

III. Proyecto y Cálculo

**VARIABILIDAD DE LOS PERFILES DE  
PLAYA: FORMA Y DISTRIBUCIÓN  
GRANULOMÉTRICA**

**Raúl Medina, Iñigo Losada, Miguel A. Losada y César Vidal**

Grupo de Ingeniería Oceanográfica y de Costas. Universidad de Cantabria  
Dpto. de Ciencias y Técnicas del Agua y del Medio Ambiente  
E.T.S. Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Avda. de los Castres, s/n. 39005  
Santander  
Tfno.: 942 / 20.18.10 ; Fax: 942 / 20.18.60

**RESUMEN:** Las playas no son elementos estáticos de la costa sino que cambian su forma en planta y perfil a lo largo del tiempo. Estos cambios de forma, conllevan un transporte de arena que origina, a su vez, variaciones en la distribución granulométrica del material que conforma la playa. El presente trabajo se centra en la variabilidad de los perfiles de playa tanto en lo que se refiere a su forma como a su distribución granulométrica. El análisis se efectúa con base en datos medidos en varias playas del litoral español. Las playas elegidas reflejan diferentes situaciones usuales en nuestro litoral: playa de perfil de arena completo, playa de perfil de arena que intersecta al lecho rocoso, playa con segregación de material (finos/gruesos) a lo largo del perfil y playa en concha donde existe una fuerte interacción planta-perfil.

**INTRODUCCIÓN**

Una característica de las playas, conocida por cualquier observador que se haya acercado a las mismas, es que éstas no se mantienen fijas en una posición sino que cambian su configuración, perfil y planta, a lo largo del tiempo. Este continuo cambio de forma, que denominaremos variabilidad, conlleva, además, modificaciones en la distribución granulométrica de los sedimentos que la componen.

El origen de la variabilidad de una playa se encuentra en la propia génesis de la misma. En efecto, la configuración de una playa surge como resultado de la interacción de las dinámicas actuantes (oleaje, viento, marea...) con los contornos existentes (batimetría, costa...) y la arena disponible. Si una playa con un tamaño de grano concreto, es sometida a una sollicitación o dinámica actuante constante, desarrollará una configuración (planta y perfil) que no evolucionará en el tiempo. La configuración alcanzada suele denominarse "configuración de equilibrio", existiendo diversas

formulaciones que permiten estimar el perfil de equilibrio (por ejemplo, Dean 1977; Vellinga 1982; Larson 1991), o la forma en planta de equilibrio (por ejemplo, Silvester 1970; Garau 1979; Hsu y Evans 1989).

Evidentemente una configuración tal y como se describe en el párrafo anterior solo puede ser obtenida en un laboratorio donde se puede fijar la sollicitación incidente. En la naturaleza, la variación del nivel del mar y del oleaje es constante y, consecuentemente, una configuración de equilibrio en sentido estricto, no existe nunca. No obstante, dado que las variaciones de los diferentes agentes (oleaje, marea...) están acotadas y presentan cierta cadencia, también lo estará la variabilidad de las playas, pudiéndose admitir en la naturaleza la existencia de una situación modal o de equilibrio que sufre variaciones en función del clima marítimo existente.

El presente trabajo se centra en el análisis de la variabilidad de los perfiles de playa, tanto en lo que

## **VARIABILIDAD DE LOS PERFILES DE PLAYA**

se refiere a su configuración o forma, como a su distribución granulométrica. El análisis se efectuará con base en datos medidos en diferentes playas del litoral español.

Es importante señalar en este punto, que la separación de la playa en perfil y planta se realiza con base en la hipótesis de que el transporte de arena y, consecuentemente los cambios ocurridos, pueden descomponerse en dos modos o direcciones ortogonales, es decir, independientes entre sí, que denominamos transporte transversal y longitudinal. Si esta hipótesis es correcta, el estudio de una playa puede realizarse analizándose por separado su perfil y su planta. Si no lo es, habrá que tener en cuenta las interacciones entre ambos tipos de transporte, esto es, la tridimensionalidad del proceso. En este trabajo se presenta, también, un ejemplo de este último caso.

## **ZONAS DE ESTUDIO Y DATOS DE CAMPO**

Al objeto de caracterizar la ubicación y dinámica actuante en las diferentes playas analizadas en este trabajo, se presenta a continuación una breve descripción de las mismas.

### **Playa del Puntal**

La playa del Puntal, de más de 5 km. de longitud, se ubica cerca de Santander, en el litoral cantábrico (Figura 1). Aproximadamente, tres cuartas partes de las olas que se aproximan al Puntal proceden del sector N-NO, con valores típicos medios anuales de altura significativa de 1 metro y altura de ola significativa de unos 4 m en temporales. La carrera de marea media es de unos 3 m y la marea viva de unos 5 m.

Dentro del proyecto de seguimiento de la evolución del Puntal se han realizado medidas de oleaje, corrientes y niveles medios, así como la toma mensual de 18 perfiles batimétricos y de muestras de arena. Una descripción detallada del programa de seguimiento puede encontrarse en Losada et al 1991. En este trabajo nos centraremos en los datos de perfiles de playa y datos de sedimentos recogidos en un período de 24 meses.

### **Playa de Plencia-Gorliz**

La playa de Plencia-Gorliz se localiza en el fondo de la Ensenada de Astondo, Vizcaya. La playa está orientada hacia el Oeste y se encuentra apoyada lateralmente entre la Punta de Astondo y el Espigón de la Ría de Plencia (Figura 1). La longitud de la playa es de unos 1200 m y presenta una forma en planta aconchada muy acusada. Las características del clima marítimo exterior (oleaje, marea) actuante en la playa de Plencia-Gorliz son

similares a las descritas en la playa del Puntal. Los datos de perfiles y de granulometrías analizadas corresponden a 9 transectos tomados a lo largo de la playa en un período de 18 meses.

