

**EVALUACIÓN DE LOS EFECTOS DEL CIERRE DE LA BOCA DEL LAGUITO
SOBRE LAS PLAYAS DE CASTILLOGRANDE,
CERCA AL CLUB NAVAL**



**Universidad de
Cartagena**

Fundada en 1827



**Programa de
Ingeniería Civil**

Fundado en 1949

TOMÁS ALFONSO OYOLA FIGUEROA

ANDREA CAROLINA SANTANDER BLANCO

UNIVERSIDAD DE CARTAGENA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL

CARTAGENA DE INDIAS D. T. Y C.

2017

**EVALUACIÓN DE LOS EFECTOS DEL CIERRE DE LA BOCA DEL LAGUITO
SOBRE LAS PLAYAS DE CASTILLOGRANDE, CERCA AL CLUB NAVAL**

GRUPO DE INVESTIGACIÓN:

GRUPO DE INVESTIGACIÓN DE HIDRÁULICA Y MANEJO COSTERO (GIHMAC)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

MANEJO HIDRÁULICO Y AMBIENTAL DE LA ZONA COSTERA Y FLUVIAL

AUTORES:

TOMÁS ALFONSO OYOLA FIGUEROA

ANDREA CAROLINA SANTANDER BLANCO

DIRECTOR (A):

DALIA MORENO EGEL

INGENIERÍA CIVIL, MSc. INGENIERÍA DE RECURSOS HÍDRICOS

UNIVERSIDAD DE CARTAGENA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL

CARTAGENA DE INDIAS D. T. y C.

2017



NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma del Jurado
Ph D., Javier Mouthon Bello

Firma del Jurado
Ph D., Alfonso Arrieta Pastrana

Cartagena de Indias D. T. y C., _____ de _____ 2017.

Oyola F., T. & Santander B., A.



DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS

*"Pero tú, persevera hasta el fin y descansa, que al final de los tiempos te levantarás para recibir
tu recompensa." - Daniel 12:13 NVI*

En primer lugar agradecerle a Dios por su amor y bondad que es reflejado en nuestras vidas, porque hoy nos permite sonreír orgullosos de este logro junto a todas las personas que queremos y que han sido testigos de cuanto esfuerzo y entereza fue requerido para culminar este proceso de formación integral. A nuestros padres de manera muy especial porque este logro es para ellos, por habernos apoyado en todo momento, por los ejemplos de perseverancia y constancia que los caracterizan y que nos han infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante y más que nada por su gran amor hacia nosotros. A nuestra directora de tesis, la Ingeniera Dalia Moreno Egel por su constante, paciente seguimiento y asistencia compartiendo su tiempo de manera generosa durante el desarrollo del presente trabajo. De igual forma a nuestros compañeros y amigos Aldair Álvarez Vásquez y Yasneire Valencia Morales, por su colaboración en nuestro trabajo de grado, indispensable para el desarrollo de nuestra investigación.

De manera general, agradecemos a nuestra Alma Máter por permitirnos formarnos académica, personal y profesionalmente y a todos aquellos quienes de alguna manera han hecho parte de nuestro crecimiento y preparación como personas e ingenieros.

"El valor de una idea radica en el uso de la misma." – Thomas Edison.



CONTENIDO

1.1. Antecedentes.....	12
1.2. Estado del arte.....	18
1.3. MARCO TEÓRICO	25
1.3.1 Zona costera.	25
1.3.2 Perfil de playa.....	28
1.3.3 Perfil de equilibrio.	28
1.3.4 Rotura del oleaje (Hr).....	29
1.3.5 Número de Iribarren (Ir).	30
1.3.6 Morfología de una playa.....	31
1.3.7 Velocidad de Caída del Grano (W).....	31
1.3.8 Clasificación de la playa.	32
1.3.9 Laguna costera.	33
1.3.10 Erosión costera.	34
1.3.11 Propiedades del Sedimento de una playa.....	36
1.3.12 Actividades humanas que provocan procesos de deterioro de las zonas costeras.....	36
2. OBJETIVOS.....	39
2.1. OBJETIVO GENERAL	39
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	39
3. ALCANCE.....	40
4. METODOLOGÍA	44
4.1. Búsqueda de información secundaria.	45
4.2. Ubicación de los perfiles en campo y de los puntos fijos.	45
4.3. Levantamiento de los perfiles de playa.	45
4.4. Toma de muestras de sedimento.....	46
4.5. Análisis granulométrico para la clasificación geomorfológica de los perfiles.	46
5. RESULTADOS Y DISCUSION	48
5.1. Análisis de las variaciones del Perfil 1	48
5.2. Análisis de las variaciones del Perfil 2	54
5.3. Análisis de las variaciones del Perfil 3	59



*Evaluación de los efectos del cierre de la boca del Laguito sobre las playas de
Castillogrande, cerca al Club Naval*



5.4.	Análisis de las variaciones de la línea de costa en el sector de estudio	64
5.5.	Tipo de rotura del oleaje presente en la zona de estudio	66
5.6.	Clasificación geomorfológica de la playa	70
6.	CONCLUSIONES.....	75
7.	RECOMENDACIONES.....	77
8.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	78



LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Erosión de la línea de costa en el caribe Colombiano.	14
Figura 2. Mapa de amenaza por erosión costera.....	16
Figura 3. Localización de BM estudio realizado por la Universidad de Cartagena en convenio con Colciencias.....	18
Figura 4. Definición de volumen disponible de sedimento F, en $m^3.m^{-1}$	21
Figura 5. Perfil y términos comúnmente usados en la zona costera.	26
Figura 6. Elementos de la zona costera.....	27
Figura 7. Tipos de rotura de olas en función del Número de Iribarren.....	29
Figura 8. Características de los tipos de rotura del oleaje.....	30
Figura 9 Estado morfodinámico de las playas.	33
Figura 10. Proceso de erosión y transporte de sedimentos.	35
Figura 11. Evaluación de la erosión.....	35
Figura 12. Actividades que provocan deterioro en zonas costeras.	37
Figura 13. Localización zona de estudio.....	40
Figura 14. Localización zona de estudio.....	41
Figura 15. Esquema de la metodología del proyecto de investigación.....	44
Figura 16. Perfil 1 levantado en el año 2002.	48
Figura 17. Perfil 1 levantado en el año 2017.	49
Figura 18. Superposición del Perfil 1 promedio, levantado en 2002 y el Perfil 1 promedio de 2017	50
Figura 19. Variación de la distancia del BM a la línea de costa del perfil 1.....	50
Figura 20. Variaciones del valor del D50 para las distintas muestras tomadas en el perfil 1 durante las mediciones realizadas.	53
Figura 21. Comparación del perfil 1 con el perfil de Dean.....	54
Figura 22. Mediciones del Perfil 2 y promedio de las mismas.	54
Figura 23. Variación de la distancia del BM a la línea de costa del Perfil 2.	55
Figura 24. Variación de los valores de D50 para las muestras en playa seca y LC en el Perfil 2	56
Figura 25. Variación de los valores de D50 para las muestras en playa húmeda en el Perfil 2.....	57
Figura 26. Comparación del perfil 2 con el perfil de Dean.....	59
Figura 27. Variaciones del Perfil 2 durante las mediciones.....	60
Figura 28. Variación de la distancia del BM a la línea de costa del Perfil 3.	60
Figura 29. Variación de los valores de D50 para las muestras en playa seca y línea de costa en el perfil 3	61
Figura 30. Variación de los valores de D50 para las muestras en playa húmeda en el perfil 3	62
Figura 31. Comparación del perfil 3 con el perfil de Dean.....	63
Figura 32. Variación de la distancia del BM a la línea de costa del perfil 3.....	64
Figura 33. Posición de la línea de costa en la zona de estudio para los años 2003 y 2017.....	65
Figura 34. Estado de la boca del Laguito para los años 2007 y 2016.....	65
Figura 35. Niveles de seguridad de playas en función de la Altura de ola y el estado modal.	73



LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Valores del número de Iribarren para los diferentes tipos de rotura según Battjes (1974).	31
Tabla 2. Estado de playa de acuerdo con los valores límites de $\tan \beta$ y Ω .	32
Tabla 3 Tipo de unidades de origen antrópico.	38
Tabla 4. Formato para toma de datos en campo al momento de levantar los perfiles.	46
Tabla 5. Tamaño de los granos de las muestras del perfil 1 y determinación de los parámetros W y A.	51
Tabla 6. D50 Promedio para cada muestra tomada en el perfil 1.	52
Tabla 7. D50 Promedio para cada muestra tomada en el Perfil 2.	56
Tabla 8. Tamaño de los granos de las muestras del Perfil 2 y determinación de los parámetros W y A.	57
Tabla 9. D50 Promedio para cada muestra tomada en el perfil 3.	61
Tabla 10. Tamaño de los granos de las muestras del Perfil 3 y determinación de los parámetros W y A.	62
Tabla 11. Datos Alturas de Ola y Períodos utilizados para el estudio.	66
Tabla 12 Número de Iribarren y Tipo de rotura para el perfil 1	67
Tabla 13 Número de Iribarren y Tipo de rotura para el perfil 2	68
Tabla 14 Número de Iribarren y Tipo de rotura para el perfil 3	69
Tabla 15. Valores del Número de Dean (Ω) y estado morfodinámico de la playa para el Perfil 1	70
Tabla 16. Valores del Número de Dean (Ω) y estado morfodinámico de la playa para el Perfil 2	71
Tabla 17. Valores del Número de Dean (Ω) y estado morfodinámico de la playa para el Perfil 3	72
Tabla 18. Niveles de seguridad para el perfil 2 levantado en las playas de Castillogrande.	73



RESUMEN

En el presente trabajo de grado fue evaluado el efecto del cierre de la boca del Laguito sobre las playas de Castillogrande de la Ciudad de Cartagena de Indias, con la finalidad de conocer el estado de la línea de costa y establecer si ha tenido o no retroceso en ésta zona, de esta manera determinar la tendencia que presentan las playas del sector en estudio. Para ello, se llevaron a cabo mediciones de perfiles de playa a partir de tres puntos de referencia durante el primer semestre del año 2017. Uno de estos perfiles había sido levantado en el año 2002, época en la cual la boca del laguito se encontraba abierta, por lo que se tomó el mismo BM de referencia para la presente investigación, dato que permitió establecer las respectivas comparaciones. Se tomaron muestras de arena a lo largo de los perfiles tanto en zona de playa seca, en la línea de costa y en la zona de playa sumergida. Estas muestras permitieron determinar el tamaño medio de las partículas de la playa (D50). En cuanto a los parámetros utilizados para determinar el tipo de rotura frecuente en la zona de estudio, esta información fue proporcionada por la directora de la investigación. Del mismo modo, estos datos permitieron hallar el estado modal de la playa y los niveles de seguridad para los bañistas. Las playas de Castillogrande presentaron valores de Omega entre 2.36 y 10.38 predominando en los perfiles 2 y 3 el estado de playa disipativo, mientras que en el perfil 1 predominó el estado de playa intermedio barra longitudinal y seno. El oleaje se mantuvo en toda la playa con un tipo de rotura de descrestamiento. El tamaño medio del grano de las partículas de la playa (D50) está entre 0.19 y 0.23 correspondiente a arenas finas y se comportan de manera heterogénea. Se encontró que el cierre de la boca del laguito ha producido sedimentación en las playas de Castillogrande, se observó superponiendo los perfiles 1 de 2002 y el levantado en el presente estudio, además de una comparación de fotografías aéreas.



ABSTRACT

On this graduation project, has been evaluated the effects that the closure of the mouth of the Laguito has brought to the beaches of Castillogrande, with this, we have meant to know if the line of the coast has gone back a little or not. And know the tendencies of the beaches of the zone. Profile measurements of the beaches have been taken on three reference points during the first semester of 2017. One of these profiles had been lifted in 2002, when the mouth of the Laguito was still open -which helped us to stat the correct comparisons Some sand was taken of three different points, dry sand, at the coast line and the sand that was submerged at the beach Thanks to this, it was possible to get the media of the size of the particles of sand (D50) According to the parameters used to determine the kind of frequent roture at the study Zone. This information was given by the director of the investigation. Also, this data allowed to find the modal state of the beach and the security levels for the people who attend the beaches. Castillogrande's beaches showed omega values between 2.36 and 10.38 predominated at the 2 and 3 profiles the surf kept steady at the whole beach with a kind of roture of Spilling. The media size of the grain of the particles of the beach (D50) was between 0.19 and 0.23 corresponding to fine sand And they behaved in a heterogeneous way It was found that the closure of the laguito's mouth has produced a sedimentation on the beaches of Castillogrande, It was observed "superponiendo" the profiles 1 of 2003 and the one lifted on the present investigation Also, a comparison of pictures from the air have been included. Also, a comparison of pictures from the air have been included.



INTRODUCCIÓN

Las zonas costeras poseen la característica de no mantenerse en una posición fija sino que permanecen en un constante cambio a lo largo del tiempo, a esto se le conoce como variabilidad de las playas, en lo cual no solo se presentan cambios en la configuración y forma de la zona sino también en la distribución granulométrica del sedimento del que se encuentran compuestas (Medina, Losada, Losada, & Vidal, 1995). Por ende, la importancia de mantener monitoreadas estas zonas y conocer su actividad hidrodinámica continuamente para conocer las variaciones que suelen presentarse y así garantizar seguridad en la zona y de los sectores aledaños.

Algunos estudios han permitido determinar que las entradas o lagunas costeras pueden llegar a sedimentarse por causas naturales, teniendo incidencia en las zonas costeras aledañas (García & Muñoz Vera, 2015). Las causas naturales del cierre total de las entradas costeras se deben a la interacción entre las corrientes de deriva, la corriente de la entrada y el transporte de sedimentos que estas generan, por lo que es importante conocer los efectos que se han originado a partir del cierre de la boca del Laguito sobre las playas de Castillogrande, debido a que su cierre es un fenómeno similar a lo anteriormente expuesto. Del mismo modo, las entradas costeras inciden en los procesos de erosión costera, los cuales se han convertido en una problemática que se ha incrementado en los últimos años y puede repercutir en el ámbito social, económico y ambiental, poniendo en riesgo la calidad de la vida de las poblaciones costeras por la afectación de la infraestructura física y de actividades productivas.

Estudios recientes evidencian que de 2366 km de línea de costa continental y de 197.72 km de la parte insular del Caribe colombiano, muestran erosión del 21.8% y 27,2% respectivamente (Ricaurte Villota, 2015). En el caso de la ciudad de Cartagena de Indias por su localización geográfica, se encuentra afectada significativamente por estos procesos de erosión costera de acuerdo a estudios que revelan que el 15.14 % de la línea de costa de la ciudad puede ser catalogada dentro de un rango de amenaza muy baja o baja, el 25.10 % dentro de un rango de amenaza moderado y el restante 59.74 % dentro de valores de amenaza alta y muy alta, siendo mayor el



Evaluación de los efectos del cierre de la boca del Laguito sobre las playas de Castillogrande, cerca al Club Naval



porcentaje de las áreas más vulnerables ante este fenómeno (Rangel Buitrago & Posada Posada, 2013).

El presente estudio se realizó con la finalidad de evaluar los efectos que el cierre de la boca del Laguito tiene sobre playas del sector cerca a la punta de Castillogrande mediante el seguimiento de perfiles de playa, tales como el comportamiento o variaciones de la línea de costa de dichas playas, su geomorfología y su estabilidad en cuanto a procesos de erosión – sedimentación. Este trabajo de investigación pretende responder algunos interrogantes como ¿Qué efecto tiene el cierre permanente de la boca del Laguito sobre la estabilidad de las playas de Castillogrande? ¿Qué tanta variación han experimentado las playas del sector desde el año 2003, cuando se hizo la última medición en este sitio?, ¿Qué efectos negativos pueden esperarse si se abre la boca nuevamente? Cualquier intento por entender el comportamiento de una playa debe comenzar con la observación de la misma. Por lo tanto, para poder encontrar respuestas a estos interrogantes es necesario realizar un monitoreo de los perfiles de playa en la zona de Castillogrande contigua al Club Naval y así poder determinar el comportamiento geomorfológico de este sector después del cierre de la boca del Laguito y a partir de esto poder evaluar las posibles variaciones y riesgos para su estabilidad y proponer posibles soluciones y recomendaciones.

Es importante conocer cómo los procesos que actualmente se presentan en el Laguito repercuten en las playas de Castillogrande por medio del seguimiento al comportamiento de la línea de costa, y los perfiles de playa con el propósito evaluar posibles riesgos y salvaguardar a los habitantes y proteger la infraestructura del sector como la edificaciones correspondientes a la actividad hotelera o simplemente las de tipo residencial dominantes en la zona pues como ya se ha mencionado la ciudad de Cartagena la debido a su localización, se encuentra afectada por procesos de erosión costera como lo ha revelado un estudio donde se tiene que el 15.14 % de la línea de costa de la ciudad se encuentra dentro de un rango de amenaza muy baja o baja, el 25.10 % dentro de un rango de amenaza moderado y el restante 59.74 % dentro de valores de amenaza alta y muy alta (Rangel Buitrago & Posada Posada, 2013). Estudios como mediciones y levantamientos de perfiles en las playas de Castillogrande, tomas de muestras de sedimento e incluso mediciones del oleaje permitirán determinar las circunstancias actuales de la zona con el fin de saber qué tanto se



Evaluación de los efectos del cierre de la boca del Laguito sobre las playas de Castillogrande, cerca al Club Naval



ha sedimentado o erosionado las playas desde el año 2002 y posterior al cierre de la boca y si se ha presentado movilidad en la línea de costa. Ésta investigación además de ser necesaria, resulta interesante para el ingeniero civil pues es de vital importancia conocer la posición de la línea de costa no solo en el sector de Castillogrande sino en todas las playas que rodean a la ciudad de Cartagena con el fin de tener una idea del comportamiento de la zona y así mantener segura a la población que las habita. Además es importante destacar que son muy pocos los estudios realizados en el sector de las playas de Castillogrande y menos tomando como causa el cierre de la boca del Laguito.

Las playas estudiadas en el presente trabajo corresponden a un sector contiguo al Club Naval de Oficiales localizado en la punta de la península de Castillogrande entre las coordenadas $10^{\circ}23'25.8''N + 75^{\circ}32'41.8''W$ y $10^{\circ}23'25.8''N + 75^{\circ}32'41.8''W$ de la ciudad de Cartagena de Indias. Imágenes satelitales obtenidas con la herramienta de Google Earth muestran las diferencias en cuanto a la situación del sector de Castillogrande y la boca del Laguito cuando se encontraba abierta (año 2007), y las condiciones actuales de la zona de estudio en donde la boca del Laguito está completamente cerrada. Notándose que cuando la boca está cerrada hay un crecimiento de las playas desde la boca hasta el sector de Castillogrande. Para llevar a cabo el estudio se tomaron tres perfiles en las playas de Castillogrande conociendo el BM de uno de ellos, pues fue levantado en 2002. Durante las mediciones realizadas para los respectivos levantamientos de perfiles se observó que a pesar de encontrarse en el mismo sector, se presentan anchos de playa distintos, incluso en el perfil 1 la playa seca era más o menos de 8m y que en la playa prácticamente no hay estructuras de protección.

La realización de éste estudio claramente amplía la literatura relacionada al tema pues aparte del perfil levantado en 2002 no se tiene ningún otro dato de las playas de Castillogrande, además es de vital importancia el constante estudio y monitoreo no solo de la zona de estudio sino de las zonas costeras y aún más en una ciudad tan rodeada de costas como Cartagena de Indias. Además los resultados que se obtengan junto con los obtenidos en el estudio anterior sirven como referencia o apoyo a futuras investigaciones sobre el comportamiento de la zona costera de Castillogrande.



1. MARCO REFERENCIAL

En este capítulo además de conocer y estudiar la teoría necesaria para llevar a cabo el presente proyecto de investigación, es importante analizar estudios similares y el monitoreo que debe realizarse en las zonas costeras, por tanto a medida transcurren los años se han implementado distintos métodos como alternativas de solución a problemas sobre efectos de la variabilidad de la dinámica costera en el mundo, por lo cual se requiere el estudio del retroceso de la línea de costa y rotura que presenta el oleaje para proteger el litoral y del mismo modo, en las construcciones ubicadas en los sectores aledaños.

1.1. Antecedentes

Los estudios realizados para conocer la dinámica y variabilidad de las zonas costeras no son un tema de ahora, con el pasar de los años se ha venido trabajando en este tema no solo en la ciudad de Cartagena sino en todo el mundo. Un elemento que se analiza frecuentemente para aproximarse al comportamiento de una zona costera es el perfil de playa levantados topográfica o batimétricamente acompañados con datos del tipo de sedimentos del sitio. Existen diferentes enfoques para analizar perfiles de playa, como los modelos de perfil de equilibrio expuestos por Moore (1982), Dean (1977, 1991) y Dean y Dalrymple (2001) basados en el estudio previo realizado por Bruun (1954), (citados por Walton y Dean, 2007).

En España, por ejemplo, se han realizado múltiples estudios en sus zonas costeras. Para 1995 se llevó a cabo una investigación acerca de la variabilidad de los perfiles de playa: forma y distribución granulométrica (Medina, Losada, Losada, & Vidal, 1995). La cual estuvo enfocada en la variabilidad de distintos perfiles de playa, tanto en lo que se refiere a su configuración o forma, como a su distribución granulométrica. El estudio fue realizado con base a datos medidos en varias playas del litoral español, por lo que las playas que se seleccionaron reflejaron diferentes situaciones usuales en el 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. Los resultados indican que al ser analizada 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”. Para el caso del comportamiento temporal de la distribución granulométrica del sedimento muestra una variabilidad estacional que está fuertemente relacionada con los cambios morfológicos del perfil. Para el mismo año, los mismos autores llevaron a cabo la realización de un artículo científico con un enfoque distinto, teniendo en cuenta que los temas a tratar fueron los modelos de la hidrodinámica en las zonas costeras y el transporte de sedimentos, en donde se buscó precisar la inclusión de un modelo de transporte de sedimentos que, a partir de las corrientes calculadas, evaluara el transporte de sedimentos en suspensión y por fondo en todas las direcciones y a cualquier profundidad. Además, un módulo en el que se planteara la ecuación de conservación del sedimento relacionaría el transporte anteriormente calculado con la evolución del lecho. Se puede observar que una de las principales dificultades que presenta este "modelo ideal" radica en las diferentes escalas temporales que rigen los fenómenos hidrodinámicos y los relacionados con el transporte de sedimentos y evolución de la línea de costa. Cada uno de estos módulos ha evolucionado de distinta forma y su integración plantea aún serias dificultades. Como resultado se concluyó que el área del transporte de sedimentos es, sin duda, donde más queda por hacer. La sofisticación de los modelos que se utilizan para la hidrodinámica es desproporcionada con las más simples formulaciones que se emplean para modelar el transporte de sedimentos. Por último, el modelado de la línea de costa puede realizarse con modelos sencillos, como el de una línea, tendentes a buscar una situación de equilibrio, o mediante los modelos más completos 3-D.

En Estados Unidos, Walton y Dean, (2007) estudiaron perfiles de playa en las costa Panhandle en Florida, aplicando y ajustando la teoría de los perfiles de playa mediante el ajuste de datos por el método de mínimos cuadrados y de ajustes sucesivos de 12 perfiles levantados por el Departamento de Protección Ambiental de Florida, desde el año 1973 hasta el año 2003, en tres sectores de las playas de PanHandle (Walton County, Bay County, y Escambia County). Los perfiles batimétricos se midieron hasta un poco más profundo del punto de cierre del perfil, aproximadamente a 3.9 m. El objeto del estudio fue verificar el ajuste de los perfiles a la ecuación de equilibrio de Dean y evaluar la sensibilidad del parámetro A a la profundidad de cierre del perfil (h_c). Los resultados indican que el modelo de perfil de equilibrio establecido por Dean ($Y = AX^{2/3}$) se ajustó bien a los perfiles medidos y que el parámetro A de la ecuación es sensible a la profundidad de cierre del perfil. También se concluye que los perfiles medidos después de la



ocurrencia de una tormenta o después de la colocación de un relleno artificial de playas se encuentran completamente lejos de la posición de equilibrio expresada por el modelo de Dean (Walton Jr. & Dean, 2007).

Ahora bien, Colombia ejerce soberanía sobre un mar territorial y una Zona Económica Exclusiva de 980.000 km² aproximadamente, que equivalen aproximadamente al 80% del total del territorio continental. Los dos océanos que bañan nuestras costas a lo largo de 3.000 km de litorales además de los sistemas insulares, albergan una alta diversidad de flora y fauna, y diferentes tipos de ecosistemas marino-costeros, considerados los más ricos, diversos y productivos del Trópico, representando un potencial y una serie de recursos valiosos para el desarrollo futuro del país. El 31% del perímetro continental colombiano está constituido por las costas marinas de las cuales 1.300 km. están sobre el Mar Caribe. En el país se distinguen dos tipos de zonas costeras: La Zona Costera Continental y la Zona Costera Insular (Moreno, 2011).

Por otra parte, la erosión costera es una problemática que se ha incrementado en los últimos años y que de alguna manera está teniendo consecuencias sociales, económicas y ambientales, poniendo en riesgo la calidad de la vida de las poblaciones costeras por la afectación de la infraestructura física y de actividades productivas. En la **Figura 1** puede observarse el retroceso que ha tenido la línea de costa por procesos erosivos en el Caribe Colombiano.



Figura 1. Erosión de la línea de costa en el Caribe Colombiano.

Fuente: Ricaurte Villota, 2015.



De 2366 km del caribe continental colombiano, 21.8% muestra erosión, en las islas de 197.72 km de línea de costa el 27.2% (Ricaurte Villota, 2015).

La erosión costera puede llegar a ser un proceso irreversible que causa la pérdida de terrenos y pone en peligro recursos, tanto económicos como naturales, dentro de una zona litoral. A lo largo del distrito de Cartagena de Indias se han identificado procesos erosivos costeros (cambio climático, ascenso en el nivel del mar, modificaciones en sedimentación, intervenciones antropogénicas) que están provocando cambios rápidos en la morfología litoral. Lo previamente mencionado, junto con los resultados obtenidos al determinar la evolución reciente de la línea de costa, permite deducir que un alto porcentaje del litoral se encuentra en estado activo de erosión.

El mapa de amenaza por erosión costera mostrado en la **Figura 2**, revela que el 15.14 % de la línea de costa del distrito de Cartagena de Indias puede ser catalogada dentro de un rango de amenaza muy baja o baja, el 25.10 % dentro de un rango de amenaza moderado y el restante 59.74 % dentro de valores de amenaza alta y muy alta.

