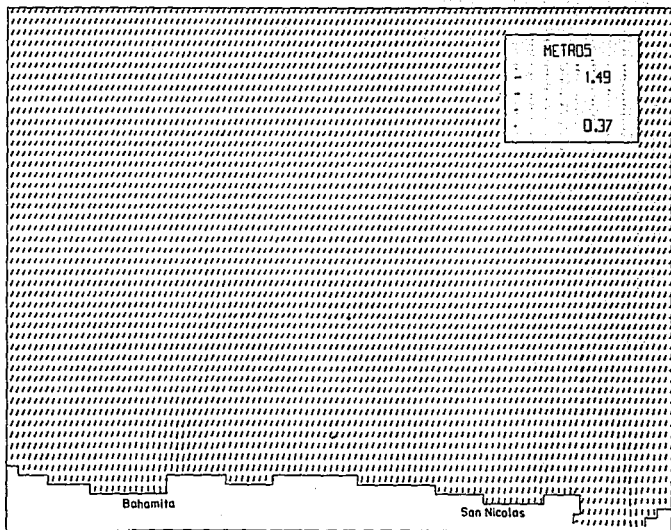


Fig 5.12 Distribución espacial del oleaje representada por los vectores oleaje en la tercer malla de cálculo para la dirección $N 30^{\circ} E$, $T = 6.5$ s. y $H_s = 1.0$ m.

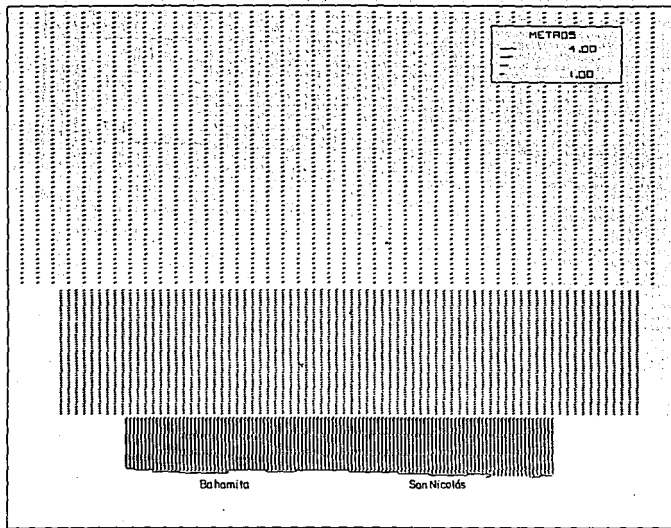


Fig 5.13 Distribución espacial del oleaje representada por los vectores oleaje en las tres mallas de cálculo para la dirección N 30° E, T = 10.5 y $H_0 = 1.0$ m.

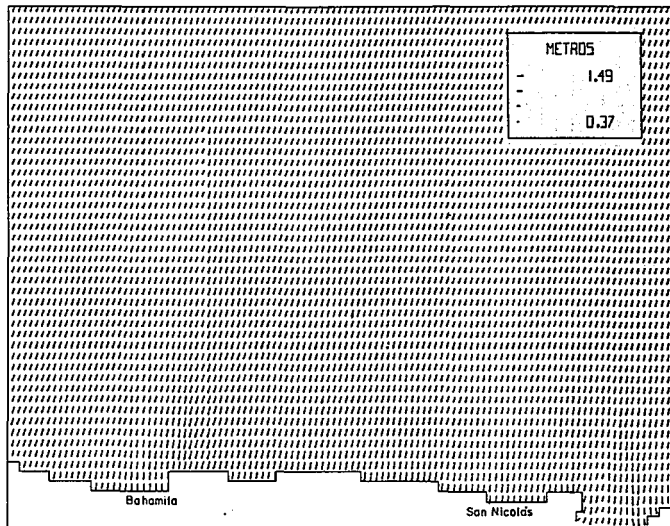


Fig. 5.14 Distribución espacial del oleaje representada por los vectores oleaje en las tercer malla de cálculo para la dirección $N 30^{\circ} E$, $T = 10.5$ m. y $T_0 = 1.0$ m.

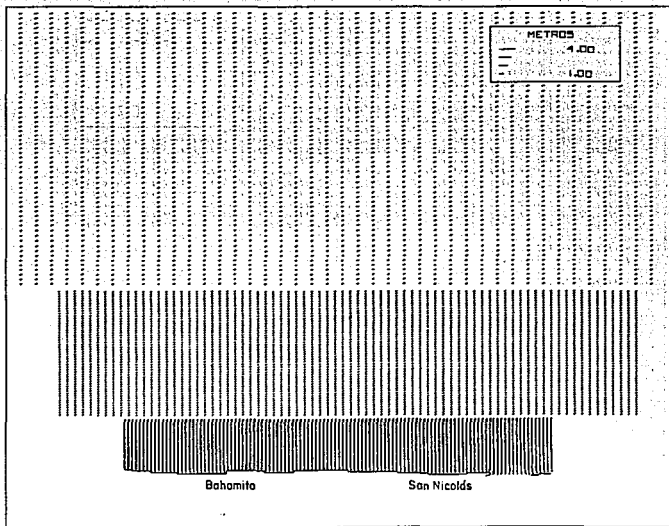


Fig. 5.15 Distribución espacial del oleaje representada por los vectores oleaje en las tres mallas de cálculo para la dirección N 30° E, T = 14.5 s. y $H_0 = 1.0$ m.

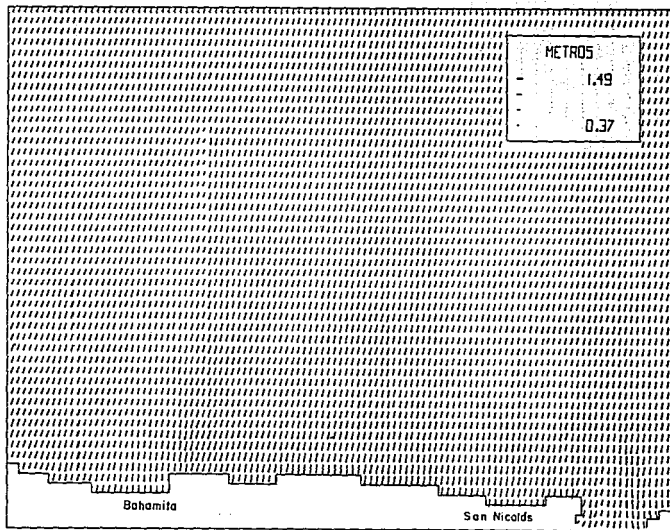


Fig. 5.16 Distribución espacial del oleaje representada por los vectores oleaje en la tercer malla de cálculo para la dirección $N 30^{\circ} E$, $T = 14.5$ s. y $H_0 = 1.0$ m.

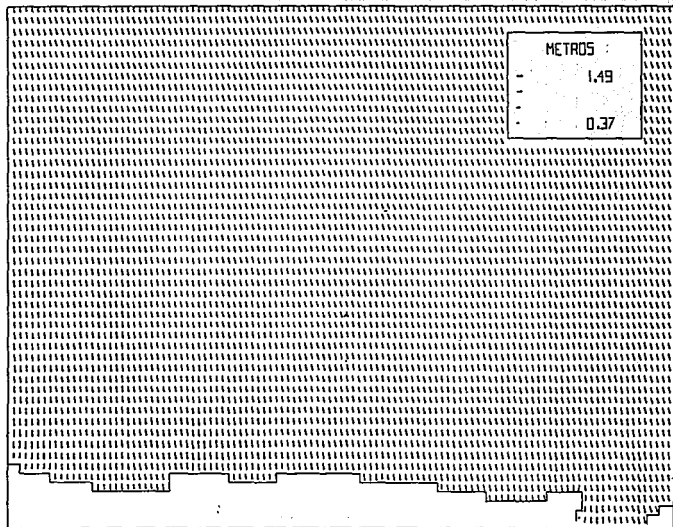


Fig. 5.18 Distribución espacial del oleaje representada por los vectores oleaje en la tercer malla de cálculo para la dirección $N 60^\circ W$, $T = 6.5$ s. y $H_0 = 1.0$ m.

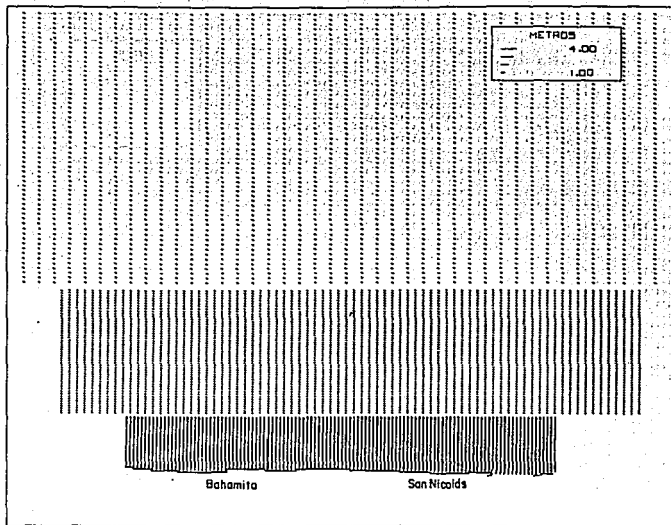


Fig. 5.17 Distribución espacial del oleaje representada por los vectores oleaje en las tres
 mallas de cálculo para la dirección $N 60^{\circ} W$, $T = 6.5$ s. y $H_s = 1.0$ m.

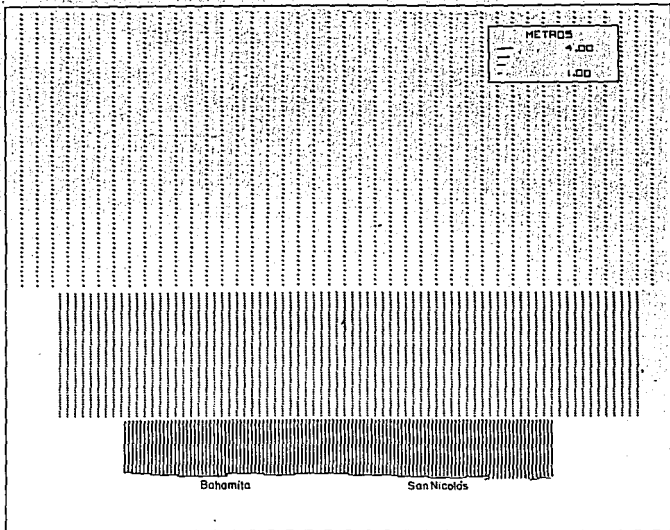


Fig. 5.19 Distribución espacial del oleaje representada por los vectores oleaje en las tres mallas de cálculo para la dirección N 60° W, T = 10.5 s. y $H_0 = 1.0$ m.

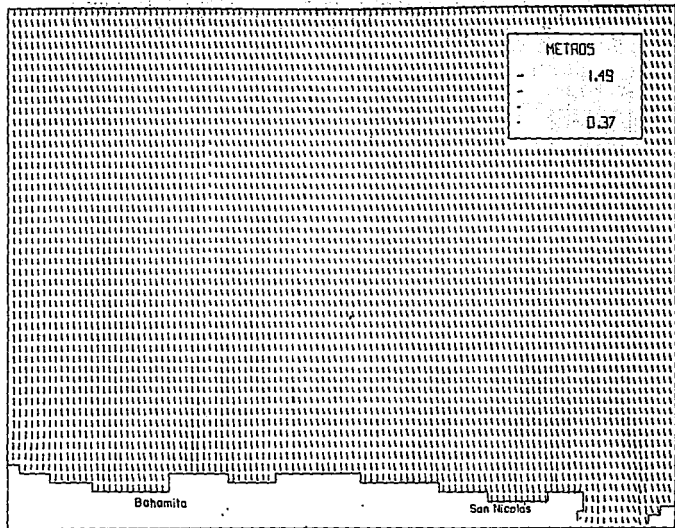


Fig. 5.20 Distribución espacial del oleaje representada por los vectores oleaje en la tercer malla de cálculo para la dirección $N 60^{\circ} W$, $T = 10.5$ s. y $H_s = 1.0$ m.

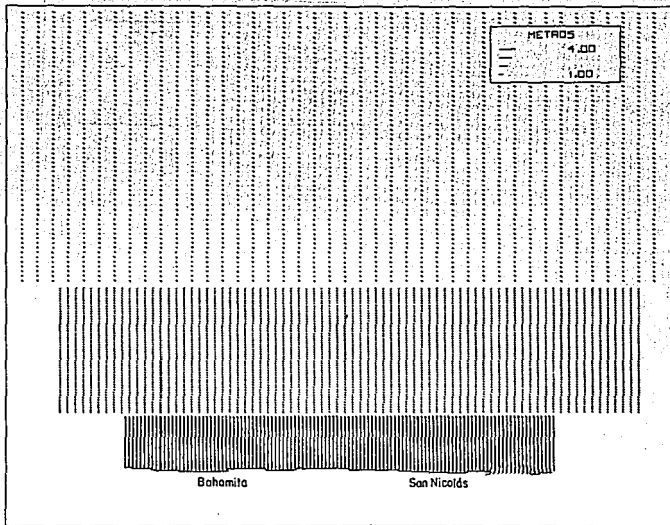


Fig. 5.21 Distribución espacial del oleaje representada por los vectores oleaje en las tres mallas de cálculo para la dirección N 60° W, T = 16.5 s. y H₀ = 1.0 m.

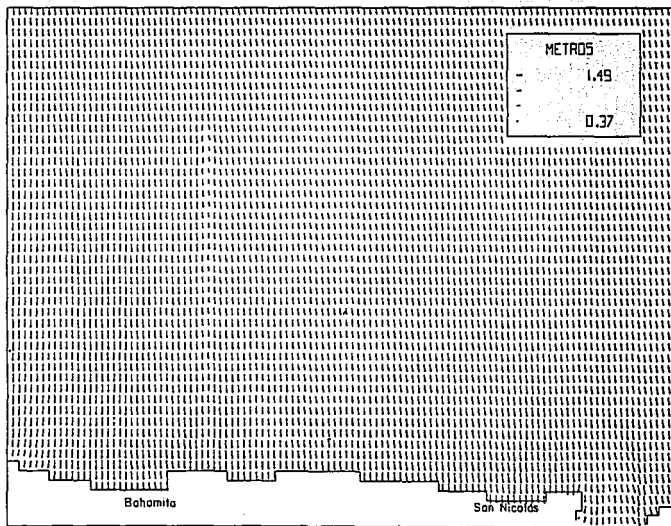


Fig. 5.22 Distribución espacial del oleaje representada por los vectores oleaje en la tercer malla de cálculo para la dirección $N 60^\circ W$, $T = 10.5$ s. y $H_o = 1.0$ m.

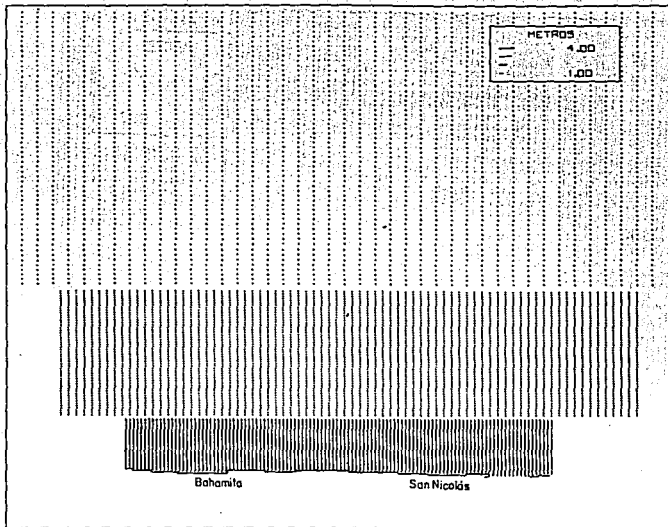


Fig. 5.23 Distribución espacial del oleaje representada por los vectores oleaje en las tres mallas de cálculo para la dirección $N 30^\circ W$, $T = 6.5$ s. y $H_0 = 1.0$ m.

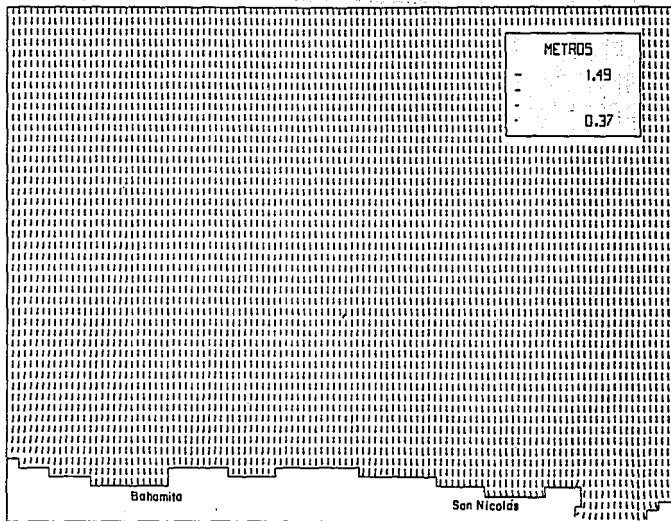


Fig. 5.24 Distribución espacial del oleaje representada por los vectores oleaje en la tercer malla de cálculo para la dirección $N 30^\circ W$, $T = 6.5$ s. y $H_s = 1.0$ m.

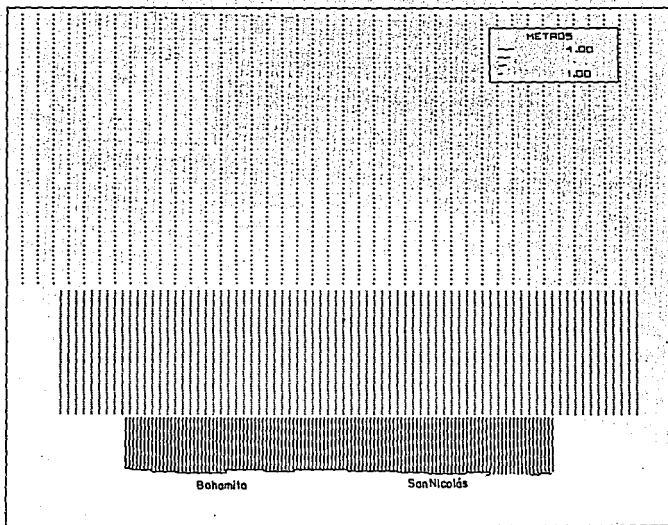


Fig. 5.25 Distribución espacial del oleaje representada por los vectores oleaje en las tres mallas de cálculo para la dirección N 30° W, T = 10.5 s. y $H_0 = 1.0$ m.

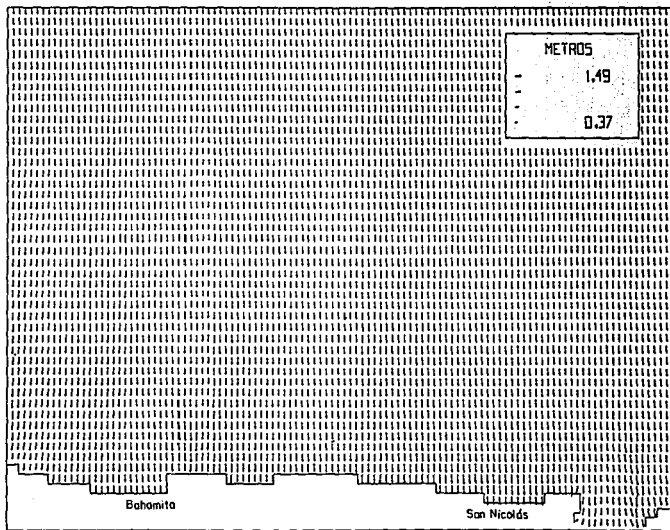


Fig. 5.26 Distribución espacial del oleaje representada por los vectores oleaje en la tercer malla de cálculo para la dirección $N 30^{\circ} W$, $T = 10.5$ s. y $H_s = 1.0$ m.

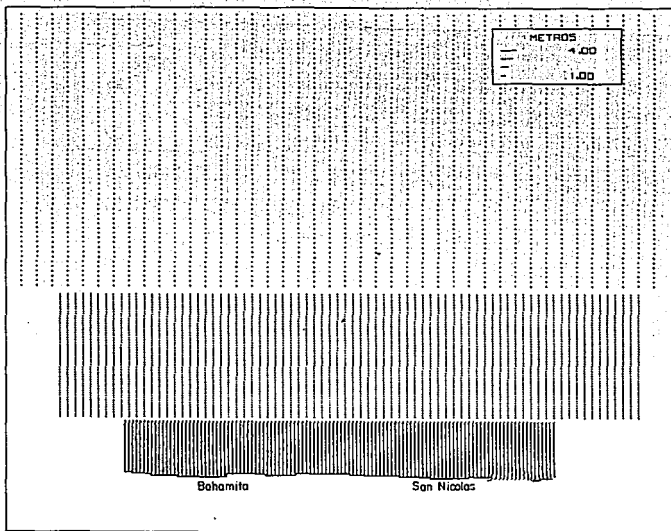


Fig. S.27 Distribución espacial del oleaje representada por los vectores oleaje en las tres mallas de cálculo para la dirección $N 30^{\circ} W$, $T = 16.5$ s. y $H_0 = 1.0$ m.

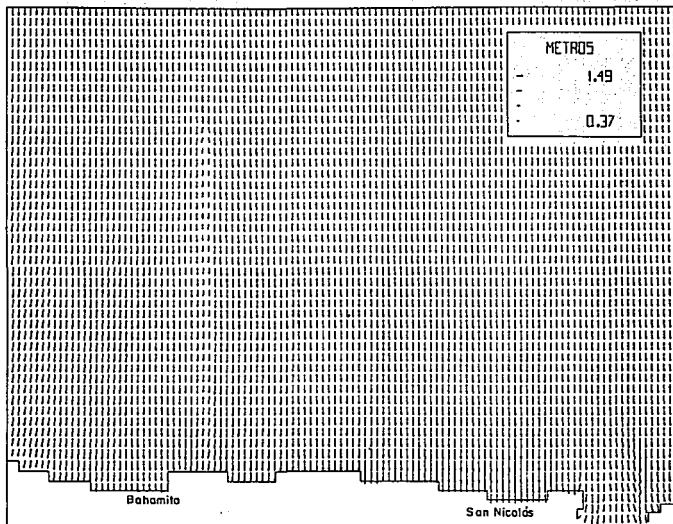


Fig. 5.28 Distribución espacial del oleaje representada por los vectores oleaje en la tercer malla de cálculo para la dirección $N 30^\circ W$, $T = 16.5$ s. y $H_0 = 1.0$ m.

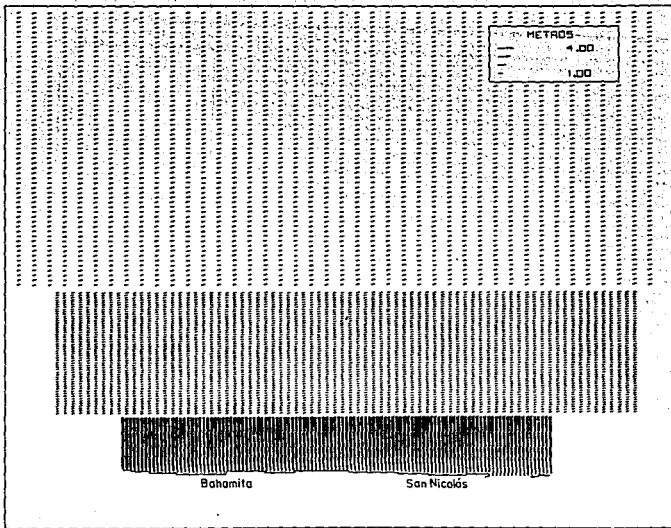


Fig. 5.29 Distribución espacial del oleaje representada por los vectores oleaje en la tres mallas de cálculo para la dirección $N 60^\circ E$, $T = 6.5$ s. y $H_0 = 1.0$ m.

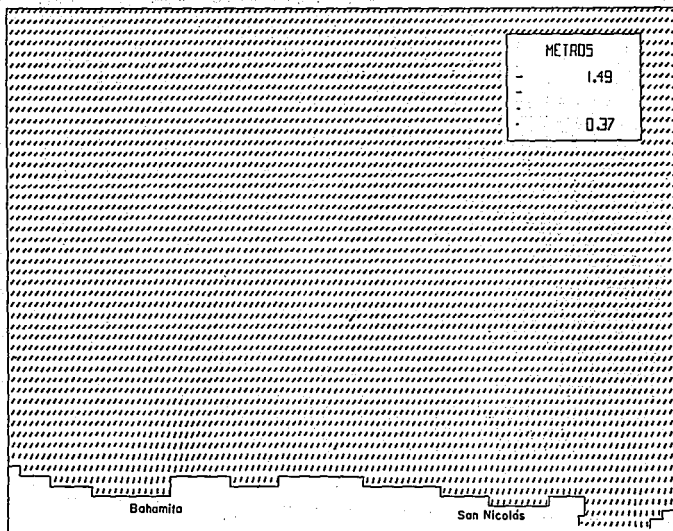


Fig. 5.30 Distribución espacial del oleaje representada por los vectores oleaje en la tercer malla de cálculo para la dirección $N 60^{\circ} E$, $T = 6.5$ s. y $H_0 = 1.0$ m.

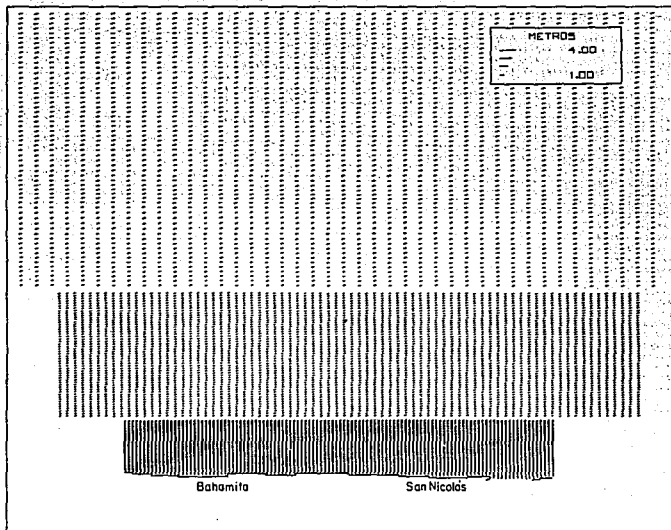


Fig. 5.31 Distribución espacial del oleaje representada por los vectores oleaje en las tres mallas de cálculo para la dirección $N 60^\circ E$, $T = 10.5$ s. y $H_0 = 1.0$ m.

