

CHAPTER 36

ACRECENTAMIENTOS Y EROSIONES COMO CONSECUENCIA DE OBRAS MARITIMAS CONSTRUIDAS EN EL LITORAL CENTRAL DEL DISTRITO FEDERAL DE VENEZUELA

Bernardo A. Nouel
Ingeniero Jefe de la Oficina
de Ingeniería "Proyectos y Cons-
trucciones Marítimos S.A."
Venezuela

- - -

SINOPSIS

En la costa Norte y Central de Venezuela, en el sector del Distrito Federal, se han construido obras marítimas, habiéndose registrado deposiciones de sedimentos, erosiones y cambios interesantes en la línea de costa, siendo el objeto del presente trabajo, recopilar la información, analizar los fenómenos y establecer conclusiones en aquellos casos - en que el material informativo disponible y el análisis de los mismos, permitieron llegar a ellas. Se pudieron determinar volúmenes de rellenos y erosiones en lapsos definidos - como consecuencia de las obras construidas. Así mismo se pudo establecer una inter-relación entre las características del oleaje en un sitio definido, su profundidad y la velocidad de decantación del sedimento, caracterizada por la de su diámetro medio, en un intento de verificar en la naturaleza, los estudios de Ippen y Eagleson sobre distribución de sedimentos por efecto de las olas (7). Por el contrario, no se pudo establecer relaciones definidas entre el coeficiente de uniformidad del sedimento y la profundidad (8).

INTRODUCCION

El Litoral Central de Venezuela, con una longitud de 125 millas, se extiende desde Cabo Codera por el Este, hasta la desembocadura del río Morón, Estado Carabobo por el Oeste, con un rumbo general S. 88° O. en su mitad oriental hasta Punta Calera y S. 82° O. en su mitad occidental entre dicha Punta y el río Morón (Figs. 1 y 2). El Litoral Central del Distrito Federal a que se refiere el presente estudio, queda comprendido dentro del antes citado sector de costa y con una longitud de 35 millas, se extiende desde el Centro Recreacional de Los Caracas por el Este, hasta Arrecifes - por el Oeste, con rumbo general S. 88° O. como antes se expresó (Fig. 2).

ACRECENTAMIENTOS Y EROSIONES COMO CONSECUENCIA DE OBRAS MARITIMAS CONSTRUIDAS EN EL LITORAL CENTRAL DEL DISTRITO FEDERAL DE VENEZUELA

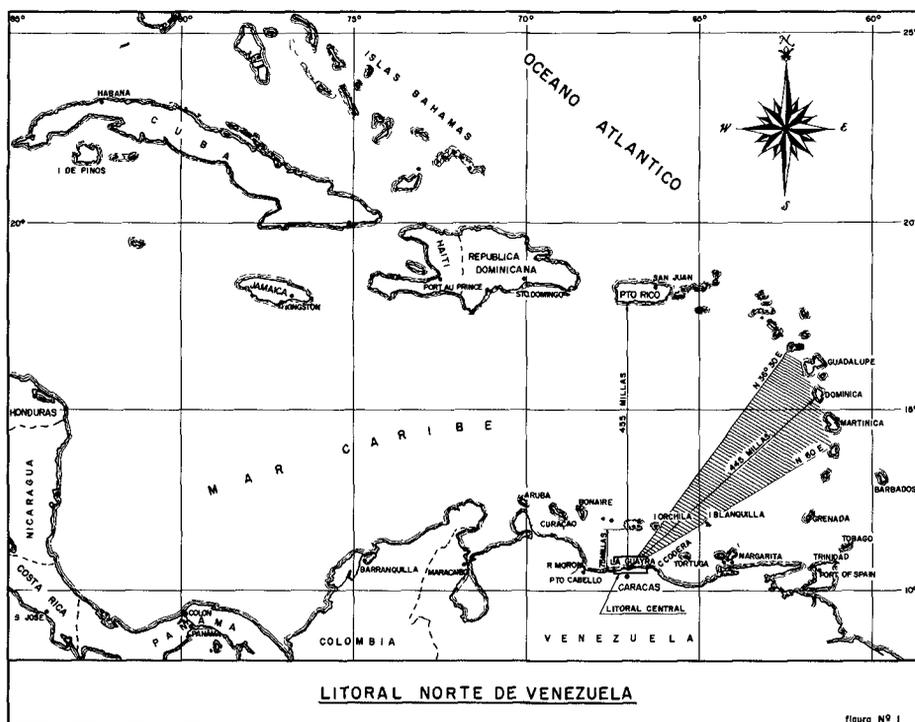


Fig. 1

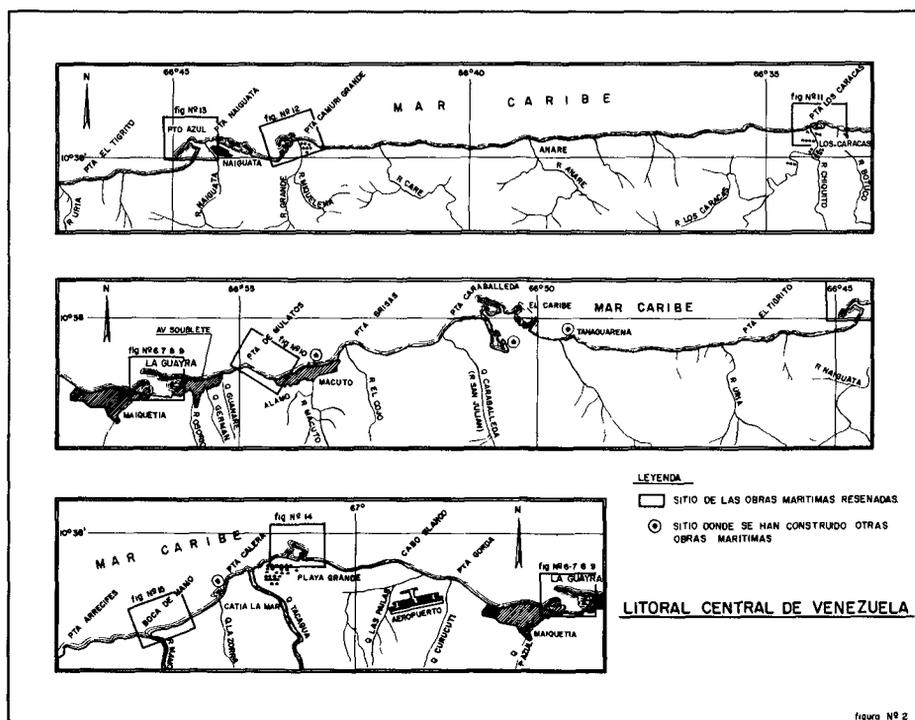


Fig. 2

COASTAL ENGINEERING

Este sector de ribera corre paralelo a la Cordillera de la Costa, la cual se levanta abruptamente al Sur del litoral, quedando caracterizada por el corto espacio que dista entre la cresta de la cordillera y la orilla del mar. En efecto, podemos encontrar los picos de Izcaragua, Naverán, Naiguatá, Pico Oriental, Pico Occidental, El Avila y Alto de No León, con elevaciones respectivas sobre el nivel del mar de 2.320 m.; 2.300 m.; 2.765 m.; 2.640 m.; 2.480 m.; - 2.159 m. y 2.106 m., a distancias correspondientes de apenas 8.8 kms.; 8.5 kms.; 7.7 kms.; 8.5 kms.; 7.1 kms.; 7.6 kms. y 13.5 kms. al Sur de la ribera.

El aspecto fisiográfico del Litoral Central en referencia, es el de una sucesión de conos aluviales de deyección, bajos y de cierta anchura, separados entre sí por sectores rectos de costa desprovistos de playa o con playas muy reducidas, elevándose los cerros en algunos de estos sectores como verdaderos acantilados. En general se extiende una franja de terreno entre el mar y la cordillera relativamente angosta, con poca elevación, la cual está constituida por detritus de playa y materiales aluvionales, para continuar hacia el Sur con un cambio brusco en las elevaciones según una serie de cerros que van a culminar en el macizo de montañas de la cordillera.

La ciudad de Caracas está situada al Sur de la Cordillera de la Costa y en el Litoral Central, utilizando los conos aluvionales de deyección, se han desarrollado las varias poblaciones de La Guayra, Maiquetía, Naiguatá y las Urbanizaciones y Centros Vacacionales y Recreacionales.

La Cordillera de la Costa, en el sector en consideración, está formada por rocas metamórficas. Una primera franja angosta que colinda por el Norte con el aluvión, está compuesta por esquistos calcáreos micáceos, con capas delgadas de calizas negras intercaladas, encontrándose atravesada por numerosas vetas de cuarzo (Formación Las Mercedes). Inmediatamente al Sur de esta formación está, en contacto de falla con ella, una formación compuesta principalmente de gneisses (Formación Peña de Mora). Esta falla que se extiende en dirección Este-Oeste y con buzamiento 60° Norte, es prominente y forma un escarpado en la topografía (1), - (11).

La referida cordillera tiene innumerables torrentes o ríos torrenciales, con poco o ningún caudal en la época de sequía y con gastos hidráulicos que pueden alcanzar en épocas de lluvias excepcionales, en algunos de estos ríos, hasta 1.000 m³/seg., como sucede en los ríos Mamo y Los Caracas (2), (4). Los cauces de estos torrentes están caracterizados por una zona baja, correspondiente al cono de deyección, con pendientes suaves y por una cuenca superior con pendientes abruptas que se elevan hasta la cresta de la cor

ACRECENTAMIENTOS Y EROSIONES COMO
CONSECUENCIA DE OBRAS MARITIMAS CONSTRUIDAS
EN EL LITORAL CENTRAL DEL DISTRITO FEDERAL
DE VENEZUELA

dillera.

La precipitación de las lluvias en la cuenca superior de estos torrentes, ocurre casi todo el año con valores muy reducidos en el verano y con alturas medias de 921 mm/año, según promedio de un lustro y con valor promedio máximo durante el mismo lapso, de 1.844 mm/año y en su cuenca inferior un máximo promedio de 1.605 mm/año (9). En tormentas excepcionales, la precipitación en su epicentro ha alcanzado hasta 500 mm/día, tormentas éstas que acontecen en época de invierno en el hemisferio boreal y posiblemente debido al avance pronunciado hacia el Sur de frentes fríos. Estas lluvias excepcionales no coinciden en general con oleajes de tormenta, mares de fondo o mares de leva.

Una de las primeras lluvias excepcionales de que se tiene noticia, acaeció en el año 1780. Entre los años de 1912 a 1954, se registraron diez lluvias excepcionales que azotaron la zona del Litoral Central (2). La tormenta acaecida entre el 15 y 19 de febrero de 1951 fué desastrosa, produciendo arrastres de grandes masas de lodo y detritus desde las montañas y depositando el aluvión en las zonas bajas, con espesores de varios metros en algunos sitios, cambiando bruscamente los cauces normales de los ríos y quebradas y arrojando al mar importantes volúmenes de sedimentos y rocas.

Fenómenos similares a éste sucedieron en épocas preterritas y debido al tamaño relativamente grande de los materiales acarreados, los conos de deyección existentes en el litoral, avanzan como verdaderos cabos y han persistido como tales, siendo característico de ellos, que la desembocadura de las quebradas o de los ríos, viene a quedar en la zona central y saliente del cono aluvional.