En el Departamento de Bolívar Cartagena y Santa Catalina. Las zonas más susceptibles a la erosión en el área de Cartagena corresponden a las islas de Tierrabomba, Barú e Isla Grande, en los sectores de poblado de Tierrabomba, Playa Blanca, Playetas, Barú (costado sur), El Laguito-Castillogrande, Bocagrande, Centro Histórico y Punta Canoas. Estas áreas, además de registrar un alto grado de amenaza por erosión costera, presentan un desarrollo urbanístico intermedio a alto, lo que las convierte en áreas mucho más vulnerables ante este fenómeno (Rangel Buitrago & Posada Posada, 2013).

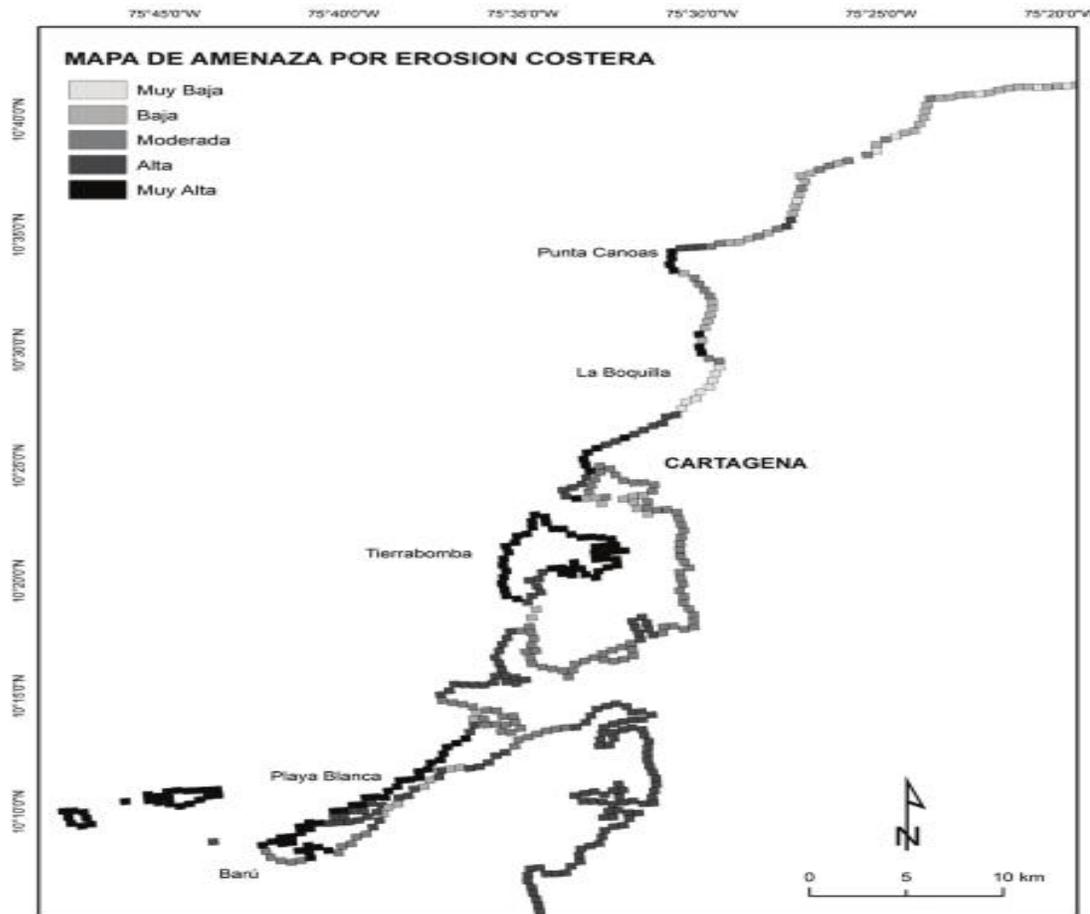


Figura 2. Mapa de amenaza por erosión costera

Fuente: Rangel Buitrago & Posada Posada, 2013.

Rangel y Anfuso (2013) realizaron el estudio morfológico, morfodinámico y evolutivo de tres segmentos de costa ubicados en la península de La Guajira sobre el mar Caribe colombiano. Las tres zonas abarcan aproximadamente 10 Km de línea de costa e incluyen unidades geomorfológicas como playas, llanuras costeras, dunas y salares. Para la realización del estudio se realizaron dos salidas de campo en los meses de mayo (época húmeda) y diciembre (época seca) del año 2005 los levantamientos de perfiles desde la playa se realizaron con un nivel de precisión, teodolito y ecosonda mono haz de 200 khz, se efectuó el levantamiento hasta una profundidad máxima de 11 m. Se realizaron muestreos sedimentológicos para determinar el parámetro F_i (ϕ). Se calcularon el Parámetro de Similaridad del Oleaje (Número de Iribarren) para caracterizar el tipo de rotura del oleaje y el número de Dean (Ω). Para identificar las variaciones históricas en los tres segmentos de costa se usaron fotos aéreas de los años 1944, 1947, 1971 y 2003 georeferenciadas en un SIG



(ArcGis) a partir de puntos de control tomados en campo mediante un GPS diferencial, lo cual permitió determinar el cambio exacto de la línea de costa y su tasa de erosión/acreción en metros por año (m/año). Pudo determinarse que las playas corresponden a tipos morfodinámicos intermedios y disipativos, que varían a lo largo del año dependiendo principalmente de la pendiente del perfil y de los cambios en el tamaño de grano de los sedimentos de las playas. De igual forma el análisis histórico de las líneas de costa mostró tendencias erosivas significativas de hasta 2 m/año. Estas tendencias erosivas afectan diferentes elementos que conforman el litoral como: estructuras de protección costera, obras civiles y una amplia variedad de ecosistemas ubicados a lo largo de la zona (Anfuso & Rangel, 2013).

La Universidad de Cartagena, en convenio con COLCIENCIAS, desarrolló un proyecto de investigación entre los años 2000 y 2003 en el que se evaluaron los procesos costeros en Cartagena desde la Boquilla hasta el Laguito, el cual se realizó mediante el seguimiento a perfiles cercanos a la playa con el debido monitoreo de las zonas de estudio alrededor de dos años con el fin de determinar las variaciones de la línea de costa, conocer la hidrodinámica costera y evaluar el transporte de sedimentos a lo largo de la zona costera de Cartagena. A partir de este estudio se clasificaron geomorfológicamente las playas de la ciudad y se obtuvo un mayor conocimiento sobre el oleaje, las velocidades y direcciones de las corrientes y el volumen del transporte de sedimento así como sobre la forma característica de los perfiles de playa de la zona cercana a la costa. Del estudio se concluyó que la dirección predominante del oleaje en la zona cercana a la costa es la NNE-NNW, actuando el 35,19% del año, la segunda más importante es la WNW-WSW con el 2,01% del año durante los meses de mayo a noviembre. El resto del año (62,8%) el oleaje es influenciado por el efecto del viento local. Para el sector del Laguito las playas se clasificaron como protegidas, sometidas al efecto combinado de la marea y el oleaje local, los que caracterizan la hidrodinámica y el comportamiento del sedimento en la zona. Los oleajes de tormenta del oeste alcanzan la zona con alturas de 2 a 2,4m y períodos de 8 a 10s, siendo los más nocivos para el sector (Moreno Egel & Arrieta Pastrana, 2003).

En la **Figura 3** se observa el plano de la zona de interés, que se analizó en el estudio realizado de la Universidad de Cartagena, cuyos resultados se compararán mediante superposición con la línea de costa actual de la zona y los perfiles de playa que se midan en este proyecto.

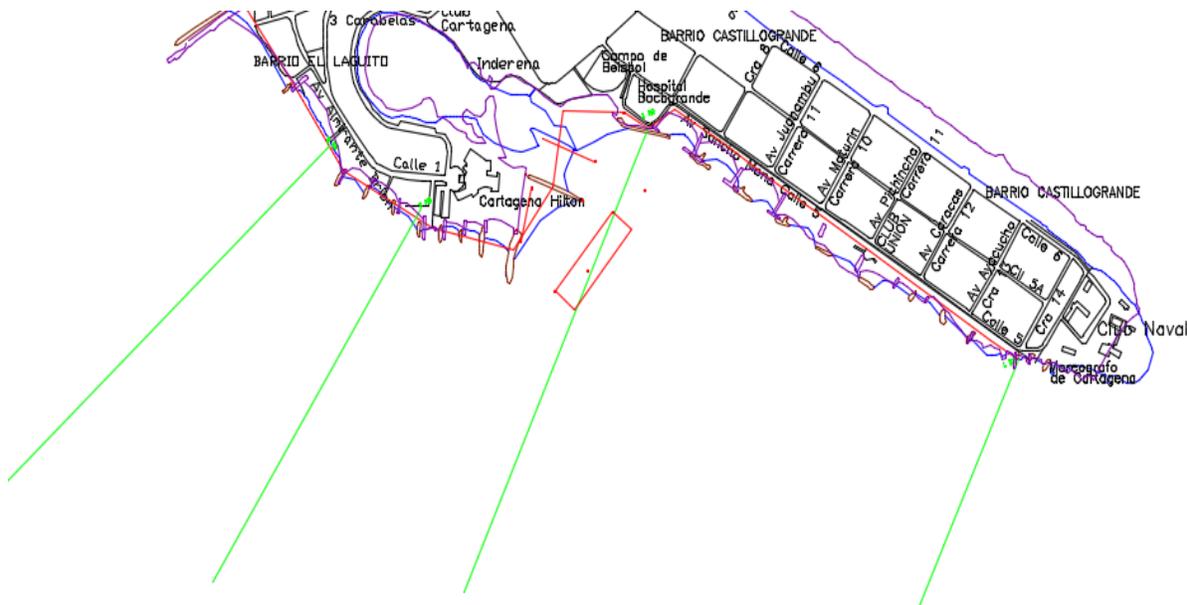


Figura 3. Localización de BM estudio realizado por la Universidad de Cartagena en convenio con Colciencias.

Fuente: Colciencias-Universidad de Cartagena, 2002.

1.2. Estado del arte

Luego del análisis de la información secundaria directamente relacionada con los efectos de una entrada costera sobre la geomorfología de la misma zona, lo cual es de considerarse como parte esencial para una adecuada comprensión e interpretación sobre la problemática que abarca el proyecto de investigación que se pretende llevar a cabo, para lo cual se requiere de la revisión bibliográfica concerniente a la problemática planteada y así como también a las soluciones dadas a las mismas.

Es importante resaltar que para el desarrollo de este proyecto de investigación, a continuación se muestran estudios a nivel internacional con aspectos particulares sobre procesos de erosión y sedimentación en zonas con entradas costeras, debido a que en el país son pocos los estudios realizados sobre los efectos que originan estas entradas costeras que afectan la línea de costa. Del mismo modo, se realiza consulta de estudios a nivel local sobre la evaluación de los procesos



Evaluación de los efectos del cierre de la boca del Laguito sobre las playas de Castillogrande, cerca al Club Naval



costeros, en donde el objetivo fue monitorear las variaciones de la línea de costa y conocer mejor la hidrodinámica costera en sectores de playa.

En playa El Espino (El Salvador) se determinó la magnitud de los procesos de erosión, sus posibles causas y las zonas que presentan mayor amenaza, así como las posibles soluciones para enfrentar estos problemas, cuestiones que constituyen elementos fundamentales a considerar en el ordenamiento del territorio. Los resultados obtenidos constituyen un punto de inicio para el desarrollo de nuevos trabajos en el resto de las costas salvadoreñas, en aras de crear las bases científicas para afrontar el desarrollo económico en un mundo cada vez más interconectado y con mercados cada vez más competitivos y mejor posicionados. Playa El Espino está localizada en una isla barra en un ambiente de progradación constituida por sedimentos terrígenos finos, sometida a procesos erosivos con una magnitud de 2.77 m para los últimos 30 años y una tendencia a incrementarse. La determinación de los corrientes litorales, a partir de las características del oleaje y el uso de indicadores geomorfológicos, demostraron la existencia de una deriva litoral neta en dirección Este-sureste, aunque bajo determinadas condiciones se produce un transporte en sentido inverso (Rodríguez Paneque & Beltrán Mayorga, 2012).

Un estudio similar se llevó a cabo en 2013 en Costa Rica para ambas costas (Pacífica y Caribe) a cerca de la erosión en dichas playas incluyendo la isla del Coco (Lizano R., Omar G. 2013). En donde se señalan procesos de erosión en dichas zonas. Algunos han sido severos en los últimos años, por lo que se advierte sobre los cambios que se avecinan, de manera que las autoridades respectivas tomen las medidas correspondientes. Aunque es posible que haya movimientos tectónicos en esas costas como lo señalan Cárdenes (2003) y Protty (2007), los procesos de erosión también están ligados al aumento del nivel del mar, ya sea por este fenómeno o por expansión térmica. Nuevos estudios sobre proyecciones del nivel del mar indican un peor escenario en los próximos 100 años (Nicholls & Cazenave, 2010), por lo que urge tomar acciones ante el eminente cambio climático antropogénico. Es hora de pensar en soluciones a largo plazo y dejar de usar sacos de arena para mitigar los procesos de erosión que se están dando pues si no se toma acción ahora, se podría alejar la línea de costa unos 300 metros. En ambos estudios se llega a la conclusión de lo importante que es dejar de pensar en soluciones momentáneas, teniendo en cuenta que es de



vital importancia pensar en soluciones que puedan contribuir a mitigar los procesos de erosión de las zonas no solo hoy sino pensando también en el día de mañana.

Amaroli et al, (2013) analizaron la respuesta del sistema de dunas y playas en el Nordeste de Italia sobre la costa del Mar Adriático, en una longitud de 4km, cuando son atacados por tormentas y las compararon con el comportamiento morfodinámico normal estacional (mensual) de las playas en un período de tres años y evaluaron los resultados proyectados con el Modelo XBEACH. Los trabajos de campo consistieron en el levantamiento topográfico de perfiles (siete levantamientos en tres años) usando la tecnología RTK DGPS. Se recogieron 103 muestras de sedimentos en 20 de los perfiles medidos en seis puntos diferentes del perfil, seleccionados de acuerdo con sus características morfológicas. Se identificaron seis zonas morfológicamente diferenciadas por características espaciales del perfil (Longshore y Cross-shore), consistencia de las pendientes del perfil y otras características identificadas en fotos aéreas y datos de LIDAR. Las mayores pendientes en los perfiles se presentaron durante el invierno y algo más suaves durante el verano. La clasificación geomorfológica de la zona de acuerdo con Masselink and Shore (1993) fue la de playa intermedia con barras (Intermedia barred beach, IBB) y siguiendo la clasificación de Shore (1999), un sector como barra-valle longitudinal (longshore bar-trough, LBT), terraza de baja mar (low tide terrace, LTT), y un pequeño sector como barra transversal y rip (transverse bar and rip, TBR). Las tormentas son las principales responsables de los cambios en las pendientes de las dunas y las playas. Para la tormenta más significativa (marzo de 2010) con alturas de olas de 3.91 m se observaron cambios en las dunas las que se volvieron más planas. El modelo XBeach, reprodujo bastante bien el proceso de erosión de la duna, pero presenta ciertas limitaciones cuando la duna está acompañada de plantas otros factores bióticos (Amaroli, 2013). De lo que se destaca la metodología utilizada para la clasificación geomorfológicas en la zona de estudio como base para el desarrollo de la investigación sobre las playas de Castillogrande.

En el mar Báltico se realizó el estudio para analizar el comportamiento de los perfiles de playa que presentan varias barras (multi-bar). El objetivo principal del estudio fue evaluar las interrelaciones entre la ecuación de Dean modificada y su ajuste a cada perfil y las relaciones del



parámetro A con las variaciones de la línea de costa a largo plazo y el parámetro F que describe las variaciones de la cantidad de sedimentos en la costa y la resistencia de la costa a la erosión, definido de Acuerdo con el enfoque holandés y adaptado por Cieslak (2001). Se analizaron los perfiles de playa con 2 a 5 barras levantados desde 1987 a 2008 en una costa típica del sur del Mar Báltico, en la Estación de Investigaciones Costeras de Lubiatowo por el Instituto de Hidro-Ingeniería de la Academia de Ciencias de Polonia. Las primeras barras se ubican a los 100 o 120 m de la costa, las segundas a 250 m, las terceras entre 400 y 450 m y las cuartas entre 650 y 750m traslapándose algunas veces con las anteriores y formando una gran barra. Adicionalmente aparecen barras efímeras en algunos años. Para el estudio se seleccionaron tres perfiles distantes de la línea de costa hasta 1000 m. Los perfiles medidos se ajustaron por el método de los mínimos cuadrados a la curva modificada de Dean y se analizó el valor del parámetro A Este parámetro representa cuantitativamente la estabilidad de la costa, valores bajos de A indican que la costa tiende a acumular sedimentos y valores altos indican mayor pendiente de la playa y por consiguiente mayor ataque de las olas sobre el perfil y mayor tendencia a la erosión. De igual forma se analizó el parámetro F que indica los recursos de sedimentos disponibles en cada perfil, tal como se muestra en la **Figura 4**.

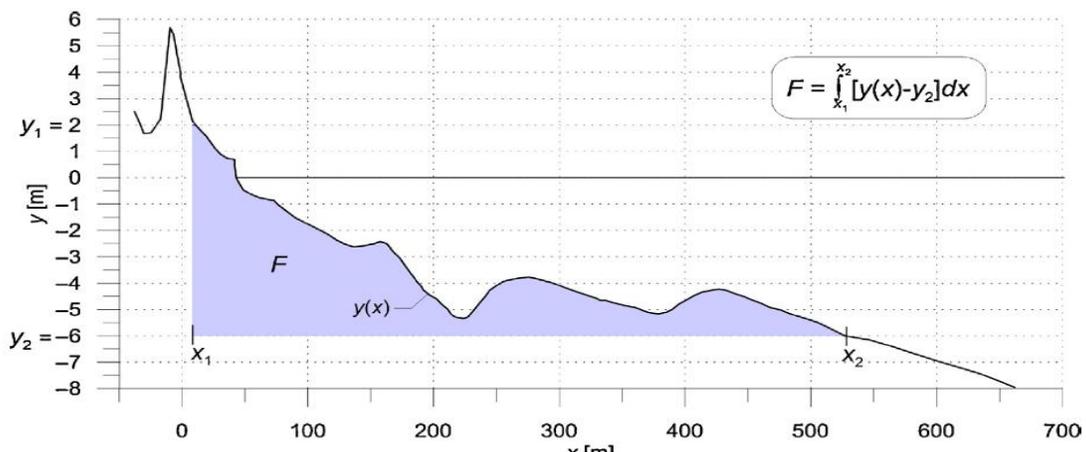


Figura 4. Definición de volumen disponible de sedimento F, en $m^3.m^{-1}$

Fuente: Cerkowniak, G.R., 2016.

Del estudio se concluye que el parámetro A obtenido de la curva de Dean modificada se comporta independiente de la variación de la línea de costa. En contraste con el concepto que se



tiene para perfiles de playa sin barras o con una sola barra, la erosión de la cota en los perfiles multibarra, puede estar acompañada de una disminución del valor del parámetro A, ya que cuando retrocede la línea de costa, el sedimento se acumula sobre las barras disminuyendo el valor de A. Finalmente el parámetro F puede ser considerado como un indicador de la estabilidad de la playa. Este parámetro depende de cada sitio específico y debe evaluarse independientemente en cada perfil (Cerkowniak, 2016)

En el ámbito nacional también se registran estudios en zonas costeras realizados en los últimos años. Tal es el caso de una investigación que se llevó a cabo en la isla de Gorgona, en Playa Palmeras, ubicado en el Parque Nacional Natural en el pacífico colombiano, donde se hizo un estudio de caracterización morfodinámica en dicha zona costera hacia el año 2012, en el cual se tomaron cinco perfiles topográficos cada quince días iniciando en octubre de 2010, distribuidos cada 200 m a lo largo de los 1.2 kilómetros de extensión de la playa. Durante cuatro campañas de campo se instalaron equipos (ADCP Nortek Awac1000m) para medir altura de ola, periodo, corrientes y nivel del mar identificando eventos de corta duración que provocaron la erosión o acumulación de sedimentos en ciertas zonas de la playa.

A partir del análisis de la serie de oleaje de largo plazo a pie de playa (simulada con el SWAN), se obtuvo el régimen del oleaje, permitiendo modelar los casos más probables en el MOPLA (módulo de corto plazo del SMC), obteniendo las corrientes por rotura del oleaje en la playa, para distintos escenarios de marea. Estas modelaciones concuerdan con los patrones de transporte que se presentan en las mediciones de perfiles de playa.

También se obtuvo el volumen aproximado de sedimentos disponibles en la playa, a partir del Modelo Digital de Elevación (MDE) actualizado, que se comparó con los volúmenes calculados a partir de los perfiles de playa y el resultado muestra que Palmeras perdió 7.8% de los sedimentos disponibles desde octubre de 2010 hasta septiembre de 2011.

Finalmente se evaluó la respuesta de la playa a la variación del oleaje incidente con dos aproximaciones comúnmente utilizadas, la de Masselink y Short (1993) y la de Guza e Inman (1975) dando como resultado una playa netamente reflejante durante casi todo el año, con pequeños cambios en los extremos norte y sur durante los meses de febrero a abril (época seca), al



pasar de un estado reflejante a uno intermedio con barra (Gómez García, Correa Pérez, Osorio, Bernal, & Gonzalez, 2012).

En la ciudad de Cartagena hacia el año 2012 se realizó una clasificación geomorfológica y un análisis de la variación espacial y temporal de las playas en el sector de Marbella (Avendaño Camargo & Bonfante Zarza, 2012) cuya principal finalidad fue la realización de la clasificación geomorfológica y el análisis de las variaciones espacio temporales de las playas de Marbella. Para esto, se estudiaron cuatro perfiles durante tres meses, se compararon los resultados obtenidos con el perfil de equilibrio y se recolectaron muestras de sedimento durante cada medición para su análisis sedimentológico. Se obtuvo que el diámetro promedio del sedimento en playa seca era de 0,190 mm, mientras que en playa húmeda tuvo un valor de 0.182 mm. Durante los meses de medición, el perfil 18 fue el que mayor erosión presentó, a su vez los perfiles 15 y 16 también presentaron un comportamiento erosivo, sin embargo el perfil 17 presentó una fase de acumulación de sedimento con un incremento considerable de volumen por metro lineal. La mayor ganancia de playa se presentó en el mes de septiembre, en el perfil 17 con un total de 13m, mientras en los demás perfiles la línea de costa avanzó hacia la berma. Se determinó que la playa es de tipo disipativa con tendencia a la erosión. Al comparar los resultados del año 2003 y 2007 con los del año 2012, se encontró un proceso erosivo generalizado en donde los perfiles 15 y 16 presentaron valores críticos, mientras en el perfil 17 la variación se mantuvo más estable.

Dos años después en el sector de la Boquilla se llevó a cabo un estudio de perfiles de playa para la determinación de estados modales (Maza Figueroa & Rangel Fajardo, 2014), que tuvo por objetivo precisamente determinar los estados modales de playa en el sector La Boquilla, ubicado en la Zona Norte de la ciudad de Cartagena, por medio del análisis de perfiles. Se realizaron mediciones topográficas y batimétricas semanales en la zona litoral, recolecciones de muestras de arena en diferentes puntos para determinar el tamaño medio (D50) de las partículas del sedimento marino, se calculó el parámetro omega de Dean para conocer la clasificación de la playa y, al mismo tiempo, se encontró el perfil de equilibrio en su zona húmeda para detectar la presencia de procesos de erosión, movilidad de la línea de costa, estabilidad y evaluar el riesgo para los bañistas. Se obtuvo que el sector estudiado presenta un estado modal intermedio ($1 < \Omega < 6$) para oleajes que se aproximan a la costa en dirección Nornordeste (NNE) y Nordeste (NE) con altura



significativa de 1 m (para periodos de 6,7s; 7s y 7,5s) y con altura a la rotura (H_b) entre 0,4m y 1 m; tal estado corresponde a Barra y Playa Rítmicas, RBB, de acuerdo con la morfología de los perfiles; para otros casos, el comportamiento es disipativo ($\Omega > 6$); además, el sedimento recolectado en todos los puntos a lo largo de los perfiles de estudio está compuesto de arena fina. Se encontró un grano de arena más gruesa en la zona seca, 0,180 mm; sensiblemente menor en la línea de costa, 0,178 mm; y más pequeño en la zona húmeda o sumergida, 0,164 mm, valores que son menores respecto a los resultados obtenidos en el estudio realizado dos años atrás en Marbella. Los principales factores incidentes en la variación del tamaño del grano y en el comportamiento de la línea de costa fueron los gradientes de presión que propagan la energía del oleaje desde aguas profundas del Mar Caribe y las precipitaciones. Estudios de este tipo son importantes tenerlos dentro del marco referencial del presente documento, pues se realizan procesos similares a los que se plantean en los objetivos, pues para conocer la estabilidad de la zona, retroceso de línea de costa es necesario determinar el tamaño medio de las partículas de sedimento, además del parámetro omega de Dean.

Un reciente estudio realizado en el sector de Bocagrande de la ciudad de Cartagena de Indias con el fin de determinar los efectos que se han presentado en las playas de dicho sector tras la construcción de nuevas estructuras de protección costera en el sector de Crespo dio como resultado las playas en Bocagrande presentan un estado modal cuando no hay presencia de tormentas, del tipo intermedias con valores de omega entre 1.91 y 5.94 predominantemente de barrera y canaleta, para alturas de ola entre 0.31 m y 0.75 m, mientras que cuando hay presencia de tormenta este estado se vuelve disipativo con valores de omega entre 6.07 y 13.58 para oleajes que se aproximan a la costa en dirección Noroeste (NW) con alturas de 1.85 m y mayores. El sedimento de estas playas está compuesto de arena fina con tamaños de grano comprendidos entre los 0.03 y 0.3 mm que se comportan de manera heterogénea, característicos de arenas mal graduadas. Se encontró que las estructuras construidas en las playas de Crespo han tenido un impacto negativo sobre las playas estudiadas, puesto que se pudo determinar que después de su construcción, además de las variaciones normales debidas a su hidrodinámica, la línea de costa en las playas en el sector de estudio, retrocedió alrededor de 10 m en tan solo 8 años (Rivas Rojas & Verjel Ortiz, 2016).



