

Regeneración de la playa en el sector costero Peñas de Bernardino - Punta Chapelín, Varadero (Cuba)

JOSÉ LUIS JUANES MARTÍ (*)
CARLOS GARCÍA HERNÁNDEZ (**)
RAÚL MARTELL DUBOIS (***)
ROLANDO RODRÍGUEZ BUENO (****)

RESUMEN El presente trabajo persigue como objetivo establecer los parámetros básicos del proyecto de Alimentación Artificial de Arena que se ejecutará en el sector de playa comprendido entre las Peñas de Bernardino y Puerta de Chapelín, con el interés de mejorar sus condiciones recreacionales y estéticas.

Un primer cálculo del volumen del proyecto se hizo estimando la arena perdida en los últimos 20 años, tomando como base las nivelaciones de perfil de playa que se realizan en el sector desde 1978.

Mediante la utilización de los perfiles históricos de máxima acumulación anual, se confeccionó un perfil tipo de acumulación que condujo a un volumen de arena superior al obtenido inicialmente.

De acuerdo a la capacidad de área de sol que demanda el desarrollo turístico de la zona y en base a una norma de 12 m² por turista, se realizó un tercer cálculo del volumen de arena del proyecto, el cual deja satisfechas las exigencias de la protección de la playa previstas en los cálculos anteriores.

El reajuste final del volumen se hizo aplicando el factor de sobrellenado Ra, lo que sirvió además para demostrar la idoneidad de la arena de la zona de préstamo seleccionada. Como parte de las investigaciones en la zona de préstamo se incluyó el análisis de las comunicaciones bentónicas que la ocupan, demostrándose que los daños al ecosistema por la extracción de arena son de poca significación.

Por último se describen la tecnología y el procedimiento que se empleará en la ejecución del trabajo.

BEACH REGENERATION ALONG THE PEÑAS DE BERNARDINO-PUNTA CHAPELÍN COASTAL SECTION, VARADERO

ABSTRACT The purpose of the present work is to establish the basic parameters of the Artificial Sand Supply project to be carried out on the section of beach that goes from Las Peñas de Bernardino to Punta de Chapelín, with a view to improving recreational quality and aesthetics.

An initial calculation on the size of the project was made by estimating the amount of sand lost in the last 20 years, as a result of beach profile levelling work carried out along this strip since 1978.

By using former profiles showing maximum annual accumulation, a typical accumulation profile was estimated, which gave a higher sand volume reading than that obtained in the first instance.

Given the capacity of the area of sun required for the development of tourism in the area, and taking as a basis a 10 m² standard per tourist, a third calculation was carried out to assess the volume of sand for the project which would cover the demands for beach protection as envisaged in the previous calculations.

Final volume adjustments were achieved by applying overfill factor Ra, which served to define the suitability of the sand in the borrowing area selected. Benthic communications found in the area were analysed as part of the research on the borrowing area, which showed that detriment to the ecosystem caused by sand extraction was negligible.

Finally, the technology and procedures to be used in carrying out the work are described.

Palabras clave: Playas; Regeneración; Varadero; Cuba; Alimentación artificial.

FUNDAMENTACIÓN DEL PROYECTO. INTRODUCCIÓN.

La creciente aparición de superficies rocosas en el área de playa, los escarpes en la duna y la destrucción de instalacio-

nes bajo la acción del oleaje constituyen los mejores indicios de la erosión que sufre la playa de Varadero en las últimas décadas.

Las investigaciones que realiza el Instituto de Oceanología de la A.C.C. desde 1978, demuestran que Varadero presenta en la actualidad una tendencia erosiva irreversible con una pérdida de arena promedio de 50.000 m³/año, (informe inédito IDO).

Entre las causas de la erosión se destacan:

1. La instalación de más de 150 casas y hoteles sobre la duna a lo largo de 5 km de playa en el llamado Varadero his-

(*) Licenciado en Geografía.

(**) Licenciado en Geografía.

(***) Licenciado en Física.

(****) Licenciado en Biología.

Instituto de Oceanología de la Academia de Ciencias de Cuba. Dpto. de Geología Marina.

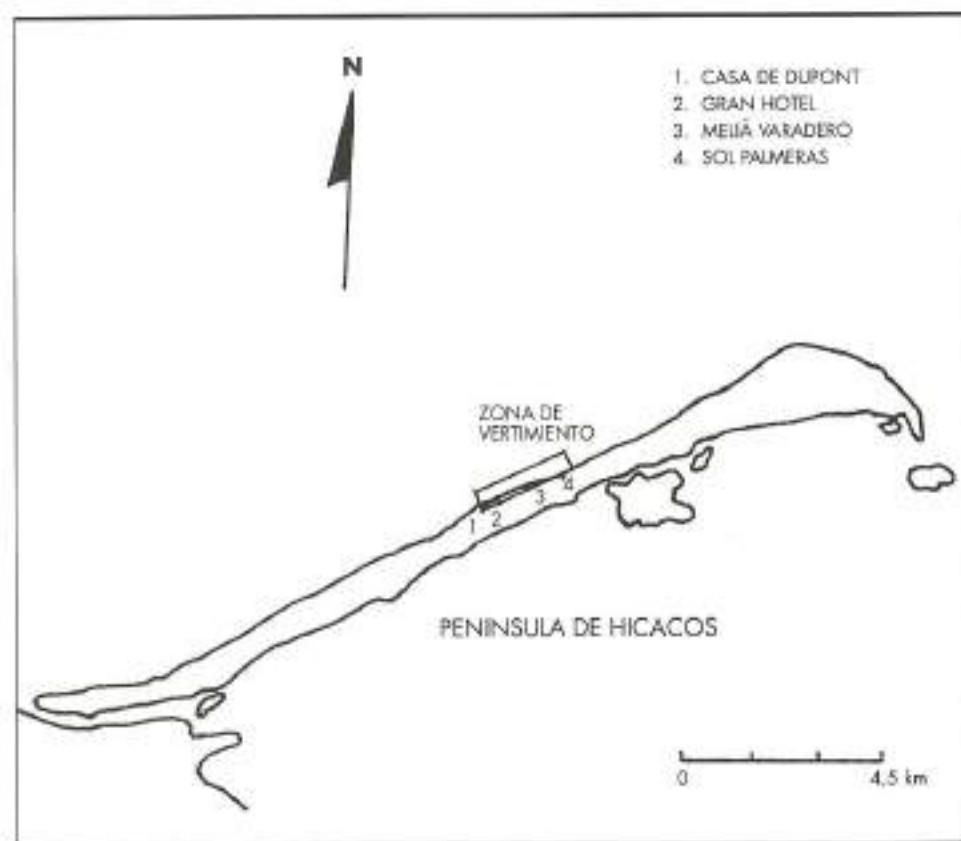


FIGURA 1. Ubicación de la zona de vertimiento.

tórico, lo que favorece la acción erosiva de las olas y corrientes durante los temporales extremos acelerando el proceso de pérdida de arena; así mismo impide el restablecimiento del perfil natural de la playa en el período de recuperación posterior a los temporales.

2. La extracción de 990.000 m³ de arena para la industria de la construcción entre 1968 y 1978 en áreas de la plataforma submarina, así como el volumen estimado de 1.000.000 de m³ antes de esa fecha, incluyendo extracciones en la duna. Esta práctica provocó la disminución de las reservas de arena en las fuentes de abastecimiento natural y daños no cuantificables a los ecosistemas productores del árido.

3. Los espigones de entrada del canal de Paso Malo que se proyectan en dirección al mar unos 110 m, desviando el transporte litoral de sedimentos hacia mayores profundidades, lo que se ve favorecido por la corriente de vaciante que se genera en el propio canal. A su vez los espigones atrapan parte del material transportado por la deriva litoral en dirección W, cortando el abastecimiento a la playa del sector Oasis-Canal.

4. La elevación del nivel del mar asociada a los cambios climáticos globales y el déficit en los aportes de las fuentes naturales inciden en los procesos de erosión de las playas cubanas al igual que en muchas playas del mundo, aunque por el momento la magnitud de estas afectaciones no parece comparable con las acciones directas del hombre.