Los sedimentos finos acarreados por los ríos y quebradas, sometidos a la acción de las olas, son arrastrados, clasificados y distribuidos por el mar a lo largo de la costa. El oleaje juega papel principal en la distribución, clasificación y arrastre de los materiales granulares, siendo típica la disposición de un cabo aluvional, en el cual se establece playa, más o menos estable, en su lado oriental y en donde el ángulo de incidencia del oleaje con la línea de costa es relativamente pequeño y por tanto, la capacidad de arrastre de la corriente litoral producida por el oleaje es pequeña; por el contrario, el lado occidental del cabo está formado por bloques de roca, cantos rodados y peñones, coincidiendo con un ángulo de incidencia del oleaje grande y por tanto, de una mayor capacidad de arrastre de sedimentos (Fig. 3). Es notable la similitud de la inclinación de la orilla oriental de los cabos en los varios conos de deyección existentes en el litoral (Fig. 4); por el contrario, el flanco occidental de dichos cabos presentan direcciones

COASTAL ENGINEERING

varias que parecen indicar ser más bien consecuencia de la forma como fueron depositados los materiales en los momentos de grandes crecientes fluviales, que a la acción del oleaje (5). El proceso de arrastre de los mayores bloques de roca y cantos rodados, de este lado occidental de los cabos, es más bien un proceso lento, en donde además del efecto de la corriente litoral del oleaje, intervienen las contracorrientes generales originadas en las ensenadas (3).

Es interesante la existencia de lomas submarinas como continuación de los conos de deyección y la de valles profundos entre conos inmediatos, como el existente en frente de la población de Macuto entre los conos de deyección de los ríos El Cojo y Macuto y un pequeño valle sumergido situado entre las dos lomas submarinas en frente a la desembocadura de la quebrada Mapurite y el río Piedra Azul, al Oeste del puerto de La Guayra.

Los perfiles submarinos típicos del litoral, se muestran en la figura N° 5, en donde se puede ver que la zona entre La Guayra y río San Julián, frente a márgenes aluvionales, tienen pendientes del 4.5 al 6% y en cambio la zona comprendida entre Cabo Blanco y Catia de La Mar, precisamente en frente de la formación geológica de areniscas y conglomerados y en donde existe a lo largo de la ribera, capas de rocas coralíferas, la pendiente es suave, alcanzando apenas el 1% aproximadamente. La zona entre Catia de La Mar y Mamo, similar a la primera nombrada, vuelve a tener pendientes del orden del 3.5%.

La corriente general en el mar Caribe en frente a la costa del Litoral Central, es hacia el Oeste, alcanzando velocidades moderadas del orden de $3/4$ a $1\frac{1}{2}$ nudos, produciendo contracorrientes en dirección opuesta al Oeste de algunos cabos prominentes. Corrientes al Este de débil intensidad se registran en algunas épocas del año.

La oscilación de la marea en esta costa, según registros promediados en el lapso 1949-1960, alcanza los siguientes valores: Altura de pleamar máxima sobre el nivel medio del mar 1.75'; pleamar media superior 0.53'; pleamares medias 0.29'; bajamar máxima -1.45'; bajamares medias inferiores 0.45' y bajamares medias 0.35'. La amplitud media es de 0.64' y la amplitud máxima 3.2'. Como se ve, el mar Caribe en la zona del Litoral Central, se puede clasificar como un mar sin mareas (6).

En la costa en consideración, no existen registros sistemáticos del oleaje y solamente disponemos de observaciones practicadas en la oficina del autor, durante lapsos cortos y correspondientes a observaciones de reglas flotantes graduadas o a la interpretación de las oscilaciones registradas por un ecosondeador. Del análisis de estas infor

ACRECENTAMIENTOS Y EROSIONES COMO
 CONSECUENCIA DE OBRAS MARITIMAS CONSTRUIDAS
 EN EL LITORAL CENTRAL DEL DISTRITO FEDERAL
 DE VENEZUELA

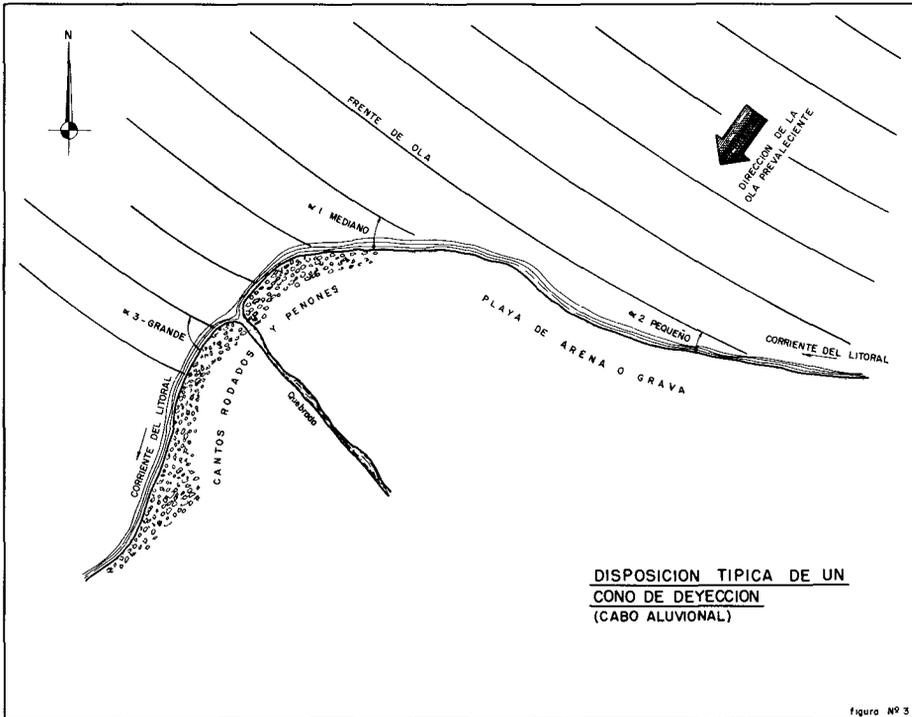


Fig. 3

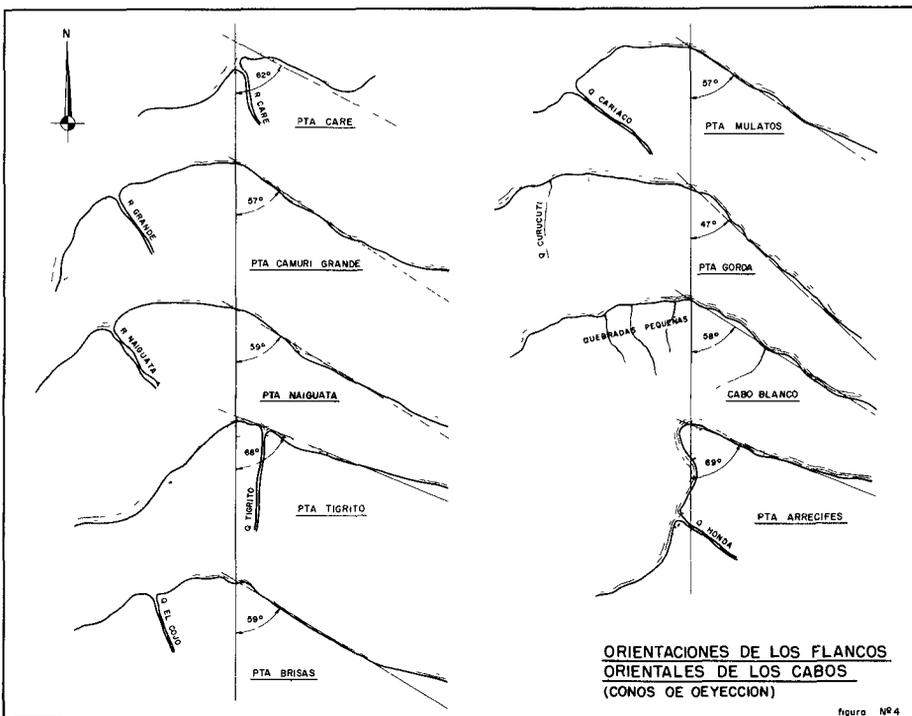


Fig. 4

COASTAL ENGINEERING

maciones, se han establecido como valores tentativos, una ola significativa con dirección Noreste, con amplitud de 0.95 metros y período de 8 segundos. La amplitud máxima del oleaje normal es de 1.65 metros y su valor promedio de 0.60 metros. En realidad se pueden distinguir dos espectros superpuestos de olas, el uno con período de 8 segundos y el otro con período de $5\frac{1}{2}$ segundos aproximadamente.

El oleaje de tormenta se ha determinado por observación directa de la amplitud alcanzada en el muelle de la toma de agua de la Planta Eléctrica situada al Este del puerto de La Guayra y transportada a mar profundo por planos de refracción del oleaje, habiéndose establecido tentativamente en $H_0 = 4.6$ metros de altura en mar profundo, período $T = 10$ a 12 segundos y dirección N.NNE. La amplitud del oleaje de tormenta ha sido materia discutida entre los ingenieros ocupados de estos estudios en Venezuela, siendo opinión de algunos, que esta amplitud no debería considerarse superior a los 3.5 metros en mar profundo. Durante la construcción del primer puerto de La Guayra del 3 al 4 de diciembre de 1887, los constructores de las obras acusaron un mar de fondo capaz de mover masas de concreto pesando 40 toneladas, las cuales fueron levantadas hasta el nivel del muelle y luego movidas de 20 a 30 pies (10); de lo cual se establece que la amplitud del oleaje y su período fueron excepcionales, aunque no podemos inferir sobre sus valores. Durante la construcción de la ampliación del puerto de La Guayra en 1949-1951 y en el lapso de construcción de los varios puertos deportivos vecinos (1954-1956), en opinión del autor, los mares de fondos acaecidos, fueron moderados y de características similares al de 4.6 metros de amplitud. En algunas oportunidades se han observado oleajes con período de 20 segundos, pero este fenómeno parece ser debido a interferencia de olas de períodos del orden antes anotado de 10 a 12 segundos. (3).

Los vientos locales son moderados y alcanzan según promedio de un lustro, las siguientes frecuencias y velocidades medias: N. 4%, 9 kms/hora; N.NE. 1%, 6 kms/hora; N.E. 9%, 10 kms/hora; E.NE. 8%, 13 kms/hora; E. 31%, 14 kms/hora; y 22% de calmas. Los vientos máximos registrados en forma de rachas del Este, alcanzaron el día 4 de febrero de 1950, 74.2 kms/hora; el 2 de febrero de 1951, 92.8 kms/hora; el 18 de octubre de 1952, 74.1 kms/hora (9).