Se observa que con el pasar de los años se han venido realizando estudios referentes a posición o movilidad de la línea de costa, sedimentación, erosión y estabilidad de una playa por distintos motivos como la construcción de estructuras de protección costera. A pesar de que casos de lagunas o entradas costeras también se han estudiado, no se contó con suficiente material donde se estudiaran estas entradas como causa de los parámetros mencionados anteriormente en playas aledañas sino más bien enfocados a la marea de dichas entradas, su hidrodinámica, incluso la presencia de materia orgánica. Esto da paso a que en cierta forma el presente estudio resulte interesante e incluso innovador pues se determinarán las circunstancias actuales de un sector de playa debido al cierre de la boca de una entrada costera cercana, que años atrás se encontraba abierta.

1.3. MARCO TEÓRICO

Para el adecuado desarrollo del proceso investigativo, en este subcapítulo se realiza la descripción sobre generalidades de las zonas costeras y unidades conceptuales referentes a la erosión, estabilidad y situación actual de acuerdo a las actividades antrópicas que se practican, en el ámbito de ingeniería de costas.

1.3.1 Zona costera.

La costa se define como la interfase entre el océano y la tierra, mientras que el concepto de zona costera se refiere al espacio delimitado por tal interfase. Por tanto, la definición más básica de zona costera es: la parte de la tierra afectada por su proximidad al océano y aquella parte del océano afectada por su proximidad a la tierra (Sciences US Commission on Marine, 1966).

De acuerdo a lo anteriormente explicado, los perfiles comúnmente conocidos son representados en la **Figura 5**, además se muestran los términos normalmente utilizados:

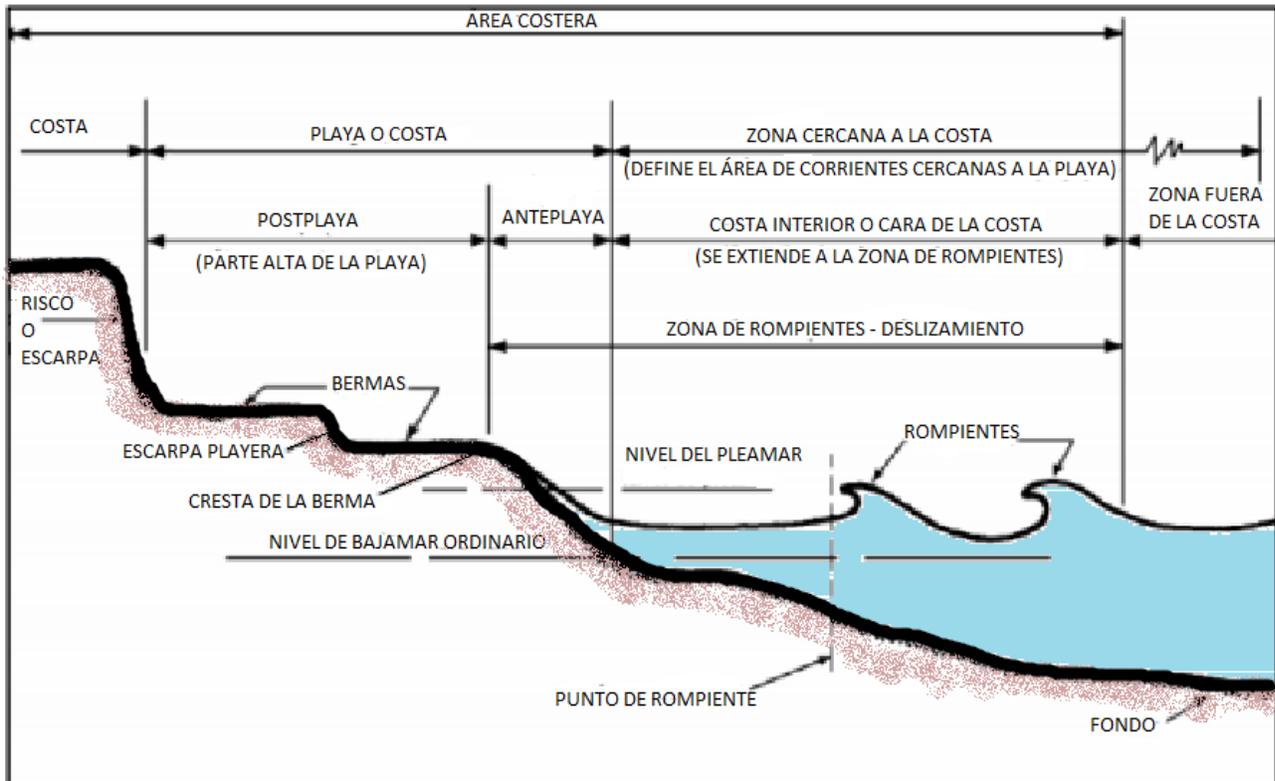


Figura 5. Perfil y términos comúnmente usados en la zona costera.

Fuente: U.S. Army Corps of Engineers, 2002.

1.3.1.1 Elementos de la zona costera.

Las áreas costeras son las zonas más productivas del mundo, contienen recursos diversos incluyendo áreas de mangles, arrecifes de coral, así como los lechos de pastos marinos que los hace altamente sensitivos a las intervenciones humanas. Sus ecosistemas son fuente de alimentos y sirven de soportes a una gran variedad de actividades económicas como la pesca, el turismo, la recreación, la industria y el transporte marítimo. Debido a esto y otros factores económicos, un gran porcentaje de la población mundial vive en estas zonas. (U.S. Army Corps of Engineers, 2002). En la **Figura 6** se muestran los elementos de una zona costera con sus respectivas definiciones.



Figura 6. Elementos de la zona costera.

Fuente: U.S. Army Corps of Engineers, 2002.



1.3.2 Perfil de playa.

El perfil de playa es la base tanto para modelos hidrodinámicos que contemplan la evolución del oleaje durante el asomeramiento y rotura, el origen y generación de las corrientes costeras y el transporte de sedimento asociado, como para modelos morfodinámicos donde se analiza la evolución morfológica de la playa o los cambios en la línea de costa (Bernabeu, Medina, Vidal, & Muñoz Pérez, 2001).

1.3.3 Perfil de equilibrio.

La introducción del concepto de perfil de equilibrio fue un paso importante en el estudio de la morfodinámica costera. Se define el perfil de playa como la variación de la profundidad del agua con la distancia desde la línea de costa. El perfil de equilibrio conceptualmente es el resultado del balance de las fuerzas destructivas contra las fuerzas constructivas que actúan en una playa. Este perfil resulta cuando los cambios son muy pocos en un cierto período de tiempo. Aunque el perfil de equilibrio bidimensional niega muchos de los procesos que ocurren a lo largo de la playa, un entendimiento de este perfil es importante para el entendimiento de los procesos que ocurren en una playa natural y para la aplicación de estudios de ingeniería (Dean & Dalrymple, 2004).

Dean (1977) y Vellinga, (1984) concluyeron en sus trabajos que el perfil de equilibrio en una playa puede describirse mediante una curva potencial de la forma (Moreno, 2011):

$$y = Ax^n \quad (1)$$

Estableciéndose que n varía entre 0,633 y 0,98, considerándose como un valor más común 2/3. A es un parámetro que depende fundamentalmente del tamaño del sedimento y especialmente de la velocidad de caída del grano, w , la que también se relaciona con el diámetro de la partícula mediante la expresión:

$$A = Kw^m \quad (2)$$

Variando m entre 0,66 y 0,44 y variando K entre 0,51 y 1,05.

Perfil de erosión o de tormentas, que se produce durante la acción de tormentas, en las que el oleaje que actúa sobre la playa es de gran contenido energético y, genera durante el proceso de rotura corrientes de retomo (undertow) de gran intensidad.



1.3.4 Rotura del oleaje (Hr).

A medida que el oleaje se acerca a la costa cambia debido a que empieza a notar el fondo. En este proceso la altura de ola crece hasta que es aproximadamente igual al calado de agua, y entonces se inestabiliza y rompe. Esto es debido a que la velocidad de las partículas de agua en la cresta de la ola excede a la de la propia ola, provocando la inestabilidad de la zona cercana al pico de la cresta que acaba colapsando.

Se distinguen cuatro tipos de rotura: spilling, plunging, collapsing y surfing (**Figura 7**), dependiendo de la forma en que rompe la ola, y cada una de ellas puede asociarse a un tipo de playa y oleaje.

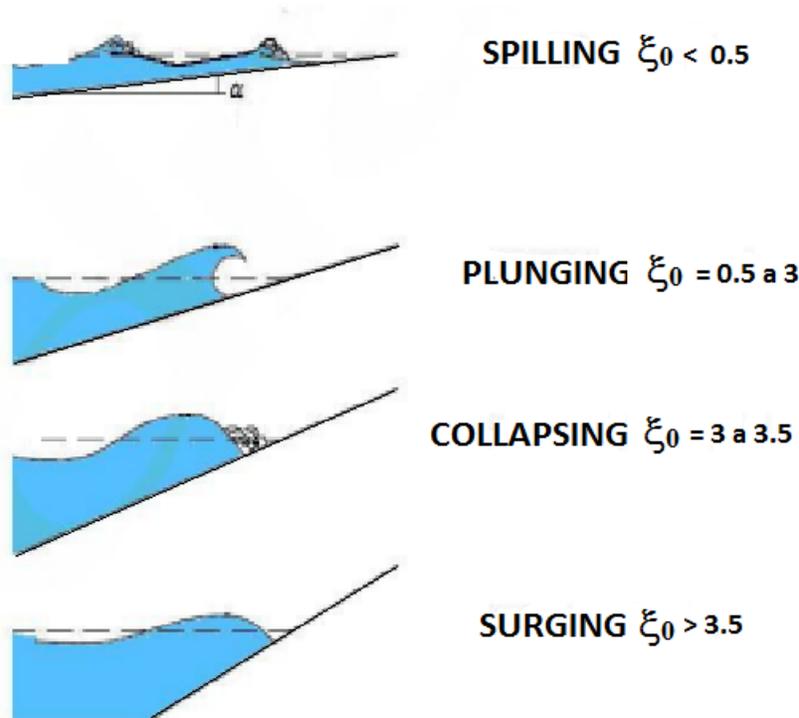


Figura 7. Tipos de rotura de olas en función del Número de Iribarren.

Fuente: Coastal Engineering Manual, 2002.

Acorde a lo mostrado anteriormente, para poder determinar los tipos de rotura del oleaje los cuales depende de la forma en que rompe la ola en la Figura 8, se caracterizan cada uno de los tipos de rotura.

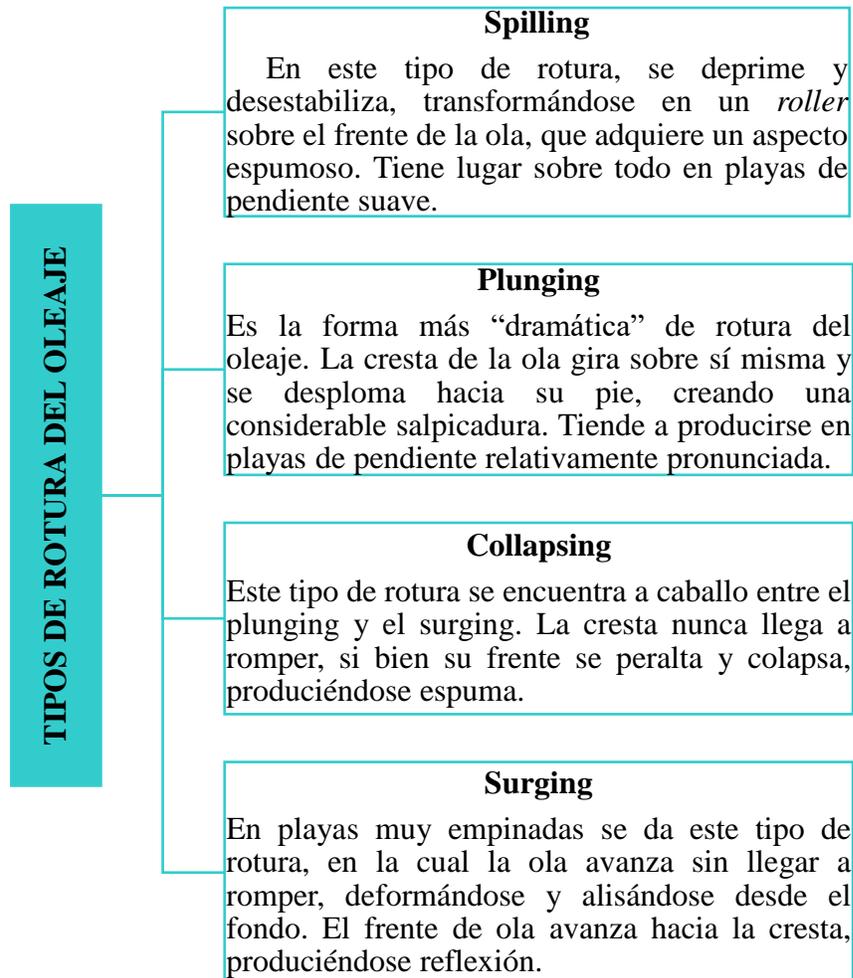


Figura 8. Características de los tipos de rotura del oleaje.

Fuente: Nautilus Ingeniería marítima, 2009. Modificado por autores.

1.3.5 Número de Iribarren (Ir).

El Número de Iribarren (Ir) denominado también como *parámetro de escala de la rompiente* (ξ_o), permite clasificar el tipo de rotura del oleaje en una playa. Se calcula como:

$$I_r = \frac{\tan \beta}{\sqrt{\frac{H_r}{L_o}}} \quad (3)$$

Siendo $\tan \beta$, la pendiente del perfil de playa; H_r , la altura de la ola y L_o , la longitud de onda en aguas profundas. De acuerdo con este número el oleaje se clasifica como Spilling, Plunging.,

Surging y Collapsing. Siendo $L_o = \frac{g \cdot T^2}{2\pi}$

g Aceleración debida a la gravedad.

T Periodo de onda.



β Es el ángulo de inclinación de la playa.
 H_r Es la altura de ola a la rotura.

En la **Tabla 1** se observan los rangos de valores del número de Iribarren en función de los tipos de rotura de olas.

Tabla 1. Valores del número de Iribarren para los diferentes tipos de rotura según Battjes (1974).

TIPO DE ROTURA	Nº DE IRIBARREN
Spilling	$Ir < 1.0$
Plunging	$1.0 < Ir < 2.6$
Collapsing	$2.6 < Ir < 3.1$
Surfing	$3.1 < Ir < 4.0$
No hay rotura	$4.0 > Ir$

Fuente: Tomado del Coastal Engineering Manual, 2002.

1.3.6 Morfología de una playa.

Las playas sufren cambios topobatimétricos bajo la acción del oleaje, las corrientes y el viento. Wright and Short (1984) y Wright et al. (1985) presentaron un modelo para definir las condiciones de equilibrio (dependientes del oleaje y el tamaño del grano) correspondientes a cada estado de playa. En el caso de playas micromareales (con carrera de marea viva media inferior a 2 m), Wright and Short (1984) definieron una secuencia de seis estados morfodinámicos de playa, dependientes de las condiciones de oleaje y del tipo de sedimento. Los estados de la secuencia, enumerados en el sentido de la energía del oleaje decreciente, son los siguientes: Disipativo; Barra Longitudinal y Seno; Barra y Playa Rítmicas; Barra transversal y corriente de retorno; Barra - Canaleta o Terraza de Bajamar y reflejante (Sanchez Arcilla & Jiménez, 1994).

1.3.7 Velocidad de Caída del Grano (W).

Es un parámetro hidrodinámico importante y corresponde a la máxima velocidad obtenida por una partícula que cae bajo la acción de la gravedad o velocidad terminal. Tiene incidencia en la facilidad de transporte en suspensión de la arena en el agua de la playa.

La velocidad de caída del grano w para arenas con gravedad específica 2,65 y densidad 2,65 T/m³ se puede calcular de acuerdo con el tamaño del grano como:



$$w = 1,1 * 10^6 D^2 \quad D < 0,1 \text{ mm} \quad (4)$$

$$w = 273 D^{1,1} \quad 0,1 < D < 1 \text{ mm} \quad (5)$$

$$w = 4,36 D^{0,5} \quad D > 1 \text{ mm} \quad (6)$$

Siendo D el diámetro medio (D50) de la partícula de suelo expresado en metros y w la velocidad de caída del grano expresada en m/s (Moreno, 2011).

1.3.8 Clasificación de la playa.

De acuerdo a su perfil, las playas pueden clasificarse en una primera aproximación, como disipativas o reflejantes. Las playas disipativas se caracterizan por poseer arenas de granulometría fina, con pendientes bajas y sin formaciones que se destaquen. Las playas reflejantes, en el otro extremo de las tipologías de playas, poseen arenas de granulometría media a gruesa, con niveles de energía más bajos que las anteriores. Esta clasificación de las playas es otro de los conceptos que se tendrán en cuenta, sobre todo para determinar la geomorfología de las playas.

Para determinar el tipo de playa se debe conocer la pendiente cercana a la costa ($\tan \beta$), el periodo de la ola y la velocidad de caída de grano y con esto determinar el parámetro Ω . Este último es un parámetro que, de algún modo, considera el efecto de la pendiente, el oleaje incidente y el tamaño de sedimento y sirve para clasificar la playa según el estado modal. Se calcula con la siguiente fórmula, Dean (1973):

$$\Omega = \frac{H_b}{w_s * T} \quad (7)$$

Donde H_b es la altura de ola en rotura, T es el periodo al pico del oleaje incidente y w_s es el valor medio de la velocidad de caída de grano del sedimento característico de la playa. En la

Tabla 2 se muestran los límites de $\tan \beta$ y Ω :

Tabla 2. Estado de playa de acuerdo con los valores límites de $\tan \beta$ y Ω .

Límite de Ω	Estado	
Mayor que 6	Disipativa	
1,5-2,4	Intermedia	Barra canaleta (LTT)
2,4-3,1		Barra transversal y rip (TBR)
3,1-3,5		Barra y playa rítmica (RBB)
3,6- 6		Barra longitudinal y seno (LTB)
Menor que 1	Reflejante	

Fuente: Tomada de (Wright & Short, 1984)



Evaluación de los efectos del cierre de la boca del Laguito sobre las playas de Castillogrande, cerca al Club Naval



En la **Figura 9**, se representa gráficamente los estados morfodinámicos de las playas, tanto en perfil como en planta.

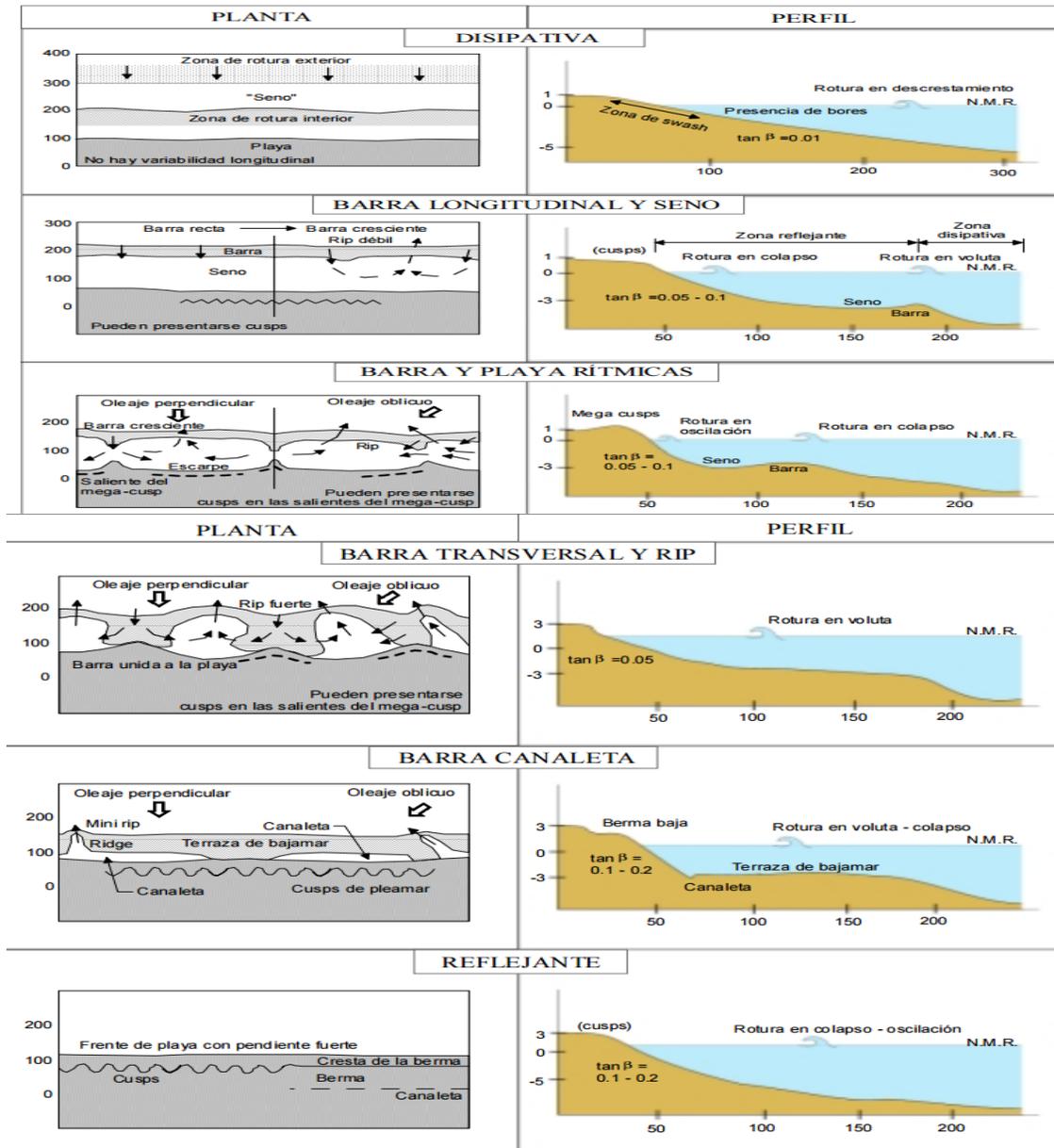


Figura 9 Estado morfodinámico de las playas.

Fuente: Grupo de Ingeniería Oceanográfica y de Costas, 2000.

1.3.9 Laguna costera.

Las lagunas costeras son depresiones en la zona costera que tienen una conexión permanente o efímera con el mar, pero del cual están protegidas por algún tipo de barrera. Su conformación estructural resulta de la relación de varios ecosistemas como el manglar, el río, el mar, los



manantiales y la vegetación acuática sumergida, entre otros. Reciben y acumulan en abundancia materia orgánica y nutriente que provienen de diversas fuentes subterráneas (Herrera Silveira & Morales Ojeda, 2010).

Las lagunas costeras pueden estar conectados al mar por una o más entradas de agua que permanecen abiertas al menos intermitentemente y con profundidades que raramente exceden unos pocos metros. Una laguna puede o no estar sujeta a la mezcla por mareas y la salinidad puede variar desde aquella de un lago costero a una laguna hipersalina, dependiendo del balance hidrológico (Kjerfve, 1994).

1.3.10 Erosión costera.

Existe erosión costera cuando, comparando una playa en dos momentos distintos, la línea de costa está desplazada hacia tierra en la última apreciación de ella. Este cambio puede deberse a multitud de causas estacionales, para el caso en el que exista una constancia en el tiempo de este retroceso, debe analizarse si ese estado es realmente erosivo, debido a que puede darse el caso en el que el sedimento de la playa que antes estaba en su zona seca, se haya movido a la zona sumergida, o que exista un desequilibrio sedimentario a lo largo de todo el sistema litoral. Por lo que solamente se puede afirmar que existe erosión de una costa cuando el sistema litoral en su conjunto ha perdido sedimento (Ministerio del medio ambiente y recursos naturales, 2016).

Una playa cualquiera no es un elemento aislado en el conjunto del litoral, sino que forma parte de un tramo y una franja de costa, en la que cualquier cambio o dinámica litoral en un punto, afecta al resto, con mayor o menor importancia. Por tanto, la playa se encuentra inmersa y condicionada por una unidad mayor denominada Sistema litoral (Díaz, 2012).

El movimiento de sedimentos a lo largo de la costa se conoce como transporte litoral, mientras que los volúmenes de arena involucrados en el transporte se conocen como deriva litoral. Este transporte puede ser detenido por rompeolas o capturado por cañones submarinos. En el caso de los rompeolas, el resultado es acreción de la playa del lado corriente arriba y erosión del lado corriente abajo.

En la **Figura 10** se muestra un esquema de la evaluación de la erosión, teniendo en cuentas las características de los aspectos del espacio y tiempo.

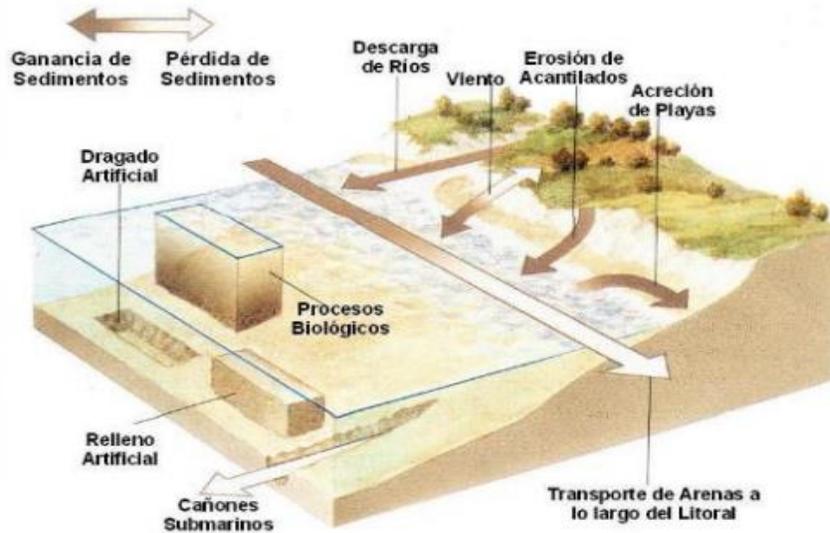


Figura 10. Proceso de erosión y transporte de sedimentos.

Fuente: Ricaurte Villota, 2015.

Por ende, para considerar si hay erosión o acreción en una costa es importante hacer un cálculo el balance de sedimentos litorales, evaluando las contribuciones y pérdidas para calcular la pérdida o ganancia neta en un compartimiento de una costa. De esta manera para la evaluación de la erosión se realiza teniendo en cuenta dos aspectos: El tiempo y el espacio (Ministerio del medio ambiente y recursos naturales, 2016). La evaluación de la erosión en tiempo y espacio se observa en la Figura 11.