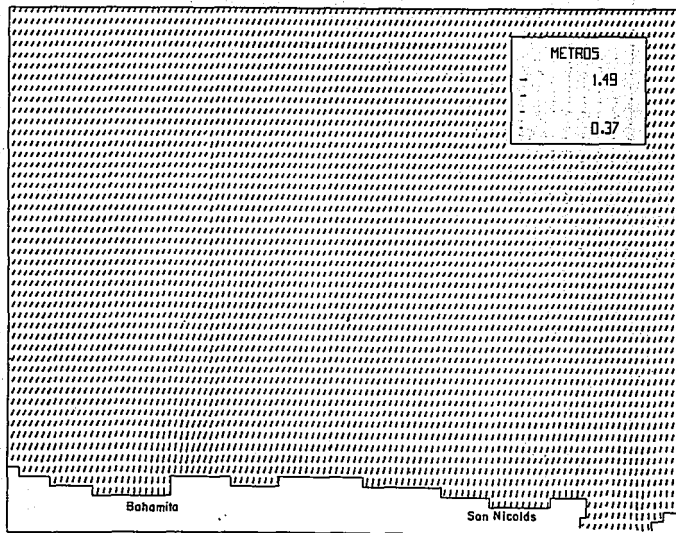


Fig. 5.32 Distribución espacial del oleaje representada por los vectores oleaje en la tercer malla de cálculo para la dirección $N 60^{\circ} E$, $T = 10.5$ s. y $H_s = 1.0$ m.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

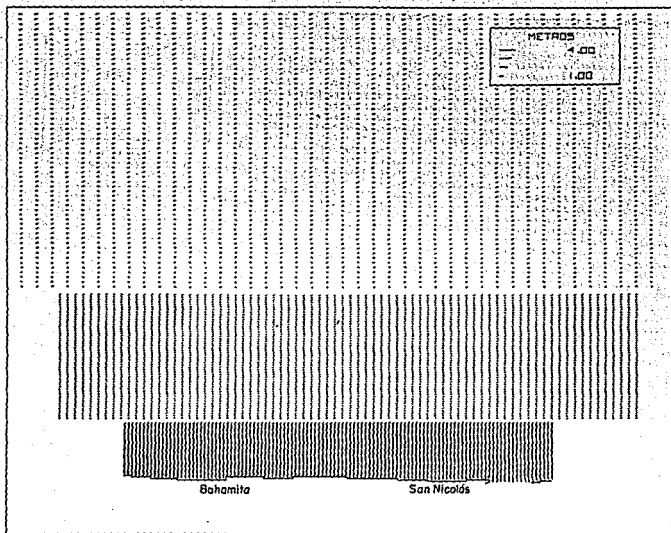


Fig. 5.33 Distribución espacial del oleaje representada por los vectores oleaje en las tres mallas de cálculo para la dirección $N 60^{\circ} E$, $T = 16.5$ s. y $H_s = 1.0$ m.

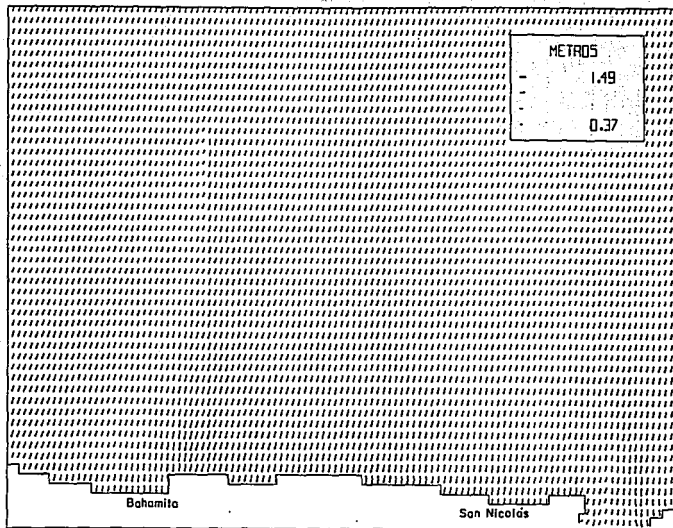


Fig. 5.34 Distribución espacial del oleaje representada por los vectores oleaje en la tercer malla de cálculo para la dirección $N 60^\circ E$, $T = 16.5$ s. y $H_0 = 1.0$ m.

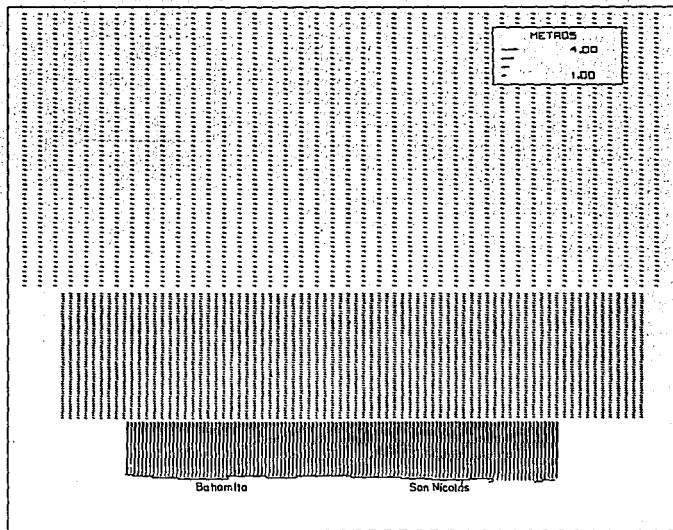


Fig. 5.35 Distribución espacial del oleaje representada por los vectores oleaje en las tres mallas de cálculo para la dirección Oeste, $T = 6.5$ s. y $H_0 = 1.0$ m.

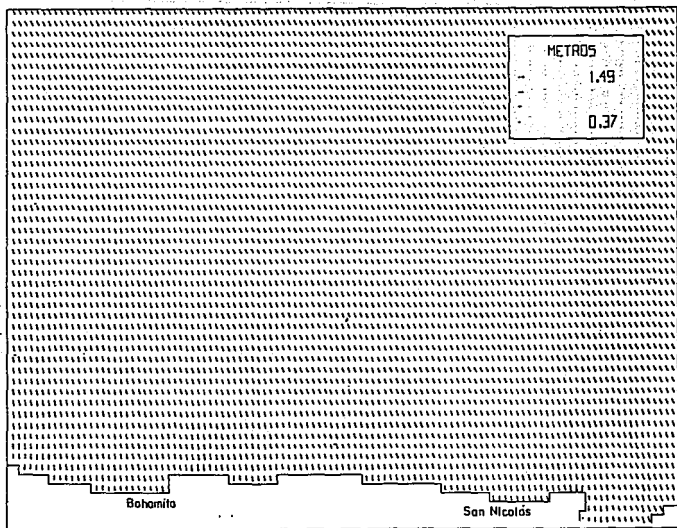


Fig. 5.36 Distribución espacial del oleaje representada por los vectores oleaje en la tercer malla de cálculo para la dirección Oeste, $T = 6.5$ s. y $H_0 = 1.0$ m.

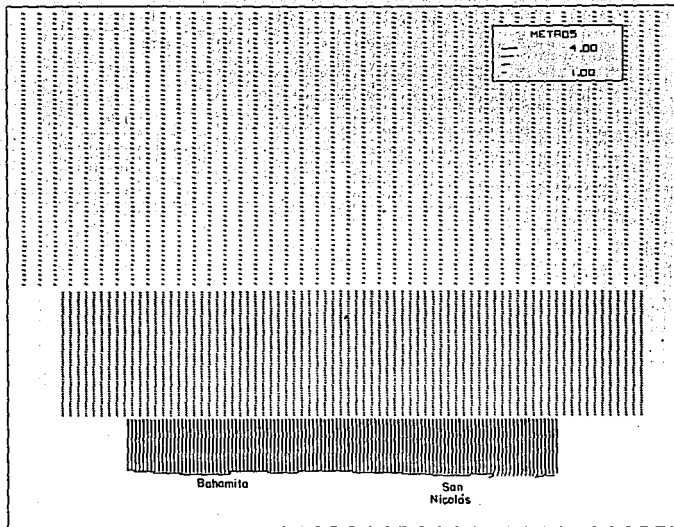


Fig. 5.37 Distribución espacial del oleaje representada por los vectores oleaje en las tres mallas de cálculo para la dirección Oeste, $T = 10.5$ s. y $H_0 = 1.0$ m.

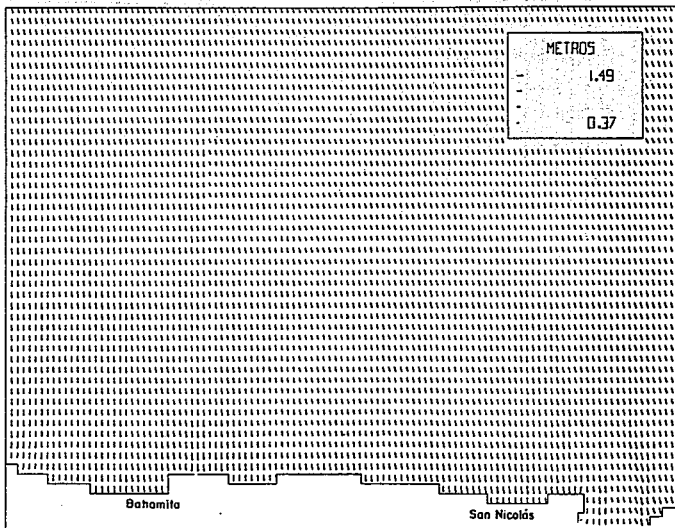


Fig. 5.38 Distribución espacial del oleaje representada por los vectores oleaje en la tercer malla de cálculo para la dirección Oeste, $T = 10.5$ s. y $H_0 = 1.0$ m.

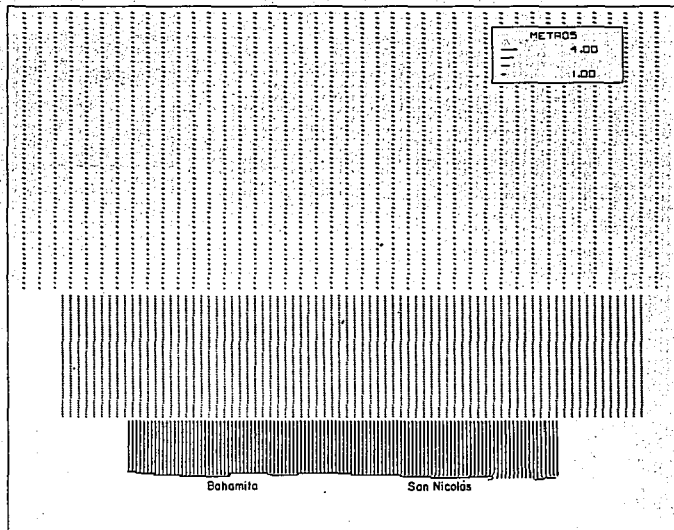


Fig. 5.39 Distribución espacial del oleaje representada por los vectores oleaje en las tres mallas de cálculo para la dirección Oeste, $T = 14.5$ s. y $H_0 = 1.0$ m.

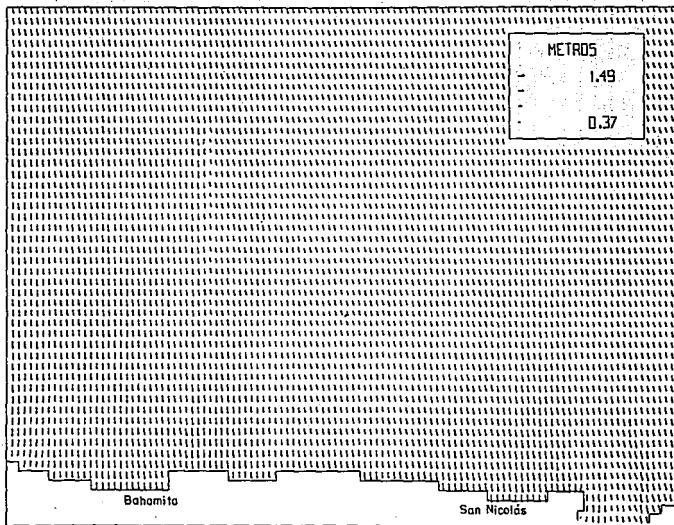


Fig. 5.40 Distribución espacial del oleaje representada por los vectores oleaje en la tercer malla de cálculo para la dirección Oeste, $T = 14.5$ s. y $H_0 = 1.0$ m.

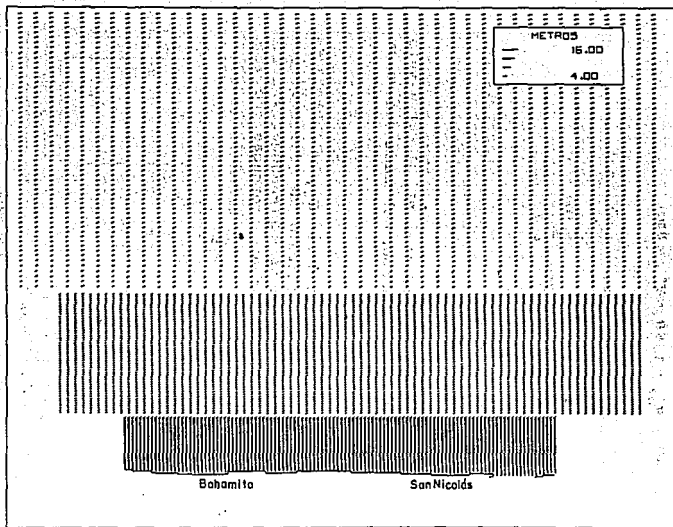


Fig. 5.41 Distribución espacial del oleaje representada por los vectores oleaje en las tres mallas de cálculo para la dirección -70° , $T = 14.32$ s. y $H_o = 4.68$ m.

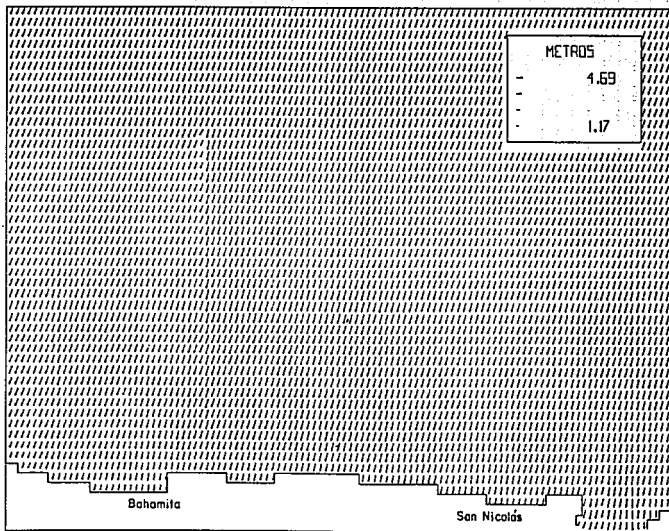


Fig. 5.42 Distribución espacial del oleaje representada por los vectores oleaje en la tercer malla de cálculo para la dirección -70° , $T = 14.32$ s. y $H_s = 4.68$ m.

CAPITULO VI

6. TRANSPORTE LITORAL

En el campo de la ingeniería de costas es de vital importancia evaluar la cantidad y la dirección del transporte de litoral que se mueve en la zona de rompientes.

Para determinar la dirección del transporte litoral, resulta de gran conveniencia investigar en el campo las características correspondientes de la variación de tamaños de los materiales pesados de los sedimentos a lo largo de la costa, así como las configuraciones de la costa alrededor de bocas de ríos y cabos y la configuración de la playa; también las características de los sedimentos alrededor de estructuras construidas y la realización de análisis en gabinete de las componentes a lo largo de la costa, de la potencia de la energía del oleaje.

Los métodos para evaluar la cantidad del transporte litoral a lo largo de la costa se pueden dividir en :

- a) Obras marítimas de calibración o prueba. Dentro de esta clasificación se consideran los espigones de prueba y los dragados de prueba.
- b) Fórmulas empíricas en función de las características del oleaje.
- c) Fórmulas empíricas en función de la energía del oleaje y material de playa.
- d) Fórmulas en función de la corriente litoral.
- e) Uso de trazadores fluorescentes y radioactivos.
- f) Uso de equipos para mediciones directas.

6.1 DIRECCION DEL MOVIMIENTO DE ARENA

Generalmente el movimiento de arena se divide en el componente del movimiento de la arena paralela a la costa y el componente del movimiento de la arena perpendicular a la misma.

Esta clasificación indica los componentes paralela y perpendicular a la costa del movimiento resultante cuando el sedimento se mueve del punto "a" hacia el punto "b" como se muestra en la Fig. 6.1.

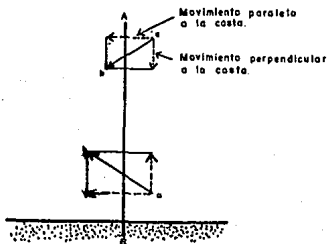


Fig. 6.1 Componentes del movimiento de la arena

La dirección del movimiento resultante al relacionar los componentes del movimiento antes mencionado, tiene mucha relación con la magnitud de los oleajes incidentes, pudiéndose establecer que el movimiento de la arena tendrá una orientación hacia el mar en época de tormentas y una orientación hacia tierra en época de calma con oleajes pequeños.

Los oleajes y las corrientes en la naturaleza varían con el tiempo, resultando como consecuencia una variación de la magnitud del transporte litoral. Pero al considerar un período de tiempo grande (una estación o un año), existirá la posibilidad de entender la orientación predominante del transporte litoral para cada costa, esta orientación se conocerá al investigar en el campo las siguientes características:

- (1) Variación de la composición de tamaños y mineral pesado de los sedimentos a lo largo de la costa.
- (2) Componentes a lo largo de la costa de la potencia del oleaje.

En general, al sumar los componentes a lo largo de la costa de la potencia del oleaje (flujo de energía del oleaje) durante un período grande, la orientación predominante de esa suma coincidirá con la orientación del transporte litoral. Pero en lugares donde la corriente oceánica es fuerte, es necesario tomar en cuenta esta corriente para definir la orientación predominante del transporte litoral.

(3) Configuración de la playa y características de los sedimentos alrededor de estructuras: escolleras, rompeolas, espigones, etc.

Generalmente cerca de una estructura, la línea de playa avanza hacia el mar en el lado de arriba del transporte litoral y retrocede hacia tierra en el lado de abajo del mismo; la pendiente de la cara de la playa se hace más abrupta en el lado de arriba y mas pequeña en el lado de abajo del transporte litoral.

(4) Configuración alrededor de cabos o bocas de ríos.

Si no existen espigones en la boca de los ríos, generalmente la boca presenta una tendencia a desviarse hacia la orientación del transporte litoral tal como se indica en la Fig. 6.2 (a). Esta desviación tiene relación con la orientación del río en la zona aguas arriba y con el caudal del mismo, por lo que en ocasiones la boca del río se desvía en dirección contraria a la del transporte litoral.

Al rededor de cabos, el ancho de la playa es mayor en el lado de arriba del transporte litoral y más pequeño en el lado de abajo del mismo, tal como se indica en la Fig. 6.2 (b).

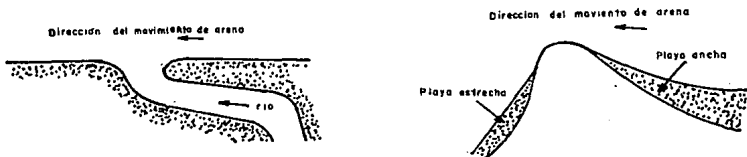


Fig. 6.2 Configuración alrededor de la boca de ríos y cabos

Es difícil o muchas veces se cometen errores graves al decidir la orientación del transporte litoral, mediante la investigación de una o sólo algunas de las características descritas arriba, resultando necesario investigar en la medida de lo posible, todas las características mencionadas.

Generalmente, la orientación del transporte litoral cambia con la estación, resultando peligroso decidir la orientación del mismo, con base en la investigación de las características mencionadas durante una sola campaña estacional.

6.2 CALCULO DE LA CANTIDAD DEL TRANSPORTE LITORAL A LO LARGO DE LA COSTA

En la zona de rompientes, una gran cantidad de arena es transportada por la acción de oleajes y corrientes litorales. Sin embargo en la actualidad, el mecanismo de transporte de arena no se conoce claramente.

Por lo anterior, algunas veces es útil estudiar el mecanismo mediante el modelo conceptual de caja negra, como se indica en la Fig. 6.3; en esta caja negra no es necesario saber qué pasa dentro de ella, resultando necesario conocer unicamente la relación entre lo que entra y lo que sale.

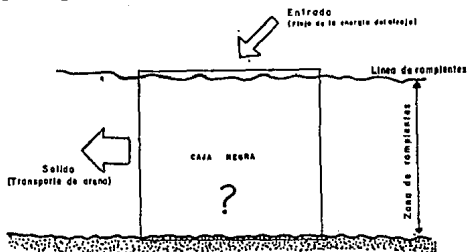


Fig. 6.3 Modelo de caja negra para el transporte litoral a lo largo de la costa.

Lo que sale de la caja negra corresponde a la cantidad de transporte litoral a lo largo de la costa, y lo que entra corresponde a los oleajes. Existen muchos parámetros que representan las características del oleaje, tales como la altura, el período, la esbeltez, la energía del oleaje y su flujo de energía, por que la dicha energía se consume al transportar los materiales del fondo. En adición, el flujo de la energía del oleaje es proporcional al cuadrado de la altura de la ola y a la ocurrencia del mecanismo de corrientes litorales. Por lo anterior, al estudiar la relación de la entrada y salida del modelo de caja negra, dicha relación se puede expresar como sigue:

$$Q = F (P_l)$$

(6.1)

Donde:

- Q : Transporte litoral a lo largo de la costa
- Pl : Componente del flujo de la energía del oleaje a lo largo de la costa
- F : Función

Muchos investigadores han estudiado la relación de la ecuación (6.1) y más concretamente la han expresado como:

$$Q = \alpha Pl^n$$

Donde:

- Q : Transporte litoral que pasa por una sección (área) perpendicular a la línea de costa en un tiempo dado.
- α, n : Coeficientes, cuyo valor se determina mediante mediciones de campo.
- Pl : Parámetro proporcionado por el componente por unidad de ancho a lo largo de la costa, de la energía del oleaje que se transporta en un tiempo dado.

Tomando como referencia la Fig. 6.4, la energía de una ola significativa en la rompiente, que se transporta por una unidad de ancho de cresta de oleaje se expresa como:

$$W_b = \left\{ \frac{\rho g}{8} (H_{1/3})^3 C_g \right\}_b \quad (6.2)$$

El subíndice b , indica que corresponde en la zona de rompientes y C_g indica la celeridad de grupo.

La energía transportada por el ancho b_b se expresa como $b_b W_b$.

El componente $b_b W_b$ a lo largo de la costa es $b_b W_b \text{sen} \alpha_b$, y expresada por unidad de longitud de playa es:

$$b_b W_b \text{sen} \alpha_b \cdot \frac{1}{b_b / \text{cos} \alpha_b} = W_b \text{sen} \alpha_b \cdot \text{cos} \alpha_b \quad (6.3)$$

La suma del componente de la energía transportado durante cierto tiempo se expresa como:

$$Pl_b = \sum W_b \text{sen} \alpha_b \cdot \text{cos} \alpha_b = \sum \left\{ \frac{\rho g}{8} (H_{1/3})^3 C_g \text{sen} \alpha_b \text{cos} \alpha_b \right\}_b \quad (6.4)$$

En el campo el oleaje es irregular, debiéndose calcular el parámetro PI_{ω} con la raíz media cuadrática (H_{rms}) de los oleajes.

Considerando que las alturas de ola se distribuyen de acuerdo con la distribución de Rayleigh, se tiene :

$$\bar{H} = (2\pi m_0)^{1/2} ; H_{1/3} = 1.6\bar{H} \text{ y } H_{rms}^2 = 8m_0$$

Al relacionar las expresiones anteriores se tiene:

$$H_{1/3} = 1.6\bar{H} = 1.6(2\pi m_0)^{1/2} = 1.6\left(2\pi \frac{H_{rms}^2}{8}\right)^{1/2}$$

$$H_{1/3} = 1.418 H_{rms} \quad (6.5)$$

De lo anterior se concluye que el parámetro PI_{ω} al calcularlo con la raíz media cuadrática (H_{rms}), es alrededor del doble del valor del calculado con $H_{1/3}$.

En el cálculo de PI_{ω} , no es común utilizar $H_{1/3}$ en la zona de rompientes, pues la medición y el cálculo de los oleajes generalmente se efectúan en aguas profundas expresándose PI_{ω} con las características del oleaje en aguas profundas como a continuación se indica.

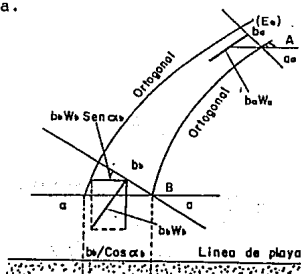


Fig. 6.4 Transmisión de la potencia de la ola

En la Fig. 6.4, si la energía del oleaje que se transporta por el ancho b de la cresta se expresa como $w_a b_a$, al no haber cruce de

la energía del oleaje entre ortogonales se puede obtener la siguiente ecuación:

$$b_a W_a = b_b W_b \quad (6.6)$$

Haciendo operaciones resulta:

$$W_b = \frac{b_a}{b_b} W_a = K_r^2 W_a = K_r^2 \left(\frac{\rho g}{8} (H_{1/3})^2 C_g \right)_a \quad (6.7)$$

Donde K_r , corresponde al coeficiente de refracción entre los frentes de oleaje A y B, pudiendo expresar la ecuación (6.4) como:

$$\begin{aligned} Pl_a &= \sum W_b \cdot \text{sen} \alpha_b \cdot \text{cos} \alpha_b \\ &= \sum K_r^2 \left(\frac{\rho g}{8} (H_{1/3})^2 C_g \right)_a \cdot \text{sen} \alpha_b \cdot \text{cos} \alpha_b \end{aligned} \quad (6.8)$$

Para utilizar la ec. (6.8) es necesario calcular el coeficiente de refracción K_r y el ángulo de cada oleaje, en la rompiente no resultando necesario con tal ecuación, realizar el cálculo de la altura del oleaje rompiente.

6.3 ECUACIONES DEL TRANSPORTE LITORAL A LO LARGO DE LA COSTA

A la fecha, se han realizado numerosos intentos para correlacionar las características de la acción del oleaje y de los sedimentos, con la cantidad de transporte litoral, elemento básico de todo proyecto de ingeniería de costas.