Los fetchs posibles de generación de oleaje para el litoral en consideración, se establecen en el mar Caribe dentro de la cadena de islas de las Antillas Mayores a las Antillas Menores entre Aruba por el Oeste y La Blanquilla por el Este, según las zonas entre altas y bajas presiones barométricas, con distancia de decaimiento hasta la costa misma. Corresponden a estos fetchs, los oleajes de mayor amplitud y período. Debe considerarse además, el fetch local

ACRECENTAMIENTOS Y EROSIONES COMO CONSECUENCIA DE OBRAS MARITIMAS CONSTRUIDAS EN EL LITORAL CENTRAL DEL DISTRITO FEDERAL DE VENEZUELA

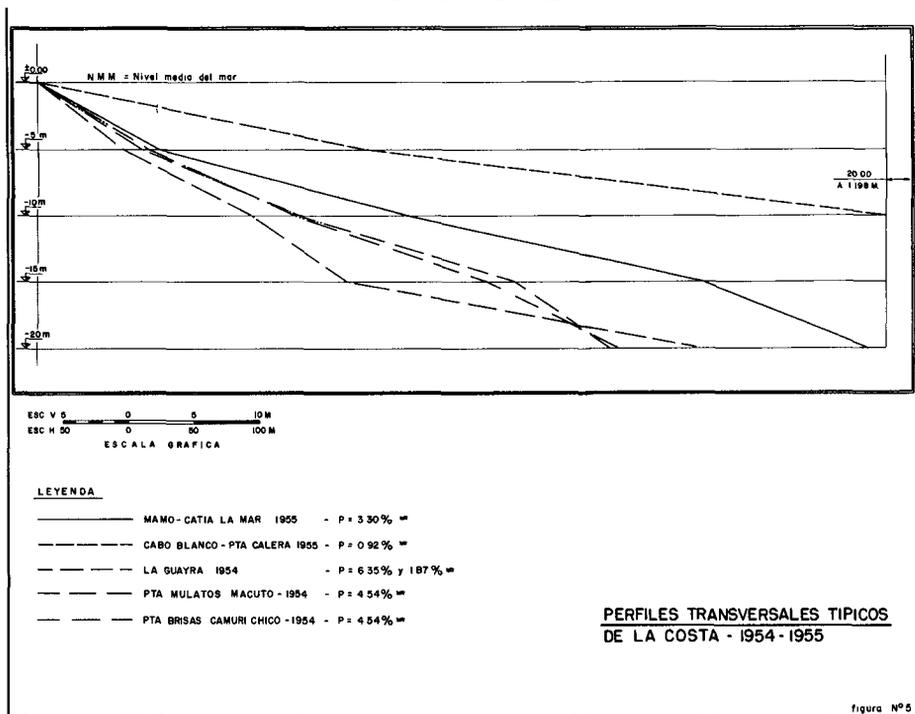


Fig. 5

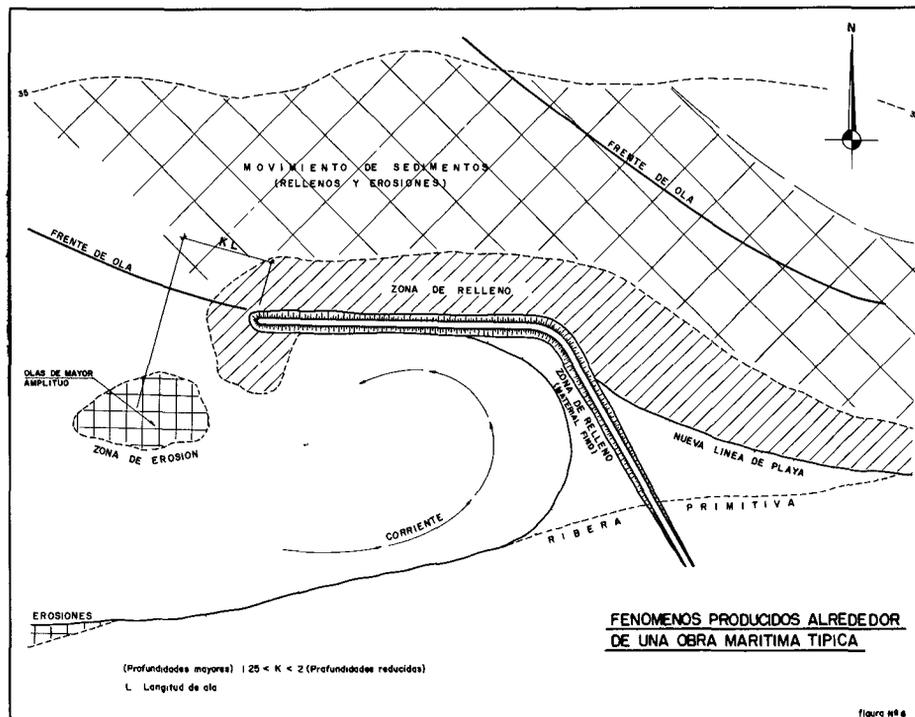


Fig. 6

COASTAL ENGINEERING

correspondiente a la zona inmediata al litoral sometido a los vientos locales, en donde se generan las olas de poca amplitud y corto período. Debe observarse, por otra parte, que el sector entre N. 36° 30' E. a N. 60° E., es abierto desde el litoral venezolano hasta la cadena de islas exteriores de las Antillas y con distancia de 445 millas náuticas (Fig. 1). La distancia entre la Guaira y las Antillas Mayores en dirección Norte-Sur es de 455 millas, pero queda interceptada a una distancia de 75 millas al Norte de La Guayra por la cadena de islas Menores entre Aruba y La Orchila.

SEDIMENTACIONES Y EROSIONES COMO CONSECUENCIA DE LAS OBRAS MARITIMAS

La observación de los fenómenos producidos en la vecindad de las varias obras marítimas construídas en el litoral bajo estudio, permite establecer los siguientes hechos, como se evidenciará de la reseña, que de varias de dichas obras, se anota más adelante.

Cuando se construye un rompeolas emergente, normal a la línea de costa, o con rumbo franco al Norte o ligeramente inclinado hacia el Oeste, la ribera en su lado oriental, avanza hacia el mar sin alcanzar el extremo de la obra y quedando a una distancia de éste, aproximadamente igual a una longitud de la onda en el sitio considerado; por tanto, se produce relleno en los fondos a barlovento. A medida que la dirección del rompeolas es más inclinada al Oeste, menos definido es el avance de la orilla y cuando tiene dirección Oeste franco, como en el caso del rompeolas principal del puerto de La Guayra, no se registra cambio en la orilla en el lado de barlovento, pero sí relleno de los fondos y movimientos de sedimentos hasta profundidades importantes.

Después de cierto lapso de construídos rompeolas con direcciones entre Noroeste y Oeste, se inicia la formación de flechas o conos de sedimentación en su extremo y tendiendo al Oeste o al Sur-Oeste (Fig. 6).

Al Sur-Oeste del extremo occidental de los rompeolas principales, existe una zona definida de erosión, correspondiendo a las mayores alturas de ola en la vecindad de la obra y por tanto, a una mayor sobreelevación del nivel medio del mar, siendo aparentemente ésta, combinada con la turbulencia en la vecindad del extremo de la obra, una de las causas principales de tal fenómeno. En ensayos sobre modelo reducido, se han comprobado estas mayores amplitudes del oleaje en dicha zona (12).

En la zona abrigada por el rompeolas, se produce una

ACRECENTAMIENTOS Y EROSIONES COMO
CONSECUENCIA DE OBRAS MARITIMAS CONSTRUIDAS
EN EL LITORAL CENTRAL DEL DISTRITO FEDERAL
DE VENEZUELA

corriente en sentido contrario al de las agujas del reloj - (Fig. 6), principalmente debido al gradiente producido por diferencia de sobreelevación del nivel medio del mar entre la zona agitada y la zona tranquila protegida, y al efecto de expansión lateral de la onda. Como consecuencia se produce sedimentación del lodo, limo y arena fina hacia el extremo Noreste de la dársena protegida.

Puerto de La Guayra, 1885-1891.- Esta obra marítima, la primera construida en el Litoral Central, consistió en un rompeolas de 625 metros de longitud con dirección Oeste franco, como continuación en tal dirección del cabo correspondiente al cono de deyección del río Osorio y abrigando hacia el flanco occidental de dicho cabo, un área de alrededor de 35 hectáreas, con una profundidad promedio de 9 metros (30') (Fig. 7).

Como consecuencia de esta obra, se produjo relleno en el lado Norte de la obra, relleno éste que se prolongó en el extremo occidental del rompeolas, según una flecha hacia el Suroeste. En la zona inmediatamente al Oeste de esta flecha se registraron erosiones que aún en el año 1937 alcanzaban valores de 1 metro por debajo del nivel de 1888. Esta erosión se presenta hacia el Suroeste del extremo occidental del rompeolas y a una distancia aproximada, medida en la dirección de la cresta de las olas en dicho extremo, de 1.75 L, (L = longitud de la ola).

Se observan movimientos de sedimentos en profundidades de 15 a 20 metros hacia el Noroeste del extremo occidental del rompeolas y a una distancia de 4 L aproximadamente. Se observa igualmente cierta zona exterior de erosión.

En el extremo Nororiental de la rada protegida y en la zona de los muelles, se produjo sedimentación de material fino que necesitó periódico y sistemático dragado para permitir el acceso de las embarcaciones. Erosiones al Oeste del puerto y a lo largo de la línea de costa posiblemente existirían, pero como dicha zona para aquel entonces estaba despoblada y sin interés inmediato, no hay información de cambios que pudieran haber ocurrido. En la figura N° 7 se muestran las modificaciones habidas entre 1888 y 1937, así como los volúmenes de relleno y erosiones correspondientes a dicho lapso, volúmenes éstos que no sirven para la determinación de una rata media anual, por cuanto para fechas anteriores al año de 1937, ya los sedimentos evidentemente, pasando al Oeste del extremo occidental del rompeolas, seguían su curso aguas abajo.

Ampliación del puerto de La Guayra, 1949-1951.- Las obras consistieron en la construcción de un rompeolas según la prolongación del tajamar construido en 1891, con dos