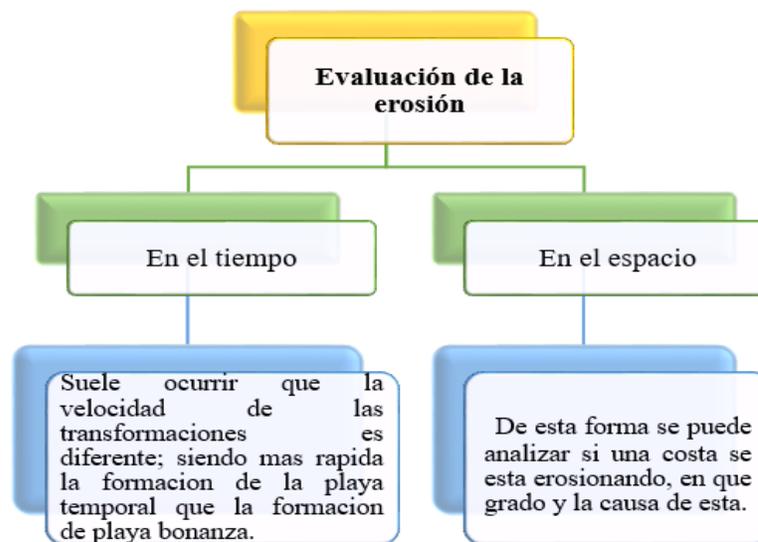


Figura 11. Evaluación de la erosión.

Fuente: Erosión Costera, 2012. Editado por autores.



1.3.11 Propiedades del Sedimento de una playa.

Una playa se compone de gran variedad de materiales de diferentes tamaños y clases. Las partículas de sedimentos que conforman la playa son transportadas por acción de las corrientes longitudinales producidas por el oleaje. Una gran cantidad de playas son de arena. Este material es de origen terrígeno generado por intemperismo de las rocas y lo aportan los ríos, los cuerpos de agua o el viento a la zona costera. La mayoría de las arenas de las playas contienen predominantemente cuarzo (gravedad específica 2,65) con una porción menor de feldespatos (g.e. 2,54 a 2,64). También pueden contener calcita (g.e. 2,72) en forma de conchas, y un pequeño porcentaje de minerales pesados (g.e. 2,87). La gravedad específica de la masa de arena generalmente varía entre 1,45 a 1,85 para arena seca y entre 1,90 y 2,15 para arenas saturadas. Las muestras tomadas sobre un perfil de playa deben ser representativas de las diferentes zonas del mismo, es decir desde la berma o duna de la playa seca hasta un punto dentro de la zona de rompientes. Además, deberán considerarse las variaciones estacionales de la playa (Moreno, 2011).

Entre las propiedades del sedimento de una playa se destacan: El tamaño, la forma, la densidad, el peso específico, la permeabilidad, la porosidad y la cohesión. Otros parámetros son la velocidad de caída o de sedimentación en agua del grano, que indica la respuesta de la partícula a las fuerzas hidrodinámicas presentes, esta depende de los parámetros básicos tamaño, forma y gravedad específica. El tamaño del grano se determina mediante el tamizado el que se considera el método más representativo y confiable para realizar análisis de tamaños de sedimentos arenosos. Entre los tamaños representativos se tienen el D50, D16, D84, el D90 y el D10. También se pueden expresar los tamaños en unidades F_i representado como el logaritmo en base 2 del D50 del grano. Para esta clasificación, los mayores valores de F_i , corresponden a los tamaños menores del grano. También son importante los factores Desviación Estándar, Gradación (Sorting) y la asimetría o sesgo (Skewness).

1.3.12 Actividades humanas que provocan procesos de deterioro de las zonas costeras.

Debido a la gran cantidad de recursos naturales que provee la zona costera, ésta siempre ha sido utilizada por el hombre para el desarrollo de múltiples actividades: agricultura, pesca, desarrollo portuario, navegación, extracción minera, turismo, las cuales hacen uso directo y/o indirecto de



los recursos costeros pudiendo ocasionar graves impactos sobre ella. Para de las principales actividades económicas que se desarrollan en la zona costera y los problemas que ellas causan (Steer Ruiz, y otros, 2015). En la **Figura 12** se observan algunas actividades que provocan deterioro en las zonas costeras.

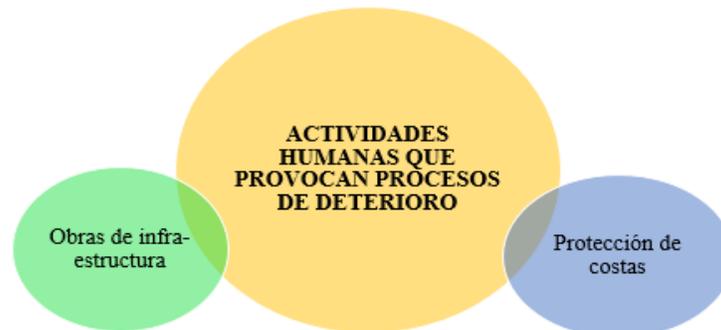


Figura 12. Actividades que provocan deterioro en zonas costeras.

Fuente: Steer Ruiz, y otros, 2012. Editado por autores.

1.3.12.1 Obras de infraestructura.

Son actividades normalmente planeadas y desarrolladas por el Gobierno, de uso público y están diseñadas para servir a múltiples usuarios. El desarrollo de estas obras tiene un amplio rango de impacto en la zona costera.

1.3.12.2 Protección de costas.

Las soluciones estructurales para evitar la erosión de las playas y proteger las propiedades a lo largo de la costa pueden ser muy costosas, normalmente temporales y en la mayoría de los casos contraproducentes. Los espolones, rompeolas, barreras de protección y otras populares estructuras de protección tienen a menudo complejos y no anticipados efectos secundarios que resultan en muchos casos en la pérdida de la playa (Clark, 1995).

Si los movimientos naturales de la arena son interrumpidos con barreras o espolones, se desata una compleja reacción en cadena de problemas que solo puede ser solucionada con procesos costosos como la alimentación continua de arena a la playa, este remedio no es posible para muchas comunidades por su elevado costo. Por otra parte, ecosistemas costeros (manglares, corales y pastos) e islas barrera y sus lagunas son reconocidos como las mejores defensas contra las marejadas, huracanes, tormentas y erosión ya que dispersan y absorben mucha de la energía de estas.



- **Unidades de Origen antrópico:** Corresponden a aquellos sitios donde existe una intervención directa del hombre sobre el paisaje, provocando su transformación permanente. Incluye las unidades geomorfológicas: urbana (demarca calles, casas y edificios), puerto, marinas, diques, terraza agrícola, salina artificial, estanques para acuicultura, rellenos, playas artificiales y embalses. Este tipo de intervenciones, cuando están ubicadas en inmediaciones de la línea de costa, suelen estar asociadas a alguna de las siguientes estructuras de protección (Gomez Velasquez, Carvajal Perico, & Otero Garcia, 2012). En la **Tabla 3** se presentan los principales tipos de unidades y sus funciones.

Tabla 3 Tipo de unidades de origen antrópico.

TIPO DE UNIDAD	FUNCIÓN
<i>Espolones (espigones)</i>	Su objetivo es retener y acumular los sedimentos arrastrados por la deriva litoral.
<i>Tajamares (jetties)</i>	Su construcción suele estar acompañada del desarrollo de una marina o puerto, infraestructuras que requieren de este tipo de obras para estabilizar la desembocadura al mar de una salida de agua, evitar la entrada de sedimentos al canal y resguardar el acceso de las embarcaciones a la marina o puerto (Gómez, 2003).
<i>Rompeolas (diques exentos)</i>	Estructura que tiene como fin específico reducir la energía del oleaje protegiendo la porción de línea de costa que se encuentra detrás de la estructura.
<i>Muro (dique de contención, enrocado, rip-rap, seawall)</i>	Estructura con el fin de amortiguar la energía del oleaje. Este tipo estructura, al fijar la línea de costa, aísla el ecosistema ubicado detrás de la pared de la influencia marina directa (French, 1997).
<i>Embarcaderos y muelles</i>	Son estructuras ancladas a la costa y que se extienden en dirección al océano elevadas sobre pilotes. Su uso es común para la instalación de bandas transportadoras de carbón y oleoductos. (FDEP, 2008).

Fuente: Gomez Velasquez, Carvajal Perico, & Otero Garcia, 2012. Modificado por autores.



2. OBJETIVOS

2.1.OBJETIVO GENERAL

Evaluar los efectos que el cierre de la boca del Laguito tiene sobre la línea de costa de las playas del sector cerca a la punta de Castillogrande mediante el seguimiento de perfiles de playa y características sedimentológicas, con la finalidad de conocer su estabilidad y realizar recomendaciones para su mantenimiento y control.

2.2.OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Evaluar el comportamiento y/o variaciones de la línea de costa del sector de Castillogrande por medio del levantamiento de perfiles de playa y mediciones del ancho de la zona seca de los mismos y observaciones en fotos aéreas o imágenes de Google Earth.
- ✓ Realizar una clasificación geomorfológica de las playas en estudio a partir de los perfiles de playa y las características del sedimento y su comparación con el perfil Dean.
- ✓ Determinar la estabilidad del sector en estudio, para poder realizar recomendaciones sobre su control.



3. ALCANCE

La zona en estudio se encuentra localizada en el norte de Colombia en las costas del Mar Caribe. Este sector se encuentra dentro del casco urbano de la ciudad de Cartagena de Indias en el barrio que se conoce con el nombre de Castillogrande, sobre la Bahía de Cartagena entre las coordenadas $10^{\circ}23'25.8''N$ $75^{\circ}32'41.8''W$ y $10^{\circ}23'25.8''N$ $75^{\circ}32'41.8''W$. En la **Figura 13** y **Figura 14** se observa de manera más detallada la localización de la zona de estudio.



Figura 13. Localización zona de estudio.

Fuente: Google Maps, 2016. Modificada por autores.

Cartagena de Indias se encuentra en una zona costera que, como es de saberse presenta accidentes e irregularidades donde intervienen procesos geológicos estrechamente relacionados con la actividad hidrodinámica propia de cualquier zona como ésta. A estas zonas de la ciudad



(playas, playones, espigas, barras y llanuras intermareales) les corresponden a las áreas con menor elevación respecto al nivel del mar siendo no mayores a los 2,5 metros (Díaz Mendoza, 2010).

Para llevar a cabo esta investigación se tomó un tramo ubicado entre la punta de Castillogrande, cerca al Club Naval en dirección hacia el Hospital Bocagrande, siendo una longitud de aproximadamente 200 metros. Se tomó este tramo debido a que se cree que es aquí donde principalmente se presentan efectos debido al cierre de la boca del Laguito, debido a la cercanía a la Punta de Castillogrande y siendo el punto más alejado de la zona de transporte de sedimentos desde la boca del Laguito.



Figura 14. Localización zona de estudio.

Fuente: Google Earth, 2016. Modificada por autores.

El estudio se desarrolló durante el primer período académico del año 2017. Se realizaron las actividades pertinentes tales como un reconocimiento de la zona a estudiar, el levantamiento de perfiles, la toma de muestras de sedimentos, mediciones, etc.

Se levantaron tres perfiles de playa en la zona de estudio a través de mediciones que se realizaron mediante el sistema topográfico convencional, lo cual se hizo a lo largo de cada perfil cada dos metros, incluyendo cierta distancia dentro del mar. Se tomaron seis muestras de



Evaluación de los efectos del cierre de la boca del Laguito sobre las playas de Castillogrande, cerca al Club Naval



sedimento por cada perfil; tres corresponden a la zona seca de la playa, otras dos a la zona húmeda y una correspondiente a la línea de costa. Estas muestras fueron trasladadas a los laboratorios de la Universidad de Cartagena, para la realización de los respectivos ensayos y su debido procesamiento. Con los resultados de granulometría obtenidos en el laboratorio además de obtener el tamaño medio de las partículas de sedimento y la determinación de los parámetros que caracterizan esas muestras, se compararon los perfiles obtenidos con el perfil de Dean con el fin de evaluarles su estabilidad y por supuesto compararlo con un estudio realizado en la zona antes de que se presentara el cierre de la boca del Laguito. Además con las alturas de las olas que se determinaron se procedió a calcular el número de Iribarren con el fin de determinar la rotura del oleaje predominante en el sector. La geomorfología de la playa se pudo obtener a partir del cálculo del parámetro Omega y así poder analizar el comportamiento.

En cuanto a las limitaciones para la obtención de la información primaria que se requiere para el desarrollo de este proyecto de investigación, la principal sería de tipo económica, teniendo en cuenta que deben realizarse estudios topográficos, geológicos e hidrodinámicos, por lo cual se requiere de la inversión de recursos económicos, tales como: salidas de campo, alquiler o compra de equipos, contratación de personal, entre otros.

De acuerdo con los estudios que aportan a este proyecto de investigación, es conveniente establecer como variables independientes: el tamaño del sedimento, la pendiente del perfil, la altura de la ola y la dirección del viento. Por tanto, a partir de estas poder determinar el Número de Dean y el Número de Iribarren.

Este estudio tiene como objetivo conocer los efectos que se han producido en las playas de la punta de Castillogrande debido al cierre de la boca de Laguito y si se ve afectada en gran medida, realizar una serie de recomendaciones para garantizar estabilidad en dichas playas además de servir para futuras investigaciones similares o a cerca de cualquier tipo de monitoreo en zonas costeras ya sea locales, nacionales o internacionales, o para ser más exactos, investigaciones relacionadas por efectos en las costas producidos por cambios en la geografía de una sector aledaño, como lo es en este caso el Laguito.



Evaluación de los efectos del cierre de la boca del Laguito sobre las playas de Castillogrande, cerca al Club Naval



De esta investigación se espera obtener una relación o incidencia generada debido al cierre de la boca del Laguito con la línea de costa de las playas correspondientes al sector a estudiar. Sin embargo podría darse que los procesos de erosión y sedimentación que quizás se presenten en la zona no tengan relación con el fenómeno del cierre de la boca del Laguito, sino que más bien es propio de la dinámica de ésta zona costera. Es por esto que se pretenden dar las respectivas recomendaciones a tener en cuenta para conservar la estabilidad en éstas playas.



4. METODOLOGÍA

El tipo de investigación a realizar corresponde a un estudio transeccional, teniendo en cuenta que al obtener resultados con respecto a la línea de costa del sector, será comparado con un estudio anteriormente realizado en el año 2002 de la zona y con base en ello se podrá determinar que tanto retroceso ha tenido la línea de costa. El proyecto tiene un enfoque mixto, debido a que se compone de dos etapas, la primera cualitativa, en la que se describieron las características predominantes en el comportamiento de la playa en estudio, y como segunda etapa una investigación cuantitativa, en la cual se obtendrán parámetros inherentes a la morfología de la costa, que se complementan entre sí.

Para alcanzar los objetivos previstos en este proyecto, la metodología se constituyó por fases como se representa en la **Figura 15**.



Figura 15. Esquema de la metodología del proyecto de investigación.

Fuente: Autores



4.1. Búsqueda de información secundaria.

En esta etapa se hizo una recopilación de información secundaria mediante consultas en las bases de datos de la Universidad de Cartagena, tesis de grados relacionadas al tema de estudio tanto a nivel local, nacional e internacional.

De esta recolección de información se tomó lo más relevante, utilizándola como soporte teórico y metodológico sólido para la investigación. Es importante resaltar que dentro de las pertinentes investigaciones fue necesario contar con información concerniente a la evaluación de los procesos costeros en Cartagena desde la Boquilla hasta El Laguito, proyecto de investigación que llevó a cabo la Universidad de Cartagena (grupo de Investigación GIHMAC) en convenio con COLCIENCIAS. En el cual fueron monitoreados los perfiles cercanos a la playa, variación de la línea de costa y la hidrodinámica costera durante dos años en la zona de estudio anteriormente dicha.

4.2. Ubicación de los perfiles en campo y de los puntos fijos.

- Los perfiles seleccionados fueron ubicados con ayuda de la directora del presente estudio la ingeniera Dalia Moreno Egel, pues conocía el lugar preciso donde se encontraba el perfil que fue levantado en el año 2002. Además se localizaron los otros dos puntos fijos, donde posteriormente se levantaron los demás perfiles, cuyos puntos se fijaron con ayuda de un clavo y tinta negra en el bordillo de la vía.

4.3. Levantamiento de los perfiles de playa.

La medición de los perfiles de playa se llevó a cabo en el primer semestre académico del año 2017, comprendido entre los meses de febrero y mayo, haciéndose en intervalos de cada dos o tres semanas, al final se realizaron 6 mediciones.

- Los 3 BMs demarcados se usaron como referencia para la ubicación de los perfiles durante cada una de las mediciones y a su vez sirvieron para marcar los puntos de inicio de cada perfil.

- Las mediciones se realizaron mediante el sistema topográfico convencional, se colocó el nivel en el inicio del perfil para conocer la cota inicial usando una mira milimétrica y a partir de allí se hallaron todas las demás cotas del perfil cada dos metros. Estas mediciones se realizaron en sentido perpendicular a la línea de costa y en la zona aguas adentro se llegó hasta



4.6. Procesamiento de los datos obtenidos en campo.

En cuanto a los perfiles, a partir de las lecturas obtenidas en campo con la mira se procedió a la determinación de las cotas de cada perfil en base a la cota del BM conocido mediante topografía convencional. Para cada perfil fueron superpuestos los levantados en cada medición, se corrigieron por marea y se determinó un perfil promedio que se comparó con su respectivo perfil de Dean para determinar la tendencia a la erosión o sedimentación de la playa. Con ayuda de las cotas obtenidas, se determinó la pendiente de cada perfil y se determinó el número de Iribarren para conocer el tipo de rotura del oleaje presente en la zona.

Para las muestras de arena, se realizó el análisis granulométrico con el fin de obtener cada curva granulométrica y a partir de ésta parámetros como el D50, D84, D90 que permitieron el cálculo de la velocidad de caída del grano (W) y el parámetro A los cuales son indispensables a la hora de determinar el perfil de Dean.



5. RESULTADOS Y DISCUSION

Teniendo en cuenta que entre el año 2001 y 2003 fue realizado un monitoreo de las zonas costeras en la ciudad de Cartagena, en el que se levantó un perfil en Castillogrande, zona de estudio de la presente investigación, por lo cual se tomó el mismo BM para el levantamiento del perfil 1, y a partir de ese BM se realizó el debido traslado para levantar los perfiles 2 y 3 en estudio.

Dentro de los resultados obtenidos en aquella investigación se obtuvo un D50 promedio de 0.15 mm, una pendiente media de 7.2%, y un perfil promedio tras la realización de nueve mediciones. El perfil promedio obtenido se muestra en la **Figura 16**.

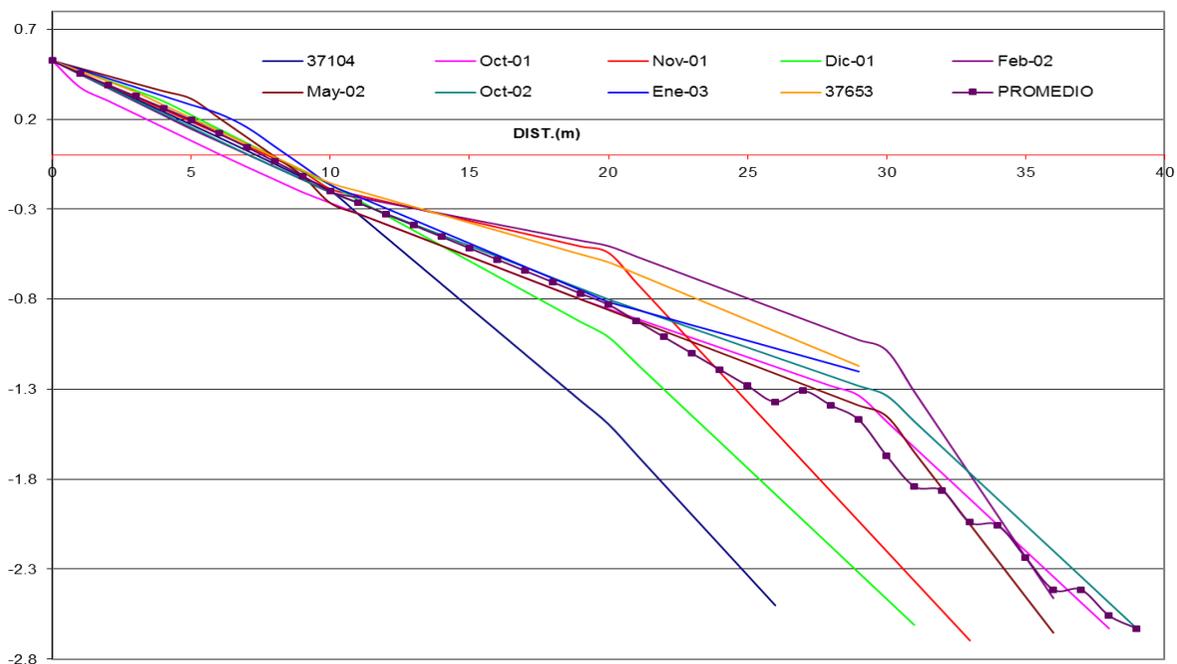


Figura 16. Perfil 1 levantado en el año 2002.

Fuente: Moreno Egel & Arrieta Pastrana, 2003.

5.1. Análisis de las variaciones del Perfil 1

Para el Perfil 1, se realizaron cuatro levantamientos comprendidos entre el 19 de marzo y el 06 de junio del año en curso. Cabe resaltar que para el 29 de febrero, que sería la primera medición de este perfil, no pudo realizarse debido a que en la zona donde se hallaba el BM se encontró obstruida por trabajos de obra civil. Sin embargo, con las cuatro mediciones tomadas se



obtuvo un perfil promedio. A continuación en la **Figura 17**, se representa el perfil levantado con respecto a las cuatro mediciones realizadas y el perfil promedio obtenido.

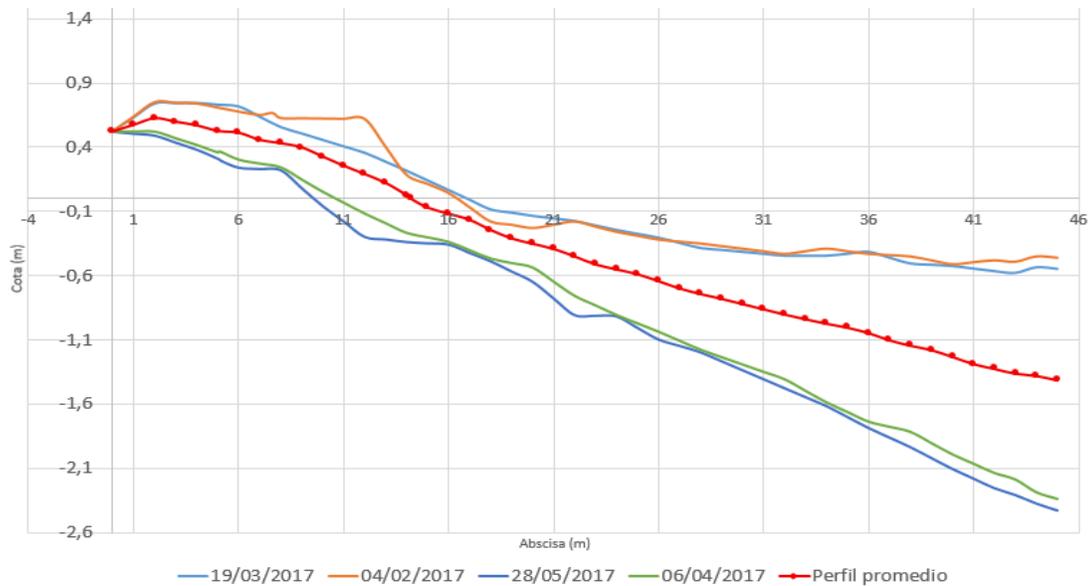


Figura 17. Perfil 1 levantado en el año 2017.

Fuente: Autores.

De acuerdo a la **Figura 17**, para los dos primeros levantamientos realizados en época seca los días 19 de marzo y 2 de abril de 2017, se observa un comportamiento constante en los primeros 8 metros en la playa seca, luego se observa que desde los 8 m hasta unos 14 m el comportamiento de los dos perfiles levantados presenta la mayor variación. En cambio, para los levantamientos realizados en época de lluvia para los días 28 de mayo y 06 de junio, los perfiles levantados entre abril y mayo presentaron variaciones hasta de 1,8 m aproximadamente con respecto a las dos primeras mediciones, teniendo en cuenta que estas dos últimas mediciones mostraron un comportamiento similar a lo largo del perfil levantado.

Con el perfil promedio hallado en la presente investigación y teniendo en cuenta que este perfil había sido levantado en el año 2002, se realizó la superposición de ambos perfiles (**Figura 18**).

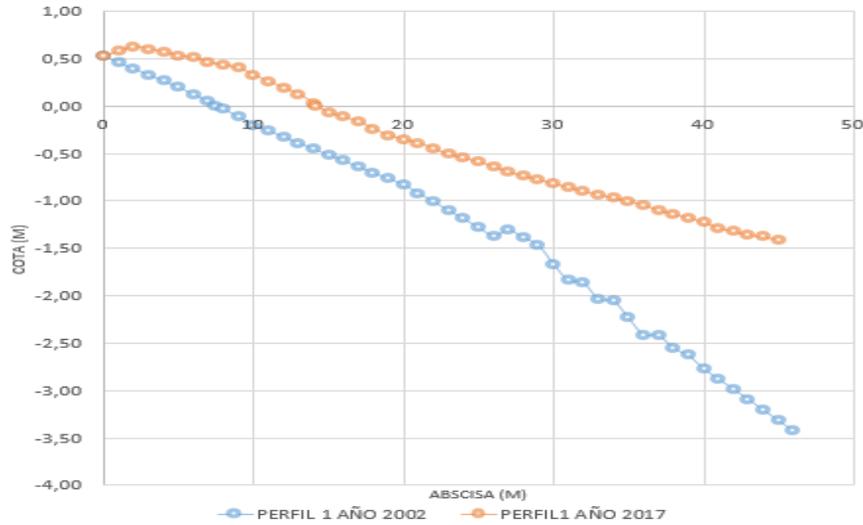


Figura 18. Superposición del Perfil 1 promedio, levantado en 2002 y el Perfil 1 promedio de 2017

Fuente: Autores.

Acorde a la superposición realizada, se observa la sedimentación que se ha venido presentando en el perfil 1 a lo largo de los años, en él se evidenciaron grandes variaciones en la topografía del lecho marino entre el año 2002 y 2017. La mayor variación a lo largo del perfil 1 alcanzó un valor de 1.98 m en profundidad aproximadamente, con una disminución en la profundidad del perfil 1 del año 2017 con respecto a la del año 2002.