Resulta comprensible que las actuaciones para solucionar los problemas de erosión se orienten a la eliminación de los factores que los generan y a la ejecución de trabajos para la recuperación de los sectores de playa erosionados.

Las medidas adoptadas en Varadero han estado dirigidas en ambas direcciones, por una parte con la suspensión de la extracción de arena, la adecuada localización de los nuevos hoteles por detrás de la duna y la eliminación de viejas instalaciones, y por otra con la ejecución de la alimentación artificial de arena que se aplica desde 1987.

A pesar de los esfuerzos que se realizan es evidente que los agentes erosivos que aún están presentes no pueden ser eliminados a corto plazo, por lo que los trabajos para contrarrestar sus efectos pasan a jugar un papel principal.

La selección de la alimentación artificial como técnica de avanzada para el mantenimiento de las playas naturales se hizo en base a sus reconocidas ventajas ecológicas y estéticas con respecto a otras técnicas.

Hasta la fecha se han ejecutado cinco campañas de vertimiento de arena mediante la utilización de la draga III Congreso de la Empresa de Obras Marítimas con un volumen total vertido de 688.000 m³.

Las mediciones de las variaciones de los volúmenes de arena en la playa, que han acompañado a cada vertimiento demuestran que los porcentajes de pérdida un año después de ejecutado el trabajo han sido inferiores al 25%, lo que constituyen resultados satisfactorios según la experiencia internacional (Leonard et al. 1990). En realidad, el evidente mejoramiento de las condiciones estéticas y recreacionales de la playa y la protección brindada a un número considerable de instalaciones turísticas ha sido la mejor demostración de la efectividad del método seleccionado. Para el año 1993 se prepara la 6ª campaña que alcanzará a un sector ubicado en la parte central de la península (figura 1) y en el que con las instalaciones del hotel Sol Palmeras, Meliá Varadero y

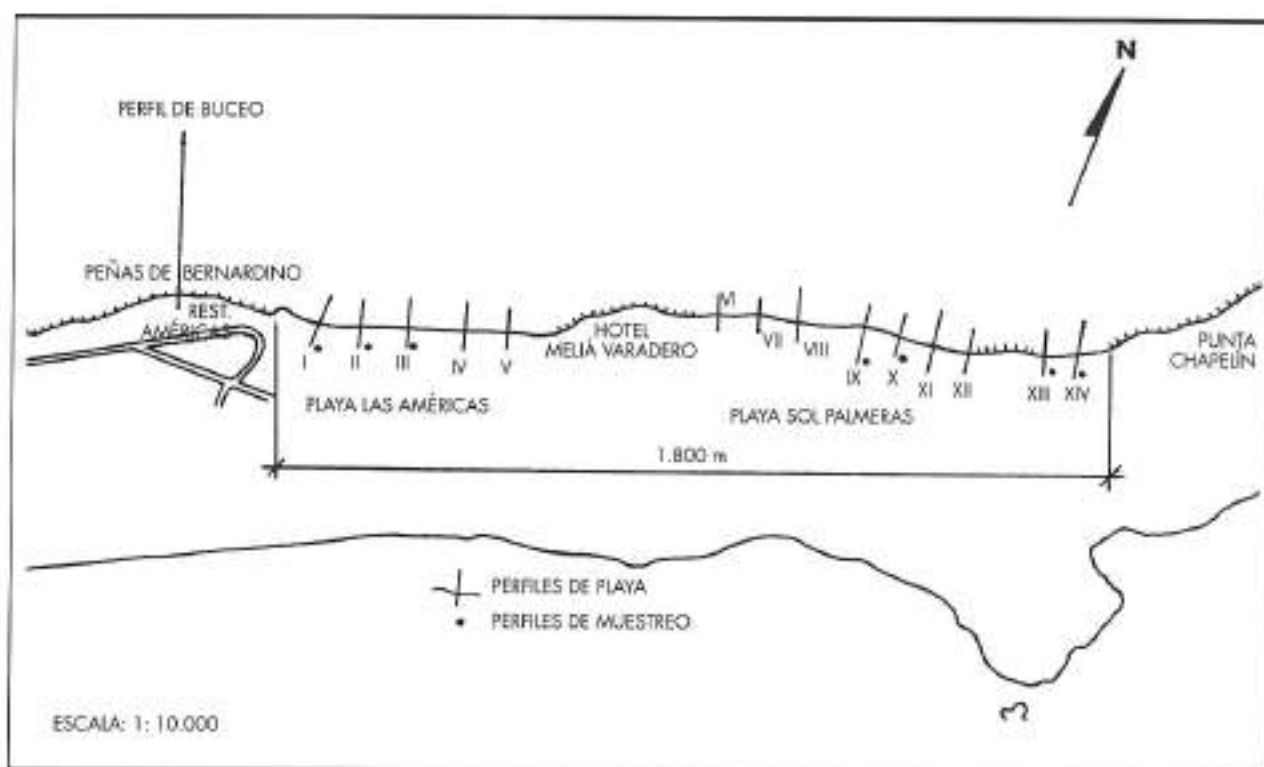


FIGURA 2. Sector de vertimiento.

Gran Hotel, se desarrolla uno de los complejos turísticos más importantes de Varadero.

Como se observa en la figura 2 el sector de interés presenta una longitud de 1.800 m y se encuentra delimitado por los acantilados de las Peñas de Bernardino (sobre el que fue construida la casa Dupont) y Punta Chapelín que aparecen como salientes rocosos con una altura de alrededor de 6 m en su parte central y una extensión aproximada de 800 y 500 m respectivamente.

A su vez el sector es dividido por otro saliente rocoso de 4 m de altura y unos 200 m de longitud, identificable en la actualidad por la presencia sobre él del hotel Meliá Varadero.

Entre este último acantilado y las Peñas de Bernardino se extiende a lo largo de 590 m la playa nombrada Las Américas (foto 1). El sector arenoso formado entre el macizo cársico del Meliá Varadero y Punta Chapelín es identificable en el presente proyecto como Sol Palmeras y se caracteriza por



FOTO 1. Playa Las Américas desde la casa de Dupont. Al fondo hotel Meliá Varadero.



FOTO 2. Playa Sol Palmeras desde Punta Chapelín. Al fondo hotel Meliá Varadero.



FOTOS 3 Y 4. Bungalow de Sol Palmera a 20 m por detrás de la duna con vegetación bien conservada.

una franja continua de 600 m y una pequeña playa de 150 m separada de la anterior por un nuevo macizo rocoso de menores dimensiones (foto 2).

Las playas del sector han sido de las menos antropizadas en Varadero a pesar del amplio plan inversionista que se desarrolla en el área. En el caso de Sol Palmeras los bungalows aparecen ubicados a una distancia entre 15 y 20 m por detrás de la duna y se conserva en buen estado la vegetación natural (fotos 3 y 4).

En la playa Las Américas es evidente que la vegetación de la duna ha sido alterada mediante la deforestación y con la plantación de casuarinas en su extremo W (foto 5 y 6).

Sin embargo, tanto en una playa como en la otra se observa el retroceso de los escarpes de erosión al pie de la duna y se amplían las superficies rocosas, indicios de la erosión presente en toda la península (fotos 7, 8, 9 y 10).

El control de las variaciones morfológicas del perfil de playa y del volumen de arena que se realiza desde 1978 en



FOTOS 5 Y 6. Playa Las Américas, Varadero, mayo 1993. Deforestación en la duna de Las Américas.

Las Américas demuestra que por encima de las variaciones estacionales que caracterizan el ciclo anual (figura 3), existe una tendencia erosiva en la evolución del perfil (figura 4).

El desarrollo de estos procesos erosivos comienza a afectar la explotación turística de estas playas, lo que justifica la aplicación de los vertimientos de arena concebidos para mantener las condiciones recreacionales y estéticas del sector.