COASTAL ENGINEERING

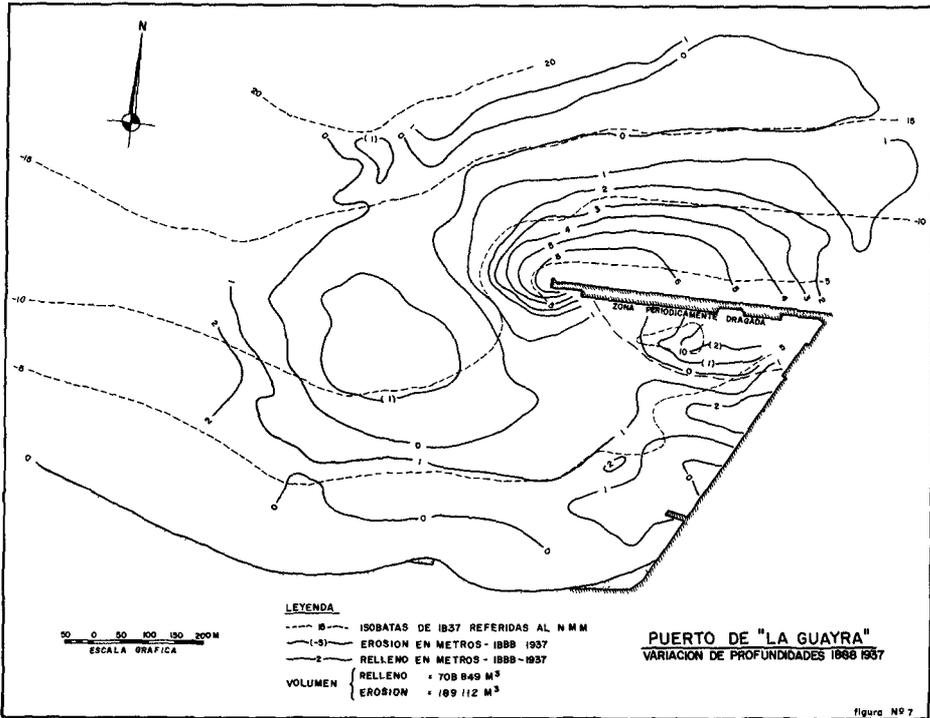


Fig. 7

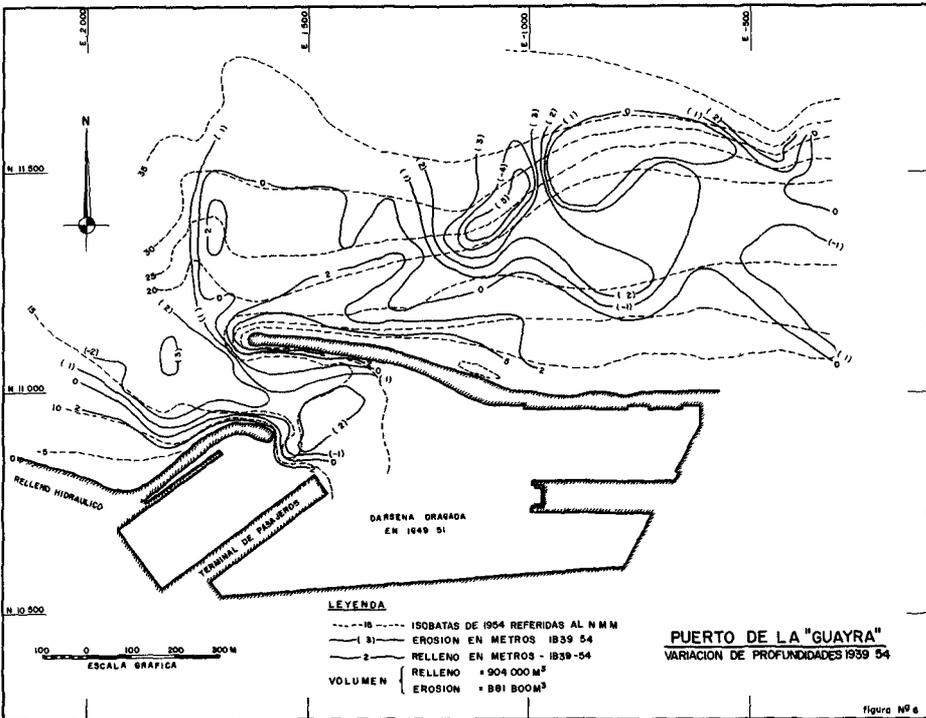


Fig. 8

ACRECENTAMIENTOS Y EROSIONES COMO
CONSECUENCIA DE OBRAS MARITIMAS CONSTRUIDAS
EN EL LITORAL CENTRAL DEL DISTRITO FEDERAL
DE VENEZUELA

ramas, la primera de 290 metros de longitud con rumbo N. $66^{\circ} 30' 0.$ y la segunda de 300 metros con rumbo N. $82^{\circ} 0.$, enlazadas entre sí con una curva. Igualmente se construyó un rompeolas occidental de 400 metros de longitud, con su sector principal en dirección N. $52^{\circ} 30' E.$, con su extremo curvado hacia el interior de la rada. Entre ambos rompeolas queda un canal de acceso de 170 metros aproximadamente, para las embarcaciones (Fig. 8). Con estas obras se dá protección a una rada de 50 hectáreas; rada ésta que fué dragada durante la construcción de las citadas obras marítimas a 10.5 metros de profundidad (34'), utilizando el material obtenido del dragado para relleno y depositando un importante volumen de él, en el lado occidental del puerto, relleno éste que fué luego protegido por un enrocado en todo su frente Norte. Como consecuencia de las obras citadas, se han producido rellenos en el lado Norte del rompeolas principal con algunas zonas de erosión en esta parte y otra erosión pronunciada hacia el Suroeste del rompeolas principal y al exterior del canal, (Fig. 8). Esta erosión para el año 1954 alcanzaba a 3 metros por debajo del nivel de 1939. Para 1959 el relleno en el lado Norte del rompeolas principal aumentó en forma importante y el sedimento, pasando al Oeste del citado rompeolas, comienza a llenar la zona erosionada antes referida, pero todavía acusando 1 metro por debajo del nivel de 1939 (Figs. 9 y 10).

A profundidades del orden de los 20 a 30 metros, se registran algunas zonas de erosión que alcanza en algunos sitios valores importantes y que arroja un valor máximo para la fecha del sondeo de 1954, el cual en la zona mas cercana al rompeolas, se ha reducido apreciablemente para 1959.

Los rellenos son como dunas sumergidas, no coincidiendo las lomas y depresiones en los planos batimétricos preparados para las varias fechas citadas, notándose una migración hacia el Oeste a medida que disminuyen los fondos, (que aumenta la sedimentación). El movimiento de sedimento es evidente hasta profundidades de 35 metros y a distancias de 600 metros al Norte del rompeolas principal.

Las erosiones dentro de la rada, que aparecen en la figura N° 8, parecen tener su causa en el efecto de las hélices de las embarcaciones que en dicha zona practican la ciaboga para atracar en el lado occidental del terminal de pasajeros.

Los volúmenes de rellenos y de erosiones obtenidos en los lapsos de 1939 a 1954, 1939 a 1959 y 1954 a 1959, lamentablemente no pueden servir de base para una estimación fidedigna del volumen anual promedio de arrastres de sedimentos granulares a lo largo del Litoral Central, debido a las siguientes circunstancias.

Entre las desembocaduras de los ríos El Cojo y Macu-

COASTAL ENGINEERING

to y en frente de la población de este mismo nombre, existe un valle submarino profundo, entre los conos de deyección de los citados ríos; este valle tiene profundidades importantes a distancia relativamente corta de la costa. En los años 1950-1951, fueron construídos en este sector de costa unas escolleras casi perpendiculares a la ribera, que se extendieron hasta profundidades de 7 metros. Como consecuencia de estas obras, parte de los sedimentos arrastrados a lo largo del litoral, muy probablemente fueron atrapados en este cañón submarino, con la consecuente disminución de la alimentación hacia el Oeste.

En el sector comprendido entre Punta de Mulatos y Macuto, zona ésta situada inmediatamente aguas abajo de dichas obras, se registraron en el lapso 1950-1954, importantes movimientos de fondos con preponderancia de erosión (Fig. 11). Esta zona es intermedia entre Macuto y el puerto de La Guayra. Dada la magnitud de las erosiones registradas en esta zona, deberá tomarse con cautela dicha información, hasta tanto no se realicen sondeos periódicos para verificar las variaciones de fondos. El sector Punta de Mulatos-Macuto, por otra parte, a lo largo de su línea de playa ha presentado problemas de erosiones en años anteriores a la construcción de las citadas obras, como se desprende de los frecuentes trabajos de reparación que se necesitaba practicar a lo largo de una vía férrea que corría entre las poblaciones de La Guayra y Macuto, hasta el año de 1948 aproximadamente.

En 1954 fué construída la Avenida Soubllette entre La Guayra y Punta de Mulatos, para lo cual se requirió hacer rellenos hacia el mar, de cierta importancia, los cuales fueron protegidos del oleaje por escolleras de rocas paralelas a la costa, en unos sectores, y por espigones en forma de L, perpendiculares a la misma. Durante el lapso de construcción estima el autor, que importantes volúmenes de sedimentos fueron arrastrados por la corriente litoral.

Por otra parte, desde 1955 a 1956 en la costa situada al Oeste de Macuto y en el extremo occidental de la Urbanización Alamo, se practicó un relleno hacia el mar de bastante extensión, con materiales provenientes de banqueos y movimientos de tierras de otras obras; tal relleno no fué protegido del oleaje por ninguna obra especial, de tal manera que éste lavó los agregados finos hasta que peñones y cantos rodados de mayores dimensiones quedaron expuestos en la ribera, siendo capaces de establecer la nueva línea de costa al resistir el oleaje. Estos rellenos aportaron volúmenes importantes de sedimentos a la corriente de arrastres litorales.

Por las razones antes dichas, los volúmenes relativos a los lapsos 1939-1954, 1939-1959 o 1954-1959, no pue-

ACRECENTAMIENTOS Y EROSIONES COMO
 CONSECUENCIA DE OBRAS MARITIMAS CONSTRUIDAS
 EN EL LITORAL CENTRAL DEL DISTRITO FEDERAL
 DE VENEZUELA