### **Playa de Santa Marina**

La playa de Santa Marina se encuentra en el municipio de Ribadesella, Asturias. La Playa está orientada hacia el Norte y está confinada lateralmente por el Monte Somos al Oeste y la desembocadura del Río Sella al Este (Figura 1). La playa presenta una longitud de unos 1100 metros con una forma en planta ligeramente aconchada. Las características del clima marítimo actuante en la playa de Santa Marina son similares a las descritas en la playa del Puntal, si bien, algo más protegida frente a oleajes del Oeste debido a su orientación y a la presencia del Monte Somos. En este trabajo se analizan datos de perfiles y de distribución granulométrica de un período de un año.

### **Playa de Castilla**

La Playa de Castilla está ubicada en la provincia de Huelva, entre las localidades de Mazagón y Matalascañas (Figura 1). Esta playa presenta una longitud de unos 25 km. y se sitúa al principio de la unidad fisiográfica desarrollada entre las desembocaduras de los ríos Tinto y Odiel y la del Guadalquivir.

La altura de ola significativa media anual es de 0.4 m, con temporales anuales del orden de  $H_s \sim 2$  m. La dirección predominante del oleaje es del sector SW/SSW, siendo la carrera de marea viva del orden de 3.7 m.

La playa ha sido objeto de un programa de medidas de diversos parámetros de oleaje y de la playa, véase Fernández et al 1992, entre los que se encontraba: medida bimensual de 42 perfiles a lo largo de la playa, con una separación entre perfiles de unos 500 m y toma de muestras de arena en cada perfil a diversas profundidades. En este trabajo se analizan datos de un período de dos años.

## **VARIABILIDAD ESPACIAL**

Al analizar la variabilidad de un perfil, se observa que no todos los puntos del mismo varían en la misma magnitud, ni siquiera con la misma tendencia, sino que existe una “variabilidad espacial”.

Así, por ejemplo, dentro de la campaña de toma de datos efectuada en el Puntal de Santander, se ha observado diferentes configuraciones de perfiles, variando entre:



- (a) Barra mínima, con una forma de perfil cóncava o en "S"
- (b) Barra única, situada aproximadamente a 325 m en dirección al mar a partir de la línea de referencia. Esta barra única se desplaza hacia el mar en situaciones de temporal.

En la Figura 2 se muestra el perfil medio correspondiente al transecto de la playa del Puntal señalado en la Figura 1. Asimismo, en la Figura 2, se

zona de la barra interior. Las variaciones de cota ocurridas en ese punto superan los 2 metros de amplitud. Es importante señalar que variaciones del orden de 2 metros se producen, igualmente, en diversos puntos del perfil, siendo destacable las variaciones ocurridas en la zona de la berma (50 m de la base) y la zona de la barra exterior, cota -4, -6 (500 m de la base). Estas variaciones de cota son especialmente relevantes en el diseño de espigones, emisarios submarinos u obras cuya cimentación no deba quedar expuesta al oleaje.

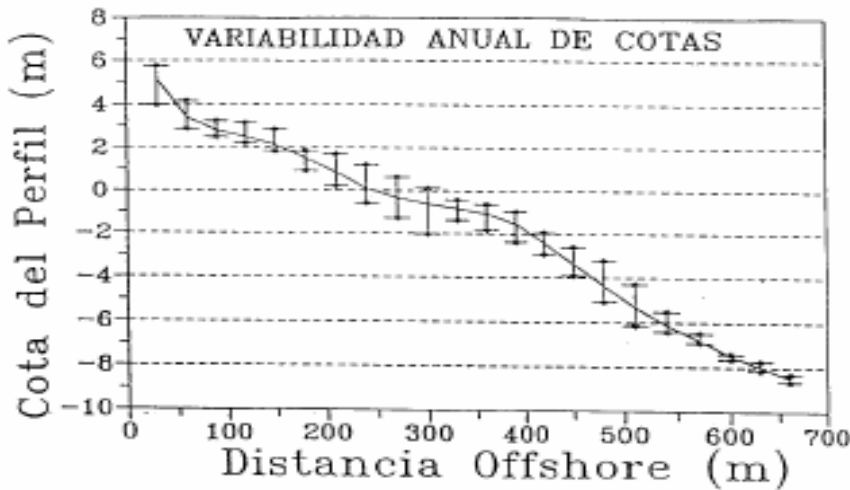


Figura 2. Perfil medio y rango de variación. Playa del Puntal

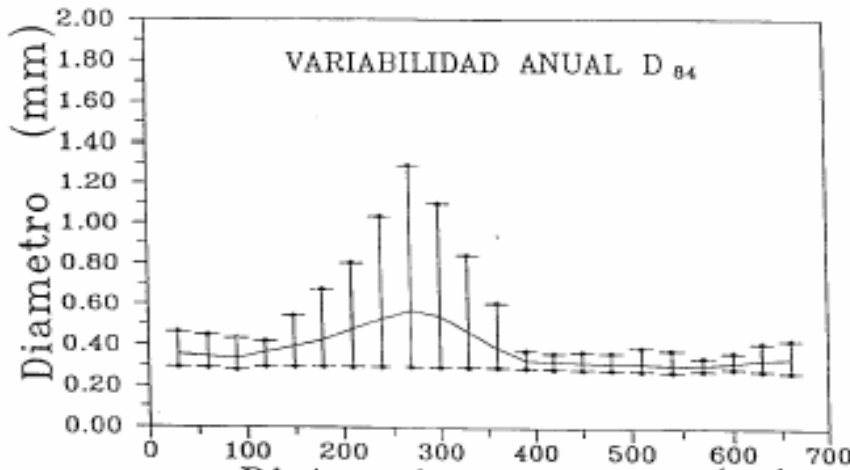


Figura 3. Variabilidad anual del tamaño  $D_{84}$ . Playa del Puntal

detalla el rango de variación de la cota del perfil en diferentes puntos del mismo en los dos años de datos.