El presente proyecto se ha elaborado con el objetivo de establecer los parámetros técnicos que regirán la ejecución de estos vertimientos.

DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE RELLENO

El cálculo inicial del volumen de relleno se hizo atendiendo a la tendencia erosiva del perfil en la playa Las Américas (figura 4). Sobre la base de la pérdida de arena en el perfil en



FOTOS 7 Y 8. Escarpes en la duna y afloramientos de superficies rocosas en Las Américas. Evidencias de erosión.

los 14 años de mediciones se obtuvo un ritmo de pérdida de $1,3 \text{ m}^3/\text{año}$. Considerando que el perfil es representativo de 1 m de longitud de playa, la pérdida ha sido de $1,3 \text{ m}^3/\text{m-año}$.

Si se acepta como objetivo del proyecto devolver a la playa la arena perdida en los últimos 20 años y considerando válido el ritmo de pérdida de $1,3 \text{ m}^3/\text{m-año}$, en ese período entonces se obtienen los cálculos que aparecen en la tabla 1 y que conducen a un volumen de 38.740 m^3 de relleno para todo el sector.

Debe señalarse que en la medición de la longitud de ambas playas fueron incluidas las áreas en las que afloraban en mayo de 1992 las superficies rocosas como resultado de la erosión.

Un segundo valor del volumen de relleno se calculó mediante la conformación de un perfil promedio de máxima acumulación para lo que fueron utilizados los registros históricos del perfil de máxima acumulación en cada año.



FOTOS 9 Y 10. Escarpes en la duna y afloramiento de superficies rocosas en Sal Palmeras. Evidencias de erosión.

La obtención de este perfil se hizo aceptando que el proyecto tuviera como objetivo no sólo devolverle a la playa el volumen de arena perdido en 20 años, sino además, propiciarle en el verano (época en la que se conforma de manera natural los perfiles de acumulación y en la que está planificada la ejecución de los vertimientos), un perfil de máxima acumulación con nivel medio aceptable.

En la figura 5 se muestra el perfil de mayo de 1992 con un volumen relativo de arena de 143 m^3 y el perfil

promedio de máxima acumulación con un volumen de 188 m^3 . La diferencia de 44 m^3 que existe entre esos valores indica la cifra de relleno por metro lineal de playa lo que conduce a un volumen total de relleno para el sector de 65.938 m^3 .

En este caso debe aclararse que se tomó de referencia el perfil de mayo de 1992 teniendo en cuenta que este mes marca el inicio del período de acumulación natural de la arena según su ciclo anual (Juanes et. al. 1985). Puede espe-

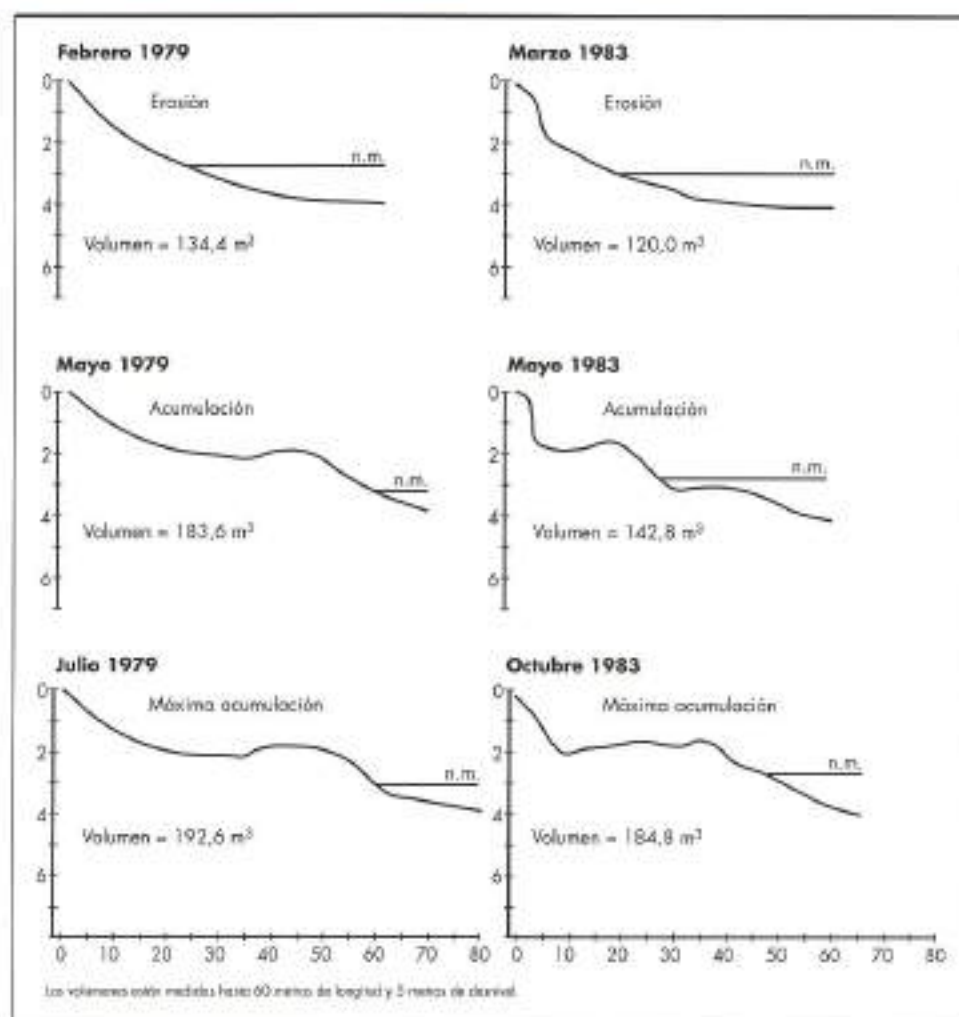


FIGURA 3. Variaciones estacionales del perfil de Las Américas.

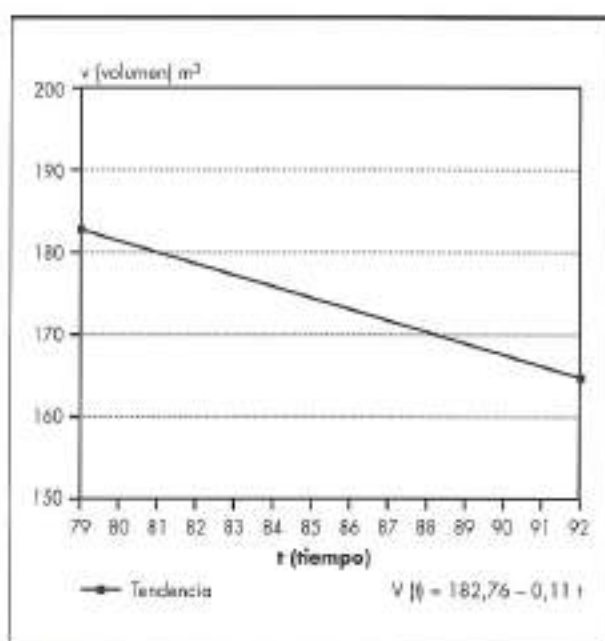


FIGURA 4. Tendencia erosiva. Playa Las Américas.

Pérdida de arena por año = 1,3 m ³ /m Pérdida de arena en 20 años = 26 m ³ /m		
	LAS AMÉRICAS	SOL PALMERAS
LONG. DE PLAYA (m)	590	900
PÉRDIDA TOTAL/AÑO	767	1.170
PÉRDIDA EN 20 AÑOS	9.971	15.212
VOLUMEN DE RELLENO: 38.740 m ³		

TABLA 1. Volumen de relleno atendiendo a la tendencia erosiva.

rase que el volumen de arena de toda el sector en mayo de 1993 sea similar al de mayo de 1992. En cualquier caso el valor podrá ser reajustado con el monitoreo que se realice previo al vertimiento.

Como demuestran los cálculos, el relleno necesario para la conformación de un perfil de máxima acumulación ha sido mayor al estimado para compensar las pérdidas en 20 años según la tendencia erosiva; resultando un valor que satisface ambas exigencias.