En 1956, Caldwell, a partir del análisis de los volúmenes de arena atrapados por espigones en la costa californiana (U.S.A.), le permitieron conocer el transporte litoral con cierta exactitud. Posteriormente, muchos han sido los investigadores que han seguido analizando el tema.

En la Tabla 6.1, se presenta una lista de las ecuaciones más representativas para calcular el transporte litoral a lo largo de la costa.

INVESTIGACION	FORMULA Q (m SUP 2/día) Pl_g (Ton-m/m/día)	BASE DE LA FORMULACION
Caldwell (1956)	$Q = 1.21 Pl_g^{0.8}$	Sur de la boca del lago Worth Florida ($d = 0.3 \sim 0.7$ mm) Bahía Anaheim, California ($d = 0.3 \sim 0.5$ mm; $H_{o,max} = 3.5$ ft, $T = 11.5 \sim 7.2$ seg.)
Savage (1959)	$Q = 0.217 Pl_g$	Datos de campo y laboratorio
Ijima, Sato Aono e Ishil (1960)	$Q = 0.130 Pl_g^{0.54}$	Costa de Fukue en Japón ($d = 1 \sim 2$ mm, $H < 1$ m, $T = 2 \sim 4$ seg)
Ichikawa, Ochial, Tamita y Morbuse (1961)	$Q = 0.131 Pl_g^{0.30}$	Bahía Suruga y Tagonaura en Japón $d_g = 5-40$ mm, $\tan \beta = 1/5 \sim 1/10$
Manoha (1962)	$Q = 0.786 Pl_g^{0.91} d^{0.59}$	Datos de campo y laboratorio. d_g , en mm.
Ijima, Sato y Tanaka (1964)	$Q = 0.3 Pl_g$	Costa de Kashima en Japón ($d_g = 0.15 \sim 0.20$ mm $H < 4$ m)
Larras	$Q = K g T H^2 t \text{ sen } 2\alpha$	
C.E.R.C. (1975)	$Q = 0.401 Pl_g$	Datos de campo obtenidos por Komar, Caldwell y Watts.

Tabla 6.1 Lista de ecuaciones representativas para el cálculo del transporte litoral a lo largo de la costa.

El significado de las variables indicadas en la tabla anterior corresponde a lo siguiente:

- Q : Transporte litoral.
- P_b : Componente del flujo de la energía del oleaje a lo largo de la costa.
- α : Angulo de incidencia del oleaje.
- t : Tiempo de acción del oleaje.
- T : Periodo del oleaje significativo.
- g : Aceleración de la gravedad.
- H : Altura de ola significativa.
- K : Constante en función del diámetro de las partículas y de la relación de la longitud de ola y la altura de ola significativa.

6.4 CALCULO TRANSPORTE LITORAL EN LA ZONA DE ESTUDIO

Para calcular la capacidad de transporte litoral de la zona de estudio se utilizó la fórmula de Larrás expresada como sigue:

$$Q_s = K g T H^2 t \operatorname{sen} 2\alpha$$

El cálculo de la capacidad de transporte litoral se realizó para los regímenes estacional y anual para las distintas direcciones del oleaje que afectan la zona de estudio, tratando de establecer un acarreo medio resultante en Bahamita y San Nicolas . Los resultados del cálculo para el oleaje local se presentan en la **Tabla 6.2** y para oleaje distante en la **Tabla 6.3**. En dichas tablas se incluye el valor de la constante K utilizada. La **Tabla 6.4** constituye el resumen del transporte litoral para las dos condiciones de oleaje utilizadas.

Tomando como base los resultados obtenidos cabe señalar, que siendo el acarreo litoral bajo, se presentarán procesos de recuperación de la playa en forma natural muy lentos, lo anterior ha sido evidente y manifiesto cuando se han construido nuevos espigones con la intención de proteger la playa.

	K	Primavera m ³	Verano m ³	Otoño m ³	Invierno m ³	Anual m ³
Bahamita	1.758x10 ⁶	-13326.2	-9858.76	-25886.7	-10607.2	-59678.8
Nicolas	1.986x10 ⁶	-7792.09	-9583.60	+2397.09	-8725.61	-23704.2

Tabla 6.2 Resumen del transporte litoral para el oleaje local.

	K	Primavera m ³	Verano m ³	Otoño m ³	Invierno m ³	Anual m ³
Bahamita	1.758x10 ⁶	-13879.3	-10406.1	-26295.3	-13055.5	-63641.3
Nicolas	1.986x10 ⁶	-12505.3	-9983.28	-4119.84	-12789.1	-34603.4

Tabla 6.3 Resumen del transporte litoral para el oleaje distante.

	K	Primavera m ³	Verano m ³	Otoño m ³	Invierno m ³	Anual m ³
Bahamita	1.758x10 ⁶	-27205.5	-20264.7	-52182.1	-23662.8	-123320
Nicolas	1.986x10 ⁶	-20297.5	-19566.9	- 1722.8	-21514.8	-58307.7

Tabla 6.4 Resumen del transporte litoral para oleaje local y distante.

El signo positivo indica una dirección aproximada de SW a NE
El signo negativo indica una dirección aproximada de NE a SW

CAPITULO VII

7.1 DEFORMACION DE LA PLAYA Y EROSION COSTERA.

La relación de la cantidad de sedimentos que entra o sale en una playa determina si la playa está sujeta a erosión o a depósito. Cuando se habla de una costa erosionada es debido a que la relación de sedimento que sale al que entra, es mayor, presentándose un retroceso en la línea de costa.

En la naturaleza, la erosión costera es solamente un proceso en el que la playa trata de transformarse en la forma más estable ante las fuerzas exteriores a las que esta sujeta tales como oleajes, corrientes, etc.

En un perfil playero, los oleajes de tormenta mueven la arena de la cara de la playa hacia el mar formando una barra litoral, disminuyendo la profundidad de altamar y tomando una pendiente suave en la cara de la playa. Cuando la zona de altamar se hace poca profundidad y la barra litoral se desarrolla, los oleajes rompen más lejos de la playa recibiendo más influencia del fondo del mar, disminuyendo la acción de los oleajes sobre la cara de la playa, disminuyendo además la corriente que regresa de la cara de la playa debido a la disminución de la pendiente en ella, no presentándose erosión en la playa aunque los oleajes de tormenta actúen en forma continua.

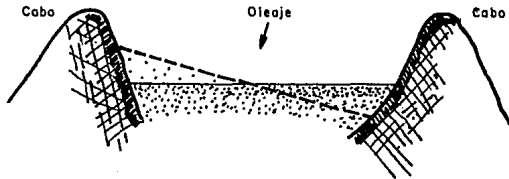


Fig. No. 7.1 Cambio de la línea de playa por el oleaje

La morfología de la línea de playa es determinante en los procesos erosivos. Por ejemplo, si en la línea de playa indicada con la línea continua en la Fig. 7.1 incide un oleaje oblicuo, el material es transportado en la dirección de incidencia, la línea de la playa cambia según lo indica la línea punteada. Al llegar a ser el oleaje perpendicular a la línea de playa, ésta no cambia más, ya que el movimiento de arena por acción del oleaje es solamente normal a la línea de playa.

En realidad, los cambios de la línea de playa no es simple, ya que la altura, el período y la dirección de oleaje varían continuamente, además de la marea. Sin embargo, la playa y la costa tienen tendencia de transformarse en una configuración más estable a las fuerzas exteriores a las que está sujeta, en este proceso se presenta la erosión. Cuando la erosión puede influir sobre construcciones y caminos, resulta ser necesario construir contramedidas sobre esta. Al pensar en dicho fenómeno y diseñar las contramedidas, es muy importante poner atención a las tendencias de la deformación de la playa.

7.2 CAUSAS QUE ORIGINAN LA EROSION EN LAS COSTAS

Como se ha descrito anteriormente, la erosión en las costas depende de la no uniformidad del movimiento de la arena en el proceso, en que la costa trata de transformarse en una configuración más estable.

Las causas que originan la erosión en las costas se indican a continuación.

A) Disminución de los sedimentos transportados por un río:

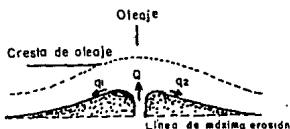


Fig. 7.2 Erosión de la costa en la desembocadura de un río

En las costas donde desembocan ríos, (Fig. 7.2), la cantidad del sedimento transportado por el río Q es igual a la cantidad del movimiento de sedimento por los oleajes ($q_1 + q_2$), si Q disminuye, la línea de costa empieza a retroceder. Del retroceso de la línea de costa, resulta la disminución del ángulo entre el frente del oleaje y la línea de costa también disminuye.

Por otro lado, si $q_1 + q_2$ disminuyen hasta que dicha suma sea igual a Q , la línea de costa deja de retroceder.

Si el río deja de transportar sedimentos, la costa tiende a retroceder hasta la línea de punteada, la cual se hace paralela con el frente del oleaje.

B) Interrupción del transporte litoral:

La construcción de escolleras en la desembocadura de un río, interrumpe los procesos del transporte litoral, originando erosión en el costado del lado de abajo del movimiento del sedimento. De igual manera si la costa se encuentra protegida por espigones o diques se presentará el mismo proceso erosivo (Fig. 7.3).

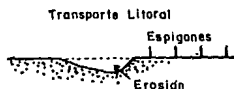


Fig. 7.3 Erosión de la costa debido a espigones y diques costeros

C) Evolución de la configuración de la costa, originada por estructuras de protección:

Al construirse estructuras de protección en la playa, la distribución de oleajes y corrientes cambia. La forma de la costa trata de cambiar a una forma más estable para esa nueva distribución de oleajes y corrientes, en el proceso de lo que se encuentra erosionado y sedimentado en la cercanía de las estructuras.

Por ejemplo, al construirse un dique costero cerca de la línea de la playa, se originan la reflexión de oleaje sobre él y corriente litoral a lo largo de dicho dique, originándose erosión al pie del dique y erosión en el lado bajo del mismo.

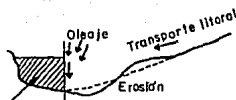


Fig. 7.4 Erosión de la costa debido a un dique de relleno

No obstante que la costa se alimenta con la arena que se mueve por el transporte litoral (Fig. 7.4), esta se erosiona por lo oleajes que se concentran a lo largo del dique. En ocasiones también dicha erosión en el lado de arriba del transporte litoral se origina cuando se construyen rompeolas oblicuas en la línea de playa.

D) Erosión de playas por configuración de la costa:

Desde el punto de vista de la disposición de material, la costa se erosiona fatalmente si no existe el suministro de sedimentos por ríos, degradación de acantilados, etc., en la Fig. 7.5 se muestra el proceso de erosión de dicho proceso. En el esquema (a) muestra la erosión que se presenta en la parte prominente la cual es donde la energía del oleaje se concentrará a lo largo de la costa. Los esquemas (b) y (e) muestran casos erosivos debido a severas corrientes de marea. En el esquema (c) se presenta el caso donde existen valles marinos cerca de la costa, los sedimentos transportados por los oleajes de tormenta de la playa hacia el mar, caen dentro del valle los cuales no pueden volver a su lugar inicial por oleajes normales. En el esquema (d) la energía del oleaje, así como el ángulo de incidencia de éste con la línea costera, son más grandes en la parte A que en la parte B, originando que el transporte litoral tenga dirección de A-B, siendo la parte A la más erosiva.

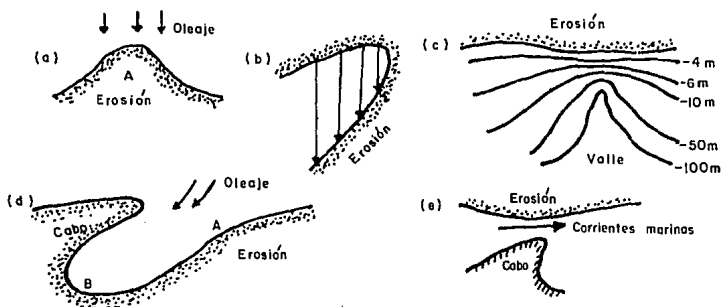


Fig. 7.5 Erosión en base a la disposición del terreno

7.3 ESTRUCTURAS DE PROTECCION CONTRA LA EROSION

En la actualidad para la erosión de costas, se hace uso de las siguientes contramedidas :

A) Dique costero:

Es una estructura diseñada para impedir la salida de arena cubriendo la cara de la costa, esta estructura de protección, se utiliza como contramedida para evitar la sobre elevación del oleaje.

B) Grupo de espigones:

Estas estructuras tienen la función de alejar la corriente litoral de la playa y atrapar entre ellos parte del transporte de arena, dando por resultado que la línea de playa se adelanta y tiende a orientarse paralelamente con los frentes que da. Por lo tanto, debido a la construcción de espigones, la línea de playa tiene una forma dentellada como se indica en la Fig. 7.6, donde la línea de playa está más adelantada en el lado de arriba que en lado de abajo del transporte litoral. Los espigones no se prolongan después de la línea de rompientes de tormenta porque ellos interrumpen una parte del transporte litoral.

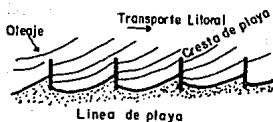


Fig. 7.6 Cambio de la línea de playa por efecto de espigones

C) Escollera separada:

Estas estructuras se construyen paralelas con la línea de la playa, disminuyen los oleajes incidentes en su parte posterior (zona protegida) lográndose que la línea de la playa se adelante hasta formar tomboles, con lo cual se gana terreno al mar.

D) Alimentación artificial de playas:

Las playas impiden la invasión de oleajes en la tierra disipando la energía del oleaje. Por tanto, la formación de ellas o su conservación es la mejor protección de la costa.

En ocasiones, para reducir la erosión de playas, se realiza alimentación de sedimentos en la costa para formar la playa o conservarla, y a dichas actividades se les denomina "alimentación artificial de playas".

Cada uno de los métodos anteriormente citados tienen sus ventajas y desventajas, y en la mayoría de los casos se construyen en forma combinada en una costa que presenta erosión.

7.4 BATERIA DE ESPIGONES.

7.4.1 Forma de la sección transversal:

Los espigones son estructuras de protección contra la erosión que se construyen de la costa hacia el mar a fin de detener una parte del transporte litoral o prevenir la salida de sedimentos de la costa hacia el mar y tienen una la misma forma muy semejante a la de los rompeolas, aunque son más simples y más pequeños. En la Fig. 7.7 se indican las formas de sección de espigones que se usan con más frecuencia.

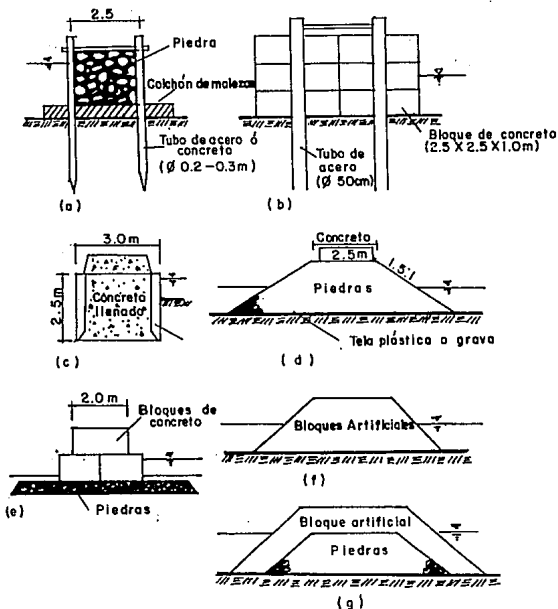


Fig. 7.7 Diversas secciones de estructuras que pueden utilizarse como espigones y escolleras separadas.

Con frecuencia los espigones sufren daños, tales como hundimiento y destrucción, porque se construyen en la zona de rompientes. En la Fig. 7.7 se indican los métodos de conservación y mantenimiento de dichas estructuras. En la Fig. 7.7 (a) se indica el método para reconstruir la sección de proyecto con piedras cuando ocurre el hundimiento de piedras de relleno, en la Fig. 7.7 (b) se indica el método para suministrar bloques de concreto pasando por un tubo de acero cuando se hunden los bloques de concreto y en las Figs. 7.7 d) a (g) se indican los métodos para colocar bloques artificiales cuando ocurre el daño de estos.

7.4.2 Forma en planta:

En la Fig. 7.8, se indican las diferentes formas en planta de los espigones, las cuales pueden ser diferentes tipos, dentro de los cuales se tienen: espigones en línea recta, en T, en L y en Z cabe mencionar que el espigón tipo línea recta es el de más uso común en el mundo entero. Todos los tipos excepto el de línea recta tienen una escollera separada en su extremo a la mitad de este con el objeto de disminuir las corrientes de retorno y oleajes a lo largo de la parte recta. Por eso se pueden ver como una combinación de un espigón recto y una escollera separada y sólo se le denomina simplemente espigón recto.



Fig. 7.8 Formas de espigones en planta

Los espigones deben ser impermeables para el paso de sedimentos porque se construyen con objeto de captar el transporte litoral. Cuando los espigones son permeables, ocurre la gran diferencia sobre la posición de la línea de playa entre el lado de arriba y el lado de abajo del transporte litoral, por lo que resulta recomendable, ajustar la longitud y altura del espigón sin dar permeabilidad para disminuir dicha diferencia. En el caso de que ocurra una severa erosión en el lado bajo del espigón, debido al oleaje que corre por su cuerpo, es conveniente construirlo en forma de T o L, construyendo un tronco de estructura permeable en el extremo del mismo.

En lo escrito anteriormente, la palabra "impermeable" significa no para agua sino para sedimentos, por eso en la playa generalmente es impermeable el espigón de piedras en el que los vacíos de las piedras grandes se llenan con piedras pequeñas de más o menos diez kilogramos de peso.

El espigón sólo de bloques artificiales de concreto es permeable para arena, pero impermeable para piedras, por lo tanto se recomienda ese tipo de espigón sólo en la playa de piedras, sin embargo, se ven a veces espigones de bloque artificial con el intervalo estrecho en la playa de arena que funciona efectivamente. En este caso los espigones permeables no funcionan como obstructores de transporte litoral, sino como absorbentes de oleajes, por lo que la playa es protegida, el efecto absorbente de la energía del oleaje se observa donde actúan oleajes pequeños en oblicuidad en la línea de playa.

En el lugar atacado por oleajes grandes, piedras o bloques artificiales de concreto de los tipos de (d) a (g) de la Fig. 7.7, tienden a espaciarse o hundirse por los oleajes; en tales lugares es más conveniente utilizar usar el tipo (b) formado por bloques que se construyen con tubos de acero que pasan por el orificio dentro del bloque, al hundirse los bloques se suplen estos por otros pasando por el tubo de acero.

7.5 NORMAS Y RESUMEN DE CONCLUSIONES RECOMENDADAS PARA EL PROYECTO DE CONTRAMEDIDAS COSTERAS.

7.5.1 Normas de "Filosofía Costera".

Se deben siempre tener presentes los siguientes elementos de juicio de las recomendaciones del Comité del Congreso Internacional de Navegación de París sobre:

- a) Estudios en la Naturaleza:
 - Datos previos
 - Cubicaciones periódicas
 - Evolución de las costas
 - Espigones de prueba
 - Trazadores radioactivos
 - Análisis mineralógicos
- b) Estudio sobre modelos:
 - Empleo
 - Reproducción correcta de los fenómenos
 - Calibración

7.5.2 Condicionantes de los criterios de elección del tipo de defensa:

Se debe tener en cuenta, que a la hora de realizar un proyecto se necesitan saber que factores condicionarán la solución.

Se citarán entre otros:

- El marco paisajístico que condicionará tanto el uso de materiales como la concepción de la planta general del proyecto.
- "El nivel de confort" deseado para los bañistas, lo que repercute en la granulometría máxima admitida para el material de aporte.
- Coronaciones máximas admitidas para no interrumpir la vista del mar.
- Densidad de usuarios previsible en la playa que fijará un mínimo de zona "seca" de arena.
- Condiciones de renovación de agua para evitar la polución.
- Posibilidad de admitir, o no, la realimentación periódica de la playa.
- Valor máximo de las corrientes admitidas en la zona de baño.
- Nivel de agitación residual tolerada en la zona de baño.
- Repercusiones en las secciones vecinas.
- Criterio económico (disponibilidad).

Es de vital importancia la selección de coeficientes de seguridad extraordinarios ante situaciones extraordinarias. Esto se refiere a playas que tengan una importancia vital para el funcionamiento de una ciudad o complejo turístico.

7.5.3 Normas técnicas generales.

1°.- La Comisión Internacional del Oleaje considera que la elección del emplazamiento de la implantación de las obras de defensa es un factor extremadamente importante para el funcionamiento racional y eficaz de obras que ofrezcan una protección adecuada y un mantenimiento correcto del estrán. Esta elección depende directamente de un estudio adecuado del régimen de la costa (transporte litoral), ya que este régimen influye considerablemente en la elección de las obras de defensa.

2°.- La Comisión recomienda, en consecuencia, a falta de otras líneas de conducta más definitivas:

a) Utilizar los mismos métodos de cálculo de dimensionamiento de obras que para los diques verticales, los diques mixtos, los diques de talud o los diques de núcleo de arena con revestimiento bituminoso.

b) Inspirarse, durante la concepción de obras de defensa de costas, en la experiencia adquirida por la observación del comportamiento de obras del mismo género, en profundidades comparables.

c) Efectuar estudios sobre modelos reducidos, cuando esto se justifique por razones de economía o de seguridad, haciendo especial atención en los riesgos de destrucción de los morros de las defensas (en las normas particulares de los espigones se sugieren algunas cifras para aumentar el peso de los elementos de la capa exterior de los morros), así como en los riesgos de la socavación de los fondos al pie de las obras.

3°.- La degradación de las obras por socavación es particularmente importante para las obras de defensa de costas, ya que la velocidad de las partículas del agua en el fondo es relativamente mayor en aguas poco profundas.

Las obras de defensa de costas corren, más frecuentemente, el riesgo de ser dañadas por la acción de olas rotas.

La diferencia esencial entre las obras de defensa de costas y las obras portuarias estriba en que los dos tipos de obras no juegan el mismo papel. Las obras portuarias, cuyo fin es proteger la navegación, se encuentran en general en aguas más profundas, mientras que las obras costeras están implantadas en aguas poco profundas, en la proximidad del estrán, expuestas a las olas rotas. Además, en las obras costeras construidas perpendicularmente al estrán, tales como espigones y diques, las crestas de las olas son, la mayoría de las veces, perpendiculares a la obra. De aquí, que los factores de seguridad sean en ocasiones menos exigentes para las obras de protección de costas.

La altura máxima de las rompientes es función de la altura de agua en el lugar de la obra, del período de la ola y la pendiente de la playa.

4°.- En lo que concierne a la socavación al pie de los diques, parece que la profundidad de socavación, en taludes de pendientes de 1 a 1.5 puede alcanzar aproximadamente la mitad de la altura de agua inicial en el mismo lugar. En el caso de diques verticales la profundidad de socavación puede alcanzar 0.7 veces esta altura de agua. Estos valores no son más que aproximados ya que la profundidad de socavación está determinada por el tipo de obra, el estado del oleaje y las características de los sedimentos. Además, la socavación puede agravarse cerca de las morros de las obras, donde la acción de las olas puede ser más fuerte.

5°.- Otro factor a tomar en consideración, para los diques y espigones ligados a tierra, es la posibilidad del deterioro de la obra durante los períodos de las olas altas y los altos niveles de agua. Conviene asegurarse que tales obras estén ligadas a tierra de manera adecuada.

6°.- La longitud de un espigón constituye uno de los factores importantes de la acción posible de estas obras, conviene, pues poder mantener esta longitud si se quiere que la obra conserve siempre el mismo efecto. Puede ser útil, en el caso de espigones construidos sobre orillas expuestas al retroceso, concebir un morro relativamente inestable que ofrezca una posterior posibilidad de retroceso para mantener así la longitud del espigón.

7.5.4 Normas técnicas particulares de espigones.

La recopilación más exhaustiva sobre el tema de espigones es la realizada en 1972 por J.H. Balsillie y D.W. Berg con una documentación de 450 artículos que cubre el período de 1900 a 1971.

Los autores dividen entre los conceptos fundamentales que deben servir de base para el proyecto de las estructuras de espigones:

a) Los procesos costeros (datos de viento, altura, período, ángulo del oleaje, pendientes de playa, características del sedimento, etc.).

b) Diseño funcional (espaciamiento, longitud, altura, orientación respecto a la línea de costa, permeabilidad y ajustabilidad, diseños especiales).

c) Diseño estructural (materiales de construcción y su funcionamiento).

Resumiendo la exposición del artículo, se desarrollara el punto b, recogiendo sólo una parte de las tablas que exponen la opinión de distintos investigadores con objeto de justificar que no existe una solución universal que resuelva todos los problemas.

a) Longitud.

- Bruun, y Manohar (1963): (experimentación en la naturaleza):

La máxima efectividad se consigue cuando se extienden hasta profundidades de 12 a 18 pies. (aprox: 3.5 a 5.5 m).

- Nagai (1956): (estudios sobre modelos de fondo móvil).

La óptima distancia, es que lleguen hasta el 40% de la distancia a la línea de rotura en "Plunging", cuando el oleaje tiene un peralte de 0.01 a 0.02. Las pruebas mostraron que esta situación es la que produce mayor depósito aguas abajo y la menor pendiente aguas arriba tanto en los lados como en el final del espigón.

- Kemp (1962): (modelo de fondo móvil).

Orientación	Espigón bajo	Espigón alto y largo	Espigón alto y corto
30°barlovento	51	43	67
normal	60	50	71
20°sotavento	87	55	67

La tabla indica el % de material, respecto al total, recogido en el lado de abajo del transporte litoral, después de tres ciclos de oleaje, con espigones impermeables.

- Shore protection manual (1966) :

La longitud correcta de la predicción final del perfil de la playa estabilizada, depende de los siguientes factores: el perfil original de la playa, las condiciones de la corriente litoral, los planos de oleaje y el ancho de la playa deseada.

Tipo de espigón	Profundidad alcanzada	Cantidad de corriente litoral interrumpida
alto	10 pies o más	100 %
alto	4 a 10 pies	75 %
bajo	10 pies o más	75 %
alto	1 a 4 pies	50 %
bajo	menor de 10 pies	50 %

- Barcelo J. P. (1970): (modelo de fondo móvil).

Los espigones inclinados, para el mismo espaciamiento, deben ser más largos: por ejemplo: si $\alpha_0 = 20^\circ$, con inclinación 70° , los espigones deben ser 30% más largos que los normales correspondientes.