De la observación de la figura se desprende que la máxima variabilidad vertical se produce aproximadamente a unos 300 metros de la base, en la

Se observa, por otro lado, que en el entorno de la batimetría, 9, las variaciones del perfil son de escasa entidad. Adoptando dicha cota, -9, como profundidad de cierre o profundidad de variación del perfil despreciable,  $d_1$ , y teniendo en cuenta que la altura de ola significativa que es superada 12 horas es de  $H_{s12} = 5.7$  m (Datos boya de Gijón), obtenemos una expresión para dicha profundidad de cierre:  $d_1 \cong 1.6 H_{s12}$ , similar a la propuesta por otros autores en otras playas.

En lo que se refiere a la variabilidad horizontal, el máximo avance-retroceso se produce en la cota, -2, con un desplazamiento horizontal de más de 130 m. Es interesante resaltar que la zona intermareal presenta movimientos horizontales medios del orden de 80 metros, siendo máximos en la cota 0 (110 metros).

Estas variaciones horizontales y verticales del perfil están asociadas a intercambios de material barra-berma de marcada cadencia estacional, que será analizada posteriormente. El volumen de arena intercambiado entre la barra y la berma de los perfiles medidos fue de unos  $100\text{m}^3/\text{m}$  por término medio con valores máximos medios de  $150\text{m}^3/\text{m}$ .

Las muestras de arena analizadas en el Puntal (15 muestras por perfil en cada toma de datos de perfil) señalan la existencia de una arena fina y uniforme. Sin embargo, tanto el tamaño medio, como el grado

de uniformidad, muestran una variabilidad tanto espacial como temporal. Las muestras promediadas en el tiempo presentan una distribución espacial similar a la descrita por otros investigadores con los tamaños más gruesos en la barra, y una tendencia de reducción del tamaño medio hacia ambos lados de la barra.

En las Figuras 3, 4 y 5 se ha dibujado la variabilidad de los tamaños  $D_{84}$ ,  $D_{50}$  y  $D_{16}$  a lo largo del perfil, así como los valores medios de dichos diámetros. Se observa que la mayor variabilidad ocurre en los diámetros más gruesos, además, como era de esperar, existe una correspondencia entre las zonas de mayor variabilidad relativas al tamaño del grano y al perfil.

Nótese que, si todos y cada uno de los granos de arena que componen el perfil respondieran igual ante una situación hidrodinámica, el transporte de arena de un lugar a otro del perfil no originaría cambios en la distribución granulométrica. A la vista de las Figuras 3, 4 y 5 se concluye que esto no es así, en otras palabras, la erosión o acreción en una playa no se debe a un movimiento masivo de arena, y, cada grano, responde de manera diferente a la misma hidrodinámica, dando lugar una clasificación importante. Consecuentemente, la utilización de parámetros estadísticos, tales como el tamaño medio de la distribución ( $D_{50}$ ) para representar una muestra de sedimento, como se realiza usualmente en los modelos de transporte de sedimento, es inadecuada. Más aún, dado que la distribución granulométrica en la que se ha producido una clasificación importante es totalmente distinta a una distribución log-normal, la interpretación usual dada al  $D_{50}$ , debe ser analizada con cautela (por ejemplo, en la barra).

Los valores de las variaciones de perfil y distribución granulométrica expresadas en los párrafos anteriores relativos al Puntal de Santander son análogos a los encontrados por otros autores en perfiles con arenas medias/finas en playas expuestas a oleaje (e. g., Inman et al 1993, Stauble 1992). Existen, sin embargo numerosas

playas en el litoral Cantábrico Español, que pese a estar expuestas al oleaje y formadas por arenas medias/finas, no responded al modelo de variabilidad