La última variante del cálculo de relleno se hizo atendiendo a la necesidad de área de sol que demanda la capaci-

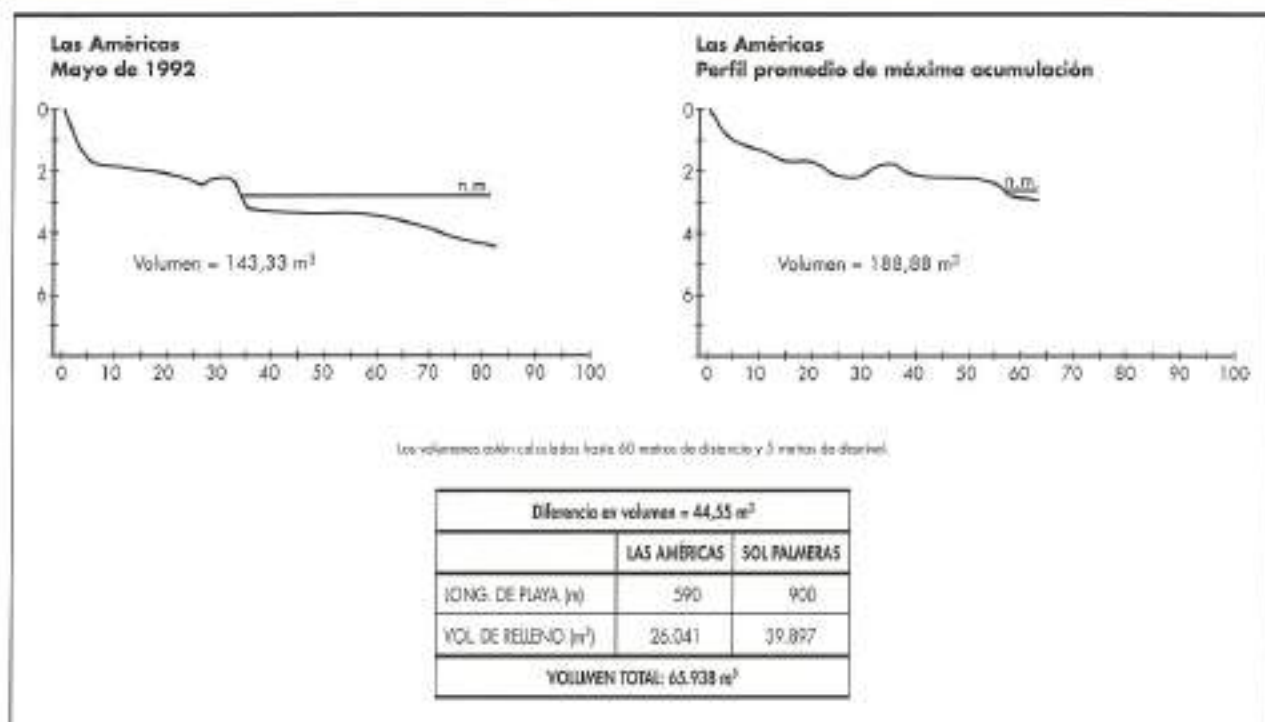


FIGURA 5. Volumen de relleno atendiendo a la conformación de un perfil promedio de máxima acumulación.

dad habitacional del complejo turístico que se desarrolla en el sector (tabla 2).

Asumiendo una norma de 10 m² por turista (propuesta para hoteles de alta categoría según el Shore Protection Manual), se procedió a determinar el área de sol necesaria, que fue de 29.940 m². La superficie de sol existente en marzo de 1992 fue de 14.964 m² y se determinó promediando el ancho

de la postplaya de los perfiles que aparecen en la figura 6 y cuya distribución a largo del sector se representa en la figura 2. La diferencia obtenida fue de 14.976 m² indicando la extensión de superficie que debe ser creada por los vertimientos de arena.

Considerando la redistribución del material que se produce a lo largo del perfil de playa, incluida la pendiente sub-

ÁREA DE SOL NECESARIA			ÁREA DE SOL ACTUAL	
Norma de área por turista: 10 m² (Shore Protection Manual)			Levantamiento de mayo de 1992	
HOTELES	CAPACIDAD DE TURISTAS	ÁREA NECESARIA (m²)	PLAYA	ÁREA (m²)
SOL PALMERAS	1.256	12.560	LAS AMÉRICAS	7.316
MELIÁ VARADERO	980	9.800	SOL PALMERAS	7.648
GRAN HOTEL	658	6.580	TOTAL	14.964
TOTAL	2.994	29.940		

DÉFICIT DE ÁREA DE SOL: 14.976 m² ASUMIENDO UNA NORMA DE 8 m²/m² (Shore Protection Manual) VOLUMEN DE RELLENO: 119.808 m³ ASUMIENDO UNA OCUPACIÓN AL 80% DE LAS INSTALACIONES VOLUMEN DE RELLENO: 35.040 m³

TABLA 2. Volumen de relleno atendiendo a la capacidad hotelera.

marina durante la operación de los vertimientos, se ha establecido empíricamente la norma de 8 m³ de arena de relleno por m² de superficie a crear (Shore Protection Manual 1984).

Como se aprecia en la misma tabla 2 en base a esta consideración se llega al cálculo de un volumen de relleno de 119.808 m³.

Aceptando una ocupación hotelera del 80%, el volumen puede ser proporcionalmente reducido a una cifra de 95.846 m³.

De esta manera, el valor obtenido atendiendo a la capacidad hotelera ha resultado superior a los estimados anteriores satisfaciendo tanto las exigencias proteccionistas como turísticas, aunque el volumen definitivo deberá ser ajustado teniendo en cuenta las características de la composición granulométrica de la arena nativa y la arena introducida, lo que se hace en el apartado 4.

CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE PRÉSTAMO. (CUENCA DE MONO)

La cuenca de mono constituye el depósito natural de arena que se localiza al sur de cayo Mono, situado a unos 9 km al NE del extremo de la península de Hicacos (figura 7). A los efectos de los trabajos de alimentación artificial de arena en Varadero el área de explotación de la cuenca ha sido acotado por las coordenadas:

x = 490 400	x = 491 400
y = 380 500	y = 380 500
x = 490 400	x = 491 400
y = 479 700	y = 379 300

Su extensión es de 0,8 km² y su profundidad oscila entre 8 y 12 m resultando una superficie arenosa con espesores superiores a 2 m. Estas características físicas de la cuenca de Mono garantizan las condiciones apropiadas para la maniobrabilidad y óptima explotación de la draga de succión en marcha III Congreso de la Empresa de Obras Marítimas empleada en estos trabajos en las campañas anteriores.

La cuenca de Mono ha sido utilizada como zona de préstamo desde el inicio de los trabajos de alimentación artificial en 1987 y los volúmenes extraídos hasta la fecha han sido los siguientes:

AÑO	VOLUMEN (m ³)
1987	50.000
1988	61.000
1990	204.000
1991	195.000
1992	178.000
TOTAL	688.000

El cálculo de volumen de arena efectuado por el Instituto Cubano de Hidrografía de la Marina de Guerra Revolucionaria en 1989, sobre la base del levantamiento geofísico del área a escala 1:2.000, asegura valores por encima de los 2.000.000 de m³ lo que garantiza la reserva para los proyectos de vertimientos en varios años.