- Kolp, Otto (1971): (experimentación en la naturaleza).

Recomienda el uso de espigones largos. Los espigones cortos fallan para "atrapar sedimentos" y son eficientes para retener. Recomienda el empleo de relleno artificial en conjunción con largos espigones.

b) Dirección.

- Shore Protection Manual (1966):

La máxima economía se consigue con espigones normales a la línea de costa. En los casos en los que la alineación de la costa puede cambiar, es deseable construir los espigones con un ángulo inicial, para conseguir que al final tengan una dirección normal a la costa.

- Barcelo (1970): (estudios sobre modelos) (Fig. 7.9 a).

$$\beta = 90^\circ \text{ para } \alpha_0 = 20^\circ$$

$$\beta = 70^\circ \text{ para } \alpha_0 = 10^\circ$$

Si el oleaje reinante es variable, los espigones deben construirse normales a la costa.

- Nagai (1958): (modelos fijos).

θ	α	D
30°	110°	$1/3$
45°	$90 \text{ a } 110^\circ$	$1/3$
$60 \text{ a } 90^\circ$	90°	$1/3 - 1/4$

(D = longitud/separación)

Para referencia de las recomendaciones de este autor, ver Fig. 7.9. b).

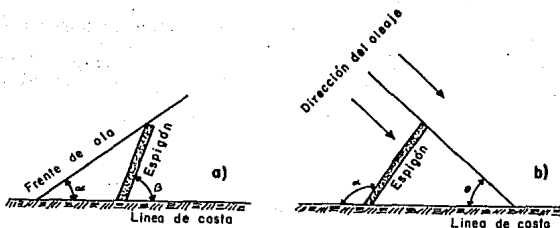


Fig. 7.9 a y b.

c) Distancia entre espigones.

Este parámetro viene expresado según la relación: longitud del espigón/distancia de separación.

- Shore Protection (1966) :

Las relaciones $1/2$ ó $1/3$ sugieren un método de cálculo aproximado. Un sistema de espigones demasiado cerrado desviará el material hacia el mar en lugar de crear una playa ancha.

- Barcelo J.P. (1968): (estudios en modelo).

$$1/2.5 \text{ para } \alpha_o = 20^\circ$$

$$1/3.5 \text{ para } \alpha_o = 10^\circ$$

$$1/4 \text{ para } \alpha_o = 5^\circ$$

donde α_o es el ángulo de incidencia con la línea de playa.

- Bruun y Manohar (1963).

1/1.5 a 1/4

Si el tamaño del material aumenta y crece la corriente litoral, los espigones deben espaciarse.

Si la pendiente del perfil de la playa y la pendiente de las olas aumenta, la distancia entre espigones deberá disminuir.

- Nagai (1950): (modelos de fondo móvil).

1/3 a 1/4

7.6 DISEÑO DE OBRAS DE PROTECCION CONTRA LA EROSION

7.6.1 PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS

Tomando como base los resultados obtenidos en los capítulos anteriores, se plantearon dos alternativas de protección playera para el frente marítimo comprendido entre el cadenamamiento 29 + 572 y el cadenamamiento 34 + 876 de la carretera Cd. del Carmen a Isla Aguada, dichas alternativas consisten en lo siguiente:

Alternativa 1 .- Protección marginal a base de una sección transversal trapecial con piedra de todos tamaños.

Alternativa 2 .- Protección a base de espigones de sección transversal trapecial que consta de núcleo y coraza con una longitud total de 100 m.

7.6.1.1 Protección marginal a base de una sección transversal trapecial con piedra de todos tamaños

Para la zona de estudio la filosofía de diseño consiste en colocar 70 ton. de piedras por metro lineal de playa (de acuerdo a experiencias obtenidas en Puerto Madero, Chis.) para aprovechar todo el producto del banco de materiales disponible, de manera que el oleaje de tormenta lo acomode para formar una sección estable.

El diseño y las condiciones consideradas para el establecimiento del anteproyecto de protección definido como **alternativa 1**, se realizó como sigue:

CONDICIONES DE DISEÑO

(1) Niveles del mar de diseño

El nivel del mar considerado en el diseño fue el correspondiente al nivel bajamar media (N.B.M.) con elevación 0.00 m para el desplante de la protección marginal y el nivel del mar por marea de tormenta (+ 2.87 respecto al N.B.M.) fue el utilizado para definir el nivel de coronamiento de la estructura, el cual se estableció a la cota + 3.33.

(2) Altura de ola de diseño

Considerando como condición de diseño la altura de ola de diseño de tormenta en aguas profundas producida por el huracán Gilberto, se observa que la altura correspondiente resulta de 3.33 m obtenida por el criterio de rompiente.

(3) Diseño teórico de los elementos de la protección marginal

Las condiciones de diseño utilizadas en la fórmula de Hudson para calcular el peso máximo de los elementos de la protección marginal que se propone en esta alternativa fueron las siguientes:

- Profundidad de desplante 0.00 m respecto al nivel de medio del mar.
- Altura de ola de diseño

Con el cálculo de la predicción de oleaje ciclónico se obtuvo una altura de ola significativa de 4.68 m a que corresponde a una profundidad de desplante de 3.74 m con una amplitud de marea de 0.423 m. referido al N.B.M., la altura de ola de diseño se calcula con la siguiente expresión:

$$H_d = 0.80 (d+M)$$

donde:

- d: Profundidad de desplante
- M: Amplitud de marea

por lo tanto $H_d = 3.33$ m

- Peso específico de la piedra $\gamma_s = 2.6 \text{ Ton/m}^3$
- Peso específico del agua $\gamma_w = 1.03 \text{ Ton/m}^3$
- Talud de la estructura $\text{Cot } \theta = 2.0$
- Coeficiente de Hudson $K_D = 4.0$ (para piedras rugosas y ola no rompiente)

Al aplicar las condiciones de diseño antes señaladas en la fórmula de Hudson se obtuvo lo siguiente:

$$P = \frac{\gamma_s H^3}{K_D (\gamma_s/\gamma_w - 1)^3 \text{Cot } \theta} = \frac{2.6 * (3.33)^3}{4 * (2.6/1.03)^3 * 2} = 3.38 \text{ Ton} \approx 3.5 \text{ Ton}$$

Donde "P" es el peso máximo de los elementos (piedras) que formarán la sección transversal de alternativa propuesta.

Al considerar la filosofía de diseño, el anteproyecto de la presente alternativa quedó definida por una protección marginal a base de una estructura de enrocamiento de todos tamaños hasta 3.5 ton, con una sección transversal de forma trapecial con taludes 2:1, ancho de corona de 4.00 m a la elevación de +3.33 m respecto al N.B.M. y con un relleno de arena también hasta la cota +3.33 m colocado en la parte posterior de la protección marginal, iniciando el desplante de la estructura por el lado de la tierra desde el N.B.M. y considerando la colocación de 70 ton de piedra por metro lineal de playa.

7.6.1.2 Protección a base de espigones de sección transversal trapecial que consta de núcleo y coraza con una longitud total de 100 m.

El diseño y las condiciones consideradas para el establecimiento del anteproyecto de protección definido como alternativa 2, se realizó como sigue:

(1) Nivel del mar de diseño

El nivel del mar considerado en el diseño fue el correspondiente al nivel del mar 0.00 m que corresponde al N.B.M. En esta circunstancia, se consideró el desplante de los espigones, para su diseño, para el cuerpo 1.5 m y 2.0 m para el morro con respecto al N.B.M.

(2) Altura de ola de diseño

Considerando el criterio de rompiente que resultó ser el más desfavorable, se obtuvieron alturas de ola de diseño de 1.20 m y 1.60 m para el cuerpo y morro respectivamente.

(3) Diseño de los espigones

a) Longitud

Para determinar la longitud de los espigones se utilizaron los datos obtenidos en el cálculo de refracción de oleaje normal, para lo cual se graficaron tres secciones para las direcciones N 30° E, NORTE, N 30° W, N 60° E, N 60° W y OESTE, para tres períodos por cada dirección, dichas secciones pertenecientes a los cadenamientos 0+450, 9+950 y 19+050 indicados en la malla de calculo tomando en cuenta que el kilometraje 0+00 inicia en dirección a Cd. del Carmen y continua en dirección a Isla Aguada, dichas gráficas se muestran en las Figs. 7.14 a la 7.72; en las graficas antes citadas, se localizó la rompiente . En la sección 19+050 se obtuvo la rompiente a 150 m a partir de la línea de costa, y como primera opción se seleccionó esta longitud para los espigones de protección ,sin embargo, al tomar en cuenta que no se desea retener el 100 % del transporte litoral con dichas estructuras tomando en cuenta las experiencias obtenidas con los espigones previamente construidos, se definió una longitud de 100 m para cada uno de los espigones de proyecto, 80 m partiendo de la línea de playa y 20 m de empotramiento.

b) Dirección

La orientación de la batería de espigones por razones económicas, se consideró que debía ser perpendicular a la línea de costa, con esta decisión se asegura un buen funcionamiento tomando en cuenta las experiencias obtenidas con la batería de espigones construida con anterioridad.

c) Separación

Con objeto de establecer una adecuada separación entre espigones y de acuerdo a la experiencia en esta misma área de estudio, dicha distancia de separación entre espigones se definió de dos veces la longitud de un espigón, es decir, $2L = 200$ m entre espigón y espigón.

- d) Cálculo de características geométricas de los espigones y peso teóricos de los elementos que se requieren para su construcción.

Las condiciones de diseño en la aplicación de la fórmula anterior se establecieron como sigue:

- 1) Diseño morro

Para determinar el peso de los elementos de protección se utilizó la fórmula de Hudson expresada como sigue:

$$P = \frac{\gamma_r H^{1/3}}{K_D (\gamma_r / \gamma - 1)^3 \cot \theta}$$

Altura de ola de diseño $H = 1.60$ m

Peso específico de la roca $\gamma_r = 2.2$ ton/m³.

Peso específico del agua $\gamma = 1.03$ ton/m³.

Talud de la estructura $\cot \theta = 2.0$

Coefficiente de Hudson $K_D = 2.8$ para ola no rompiente y roca rugosa.

Coefficiente de capa = 1.15

Número de capas $n = 2$

Al sustituir los valores anteriores en la fórmula de Hudson resulta:

Peso de los elementos de la coraza $P = 1.10$ ton

Rango de pesos en la coraza :

$$P * 0.75 = 0.88 \text{ ton}$$

$$P * 1.25 = 1.32 \text{ ton}$$

Rango de pesos capa secundaria :

$$P/10 \sim P/15 = 0.07 \text{ ton a } 0.11 \text{ ton}$$

Rango de pesos del núcleo : de 5 kg a 70 kg.

Espesores de capas:

$$e = n r k \left(\frac{P}{\gamma_s} \right)^{1/3}$$

Espesor de coraza = 1.8 m

Espesor de capa secundaria = 0.8 m

2) Diseño del cuerpo

H = 1.20 m

Cot α = 2

K_D = 4

γ_s = 2.2 ton/m³

k = 1.15

n = 2

Al sustituir los valores en la fórmula de Hudson resulta:

Peso de los elementos de coraza P = 0.32 ton

Rango de pesos de coraza = 0.26 ton a 0.39 ton

Rango de pesos capa secundaria = 0.02 ton a 0.03 ton

Rango de pesos núcleo = 5 kg a 20 kg

Espesor de coraza = 1.2 m

Espesor capa secundaria = 0.5 m.

7.6.1.3 Cálculo de volúmenes de roca

1) Protección Marginal

Para la protección marginal se tiene una sección trapezoidal con talud 2:1 y área de 35.5 m² este valor indica que existe un volumen de 35.5 m³/m y para este caso se aplica un factor de vacíos del 23% por lo tanto el volumen real es de 27.34 m³/m.

La zona de estudio consta de 5 304 m lineales de playa, entonces el volumen de roca total para realizar el proyecto es de 145,011.5 m³.

2) Espigones

Las características geométricas tipo, del morro y del cuerpo se muestran en las Fig. 7.11.a y 7.11.b.

La batería de 27 espigones que se propone se encuentran ilustrados en la Fig. 7.12 en planta.

Tomando en consideración que en la zona de estudio la roca es escasa, para su buen aprovechamiento la sección teórica de los espigones se modificó de acuerdo con lo indicado en las Figs. 7.13.a y 7.13.b.

De acuerdo con las secciones de las figuras antes señaladas, se calcularon los volúmenes geométricos de roca para núcleo y coraza, los cuales se indican en la Tabla 7.1.

ESPIGON	VOLUMEN GEOMETRICO DE NUCLEO EN m ³	VOLUMEN GEOMETRICO DE CORAZA m ³
1	2387.00	2511.00
2	1648.00	1949.00
3	2198.58	2395.25
4	2266.91	2387.75
5	2226.52	2430.69
6	2187.14	2421.94
7	1945.88	2304.52
8	1944.17	2310.35
9	2113.03	2431.46
10	2181.40	2400.43
11	2116.88	2378.27
12	2335.23	2469.22
13	2277.61	2380.88
14	1890.29	2249.79
15	2171.31	2379.46
16	1976.16	2338.00
17	1641.43	2176.06

Tabla 7.1 Volúmenes geométricos para núcleo y coraza de cada espigón.

ESPIGON	VOLUMEN GEOMETRICO DE NUCLEO EN m ³	VOLUMEN GEOMETRICO DE CORAZA m ³
18	2271.85	2504.02
19	2053.03	2334.91
20	2432.72	2544.04
21	2146.22	2393.64
22	2050.15	2349.78
23	1818.18	2263.60
24	2148.83	2397.02
25	1802.24	2242.57
26	2571.73	2625.14
27	1997.79	2332.82
T O T A L	56840.28	63901.61

Tabla 7.1 Volúmenes geométricos para núcleo y coraza de cada espigón.

El volumen geométrico corresponde a un volumen sin considerar vacíos entre roca y roca, por lo que para transformar a volúmenes reales, se deberá utilizar un factor de porcentaje de vacíos de 0.225 y 0.47 para núcleo y coraza respectivamente. En la Tabla 7.2 se indican los volúmenes reales de piedra para cada uno de los espigones de proyecto.

ESPIGON	VOLUMEN REAL DE NUCLEO m ³	VOLUMEN REAL DE CORAZA m ³
1	1849.92	1330.83
2	1277.20	1032.97
3	1703.58	1269.48
4	1756.85	1265.50
5	1725.55	1288.26
6	1695.03	1283.62
7	1508.05	1221.39
8	1506.73	1224.48
9	1637.59	1288.67
10	1690.58	1272.22

ESPIGON	VOLUMEN REAL DE NUCLEO m ³	VOLUMEN REAL DE CORAZA m ³
11	1640.58	1260.48
12	1809.80	1308.68
13	1765.14	1261.86
14	1464.97	1192.38
15	1682.76	1261.11
16	1531.52	1239.14
17	1272.10	1153.31
18	1760.68	1327.13
19	1591.09	1237.50
20	1885.35	1348.34
21	1663.32	1268.62
22	1558.86	1245.38
23	1409.08	1199.70
24	1665.34	1270.42
25	1396.73	1188.56
26	1993.09	1391.32
27	1548.79	1236.39
T O T A L	44051.21	33867.85

Tabla 7.2 Volúmenes reales para núcleo y coraza para cada uno de los espigones.

En la Tabla 7.3 se indican las toneladas de roca necesarias para la construcción de cada espigón, las cuales se calcularon multiplicando el volumen real de roca por el peso específico de dicho elemento (2.2 ton/m³).

ESPIGON	TOTAL DE PIEDRA NUCLEO (Ton.)	TOTAL DE PIEDRA CORAZA (Ton.)
1	4069.83	2927.82
2	2809.84	2272.53
3	3748.57	2792.85
4	3865.08	2531.00
5	3796.21	2576.52
6	3729.07	2823.96
7	3317.72	2687.05
8	3314.80	2693.85
9	3602.71	2835.07
10	3719.28	2798.88
11	3609.28	2773.05
12	3981.56	2879.09
13	3883.32	2776.09
14	3222.94	2623.23
15	3702.08	2774.44
16	3369.35	2726.10
17	2798.63	2573.28
18	3873.50	2919.68
19	3500.11	2722.50
20	4147.78	2966.34
21	3659.30	2790.96
22	3495.50	2739.83
23	3099.99	2639.34
24	3663.75	2794.92
25	3072.81	2614.83
26	4384.79	3060.90
27	3406.23	2720.05
T O T A L	96912.67	74509.27

Tabla 7.3 Cantidad de piedra en toneladas para núcleo y coraza para cada espigón.

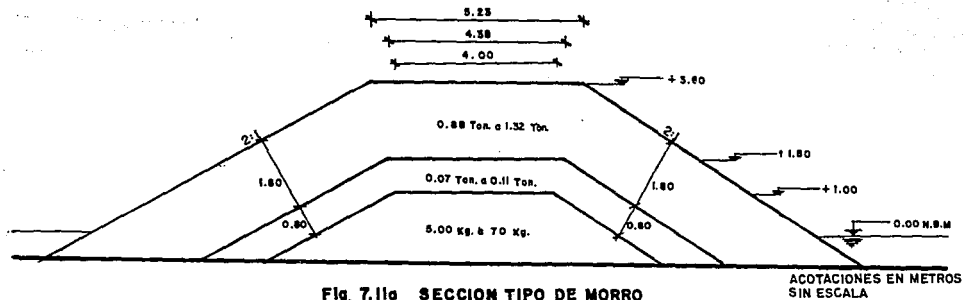


Fig. 7.11a SECCION TIPO DE MORRO

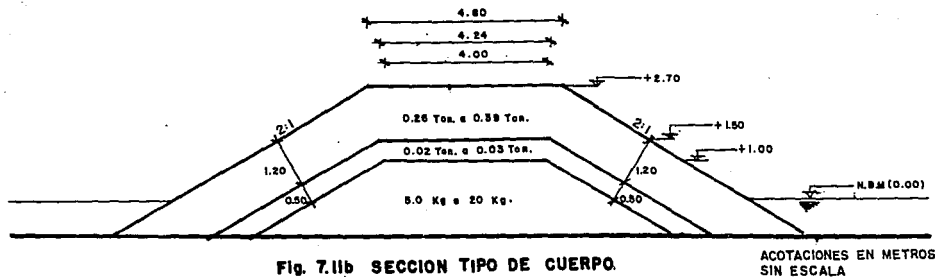


Fig. 7.11b SECCION TIPO DE CUERPO.

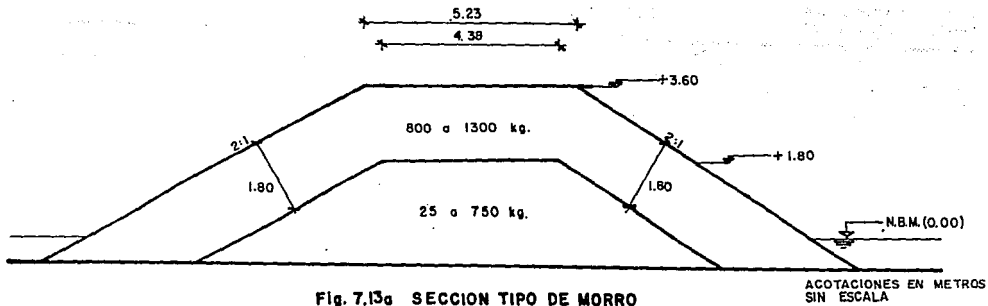


Fig. 7.13a SECCION TIPO DE MORRO

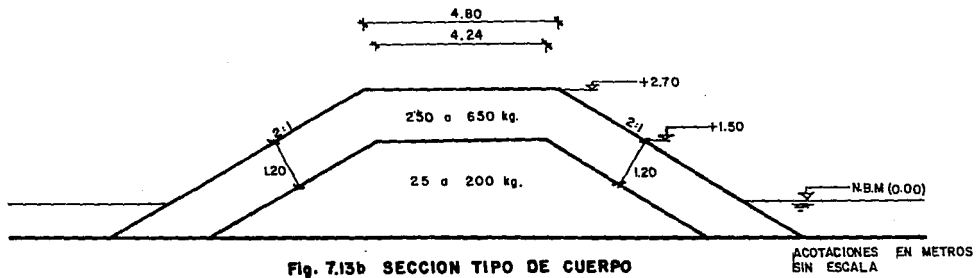
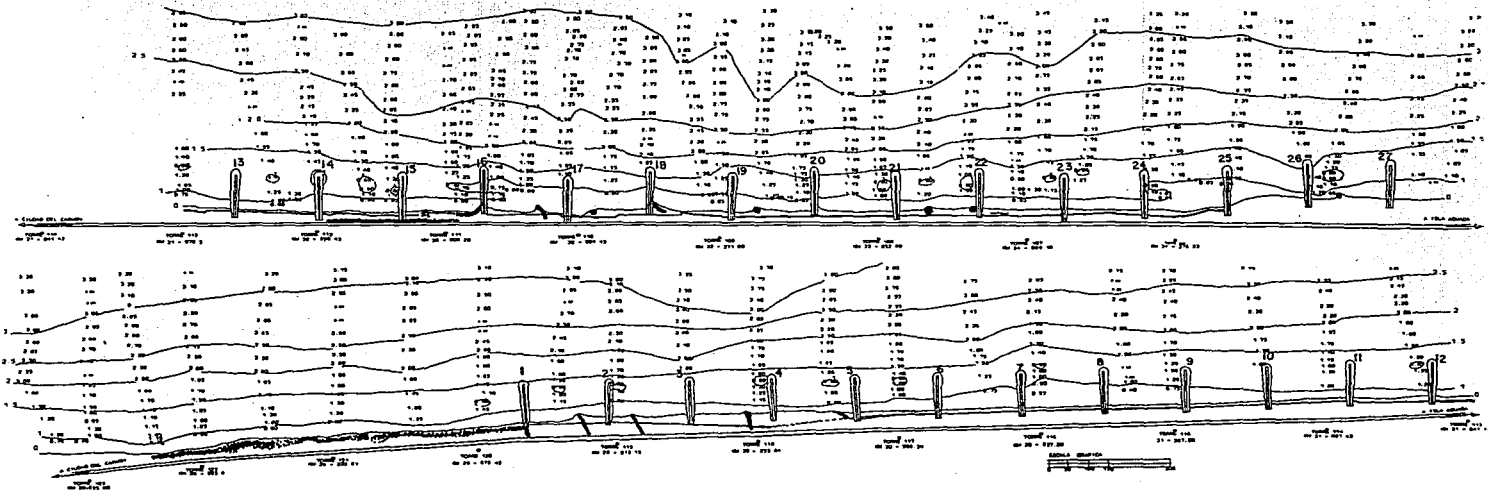


Fig. 7.13b SECCION TIPO DE CUERPO



NOTAS

- 1.- El levantamiento topográfico se efectuó con alfileres marca BATTERIA modelo no-710 del día 20 y 21 de Junio de 1962.
- 2.- El levantamiento topográfico con alfileres al "B" de marca "ALCANTARA" S. 753 se efectuó en la tarde del 22 de Junio de 1962.
- 3.- La fluctuación de la marea durante las horas del campo fue de:
 - a) 20 y 0.30 m.
 - b) marea marea superior +0.85 y -0.80 m.
 - c) marea marea superior +0.33 y -0.30 m.
- 4.- Los cotes están dados en metros.
- 5.- El mar es considerado en el astronomico.