desarrollado anteriormente, al menos, en la magnitud de

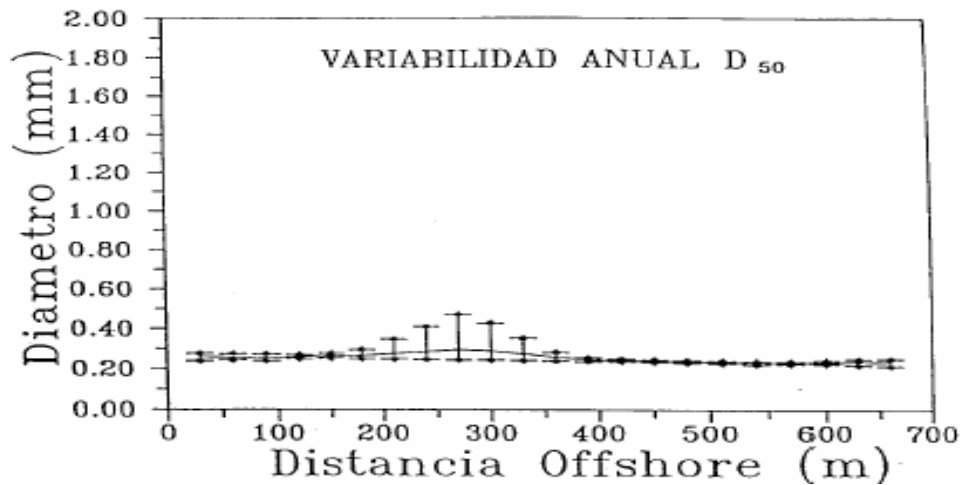


Figura 4. Variabilidad anual del tamaño  $D_{50}$ . Playa del Puntal

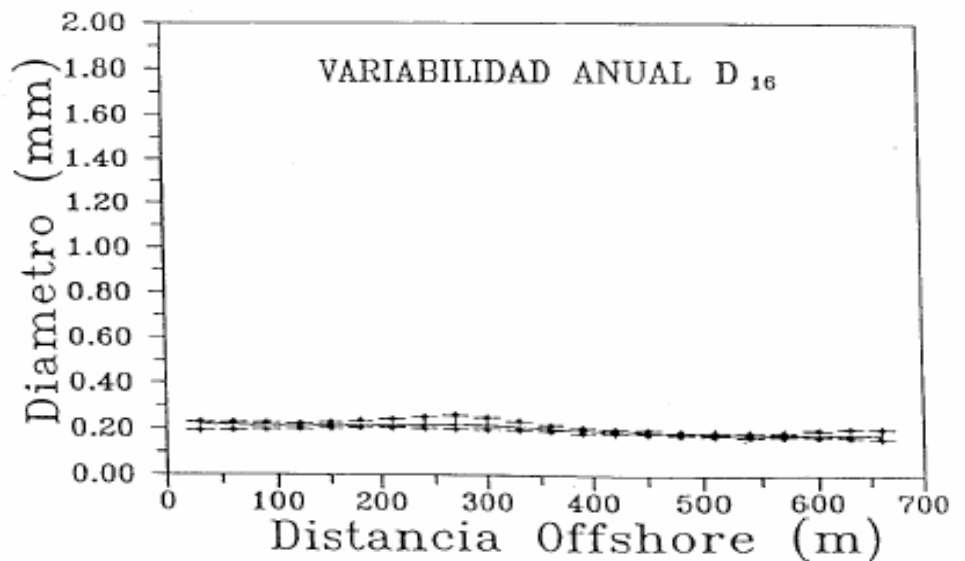


Figura 5. Variabilidad anual del tamaño  $D_{16}$  Playa del Puntal

las variaciones.

Una de estas playas corresponden al tipo denominado "playas colgadas" en las que el perfil activo de arena no alcanza la profundidad límite,  $d_l$ , señalada anteriormente, sino que intersecta el lecho rocoso a una profundidad menor. Ejemplos de este tipo de playas son, Berria en Cantabria o Ribadesella en Asturias.

El seguimiento efectuado a la playa de Ribadesella

durante año y medio muestra que el talud de roca es excesivamente pendiente entre las cotas -4, -10 por lo que la playa ha de inscribirse por encima de la cota -4. Al carecer de perfil sumergido, los intercambios de arena barra-berma están prácticamente impedidos, puesto que cualquier material transportado más allá de la cota -4 no es recuperado por el sistema. De este modo, los únicos movimientos transversales de arena posibles son las que se realizan por encima de dicha cota -4. Los datos medidos en la playa de Ribadesella señalan que las variaciones verticales del perfil no alcanzan el metro y el desplazamiento horizontal de una cota del perfil no supera los 40 metros.

Evidentemente la magnitud de las variaciones obtenidas en la playa de Ribadesella no pueden ser extrapoladas a otras playas colgadas, pues el grado de variabilidad depende de la cota a la que se produzca la intersección lecho de arena - lecho rocoso, no obstante, ponen en evidencia la importancia del perfil sumergido en la variabilidad transversal de un perfil de playa.

Otro modo de variabilidad transversal, sensiblemente diferente al descrito en los párrafos anteriores, es el que se produce en numerosas playas del litoral Sur-Atlántico y Mediterráneo español donde existe una segregación de tamaños importante entre el perfil sumergido y el perfil adyacente a la línea de orilla que denominaremos perfil de estrán.

La Playa de Castilla es un ejemplo de dicha segregación. El tamaño medio de la arena por debajo de las cotas (-1, -2) se encuentra entre  $D_{50} \sim 0.1 \text{ mm}$  -

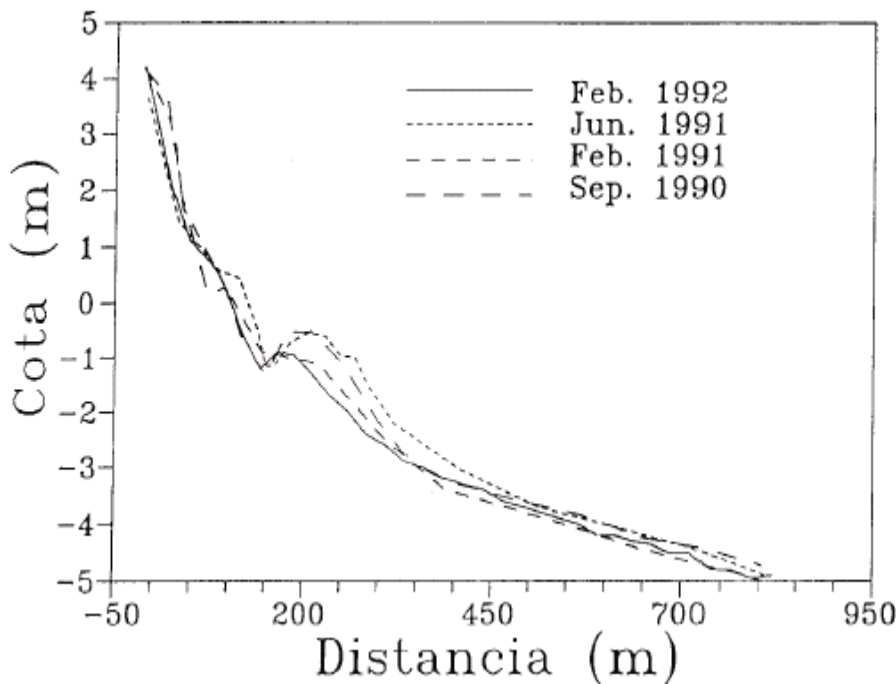


Figura 6. Perfiles de Playa Castilla

0.2 mm mientras que el material de la zona del estrán en la zona no regenerada presenta tamaños medios del orden de  $D_{50} \sim 0.3 \text{ mm} - 0.4 \text{ mm}$ .

Bajo estas circunstancias el perfil (Figura 6) muestra una clara discontinuidad en las pendientes medias del perfil del estrán y el perfil sumergido, más aún, esta discontinuidad se manifiesta en forma de una barra. Es importante reseñar que la barra encontrada en la Playa de Castilla es una barra morfológica, esto es, es una característica de todos los perfiles a lo largo de todo el año. La barra presenta, sin embargo, oscilaciones estacionales que serán analizadas posteriormente, siendo más acusada en los meses de verano y de menor entidad en invierno.