Este banco de arena se forma mediante la acumulación del sedimento transportado desde las áreas de producción biogénica en aguas de menor profundidad y retenida en la

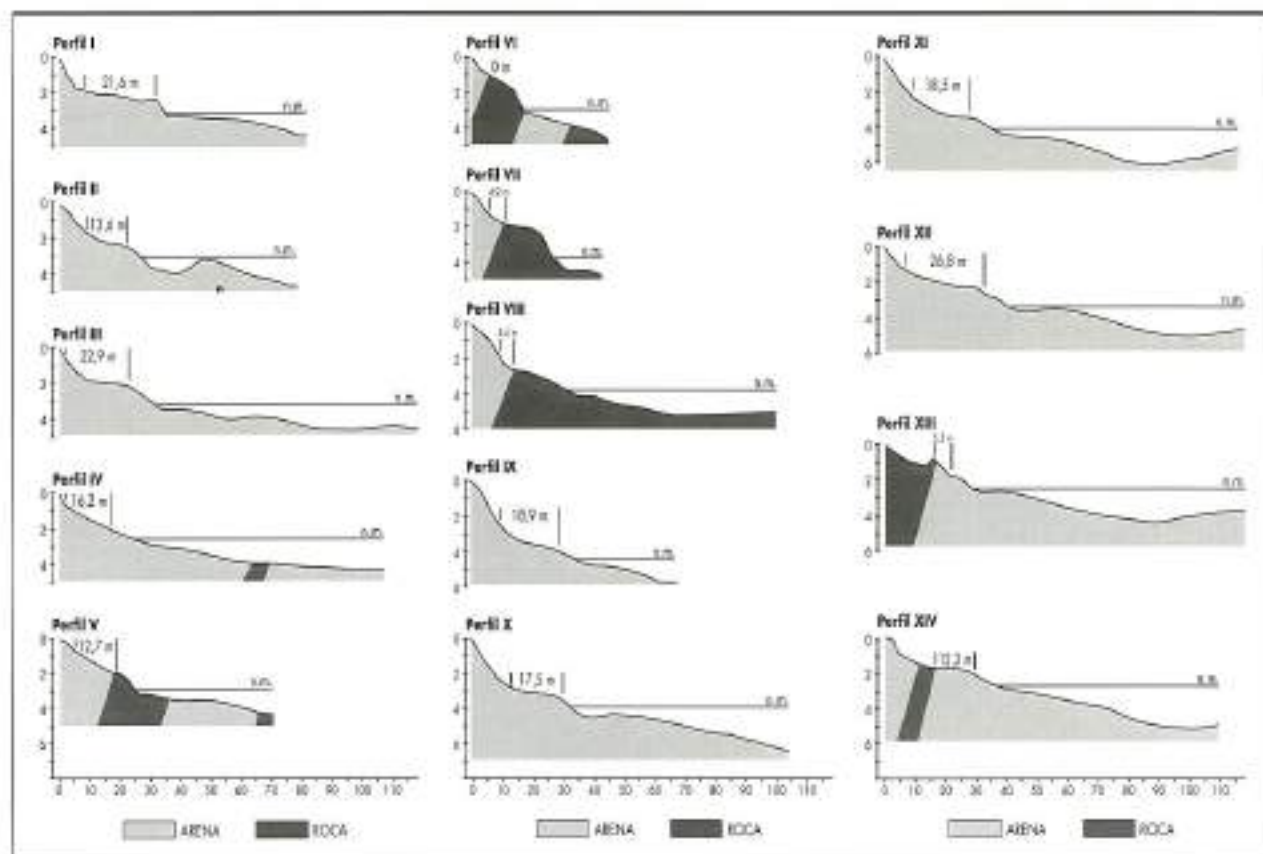


FIGURA 6. Perfiles de playa en el sector de vertimiento.

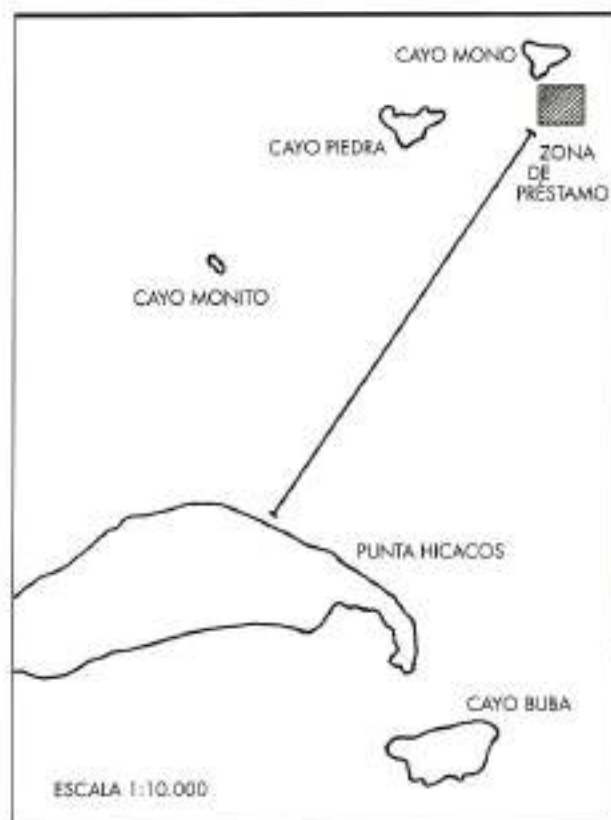


FIGURA 7. Ubicación de la zona de préstamo.

zona por la presencia de la barrera arrecifal de la cual forma parte el propio cayo.

Un muestreo preliminar de los organismos bentónicos presentes en la cuenca y en sus proximidades, apoyado por numerosas observaciones de buceo demuestra que en la

cuenca las algas calcáreas prácticamente no existen con una biomasa promedio para 9 estaciones (figura 8) de sólo $0,30 \text{ g/m}^2$. Los moluscos aparecen con mayor abundancia alcanzando densidades entre 9 y 12 organismos mayores de 2 cm por m^2 de fondo.

Sin embargo en el muestreo realizado a unos 100 m al SW del área de préstamo se obtuvo una biomasa predominante de algas calcáreas de 98 g por m^2 con la ausencia total de moluscos.

Si se tiene en cuenta que los mayores porcentajes de la composición de la arena de la cuenca están dados por fragmentos del alga *Halimeda* (tabla 3) prácticamente ausente en el área, se hace evidente el transporte de arena que se produce desde las zonas aledañas mucho más pobladas por estas algas.

Esto significa que la arena de la cuenca es renovada en alguna medida, aspecto que deberá ser investigado con mayor profundidad. Los resultados descritos indican que la extracción de la cuenca se hace sobre áreas relativamente poco pobladas, pero que un desplazamiento hacia el sur provocaría la destrucción de fondos con una mayor cobertura de organismos bentónicos donde abundan las algas calcáreas, lo que a largo plazo afectaría la producción natural de la arena.

IDONEIDAD DE LA ARENA EMPLEADA. AJUSTE DEL VOLUMEN DEL PROYECTO SEGÚN EL FACTOR DE SOBRERRELLENO R_d .

La valoración de la idoneidad de la arena a emplear en el relleno de las playas de Sol Palmeras y Las Américas se hizo atendiendo a las características granulométricas y composicionales de la arena nativa y la arena introducida.

Siguiendo la metodología de Hands y Hansen (Shore Protection Manual 1984) se procedió a la obtención de una muestra tipo para cada playa (arena nativa) y otra para la zona de préstamo (arena introducida).

En Las Américas se tomaron muestras en las anteplayas de los perfiles I y II y en 7 puntos a lo largo del perfil III, según se muestra en la figura 9.

En Sol Palmeras las anteplayas fueron muestreadas en VI, IX, XV y en el perfil X se repitió el muestreo completo.