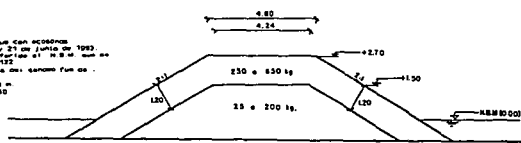


Fig. 7.13b SECCION TIPO DE CUERPO

NOTACIONES EN METROS EN ESCALA

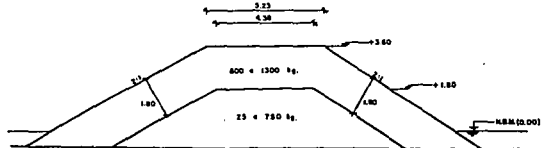


Fig. 7.13a SECCION TIPO DE MORRO

NOTACIONES EN METROS EN ESCALA

Fig. 7.12 Bateria de espigones en planta

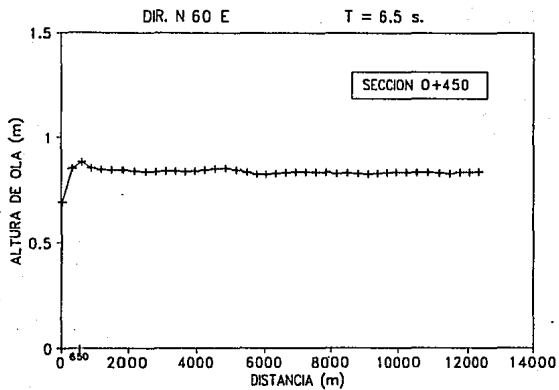


Fig. 7.14 Oleaje normal

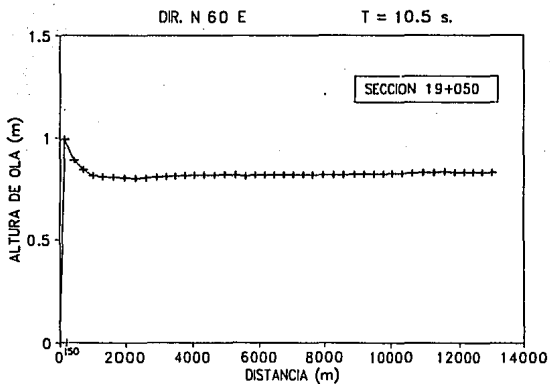


Fig. 7.15 Oleaje normal

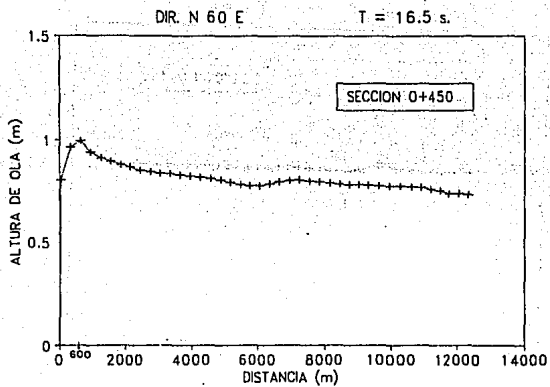


Fig. 7.16 Oleaje normal

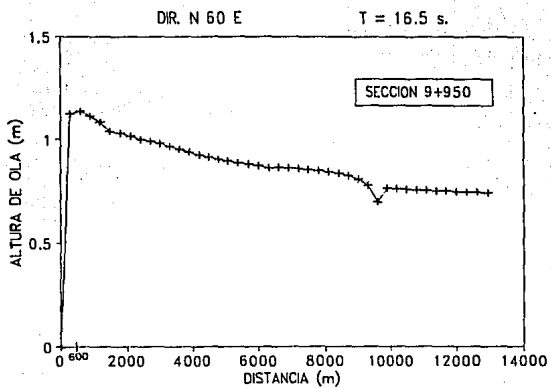


Fig. 7.17 Oleaje normal

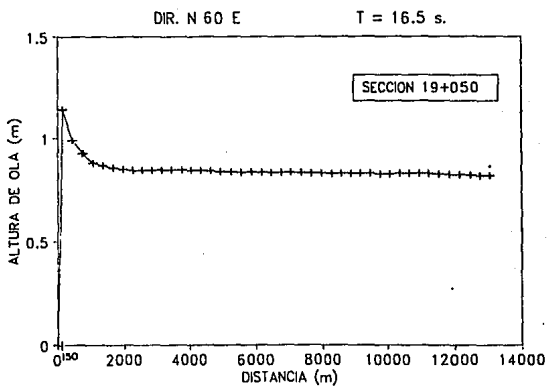


Fig. 7.18 Oleaje normal

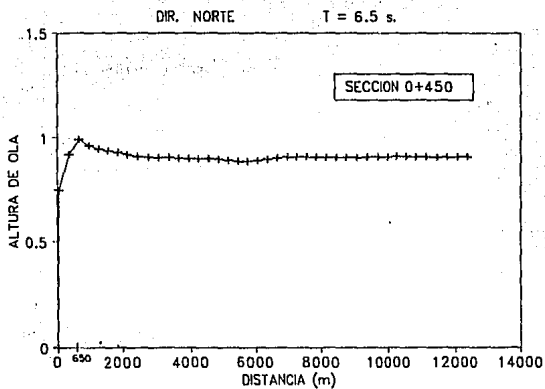


Fig. 7.19 Oleaje normal

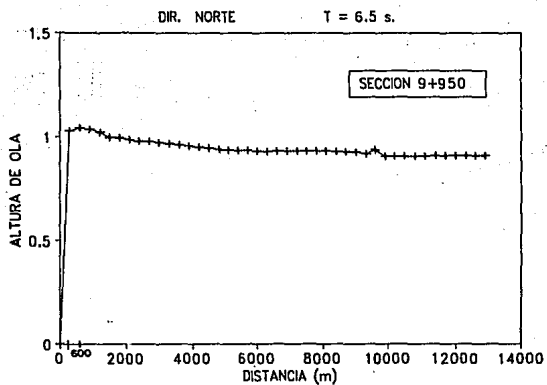


Fig. 7.20 Oleaje normal

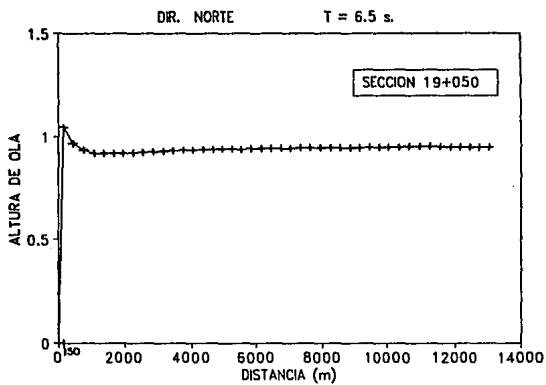


Fig. 7.21 Oleaje normal

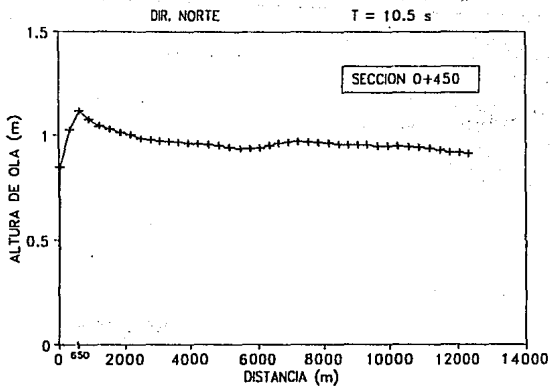


Fig. 7.22 Oleaje normal

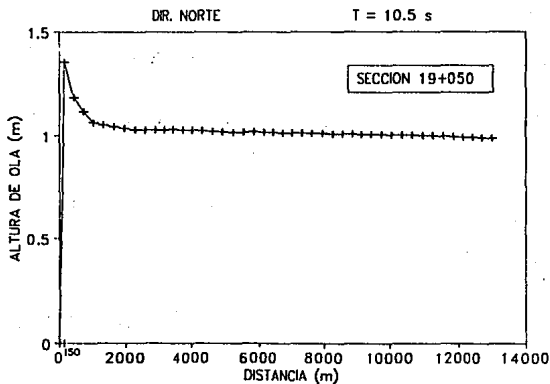


Fig. 7.23 Oleaje normal

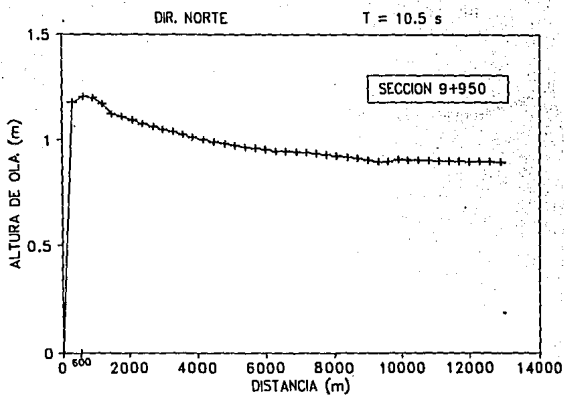


Fig. 7.24 Oleaje normal

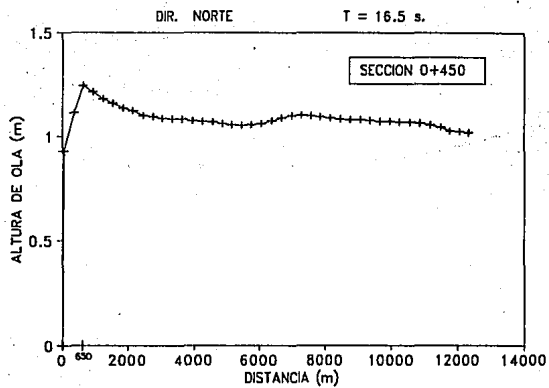


Fig. 7.25 Oleaje normal

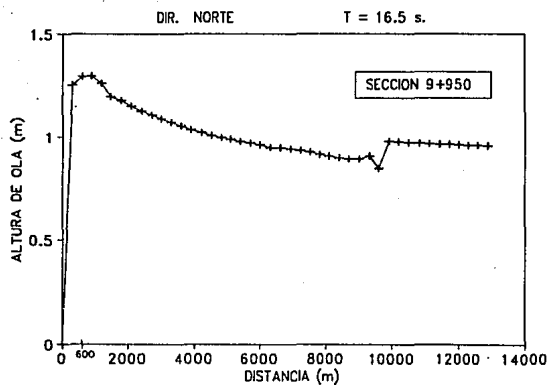


Fig. 7.26 Oleaje normal

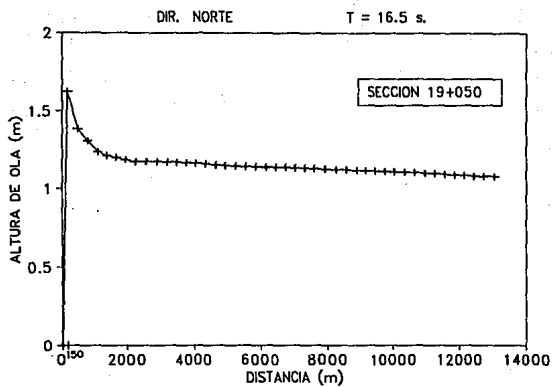


Fig. 7.27 Oleaje normal

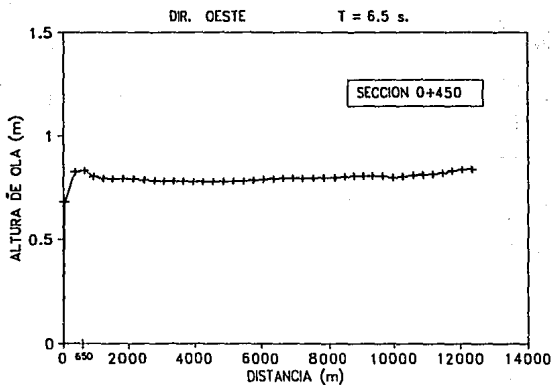


Fig. 7.28 Oleaje normal

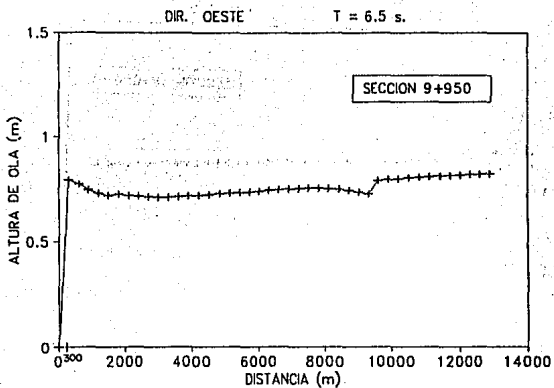


Fig. 7.29 Oleaje normal

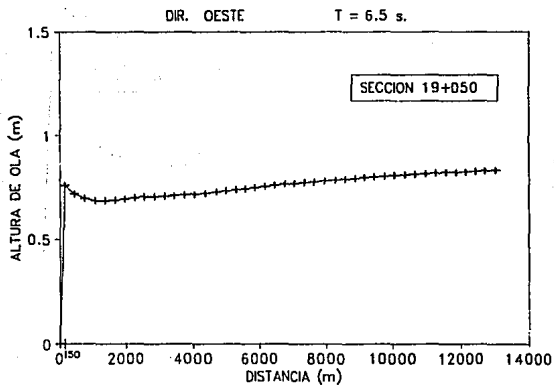


Fig. 7.30 Oleaje normal

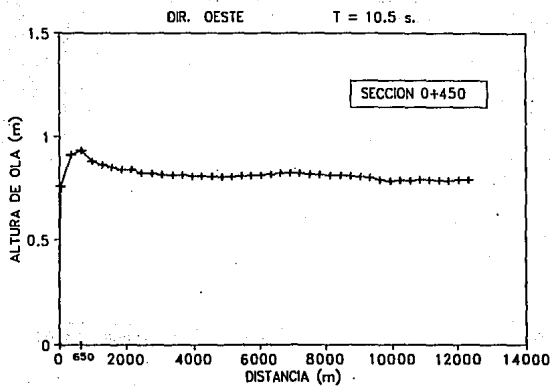


Fig. 7.31 Oleaje normal

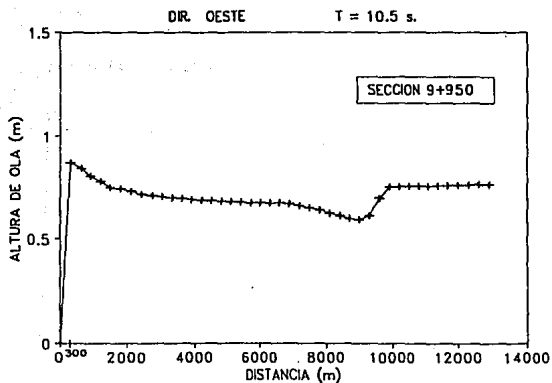


Fig. 7.32 Oleaje normal

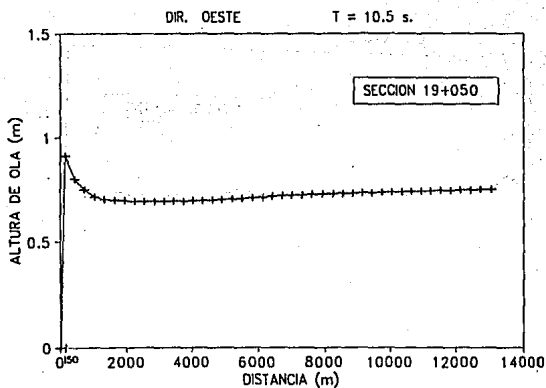


Fig. 7.33 Oleaje normal

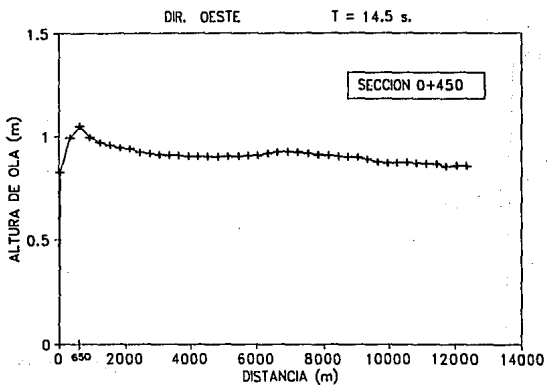


Fig. 7.34 Oleaje normal

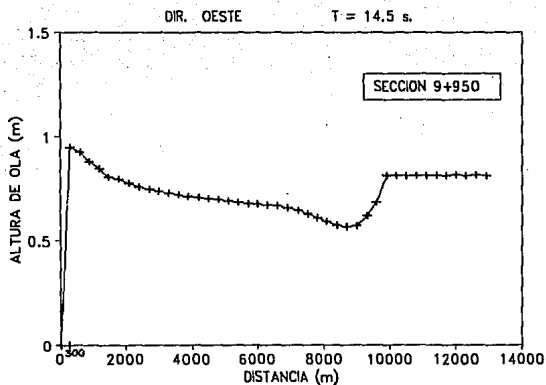


Fig. 7.35 Oleaje normal

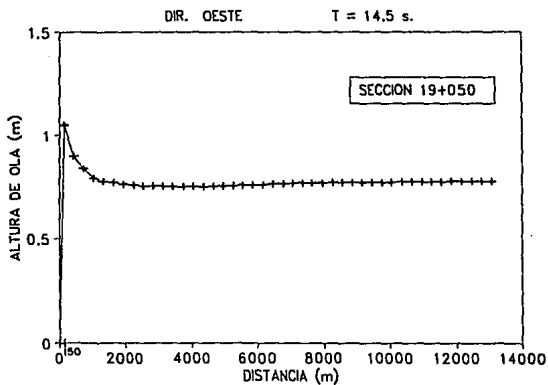


Fig. 7.36 Oleaje normal

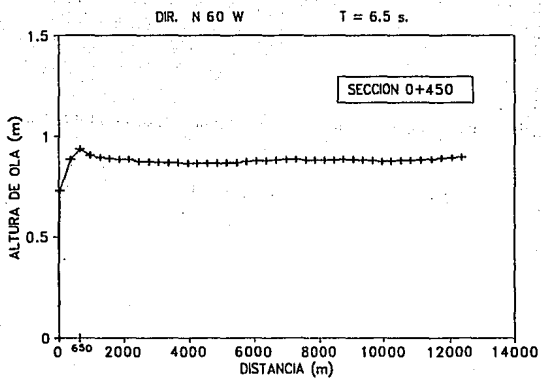


Fig. 7.37 Oleaje normal

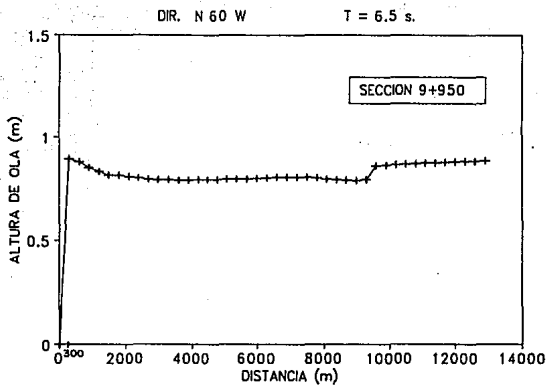


Fig. 7.38 Oleaje normal

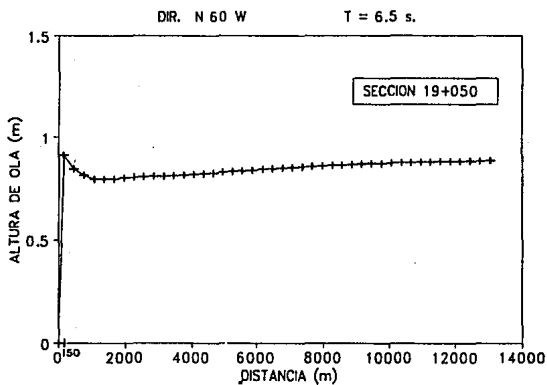


Fig. 7.39 Oleaje normal

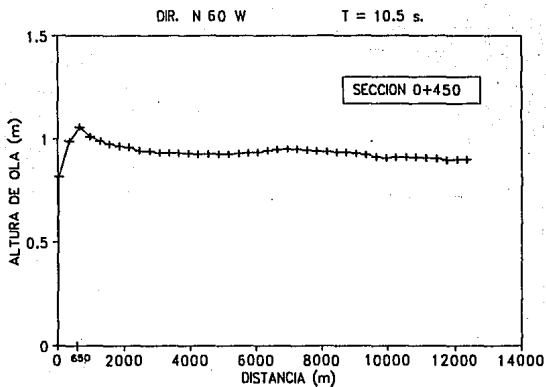


Fig. 7.40 Oleaje normal

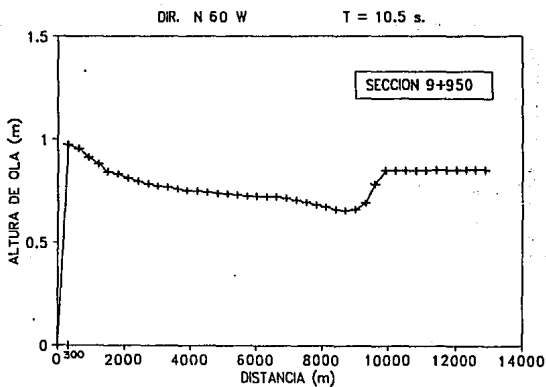


Fig. 7.41 Oleaje normal

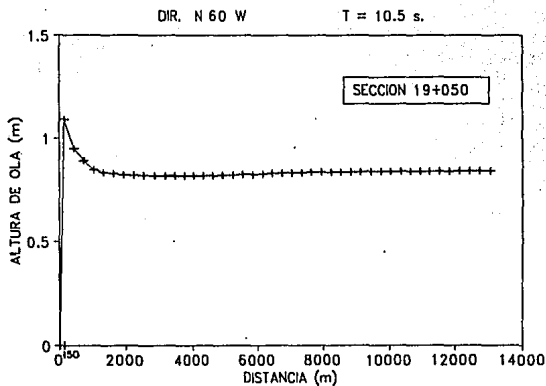


Fig. 7.42 Oleaje normal

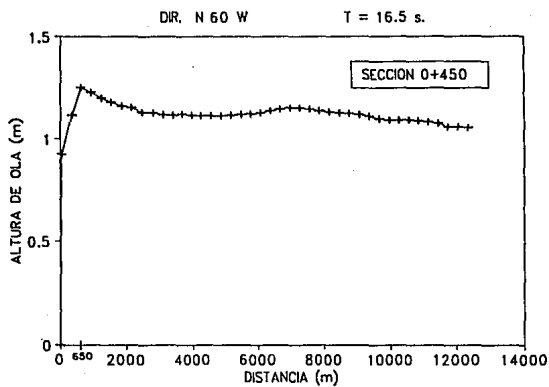


Fig. 7.43 Oleaje normal

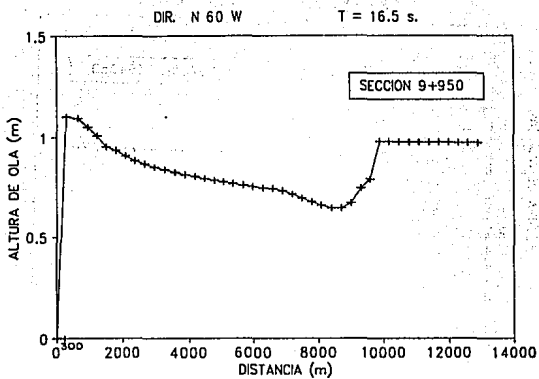


Fig. 7.44 Oleaje normal

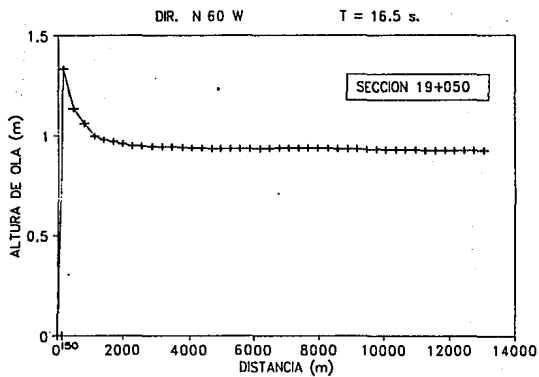


Fig. 7.45 Oleaje normal

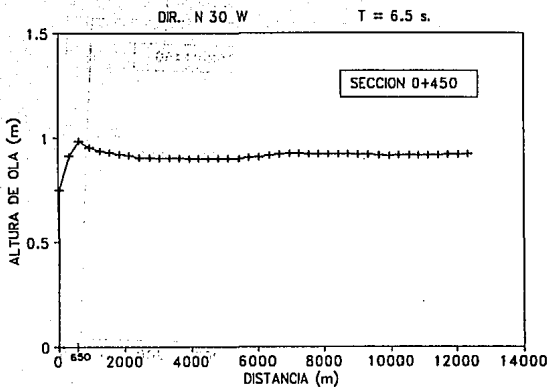


Fig. 7.46 Oleaje normal

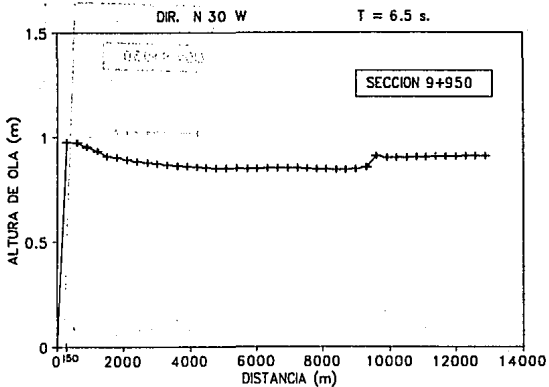


Fig. 7.47 Oleaje normal

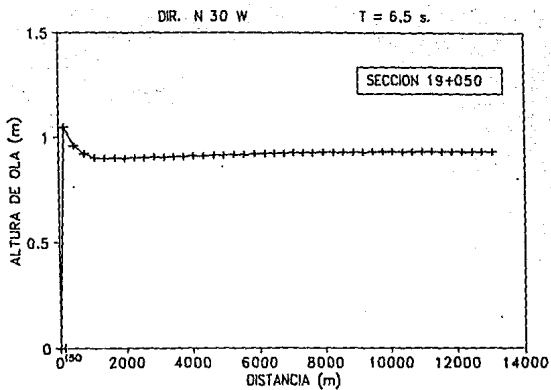


Fig. 7.48 Oleaje normal

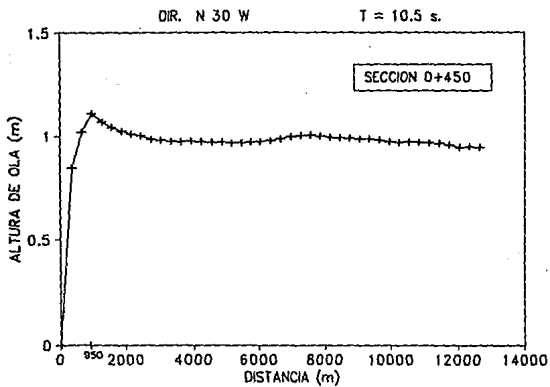


Fig. 7.49 Oleaje normal

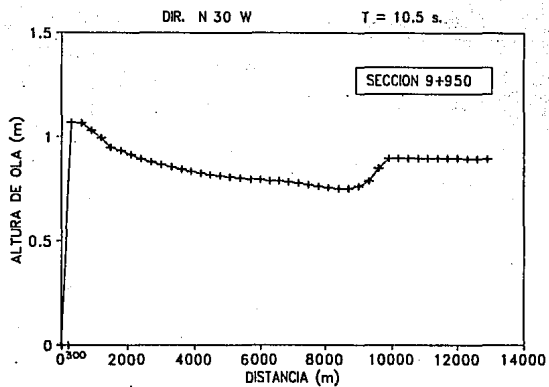


Fig. 7.50 Oleaje normal

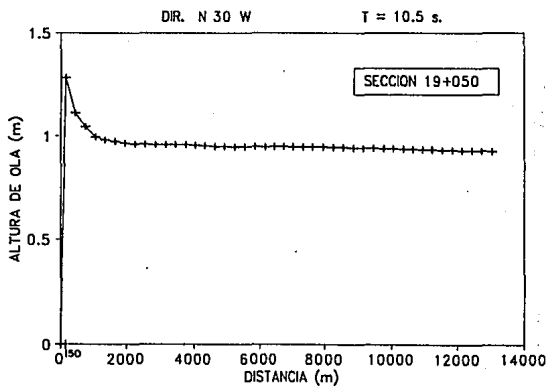


Fig. 7.51 Oleaje normal

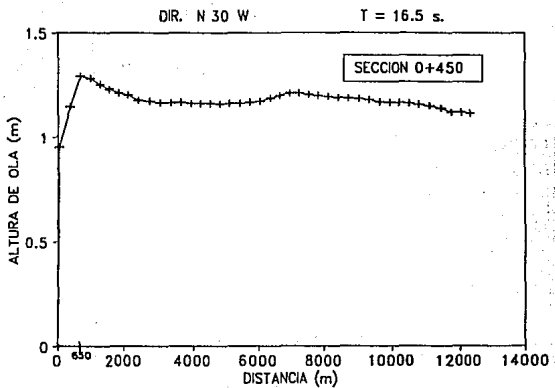


Fig. 7.52 Oleaje normal

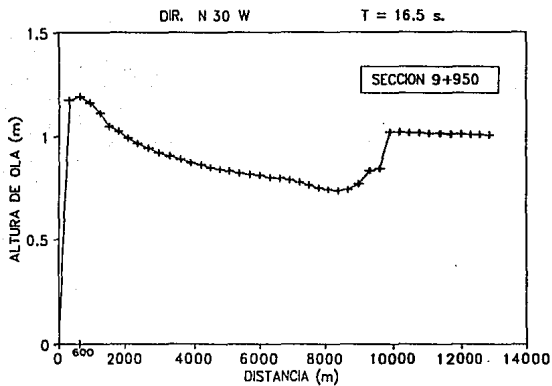


Fig. 7.53 Oleaje normal

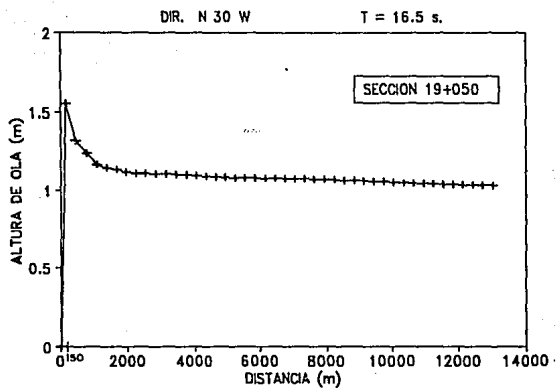


Fig. 7.54 Oleaje normal

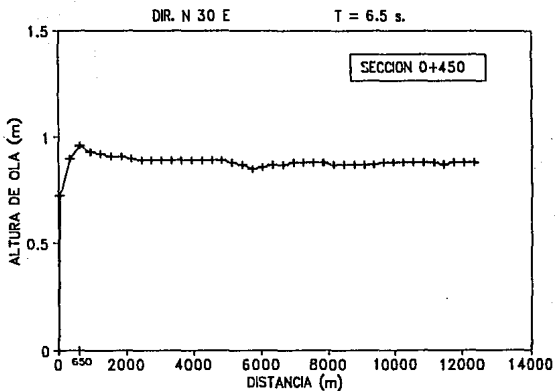


Fig. 7.55 Oleaje normal

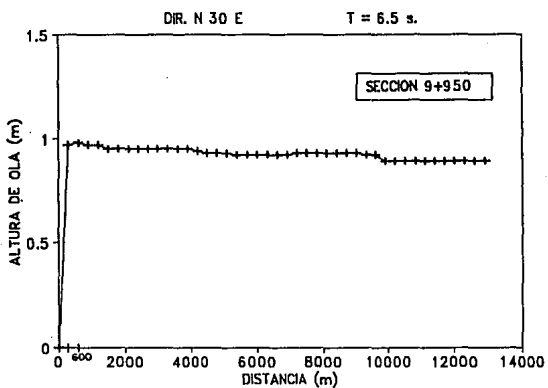


Fig. 7.56 Oleaje normal

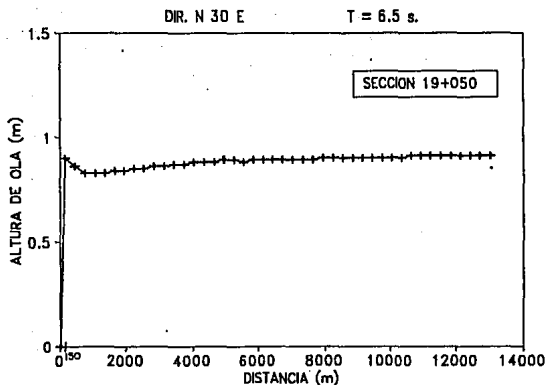


Fig. 7.57 Oleaje normal

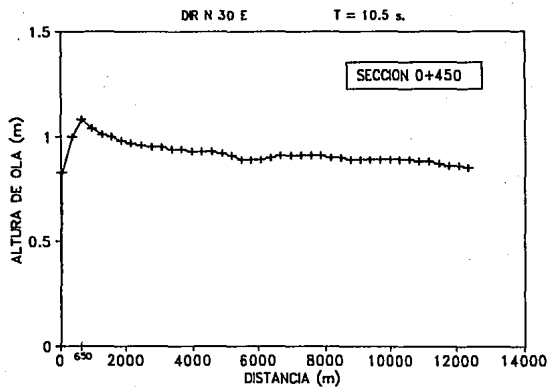


Fig. 7.58 Oleaje normal

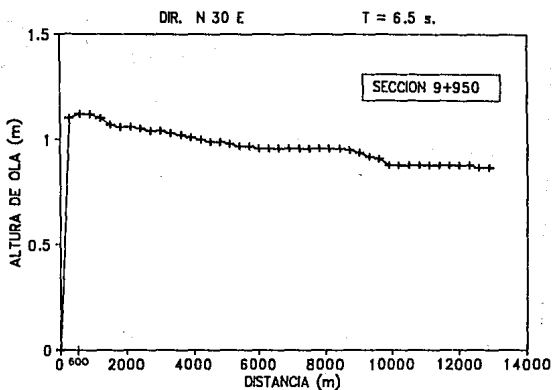


Fig. 7.59 Oleaje normal

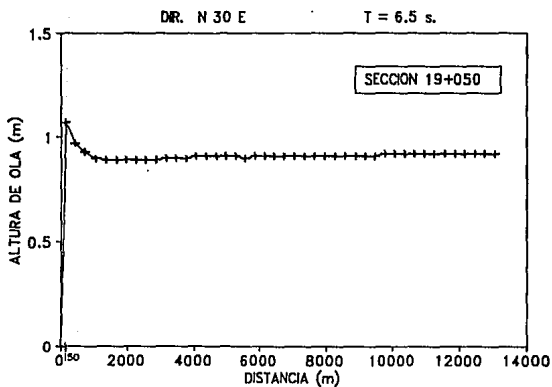


Fig. 7.60 Oleaje normal

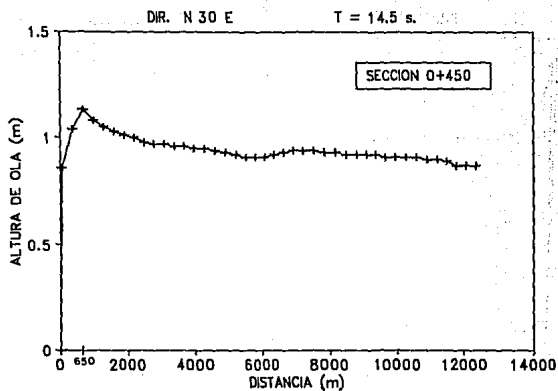


Fig. 7.61 Oleaje normal

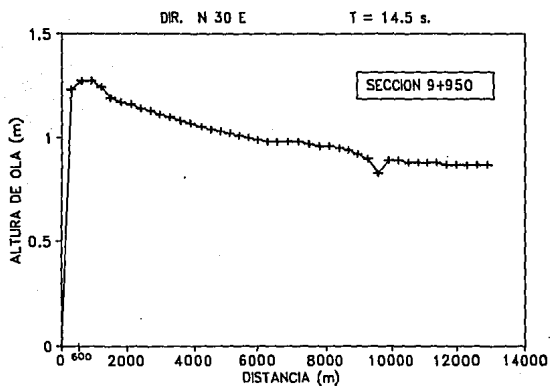


Fig. 7.62 Oleaje normal

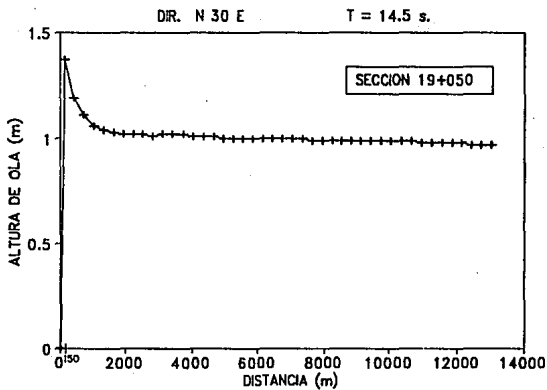


Fig. 7.63 Oleaje normal

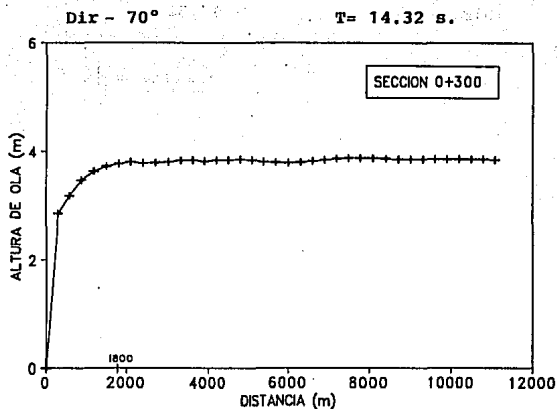


Fig. 7.64 Oleaje ciclónico

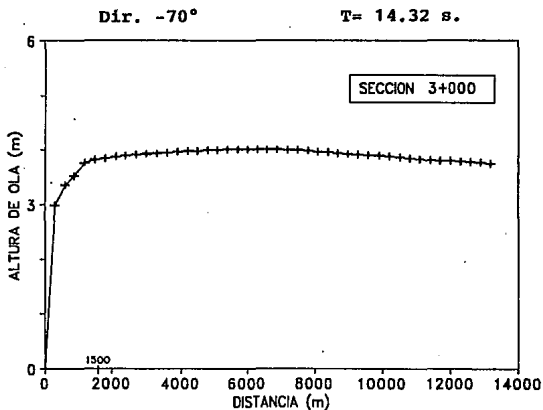


Fig. 7.65 Oleaje ciclónico

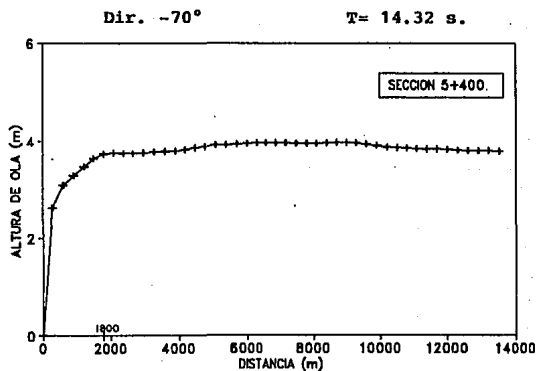


Fig. 7.66 Oleaje ciclónico

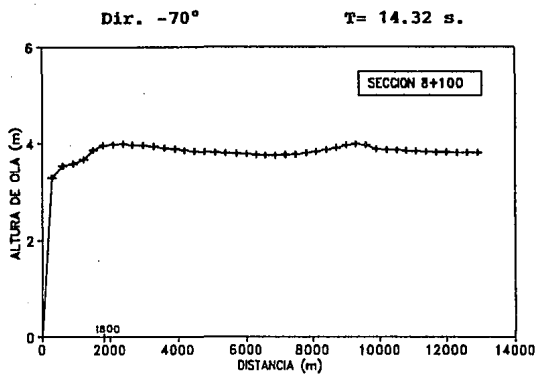


Fig. 7.67 Oleaje ciclónico

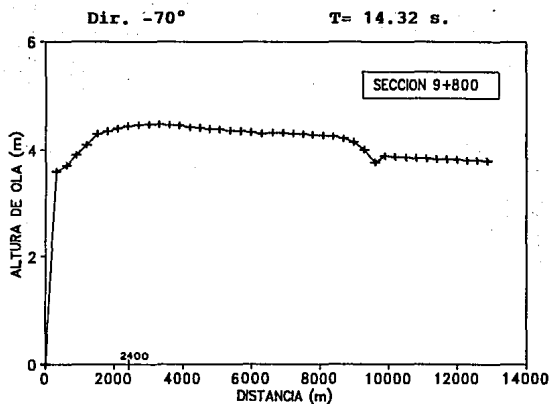


Fig. 7.68 Oleaje ciclónico

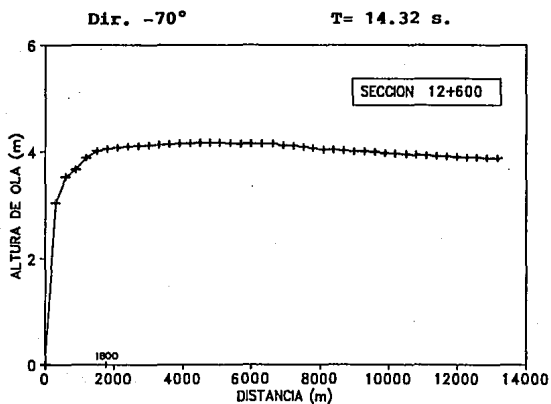


Fig. 7.69 Oleaje ciclónico

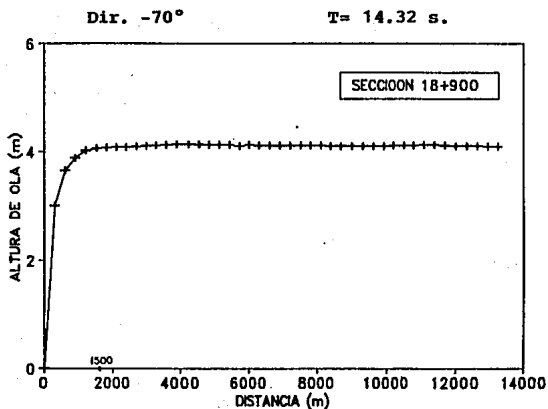


Fig. 7.70 Oleaje ciclónico

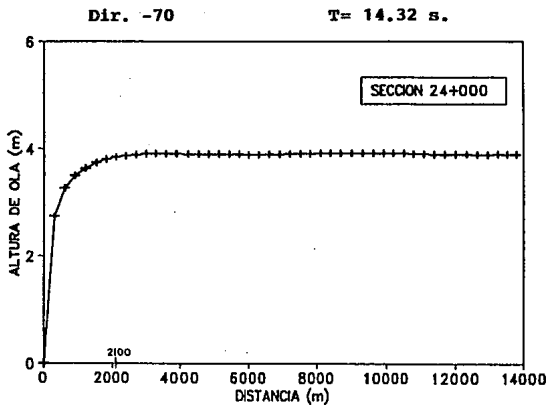


Fig. 7.71 Oleaje ciclónico

Dir. -70

T= 14.32 s.

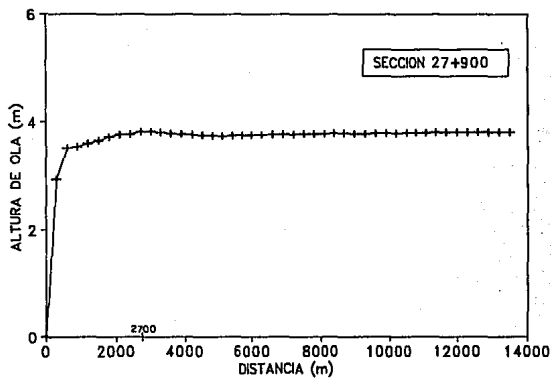


Fig. 7.72 Oleaje ciclónico

7.7 ANALISIS DE ALTERNATIVAS

Con el fin de seleccionar la mejor alternativa de protección contra la erosión en la zona de estudio, se consultaron en Puertos Mexicanos de la S.C.T., la existencia de pedreras cercanas a la zona de estudio.

Dentro de la información recavada, destaca el hecho de que los anteproyectos de construcción se podrían construir con piedras de la pedrera Sanbacuy, Campeche, la cual se localiza a 56 km. de la zona de estudio. Habiéndose estimado en términos generales que el costo por tonelada de piedra ya colocada podría ser del orden de los N\$ 70.00.

Tomando en consideración que en la zona de estudio no existen pedreras cercanas a la zona de protección, la definición del proyecto ejecutivo se deberá establecer tomando como base el costo de los anteproyectos de protección costera definidos en el inciso anterior.

7.7.1 Estimación de costos del anteproyecto de la protección marginal.

Para la estimación de los costos que implican la construcción de la protección marginal, se consideró que con dicha estructura se protegerá una longitud de 5304 m de playa, requiriéndose un total de 371,280 ton. de piedra. Al considerar el precio estimado de piedra por tonelada ya colocada resulta un costo total de N\$ 25,989,600 para esta estructura.

7.7.2 Estimación de costos del anteproyecto a base de espigones.

Para la estimación de los costos que implican la construcción de la batería de espigones, se consideró que con dichas estructuras se protegerá una longitud de 5304 m de playa, requiriéndose un total de 171,422 ton. de piedra. Al considerar el precio estimado de piedra por tonelada ya colocada resulta un costo total de N\$ 11,999,535 para estas estructuras.

7.7.3 Selección de la alternativa de protección.

Desde el punto de vista de evaluación de proyectos la selección de alternativas se debe realizar tomando en cuenta los beneficios y los costos (construcción, operación y mantenimiento).

Tomando en consideración la dificultad que por la naturaleza del proyecto se tiene para estimar los costos de operación, mantenimiento, y de los beneficios correspondientes, la selección de la alternativa de protección que se presenta como solución al problema planteado en este trabajo se realizó considerando únicamente los costos de construcción correspondientes.