De la observación de la Figura 6 se desprende que las variaciones en la cota de la barra superan el metro y que las variaciones horizontales en dicha barra alcanzan los 80 metros. Los análisis granulométricos efectuados señalan que no existe una mezcla importante de material entre la zona sumergida y la zona del estrán, consecuentemente, al no existir intercambio barra-berma, las variaciones de cada una de las zonas se realiza a sus propias expensas. Por este motivo, la variabilidad transversal del estrán es sensiblemente menor que la existente en el perfil sumergido. Este tipo de comportamiento es frecuente en playas regeneradas en las que el material de aportación es sensiblemente más grueso que el material nativo.

**VARIABILIDAD TEMPORAL**

La variabilidad temporal de la forma de los perfiles de playa es un elemento bien conocido en la ingeniería litoral. En el caso de los perfiles del Puntal, esta variabilidad se manifiesta por la aparición de una barra en invierno que se desplaza hacia aguas más profundas al aumentar el nivel energético del clima marítimo actuante.

La variabilidad temporal de la distribución granulométrica es más difícil de discernir. Losada et al (1992) mostraron, usando una técnica de análisis por componentes principales, que existe una acusada estructura temporal en la variabilidad de la distribución granulométrica de la arena del Puntal de Santander. Esta variabilidad temporal muestra variaciones cíclicas estacionales y afecta de manera diferente a los diferentes tamaños de arena existentes. La variabilidad de los tamaños gruesos se manifiesta, fundamentalmente, en los intercambios barra-berma (en invierno aumenta el porcentaje de gruesos en la barra mientras que disminuye en la berma y viceversa en verano).

La variabilidad estacional de los tamaños finos está relacionada con un movimiento de dichos tamaños a lo largo de todo el perfil (en invierno el material fino es transportado hacia la zona sumergida e inversamente en verano).

La utilización del método de componentes principales permite, además, cuantificar la duración, de los estados de "invierno" y de "verano" de la forma del perfil y de la distribución granulométrica. En las Figuras 7 y 8 se muestra la variabilidad temporal (segunda componente principal) del perfil y de la distribución granulométrica respectivamente.

De la observación de las figuras se concluye que los cambios en la forma del perfil y las distribuciones de sedimento son claramente estacionales y se relacionan con la frecuencia de ocurrencia de los temporales en el Golfo de Vizcaya. De la Figura 7 se desprende que en el tiempo necesario para cambiar de la situación de verano máxima (Septiembre) a la de invierno máxima (Enero) es de cuatro meses, mientras que el cambio de la situación de invierno a verano se produce en un período de ocho meses. Es decir, el perfil tarda más en recuperarse que en erosionarse. Comparando las Figuras 7 y 8 se deduce que el máximo de invierno se alcanza con anterioridad por el perfil que por el tamaño del grano; (recuérdese que máximo de invierno supone para el perfil máxima barra y para la distribución granulométrica tamaños más gruesos en la barra) consecuentemente, el perfil se está recuperando mientras que el sedimento continúa en movimiento hacia la situación de invierno. Esto quiere decir que la barra sufre un proceso de erosión a través de la pérdida de finos, permaneciendo los gruesos; por tanto, se produce inicialmente un movimiento del material fino desde la barra a la berma.

Nótese que, el transporte de sedimentos en la dirección perpendicular a la playa puede considerarse como una redistribución de sedimento o del tamaño de grano a lo largo del perfil

Con el fin de examinar la redistribución del sedimento en la dirección perpendicular a la playa, se generó una "muestra maestra" sumando todas las muestras de arena tomadas del perfil para cada una de las campañas. La