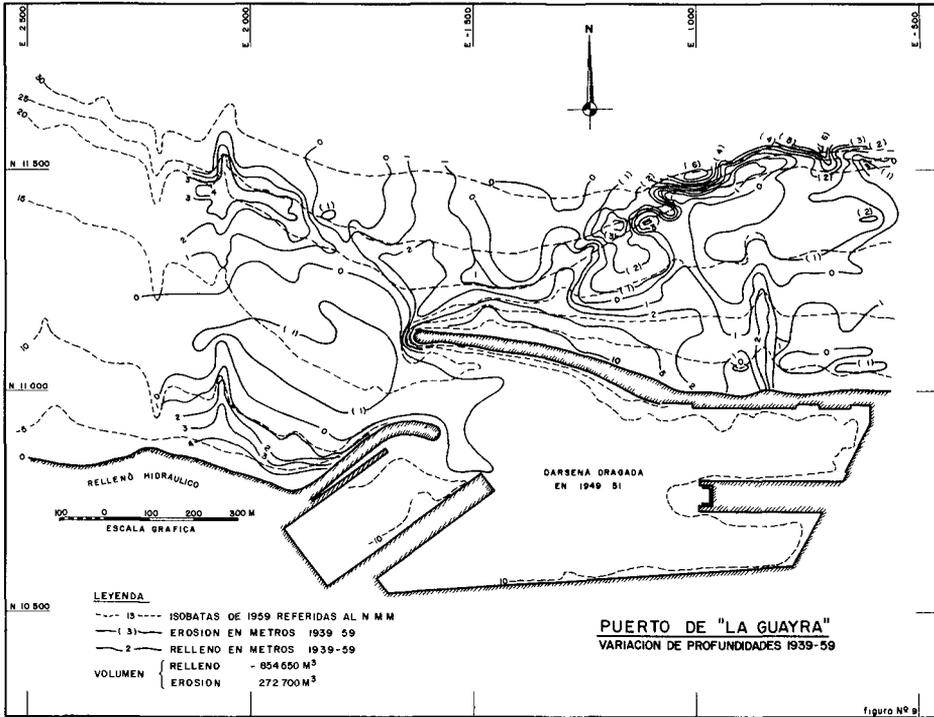


Fig. 9

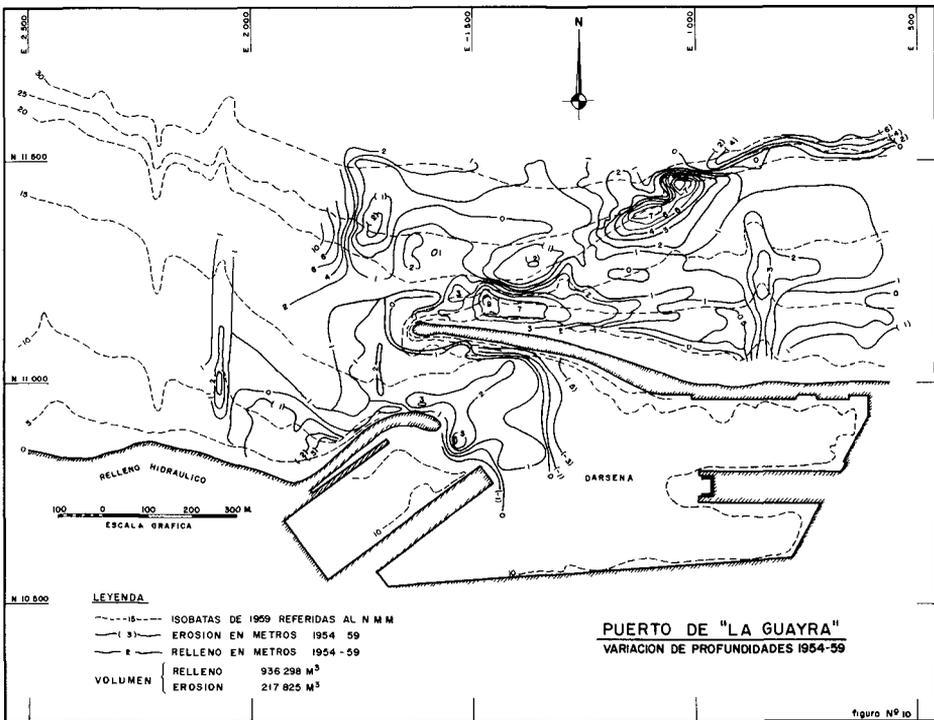


Fig. 10

COASTAL ENGINEERING

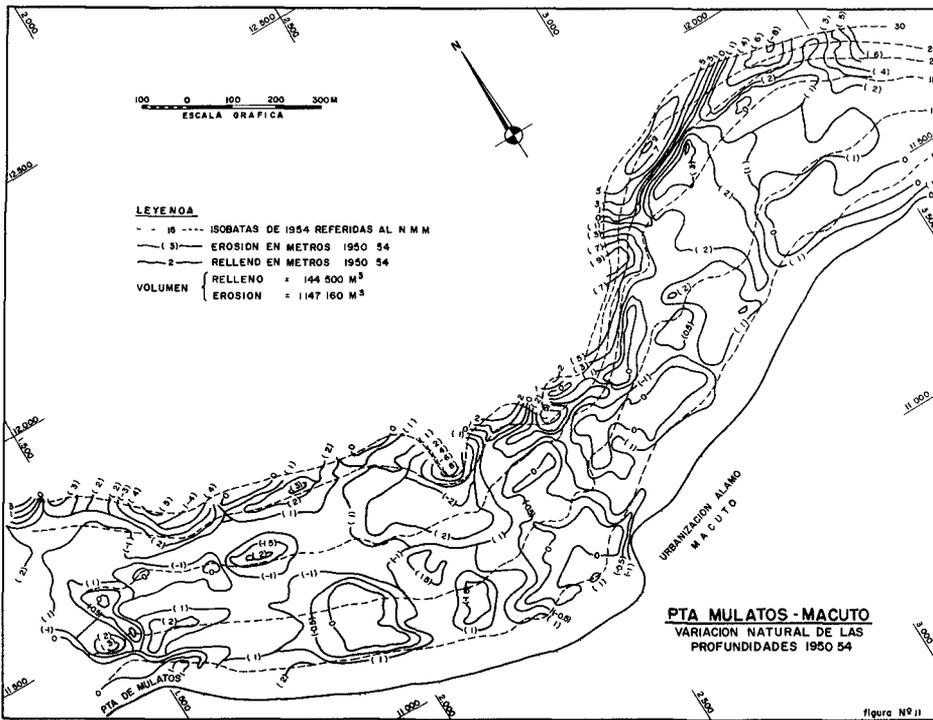


Fig. 11

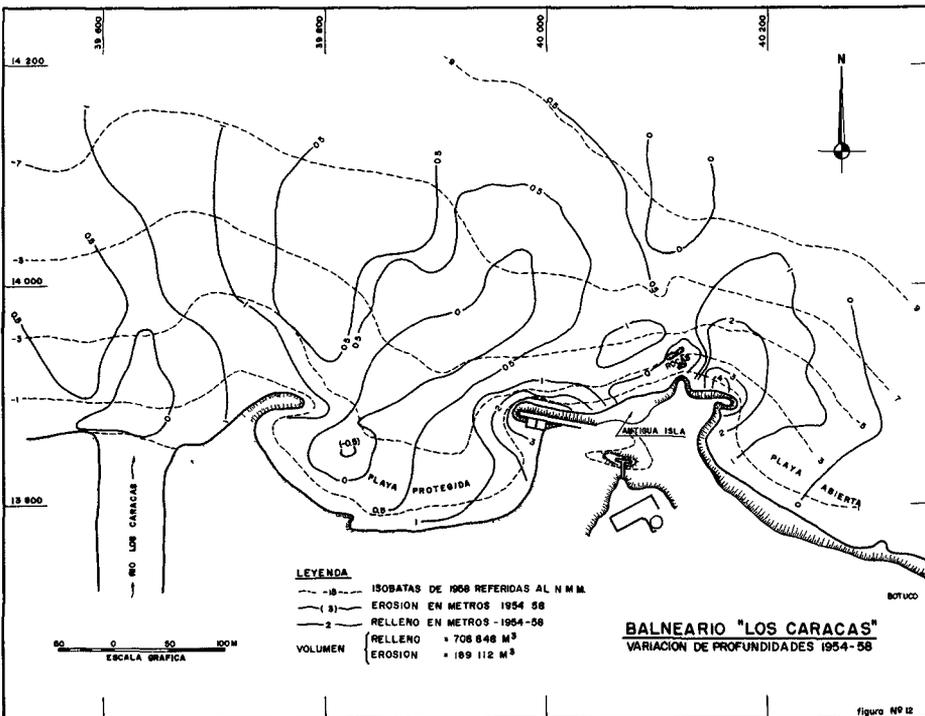


Fig. 12

ACRECENTAMIENTOS Y EROSIONES COMO
CONSECUENCIA DE OBRAS MARITIMAS CONSTRUIDAS
EN EL LITORAL CENTRAL DEL DISTRITO FEDERAL
DE VENEZUELA

den servir, como antes se expresó, de base para la estimación de volúmenes promedios anuales de arrastres.

Del análisis de las figuras Nos. 8, 9 y 10, se desprende que después de 1954 la acumulación de sedimentos en el lado Norte del rompeolas principal ha aumentado y que hacia el Oeste del extremo occidental de este rompeolas, están pasando sedimentos según la dirección general del flujo de materiales sólidos y que las lomas y depresiones submarinas correspondientes a las zonas de rellenos y de erosiones muestran una marcada migración al Oeste. El movimiento de sedimentos en profundidades hasta de 35 metros, es evidente. En el canal de acceso al puerto y dentro de la rada, se inicia una importante sedimentación no registrada en 1954.

Balneario Los Caracas. - En este Centro Vacacional, situado al extremo oriental del Litoral Central del Distrito Federal y entre las desembocaduras de los ríos Los Caracas y El Botuco, se construyeron en el año de 1954, rompeolas y escolleras para la formación de playas. Básicamente las obras consistieron en la prolongación, hacia el Este y hacia el Oeste, de una pequeña isla que quedaba a corta distancia del cerro que abruptamente caía en la distancia media entre ambos ríos, la cual fué unida a tierra. La rama occidental de esta obra, con 65 metros de longitud y rumbo N. 80° O. y la rama oriental con 70 metros aproximadamente y con dirección general N. 83° E. y la citada isla, constituyen la principal obra de protección. Al Oeste de ésta y en la margen derecha de la desembocadura del río Los Caracas, se construyó otro rompeolas con 100 metros aproximados de longitud y rumbo N. 50° E., seguido de un pequeño espigón de modelado de playa (Fig. 12). Entre el río El Botuco y la isla central, se construyeron pequeños espigones de modelado de playa.

El resultado final de estas obras, según comparación de planos batimétricos de 1954 y 1958, fué el de un amplio relleno, ya sea en el lado oriental correspondiente a la playa abierta del río El Botuco, o bien en la playa principal semiprottegida inmediata al Este del río Los Caracas. Las variaciones de los fondos con preponderancia de rellenos, son moderadas. Esta obra, estando al extremo oriental de las obras del Litoral Central y por lo tanto, sin ningún disturbio aguas arriba, hacia el Este, en lo que respecta a alimentación de sedimentos, puede fijar un orden de los volúmenes anuales promedios de arrastres sólidos a lo largo del litoral, con la salvedad de la fuerte alimentación de sedimentos que localmente puede aportar el río Los Caracas y en menor proporción el río El Botuco. El volumen medio de transporte en esta zona, alcanzaría así un valor de 111.400 m³/año.