En las condiciones anteriores, la alternativa que constituirá el proyecto ejecutivo necesario para resolver el problema de erosión en las playas de San Nicolás y Bahamita corresponde con las características geométricas y estructurales de la alternativa número 2, la cual desde el punto de vista funcional tendrá las siguientes ventajas y desventajas:

1. Ventajas:

Dentro de las ventajas con la obra de protección que se proyecta construir se enumeran las siguientes:

a) Recuperación parcial o total de la playa, dependiendo de las características del oleaje incidente.

b) Atenuación parcial del oleaje y aceleración de la recuperación playera, con rellenos en el lado de arriba del transporte litoral.

c) Con el sistema de protección mediante espigones, es factible monitorear el comportamiento de dichas estructuras, siempre y cuando el programa de construcción se plantee de forma congruente con el fenómeno del transporte litoral del oleaje y de las corrientes que se observen en el campo.

d) El sistema de protección con espigones es eficaz para la zona de estudio, de acuerdo con las experiencias de los espigones construidos en dicha zona en los años cincuentas.

e) El sistema de protección con espigones puede resolver los problemas de erosión en la costa, no siendo así en localizaciones fuera del morro de su estructura.

2. Desventajas:

Dentro de las ventajas con la obra de protección que se proyecta construir se enumeran las siguientes:

a) Requerimientos muy altos de piedra

b) Generaciones de erosiones en el lado de abajo del transporte litoral.

c) Asentamientos de los elementos de protección por las características de resistencia de los estratos subyacentes del nivel de desplante de las estructuras.

CAPITULO VIII

8. Conclusiones y recomendaciones

CAPITULO VIII

Tomando en consideración los resultados obtenidos en el presente estudio, es prudente establecer las siguientes conclusiones y recomendaciones:

(1) Tomando en consideración los resultados de las características del oleaje en la zona de estudio, y al compararlos con las alturas resultantes al considerar el criterio de rompiente, la altura de ola de diseño para los espigones de protección se determinó a partir del criterio de rompiente, resultando las siguientes alturas de diseño:

PROFUNDIDAD (m)	ALTURA DE OLA (m)	TRAMO
2.0	1.60	morro
1.5	1.20	cuerpo

(2) De conformidad con los resultados obtenidos de la predicción del oleaje ciclónico, el ciclón Gilberto originó las peores condiciones de oleaje en la zona de estudio correspondiendo estas a las siguientes:

ALTURA DE OLA (m)	FECHA DE OCURRENCIA	PERIODO (s)	DIRECCION
4.68	15/09/88	14.32	47°
2.20	14/09/88	13.84	37°
0.01	13/09/88	0.01	86°

(3) De conformidad con el estudio de refracción realizado para la zona de estudio, se observa que para las condiciones de oleaje consideradas en la zona cerca de la costa se presentan las siguientes condiciones:

SECCION	PROFUNDIDAD (m)	DIRECCION	ALTURA DE OLA (m)	PERIODO (s)
24+150	0.00	270.000000	0.000000E+00	6.5
24+150	0.00	270.000000	0.000000E+00	6.5
24+150	0.00	258.558400	9.826186E-01	6.5
24+150	1.50	257.756800	9.657623E-01	6.5
24+150	2.40	257.571700	9.765642E-01	6.5
24+150	3.00	257.300700	9.393270E-01	6.5
24+150	3.90	256.742700	9.110196E-01	6.5
24+150	4.70	255.439600	8.998042E-01	6.5
24+150	5.20	254.259800	8.992277E-01	6.5
24+150	6.00	253.113800	9.005348E-01	6.5
24+150	6.24	252.115600	9.062930E-01	6.5
24+150	6.52	251.443700	9.105276E-01	6.5
24+150	6.90	250.820100	9.126929E-01	6.5
24+150	7.15	250.370600	9.141727E-01	6.5
24+150	7.32	250.105600	9.149455E-01	6.5
24+150	7.52	249.869600	9.156416E-01	6.5
24+150	7.78	249.586800	9.166461E-01	6.5
24+150	7.98	249.301200	9.178779E-01	6.5
24+150	8.14	249.128700	9.185140E-01	6.5
24+150	8.28	248.988000	9.192259E-01	6.5
24+150	8.42	248.849600	9.199398E-01	6.5
24+150	8.64	248.651900	9.209558E-01	6.5
24+150	8.85	248.402600	9.224281E-01	6.5
24+150	8.98	248.211300	9.237505E-01	6.5
24+150	9.04	248.071800	9.248953E-01	6.5
24+150	9.08	247.989200	9.257732E-01	6.5
24+150	9.12	247.937500	9.264456E-01	6.5
24+150	9.18	247.891000	9.270145E-01	6.5
24+150	9.28	247.804900	9.279354E-01	6.5
24+150	9.38	247.739500	9.287592E-01	6.5
24+150	9.48	247.679100	9.296019E-01	6.5
24+150	9.58	247.638600	9.302356E-01	6.5
24+150	9.67	247.585800	9.308867E-01	6.5
24+150	9.76	247.555300	9.313356E-01	6.5
24+150	9.85	247.524800	9.316653E-01	6.5
24+150	9.93	247.500300	9.319090E-01	6.5
24+150	10.00	247.487400	9.320997E-01	6.5
24+150	10.20	247.453300	9.323944E-01	6.5
24+150	10.35	247.446800	9.324124E-01	6.5
24+150	10.45	247.453600	9.325222E-01	6.5
24+150	10.55	247.468600	9.327081E-01	6.5
24+150	10.64	247.484400	9.328873E-01	6.5
24+150	10.70	247.502000	9.330341E-01	6.5
24+150	10.80	247.488400	9.335428E-01	6.5
24+150	10.92	247.455100	9.342088E-01	6.5
24+150	10.96	247.440500	9.346781E-01	6.5
24+150	11.00	247.450600	9.349101E-01	6.5
24+150	11.10	247.430700	9.353678E-01	6.5

SECCION	PROFUNDI DAD (m)	DIRECCION	ALTURA DE OLA (m)	PERIODO (s)
24+150	0.00	270.000000	0.000000E+00	10.5
24+150	0.00	270.000000	0.000000E+00	10.5
24+150	0.00	260.828000	1.177770	10.5
24+150	1.50	261.317700	1.117410	10.5
24+150	2.40	261.462300	1.176720	10.5
24+150	3.00	261.419100	1.129680	10.5
24+150	3.90	261.025100	1.079940	10.5
24+150	4.70	259.849800	1.051160	10.5
24+150	5.20	258.868000	1.036730	10.5
24+150	6.00	257.883000	1.022810	10.5
24+150	6.24	256.988900	1.021410	10.5
24+150	6.52	256.470800	1.018440	10.5
24+150	6.90	255.961100	1.011670	10.5
24+150	7.15	255.571100	1.006880	10.5
24+150	7.32	255.322500	1.003640	10.5
24+150	7.52	255.086800	9.999935E-01	10.5
24+150	7.78	254.793200	9.961348E-01	10.5
24+150	7.98	254.502200	9.929738E-01	10.5
24+150	8.14	254.309400	9.903362E-01	10.5
24+150	8.28	254.152400	9.884012E-01	10.5
24+150	8.42	254.003500	9.865889E-01	10.5
24+150	8.64	253.782100	9.841861E-01	10.5
24+150	8.85	253.502400	9.821079E-01	10.5
24+150	8.98	253.283000	9.814208E-01	10.5
24+150	9.04	253.122300	9.814882E-01	10.5
24+150	9.08	253.030800	9.815961E-01	10.5
24+150	9.12	252.972400	9.816219E-01	10.5
24+150	9.18	252.914400	9.814551E-01	10.5
24+150	9.28	252.817500	9.806290E-01	10.5
24+150	9.38	252.741300	9.799528E-01	10.5
24+150	9.48	252.676100	9.790823E-01	10.5
24+150	9.58	252.633400	9.783484E-01	10.5
24+150	9.67	252.581300	9.773409E-01	10.5
24+150	9.76	252.561000	9.762645E-01	10.5
24+150	9.85	252.542700	9.749897E-01	10.5
24+150	9.93	252.535300	9.737721E-01	10.5
24+150	10.00	252.558100	9.722749E-01	10.5
24+150	10.20	252.552400	9.694880E-01	10.5
24+150	10.35	252.565500	9.672521E-01	10.5
24+150	10.45	252.594500	9.657995E-01	10.5
24+150	10.55	252.634900	9.646149E-01	10.5
24+150	10.64	252.670200	9.637108E-01	10.5
24+150	10.70	252.702200	9.631835E-01	10.5
24+150	10.80	252.693400	9.625840E-01	10.5
24+150	10.92	252.655400	9.620438E-01	10.5
24+150	10.96	252.647100	9.619542E-01	10.5
24+150	11.00	252.675100	9.617051E-01	10.5
24+150	11.10	252.654900	9.611458E-01	10.5