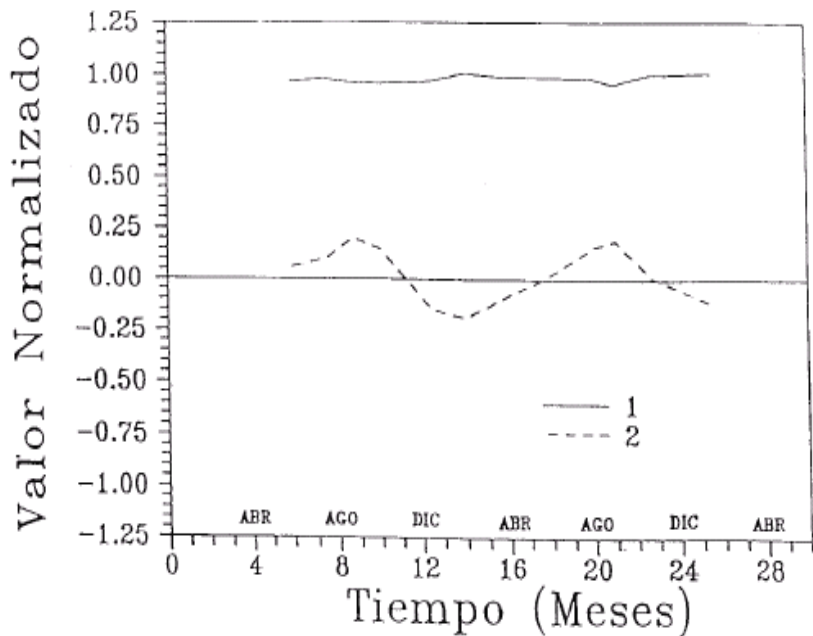


Figura 7. Variabilidad Temporal del perfil. Playa del Puntal

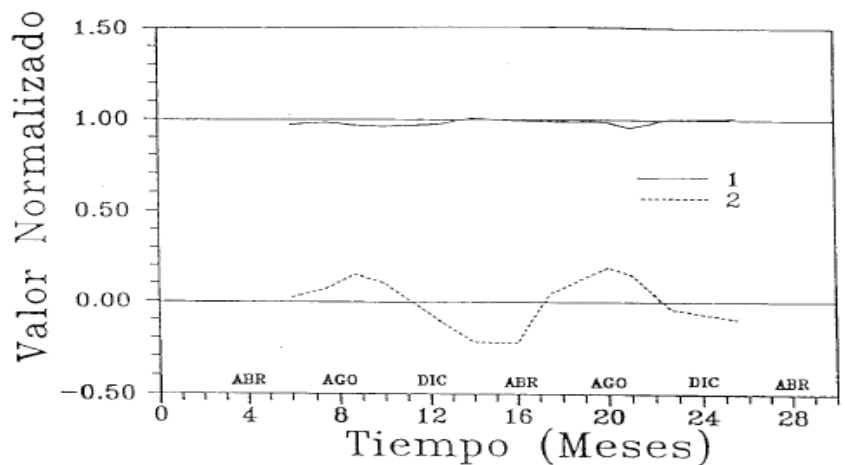
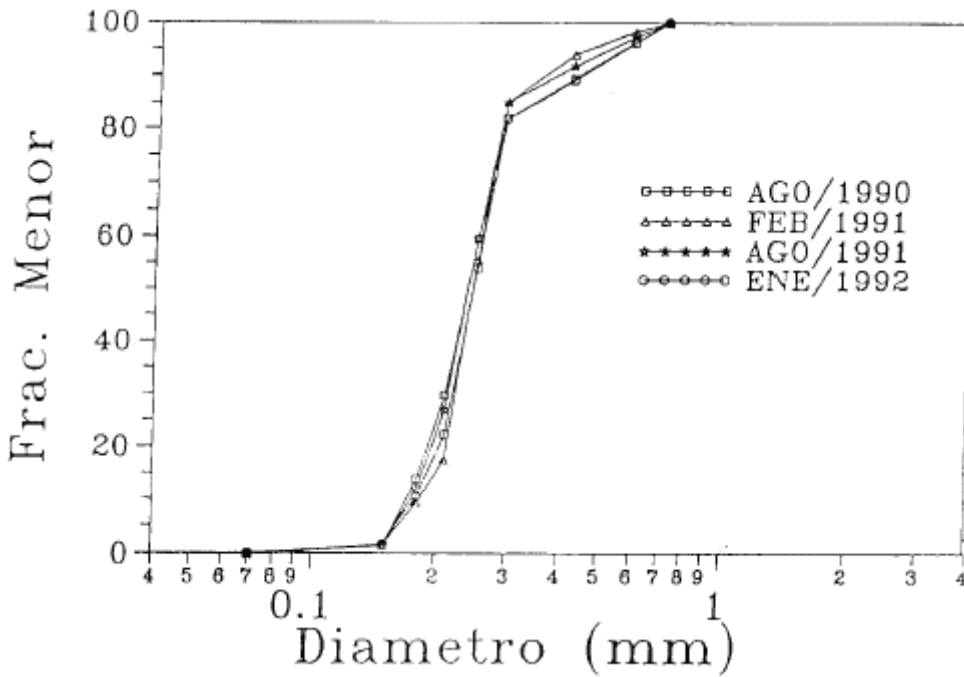


Figura 8. Variabilidad Temporal de la distribución granulométrica. Playa del Puntal

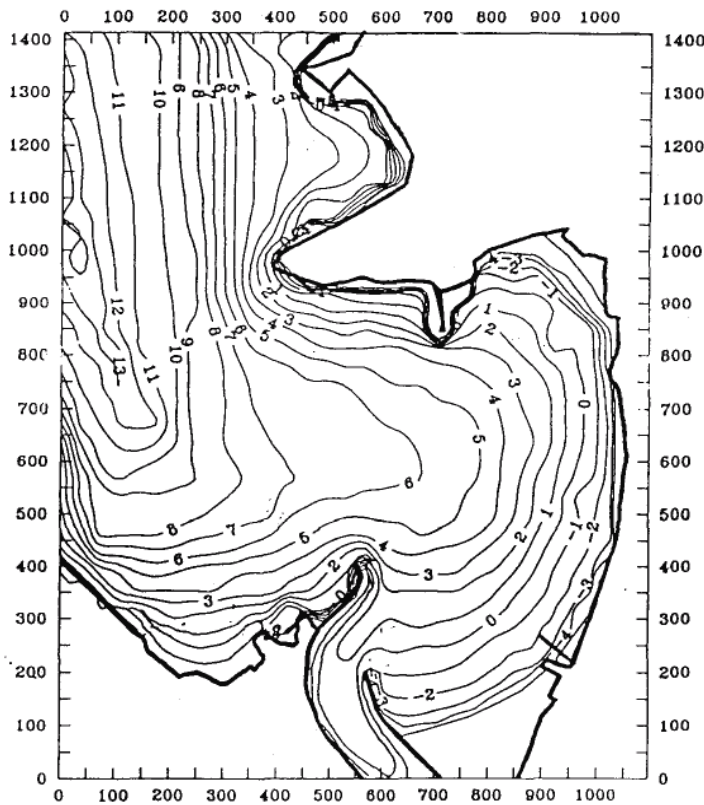
Figura 9 presenta esta "distribución maestra" para las campañas de verano e invierno. Excepto pequeñas desviaciones, debidas probablemente a la técnica de toma de muestras, se puede observar que la distribución maestra es constante en el tiempo. Consecuentemente, se sugiere la siguiente hipótesis de trabajo:

*"La distribución granulométrica maestra correspondiente a un perfil de playa como componente de una unidad fisiográfica, obtenida mediante la adición de las muestras tomadas a lo largo de un perfil activo, no varía en el tiempo"*



Los resultados obtenidos muestran que la distribución granulométrica presenta en general una débil variabilidad estacional. Los tamaños del estrán y del perfil sumergido no sufren variaciones significativas, sin embargo, el material de la barra sí presenta una variación de los tamaños existentes en correspondencia con las variaciones en la forma de la barra. Ésta muestra un tamaño máximo en verano y mínimo en invierno asociado a las variaciones del oleaje que alcanza la playa; "Swell" de bajo peralte en invierno y "Sea" de gran peralte en primavera-verano.

Figura 9. Variabilidad Temporal de la muestra Maestra



**INFLUENCIA DE LA FORMA EN PLANTA**

Existen ocasiones en las que la estructura tridimensional de una playa se manifiesta de modo tal, que la variabilidad de los perfiles de playa afecta a la variabilidad de la forma en planta y viceversa. Un ejemplo de esta interacción es encontrado en la Playa de Plencia-Gorliz.