Nótese en la figura N° 12, la zona de erosión hacia

COASTAL ENGINEERING

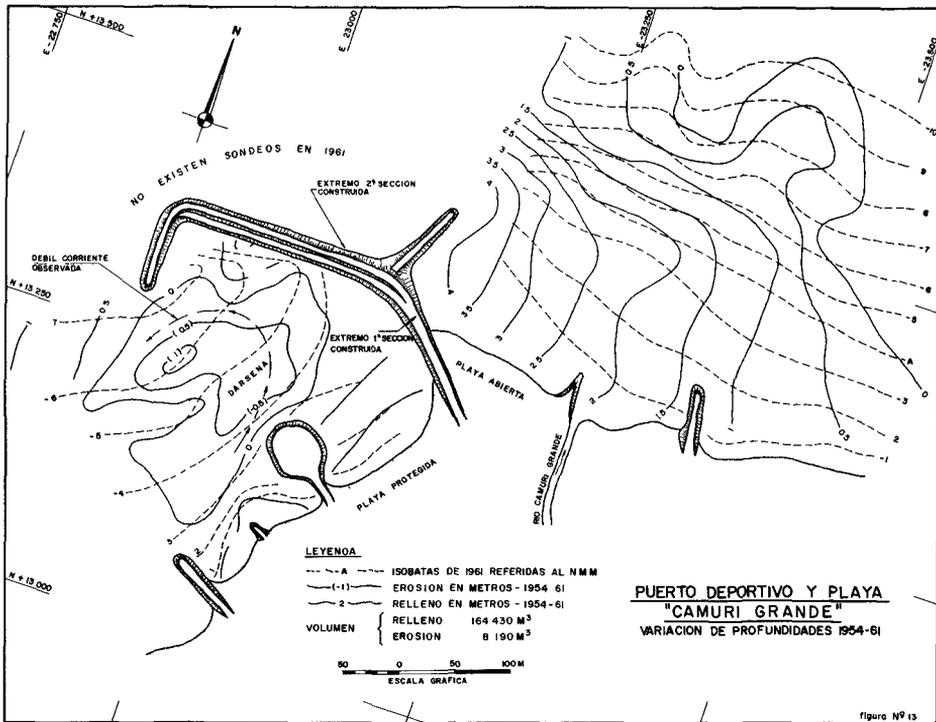


figura Nº 13

Fig. 13

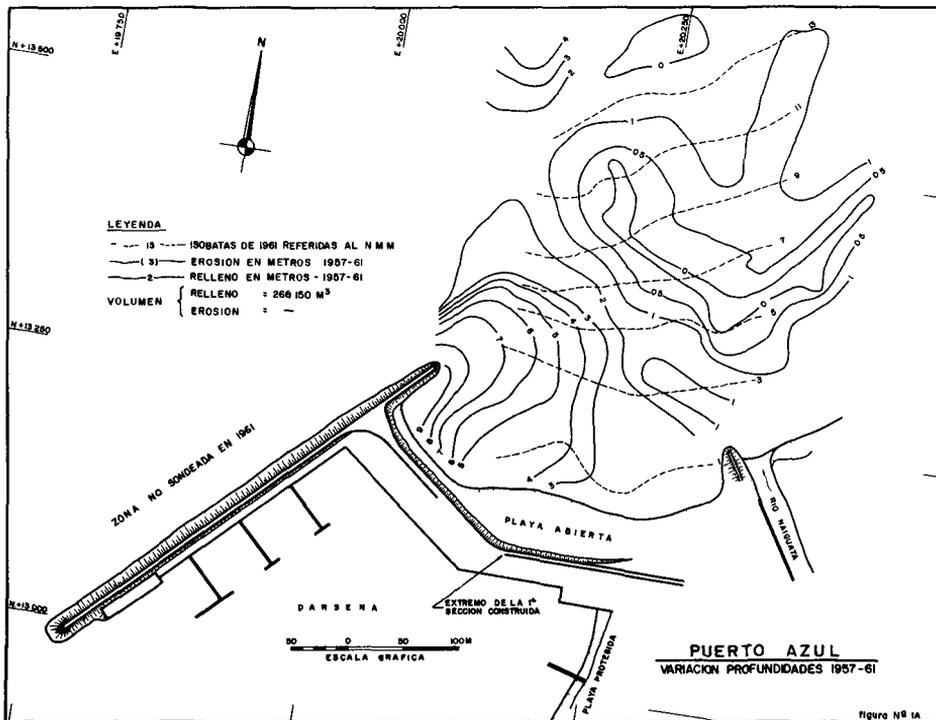


figura Nº 14

Fig. 14

ACRECENTAMIENTOS Y EROSIONES COMO
CONSECUENCIA DE OBRAS MARITIMAS CONSTRUIDAS
EN EL LITORAL CENTRAL DEL DISTRITO FEDERAL
DE VENEZUELA

el Suroeste del extremo occidental del rompeolas principal, frente a la playa protegida y donde normalmente el oleaje es de mayor amplitud que en las zonas vecinas, fenómeno similar al registrado en el puerto de La Guayra.

Puerto Deportivo y Playa Camurí Grande.- Las obras marítimas de este Centro Recreacional, consistieron en un rompeolas principal de tres ramas, la primera de 155 metros con rumbo N. 45° O.; la siguiente de 210 metros y dirección Este-Oeste y la tercera de 100 metros de longitud con dirección Norte-Sur. Este rompeolas principal abriga una dársena deportiva (marina) de 3 hectáreas y sirve de abrigo a una playa protegida hacia el Sur de dicha obra (Fig. 13).

En la intersección de la primera y segunda rama del rompeolas principal, arranca un espigón con rumbo N. 22° 30' E. y con longitud aproximada de 100 metros, que interceptando los arrastres de sedimentos, ha formado playa en su lado oriental, la cual queda modelada con espigones complementarios de escolleras de roca, aproximadamente perpendiculares a la costa. Esta playa es abierta, de suaves pendientes y de material arenoso mediano.

En la costa protegida por el rompeolas principal y previamente a la construcción de éste, se construyeron espigones de modelado de playa que permitieron formar una playa que posteriormente fué abrigada por la obra principal.

La consecuencia de estas obras, según comparación de planos batimétricos de 1954 (fecha de construcción de las obras) y de 1961, fué la acumulación de sedimentos en el lado oriental y Norte del rompeolas principal; la acumulación de sedimentos hacia el extremo Nororiental de la dársena protegida y la erosión al Sureste del extremo del rompeolas principal, de cierta extensión hasta 1 metro por debajo del nivel de 1954.

Dentro de la dársena protegida, se observan corrientes en el sentido contrario al de las agujas del reloj, aparentemente debido a las mismas causas citadas anteriormente.

Debe observarse aquí, que la primera rama del rompeolas principal, fué construída simultáneamente con los espigones de modelado de playa del flanco occidental del cabo (actual playa protegida); que la segunda rama de este rompeolas se construyó sólo parcialmente, interrumpiéndose las obras por un lapso del orden de 1 año; y que el espigón exterior con rumbo N. 22° 30' E., sólo fué construído al final de las obras de protección de la dársena; y por tanto la erosión que se observa en la figura N° 13, dentro de la dársena actual, correspondió a zona abierta al Suroeste del extremo del rompeolas, para aquel entonces, mostrándose así una situación similar a las registradas en el puerto de La Guayra y en el Balneario de Los Caracas.

COASTAL ENGINEERING

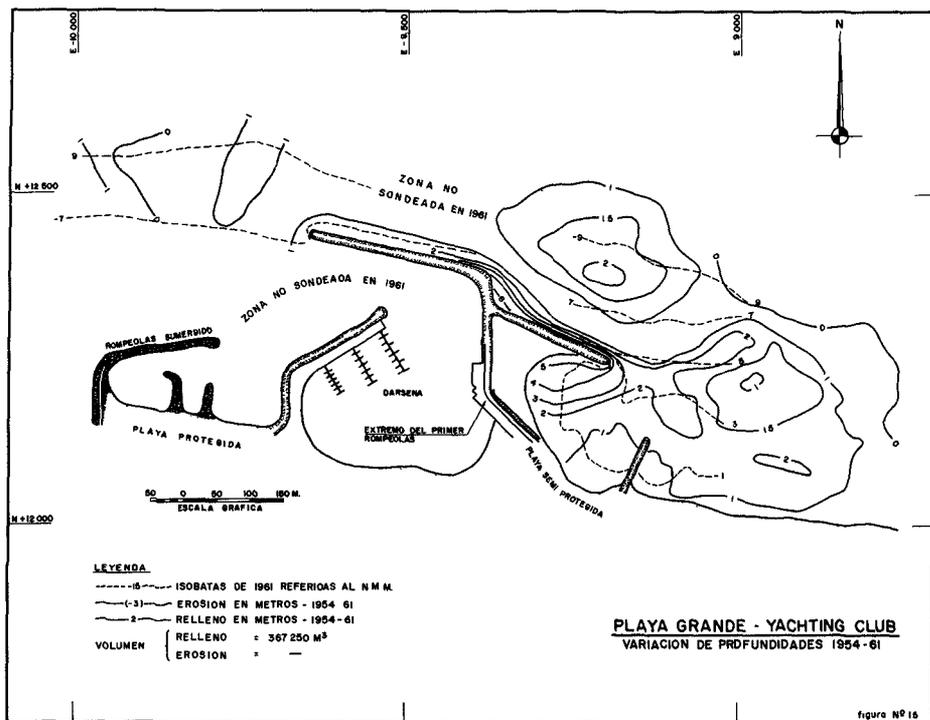


Fig. 15

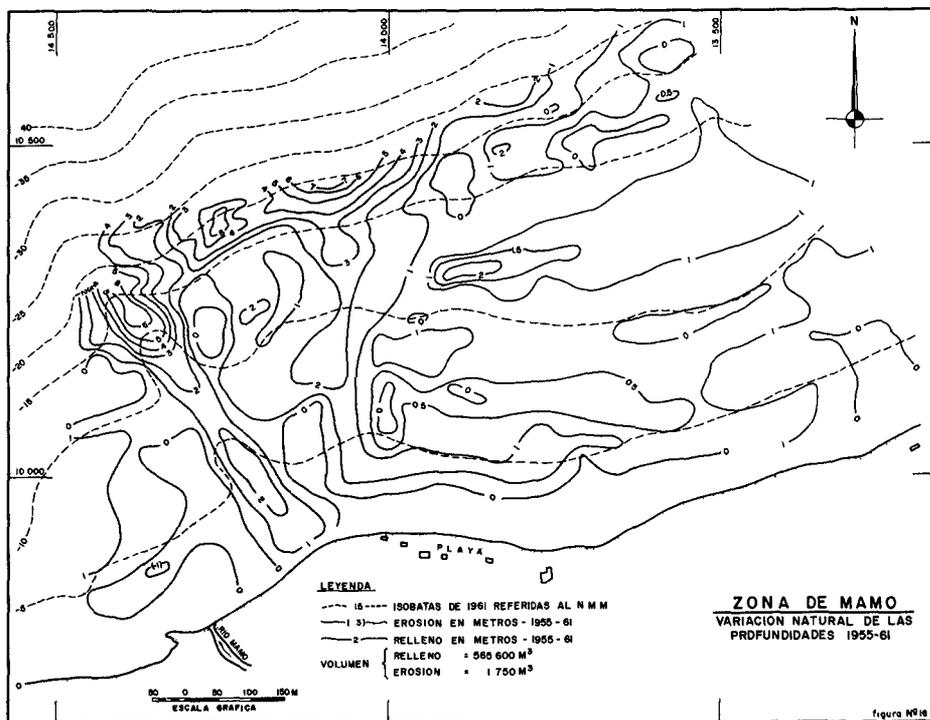


Fig. 16

ACRECENTAMIENTOS Y EROSIONES COMO
CONSECUENCIA DE OBRAS MARITIMAS CONSTRUIDAS
EN EL LITORAL CENTRAL DEL DISTRITO FEDERAL
DE VENEZUELA

Los volúmenes de relleno y de erosión anotados en la figura N° 13, correspondiente al lapso 1954-1961, son incompletos, por cuanto la zona exterior al Norte y Noroeste del rompeolas principal, no fué sondeada en 1961.

Puerto Azul.- En el flanco occidental del cono de deyección del río Naiguatá, se desarrolló un Centro Vacacional en donde se construyeron obras marítimas interesantes. Un rompeolas principal compuesto de tres ramas: la primera con dirección Oeste franco, de 120 metros; la siguiente de 200 metros y rumbo N. 52° 30' O. y la tercera con rumbo S. 45° O., de 345 metros aproximadamente. Complementan dicha obra, espigones de modelado de playa exteriores en la playa abierta (oceánica) y en la playa protegida al Sureste de la dársena. La primera rama del rompeolas principal fué construída conjuntamente con los espigones de modelado de playa del flanco occidental del cabo (actual playa protegida). La dársena (marina) es de 6 hectáreas.

Lamentablemente los sondeos practicados en el año - 1961, sólo se extendieron a la zona nororiental en frente de la playa abierta (oceánica), de tal manera que la información disponible es incompleta en cuanto a los volúmenes de rellenos o erosiones producidos como consecuencia de las obras.

Dentro de la dársena se observa una débil corriente en el sentido contrario a las agujas del reloj.

Playa Grande Yachting Club.- Este Club Náutico situado al Oeste de Cabo Blanco, se construyó en la ribera situada frente a la formación geológica de rocas sedimentarias, areniscas y conglomerados (11), en cuya playa afloraban capas de coral cimentado. Poco antes del año 1950 se construyó un pequeño rompeolas de dos ramas; la primera con dirección Norte franco y 100 metros de longitud y la segunda de 115 metros con rumbo N. 45° O. La consecuencia inmediata de esta obra fué la formación de playas en ambos lados de la misma, siendo la protegida situada en su lado occidental y constituída por arena fina. Se registraron dentro de esta zona protegida, corrientes en el sentido contrario a las agujas del reloj, algunas veces de fuerte intensidad (Fig. - 15).