En cuanto a la posición de la línea de costa, se tuvo como referencia la distancia de la misma hasta el BM y se pudo observar que durante el tiempo en el que fue desarrollado el estudio, hubo un retroceso en la distancia de la línea de costa al BM. Por tanto, la variación de la línea de costa entre el 19 de marzo hasta el 4 de junio presentó un retroceso de 3 m. La comparación de las distancias entre el BM y la línea de costa se observan en la **Figura 19**.

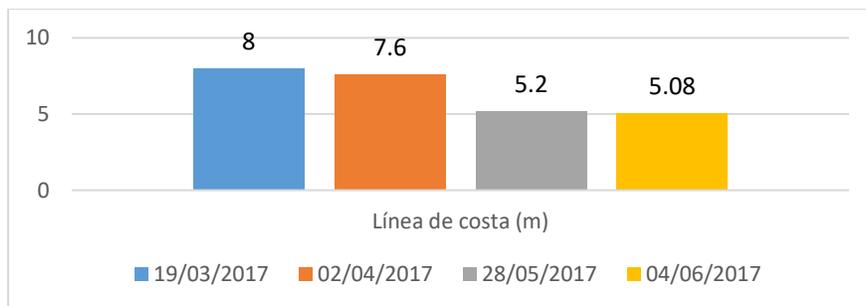


Figura 19. Variación de la distancia del BM a la línea de costa del perfil 1.

Fuente: Autores.



En cuanto a las muestras tomadas en cada una de las mediciones realizadas, se tiene el respectivo análisis granulométrico del cual se obtuvieron los siguientes diámetros promedio de partículas que permitieron determinar la velocidad de caída del grano (W) y el parámetro A , que a su vez fueron indispensables a la hora de la determinación del perfil de Dean. Así como también, la comparación de los valores de los tamaños con las otras mediciones, siendo posible comparar el diámetro promedio de las partículas (D_{50}). A continuación, en la **Tabla 5** se presentan los tamaños de grano de este perfil realizados en el presente trabajo de grado.

Tabla 5. Tamaño de los granos de las muestras del perfil 1 y determinación de los parámetros W y A .

MEDICIÓN 2	MUESTRA				MEDICIÓN 3	MUESTRA			
PERFIL 1	S1	LC	H1	H2	PERFIL 1	S1	LC	H1	H2
D10 (mm)	0.139	0.113	0.116	0.125	D10 (mm)	0.141	0.114	0.112	0.122
D16 (mm)	0.182	0.122	0.134	0.153	D16 (mm)	0.178	0.122	0.130	0.144
D50 (mm)	0.218	0.194	0.208	0.212	D50 (mm)	0.217	0.194	0.206	0.211
D84 (mm)	0.266	0.241	0.245	0.247	D84 (mm)	0.264	0.240	0.244	0.247
D90 (mm)	0.289	0.249	0.261	0.267	D90 (mm)	0.288	0.248	0.255	0.267
D10 (ϕ)	2.85	3.15	3.11	3.00	D10 (ϕ)	2.82	3.14	3.15	3.04
D16 (ϕ)	2.46	3.04	2.90	2.71	D16 (ϕ)	2.49	3.03	2.95	2.79
D50 (ϕ)	2.20	2.37	2.27	2.24	D50 (ϕ)	2.21	2.37	2.28	2.25
D84 (ϕ)	1.91	2.06	2.03	2.02	D84 (ϕ)	1.92	2.06	2.04	2.01
D90 (ϕ)	1.79	2.01	1.94	1.90	D90 (ϕ)	1.80	2.01	1.97	1.90
Md ϕ	2.18	2.55	2.46	2.36	Md ϕ	2.21	2.55	2.49	2.40
$\sigma\phi$	-0.28	-0.49	-0.44	-0.35	$\sigma\phi$	-0.28	-0.49	-0.46	-0.39
$\alpha\phi$	0.04	-0.36	-0.45	-0.36	$\alpha\phi$	0.00	-0.36	-0.46	-0.40
W (m/s)			0.0243	0.0249	W (m/s)			0.0240	0.0247
A (m ^{1/3})			0.0882	0.0895	A (m ^{1/3})			0.0875	0.0891

MEDICIÓN 4	MUESTRA				MEDICIÓN 5	MUESTRA			
PERFIL 1	S1	LC	H1	H2	PERFIL 1	S1	LC	H1	H2
D10 (mm)	0.142	0.111	0.148	0.118	D10 (mm)	0.154	0.113	0.135	0.116
D16 (mm)	0.183	0.122	0.185	0.138	D16 (mm)	0.186	0.123	0.182	0.139
D50 (mm)	0.236	0.195	0.234	0.212	D50 (mm)	0.234	0.197	0.229	0.212
D84 (mm)	0.287	0.244	0.283	0.262	D84 (mm)	0.286	0.250	0.281	0.258
D90 (mm)	0.296	0.258	0.292	0.281	D90 (mm)	0.295	0.273	0.291	0.279
D10 (ϕ)	2.81	3.17	2.76	3.08	D10 (ϕ)	2.70	3.15	2.89	3.10
D16 (ϕ)	2.45	3.04	2.43	2.85	D16 (ϕ)	2.43	3.02	2.46	2.85
D50 (ϕ)	2.08	2.36	2.10	2.24	D50 (ϕ)	2.09	2.35	2.13	2.23
D84 (ϕ)	1.80	2.04	1.82	1.93	D84 (ϕ)	1.81	2.00	1.83	1.95
D90 (ϕ)	1.76	1.95	1.78	1.83	D90 (ϕ)	1.76	1.87	1.78	1.84
Md ϕ	2.13	2.54	2.13	2.39	Md ϕ	2.12	2.51	2.15	2.40
$\sigma\phi$	-0.32	-0.50	-0.31	-0.46	$\sigma\phi$	-0.31	-0.51	-0.31	-0.45
$\alpha\phi$	-0.13	-0.36	-0.10	-0.34	$\alpha\phi$	-0.08	-0.32	-0.06	-0.37
W (m/s)			0.0276	0.0249	W (m/s)			0.0270	0.0249
A (m ^{1/3})			0.0961	0.0896	A (m ^{1/3})			0.0946	0.0896

Fuente: Autores.



De acuerdo a las granulometrías realizadas para el Perfil 1, se observa que para la zona seca, línea de costa y húmeda, que el tamaño del sedimento presentó variaciones entre 0,111 mm y 0,296 mm (en parámetros Phi sería 3,17 y 1,76 respectivamente).

Así mismo, para los D50 la muestra S1 presentó un valor mínimo de 0.217 mm y máximo de 0.236 mm, En promedio, el D50 se encuentra en 0.234 mm para las muestras secas del perfil 1. Mientras que la muestra LC varió entre 0.194 y 0.197 mm con valores bastante cercanos, durante el tiempo de medición, siendo el promedio para la línea de costa de 0.197 mm.

Cabe resaltar que para las muestras húmedas, los D50 fueron bastante cercanos. Por tanto, la muestra H1 presentó un valor mínimo de 0.205 y máximo de 0.234 mm, en promedio, el D50 se encuentra en 0.219 mm. Para la muestra H2, se obtuvieron dos valores 0.212 mm (para tres mediciones) y 0.211 (medición restante) para un promedio de 0.2119 mm. Encontrándose en esta zona las partículas más finas en comparación con las otras dos zonas. Es importante mencionar que los valores de D50 tomados a lo largo del perfil en las distintas fechas no fue muy variable por lo que se puede decir que en esta zona, las partículas tienden a presentar constancia en su diámetro de partículas. Los valores promedio de D50 se observan en la **Tabla 6** para cada muestra en cada fecha.

Tabla 6. D50 Promedio para cada muestra tomada en el perfil 1.

D50	S1	LC	H1	H2
19/03/2017	0.21817	0.19352	0.20799	0.21217
02/04/2017	0.216736	0.193593	0.205638	0.210724
28/05/2017	0.23627	0.19532	0.23361	0.21236
04/06/2017	0.23444	0.19677	0.22877	0.21242
PROMEDIO	0,22640	0,19480	0,21900	0,21192

Fuente: Autores.

A continuación en la **Figura 20** se observa la variación entre los D50 acorde a la zona que correspondiente, de lo cual puede decirse que fueron bastante similares debido a la homogeneidad de los datos obtenidos de las granulometrías y que por tanto nos permiten afirmar que el comportamiento del tamaño medio de las partículas en la zona no es muy variable.

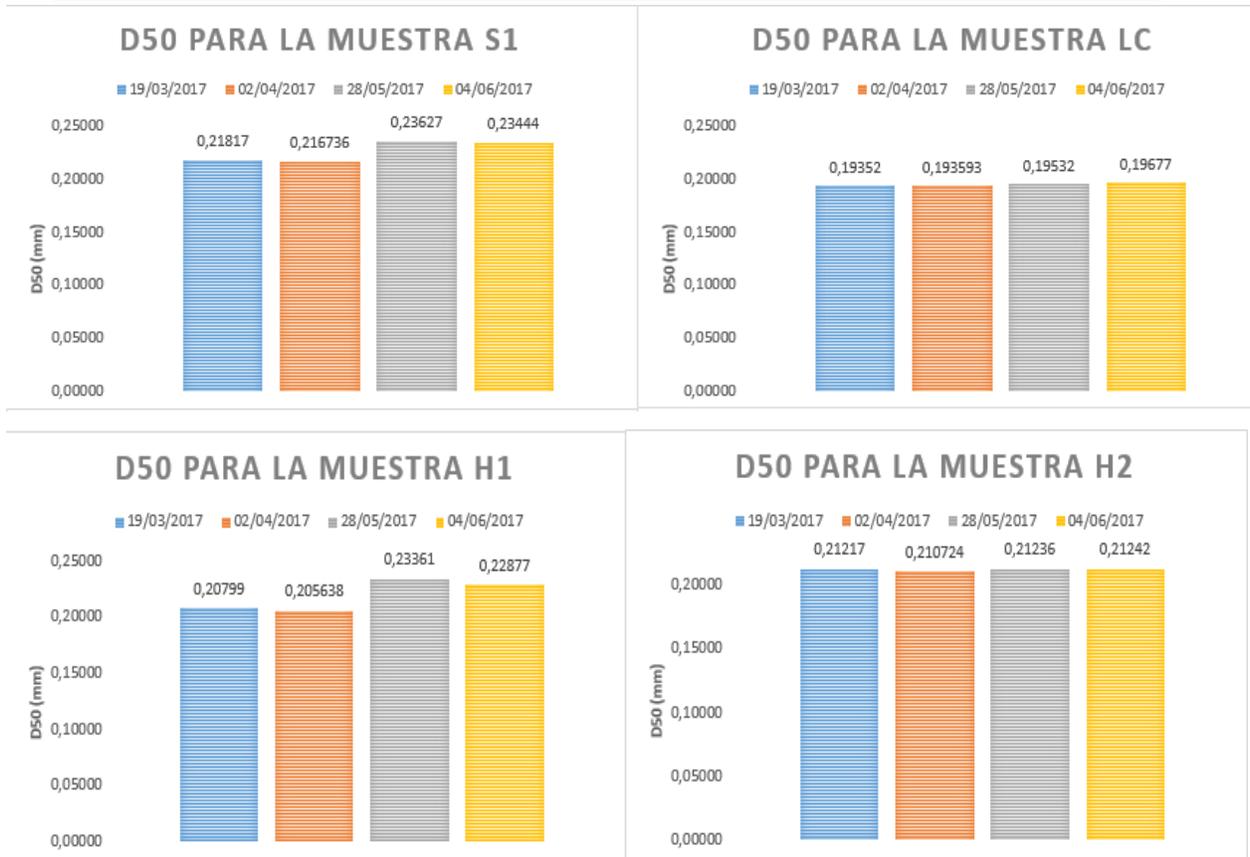


Figura 20. Variaciones del valor del D50 para las distintas muestras tomadas en el perfil 1 durante las mediciones realizadas.

Fuente: Autores.

5.1.1. Determinación del perfil de equilibrio de Dean para el Perfil 1

De acuerdo con el tamaño del grano D50 hallado para las muestras de sedimento en la playa sumergida del Perfil1 se determinaron el parámetro Velocidad de Caída del grano W y el parámetro A, obteniendo los valores que aparecen en la **Tabla 5**. Con estos valores se determinó la ecuación de Dean representativa para el Perfil1 definida como :

$$Y = 0.08945X^{2/3}$$

Al comparar el Perfil 1 obtenido con respecto al perfil de Dean, se observa que actualmente este tiende a la erosión. Estas variaciones se evidencian en la **Figura 21**, siendo aproximadamente 0.8 m la mayor diferencia entre cotas.

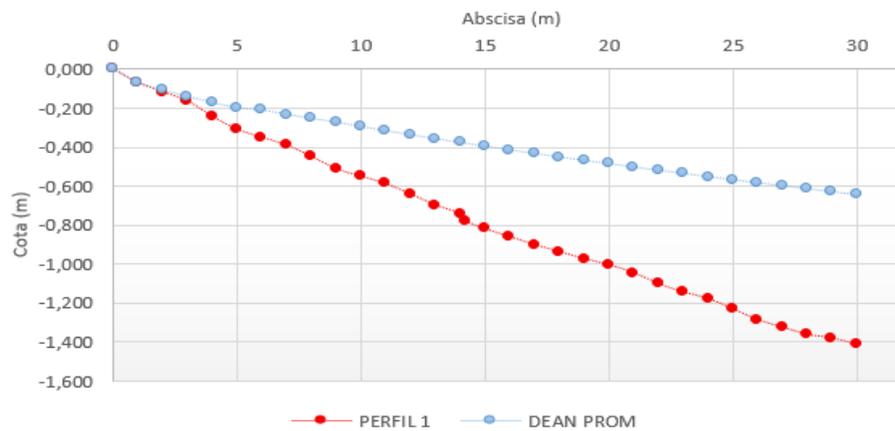


Figura 21. Comparación del perfil 1 con el perfil de Dean.
Fuente: Autores.

5.2. Análisis de las variaciones del Perfil 2

Del Perfil 2 no se tiene ningún tipo de antecedente o registro, por tanto, sólo se evaluará la tendencia que presenta ya sea a la erosión o sedimentación, así como también las variaciones que presenta en las distintas mediciones realizadas durante el 19 de febrero y 4 de junio del presente año. Durante el período de ejecución del proyecto se realizaron cinco levantamientos del perfil 2, por tanto fue posible obtener un perfil promedio que se observa en la **Figura 22**.

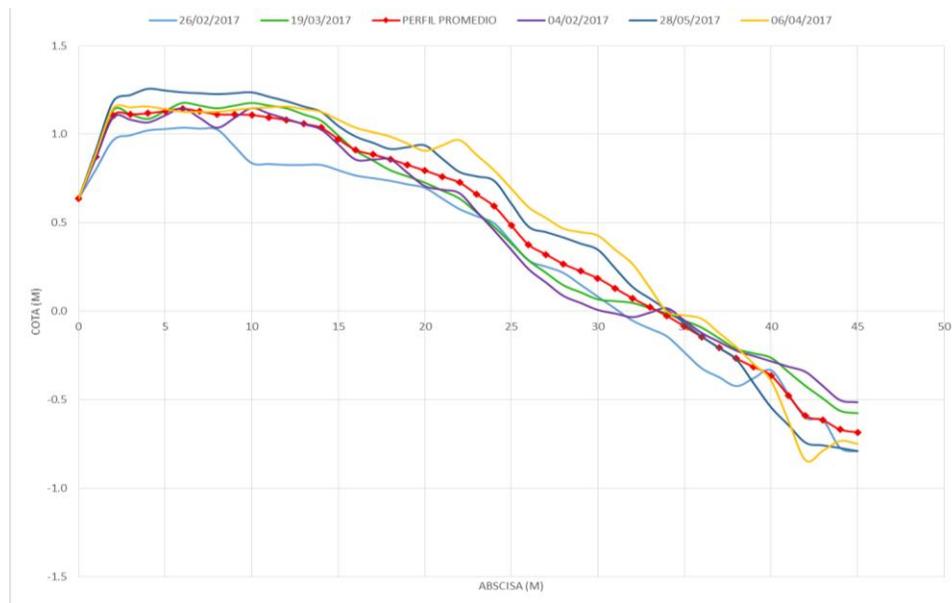


Figura 22. Mediciones del Perfil 2 y promedio de las mismas.
Fuente: Autores.



El comportamiento del perfil en las distintas mediciones realizadas resulta similar en forma, siendo el levantado el 26 de febrero uno de los mas alejados de la tendencia junto con el que se obtuvo de la medición del 28 de mayo. Todos presentan una duna en la playa seca que se desplazó durante las mediciones y en el perfil sumergido en febrero y abril aparece una barra de rompientes, mostrando la incidencia de los cambios en el oleaje y el viento en el perfil, pues los perfiles más recientes muestran una sedimentación en la zona de playa seca y cierta erosión en la zona sumergida. Es probable que esta inestabilidad que se observa se deba a las condiciones climáticas presentes en el transcurso del tiempo de la investigación.

En cuanto a la posición de la línea de costa, se tuvo como referencia la distancia de la misma hasta el BM. Por lo que durante el tiempo en el que fue desarrollado el estudio, hubo un retroceso en la distancia de la línea de costa al BM. Por tanto, la variación de la línea de costa entre el 26 de febrero hasta el 4 de junio presentó un retroceso de 8 m. Para la segunda y tercera medición se mantuvo la posición de la línea constante. La comparación de las distancias entre el BM y la línea de costa se observan en la **Figura 24**.

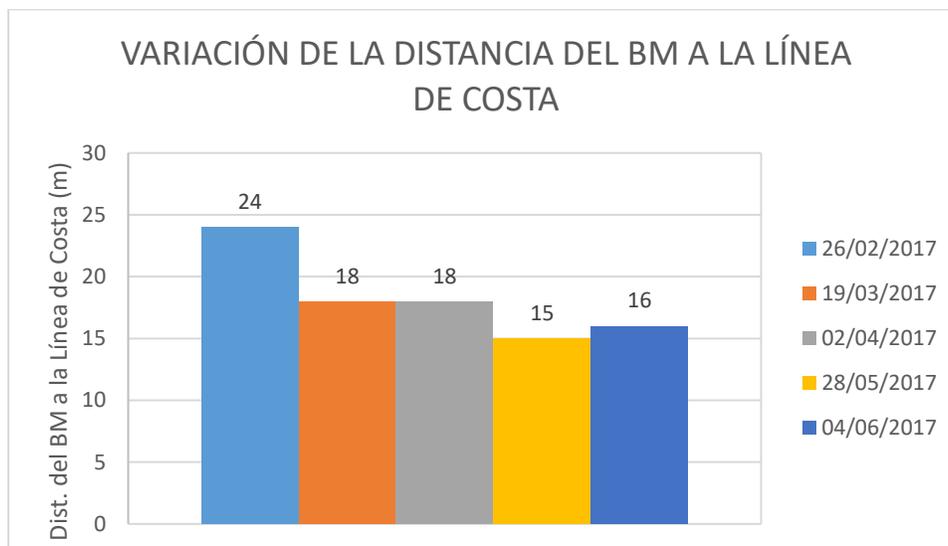


Figura 23. Variación de la distancia del BM a la línea de costa del Perfil 2.

Fuente: Autores.

El tamaño medio del grano en la playa correspondiente al Perfil 2 ha presentado ciertas variaciones que se pueden apreciar en los análisis granulométricos que se han llevado a cabo en



dicho perfil, por tanto es posible conocer un valor promedio. Para la muestra S1 se tiene un D50 promedio de 0.235 mm, para a muestra S2 de 0.235, para la muestra S3 de 0.219, para la muestra LC (tomada en la línea de costa) de 0.176, para la muestra H1 de 0.143, y para la muestra H2 de 0.141. Los valores y la variación de los valores de D50 en cada muestra se observa en la **Tabla 7** y en la **Figuras Figura 24 y Figura 25**.

Tabla 7. D50 Promedio para cada muestra tomada en el Perfil 2.

D50	S1	S2	S3	LC	H1	H2
26/02/2017	0.23115	0.19290	0.17870	0.20359	0.12274	0.11747
19/03/2017	0.23123	0.24269	0.22170	0.19863	0.13766	0.13782
02/04/2017	0.227471	0.239225	0.226250	0.200778	0.139761	0.135564
28/05/2017	0.26322	0.26322	0.23641	0.14236	0.15828	0.15776
04/06/2017	0.22628	0.23983	0.23304	0.13777	0.16078	0.15790
PROMEDIO	0.23587	0.23557	0.21922	0.17662	0.14384	0.14130

Fuente: Autores.

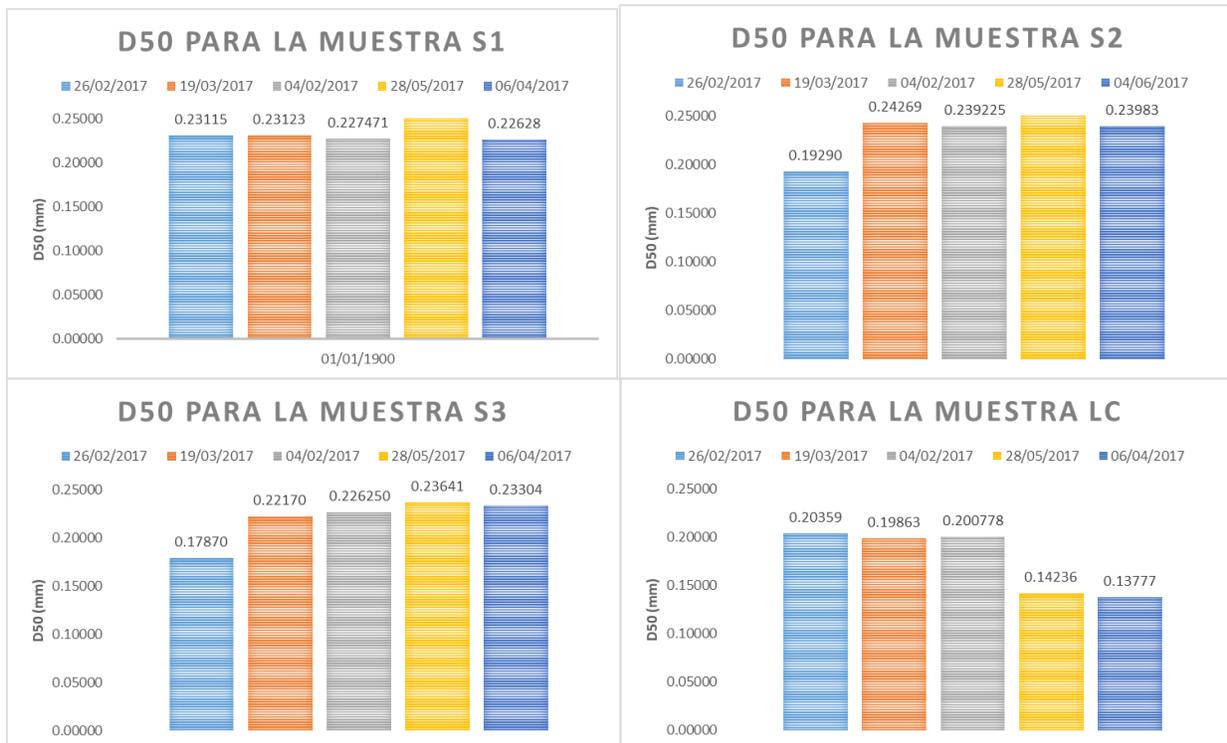


Figura 24. Variación de los valores de D50 para las muestras en playa seca y LC en el Perfil 2

Fuente: Autores.

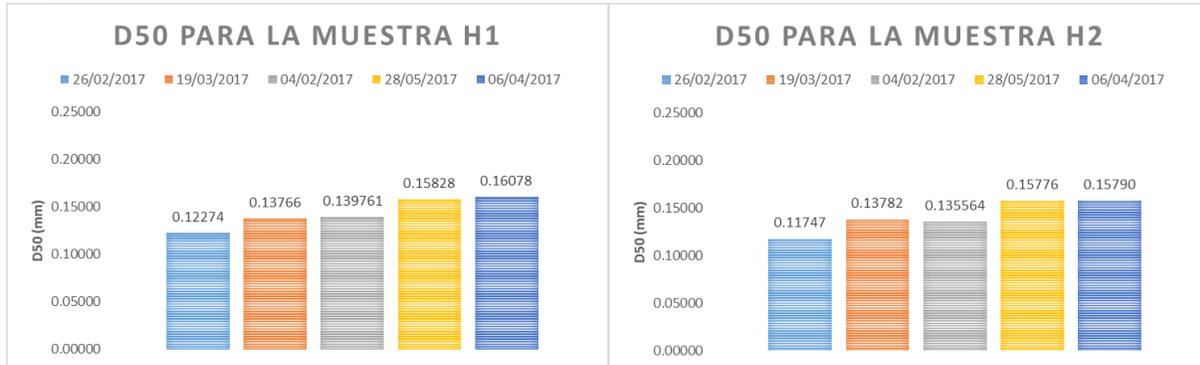


Figura 25. Variación de los valores de D50 para las muestras en playa húmeda en el Perfil 2
Fuente: Autores.

De acuerdo a las granulometrias realizadas para el Perfil 2, se observa que para la zona seca, línea de costa y húmeda, que el tamaño del sedimento presentó variaciones entre 0,093 mm y 0,401 mm (en parámetros Phi sería 3.42 y 1,32 respectivamente).

Asi mismo, para los D50 la muestra S1 presentó un valor mínimo de 0.226 mm y máximo de 0.263 mm, En promedio, el D50 se encuentra en 0.236 mm para las muestras secas del perfil 2.

Para las muestras S2 el D50 presentó un valor mínimo de 0.193 mm y máximo de 0.263 mm, En promedio, el D50 se encuentra en 0.236 mm para las muestras secas del perfil 2. Para las muestras S3 el D50 presentó un valor mínimo de 0.179 mm y máximo de 0.236 mm, En promedio, el D50 se encuentra en 0.219 mm para las muestras secas del perfil 2. Mientras que la muestra para la LC varió entre 0.138 y 0.204 mm con valores bastante cercanos, durante el tiempo de medición, siendo el promedio para la línea de costa de 0.177 mm.

El valor de D50 para las muestras húmedas, H1 presentó un valor mínimo de 0.123 y máximo de 0.161 mm, en promedio, el D50 se encuentra en 0.144 mm. Para la muestra H2, se obtuvo un valor mínimo de 0.117 mm y 0.158 mm para un promedio de 0.141 mm. Encontrándose en esta zonas las partículas más finas en comparacion con las otras dos zonas. Lo cual puede observarse en la **Tabla 8**.

Tabla 8. Tamaño de los granos de las muestras del Perfil 2 y determinación de los parámetros W y A.