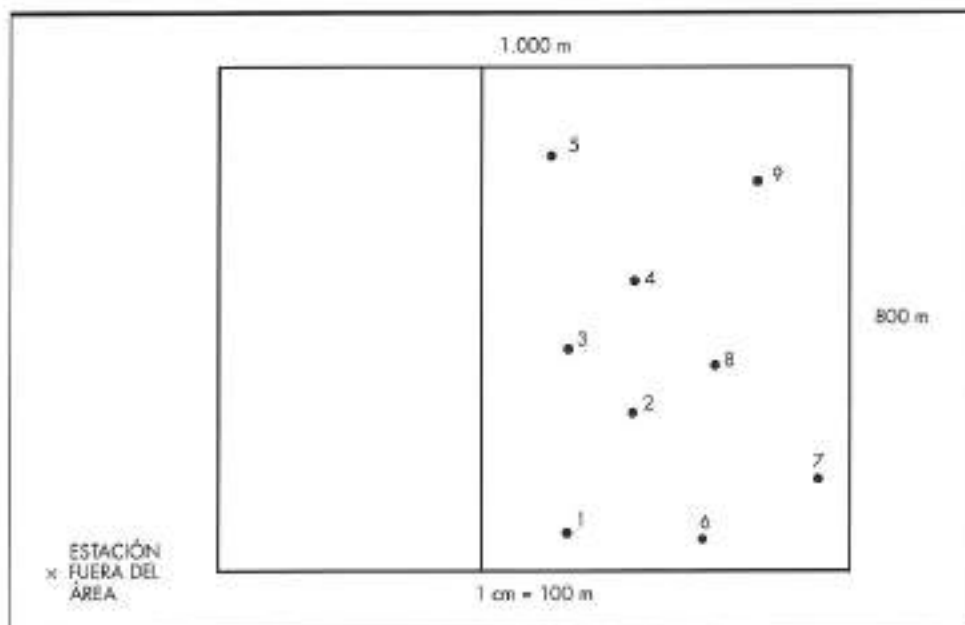


FIGURA 8. Estaciones de muestreo del Benthos en la zona de préstamo.

	ARENA NATIVA	ARENA INTRODUCIDA
ALGAS CALCÁREAS	40%	41%
MOLUSCOS	20%	28%
FORAMINÍFEROS	25%	23%

TABLA 3. Principales componentes de la arena nativa e introducida.

En las tablas 4 y 5 aparecen los pesos por fracciones granulométricas de las muestras obtenidas en cada playa; el promedio para cada fracción permitió la confección de la distribución de las muestras tipo a las que se les determinó el diámetro medio en milímetros (M) y en unidades ϕ ($M\phi$), así como el coeficiente de selección So , la desviación estándar en ϕ ($\sigma\phi$) y los percentiles ϕ_{16} y ϕ_{84} . La media M y el So se calcularon mediante métodos numéricos, mientras que los parámetros en unidades ϕ se determinaron gráficamente.

En el caso de la arena introducida se determinaron muestras tipo para los muestreos realizados en la zona de préstamo (Cuenca de Mono) en agosto de 1989, julio de 1991 y mayo de 1992. Teniendo en cuenta que la arena transportada por la draga es la que realmente se utiliza de relleno, se entendió conveniente obtener una muestra tipo para cada una de las campañas de vertimientos anteriores, empleando las muestras que se tomaron directamente en la cámara de la embarcación. En todos los casos, el procedimiento seguido fue similar al utilizado para la obtención de la muestra tipo de la arena nativa.

La comparación de las características granulométricas de la arena nativa y la introducida que aparecen sintetizadas en la tabla 6, pone en evidencia que en todos los casos la arena de Sol Palmeras presente un grano más fino que el de la cuenca de mono mientras que en la playa Las Américas aparece un material similar al de la zona de préstamo.

Para obtener una valoración cuantitativa de estas diferencias y reajustar el volumen del proyecto, se procedió a la determinación del factor de sobrellenado Ra según la meto-

MUESTRAS	PESO EN GRANOS/FRACCIONES GRANULOMÉTRICAS (mm)					
	.50 - .125	.125 - .25	.25 - .5	.5 - 1.0	1.0 - 2.0	2.0 - 4.0
1	0,00	52,00	41,00	5,00	0,01	0,01
2	0,00	37,00	43,00	16,00	2,00	1,00
3	0,00	42,00	38,00	14,00	2,00	3,00
4	0,00	45,00	38,00	12,00	3,00	1,00
5	0,00	29,00	41,00	22,00	4,00	2,00
6	0,00	14,00	30,00	50,00	3,00	1,00
7	0,00	50,00	30,00	15,00	3,00	1,00
8	1,00	12,00	46,00	35,00	4,00	1,00
9	0,00	31,00	54,00	12,00	1,00	1,00
Σ	1,00	312,00	361,00	181,00	22,01	11,01
Σ/Σ	0,11	34,67	40,11	20,11	2,45	1,22
ACUMULADO	98,78	98,67	63,89	23,78	3,67	1,22
UNIDADES ϕ	4.25 - 3.0	3.0 - 2.0	2.0 - 1.0	1.0 - 0.0	0.0 - -1.0	-1.0 - -2.0
$M (mm) = 0.30$ $So = 1.61$ $M\phi = 1.68$ $\sigma\phi = 0.8$						
MUESTRA	LUGAR		MUESTRA	LUGAR		
1	P11 Postplaya		6	P11 Segundo valle		
2	P11 Anteplaya		7	P11 Segundo barra		
3	P11 Inflexión		8	P1 Anteplaya		
4	P11 Primer valle		9	P1 Anteplaya		
5	P11 Primer barra					

TABLA 4. Determinación de la muestra tipo de la arena nativa (Playa Las Américas).

dología propuesta por Jones 1975 que aparece en el Shore Protection Manual (1984) y en el manual Artificial Beach Nourishment (report 30, 1990).

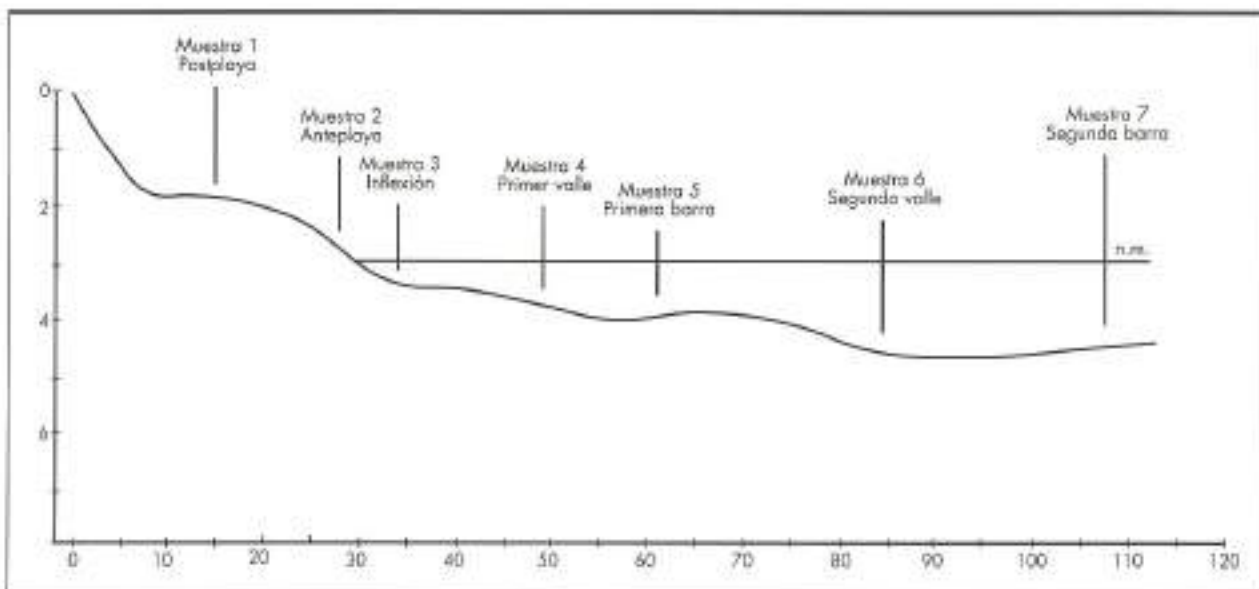


FIGURA 9. Puntos de muestreo, Playa Las Américas.