La situación de verano de la playa, Figura 10, se caracteriza por un avance de la playa seca en la zona de Plencia y una profundización de la zona central de la playa. Esta profundización es más evidente en su perfil sumergido, de modo tal que la batimetría 5 se sitúa en la zona interior entre los diques de San Valentín y Astondo ubicadas al Oeste y Este respectivamente. Esta profundización de la playa sumergida facilita la penetración de mayor energía en dicha zona y provoca una refracción de los frentes de oleaje que genera fuerte giro de los mismos, dando lugar a una playa más aconchada.

La llegada de los primeros temporales, con el consiguiente aumento de la energía del oleaje, provoca un déficit de arena en el perfil sumergido, que ha de ser equilibrado con una erosión en la zona emergida de la playa. Este material erosionado es rápidamente ubicado en la zona profunda del perfil, rellenando la vaguada central de la playa, tal y como se puede apreciar en la Figura 11. Al cambiar los fondos de

Figura 10. Playa de Plencia-Gorliz. Batimetría de Verano

El método de análisis de componentes principales también fue utilizado (Medina et al 1992) para analizar la variabilidad temporal de los perfiles de Playa de Castilla y separar las variaciones transversales y longitudinales que afectan a los perfiles de playa.



la ensenada, se modifica la propagación del oleaje, que pasa a ser menos aconchada, rectificándose la curvatura de los frentes. Esta rectificación de los frentes genera un nuevo sistema de corrientes longitudinales, cambiando la posición de equilibrio de la playa a una forma en planta más rectilínea, menos aconchada.

Este cambio de forma se traduce en una mayor pérdida de material en las zonas laterales y un avance de la playa, fundamentalmente en su zona central.

La llegada del verano y la disminución de la altura de ola favorece el proceso que usualmente se denomina de "recuperación" de la playa, por el cual el material que fue colocado en la zona profunda por los temporales de invierno asciende hacia la zona superior del perfil. En estas circunstancias, la arena ubicada entre las batimétricas 5-7 inicia un proceso de transporte hacia el perfil emergido, fundamentalmente por la zona central de la Playa. Este material no es, sin embargo, estable en dicha posición y es transportado hacia los extremos de la Playa.

Al ocurrir dicho proceso, se erosiona el perfil de la zona sumergida en la parte central de la Playa, Figura 10, volviendo a surgir la vaguada central de verano. Nótese que la aparición de la vaguada refuerza el giro de los frentes por refracción y la tendencia a una forma en planta de playa más aconchada que en invierno, lo que se traduce en una erosión de la zona central. De este modo, en invierno, la línea de costa retrocede en los laterales de la playa y avanza en la zona central y viceversa en verano.

## DISCUSIÓN

### Forma del perfil

El modelo clásico de variabilidad de la forma del perfil de una playa toma como punto de partida la existencia de dos estados morfodinámicos o tipos de perfil denominados perfil de erosión y perfil de acumulación. El perfil de erosión se produce bajo situaciones de oleaje con peralte elevado y provocan, generalmente, una erosión en la parte visible del perfil, con retroceso de la línea de costa, y una acumulación en la zona sumergida del mismo. Este tipo de perfil es usual en invierno en el litoral Cantábrico, en verano en las zonas del archipiélago Canario gobernadas por el régimen de Alisios o a finales de primavera en el arco Sur-Atlántico Español.

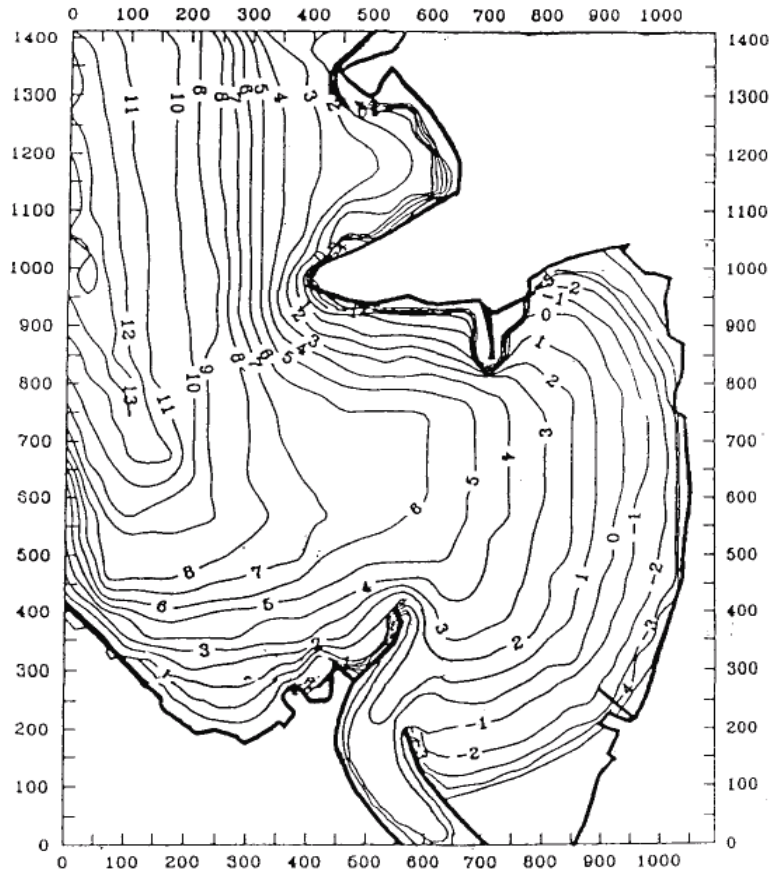


Figura 11. Playa de Plencia-Gorliz. Batimetría de Invierno

Dada la importancia de la magnitud de las variaciones tanto horizontales como verticales a las que se ve sometido el perfil (e. g. en el Puntal de Santander más de dos metros en vertical y más de cien metros en horizontal) numerosos autores han propuesto parámetros que permitan caracterizar el estado o tipo del perfil bajo unas determinadas condiciones de arena y oleaje incidente (véase Dalrymple 1992 como referencia general) o evaluar el volumen de erosión al cambiar las condiciones de equilibrio de un perfil, Jiménez y Sánchez-Arcilla 1992. Estos parámetros han sido obtenidos, en su mayoría, con base en datos de ensayo de laboratorio. Su aplicación a playas reales, si bien ha sido realizada con éxito en determinadas condiciones Krausy Masón 1991, deben ser utilizadas con cautela.