Evaluación de los efectos del cierre de la boca del Laguito sobre las playas de Castillogrande, cerca al Club Naval



MEDICIÓN 1	MUESTRA						MEDICIÓN 2	MUESTRA					
Perfil 2	S1	S2	S3	LC	H1	H2	PERFIL 2	S1	S2	S3	LC	H1	H2
D10 (mm)	0.125	0.114	0.112	0.134	0.083	0.081	D10 (mm)	0.160	0.183	0.152	0.109	0.098	0.093
D16 (mm)	0.150	0.128	0.128	0.156	0.089	0.086	D16 (mm)	0.186	0.192	0.183	0.124	0.109	0.106
D50 (mm)	0.231	0.193	0.179	0.204	0.123	0.117	D50 (mm)	0.231	0.243	0.222	0.199	0.138	0.138
D84 (mm)	0.297	0.241	0.234	0.241	0.166	0.172	D84 (mm)	0.292	0.299	0.272	0.250	0.172	0.180
D90 (mm)	0.401	0.249	0.244	0.247	0.176	0.207	D90 (mm)	0.341	0.378	0.286	0.288	0.178	0.225
D10 (φ)	3.00	3.13	3.16	2.90	3.59	3.62	D10 (φ)	2.65	2.45	2.72	3.20	3.35	3.42
D16 (φ)	2.73	2.97	2.96	2.68	3.50	3.54	D16 (φ)	2.43	2.38	2.45	3.01	3.20	3.24
D50 (φ)	2.11	2.37	2.48	2.30	3.03	3.09	D50 (φ)	2.11	2.04	2.17	2.33	2.86	2.86
D84 (φ)	1.75	2.05	2.10	2.05	2.59	2.54	D84 (φ)	1.77	1.74	1.88	2.00	2.54	2.48
D90 (φ)	1.32	2.00	2.04	2.02	2.51	2.27	D90 (φ)	1.55	1.40	1.81	1.79	2.49	2.15
Mdφ	2.24	2.51	2.53	2.37	3.04	3.04	Mdφ	2.10	2.06	2.17	2.50	2.87	2.86
σφ	-0.49	-0.46	-0.43	-0.31	-0.45	-0.50	σφ	-0.33	-0.32	-0.29	-0.50	-0.33	-0.38
αφ	-0.26	-0.30	-0.10	-0.22	-0.04	0.10	αφ	0.03	-0.06	0.02	-0.34	-0.04	0.00
W (m/s)					0.0136	0.0130	W (m/s)					0.0154	0.0155
A (m ^{1/3})					0.0599	0.0580	A (m ^{1/3})					0.0652	0.0652

MEDICIÓN 3	MUESTRA						MEDICIÓN 4	MUESTRA					
Perfil 2	S1	S2	S3	LC	H1	H2	Perfil 2	S1	S2	S3	LC	H1	H2
D10 (mm)	0.165	0.185	0.164	0.108	0.101	0.100	D10 (mm)	0.190	0.190	0.181	0.109	0.113	0.111
D16 (mm)	0.186	0.193	0.185	0.126	0.110	0.109	D16 (mm)	0.203	0.203	0.189	0.114	0.122	0.120
D50 (mm)	0.227	0.239	0.226	0.201	0.140	0.136	D50 (mm)	0.263	0.263	0.236	0.142	0.158	0.158
D84 (mm)	0.288	0.308	0.277	0.247	0.172	0.174	D84 (mm)	0.331	0.331	0.286	0.262	0.178	0.178
D90 (mm)	0.319	0.389	0.289	0.290	0.178	0.235	D90 (mm)	0.398	0.398	0.295	0.299	0.262	0.234
D10 (φ)	2.60	2.43	2.61	3.22	3.31	3.33	D10 (φ)	2.39	2.39	2.47	3.20	3.14	3.17
D16 (φ)	2.42	2.37	2.43	2.99	3.19	3.20	D16 (φ)	2.30	2.30	2.40	3.14	3.04	3.06
D50 (φ)	2.14	2.06	2.14	2.32	2.84	2.88	D50 (φ)	1.93	1.93	2.08	2.81	2.66	2.66
D84 (φ)	1.80	1.70	1.85	2.02	2.54	2.52	D84 (φ)	1.59	1.59	1.80	1.93	2.49	2.49
D90 (φ)	1.65	1.36	1.79	1.78	2.49	2.09	D90 (φ)	1.33	1.33	1.76	1.74	1.93	2.09
Mdφ	2.11	2.04	2.14	2.50	2.86	2.86	Mdφ	1.95	1.95	2.10	2.53	2.76	2.78
σφ	-0.31	-0.34	-0.29	-0.49	-0.32	-0.34	σφ	-0.35	-0.35	-0.30	-0.60	-0.27	-0.29
αφ	0.08	0.08	0.01	-0.38	-0.07	0.06	αφ	-0.06	-0.06	-0.08	0.46	-0.38	-0.39
W (m/s)					0.0157	0.0152	W (m/s)					0.0180	0.0179
A (m ^{1/3})					0.0659	0.0645	A (m ^{1/3})					0.0722	0.0720

MEDICIÓN 5	MUESTRA					
Perfil 2	S1	S2	S3	LC	H1	H2
D10 (mm)	0.160	0.188	0.183	0.109	0.116	0.113
D16 (mm)	0.176	0.195	0.191	0.113	0.126	0.122
D50 (mm)	0.226	0.240	0.233	0.138	0.161	0.158
D84 (mm)	0.288	0.297	0.285	0.275	0.179	0.178
D90 (mm)	0.316	0.450	0.296	0.317	0.315	0.217
D10 (φ)	2.64	2.41	2.45	3.20	3.11	3.14
D16 (φ)	2.51	2.36	2.39	3.14	2.99	3.04
D50 (φ)	2.14	2.06	2.10	2.86	2.64	2.66
D84 (φ)	1.79	1.75	1.81	1.86	2.48	2.49
D90 (φ)	1.66	1.15	1.76	1.66	1.67	2.21
Mdφ	2.15	2.05	2.10	2.50	2.74	2.76
σφ	-0.36	-0.30	-0.29	-0.64	-0.25	-0.28
αφ	-0.02	0.02	0.00	0.56	-0.39	-0.37
W (m/s)					0.0183	0.0180
A (m ^{1/3})					0.0731	0.0721

Fuente: Autores.



5.2.1. Determinación del Perfil de equilibrio de Dean para el Perfil 2

De igual forma que para el Perfil 1, de acuerdo con el tamaño del grano D50 hallado para las muestras de sedimento en la playa sumergida del Perfil 1 se determinaron el parámetro Velocidad de Caída del grano W y el parámetro A , obteniendo los valores que aparecen en la **Tabla 8**. Con estos valores se determinó la ecuación de Dean representativa para el Perfil 2 definida como :

$$Y = 0.0665 X^{2/3}$$

Obtenido el perfil de Dean y comparado con el perfil 2, de acuerdo a la **Figura 26** puede decirse que es una playa inestable o poco predecible, debido a que en los primeros 3 m aproximadamente según la gráfica, se observa una tendencia a la sedimentación, a partir de este punto (3 m) hacia el lecho marino presenta tendencia a la erosión.

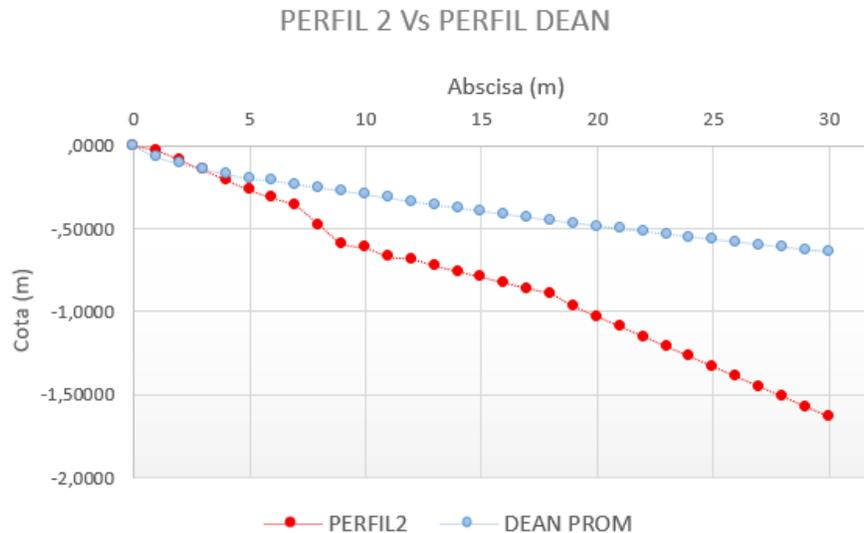


Figura 26. Comparación del perfil 2 con el perfil de Dean.

Fuente: Autores.

5.3. Análisis de las variaciones del Perfil 3

Para el perfil 3, así como en el perfil 2 se realizaron cinco mediciones desde el 19 de febrero hasta el 4 de junio del año en curso. En la **Figura 26**, se observan los tres perfiles levantados y un perfil promedio a partir de éstos.



Evaluación de los efectos del cierre de la boca del Laguito sobre las playas de Castillogrande, cerca al Club Naval

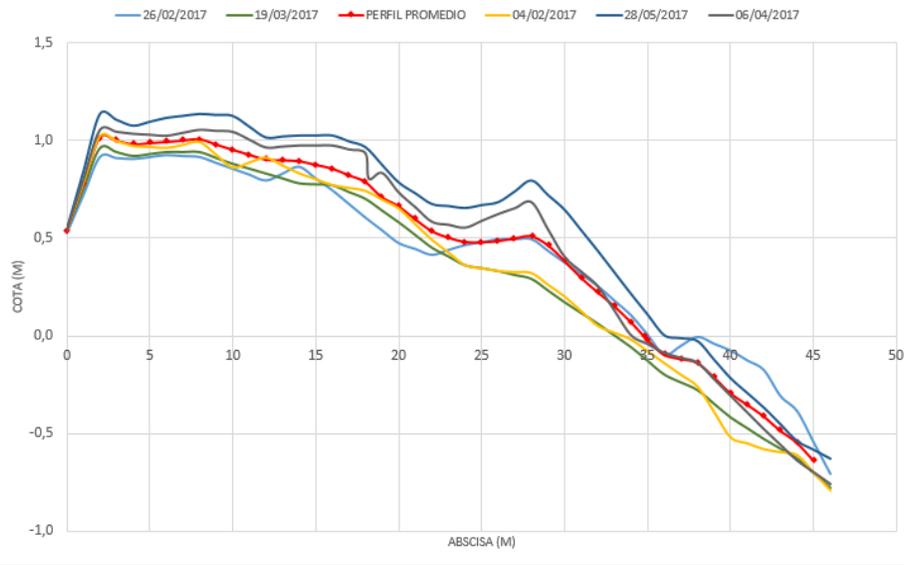


Figura 27. Variaciones del Perfil 2 durante las mediciones.

Fuente: Autores.

De acuerdo a la grafica se observa que en el perfil 3 inicialmente mantiene un comportamiento homogéneo, sin embargo para la medición realizada el día 26 de febrero donde se puede apreciar la principal variación debido a que este empieza con cotas más bajas con respecto a las demás mediciones y durante la transición a la zona húmeda logra ser la medición con cotas más altas.

En cuanto a la posición de la línea de costa se halló cierto retroceso pues en la primera medición se encontraba a 28m del punto BM mientras que para la última medición se encontró a 21m de dicho punto. Un valor promedio de la distancia del BM a la línea de costa corresponde a 20m siendo este el ancho de playa seca del perfil. Las variaciones de la posición de la línea de costa se muestran en la Figura 30 en base a las mediciones realizadas.

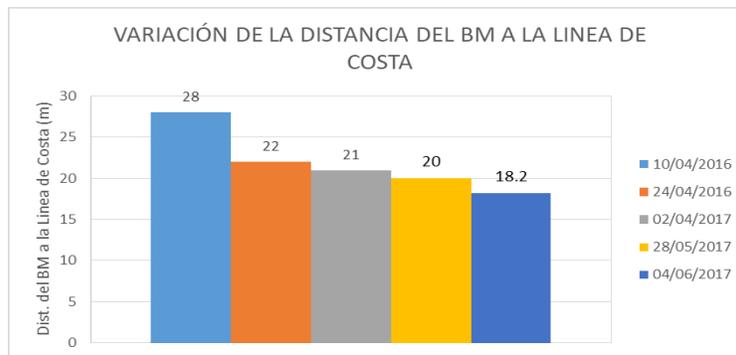


Figura 28. Variación de la distancia del BM a la línea de costa del Perfil 3.

Fuente: Autores.



Evaluación de los efectos del cierre de la boca del Laguito sobre las playas de Castillogrande, cerca al Club Naval



Al igual que los otros dos perfiles, se puede decir que éste también presenta actualmente una tendencia a la erosión a pesar de que en las mediciones realizadas durante el primer semestre del año 2017 se está presentando sedimentación en la mayor parte de los perfiles levantados en las fechas más recientes. Para la determinación del perfil de Dean fue necesario estudiar desde el punto de vista granulométrico varias muestras de arena tomadas a lo largo del perfil tal y como se hizo en los perfiles anteriores con el fin de determinar principalmente el tamaño promedio de las partículas de la zona o el D50. En la **Tabla 9** se muestran los valores de D50 para cada muestra tomada a lo largo del perfil 3 y sus respectivos promedios, mientras que en las **Figuras 29 y 30** se muestran sus variaciones.

Tabla 9. D50 Promedio para cada muestra tomada en el perfil 3.

D50	S1	S2	S3	LC	H1	H2
26/02/2017	0.21410	0.18756	0.16558	0.16279	0.12456	0.12629
19/03/2017	0.22655	0.22461	0.21966	0.20397	0.14604	0.13792
02/04/2017	0.22541	0.22625	0.22087	0.20443	0.15276	0.14169
28/05/2017	0.16887	0.19174	0.17307	0.16070	0.15864	0.15793
04/06/2017	0.21422	0.19360	0.18903	0.19533	0.15317	0.19507
PROMEDIO	0.20983	0.20475	0.19364	0.18544	0.14703	0.15178

Fuente: Autores.

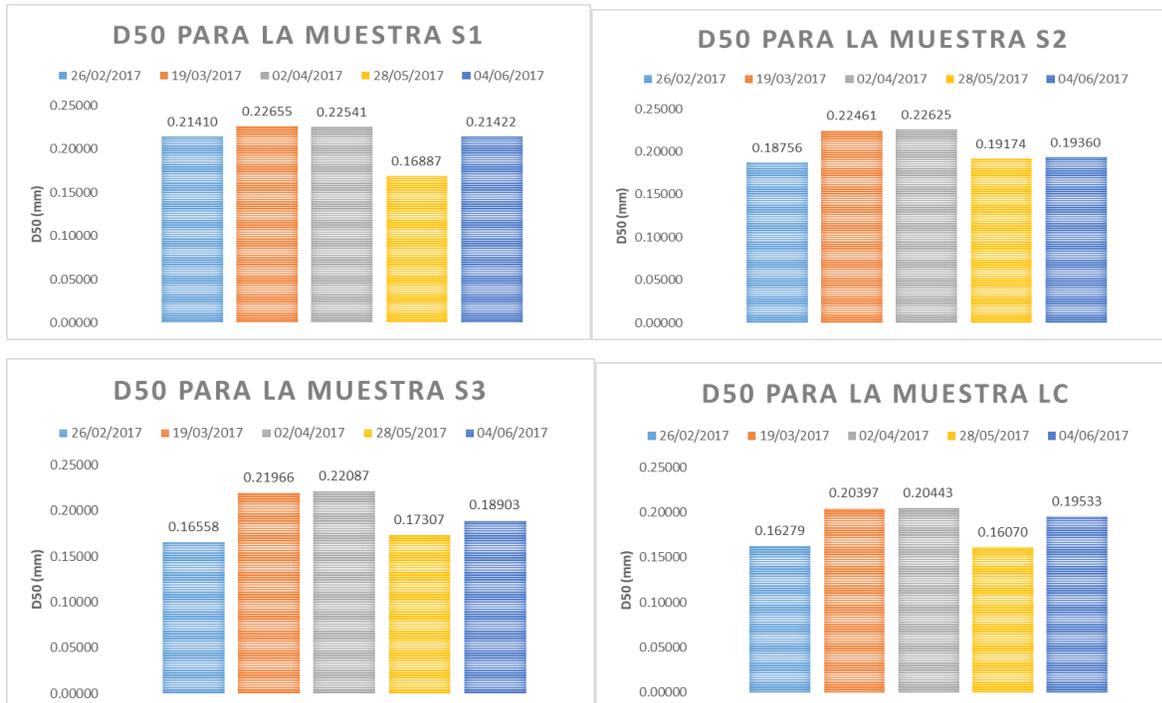


Figura 29. Variación de los valores de D50 para las muestras en playa seca y línea de costa en el perfil 3.

Fuente: Autores.



Evaluación de los efectos del cierre de la boca del Laguito sobre las playas de Castillogrande, cerca al Club Naval

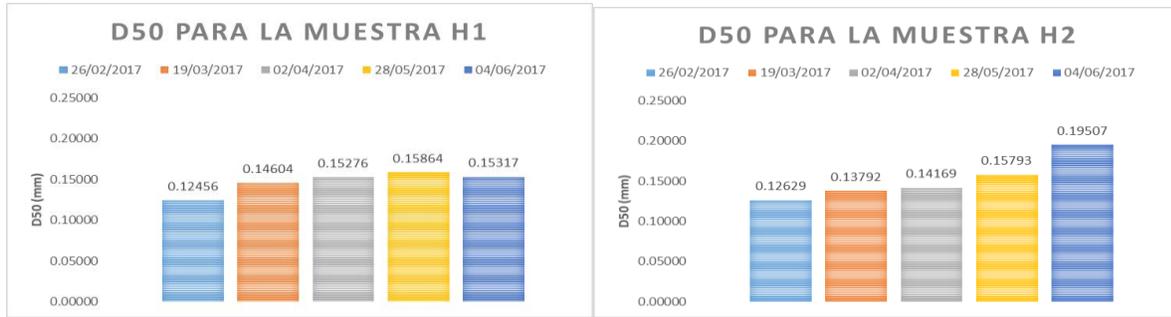


Figura 30. Variación de los valores de D50 para las muestras en playa húmeda en el perfil 3

Fuente: Autores.

Se observa que para la segunda medición realizada el día 19 de marzo de 2017 se presentó un aumento del D50 respecto a casi todas las muestras. Los demás tamaños de partículas se muestran en la **Tabla 10**.

Tabla 10. Tamaño de los granos de las muestras del Perfil 3 y determinación de los parámetros W y A.

MEDICIÓN 1	MUESTRA						
	Perfil 3	S1	S2	S3	LC	H1	H2
D10 (mm)	0.1124	0.1080	0.1077	0.1079	0.082	0.084	
D16 (mm)	0.1318	0.1218	0.1175	0.1176	0.088	0.090	
D50 (mm)	0.2141	0.1876	0.1656	0.1628	0.125	0.126	
D84 (mm)	0.6008	0.2406	0.2352	0.2229	0.178	0.172	
D90 (mm)	1.5931	0.2499	0.2547	0.2399	0.271	0.198	
D10 (φ)	3.15	3.21	3.21	3.21	3.60	3.57	
D16 (φ)	2.92	3.04	3.09	3.09	3.51	3.47	
D50 (φ)	2.22	2.41	2.59	2.62	3.01	2.99	
D84 (φ)	0.74	2.06	2.09	2.17	2.49	2.54	
D90 (φ)	-0.67	2.00	1.97	2.06	1.88	2.34	
Mdφ	1.83	2.55	2.59	2.63	3.00	3.01	
σφ	-1.09	-0.49	-0.50	-0.46	-0.51	-0.46	
αφ	0.36	-0.27	0.01	-0.02	0.01	-0.04	
W (m/s)					0.0138	0.0140	
A (m ^Λ /3)					0.0606	0.0612	

MEDICIÓN 2	MUESTRA						
	Perfil 3	S1	S2	S3	LC	H1	H2
D10 (mm)	0.1385	0.1430	0.1323	0.1205	0.1120	0.1102	
D16 (mm)	0.1697	0.1823	0.2009	0.1338	0.117	0.114	
D50 (mm)	0.2265	0.2246	0.2197	0.2040	0.146	0.138	
D84 (mm)	0.3096	0.4093	0.4093	0.2480	0.226	0.180	
D90 (mm)	0.4250	0.4796	0.6249	0.2757	0.270	0.248	
D10 (φ)	2.85	2.81	2.92	3.05	3.16	3.18	
D16 (φ)	2.56	2.46	2.32	2.90	3.09	3.13	
D50 (φ)	2.14	2.15	2.19	2.29	2.78	2.86	
D84 (φ)	1.69	1.29	1.29	2.01	2.14	2.47	
D90 (φ)	1.23	1.06	0.68	1.86	1.89	2.01	
Mdφ	2.13	1.87	1.80	2.46	2.62	2.80	
σφ	-0.43	-0.58	-0.51	-0.45	-0.48	-0.33	
αφ	0.04	0.48	0.75	-0.37	0.33	0.17	
W (m/s)					0.0165	0.0155	
A (m ^Λ /3)					0.0681	0.0653	

MEDICIÓN 3	MUESTRA						
	Perfil 3	S1	S2	S3	LC	H1	H2
D10 (mm)	0.1285	0.1406	0.1333	0.1228	0.1114	0.1114	
D16 (mm)	0.1479	0.1821	0.1590	0.1372	0.117	0.116	
D50 (mm)	0.2254	0.2263	0.2209	0.2044	0.153	0.142	
D84 (mm)	0.3170	0.4647	0.4647	0.2525	0.282	0.265	
D90 (mm)	0.4190	0.5067	0.6721	0.2835	0.398	0.323	
D10 (φ)	2.96	2.83	2.91	3.03	3.17	3.17	
D16 (φ)	2.76	2.46	2.65	2.87	3.09	3.11	
D50 (φ)	2.15	2.14	2.18	2.29	2.71	2.82	
D84 (φ)	1.66	1.11	1.11	1.99	1.83	1.92	
D90 (φ)	1.25	0.98	0.57	1.82	1.33	1.63	
Mdφ	2.21	1.78	1.88	2.43	2.46	2.51	
σφ	-0.55	-0.68	-0.77	-0.44	-0.63	-0.60	
αφ	-0.11	0.54	0.39	-0.31	0.40	0.51	
W (m/s)					0.0173	0.0159	
A (m ^Λ /3)					0.0704	0.0666	

MEDICIÓN 4	MUESTRA						
	Perfil 3	S1	S2	S3	LC	H1	H2
D10 (mm)	0.1285	0.1093	0.1092	0.1113	0.092	0.108	
D16 (mm)	0.1498	0.1225	0.1193	0.1191	0.103	0.116	
D50 (mm)	0.1689	0.1917	0.1731	0.1607	0.159	0.158	
D84 (mm)	0.5490	0.2440	0.1849	0.2895	0.213	0.304	
D90 (mm)	0.9362	0.2645	0.2635	0.4202	0.262	0.539	
D10 (φ)	2.96	3.19	3.19	3.17	3.45	3.21	
D16 (φ)	2.74	3.03	3.07	3.07	3.28	3.11	
D50 (φ)	2.57	2.38	2.53	2.64	2.66	2.66	
D84 (φ)	0.87	2.04	2.43	1.79	2.23	1.72	
D90 (φ)	0.10	1.92	1.92	1.25	1.93	0.89	
Mdφ	1.80	2.53	2.75	2.43	2.76	2.42	
σφ	-0.94	-0.50	-0.32	-0.64	-0.52	-0.70	
αφ	0.82	-0.30	-0.70	0.33	-0.19	0.35	
W (m/s)					0.0181	0.0180	
A (m ^Λ /3)					0.0723	0.0721	



MEDICIÓN 5	MUESTRA					
	Perfil 3	S1	S2	S3	LC	H1
D10 (mm)	0.1275	0.1176	0.1087	0.1137	0.090	0.095
D16 (mm)	0.1539	0.1348	0.1260	0.1279	0.099	0.108
D50 (mm)	0.2142	0.1936	0.1890	0.1953	0.153	0.195
D84 (mm)	0.2994	0.2444	0.2567	0.3156	0.199	0.349
D90 (mm)	0.5008	0.2671	0.2891	0.4049	0.244	0.632
D10 (φ)	2.97	3.09	3.20	3.14	3.48	3.40
D16 (φ)	2.70	2.89	2.99	2.97	3.34	3.21
D50 (φ)	2.22	2.37	2.40	2.36	2.71	2.36
D84 (φ)	1.74	2.03	1.96	1.66	2.33	1.52
D90 (φ)	1.00	1.90	1.79	1.30	2.04	0.66
Mdφ	2.22	2.46	2.48	2.32	2.83	2.36
σφ	-0.48	-0.43	-0.51	-0.65	-0.50	-0.85
αφ	0.01	-0.22	-0.14	0.06	-0.25	-0.01
W (m/s)					0.0174	0.0227
A (m ^{1/3})					0.0705	0.0842

Fuente: Autores

5.3.1. Determinación del Perfil de equilibrio de Dean para el Perfil 3

De igual forma que para perfiles anteriores, se estableció una ecuación de Dean a partir del promedio del parámetro A conocido en la **Tabla 10** y se muestra a continuación:

$$Y = 0.07 X^{2/3}$$

Esta ecuación permitió graficar el perfil de dean para el Perfil 3 y fue superpuesto con el Perfil 3 promedio, dicha superposición se observa en la **Figura 27** donde se observa que al igual que en resto de perfiles actualmente presenta una tendencia a la erosión.

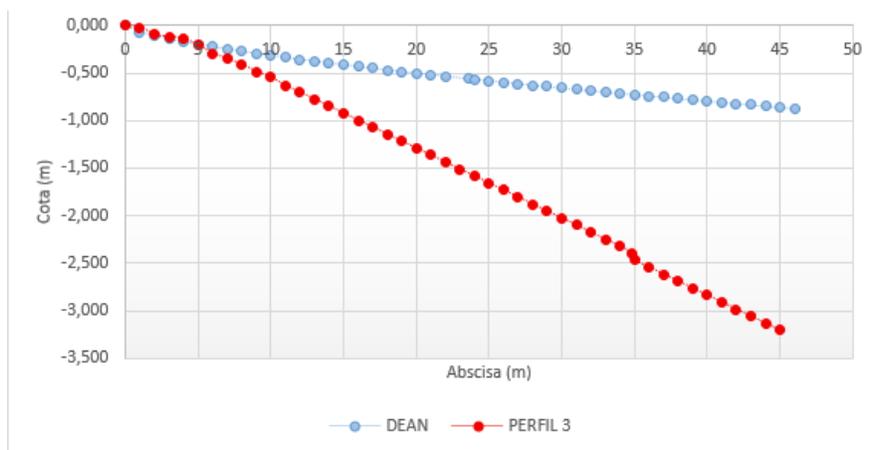


Figura 31. Comparación del perfil 3 con el perfil de Dean.