MUESTRAS	PESO EN GRANOS/FRACCIONES GRANULOMÉTRICAS (mm)					
	.50 - .125	.125 - .35	.35 - .5	.5 - 1.0	1.0 - 2.0	2.0 - 4.0
10	1,50	70,00	26,00	1,00	0,50	0,00
11	1,00	64,00	24,00	4,50	2,00	2,50
12	0,00	60,00	31,00	3,00	2,00	2,00
13	0,00	69,00	23,00	5,00	2,00	0,00
14	0,00	68,00	24,00	5,00	2,00	0,00
15	0,00	64,00	28,00	5,00	2,00	0,00
16	1,00	49,00	35,00	10,00	2,00	2,00
17	0,50	62,00	22,00	12,00	0,50	2,00
18	2,00	70,00	19,00	4,00	1,00	2,00
19	1,00	59,00	31,00	6,00	1,00	0,00
Σ	7,00	635,00	263,00	55,50	15,00	10,50
$\Sigma/10$	0,70	63,50	26,30	5,55	1,50	1,05
ACUMULADO	98,50	97,90	34,40	8,10	2,55	1,05
UNIDADES- Φ	4,25 - 3,0	3,0 - 2,0	2,0 - 1,0	1,0 - 0,0	0,0 - -1,0	-1,0 - -2,0
$M (mm) = 0,20 \quad S_d = 1,53 \quad M_d = 2,15 \quad D_{\phi} = 0,50$						
MUESTRA	LUGAR		MUESTRA	LUGAR		
10	PXI Antepuerto		15	PX Primer valle		
11	PX Antepuerto		16	PX Primer barra		
12	PX Postplaya		17	PX Segundo valle		
13	PX Antepuerto		18	PX Segundo barra		
14	PX Inlección		19	PXII Antepuerto		

TABLA 5. Determinación de la muestra tipo de la arena nativa (Playa Sol Palmeras).

El valor de R_a constituye el número por el cual debe ser multiplicado el volumen de relleno del proyecto con el objetivo de compensar las pérdidas previsible atendiendo a las diferencias granulométricas entre la arena nativa y la arena introducida.

Como se observa en la figura 10 en la playa de Sol Palmeras, el factor R_a obtenido para todas las muestras tipo de la arena introducida se mantiene con valores bajos, indicando la alta estabilidad que presenta el material de relleno.

En el caso de la playa Las Américas (figura 11), los valores de R_a también se ubican en la parte del gráfico correspondiente a la arena estable, excepto el obtenido para el muestreo de agosto de 1989. Nótese que es el único caso en el que el diámetro medio de la arena introducida es apreciablemente inferior al de la arena nativa. Si se tiene en cuenta que la draga ha operado sólo en un sector del área de préstamo propuesta originalmente, resulta recomendable basarse en los muestreos realizados en los viajes de la draga para la obtención del factor de sobrerrelleno R_a . Con este criterio se promediaron los valores de R_a obtenidos con referencia a los viajes de la draga para ambas playas, estableciéndose el factor de 1,04 (tabla 7).

El ajuste del volumen del proyecto conduce a una cantidad final de 99.680 m³ que puede ser redondeado a 100.000 m³.

De cualquier modo la ejecución del proyecto deberá estar precedida del muestreo directo en el área de extracción con el objetivo de garantizar el cumplimiento de los parámetros establecidos para la arena de relleno.

	M (mm)	S _d	TIPO DE MATERIAL	CLASIFICACIÓN	M _d
ARENA NATIVA					
P. SOL PALMERAS	0,20	1,53	ARENA FINA	BUENA	2,15
P. LAS AMÉRICAS	0,33	1,61	ARENA MEDIA	BUENA	1,68
ARENA INTRODUCIDA					
CUENCA MONO 1	0,26	1,63	ARENA MEDIA	BUENA	1,92
CUENCA MONO 2	0,41	1,74	ARENA MEDIA	BUENA	1,27
CUENCA MONO 3	0,57	1,74	ARENA GRUESA	BUENA	0,85
VIAJE DRAGA 1	0,56	2,31	ARENA GRUESA	BUENA	0,85
VIAJE DRAGA 2	0,44	1,68	ARENA MEDIA	BUENA	1,17
VIAJE DRAGA 3	0,33	1,57	ARENA MEDIA	BUENA	1,65
VIAJE DRAGA 4	0,35	1,54	ARENA MEDIA	BUENA	1,55
M (mm): Medio del diámetro de los partículas en mm. S _d : Medio de dispersión de los diámetros de los partículas. M _d : Mediana en unidades ϕ obtenida gráficamente.					

TABLA 6. Clasificación Granulométrica de las muestras tipo. (Según Besukov y Lisitsyn, (1960)).

En cuanto a las características composicionales de la arena nativa y la arena introducida los resultados de la tabla 3 demuestran que ambas están formadas por fragmentos calcáreos de organismos bentónicos en porcentajes similares.

La determinación de la composición de la arena se hizo mediante el análisis al microscopio de las muestras obtenidas en ambas playas y en los viajes de la draga.

La similitud en la composición entre la arena de las playas y de la zona de préstamo resulta fundamental para garantizar la conservación del color de la arena, y en general sus propiedades mecánicas como angulosidad, porosidad y plasticidad entre otros, aspecto éste que constituye una exigencia más de los proyectos de regeneración de playas.

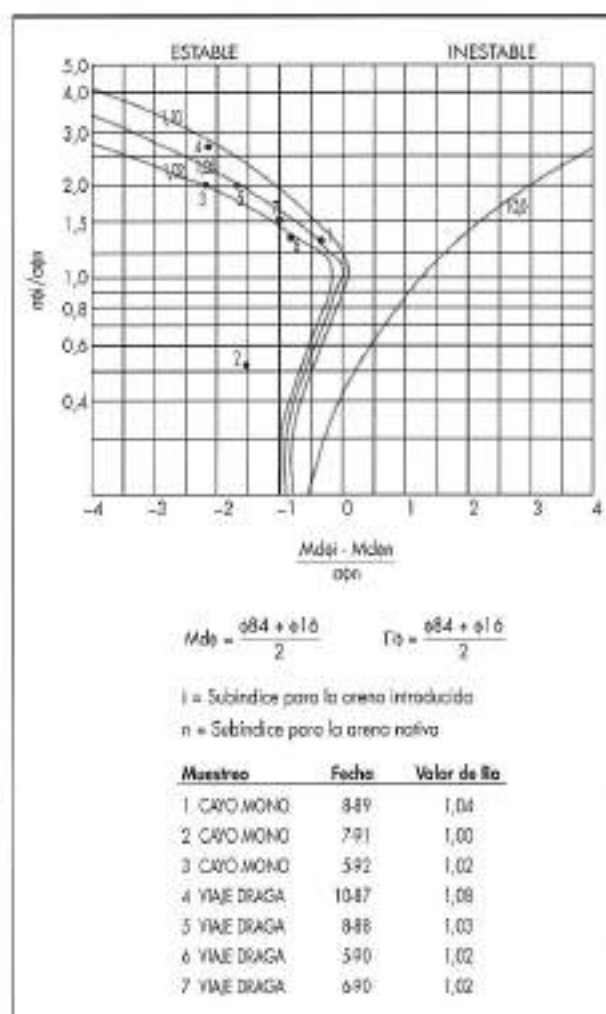
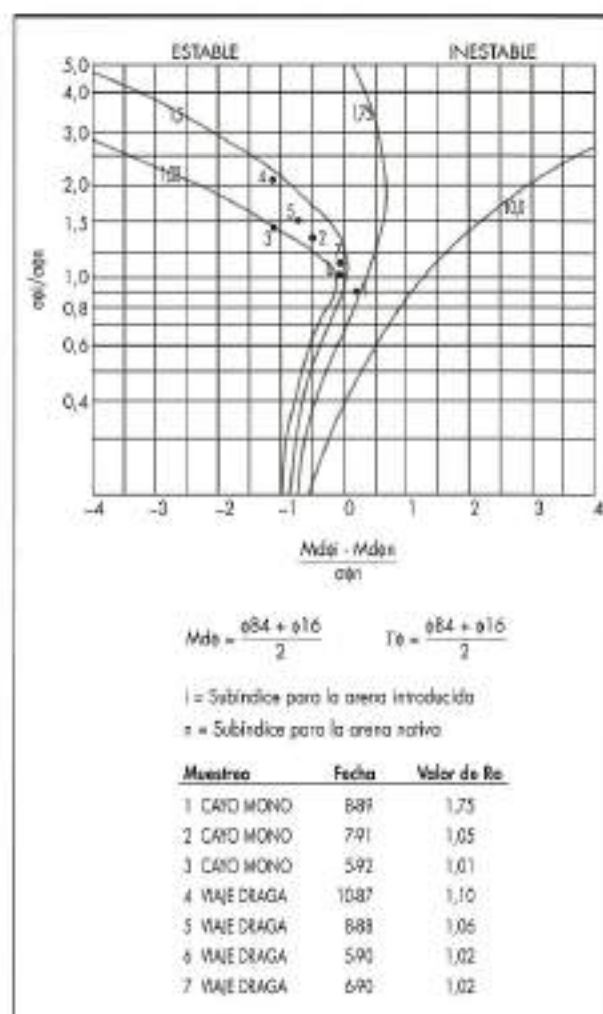
FORMA DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO

En los trabajos de alimentación artificial de arena en Varadero se ha empleado con éxito la draga de succión en marcha III Congreso de la empresa de Obras Marítimas.