SECCION	PROFUNDI DAD (m)	DIRECCION	ALTURA DE OLA (m)	PERIODO (s)
24+150	0.00	270.000000	0.000000E+00	16.5
24+150	0.00	270.000000	0.000000E+00	16.5
24+150	0.00	262.580100	1.318810	16.5
24+150	1.50	263.870400	1.236530	16.5
24+150	2.40	264.155800	1.353320	16.5
24+150	3.00	264.231600	1.327280	16.5
24+150	3.90	263.995700	1.265930	16.5
24+150	4.70	263.028700	1.225460	16.5
24+150	5.20	262.261700	1.201970	16.5
24+150	6.00	261.500900	1.178010	16.5
24+150	6.24	260.747600	1.171730	16.5
24+150	6.52	260.357100	1.163930	16.5
24+150	6.90	259.964300	1.151370	16.5
24+150	7.15	259.648600	1.142420	16.5
24+150	7.32	259.437000	1.136300	16.5
24+150	7.52	259.241300	1.129600	16.5
24+150	7.78	259.001800	1.122210	16.5
24+150	7.98	258.766500	1.115820	16.5
24+150	8.14	258.605800	1.110560	16.5
24+150	8.28	258.480000	1.106540	16.5
24+150	8.42	258.363500	1.102600	16.5
24+150	8.64	258.191000	1.097560	16.5
24+150	8.85	257.966000	1.092610	16.5
24+150	8.98	257.781600	1.090020	16.5
24+150	9.04	257.645500	1.088800	16.5
24+150	9.08	257.571100	1.087910	16.5
24+150	9.12	257.523100	1.087050	16.5
24+150	9.18	257.473500	1.085930	16.5
24+150	9.28	257.399000	1.083390	16.5
24+150	9.38	257.344800	1.081200	16.5
24+150	9.48	257.309800	1.078630	16.5
24+150	9.58	257.294500	1.076460	16.5
24+150	9.67	257.276600	1.073790	16.5
24+150	9.76	257.292500	1.071260	16.5
24+150	9.85	257.310400	1.068510	16.5
24+150	9.93	257.340100	1.065910	16.5
24+150	10.00	257.406000	1.063060	16.5
24+150	10.20	257.450100	1.058090	16.5
24+150	10.35	257.494300	1.054260	16.5
24+150	10.45	257.548400	1.051710	16.5
24+150	10.55	257.613700	1.049610	16.5
24+150	10.64	257.669100	1.047920	16.5
24+150	10.70	257.717000	1.046820	16.5
24+150	10.80	257.730500	1.045220	16.5
24+150	10.92	257.718300	1.043590	16.5
24+150	10.96	257.732600	1.042890	16.5
24+150	11.00	257.781900	1.042160	16.5
24+150	11.10	257.784000	1.040670	16.5

SECCION	PROFUNDI DAD (m)	DIRECCION	ALTURA DE OLA (m)	PERIODO (s)
24+150	0.00	270.000000	0.000000E+00	6.5
24+150	0.00	270.000000	0.000000E+00	6.5
24+150	0.00	252.731800	8.962879E-01	6.5
24+150	1.50	248.305700	8.956720E-01	6.5
24+150	2.40	246.864600	8.669524E-01	6.5
24+150	3.00	245.758600	8.281791E-01	6.5
24+150	3.90	244.369400	8.005286E-01	6.5
24+150	4.70	242.180300	7.914035E-01	6.5
24+150	5.20	240.144200	7.952641E-01	6.5
24+150	6.00	238.117400	8.022681E-01	6.5
24+150	6.24	236.515800	8.139516E-01	6.5
24+150	6.52	235.304900	8.242397E-01	6.5
24+150	6.90	234.152500	8.320319E-01	6.5
24+150	7.15	233.337400	8.375535E-01	6.5
24+150	7.32	232.858100	8.406186E-01	6.5
24+150	7.52	232.434400	8.431357E-01	6.5
24+150	7.78	231.942000	8.462582E-01	6.5
24+150	7.98	231.457700	8.499916E-01	6.5
24+150	8.14	231.175100	8.521655E-01	6.5
24+150	8.28	230.946500	8.542969E-01	6.5
24+150	8.42	230.719200	8.564535E-01	6.5
24+150	8.64	230.379400	8.592393E-01	6.5
24+150	8.85	229.955300	8.629587E-01	6.5
24+150	8.98	229.639400	8.662325E-01	6.5
24+150	9.04	229.412300	8.690475E-01	6.5
24+150	9.08	229.267400	8.712486E-01	6.5
24+150	9.12	229.171900	8.729655E-01	6.5
24+150	9.18	229.086800	8.744043E-01	6.5
24+150	9.28	228.919400	8.765431E-01	6.5
24+150	9.38	228.792700	8.783742E-01	6.5
24+150	9.48	228.673000	8.802444E-01	6.5
24+150	9.58	228.593700	8.817723E-01	6.5
24+150	9.67	228.489800	8.834738E-01	6.5
24+150	9.76	228.417900	8.848901E-01	6.5
24+150	9.85	228.339900	8.862237E-01	6.5
24+150	9.93	228.267400	8.874784E-01	6.5
24+150	10.00	228.194400	8.888047E-01	6.5
24+150	10.20	228.057900	8.902196E-01	6.5
24+150	10.35	227.984400	8.907803E-01	6.5
24+150	10.45	227.942200	8.912451E-01	6.5
24+150	10.55	227.916100	8.916675E-01	6.5
24+150	10.64	227.901800	8.920094E-01	6.5
24+150	10.70	227.905200	8.921799E-01	6.5
24+150	10.80	227.852400	8.930266E-01	6.5
24+150	10.92	227.764900	8.942714E-01	6.5
24+150	10.96	227.715600	8.952845E-01	6.5
24+150	11.00	227.707800	8.958005E-01	6.5
24+150	11.10	227.649500	8.967275E-01	6.5

SECCION	PROFUNDI DAD (m)	DIRECCION	ALTURA DE OLA (m)	PERIODO (s)
24+150	0.00	270.000000	0.000000E+00	10.5
24+150	0.00	270.000000	0.000000E+00	10.5
24+150	0.00	256.779700	1.092060	10.5
24+150	1.50	255.130900	1.041540	10.5
24+150	2.40	254.693300	1.043210	10.5
24+150	3.00	254.214100	9.872733E-01	10.5
24+150	3.90	253.301500	9.414610E-01	10.5
24+150	4.70	251.482200	9.172514E-01	10.5
24+150	5.20	249.908000	9.076300E-01	10.5
24+150	6.00	248.297300	8.995431E-01	10.5
24+150	6.24	247.003400	9.025200E-01	10.5
24+150	6.52	246.159900	9.036378E-01	10.5
24+150	6.90	245.322500	9.008028E-01	10.5
24+150	7.15	244.711500	8.988580E-01	10.5
24+150	7.32	244.334000	8.975314E-01	10.5
24+150	7.52	243.965100	8.958390E-01	10.5
24+150	7.78	243.506300	8.942775E-01	10.5
24+150	7.98	243.061000	8.934638E-01	10.5
24+150	8.14	242.772400	8.926702E-01	10.5
24+150	8.28	242.537000	8.924251E-01	10.5
24+150	8.42	242.307400	8.922066E-01	10.5
24+150	8.64	241.953500	8.916140E-01	10.5
24+150	8.85	241.518600	8.915792E-01	10.5
24+150	8.98	241.198800	8.925918E-01	10.5
24+150	9.04	240.974900	8.940938E-01	10.5
24+150	9.08	240.846700	8.953994E-01	10.5
24+150	9.12	240.768800	8.964661E-01	10.5
24+150	9.18	240.693700	8.973117E-01	10.5
24+150	9.28	240.539000	8.978291E-01	10.5
24+150	9.38	240.415200	8.984552E-01	10.5
24+150	9.48	240.294900	8.989962E-01	10.5
24+150	9.58	240.209900	8.996137E-01	10.5
24+150	9.67	240.098800	9.000753E-01	10.5
24+150	9.76	240.026300	9.003573E-01	10.5
24+150	9.85	239.950000	9.004102E-01	10.5
24+150	9.93	239.885200	9.004300E-01	10.5
24+150	10.00	239.846100	9.000479E-01	10.5
24+150	10.20	239.738400	8.983635E-01	10.5
24+150	10.35	239.685100	8.967521E-01	10.5
24+150	10.45	239.668000	8.956856E-01	10.5
24+150	10.55	239.667800	8.947955E-01	10.5
24+150	10.64	239.673000	8.941802E-01	10.5
24+150	10.70	239.686100	8.939002E-01	10.5
24+150	10.80	239.633700	8.938257E-01	10.5
24+150	10.92	239.537300	8.939998E-01	10.5
24+150	10.96	239.493800	8.945025E-01	10.5
24+150	11.00	239.498000	8.947079E-01	10.5
24+150	11.10	239.436000	8.947681E-01	10.5

SECCION	PROFUNDI DAD (m)	DIRECCION	ALTURA DE OLA (m)	PERIODO (s)
24+150	0.00	270.000000	0.000000E+00	14.5
24+150	0.00	270.000000	0.000000E+00	14.5
24+150	0.00	258.740500	1.180180	14.5
24+150	1.50	258.182200	1.111480	14.5
24+150	2.40	258.049700	1.145960	14.5
24+150	3.00	257.780600	1.088020	14.5
24+150	3.90	257.092800	1.034670	14.5
24+150	4.70	255.544600	1.003850	14.5
24+150	5.20	254.249500	9.884440E-01	14.5
24+150	6.00	252.931400	9.737542E-01	14.5
24+150	6.24	251.828500	9.729323E-01	14.5
24+150	6.52	251.163900	9.703215E-01	14.5
24+150	6.90	250.491300	9.632194E-01	14.5
24+150	7.15	249.984500	9.582791E-01	14.5
24+150	7.32	249.659400	9.550566E-01	14.5
24+150	7.52	249.344600	9.513910E-01	14.5
24+150	7.78	248.956100	9.474323E-01	14.5
24+150	7.98	248.584100	9.442785E-01	14.5
24+150	8.14	248.337200	9.417061E-01	14.5
24+150	8.28	248.143600	9.400142E-01	14.5
24+150	8.42	247.956700	9.383151E-01	14.5
24+150	8.64	247.665600	9.357853E-01	14.5
24+150	8.85	247.306100	9.336149E-01	14.5
24+150	8.98	247.034800	9.331471E-01	14.5
24+150	9.04	246.845500	9.336819E-01	14.5
24+150	9.08	246.740200	9.342978E-01	14.5
24+150	9.12	246.677000	9.348763E-01	14.5
24+150	9.18	246.611300	9.352041E-01	14.5
24+150	9.28	246.484100	9.346215E-01	14.5
24+150	9.38	246.382100	9.343273E-01	14.5
24+150	9.48	246.289900	9.338200E-01	14.5
24+150	9.58	246.224900	9.335101E-01	14.5
24+150	9.67	246.145200	9.328866E-01	14.5
24+150	9.76	246.101400	9.321295E-01	14.5
24+150	9.85	246.059500	9.310883E-01	14.5
24+150	9.93	246.031200	9.300102E-01	14.5
24+150	10.00	246.039100	9.284422E-01	14.5
24+150	10.20	245.996600	9.250085E-01	14.5
24+150	10.35	245.985300	9.222022E-01	14.5
24+150	10.45	246.000800	9.203060E-01	14.5
24+150	10.55	246.028100	9.187137E-01	14.5
24+150	10.64	246.053000	9.175657E-01	14.5
24+150	10.70	246.076000	9.169569E-01	14.5
24+150	10.80	246.045100	9.161440E-01	14.5
24+150	10.92	245.980300	9.154842E-01	14.5
24+150	10.96	245.959700	9.154775E-01	14.5
24+150	11.00	245.980200	9.153403E-01	14.5
24+150	11.10	245.941100	9.146991E-01	14.5

SECCION	PROFUNDI DAD (m)	DIRECCION	ALTURA DE OLA (m)	PERIODO (s)
24+150	0.00	270.000000	0.000000E+00	6.5
24+150	0.00	270.000000	0.000000E+00	6.5
24+150	0.00	273.112700	8.949479E-01	6.5
24+150	1.50	281.834500	9.126724E-01	6.5
24+150	2.40	284.919100	9.102922E-01	6.5
24+150	3.00	286.737400	8.834355E-01	6.5
24+150	3.90	288.418800	8.647226E-01	6.5
24+150	4.70	289.163200	8.574568E-01	6.5
24+150	5.20	289.818000	8.569666E-01	6.5
24+150	6.00	290.610500	8.580623E-01	6.5
24+150	6.24	290.823400	8.604817E-01	6.5
24+150	6.52	291.179200	8.628693E-01	6.5
24+150	6.90	291.611500	8.651766E-01	6.5
24+150	7.15	291.900400	8.672787E-01	6.5
24+150	7.32	292.154600	8.694988E-01	6.5
24+150	7.52	292.450300	8.717688E-01	6.5
24+150	7.78	292.776700	8.742938E-01	6.5
24+150	7.98	293.052700	8.765851E-01	6.5
24+150	8.14	293.300700	8.783500E-01	6.5
24+150	8.28	293.513100	8.796284E-01	6.5
24+150	8.42	293.665400	8.802080E-01	6.5
24+150	8.64	293.891300	8.817024E-01	6.5
24+150	8.85	294.113300	8.833785E-01	6.5
24+150	8.98	294.267800	8.845402E-01	6.5
24+150	9.04	294.376500	8.852447E-01	6.5
24+150	9.08	294.494200	8.858383E-01	6.5
24+150	9.12	294.612800	8.862912E-01	6.5
24+150	9.18	294.736100	8.867208E-01	6.5
24+150	9.28	294.902300	8.873872E-01	6.5
24+150	9.38	295.071100	8.880627E-01	6.5
24+150	9.48	295.240400	8.885550E-01	6.5
24+150	9.58	295.388100	8.889663E-01	6.5
24+150	9.67	295.533400	8.894082E-01	6.5
24+150	9.76	295.671900	8.897668E-01	6.5
24+150	9.85	295.803300	8.901306E-01	6.5
24+150	9.93	295.915900	8.903496E-01	6.5
24+150	10.00	296.030100	8.904253E-01	6.5
24+150	10.20	296.225900	8.912607E-01	6.5
24+150	10.35	296.382800	8.920369E-01	6.5
24+150	10.45	296.506200	8.925516E-01	6.5
24+150	10.55	296.636100	8.931662E-01	6.5
24+150	10.64	296.758200	8.938141E-01	6.5
24+150	10.70	296.850000	8.942178E-01	6.5
24+150	10.80	296.966400	8.949217E-01	6.5
24+150	10.92	297.095700	8.959313E-01	6.5
24+150	10.96	297.197500	8.966455E-01	6.5
24+150	11.00	297.289500	8.970332E-01	6.5
24+150	11.10	297.388800	8.975911E-01	6.5

SECCION	PROFUNDI DAD (m)	DIRECCION	ALTURA DE OLA (m)	PERIODO (s)
24+150	0.00	270.000000	0.000000E+00	10.5
24+150	0.00	270.000000	0.000000E+00	10.5
24+150	0.00	271.043100	1.077590	10.5
24+150	1.50	277.787400	1.050550	10.5
24+150	2.40	279.929500	1.077620	10.5
24+150	3.00	281.262100	1.034500	10.5
24+150	3.90	282.400200	9.939209E-01	10.5
24+150	4.70	282.712300	9.697677E-01	10.5
24+150	5.20	283.041500	9.565188E-01	10.5
24+150	6.00	283.451700	9.423086E-01	10.5
24+150	6.24	283.480800	9.381174E-01	10.5
24+150	6.52	283.692200	9.340259E-01	10.5
24+150	6.90	283.953500	9.279493E-01	10.5
24+150	7.15	284.122900	9.241424E-01	10.5
24+150	7.32	284.273800	9.219558E-01	10.5
24+150	7.52	284.466200	9.192047E-01	10.5
24+150	7.78	284.662500	9.159076E-01	10.5
24+150	7.98	284.807100	9.128873E-01	10.5
24+150	8.14	284.942700	9.100287E-01	10.5
24+150	8.28	285.051000	9.071560E-01	10.5
24+150	8.42	285.132400	9.041308E-01	10.5
24+150	8.64	285.270200	9.010795E-01	10.5
24+150	8.85	285.389200	8.979992E-01	10.5
24+150	8.98	285.452500	8.958172E-01	10.5
24+150	9.04	285.484000	8.941370E-01	10.5
24+150	9.08	285.535300	8.925736E-01	10.5
24+150	9.12	285.595300	8.909881E-01	10.5
24+150	9.18	285.655600	8.892391E-01	10.5
24+150	9.28	285.759400	8.868532E-01	10.5
24+150	9.38	285.868200	8.846231E-01	10.5
24+150	9.48	285.998700	8.822258E-01	10.5
24+150	9.58	286.115100	8.801938E-01	10.5
24+150	9.67	286.232300	8.781106E-01	10.5
24+150	9.76	286.355700	8.762277E-01	10.5
24+150	9.85	286.468500	8.743574E-01	10.5
24+150	9.93	286.560900	8.725817E-01	10.5
24+150	10.00	286.677900	8.707950E-01	10.5
24+150	10.20	286.878100	8.684372E-01	10.5
24+150	10.35	287.026300	8.666918E-01	10.5
24+150	10.45	287.154900	8.654490E-01	10.5
24+150	10.55	287.304800	8.645018E-01	10.5
24+150	10.64	287.442900	8.637183E-01	10.5
24+150	10.70	287.552200	8.630915E-01	10.5
24+150	10.80	287.691100	8.623973E-01	10.5
24+150	10.92	287.832100	8.618103E-01	10.5
24+150	10.96	287.938100	8.614557E-01	10.5
24+150	11.00	288.045600	8.608771E-01	10.5
24+150	11.10	288.155700	8.600252E-01	10.5

SECCION	PROFUNDI DAD (m)	DIRECCION	ALTURA DE OLA (m)	PERIODO (s)
24+150	0.00	270.000000	0.000000E+00	16.5
24+150	0.00	270.000000	0.000000E+00	16.5
24+150	0.00	257.412300	1.050910	16.5
24+150	1.50	256.194100	9.918416E-01	16.5
24+150	2.40	255.897300	9.497903E-01	16.5
24+150	3.00	255.494900	8.929442E-01	16.5
24+150	3.90	254.633600	8.476781E-01	16.5
24+150	4.70	252.853200	8.221539E-01	16.5
24+150	5.20	251.352600	8.100559E-01	16.5
24+150	6.00	249.817000	7.988262E-01	16.5
24+150	6.24	248.582400	7.992985E-01	16.5
24+150	6.52	247.816500	7.980994E-01	16.5
24+150	6.90	247.044600	7.929828E-01	16.5
24+150	7.15	246.474900	7.894843E-01	16.5
24+150	7.32	246.113100	7.872738E-01	16.5
24+150	7.52	245.759000	7.846952E-01	16.5
24+150	7.78	245.320100	7.819446E-01	16.5
24+150	7.98	244.902900	7.798776E-01	16.5
24+150	8.14	244.628200	7.781702E-01	16.5
24+150	8.28	244.413200	7.771773E-01	16.5
24+150	8.42	244.201300	7.760959E-01	16.5
24+150	8.64	243.870400	7.743719E-01	16.5
24+150	8.85	243.460000	7.729440E-01	16.5
24+150	8.98	243.160000	7.729837E-01	16.5
24+150	9.04	242.953800	7.737997E-01	16.5
24+150	9.08	242.842900	7.746530E-01	16.5
24+150	9.12	242.777500	7.754114E-01	16.5
24+150	9.18	242.710100	7.759932E-01	16.5
24+150	9.28	242.568400	7.758705E-01	16.5
24+150	9.38	242.454600	7.760006E-01	16.5
24+150	9.48	242.346800	7.759662E-01	16.5
24+150	9.58	242.272100	7.761660E-01	16.5
24+150	9.67	242.174500	7.760720E-01	16.5
24+150	9.76	242.118400	7.758817E-01	16.5
24+150	9.85	242.059900	7.754260E-01	16.5
24+150	9.93	242.014900	7.748911E-01	16.5
24+150	10.00	242.009200	7.738655E-01	16.5
24+150	10.20	241.940000	7.711423E-01	16.5
24+150	10.35	241.912000	7.688195E-01	16.5
24+150	10.45	241.916300	7.672236E-01	16.5
24+150	10.55	241.935600	7.659063E-01	16.5
24+150	10.64	241.955300	7.649793E-01	16.5
24+150	10.70	241.974500	7.645297E-01	16.5
24+150	10.80	241.933700	7.639830E-01	16.5
24+150	10.92	241.851700	7.635841E-01	16.5
24+150	10.96	241.823800	7.637531E-01	16.5
24+150	11.00	241.838900	7.637960E-01	16.5
24+150	11.10	241.789500	7.634102E-01	16.5

SECCION	PROFUNDI DAD (m)	DIRECCION	ALTURA DE OLA (m)	PERIODO (s)
24+150	0.00	270.000000	0.000000E+00	6.5
24+150	0.00	270.000000	0.000000E+00	6.5
24+150	0.00	266.737500	9.889457E-01	6.5
24+150	1.50	270.941800	9.783664E-01	6.5
24+150	2.40	272.335400	1.006880	6.5
24+150	3.00	273.089200	9.760141E-01	6.5
24+150	3.90	273.624900	9.503552E-01	6.5
24+150	4.70	273.443000	9.389363E-01	6.5
24+150	5.20	273.295200	9.356942E-01	6.5
24+150	6.00	273.222600	9.335916E-01	6.5
24+150	6.24	272.937400	9.350612E-01	6.5
24+150	6.52	272.867800	9.357037E-01	6.5
24+150	6.90	272.851100	9.353681E-01	6.5
24+150	7.15	272.826600	9.351851E-01	6.5
24+150	7.32	272.841300	9.351347E-01	6.5
24+150	7.52	272.877200	9.351004E-01	6.5
24+150	7.78	272.904500	9.351861E-01	6.5
24+150	7.98	272.905900	9.352314E-01	6.5
24+150	8.14	272.926800	9.350155E-01	6.5
24+150	8.28	272.941300	9.347358E-01	6.5
24+150	8.42	272.940100	9.343532E-01	6.5
24+150	8.64	272.951800	9.344176E-01	6.5
24+150	8.85	272.941300	9.346732E-01	6.5
24+150	8.98	272.919500	9.347649E-01	6.5
24+150	9.04	272.897700	9.346958E-01	6.5
24+150	9.08	272.901700	9.345299E-01	6.5
24+150	9.12	272.917900	9.342713E-01	6.5
24+150	9.18	272.938000	9.339830E-01	6.5
24+150	9.28	272.965300	9.338878E-01	6.5
24+150	9.38	273.001400	9.337716E-01	6.5
24+150	9.48	273.044600	9.336066E-01	6.5
24+150	9.58	273.088900	9.333649E-01	6.5
24+150	9.67	273.131000	9.331504E-01	6.5
24+150	9.76	273.182100	9.328739E-01	6.5
24+150	9.85	273.231300	9.325934E-01	6.5
24+150	9.93	273.275800	9.322914E-01	6.5
24+150	10.00	273.330900	9.319822E-01	6.5
24+150	10.20	273.411400	9.320585E-01	6.5
24+150	10.35	273.477900	9.321538E-01	6.5
24+150	10.45	273.534900	9.323007E-01	6.5
24+150	10.55	273.599600	9.325408E-01	6.5
24+150	10.64	273.660000	9.327604E-01	6.5
24+150	10.70	273.708000	9.328892E-01	6.5
24+150	10.80	273.754100	9.332336E-01	6.5
24+150	10.92	273.796400	9.336898E-01	6.5
24+150	10.96	273.833400	9.339161E-01	6.5
24+150	11.00	273.878000	9.339498E-01	6.5
24+150	11.10	273.912900	9.341683E-01	6.5

SECCION	PROFUNDIDAD (m)	DIRECCION	ALTURA DE OLA (m)	PERIODO (s)
24+150	0.00	270.000000	0.000000E+00	10.5
24+150	0.00	270.000000	0.000000E+00	10.5
24+150	0.00	266.548400	1.171690	10.5
24+150	1.50	270.239800	1.120580	10.5
24+150	2.40	271.297200	1.189790	10.5
24+150	3.00	271.913500	1.150100	10.5
24+150	3.90	272.282000	1.102300	10.5
24+150	4.70	271.948200	1.073010	10.5
24+150	5.20	271.715700	1.056400	10.5
24+150	6.00	271.517000	1.039150	10.5
24+150	6.24	271.149900	1.034140	10.5
24+150	6.52	271.046400	1.028450	10.5
24+150	6.90	270.969800	1.019910	10.5
24+150	7.15	270.894400	1.013980	10.5
24+150	7.32	270.860100	1.009960	10.5
24+150	7.52	270.847100	1.005440	10.5
24+150	7.78	270.809900	1.000440	10.5
24+150	7.98	270.748500	9.959839E-01	10.5
24+150	8.14	270.715700	9.920852E-01	10.5
24+150	8.28	270.684200	9.886802E-01	10.5
24+150	8.42	270.652300	9.854191E-01	10.5
24+150	8.64	270.619900	9.817108E-01	10.5
24+150	8.85	270.554300	9.780668E-01	10.5
24+150	8.98	270.483300	9.757175E-01	10.5
24+150	9.04	270.422100	9.741223E-01	10.5
24+150	9.08	270.398700	9.726681E-01	10.5
24+150	9.12	270.393600	9.712093E-01	10.5
24+150	9.18	270.389300	9.695767E-01	10.5
24+150	9.28	270.391500	9.671926E-01	10.5
24+150	9.38	270.406800	9.649856E-01	10.5
24+150	9.48	270.443000	9.626001E-01	10.5
24+150	9.58	270.485900	9.605135E-01	10.5
24+150	9.67	270.528900	9.582749E-01	10.5
24+150	9.76	270.592000	9.561940E-01	10.5
24+150	9.85	270.651300	9.540950E-01	10.5
24+150	9.93	270.706800	9.521995E-01	10.5
24+150	10.00	270.790600	9.502722E-01	10.5
24+150	10.20	270.896200	9.473722E-01	10.5
24+150	10.35	270.978800	9.452325E-01	10.5
24+150	10.45	271.058300	9.438570E-01	10.5
24+150	10.55	271.153300	9.427489E-01	10.5
24+150	10.64	271.238600	9.418078E-01	10.5
24+150	10.70	271.309600	9.411392E-01	10.5
24+150	10.80	271.374800	9.402781E-01	10.5
24+150	10.92	271.426300	9.394018E-01	10.5
24+150	10.96	271.475600	9.389266E-01	10.5
24+150	11.00	271.545200	9.383209E-01	10.5
24+150	11.10	271.591900	9.373839E-01	10.5