En 1955 se construyeron las obras marítimas para el Puerto Deportivo y para playa, consistiendo estas obras en un rompeolas principal, que arrancando del extremo Noroccidental del anterior, avanza 100 metros en dirección Norte franco en su primera rama, para luego cruzar con rumbo N. - 65° O. con 115 metros de longitud. Esta es la obra principal de abrigo de la dársena portuaria y de la playa protegida. La dársena portuaria queda cerrada hacia el Oeste con -

COASTAL ENGINEERING

otro rompeolas de dos ramas; la primera en dirección Norte franco, con 130 metros y la segunda con rumbo N. 64° E. de 160 metros. La dársena portuaria tiene una amplitud de 6 hectáreas y el canal de acceso para las embarcaciones es de 80 metros de ancho.

Arrancando del rompeolas principal del puerto y hacia el Sureste, se construyó un espigón de modelado de playa que conjuntamente con otro espigón que arranca desde la orilla, encierran la playa semiprotegida (Fig. 15). Al Oeste de la dársena portuaria se construyó una playa protegida por el rompeolas principal del puerto y por un rompeolas submergido, situado a 120 metros de la orilla.

Como consecuencia de estas obras marítimas, se produjo una fuerte acumulación de sedimentos en el lado oriental del rompeolas principal, formándose una playa estable (playa semiprotegida). Las variaciones de fondo al Oeste del rompeolas principal y en las inmediaciones de la playa protegida, no se pudieron constatar por no haber sido sondeada dicha zona en 1961. Es importante observar el fuerte relleno producido en la zona oriental. El volumen de relleno anotado en la figura N° 15, sólo se refiere a la zona común a los planos batimétricos de 1954 y 1961 y por tanto, no representa el volumen total de rellenos, para dicho lapso.

Al Oeste de Playa Grande, no se han registrado erosiones importantes a lo largo de la línea de costa, debiéndose observar que toda la zona hasta la desembocadura del río Tacagua, corresponde a la formación geológica antes referida (11) y que a lo largo de la ribera hay formaciones coralíferas cimentadas. La quebrada Tacagua, la quebrada La Zorra y el río Mamo, aguas abajo (al Oeste) de este Puerto Deportivo, aportan importantes cantidades de sedimentos.

En la figura N° 16, se muestran la variación de profundidades, por comparación entre planos batimétricos de 1955 a 1961, en la zona de Mamo y en ella podrá observarse que las variaciones naturales del fondo no dejan de ser importantes, aún cuando la loma submarina que aparece inmediatamente al Este de la desembocadura del río Mamo, posiblemente ya existía en 1955, pero como los perfiles transversales tomados para los sondeos en dicha fecha eran distanciados, precisamente dicha loma quedó entre dos de ellos, por lo cual no fué registrada, de tal manera que los rellenos anotados en dicha figura para esta zona, posiblemente exceden a la realidad. Esto hace resaltar la necesidad de establecer los perfiles transversales para los levantamientos batimétricos, bastante cercanos y perfiles paralelos a la costa, como comprobación de los transversales usualmente utilizados.

Otras obras marítimas construídas en el litoral.- A-

ACRECENTAMIENTOS Y EROSIONES COMO
CONSECUENCIA DE OBRAS MARITIMAS CONSTRUIDAS
EN EL LITORAL CENTRAL DEL DISTRITO FEDERAL
DE VENEZUELA

demás de las obras marítimas antes reseñadas, en el Litoral Central en consideración, se han construido rompeolas para formación de la playa del Club Tanaguarena; rompeolas emergentes y sumergidos para la playa y Puerto Deportivo del Hotel Sheraton-Macuto; las obras de protección de la Avenida Soublette al Este del puerto de La Guayra; espigones de modelado de playa para el Balneario de Catia de La Mar; rompeolas y espigones de modelado de playa para la formación del Balneario público de Naiguatá, al Este de la desembocadura del río del mismo nombre; y otras obras menores. Lamentablemente no existe información sobre la batimetría en dichos sitios para fechas posteriores a su construcción, por lo cual no se puede establecer para ellos, ningún análisis sobre los fenómenos de sedimentación y erosión. Sin embargo, es importante observar que al Oeste de las obras del Puerto Deportivo del Hotel Sheraton-Macuto, situado en la Urbanización Caribe, especialmente en el sector comprendido entre los ríos San Julián y El Cojo, se ha registrado una retrogradación de la línea de costa, del orden de 18 metros con relación a la línea primitiva correspondiente al año de 1956, en que fueron construidas dichas obras (véase fotografía). En este sector de costa la alimentación de sedimentos quedó cortada por las obras citadas, además de que en el Club Tanaguarena, en donde se construyó una playa con el auxilio de rompeolas parcialmente terminados, se practican dragados sistemáticos de las arenas acumuladas, las cuales son utilizadas para trabajos en tierra.

DISTRIBUCION SELECTIVA DE LOS SEDIMENTOS

En los varios estudios marítimos practicados por la oficina del autor en el litoral en referencia, en los años de 1954 a 1955 y en los meses de mayo a octubre, fueron tomadas muestras de sedimentos en varias zonas y practicados análisis granulométricos de los mismos.

En una forma general se constató un aumento del grano medio en la zona de rompiente y a partir de allí hacia el mar y hasta profundidades del orden de 12 metros, una disminución progresiva de dicho diámetro medio; a profundidades entre 12 y 30 metros, la granulometría no registró una tendencia definida, notándose sin embargo, en general, un aumento del diámetro medio en ciertas zonas; pero de una manera general no se pudo establecer una correlación definida entre la profundidad y el diámetro medio del sedimento.

En un intento para verificar en la naturaleza, los estudios hechos en modelo por Ippen y Eagleson sobre la distribución de los sedimentos por efecto del oleaje (7), se seleccionaron aquellas muestras comprendidas entre profundidades del orden de 3 a 12 metros, es decir, desde una pro-

COASTAL ENGINEERING



Fotografía No. 1. Retrogradación de la línea de costa. Camuri Chico - Sector Rio San Julián - Punta Brisas.

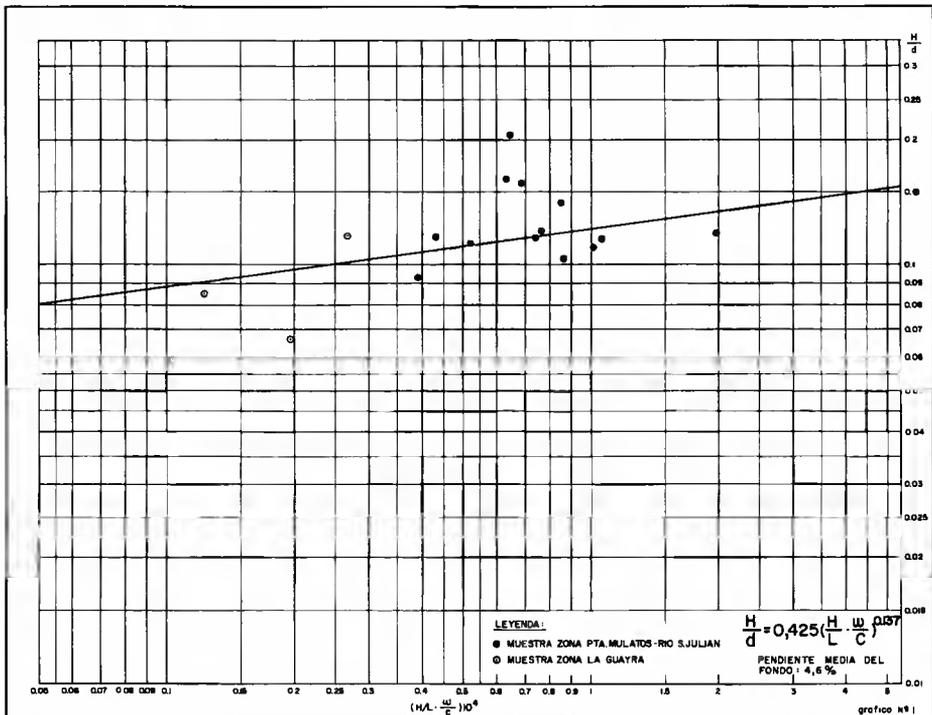


Gráfico No. 1

ACRECENTAMIENTOS Y EROSIONES COMO
 CONSECUENCIA DE OBRAS MARITIMAS CONSTRUIDAS
 EN EL LITORAL CENTRAL DEL DISTRITO FEDERAL
 DE VENEZUELA

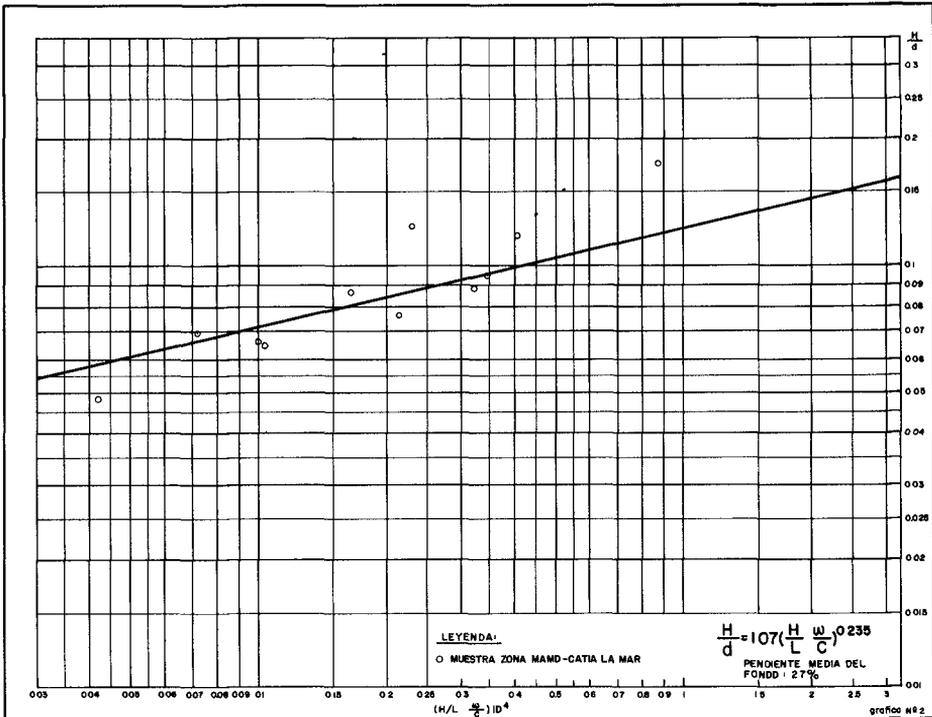


Gráfico No. 2

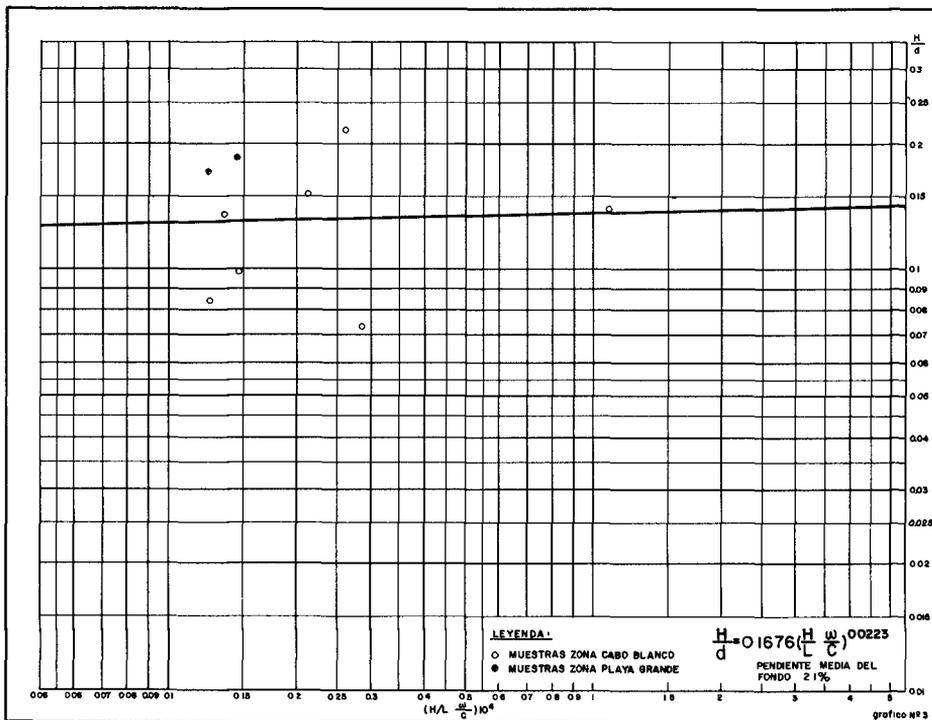


Gráfico No. 3

COASTAL ENGINEERING

fundidad no influenciada por las rompientes, hasta la profundidad en que era aparente en forma general, la disminución del diámetro medio. Las muestras fueron tomadas en una extensión de 12 millas náuticas, desde la desembocadura del río San Julián, por el Este, hasta la desembocadura del río Mamo, por el Oeste.