La descarga de la arena se realiza a través de una tubería de 400 m de longitud y 700 mm de diámetro acoplada a la plataforma flotante a la que se atraca la draga para conectarse al sistema de la tubería. En la playa la arena es lanzada una distancia de 20 m hasta la berma por medio de un cañón especialmente diseñado para este trabajo.

	PLAYAS	VIAJES DE LA DRAGA			
		10-87	8-88	5-90	6-90
R _a	SOL PALMERAS	1,08	1,03	1,02	1,02
	LAS AMÉRICAS	1,10	1,06	1,02	1,02
R _a seleccionada: 1,04 Volumen de relleno: 94.076 m ³ Volumen propuesto para el proyecto: 100.000 ³					

 TABLA 7. Selección del factor de sobrerrelleno R_a .


 FIGURA 10. Determinación gráfica del factor de sobrerrellenado R_0 (Sal Palmeras).

 FIGURA 11. Determinación gráfica del factor de sobrerrellenado R_0 (Las Américas).

Dos bulldozers situados en la playa y un remolcador auxiliar son los equipos adicionales que se emplean para el traslado del sistema plataforma-tubería-cañón según se realiza el vertimiento de arena a lo largo de la playa.

Con un relleno promedio de 50 m³ por metro lineal se distribuye la arena de E a W en la dirección de la deriva litoral.

Atendiendo a la experiencia alcanzada hasta la fecha la draga realiza 3 viajes diarios como promedio con una carga de 2.200 m³ por viaje lo que representa un volumen diario de vertimiento de 6.600 m³ y un tiempo de trabajo total de 16 días.

Los vertimientos deberán ejecutarse en el período comprendido entre mayo y agosto, aprovechando las favorables condiciones meteorológicas de estos meses.

La draga III Congreso trabaja continuamente las 24 horas con un gasto de combustible diesel de 10 toneladas diarias, lo que representa un gasto de 160 toneladas en este proyecto. El costo de ejecución del proyecto atendiendo al precio actual de 4 pesos el m³ de arena asciende a 400.000 pesos.

La contratación de la draga y el apoyo de los trabajos en tierra corren a cargo de la empresa ARENTUR de Varadero

la cual, con su personal técnico y la Dirección de Desarrollo del INTUR realizan la supervisión del proyecto. Las investigaciones para el control de los parámetros técnicos del proyecto y el monitoreo para la evaluación de la efectividad del vertimiento lo realizan el Instituto de Oceanología de la ACC y el laboratorio costero de la ACC en Varadero.

BIBLIOGRAFÍA

- Tendencia erosiva de la playa de Varadero*. 1992. (Informe inédito. Instituto de Oceanología de la ACC).
- A Comparison of beach replenishment on the U.S. Atlantic, Pacific and Gulf Coast*. 1990. Lynn A. Leonard, Cathaline L. Dixon and Orrin H. Pilkey. *Journal of Coastal Research*. N° 6.
- Dinámica de los Sedimentos en la Península de Hicacos, Cuba. I Variaciones morfológicas del perfil de playa*. 1985. José L. Juanes, Elías Ramírez y V. S. Medvediev. *Ciencias de la Tierra y el Espacio*. N° 10.
- Shore Protection Manual*, 1984. Department of the Army Corps of Engineers. U.S.
- Manual on Artificial Beach Nourishment*. 1990. Center for Civil Engineering Research, Codes and Specifications. *Delft Hydraulics*. Report 130.

SANEAMIENTO Y DEPURACION



SERVICIOS

- Planes de saneamiento municipales y supramunicipales.
- Caracterización, control y seguimiento de vertidos (urbanos e industriales), auditorías de vertidos, etc.
- Estudios y Proyectos de redes de saneamiento, colectores, interceptores y emisarios terrestres y submarinos.
- Estudios sobre alternativas de depuración.
- Proyectos de ETAPS y EDARS urbanas e industriales.
- Asistencias Técnicas para Control y Vigilancia de Obras de Saneamientos, EDARS y ETAPS.
- Diagnósticos de control y seguimiento de explotación ETAPS Y EDARS.
- Estudios específicos sobre la calidad de las aguas en ríos y embalses, estudios de eutrofización de embalses, etc.



REFERENCIAS MAS SIGNIFICATIVAS

- Planes de saneamiento de las cuencas de los ríos Francolí y Henares, de Andalucía Occidental, de las cuencas intercomunitarias de Galicia, etc.
- Plan de medidas correctoras de las cuencas de los ríos Tinto y Odiel (Huelva).
- Control y Seguimiento de vertidos urbanos e industriales en la Cuenca Hidrográfica del río Tago. Años 1993 y 1994.
- Estudios de los objetivos de calidad del río Tago.
- Proyectos constructivos de las EDARS de Teruel, Lérida, Barbastro, Fraga, Binéfar, Graus, Tamarite de la Litera, Monzón, Sariñena, Almuñécar, Puerto de Sta. Maria, Delta del Ebro, Vegadeo, Alcalá de Guadaira, Ibiza, Murcia...
- Proyectos constructivos de colectores de saneamiento en Cambrils, Salou, Tarragona, Polígono Industrial San Fernando, Figueras, Badalona, L'Ampolla, etc.
- Proyectos de emisarios submarinos de Salou y Tarragona.
- Control y Vigilancia de las obras de construcción de las EDARS de Granollers, Montornés, Sta Coloma, La Bisbal, S. Carles de la Rápita, Pals, etc.
- Estudio de reutilización en el área metropolitana de Barcelona.

INFORMES Y PROYECTOS, S.A.,
es una empresa de Ingeniería y Consultoría
con más de 25 años de experiencia en los campos
de la Ingeniería Civil, Industrial, Energética,
Agronómica, de Recursos Naturales
y de Tratamiento de Residuos.

General Díaz Porlier, 46 - 28001 MADRID Tel. (91) 402 65 04 - 402 50 12 Fax (91) 402 13 61
Plaza Fernando Lesseps, 33 - 08023 BARCELONA Tel. (93) 415 00 17 Fax (93) 216 65 35
DELEGACIONES EN ANDALUCIA, ARAGON, ASTURIAS, GALICIA, MURCIA Y VALENCIA



SEÑAL DE SEGURIDAD



Cuando se encuentre con este aviso en la carretera, tómelo como una "señal de seguridad", porque está demostrado que la pintura de resaltes en los bordes del arcén puede evitar una posible salida de la calzada gracias al sonido y ligera vibración que usted sentirá cuando la rueda de su coche pise la banda del arcén. Además estos mismos resaltes favorecen una mayor visibilidad de los límites de la carretera tanto de día como de noche y sobre todo en caso de lluvia. Ya que la discontinuidad del dibujo y los propios resaltes facilitan un perfecto drenaje y adherencia.

Esta es la aportación con la que **Pinturas Jaque** está contribuyendo, desde hace más de tres años, a mejorar la Seguridad Vial.