Fuente: Autores.



En cuanto a la posición de la línea de costa se halló cierto retroceso pues en la primera medición se encontraba a 28m del punto BM mientras que para la última medición se encontró a 21m de dicho punto. Un valor promedio de la distancia del BM a la línea de costa corresponde a 20m siendo este el ancho de playa seca del perfil. Las variaciones de la posición de la línea de costa se muestran en la Figura 30 en base a las mediciones realizadas.

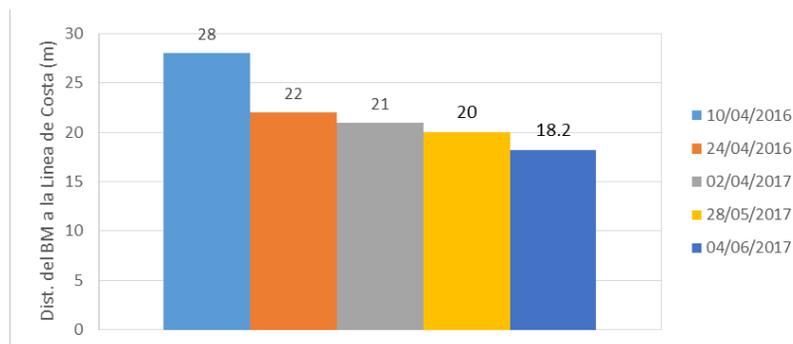


Figura 32. Variación de la distancia del BM a la línea de costa del perfil 3.

Fuente: Autores.

Es posible afirmar que tras el cierre de la boca del laguito, se ha presentado cierta inestabilidad o desequilibrio en las playas en estudio, por lo que se observan retrocesos en la línea de costa en tan poco tiempo, además sería importante conocer la posición exacta de la línea de costa en el estudio realizado para 2002 para saber con mayor exactitud la variación que se ha presentado con los años.

5.4. Análisis de las variaciones de la línea de costa en el sector de estudio

La posición de la línea de costa en la zona de estudio se analizó con la ayuda de herramientas que actualmente son muy utilizadas en este tipo de estudios como Google Maps ó Google Earth. En la **Figura 33** se observa en una imagen de Google Earth la posición aproximada de la línea de costa (cambio de color de la arena) en el sector de Castillogrande donde se llevó a cabo el presente estudio para el año 2003 (año en que finalizó el estudio realizado por la universidad de cartagena y COLCIENCIAS y en el que se encontraba abierta la boca del Laguito) y 2017.



Figura 33. Posición de la línea de costa en la zona de estudio para los años 2003 y 2017

Fuente: Tomado de Google Earth y modificado por autores.

En la **Figura 34** se tienen fotografías del año 2007 y del 2016 donde claramente se observa que para 2007 la Boca del Laguito se encontraba abierta.



Figura 34. Estado de la boca del Laguito para los años 2007 y 2016



Fuente: Tomado de Google Earth y modificado por autores.

En las imágenes se puede observar que actualmente existen anchos de playa seca mayores, esto puede estar sumamente ligado a la sedimentación que la zona ha experimentado con el pasar de los años, especialmente porque al estar cerrada la boca del Laguito hay un mayor transporte de sedimentos a la zona, tal como se mostró en la ilustración anterior.

5.5. Tipo de rotura del oleaje presente en la zona de estudio

Para llevar a cabo el estudio del comportamiento del oleaje presente en el sector donde se realizó la presente investigación fue necesario conocer algunos parámetros como las pendientes de los perfiles sumergidos, los cuales fueron hallados a partir de las cotas y abscisas en la zona sumergida del perfil. Además fue indispensable conocer datos del oleaje como la Altura de Ola en las distintas direcciones y los valores de período. Dichos datos fueron suministrados por la directora de ésta investigación, la ingeniera Dalia Moreno Egel obtenidos a partir de modelaciones realizadas en la zona de Bocagrande y se muestran en la Tabla 11. En esta Tabla, las alturas (Hs) corresponden a oleajes mar afuera y Hb, son las alturas obtenidas en la zona de rotura, para los diferentes períodos.

Tabla 11. Datos Alturas de Ola y Períodos utilizados para el estudio.

		PERIODOS (S)				
		6	6,7	7	7,5	12,4
Dirección	Altura Hs (m)	ALTURA DE OLAJE EN ZONA DE ROTURA (Hb) EN (m)				
N	0,8			0,8-0,9		
NW	0,7	0,9-1,0	0,9-1,0			
NNE	1		0,5-1,0	0,5-1,0	0,6-0,85	
NE	1		0,4-0,55	0,6-0,9	0,65-1,0	
NNW	0,7		0,9-1,0	0,9-1,0	0,9-1	
NW	8,7					2,0-2,8

Fuente: (Pinto Nieves, 2014)

En base a esos datos de oleaje se determinó el número de Iribarren según la ecuación (3), teniendo en cuenta la pendiente del perfil y a partir de éste se clasificó el tipo de rotura



Evaluación de los efectos del cierre de la boca del Laguito sobre las playas de Castillogrande, cerca al Club Naval



predominante de la zona. A continuación en las **Tablas 12, 13 y 14** se observan los resultados obtenidos en cada perfil estudiado.

Tabla 12 Número de Iribarren y Tipo de rotura para el perfil 1

PERFIL 1		Pendiente=	0.062			
Dirección	Altura Hs (m)	Periodo (s)	Altura de olas en zona de rotura (Hb) en (m)	Lo (m)	Número de Iribarren	TIPO DE ROTURA
N	0.8	7	0.8	76.4262	0.6060	Descrestamiento
			0.9		0.5713	Descrestamiento
NW	0.7	6	0.9	56.1499	0.4897	Descrestamiento
			1		0.4646	Descrestamiento
		6.7	0.9	70.0158	0.5469	Descrestamiento
			1		0.5188	Descrestamiento
NNE	1	6.7	0.5	70.0158	0.7337	Descrestamiento
			1		0.5188	Descrestamiento
		7	0.5	76.4262	0.7665	Descrestamiento
			1		0.5420	Descrestamiento
		7.5	0.6	87.7342	0.7497	Descrestamiento
			0.85		0.6299	Descrestamiento
NE	1	6.7	0.4	70.0158	0.8203	Descrestamiento
			0.55		0.6995	Descrestamiento
		7	0.6	76.4262	0.6997	Descrestamiento
			0.9		0.5713	Descrestamiento
		7.5	0.65	87.7342	0.7203	Descrestamiento
			1		0.5807	Descrestamiento
NNW	0,7	6.7	0.9	70.0158	0.5469	Descrestamiento
			1		0.5188	Descrestamiento
		7	0.9	76.4262	0.5713	Descrestamiento
			1		0.5420	Descrestamiento
		7.5	0.9	87.7342	0.6121	Descrestamiento
			1		0.5807	Descrestamiento
NW	8,7	12.4	2	239.8223	0.6789	Descrestamiento
			2.8		0.5738	Descrestamiento

Fuente: Autores



Tabla 13 Número de Iribarren y Tipo de rotura para el perfil 2

PERFIL 2		Pendiente=	0.055					
Dirección	Altura Hs (m)	Periodo (s)	Altura de olas en zona de rotura (Hb) en (m)	Lo (m)	Número de Iribarren	TIPO DE ROTURA		
N	0.8	7	0.8	76.4262	0.5376	Descrestamiento		
			0.9		0.5068	Descrestamiento		
NW	0.7	6	0.9	56.1499	0.4344	Descrestamiento		
			1		0.4121	Descrestamiento		
		6.7	0.9	70.0158	0.4851	Descrestamiento		
			1		0.4602	Descrestamiento		
NNE	1	6.7	0.5	70.0158	0.6508	Descrestamiento		
			1		0.4602	Descrestamiento		
		7	0.5	76.4262	0.6800	Descrestamiento		
			1		0.4808	Descrestamiento		
		7.5	0.6	87.7342	0.6651	Descrestamiento		
			0.85		0.5588	Descrestamiento		
NE	1	6.7	0.4	70.0158	0.7277	Descrestamiento		
			0.55		0.6206	Descrestamiento		
		7	0.6	76.4262	0.6207	Descrestamiento		
			0.9		0.5068	Descrestamiento		
		7.5	0.65	87.7342	0.6390	Descrestamiento		
			1		0.5152	Descrestamiento		
		NNW	0,7	6.7	0.9	70.0158	0.4851	Descrestamiento
					1		0.4602	Descrestamiento
7	0.9			76.4262	0.5068	Descrestamiento		
	1				0.4808	Descrestamiento		
7.5	0.9			87.7342	0.5430	Descrestamiento		
	1				0.5152	Descrestamiento		
NW	8,7	12.4	2	239.8223	0.6023	Descrestamiento		
			2.8		0.5090	Descrestamiento		

Fuente: Autores



Tabla 14 Número de Iribarren y Tipo de rotura para el perfil 3

PERFIL 3		Pendiente=	0.0509			
Dirección	Altura Hs (m)	Periodo (s)	Altura de olas en zona de rotura (Hb) en (m)	Lo (m)	Número de Iribarren	TIPO DE ROTURA
N	0.8	7	0.8	76.4262	0.4975	Descrestamiento
			0.9		0.4690	Descrestamiento
NW	0.7	6	0.9	56.1499	0.4020	Descrestamiento
			1		0.3814	Descrestamiento
		6.7	0.9	70.0158	0.4489	Descrestamiento
			1		0.4259	Descrestamiento
NNE	1	6.7	0.5	70.0158	0.6023	Descrestamiento
			1		0.4259	Descrestamiento
		7	0.5	76.4262	0.6293	Descrestamiento
			1		0.4450	Descrestamiento
		7.5	0.6	87.7342	0.6155	Descrestamiento
			0.85		0.5171	Descrestamiento
NE	1	6.7	0.4	70.0158	0.6734	Descrestamiento
			0.55		0.5743	Descrestamiento
		7	0.6	76.4262	0.5745	Descrestamiento
			0.9		0.4690	Descrestamiento
		7.5	0.65	87.7342	0.5914	Descrestamiento
			1		0.4768	Descrestamiento
NNW	0,7	6.7	0.9	70.0158	0.4489	Descrestamiento
			1		0.4259	Descrestamiento
		7	0.9	76.4262	0.4690	Descrestamiento
			1		0.4450	Descrestamiento
		7.5	0.9	87.7342	0.5026	Descrestamiento
			1		0.4768	Descrestamiento
NW	8,7	12.4	2	239.8223	0.5574	Descrestamiento
			2.8		0.4711	Descrestamiento

Fuente: Autores.

Como puede observarse el tipo de rotura que se presenta en las playas estudiadas para las direcciones y alturas consideradas y la época de las mediciones son las olas de Descrestamiento (Spilling), pues los valores del Número de Iribarren (Ir) en todos los casos resultaron menor a 1 (Coastal Engineering Manual, 2002) oscilando dentro del mismo rango con un valor mínimo de 0.38 en el Perfil 3 hasta un valor máximo de 0.83 en el Perfil 1 de, esto se debe a que los tres perfiles se encuentran dentro del mismo sector de playas y tienen pendientes muy similares siendo la del Perfil 1 un poco mayor. Mientras que para 2002 los tipos de rotura se daban entre descrestamiento y voluta.



5.6. Clasificación geomorfológica de la playa

Para la clasificación geomorfológica de la playa es necesario llegar a conocer el Número de Dean (Ω) (Ecuación 7) el cual determina el estado modal de la playa. Éste parámetro depende de factores como la velocidad de caída del grano (W), el cual es función del tamaño promedio de las partículas (D_{50}), la Altura a la rotura (H_b) y el período de las olas. Para ello se empleó la ecuación (7). Los datos del parámetro Omega (Ω) obtenidos para cada perfil se observan en las **Tablas 15, 16 y 17**.

Tabla 15. Valores del Número de Dean (Ω) y estado morfodinámico de la playa para el Perfil 1

PERFIL 1	Pendiente=	0.062	w=	0.02529		
Dirección	Altura Hs (m)	Periodo (s)	Altura de olas en zona de rotura (Hb) en (m)	OMEGA (Ω)	ESTADO	
N	0.8	7	0.8	4.520	Intermedia	LTB
			0.9	5.085	Intermedia	LTB
NW	0.7	6	0.9	5.932	Intermedia	LTB
			1	6.591	Disipativa	
		6.7	0.9	5.312	Intermedia	LTB
			1	5.903	Intermedia	LTB
NNE	1	6.7	0.5	2.951	Intermedia	TBR
			1	5.903	Intermedia	LTB
		7	0.5	2.825	Intermedia	TBR
			1	5.650	Intermedia	LTB
		7.5	0.6	3.164	Intermedia	RBB
			0.85	4.482	Intermedia	LTB
NE	1	6.7	0.4	2.361	Intermedia	LTT
			0.55	3.246	Intermedia	RBB
		7	0.6	3.390	Intermedia	RBB
			0.9	5.085	Intermedia	LTB
		7.5	0.65	3.427	Intermedia	RBB
			1	5.273	Intermedia	LTB
NNW	0,7	6.7	0.9	5.312	Intermedia	LTB
			1	5.903	Intermedia	LTB
		7	0.9	5.085	Intermedia	LTB
			1	5.650	Intermedia	LTB
		7.5	0.9	4.746	Intermedia	LTB
			1	5.273	Intermedia	LTB
NW	8,7	12.4	2	6.379	Disipativa	
			2.8	8.930	Disipativa	

Fuente: Autores.

Se puede observar que para el Perfil 1 el estado predominante de la playa es intermedio tipo Barra Longitudinal y Seno (LTB) para valores de Oleaje de 0.8 a 1 m, tipo Barra Transversal y



Rip (TBR) para valores de oleaje de 0.5 m y tipo Barra y Playa Rítmica (RBB) para olas con altura a la rotura de 0.55 a 0.65 m, aunque en dirección NW y con altura de ola a la rotura de 1 m resulta ser disipativa, lo mismo ocurre cuando en esa misma dirección las alturas de ola aumentan.

Para el perfil 2 se observa que la tendencia de la playa es a ser disipativa para oleajes mayores de 0.8m para todas las direcciones de oleaje considerados, existiendo excepciones para oleajes menores de 0.8, donde el estado modal pasa a ser intermedio tipo Barra Longitudinal y Seno (LTB) para los casos de las direcciones del oleaje NE y NNE.

Tabla 16. Valores del Número de Dean (Ω) y estado morfodinámico de la playa para el Perfil 2

PERFIL 2	Pendiente=	0.055	w=	0.01605	
Dirección	Altura Hs (m)	Periodo (s)	Altura de olas en zona de rotura (Hb) en (m)	OMEGA (Ω)	ESTADO
N	0.8	7	0.8	7.118	Disipativa
			0.9	8.008	Disipativa
NW	0.7	6	0.9	9.343	Disipativa
			1	10.381	Disipativa
		6.7	0.9	8.367	Disipativa
			1	9.296	Disipativa
NNE	1	6.7	0.5	4.648	Intermedia LTB
			1	9.296	Disipativa
		7	0.5	4.449	Intermedia LTB
			1	8.898	Disipativa
		7.5	0.6	4.983	Intermedia LTB
			0.85	7.059	Disipativa
NE	1	6.7	0.4	3.719	Intermedia LTB
			0.55	5.113	Intermedia LTB
		7	0.6	5.339	Intermedia LTB
			0.9	8.008	Disipativa
		7.5	0.65	5.398	Intermedia LTB
			1	8.305	Disipativa
NNW	0,7	6.7	0.9	8.367	Disipativa
			1	9.296	Disipativa
		7	0.9	8.008	Disipativa
			1	8.898	Disipativa
		7.5	0.9	7.474	Disipativa
			1	8.305	Disipativa
NW	8,7	12.4	2	10.046	Disipativa
			2.8	14.065	Disipativa

Fuente: Autores.



Tabla 17. Valores del Número de Dean (Ω) y estado morfodinámico de la playa para el Perfil 3

PERFIL 3	Pendiente=	0.0509	w=	0.01690	
Dirección	Altura Hs (m)	Periodo (s)	Altura de olas en zona de rotura (Hb) en (m)	OMEGA (Ω)	ESTADO
N	0.8	7	0.8	6.761	Disipativa
			0.9	7.606	Disipativa
NW	0.7	6	0.9	8.874	Disipativa
			1	9.860	Disipativa
		6.7	0.9	7.947	Disipativa
			1	8.830	Disipativa
NNE	1	6.7	0.5	4.415	Intermedia LTB
			1	8.830	Disipativa
		7	0.5	4.226	Intermedia LTB
			1	8.451	Disipativa
		7.5	0.6	4.733	Intermedia LTB
			0.85	6.705	Disipativa
NE	1	6.7	0.4	3.532	Intermedia RBB
			0.55	4.856	Intermedia LTB
		7	0.6	5.071	Intermedia LTB
			0.9	7.606	Disipativa
		7.5	0.65	5.127	Intermedia LTB
			1	7.888	Disipativa
NNW	0,7	6.7	0.9	7.947	Disipativa
			1	8.830	Disipativa
		7	0.9	7.606	Disipativa
			1	8.451	Disipativa
		7.5	0.9	7.099	Disipativa
			1	7.888	Disipativa
NW	8,7	12.4	2	9.542	Disipativa
			2.8	13.359	Disipativa

Fuente: Autores.

La clasificación geomorfológica de los estados modales en el perfil 3 resulta ser bastante similar al del perfil 2.

En el estudio realizado en 2002, cuando la boca del Laguito se encontraba abierta, se tienen estados disipativos mientras que en el presente estudio se observan estados disipativos e intermedios en los tres perfiles.

De los estados modales en las playas de Castillogrande se tienen valores de Número de Dean que van desde 2.361 hasta 13 en el Perfil 1 hasta 14.06 en el Perfil 2. Dando a entender que en la playa se presenta diversidad de estados modales.



Evaluación de los efectos del cierre de la boca del Laguito sobre las playas de Castillogrande, cerca al Club Naval



Ahora bien, el parrámetro omega no solo nos permite determinar el estado de las playas sino tambien conocer que tan seguras resultan ser las playas para los bañistas. La Figura 33 muestra unos valores de seguridad en función del parámetro Omega y la altura de Olas presente en la zona, y dichos valores son relacionados a un color (Verde, Amarillo, Rojo).

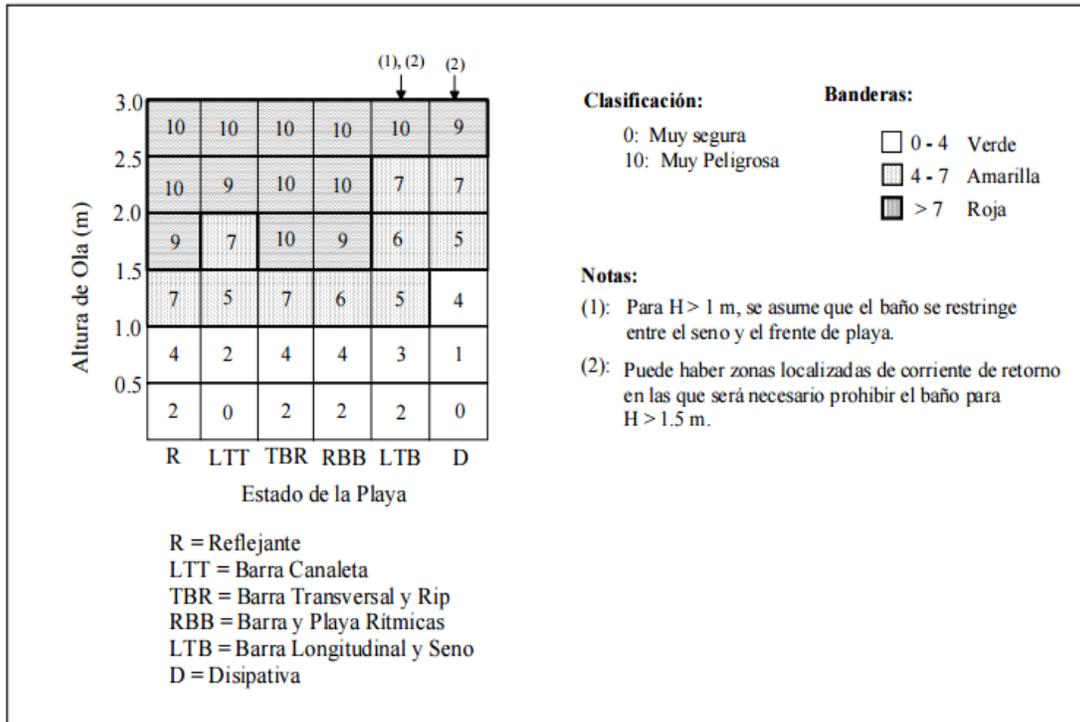


Figura 35. Niveles de seguridad de playas en función de la Altura de ola y el estado modal.

Fuente: (Universidad de Cantabria, 2000)

Los niveles de seguridad fueron obtenidos únicamente para el Perfil 2, pues por ser el perfil intermedio, a partir de ésta información se puede asumir el nivel de la seguridad para todo el sector de playa en estudio. Los niveles revelan que la playa posee un nivel alto de seguridad para los bañistas, lo que puede contribuir a que sean lugares de esparcimiento, recreación y sitios predilectos para los turistas que suelen visitar Cartagena de Indias, Sin embargo para las alturas en tormenta de 2 y hasta 2.8 metros se tienen niveles de seguridad alarmantes por lo que no se recomienda adentrarse al mar en éstas condiciones climáticas. Dichos niveles de seguridad se muestran en la **Tabla 18**.

Tabla 18. Niveles de seguridad para el perfil 2 levantado en las playas de Castillogrande.



Evaluación de los efectos del cierre de la boca del Laguito sobre las playas de Castillogrande, cerca al Club Naval



Dirección	Periodo (s)	Altura de olas en zona de rotura (Hb) en (m)	OMEGA (Ω)	ESTADO	SEGURIDAD	Color Bandera
N	7	0.8	7.11845844	Disipativa		1 Verde
		0.9	8.00826575	Disipativa		1 Verde
NW	6	0.9	9.34297671	Disipativa		1 Verde
		1	10.3810852	Disipativa		1 Verde
	6.7	0.9	8.36684481	Disipativa		1 Verde
		1	9.29649424	Disipativa		1 Verde
NNE	6.7	0.5	4.64824712	Intermedia	LTB	3 Verde
		1	9.29649424	Disipativa		1 Verde
	7	0.5	4.44903653	Intermedia	LTB	3 Verde
		1	8.89807306	Disipativa		1 Verde
	7.5	0.6	4.98292091	Intermedia	LTB	3 Verde
		0.85	7.05913796	Disipativa		1 Verde
NE	6.7	0.4	3.71859769	Intermedia	LTB	2 Verde
		0.55	5.11307183	Intermedia	LTB	3 Verde
	7	0.6	5.33884383	Intermedia	LTB	3 Verde
		0.9	8.00826575	Disipativa		1 Verde
	7.5	0.65	5.39816432	Intermedia	LTB	3 Verde
		1	8.30486819	Disipativa		1 Verde
NNW	6.7	0.9	8.36684481	Disipativa		1 Verde
		1	9.29649424	Disipativa		1 Verde
	7	0.9	8.00826575	Disipativa		1 Verde
		1	8.89807306	Disipativa		1 Verde
	7.5	0.9	7.47438137	Disipativa		1 Verde
		1	8.30486819	Disipativa		1 Verde
NW	12.4	2	10.0462115	Disipativa		5 Amarillo
		2.8	14.0646961	Disipativa		9 Rojo

Fuente: Autores.

En base a estudios realizados en la zona costera de Cartagena en los últimos años, decimos que estas condiciones se han mantenido pues por lo general se da que para ausencia de tormentas la seguridad en las playas es bastante buena para los bañistas y para las obras aledañas.



6. CONCLUSIONES

En cuanto al Perfil 1, el cual se pudo comparar con un estudio anterior realizado en la zona cuando la boca del Laguito se encontraba abierta, se observa que se ha sedimentado significativamente desde 2002 hasta 2017 debido al transporte de sedimento que se dá hacia el sector de playas de Castillogrande y por el cual se ha cerrado la boca del Laguito, sin embargo al realizar la comparacion de su perfil promedio con el perfil de Dean se muestra un actual estado de erosión, este resultado quizás se haya dado por las variaciones climáticas inestables que se han estado presentando durante el período de realización del estudio. Tanto el Perfil 1 como los otros dos, muestran una tendencia a la erosión al compararse con el perfil de Dean. Sin embargo, este resultado nos demuestra que los perfiles no están en equilibrio y que para lograr su equilibrio dinámico deberán sedimentarse a largo plazo. Acción que ya se nota cuando se compara el Perfil 1 con las mediciones anteriores del 2002.

Se observó que durante las tres mediciones realizadas a los perfiles estudiados desde el mes febrero hasta mayo, el comportamiento y la forma de los perfiles es relativamente similar. Sin embargo la posición de la línea de costa si ha presentado variaciones hasta de 7 metros en cinco meses debido al transporte de sedimento que se presenta en estas playas.

Al hacer la comparación de la posición de la línea de costa de los perfiles medidos y a través de imágenes de Google Earth se observa claramente como ha avanzado hacia el mar y ha ganado playa seca el sector de Castillogrande tras el cierre de la Boca del Laguito, pues en la fecha de las imágenes de 2003 y 2007 , la boca del Laguito se encontraba abierta.

De los análisis granulométricos que se han llevado a cabo se observa que el material de los perfiles es arena fina con diámetro promedio de las partículas presentes en los perfiles que oscilan dentro de un mismo rango y no son muy variables. En todas las muestras tomadas del Perfil 1 en las distintas fechas los valores máximo y mínimo de D50 fueron 0.23 y 0.19 respectivamente. Para el Perfil 2 fueron 0.26 y 0.11 y para el Perfil 3 fueron 0.22 y 0.12. Entonces podemos decir que donde mas hubo variación fue en el perfil 2 siendo de 0.15.

En cuanto al oleaje se encontró que se mantiene el tipo de rotura de descrestamiento en todos los perfiles y por ende se puede inferir que esa es la tendencia que presenta todo el sector de playas



Evaluación de los efectos del cierre de la boca del Laguito sobre las playas de Castillogrande, cerca al Club Naval



ubicado en Castillogrande. Además el estado modal corresponde a Disipativo en su mayoría (para oleajes mayores a 0.8 m) aunque para el Perfil 1 la tendencia fue hacia el estado intermedio tipo Barra Longitudinal y Seno (LTB) para oleajes menores de 1m y disipativa para mayores . Sin embargo, para alturas de olas entre 0.4 y 1m, estos valores indicaron que no existe riesgo para los bañistas en el sector, pero si debe restringirse o prohibirse el baño para oleajes mayores.