En el presente trabajo se ha mostrado un ejemplo, Puntal de Santander, que responde al modelo clásico

perfil de erosión-perfil de acumulación. Sin embargo se ha puesto de manifiesto que la variabilidad de la forma del perfil de playa puede estar condicionada por la ausencia del perfil sumergido, Playa de Ribadesella, por la segregación de tamaños, Playa de Castilla, o por la interacción con la forma en planta, Playa de Plencia-Gorliz.

### Distribución Granulométrica

La interrelación entre el tamaño del sedimento y la forma del perfil es bien conocida. Así, playas de material más grueso presentan pendientes más pronunciadas y viceversa.

Existen diversos trabajos que analizan la variación espacial a lo largo de un perfil de playa de los parámetros asociados al grano, como, por ejemplo, la media, moda, sesgo (e. g. Krumbein 1938; Bascom 1951 y, más recientemente Moutzouris 1991; Stauble 1992). Así mismo se ha realizado experimentos en laboratorio para simular la redistribución natural de tamaños de grano a lo largo del perfil en una regeneración artificial (e. g. Khamphuisy Moir 1977). El comportamiento temporal de la distribución granulométrica del sedimento, aunque es más difícil de observar que el comportamiento espacial, muestra una variabilidad estacional que está fuertemente relacionada con los cambios morfológicos del perfil.

Un elemento especialmente importante de la variabilidad granulométrica es que se produce debido a que los diferentes tamaños de sedimento responden de manera diferente ante una misma sollicitación hidrodinámica. Consecuentemente, la utilización de parámetros estadísticos, como el diámetro medio, para representar una muestra de sedimento es inadecuada siempre y cuando sea representar grandes rangos de diámetros. Más aún, los modelos de perfiles de playa que no tienen en cuenta los procesos de clasificación del sedimento que tienen lugar en el transporte son, cuanto menos, deficientes.

### REFERENCIAS

Bascom W.J. (1951) *The relationship between sand size and beach-face slope*, Trans. Amer. Geop. Union, 32, 6 pp. 866-874.

Dalrymple, R.A. (1992) *Prediction of storm/normal beach profiles*, Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean. Eng. Vol. 118, nº 2. pp. 193-200.

Dean, R. G. (1977) Equilibrium beach profiles: US Atlantic and Gulf Coasts. Dept. of Civil Eng., Ocean Eng. Tech. Rep. 12, Univ. of Delaware.

Fernández, A.J., G. Gómez-Pina, G. Cuenca y J. L. Ramírez (1992) *A field experiment on a Noursihed Beach*, Proc. 23 rd. Int. Conf. Coastal Eng. ASCE, New York. pp. 2043-2056.

Garau, C. (1979) *Condicionantes de la estabilidad de playas. Análisis de la función polar de los salientes. II Curso de Ingeniería Oceanográfica y Portuaria*. Santander.

Hsu, J.R.C. y Evans, C. (1989). *Pambolic hay shapes and applications*. Proc. Institution of Civil Engineers, 87, 557-570.

Inman D.L., M. Hany, S. Elwany y S.A. Senkins (1993). *Shorerise and Bar-Berm profiles on Ocean Beaches*. Journal of Geophysical Research, vol. 98. nº10. pp. 18181-18199.

Jiménez, J.A. y Sánchez-Arcilla A. (1992). *Simulación de cambios a corto plazo en la línea de costa*. Revista de Obras Públicas. 3315 PP. 41-51.

Kraus N.C. y Masón J.M. (1991). Field data set for testing beach erosion and accretion predictive criteria. Memorandum for Record, Coast. Eng. Res. Crt. U.S.A.E. Waterways Experimental Station, Vicksburg, Miss.

Krumbein W.C., (1938). *Local Aerial Variation of Beach Sands*. Geol. Soc. Am. Bull 49. pp. 653-658.

Larson, M. (1991). *Equilibrium beach profiles of a beach with varying grain size*. Coastal Sediments'91. ASCE, 905-919.

Losada, M.A., Medina, R., Vidal, C. and Roldán, J.A., (1991). *Historical evolution and morphological analysis of "El Puntal" spit, Santander (Spain)*. J. Coastal Res. 7(3): 711-722.

Losada, M.A., Medinda, R., Vidal, C. and Losada, I.J., (1992). *Temporal and spatial cross-shore distributions of sediment at "El Puntal" spit, Santander, Spain*. Proc. 23rd Int. Conf. Coastal Eng. ASCE, New York, pp. 2251-2264.

Medina, R., Vidal, C., Losada, M.A. and Roldan, A.J., (1992). *Three-mode principal component analysis of bathymetric data applied to "Playa de Castilla" (Huelva, Spain)*. Proc. 23rd Int. Conf. Coastal Eng. ASCE, New York, pp. 2265-2278.

Moutzouris, C.I., (1991). *Beach Profiles vs cross-shore distributions of sediment grain sizes*. Proc. Coastal Sediments'91. ASCE 860-874.

Silvester, R. (1970). *Growth of crenulated shaped bays to equilibrium*. J. of Waterways and Harbours División, 96, WW2, 275-287.

Stauble, D.K., (1992). Long-term profile and sediment morphodynamics: Field research facility cas history. Tech. Rep. CERC-92-7. Dep. Army. U.S. Army Corps Eng.

Vellinga, P. (1982). *Beach and dune erosion during storm surges*. Coastal Engineering, 6, 806-819.