SECCION	PROFUNDI DAD (m)	DIRECCION	ALTURA DE OLA (m)	PERIODO (s)
24+150	0.00	270.000000	0.000000E+00	6.5
24+150	0.00	270.000000	0.000000E+00	6.5
24+150	0.00	266.737500	9.889457E-01	6.5
24+150	1.50	270.941800	9.783664E-01	6.5
24+150	2.40	272.335400	1.006880	6.5
24+150	3.00	273.089200	9.760141E-01	6.5
24+150	3.90	273.624900	9.503552E-01	6.5
24+150	4.70	273.443000	9.389363E-01	6.5
24+150	5.20	273.295200	9.356942E-01	6.5
24+150	6.00	273.222600	9.335916E-01	6.5
24+150	6.24	272.937400	9.350612E-01	6.5
24+150	6.52	272.867800	9.357037E-01	6.5
24+150	6.90	272.851100	9.353681E-01	6.5
24+150	7.15	272.826600	9.351851E-01	6.5
24+150	7.32	272.841300	9.351347E-01	6.5
24+150	7.52	272.877200	9.351004E-01	6.5
24+150	7.78	272.904500	9.351861E-01	6.5
24+150	7.98	272.905900	9.352314E-01	6.5
24+150	8.14	272.926800	9.350155E-01	6.5
24+150	8.28	272.941300	9.347358E-01	6.5
24+150	8.42	272.940100	9.343532E-01	6.5
24+150	8.64	272.951800	9.344176E-01	6.5
24+150	8.85	272.941300	9.346732E-01	6.5
24+150	8.98	272.919500	9.347649E-01	6.5
24+150	9.04	272.897700	9.346958E-01	6.5
24+150	9.08	272.901700	9.345299E-01	6.5
24+150	9.12	272.917900	9.342713E-01	6.5
24+150	9.18	272.938000	9.339830E-01	6.5
24+150	9.28	272.965300	9.338878E-01	6.5
24+150	9.38	273.001400	9.337716E-01	6.5
24+150	9.48	273.044600	9.336066E-01	6.5
24+150	9.58	273.088900	9.333649E-01	6.5
24+150	9.67	273.131000	9.331504E-01	6.5
24+150	9.76	273.182100	9.328739E-01	6.5
24+150	9.85	273.231300	9.325934E-01	6.5
24+150	9.93	273.275800	9.322914E-01	6.5
24+150	10.00	273.330900	9.319822E-01	6.5
24+150	10.20	273.411400	9.320585E-01	6.5
24+150	10.35	273.477900	9.321538E-01	6.5
24+150	10.45	273.534900	9.323007E-01	6.5
24+150	10.55	273.599600	9.325408E-01	6.5
24+150	10.64	273.660000	9.327604E-01	6.5
24+150	10.70	273.708000	9.328892E-01	6.5
24+150	10.80	273.754100	9.332336E-01	6.5
24+150	10.92	273.796400	9.336898E-01	6.5
24+150	10.96	273.833400	9.339161E-01	6.5
24+150	11.00	273.878000	9.339498E-01	6.5
24+150	11.10	273.912900	9.341683E-01	6.5

SECCION	PROFUNDIDAD (m)	DIRECCION	ALTURA DE OLA (m)	PERIODO (s)
24+150	0.00	270.000000	0.000000E+00	10.5
24+150	0.00	270.000000	0.000000E+00	10.5
24+150	0.00	266.548400	1.171690	10.5
24+150	1.50	270.239800	1.120580	10.5
24+150	2.40	271.297200	1.189790	10.5
24+150	3.00	271.913500	1.150100	10.5
24+150	3.90	272.282000	1.102300	10.5
24+150	4.70	271.948200	1.073010	10.5
24+150	5.20	271.715700	1.056400	10.5
24+150	6.00	271.517000	1.039150	10.5
24+150	6.24	271.149900	1.034140	10.5
24+150	6.52	271.046400	1.028450	10.5
24+150	6.90	270.969800	1.019910	10.5
24+150	7.15	270.894400	1.013980	10.5
24+150	7.32	270.860100	1.009960	10.5
24+150	7.52	270.847100	1.005440	10.5
24+150	7.78	270.809900	1.000440	10.5
24+150	7.98	270.748500	9.959839E-01	10.5
24+150	8.14	270.715700	9.920852E-01	10.5
24+150	8.28	270.684200	9.886802E-01	10.5
24+150	8.42	270.652300	9.854191E-01	10.5
24+150	8.64	270.619900	9.817108E-01	10.5
24+150	8.85	270.554300	9.780668E-01	10.5
24+150	8.98	270.483300	9.757175E-01	10.5
24+150	9.04	270.422100	9.741223E-01	10.5
24+150	9.08	270.398700	9.726681E-01	10.5
24+150	9.12	270.393600	9.712093E-01	10.5
24+150	9.18	270.389300	9.695767E-01	10.5
24+150	9.28	270.391500	9.671926E-01	10.5
24+150	9.38	270.406800	9.649856E-01	10.5
24+150	9.48	270.443000	9.626001E-01	10.5
24+150	9.58	270.485900	9.605135E-01	10.5
24+150	9.67	270.528900	9.582749E-01	10.5
24+150	9.76	270.592000	9.561940E-01	10.5
24+150	9.85	270.651300	9.540950E-01	10.5
24+150	9.93	270.706800	9.521995E-01	10.5
24+150	10.00	270.790600	9.502722E-01	10.5
24+150	10.20	270.896200	9.473722E-01	10.5
24+150	10.35	270.978800	9.452325E-01	10.5
24+150	10.45	271.058300	9.438570E-01	10.5
24+150	10.55	271.153300	9.427489E-01	10.5
24+150	10.64	271.238600	9.418078E-01	10.5
24+150	10.70	271.309600	9.411392E-01	10.5
24+150	10.80	271.374800	9.402781E-01	10.5
24+150	10.92	271.426300	9.394018E-01	10.5
24+150	10.96	271.475600	9.389266E-01	10.5
24+150	11.00	271.545200	9.383209E-01	10.5
24+150	11.10	271.591900	9.373839E-01	10.5

SECCION	PROFUNDI DAD (m)	DIRECCION	ALTURA DE OLA (m)	PERIODO (s)
24+150	0.00	270.000000	0.000000E+00	16.5
24+150	0.00	270.000000	0.000000E+00	16.5
24+150	0.00	266.946900	1.331650	16.5
24+150	1.50	270.621500	1.258560	16.5
24+150	2.40	271.536400	1.393270	16.5
24+150	3.00	272.094800	1.384840	16.5
24+150	3.90	272.432300	1.325750	16.5
24+150	4.70	272.094600	1.283500	16.5
24+150	5.20	271.875600	1.257440	16.5
24+150	6.00	271.682300	1.229650	16.5
24+150	6.24	271.322500	1.220070	16.5
24+150	6.52	271.226400	1.209830	16.5
24+150	6.90	271.145500	1.195530	16.5
24+150	7.15	271.062800	1.185480	16.5
24+150	7.32	271.014700	1.178530	16.5
24+150	7.52	270.987400	1.170800	16.5
24+150	7.78	270.937100	1.162070	16.5
24+150	7.98	270.865200	1.154310	16.5
24+150	8.14	270.820500	1.147590	16.5
24+150	8.28	270.782700	1.141900	16.5
24+150	8.42	270.753600	1.136380	16.5
24+150	8.64	270.720500	1.129890	16.5
24+150	8.85	270.654100	1.123260	16.5
24+150	8.98	270.583000	1.118930	16.5
24+150	9.04	270.524600	1.116010	16.5
24+150	9.08	270.503200	1.113470	16.5
24+150	9.12	270.499800	1.111010	16.5
24+150	9.18	270.496300	1.108280	16.5
24+150	9.28	270.499800	1.104070	16.5
24+150	9.38	270.518700	1.100240	16.5
24+150	9.48	270.565900	1.096120	16.5
24+150	9.58	270.620200	1.092590	16.5
24+150	9.67	270.675500	1.088760	16.5
24+150	9.76	270.753800	1.085330	16.5
24+150	9.85	270.825200	1.081880	16.5
24+150	9.93	270.894400	1.078770	16.5
24+150	10.00	270.996500	1.075700	16.5
24+150	10.20	271.110300	1.070690	16.5
24+150	10.35	271.196900	1.066980	16.5
24+150	10.45	271.284800	1.064560	16.5
24+150	10.55	271.390100	1.062550	16.5
24+150	10.64	271.484300	1.060810	16.5
24+150	10.70	271.565500	1.059570	16.5
24+150	10.80	271.637800	1.057740	16.5
24+150	10.92	271.691600	1.055800	16.5
24+150	10.96	271.747800	1.054770	16.5
24+150	11.00	271.828700	1.053700	16.5
24+150	11.10	271.882600	1.051860	16.5

SECCION	PROFUNDIDAD (m)	DIRECCION	ALTURA DE OLA (m)	PERIODO (s)
24+150	0.00	270.000000	0.000000E+00	6.5
24+150	0.00	270.000000	0.000000E+00	6.5
24+150	0.00	249.746300	7.905588E-01	6.5
24+150	1.50	243.160200	8.043956E-01	6.5
24+150	2.40	240.801600	7.571181E-01	6.5
24+150	3.00	239.091700	7.223103E-01	6.5
24+150	3.90	237.138200	6.969469E-01	6.5
24+150	4.70	234.391400	6.895197E-01	6.5
24+150	5.20	231.781500	6.962583E-01	6.5
24+150	6.00	229.174400	7.071302E-01	6.5
24+150	6.24	227.159100	7.229370E-01	6.5
24+150	6.52	225.564400	7.380305E-01	6.5
24+150	6.90	224.044200	7.508384E-01	6.5
24+150	7.15	222.964700	7.601310E-01	6.5
24+150	7.32	222.321300	7.652819E-01	6.5
24+150	7.52	221.760400	7.691729E-01	6.5
24+150	7.78	221.131000	7.737347E-01	6.5
24+150	7.98	220.520900	7.792215E-01	6.5
24+150	8.14	220.172800	7.821949E-01	6.5
24+150	8.28	219.894800	7.849947E-01	6.5
24+150	8.42	219.619900	7.879022E-01	6.5
24+150	8.64	219.208800	7.918856E-01	6.5
24+150	8.85	218.693800	7.973473E-01	6.5
24+150	8.98	218.309200	8.022002E-01	6.5
24+150	9.04	218.029900	8.063730E-01	6.5
24+150	9.08	217.841400	8.096978E-01	6.5
24+150	9.12	217.708700	8.123197E-01	6.5
24+150	9.18	217.588100	8.144981E-01	6.5
24+150	9.28	217.360900	8.176784E-01	6.5
24+150	9.38	217.188700	8.202389E-01	6.5
24+150	9.48	217.028200	8.227205E-01	6.5
24+150	9.58	216.925100	8.246609E-01	6.5
24+150	9.67	216.795500	8.268795E-01	6.5
24+150	9.76	216.706000	8.287566E-01	6.5
24+150	9.85	216.609900	8.306465E-01	6.5
24+150	9.93	216.520900	8.324984E-01	6.5
24+150	10.00	216.422900	8.346813E-01	6.5
24+150	10.20	216.237700	8.371151E-01	6.5
24+150	10.35	216.131900	8.382430E-01	6.5
24+150	10.45	216.061500	8.391268E-01	6.5
24+150	10.55	216.009100	8.398576E-01	6.5
24+150	10.64	215.973400	8.404209E-01	6.5
24+150	10.70	215.963900	8.406160E-01	6.5
24+150	10.80	215.885100	8.417271E-01	6.5
24+150	10.92	215.766500	8.434671E-01	6.5
24+150	10.96	215.696000	8.449661E-01	6.5
24+150	11.00	215.677600	8.456735E-01	6.5
24+150	11.10	215.595500	8.470003E-01	6.5

SECCION	PROFUNDIDAD (m)	DIRECCION	ALTURA DE OLA (m)	PERIODO (s)
24+150	0.00	270.000000	0.000000E+00	10.5
24+150	0.00	270.000000	0.000000E+00	10.5
24+150	0.00	254.448100	9.642605E-01	10.5
24+150	1.50	251.438800	9.280835E-01	10.5
24+150	2.40	250.533700	8.743966E-01	10.5
24+150	3.00	249.742800	8.229289E-01	10.5
24+150	3.90	248.484200	7.833672E-01	10.5
24+150	4.70	246.251400	7.636808E-01	10.5
24+150	5.20	244.279300	7.575786E-01	10.5
24+150	6.00	242.248800	7.535952E-01	10.5
24+150	6.24	240.680600	7.589471E-01	10.5
24+150	6.52	239.601800	7.625721E-01	10.5
24+150	6.90	238.534700	7.626212E-01	10.5
24+150	7.15	237.770600	7.626875E-01	10.5
24+150	7.32	237.307900	7.625658E-01	10.5
24+150	7.52	236.853200	7.620897E-01	10.5
24+150	7.78	236.289500	7.620224E-01	10.5
24+150	7.98	235.744100	7.627680E-01	10.5
24+150	8.14	235.395100	7.631179E-01	10.5
24+150	8.28	235.106100	7.638731E-01	10.5
24+150	8.42	234.819200	7.646408E-01	10.5
24+150	8.64	234.377400	7.653198E-01	10.5
24+150	8.85	233.836000	7.667134E-01	10.5
24+150	8.98	233.442800	7.687539E-01	10.5
24+150	9.04	233.168200	7.710031E-01	10.5
24+150	9.08	233.005400	7.728468E-01	10.5
24+150	9.12	232.905700	7.743019E-01	10.5
24+150	9.18	232.812400	7.754789E-01	10.5
24+150	9.28	232.610500	7.766197E-01	10.5
24+150	9.38	232.451300	7.777792E-01	10.5
24+150	9.48	232.294200	7.789375E-01	10.5
24+150	9.58	232.185700	7.801213E-01	10.5
24+150	9.67	232.040800	7.813140E-01	10.5
24+150	9.76	231.941000	7.823168E-01	10.5
24+150	9.85	231.833000	7.831698E-01	10.5
24+150	9.93	231.734700	7.840132E-01	10.5
24+150	10.00	231.653500	7.845358E-01	10.5
24+150	10.20	231.471700	7.839769E-01	10.5
24+150	10.35	231.368500	7.830990E-01	10.5
24+150	10.45	231.315200	7.825183E-01	10.5
24+150	10.55	231.285400	7.819903E-01	10.5
24+150	10.64	231.270600	7.816390E-01	10.5
24+150	10.70	231.274900	7.814826E-01	10.5
24+150	10.80	231.194100	7.817601E-01	10.5
24+150	10.92	231.057800	7.824487E-01	10.5
24+150	10.96	230.990300	7.833292E-01	10.5
24+150	11.00	230.981400	7.837707E-01	10.5
24+150	11.10	230.891000	7.842540E-01	10.5

SECCION	PROFUNDI DAD (m)	DIRECCION	ALTURA DE OLA (m)	PERIODO (s)
24+150	0.00	270.000000	0.000000E+00	6.5
24+150	0.00	270.000000	0.000000E+00	6.5
24+150	0.00	276.810100	7.531496E-01	6.5
24+150	1.50	288.513700	7.919586E-01	6.5
24+150	2.40	292.994900	7.578535E-01	6.5
24+150	3.00	295.667900	7.379766E-01	6.5
24+150	3.90	298.271000	7.268155E-01	6.5
24+150	4.70	299.701500	7.239623E-01	6.5
24+150	5.20	300.906000	7.268155E-01	6.5
24+150	6.00	302.297500	7.322441E-01	6.5
24+150	6.24	302.770000	7.366881E-01	6.5
24+150	6.52	303.361400	7.416130E-01	6.5
24+150	6.90	304.062500	7.471429E-01	6.5
24+150	7.15	304.530100	7.519022E-01	6.5
24+150	7.32	304.927800	7.567241E-01	6.5
24+150	7.52	305.387500	7.618178E-01	6.5
24+150	7.78	305.910700	7.675333E-01	6.5
24+150	7.98	306.369600	7.730335E-01	6.5
24+150	8.14	306.779400	7.778655E-01	6.5
24+150	8.28	307.141600	7.820076E-01	6.5
24+150	8.42	307.408200	7.847494E-01	6.5
24+150	8.64	307.790700	7.887812E-01	6.5
24+150	8.85	308.180400	7.931360E-01	6.5
24+150	8.98	308.461900	7.966492E-01	6.5
24+150	9.04	308.664200	7.993625E-01	6.5
24+150	9.08	308.867000	8.019139E-01	6.5
24+150	9.12	309.062100	8.042404E-01	6.5
24+150	9.18	309.264400	8.065339E-01	6.5
24+150	9.28	309.533300	8.091526E-01	6.5
24+150	9.38	309.802200	8.118110E-01	6.5
24+150	9.48	310.062800	8.140971E-01	6.5
24+150	9.58	310.287100	8.161433E-01	6.5
24+150	9.67	310.510600	8.181544E-01	6.5
24+150	9.76	310.717800	8.199595E-01	6.5
24+150	9.85	310.919700	8.217296E-01	6.5
24+150	9.93	311.097800	8.232026E-01	6.5
24+150	10.00	311.269700	8.243111E-01	6.5
24+150	10.20	311.567900	8.265497E-01	6.5
24+150	10.35	311.817900	8.286182E-01	6.5
24+150	10.45	312.012600	8.300408E-01	6.5
24+150	10.55	312.205100	8.314785E-01	6.5
24+150	10.64	312.383400	8.329799E-01	6.5
24+150	10.70	312.513700	8.340148E-01	6.5
24+150	10.80	312.681100	8.354353E-01	6.5
24+150	10.92	312.875500	8.374281E-01	6.5
24+150	10.96	313.029000	8.391370E-01	6.5
24+150	11.00	313.161600	8.403784E-01	6.5
24+150	11.10	313.312900	8.417271E-01	6.5

SECCION	PROFUNDIDAD (m)	DIRECCION	ALTURA DE OLA (m)	PERIODO (s)
24+150	0.00	270.000000	0.000000E+00	10.5
24+150	0.00	270.000000	0.000000E+00	10.5
24+150	0.00	273.422500	9.470021E-01	10.5
24+150	1.50	282.017000	9.379054E-01	10.5
24+150	2.40	285.073400	9.058715E-01	10.5
24+150	3.00	286.925900	8.670559E-01	10.5
24+150	3.90	288.621100	8.352252E-01	10.5
24+150	4.70	289.349400	8.168934E-01	10.5
24+150	5.20	290.029800	8.078229E-01	10.5
24+150	6.00	290.838700	7.982276E-01	10.5
24+150	6.24	291.075900	7.962219E-01	10.5
24+150	6.52	291.470900	7.946714E-01	10.5
24+150	6.90	291.938700	7.917159E-01	10.5
24+150	7.15	292.251400	7.904186E-01	10.5
24+150	7.32	292.516300	7.903888E-01	10.5
24+150	7.52	292.843000	7.899124E-01	10.5
24+150	7.78	293.197100	7.890448E-01	10.5
24+150	7.98	293.482300	7.882885E-01	10.5
24+150	8.14	293.739200	7.874358E-01	10.5
24+150	8.28	293.949500	7.862364E-01	10.5
24+150	8.42	294.104300	7.845093E-01	10.5
24+150	8.64	294.354600	7.830763E-01	10.5
24+150	8.85	294.593000	7.816309E-01	10.5
24+150	8.98	294.737800	7.806976E-01	10.5
24+150	9.04	294.822000	7.799839E-01	10.5
24+150	9.08	294.919200	7.793309E-01	10.5
24+150	9.12	295.019000	7.786027E-01	10.5
24+150	9.18	295.120500	7.776995E-01	10.5
24+150	9.28	295.292700	7.763082E-01	10.5
24+150	9.38	295.466400	7.750266E-01	10.5
24+150	9.48	295.660200	7.735399E-01	10.5
24+150	9.58	295.826700	7.723295E-01	10.5
24+150	9.67	295.997400	7.710700E-01	10.5
24+150	9.76	296.166900	7.699413E-01	10.5
24+150	9.85	296.326200	7.687816E-01	10.5
24+150	9.93	296.457300	7.675598E-01	10.5
24+150	10.00	296.609400	7.662448E-01	10.5
24+150	10.20	296.895600	7.647125E-01	10.5
24+150	10.35	297.113700	7.635732E-01	10.5
24+150	10.45	297.293100	7.626592E-01	10.5
24+150	10.55	297.492200	7.620468E-01	10.5
24+150	10.64	297.674400	7.616229E-01	10.5
24+150	10.70	297.814300	7.612473E-01	10.5
24+150	10.80	298.008200	7.609713E-01	10.5
24+150	10.92	298.219600	7.609618E-01	10.5
24+150	10.96	298.373200	7.610515E-01	10.5
24+150	11.00	298.513800	7.608161E-01	10.5
24+150	11.10	298.674800	7.603374E-01	10.5

SECCION	PROFUNDI DAD (m)	DIRECCION	ALTURA DE OLA (m)	PERIODO (s)
24+150	0.00	270.000000	0.000000E+00	14.5
24+150	0.00	270.000000	0.000000E+00	14.5
24+150	0.00	272.207300	1.071610	14.5
24+150	1.50	279.686400	1.042220	14.5
24+150	2.40	282.122500	1.048760	14.5
24+150	3.00	283.650600	1.001500	14.5
24+150	3.90	284.980600	9.586344E-01	14.5
24+150	4.70	285.421800	9.322868E-01	14.5
24+150	5.20	285.862000	9.171631E-01	14.5
24+150	6.00	286.385900	9.003557E-01	14.5
24+150	6.24	286.489100	8.949216E-01	14.5
24+150	6.52	286.751100	8.898918E-01	14.5
24+150	6.90	287.062600	8.825540E-01	14.5
24+150	7.15	287.261500	8.779610E-01	14.5
24+150	7.32	287.430000	8.752402E-01	14.5
24+150	7.52	287.646500	8.717940E-01	14.5
24+150	7.78	287.871900	8.675121E-01	14.5
24+150	7.98	288.036600	8.635789E-01	14.5
24+150	8.14	288.190100	8.598541E-01	14.5
24+150	8.28	288.312500	8.561779E-01	14.5
24+150	8.42	288.411800	8.523061E-01	14.5
24+150	8.64	288.576500	8.482335E-01	14.5
24+150	8.85	288.721400	8.440424E-01	14.5
24+150	8.98	288.801200	8.410174E-01	14.5
24+150	9.04	288.840400	8.387697E-01	14.5
24+150	9.08	288.895000	8.367124E-01	14.5
24+150	9.12	288.956200	8.346896E-01	14.5
24+150	9.18	289.019200	8.324185E-01	14.5
24+150	9.28	289.138100	8.291986E-01	14.5
24+150	9.38	289.258600	8.262002E-01	14.5
24+150	9.48	289.407000	8.230316E-01	14.5
24+150	9.58	289.535800	8.203386E-01	14.5
24+150	9.67	289.662800	8.176115E-01	14.5
24+150	9.76	289.794900	8.151314E-01	14.5
24+150	9.85	289.914200	8.126553E-01	14.5
24+150	9.93	290.012000	8.102521E-01	14.5
24+150	10.00	290.138600	8.078781E-01	14.5
24+150	10.20	290.362800	8.045334E-01	14.5
24+150	10.35	290.527000	8.019476E-01	14.5
24+150	10.45	290.676500	8.000427E-01	14.5
24+150	10.55	290.853300	7.984992E-01	14.5
24+150	10.64	291.014600	7.971976E-01	14.5
24+150	10.70	291.144600	7.961620E-01	14.5
24+150	10.80	291.314300	7.948806E-01	14.5
24+150	10.92	291.480300	7.937066E-01	14.5
24+150	10.96	291.599400	7.929222E-01	14.5
24+150	11.00	291.719200	7.919541E-01	14.5
24+150	11.10	291.847900	7.905114E-01	14.5

(4) Al considerar el valor máximo de altura de ola ciclónica generada por el ciclón Gilberto se realizó una estimación de la sobre-elevación por marea de tormenta resultando un valor de + 2.87 respecto del N.B.M.

(5) Del análisis del transporte litoral en la Ref. [1], es conveniente mencionar que los valores anuales de transporte, se deben de considerar como estimaciones que indican solamente la capacidad del transporte litoral que tiene la costa en estudio, y los valores que se reportan en dichas referencias se deberán corroborar con estudio de campo.

Tomando como base las conclusiones anteriores; se recomienda:

1.- Para monitorear el comportamiento estructural de los espigones se deberán realizar seccionamientos a cada 10 m en toda la longitud de la estructura, debiéndose extender dichos seccionamientos hasta el nivel de la estructura de ser posible.

2.- Para validar los resultados obtenidos en los estudios teóricos se recomienda realizar campañas sistemáticas las cuales tendrán como objetivo, obtener información de los fenómenos naturales involucrados con el sistema de protección que se proyectó.

3.- Para controlar las zonas de erosión se recomienda realizar seccionamientos playeros cada tres meses a todo lo largo de la zona protegida, a fin de revisar el efecto que las estructuras de protección tienen en la costa.

4.- Complementariamente a los trabajos de campo antes mencionados se recomienda realizar levantamientos batimétricos en toda la zona de estudio cada seis meses a fin de revisar el efecto que las estructuras de protección producen en la zona exterior, así como para definir las edificaciones y/o complementaciones necesarias de la obra de protección.

5.- En lo referente al orden de construcción de los espigones proyectados, se recomienda iniciar la construcción de los espigones ones, empezando por el no. 1, con lo cual se permitirá adecuar y/o complementar la separación de los espigones proyectados.

6.- Se recomienda revisar el comportamiento de las estructuras de los espigones después del paso de tormentas o ciclones que ocurran en la zona de estudio, debiéndose programar de inmediato las reconstrucciones que resulten necesarias para garantizar el comportamiento estructural e hidráulico sea el adecuado.

7.- Con el fin de revisar la eficacia del sistema de espigones en su conjunto, para proteger la costa en estudio, se recomienda realizar simulaciones numéricas de la línea de costa mediante técnicas similares a la teoría de una línea desarrollada por Pelnard Considere, para lo cual será necesario contar con información de los cambios sistemáticos de la línea de playa y de las características del oleaje medido en campo para validar y calibrar los resultados que se obtengan con dichas simulaciones.

REFERENCIAS

1. CIFSA, (1971): Levantamiento topohidrográfico para estudios del comportamiento de costas en isla del Carmen e isla Aguada, Camp., México.
2. Iribarren R. : Ingeniería de costas
Subdirección General de costas.
México.
3. Montoya, R. J. M. (1992): Características generales del movimiento de arena.
Puertos Mexicanos, S.C.T y Agencia de Cooperación Internacional del Japón, México.
4. Mendoza F. R. (1961) : Informe sobre los espigones contra la erosión marítima; construidos por la Secretaría de Marina, en Bahamita, Isla de Términos y en la Barra Puerto Escondido, Edo. de Campeche.
México.
5. Planeación y proyectos S.C. (1987):
Estudio de estabilidad de canal y dinámica litoral en el área de Isla del Carmen, Campeche.
Dirección General de obras Marítimas, S.C.T, México.
6. Sanjuan G. F., Ruiz Z. R., Chávez A. R. (1992):
Erosión de la costa y su contramedida
Puertos Mexicanos, S.C.T. y Agencia de Cooperación Internacional del Japón, México.
7. Takayama, T. et. al (1991): Practical Computation Method of Directional Random Wave Transformation, Rep. No. 1, Vol. 30 of Port and Harbour Research Institute, Ministry of Transport, Japan.
8. U.S. Army Coastal Engineering Research Center (1977):
Shore Protection Manual, U.S.A.