La densidad del grano de las arenas, se estableció - en 2.65 y la velocidad de sedimentación de la muestra, se - caracterizó por la de su grano medio.

Las muestras fueron separadas en tres grupos, a saber: a) las correspondientes a la zona comprendida entre el puerto de La Guayra y el río San Julián, cuya pendiente general del fondo es uniforme (4.5 a 6% aproximadamente); en donde la pendiente local en los sitios de toma de muestras tenía valores bastante cercanos (4.6% promedio); y situados frente a una costa aluvional; b) las correspondientes a la zona entre Cabo Blanco y Catia de La Mar, con suave pendiente general (0.92% aproximadamente); con pendientes locales en los sitios de toma de muestras similares (2.1%); y situada frente a la costa de arenisca y conglomerados de la formación geológica Cabo Blanco; y c) las correspondientes a la zona entre Catia de La Mar y Mamo, con pendiente general de 3.3% y local de 2.7% y situada frente a una costa aluvional.

Las muestras tomadas en lugares de poca profundidad y muy cerca de la desembocadura de los ríos y quebradas, fueron eliminadas por considerar que no eran representativas - para el estudio, por no haber sido aún convenientemente clasificados y distribuidos los sedimentos por la acción del - oleaje.

Luego fueron relacionadas las características del oleaje en el sitio de toma de cada muestra, su profundidad y la velocidad de sedimentación del grano medio, según una expresión teórica adimensional correspondiente a la condición de equilibrio (7).

La inter-relación entre dichos parámetros se pudo establecer, para el litoral en consideración, en el lapso considerado y para las pendientes medias del fondo del mar antes establecidas, según las funciones siguientes:

$$[1] \quad \frac{H}{d} = 0.425 \left(\frac{H}{L} \cdot \frac{w}{C} \right)^{0.137} \quad P = 4,6\%$$

$$[2] \quad \frac{H}{d} = 1.07 \left(\frac{H}{L} \cdot \frac{w}{C} \right)^{0.236} \quad P = 2,7\%$$

$$[3] \quad \frac{H}{d} = 0.1676 \left(\frac{H}{L} \cdot \frac{w}{C} \right)^{0.0223} \quad P = 2,1\%$$

ACRECENTAMIENTOS Y EROSIONES COMO
CONSECUENCIA DE OBRAS MARITIMAS CONSTRUIDAS
EN EL LITORAL CENTRAL DEL DISTRITO FEDERAL
DE VENEZUELA

en donde H es la altura de la ola en el sitio considerado; L su longitud; d la profundidad; C la celeridad de la ola; w la velocidad de sedimentación del grano medio para una densidad de 2.65 y p la pendiente del fondo del mar en el sitio de la toma de muestra, como valor promedio en una extensión de 50 metros aproximadamente alrededor de dicho sitio.

Las características de la ola significativa, como se expresó en el capítulo de Introducción son: $H_0 = 0.95$ metros $L_0 = 100$ metros, $T = 8$ segundos, con dirección en mar profundo del Noreste, siendo H_0 , L_0 y T respectivamente, la altura de la ola, su longitud en mar profundo y su período.

En los gráficos se hace la representación en escalas logarítmicas, de las expresadas funciones.

Se intentó obtener una correlación similar con olas de 5.5 segundos de período y de igual amplitud, correspondiente a la ola corta observada normalmente en el litoral, como se expresó en la primera parte de este estudio, pero - la dispersión de puntos en el gráfico fué muy amplia, no pudiendo establecerse función definida entre las variables.

Se intentó establecer una inter-relación entre el coeficiente de uniformidad del sedimento: $\frac{S_{80} - S_{20}}{S_{50}}$ y la profundidad del sitio de la toma de muestras (8), no pudiéndose obtener una relación o tendencias definidas. (S_{80} , S_{50} y S_{20} , son diámetros correspondientes al 80%, 50% y 20% de pesos retenidos en el análisis granulométrico).

CONCLUSIONES

De las consideraciones anteriores podemos establecer las siguientes conclusiones válidas para el Litoral Central del Distrito Federal:

- 1). La ola significativa se puede establecer tentativamente con $H_0 = 0.95$ metros, $T = 8$ segundos y dirección en mar profundo del Noreste; en donde H_0 y T son respectivamente la altura en mar profundo y el período.
- 2). La ola de tormenta para el cálculo de la estabilidad de las obras marítimas, puede tentativamente establecerse con $H_0 = 4.6$ metros, $T = 10$ segundos.
- 3). La corriente litoral del oleaje y consecuentemente - la dirección general de los arrastres de sedimento, a lo largo de la costa, es hacia el Oeste.

COASTAL ENGINEERING

- 4). Los movimientos de sedimentos en el litoral son notorios hasta profundidades de 35 metros.
- 5). Como valores promedios en las zonas y lapsos considerados, las ecuaciones [1], [2] y [3] pueden ser buena guía en el estudio de la distribución selectiva de los sedimentos bajo la acción de la ola significativa.
- 6). Se impone la necesidad de establecer y operar por lapsos importantes, oleógrafos y correntógrafos en sitios adecuados del litoral y practicar la medición simultánea, periódica y sistemática de la dirección del oleaje.
- 7). Es deseable que todo trabajo marítimo a efectuarse en el futuro, incluya la toma de muestras de los sedimentos, desde el límite superior correspondiente al roci6n de la ola hasta profundidades del orden de los 35 metros, con el objeto de continuar las investigaciones tendientes a complementar con datos de la naturaleza, los estudios antes referidos de Ippen, Eagleson y asociados (7), (8).
- 8). Como valor tentativo de los volúmenes medios anuales de sedimentos a lo largo del litoral y como valor para dise1o, se puede aceptar 111.400 m³.

Como conclusiones de carácter general, podemos anotar lo siguiente:

- 1). Los levantamientos batimétricos deben efectuarse con la mayor profusi6n de perfiles transversales que sea posible y con la inclusi6n de perfiles complementarios paralelos a la línea de costa, lo cual permitirá una mayor precisión en la determinaci6n de los estimados de volúmenes de relleno y erosiones, cuando se comparen batimetrías de fechas distintas.
- 2). Las sedimentaciones y erosiones alrededor de una obra marítima de protecci6n, siguen en forma general el esquema mostrado en la figura N° 6.
- 3). Las erosiones registradas a cierta distancia al Oeste del extremo del rompeolas de protecci6n, corresponde a las mayores elevaciones del oleaje que se produce en esa zona por el efecto mismo de las obras.
- 4). Es deseable, en un futuro, que se practiquen estudios adicionales tendientes a correlacionar la amplitud de la erosión antes referida, con el espectro de oleaje, por los efectos combinados de refracci6n y de difracci6n de las obras marítimas, las amplitudes del oleaje y la sobreelevaci6n relativa del nivel -

ACRECENTAMIENTOS Y EROSIONES COMO
CONSECUENCIA DE OBRAS MARITIMAS CONSTRUIDAS
EN EL LITORAL CENTRAL DEL DISTRITO FEDERAL
DE VENEZUELA

medio del mar.

- 5). Es deseable, que especialistas en Ingeniería de Costa, continúen estudios tendientes a correlacionar - las características del oleaje y del sedimento, la - batimetría y los volúmenes de arrastres, como parámetros principales medidos en la naturaleza, con los - estudios teóricos y de modelos reducidos.

RECONOCIMIENTO

Especial reconocimiento quiero hacer a los Ingenieros Nicolás Nouel H. y Raúl Luis Larghi, por su cooperación en el ordenamiento de la información y en la revisión del estudio.

REFERENCIAS

AUTOR	TITULO
(1). PEREZ MENA, RAMON L.	Las corrientes marinas como factor importante en la deposición de sedimentos. Dirección Técnica de Geología Ministerio de Minas e Hidrocarburos.
(2). SARDI SOCORRO, VICTOR.	Gasto máximo de los ríos y las quebradas del Litoral Central. Revista N° 275 del Colegio de Ingenieros de Venezuela.
(3). NOUEL, BERNARDO A.	Desarrollo del Litoral Central. Revista N° 246 del Colegio de Ingenieros de Venezuela.
(4). FIORINI, GAETANO.	Planta de tratamiento del río Mamo. Estudio de la Defensa contra las crecientes del río. Revista del I.N.O.S. N° 8.
(5). JOHNSON, J. W.	Informe privado. Oficina Técnica Bernardo Nouel Ingenieros S.A., sobre Shoreline development along the Venezuelan coast east of La Guayra harbor, (inérito).

COASTAL ENGINEERING

- (6). DIRECCION DE CARTOGRAFIA NACIONAL. MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS. VENEZUELA. Registros de mareas del Puerto de La Guayra. -
- (7). IPPEN AND P. S. EAGLESON A study of sediment sorting by waves shoaling on a plane beach. Technical Memorandum N° 63. Beach Erosion Board.
- (8). P. S. EAGLESON, B. GLENNE AND J. A. DRACUP. Equilibrium characteristics of sand beaches in the offshore zone. Beach Erosion Board. Techn. Mem. N° 126.
- (9). SERVICIO DE METEOROLOGIA Y COMUNICACIONES. MINISTERIO DE LA DEFENSA. VENEZUELA. Anuarios meteorológicos de Venezuela. Años 1950 a 1954.
- (10). W. C. PUNCHARD AND J. LENNOX HOUSTON. La Guayra Harbour Works. - Minutes of Proceedings of the Institution of Civil Engineers. Vol. CXV. 1893-1894.
- (11). DIRECCION DE GEOLOGIA. MINISTERIO DE MINAS E HIDROCARBUROS. VENEZUELA. Mapa geológico de la región de Caracas.
- (12). PROYECTOS Y CONSTRUCCIONES MARITIMOS S.A. (PROCONMAR). Estudio y proyecto de las obras de acondicionamiento de la playa del Centro Recreacional de Catia de La Mar y puerto para la Escuela Naval. Informe sobre el modelo reducido, 1962. (Comunicación privada e inédita).