7. RECOMENDACIONES

Debido a que durante las mediciones realizadas en los distintos perfiles se observó que la posición de la línea de costa ha tenido un retroceso, es importante continuar con los monitoreos para analizar si es necesario un relleno de playas o la reconstrucción de las estructuras de protección costeras en la zona pues las que están actualmente se encuentran en gran deterioro o se encuentran prácticamente destruidas y no cumplen su función.

Para la determinación del tipo de rotura predominante en la zona de estudio es probable que se tuvieran datos más certeros si se hubiese fondeado en correntómetro para determinar las alturas y los períodos en campo durante las mediciones, sin embargo, dentro de las revisiones bibliográficas se observó que en los distintos estudios realizados en la ciudad por lo general la rotura también tiende al mismo tipo, en descrestamiento.



8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Steer Ruiz, R., Arias Isaza, F., Ramos Mora, A., Sierra Correa, P., Alonso Carvajal, D., & Ocampo Aguirre, P. (2015). *Documento base para la elaboración de la "Política Nacional de Ordenamiento Integrado de las Zonas Costeras Colombianas"*. Santamarta: INVEMAR.
- Agámez Verján, N. (2012). *ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN MORFODINÁMICA DE LAS PLAYAS EN EL CARIBE COLOMBIANO, PARA LAS ZONAS DE GALERAZAMBA, CARTAGENA DE INDIAS E ISLA BARÚ (BOLIVAR, COLOMBIA)*. Bolívar: Universidad Nacional de Colombia.
- Anfuso, G., & Rangel, N. (2013). Morfología, morfodinámica y evolución reciente en la Península de la Guajira, Caribe Colombiano. *Revista Ciencias e Ingeniería Al Día*.
- Amaroli, C. (2013). *Beach morphodynamics and types of foredune erosion generated by storms along the Emilia-Romagna coastline, Italy*. Italia: Elsevier.
- Avendaño Camargo, C. L., & Bonfante Zarza, N. P. (2012). *CLASIFICACIÓN GEOMORFOLÓGICA Y ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL DE LAS PLAYAS DE CARTAGENA: SECTOR MARBELLA*. Cartagena, Colombia.
- Bernabeu, A., Medina, R., Vidal, C., & Muñoz Pérez, J. (2001). *ESTUDIO MORFOLÓGICO DEL PERFIL DE PLAYA: MODELO DE PERFIL DE EQUILIBRIO EN DOS TRAMOS*. España: Rev. Soc. Geol. de Espalza.
- Cerkowniak, G. (2016). *Application of Dean's curve to investigation of a long-term evolution of the southern Baltic multi-bar shore profile*. Poland: Elsevier.
- Clark, J. R. (1995). *Coastal zone management handbook*. Whashington, DC.: Lewis Publishers.
- Coastal Engineering Manual. (2002).
- Dean, & Dalrymple. (2004). *Coastal processes with Engineering Applications*. Cambridge University Press.
- Díaz Mendoza, C. (2010). *Caracterización geológica y geotécnica de Cartagena y áreas de influencia*. Cartagena de Indias.
- Díaz, A. G. (2012). *AVANCES DE LA GEOMORFOLOGIA EN ESPAÑA 2010-2012*. Santander: Universidad de Cantabria.
- García, G., & Muñoz Vera, A. (2015). *CHARACTERIZATION AND EVOLUTION OF THE SEDIMENTS OF A MEDITERRANEAN COASTAL LAGOON LOCATED NEXT TO A FORMER MINING AREA*. cartagena, España.



Evaluación de los efectos del cierre de la boca del Laguito sobre las playas de Castillogrande, cerca al Club Naval



- Gómez García, Á., Correa Pérez, J., Osorio, A., Bernal, G., & Gonzalez, H. (2012). *CARACTERIZACIÓN MORFODINÁMICA A CORTO PLAZO DE PLAYA PALMERAS, PARQUE NACIONAL NATURAL, GORGONA, COLOMBIA*. MEDELLÍN, COLOMBIA.
- Gomez Velasquez, J., Carvajal Perico, J., & Otero Garcia, J. (2012). *PROPUESTA DE ESTANDARIZACIÓN DE LOS LEVANTAMIENTOS GEOMORFOLÓGICOS EN LA ZONA COSTERA DEL CARIBE COLOMBIANO*. Magdalena: INVEMAR.
- Grupo de Ingeniería Oceanográfica y de Costas. (2000). Recuperado el 18 de 06 de 2016, de <http://ec.europa.eu/ourcoast/download.cfm?fileID=1325>
- Herrera Silveira, J., & Morales Ojeda, S. (2010). *Biodiversidad y Desarrollo Humano en Yucatán*. Merida: SEDUMA.
- Kjerfve, B. (1994). *Coastal Lagoon processes*. RJ Brasil: Elsevier Science Publisher B. V.
- Maza Figueroa, J. D., & Rangel Fajardo, T. (2014). *ESTUDIO DE PERFILES PARA LA DETERMINACIÓN DE ESTADOS MODALES DE PLAYA EN EL SECTOR LA BOQUILLA EN LA CIUDAD DE CARTAGENA DE INDIAS*. Cartagena de Indias.
- Medina, R., Losada, I., Losada, M., & Vidal, C. (1995). VARIABILIDAD DE LOS PERFILES DE PLAYA: FORMA Y DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA. *Ingeniería del Agua*. Vol. 2 Num. Extraordinario, 1.
- Ministerio del medio ambiente y recursos naturales. (09 de Septiembre de 2016). *Servicio Nacional de Estudios Territoriales del Salvador*. Obtenido de <http://mapas.snet.gob.sv/oceanografia/erosionCostera.pdf>
- Moore, L., & Griggs, G. (2002). *Long-term cliff retreat and erosion hotspots along the central shores of the Monterey Bay National Marine Sanctuary*. California.
- Moreno Egel, D., & Arrieta Pastrana, A. (2003). *Evaluación de los procesos costeros en Cartagena desde la Boquilla hasta el Laguito*. Cartagena de Indias: COLCIENCIAS.
- Moreno, D. (2011). Apuntes de Clases: Hidráulica de Costas, Traducción Costal Engineering Manual. En J. Pope, & A. Morang, *Material hidráulica de costas*, Universidad de Cartagena. Nota: Sin publicar.
- Nautilus Ingeniería marítima. (2009). *Ingeniería marítima y costera- Unidad 1 Oscilaciones del mar*. Madris: Laureate international universities.
- Nicholls, R. J., & Cazenave, A. (2010). *Sea-Level Rise and Its Impact on Coastal Zones*. Southampton.
- Pinto Nieves, H. (2014). *Morfodinámica de una playa, sus relaciones con parámetros físicos y sus variaciones estacionales. Caso de estudio: Playas de Bocagrande, Marbella y La boquilla en Cartagena de Indias, Colombia*. Cartagena de Indias: Colciencias.



Evaluación de los efectos del cierre de la boca del Laguito sobre las playas de Castillogrande, cerca al Club Naval



- Posada Posada, B. O., & Henao Pineda, W. (2007). *Diagnóstico de la erosión en la zona costera del caribe colombiano*. Santamarta: INVEMAR.
- Rangel Buitrago, N., & Posada Posada, B. (2013). *DETERMINACIÓN DE LA VULNERABILIDAD Y EL RIESGO COSTERO MEDIANTE LA APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS SIG Y MÉTODOS MULTICRITERIO*. Santamarta: INTROPICA Universidad de Magdalena.
- Ricaurte Villota, C. (2015). *EROSIÓN DE LAS ZONAS COSTERAS Y ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN*. Puerto España, Trinidad y Tobago: INVEMAR.
- Rivas Rojas, K. J., & Verjel Ortiz, Á. J. (2016). *Evaluación del efecto que producen en la línea de costa del sector de Bocagrande, las nuevas estructuras costeras ubicadas en el barrio de Crespo*. Cartagena, Colombia.
- Rodríguez Paneque, R., & Beltrán Mayorga, H. (2012). *ESTUDIO DE LOS PROCESOS DE EROSIÓN-SEDIMENTACIÓN PLAYA EL ESPINO*. El Salvador.
- Sanchez Arcilla, A., & Jiménez, J. (1994). *Ingeniería del Agua* (Vol. 1).
- Sciences US Commission on Marine. (1966). the Marine Resources and Engineering Development Act of 1966. *The Model for a Sea Change in National Marine Policy*. Washington DC.: NASCO.
- Serrano, D., Ramírez Félix, E., & Valle Levinson, A. (2013). *TIDAL HYDRODYNAMICS IN A TWO-INLET COASTAL LAGOON IN THE GULF OF CALIFORNIA*. Sinaloa, México.
- Tapias, Y., & Chico, L. (2014). *ANÁLISIS Y APLICACIÓN DEL USO DE ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS BLANDAS EMPLEANDO GEOSINTÉTICOS PARA LA PROTECCIÓN COSTERA CASO DE ESTUDIO: ESTRUCTURAS EN LA LÍNEA DE COSTA DE CARTAGENA DE INDIAS*. Trabajo de Grado de pregrado, Universidad de Cartagena, Cartagena.
- U.S. Army Corps of Engineers. (2002). *Coastal Engineering Manual (CEM)*.
- Universidad de Cantabria. (2000). *Regeneración de Playas, Grupo de Ingeniería Oceanográfica y de Costas*.
- Walton Jr., T., & Dean, R. (2007). Temporal and Spatial Change in Equilibrium Beach Profiles from the Florida Panhandle. *Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering*.
- Wright, L., & Short, A. (1984). MORPHODYNAMIC VARIABILITY OF SURF ZONES AND BEACHES: A SYNTHESIS. *Marine Geology*(56), 93-118. Obtenido de <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.175.7797&rep=rep1&type=pdf>



Evaluación de los efectos del cierre de la boca del Laguito sobre las playas de Castillogrande, cerca al Club Naval



9. ANEXOS

PERFIL 1

FORMATO PARA DATOS DE CAMPO DE PERFILES DE PLAYA					
Perfil No.	1 Ubicación :				
Hora inicio	8:00	Fecha	19/03/2017		
Hora final	8:41				
OBSERVACIONES:					
Distancia al BM (m)		0.00	Altura al BM (m)		
Altura instrumental (m)		1.31	Dirección oleaje		
Distancia BM a Línea de costa (m)					
abscisa	Δ	v(+)	v(-)	Cota	Muestras
0		0	1.31	0.524	
1				0.6315	
2		1.095		0.739	S1
3				0.7405	
4		1.092		0.742	
5				0.728	
6		1.12		0.714	
7				0.634	
8		1.28		0.554	LC
9				0.504	
10		1.38		0.454	
11				0.404	
12		1.48		0.354	
13				0.284	
14		1.62		0.214	
15				0.139	H1
16		1.77		0.064	
17				-0.011	
18		1.92		-0.086	
19				-0.111	
20		1.97		-0.136	
21				-0.156	
22		2.01		-0.176	
23				-0.211	
24		2.08		-0.246	
25				-0.276	
26		2.14		-0.306	
27				-0.346	
28		2.22		-0.386	
29				-0.401	H2
30		2.250		-0.416	
31				-0.431	
32		2.28		-0.446	
33				-0.446	
34		2.28		-0.446	
35				-0.431	
36		2.25		-0.416	
37				-0.461	
38		2.34		-0.506	
39				-0.516	
40		2.36		-0.526	
41				-0.546	
42		2.4		-0.566	
43				-0.579	
44		2.37		-0.536	
45				-0.548	

Anexo 1: Medición 19 de marzo de 2017 P1

FORMATO PARA DATOS DE CAMPO DE PERFILES DE PLAYA					
Perfil No.	1 Ubicación :				
Hora inicio	8:04	Fecha	02/04/2017		
Hora final	8:56				
OBSERVACIONES:					
Distancia al BM (m)		0.00	Altura al BM (m)		
Altura instrumental (m)		1.24	Dirección oleaje		
Distancia BM a Línea de costa (m)					
abscisa	Δ	v(+)	v(-)	Cota	Muestras
0		0	1.24	0.524	
1				0.6365	
2		1.015		0.749	S1
3				0.743	
4		1.027		0.737	
5				0.7055	
6		1.09		0.674	
7				0.649	
7.6		1.1		0.664	LC
8		1.14		0.624	
9				0.6225	
10		1.143		0.621	
11				0.619	
12		1.147		0.617	
13				0.4005	
14		1.58		0.184	H1
15				0.114	
16		1.72		0.044	
17				-0.066	
18		1.94		-0.176	
19				-0.201	
20		1.99		-0.226	
21				-0.201	
22		1.94		-0.176	
23				-0.216	
24		2.02		-0.256	
25				-0.286	H2
26		2.08		-0.316	
27				-0.331	
28		2.11		-0.346	
29				-0.366	
30		2.140		-0.386	
31				-0.406	
32		2.19		-0.426	
33				-0.406	
34		2.15		-0.386	
35				-0.406	
36		2.19		-0.426	
37				-0.436	
38		2.21		-0.446	
39				-0.476	
40		2.27		-0.506	
41				-0.491	
42		2.24		-0.476	
43				-0.487	
44		2.21		-0.446	
45				-0.456	

Anexo 2: Medición el 2 de abril de 2017 P1



Evaluación de los efectos del cierre de la boca del Laguito sobre las playas de Castillogrande, cerca al Club Naval



FORMATO PARA DATOS DE CAMPO DE PERFILES DE PLAYA					
Perfil No.	1 Ubicación :				
Hora inicio	8:24	Fecha	28/05/2017		
Hora final	9:19				
OBSERVACIONES:					
Distancia al BM (m)	0.00	Altura al BM (m)			
Altura instrumental (m)	1.05	Dirección oleaje			
Altura BM a Línea de costa					
abscisa	Δ	v(+)	v(-)	Cota	Muestras
0		0	1.05	0.524	
1				0.509	
2		1.08		0.494	S1
3				0.439	
4		1.19		0.384	
5				0.314	
5.2		1.28		0.294	LC
6		1.33		0.244	
7				0.234	
8		1.35		0.224	
9				0.084	
10		1.63		-0.056	
11				-0.176	
12		1.87		-0.296	
13				-0.316	
14		1.91		-0.336	H1
15				-0.346	
16		1.93		-0.356	
17				-0.421	
18		2.06		-0.486	
19				-0.566	
20		2.22		-0.646	
21				-0.776	
22		2.48		-0.906	
23				-0.911	
24		2.49		-0.916	H2
25				-1.006	
26		2.67		-1.096	
27				-1.146	
28		2.77		-1.196	
29				-1.266	
30		2.91		-1.336	
31				-1.406	
32		3.05		-1.476	
33				-1.546	
34		3.19		-1.616	
35				-1.701	
36		3.36		-1.786	
37				-1.861	
38		3.51		-1.936	
39				-2.021	
40		3.68		-2.106	
41				-2.181	
42		3.83		-2.256	
43				-2.310	
44		3.95		-2.376	
45				-2.430	

Anexo 3: Medición el 28 de mayo de 2017 P1

FORMATO PARA DATOS DE CAMPO DE PERFILES DE PLAYA					
Perfil No.	1 Ubicación :				
Hora inicio	8:37	Fecha	04/06/2017		
Hora final	9:12				
OBSERVACIONES:					
Distancia al BM (m)	0.00	Altura al BM (m)			
Altura instrumental (m)	1.1	Dirección oleaje			
Altura BM a Línea de costa					
abscisa	Δ	v(+)	v(-)	Cota	Muestras
0		0	1.1	0.524	
1				0.523	
2		1.102		0.522	S1
3				0.47	
4		1.21		0.418	
5				0.361	
5.08		1.255		0.369	LC
6		1.32		0.304	
7				0.274	
8		1.38		0.244	
9				0.149	
10		1.57		0.054	
11				-0.031	
12		1.74		-0.116	
13				-0.191	
14		1.89		-0.266	H1
15				-0.301	
16		1.96		-0.336	
17				-0.401	
18		2.09		-0.466	
19				-0.501	
20		2.16		-0.536	
21				-0.646	
22		2.38		-0.756	
23				-0.831	
24		2.53		-0.906	
25				-0.971	H2
26		2.66		-1.036	
27				-1.106	
28		2.8		-1.176	
29				-1.2335	
30		2.94		-1.291	
31				-1.3485	
32		3.03		-1.406	
33				-1.496	
34		3.21		-1.586	
35				-1.661	
36		3.36		-1.736	
37				-1.776	
38		3.44		-1.816	
39				-1.9035	
40		3.615		-1.991	
41				-2.0635	
42		3.76		-2.136	
43				-2.187	
44		3.91		-2.286	
45				-2.338	

Anexo 4: Medición 4 de junio de 2017 P1



**Evaluación de los efectos del cierre de la boca del Laguito sobre las playas de
Castillogrande, cerca al Club Naval**



FORMATO PARA DATOS DE CAMPO DE PERFILES DE PLAYA				
Perfil No.	1 PROMEDIO			
Hora inicio		Fecha	-----	
Hora final				
OBSERVACIONES:				
Distancia al BM (m)	0.00	Altura al BM (m)		
Altura instrumental (m)		Dirección oleaje		
Distancia BM a Línea de costa (m)				
abscisa	v(+)	v(-)	Cota	Muestras
0			0.524	
1			0.575	
2			0.626	
3			0.598	
4			0.570	
5			0.527	
6			0.513	
7			0.458	LC
8			0.432	
9			0.399	
10			0.327	
11			0.256	
12			0.192	
13			0.122	
14			0.027	
15			0.000	
16			-0.117	
17			-0.165	
18			-0.244	
19			-0.310	
20			-0.351	
21			-0.391	
22			-0.450	
23			-0.512	
24			-0.551	
25			-0.589	
26			-0.642	
27			-0.699	
28			-0.742	
29			-0.780	
30			-0.820	
31			-0.861	
32			-0.902	
33			-0.939	
34			-0.974	
35			-1.005	
36			-1.046	
37			-1.102	
38			-1.145	
39			-1.179	
40			-1.232	
41			-1.287	
42			-1.325	
43			-1.362	
44			-1.380	
45			-1.414	

Anexo 5: Promedio de las mediciones realizadas al perfil 1



Evaluación de los efectos del cierre de la boca del Laguito sobre las playas de Castillogrande, cerca al Club Naval



PERFIL 2

FORMATO PARA DATOS DE CAMPO DE PERFILES DE PLAYA					
Perfil No.	2 Ubicación :				
Hora inicio	8:08	Fecha	26/02/2017		
Hora final	8:49				
OBSERVACIONES:					
Distancia al BM (m)	0.00	Altura al BM (m)			
Altura instrumental (m)	1.28	Dirección oleaje			
Distancia BM a Línea de costa (m)					
abscisa	Δ	v(+)	v(-)	Cota	Muestras
0		0	1.28	0.637	
1				0.802	
2		0.95		0.967	S1
3				0.9945	
4		0.895		1.022	
5				1.0295	
6		0.88		1.037	
7				1.032	
8		0.89		1.027	
9				0.932	
10		1.08		0.837	S2
11				0.832	
12		1.09		0.827	
13				0.827	
14		1.09		0.827	
15				0.797	
16		1.15		0.767	
17				0.752	S3
18		1.18		0.737	
19				0.717	
20		1.22		0.697	
21				0.637	
22		1.34		0.577	
23				0.537	
24		1.42		0.497	LC
25				0.392	
26		1.63		0.287	
27				0.252	
28		1.7		0.217	
29				0.1495	
30		1.910		0.082	
31				0.0145	
32		1.97		-0.053	H1
33				-0.098	
34		2.06		-0.143	
35				-0.233	
36		2.24		-0.323	
37				-0.373	
38		2.34		-0.423	
39				-0.378	
40		2.25		-0.333	
41				-0.468	H2
42		2.52		-0.603	
43				-0.617	
44		2.69		-0.773	
45				-0.791	

Anexo 6: Medición 26 de febrero de 2017 P2

FORMATO PARA DATOS DE CAMPO DE PERFILES DE PLAYA					
Perfil No.	2 Ubicación :				
Hora inicio	9:13	Fecha	19/03/2017		
Hora final	10:05				
OBSERVACIONES:					
Distancia al BM (m)	0.00	Altura al BM (m)			
Altura instrumental (m)	1.42	Dirección oleaje			
Distancia BM a Línea de costa (m)					
abscisa	Δ	v(+)	v(-)	Cota	Muestras
0		0	1.42	0.637	
1				0.887	
2		0.92		1.137	S1
3				1.112	
4		0.97		1.087	
5				1.132	
6		0.88		1.177	
7				1.162	S2
8		0.91		1.147	
9				1.162	
10		0.88		1.177	
11				1.162	
12		0.91		1.147	
13				1.112	S3
14		0.98		1.077	
15				0.992	
16		1.15		0.907	
17				0.852	
18		1.26		0.797	LC
19				0.762	
20		1.33		0.727	
21				0.682	
22		1.42		0.637	
23				0.557	
24		1.58		0.477	
25				0.382	
26		1.77		0.287	H1
27				0.217	
28		1.91		0.147	
29				0.107	
30		1.990		0.067	
31				0.057	
32		2.01		0.047	
33				0.017	
34		2.07		-0.013	
35				-0.053	
36		2.15		-0.093	
37				-0.153	H2
38		2.27		-0.213	
39				-0.238	
40		2.32		-0.263	
41				-0.343	
42		2.48		-0.423	
43				-0.493	
44		2.62		-0.563	
45				-0.576	

Anexo 7: Medición el 19 de marzo de 2017 P2

Oyola F., T. & Santander B., A.



**Evaluación de los efectos del cierre de la boca del Laguito sobre las playas de
Castillogrande, cerca al Club Naval**



FORMATO PARA DATOS DE CAMPO DE PERFILES DE PLAYA					
Perfil No.	2 Ubicación :				
Hora inicio	9:21	Fecha	02/04/2017		
Hora final	10:11				
OBSERVACIONES:					
Distancia al BM (m)	0.00	Altura al BM (m)			
Altura instrumental (m)	1.42	Dirección oleaje			
Distancia BM a Línea de costa					
abscisa	Δ	v(+)	v(-)	Cota	Muestras
0		0	1.42	0.637	
1				0.867	
2		0.96		1.097	S1
3				1.082	
4		0.99		1.067	
5				1.107	
6		0.91		1.147	
7				1.092	S2
8		1.02		1.037	
9				1.092	
10		0.91		1.147	
11				1.117	
12		0.97		1.087	
13				1.057	S3
14		1.03		1.027	
15				0.942	
16		1.2		0.857	
17				0.857	
18		1.2		0.857	LC
19				0.782	
20		1.35		0.707	
21				0.687	
22		1.39		0.667	
23				0.562	
24		1.6		0.457	
25				0.347	
26		1.82		0.237	H1
27				0.162	
28		1.97		0.087	
29				0.047	
30		2.050		0.007	
31				-0.013	
32		2.09		-0.033	
33				-0.008	
34		2.04		0.017	
35				-0.053	
36		2.18		-0.123	
37				-0.173	H2
38		2.28		-0.223	
39				-0.253	
40		2.34		-0.283	
41				-0.313	
42		2.4		-0.343	
43				-0.423	
44		2.56		-0.503	
45				-0.514	

Anexo 8: Medición 2 de abril de 2017 P2

FORMATO PARA DATOS DE CAMPO DE PERFILES DE PLAYA					
Perfil No.	2 Ubicación :				
Hora inicio	9:20	Fecha	28/05/2017		
Hora final	10:07				
OBSERVACIONES:					
Distancia al BM (m)	0.00	Altura al BM (m)			
Altura instrumental (m)	1.42	Dirección oleaje			
Distancia BM a Línea de costa					
abscisa	Δ	v(+)	v(-)	Cota	Muestras
0		0	1.42	0.637	
1				0.912	
2		0.87		1.187	S1
3				1.222	
4		0.8		1.257	
5				1.247	
6		0.82		1.237	
7				1.232	S2
8		0.83		1.227	
9				1.232	
10		0.82		1.237	
11				1.212	
12		0.87		1.187	
13				1.157	S3
14		0.93		1.127	
15		1.01		1.047	LC
16		1.07		0.987	
17				0.952	
18		1.14		0.917	
19				0.927	
20		1.12		0.937	
21				0.862	
22		1.27		0.787	
23				0.762	
24		1.32		0.737	
25				0.607	
26		1.58		0.477	H1
27				0.447	
28		1.64		0.417	
29				0.382	
30		1.710		0.347	
31				0.242	
32		1.92		0.137	
33				0.072	
34		2.05		0.007	
35				-0.068	
36		2.2		-0.143	
37				-0.208	H2
38		2.33		-0.273	
39				-0.408	
40		2.6		-0.543	
41				-0.643	
42		2.8		-0.743	
43				-0.758	
44		2.83		-0.773	
45				-0.791	

Anexo 9: Medición 28 de mayo de 2017 P2

Oyola F., T. & Santander B., A.



Evaluación de los efectos del cierre de la boca del Laguito sobre las playas de Castillogrande, cerca al Club Naval



FORMATO PARA DATOS DE CAMPO DE PERFILES DE PLAYA					
Perfil No.	2 Ubicación :				
Hora inicio	9:30	Fecha	04/06/2017		
Hora final	10:20				
OBSERVACIONES:					
Distancia al BM (m)	0.00	Altura al BM (m)			
Altura instrumental (m)	1.42	Dirección oleaje			
Distancia BM a Línea de costa					
abscisa	Δ	v(+)	v(-)	Cota	Muestras
0		0	1.42	0.637	
1				0.892	
2		0.91		1.147	S1
3				1.152	
4		0.9		1.157	
5				1.142	
6		0.93		1.127	
7				1.127	S2
8		0.93		1.127	
9				1.137	
10		0.91		1.147	
11				1.152	
12		0.9		1.157	
13				1.142	S3
14		0.93		1.127	
15				1.082	
16		1.02		1.037	LC
17				1.012	
18		1.07		0.987	
19				0.947	
20		1.15		0.907	
21				0.937	
22		1.09		0.967	
23				0.882	
24		1.26		0.797	
25				0.692	
26		1.47		0.587	H1
27				0.527	
28		1.59		0.467	
29				0.447	
30		1.630		0.427	
31				0.347	
32		1.79		0.267	
33				0.132	
34		2.06		-0.003	
35				-0.023	
36		2.1		-0.043	
37				-0.123	H2
38		2.26		-0.203	
39				-0.298	
40		2.45		-0.393	
41				-0.618	
42		2.9		-0.843	
43				-0.788	
44		2.79		-0.733	
45				-0.750	

FORMATO PARA DATOS DE CAMPO DE PERFILES DE PLAYA					
Perfil No.	2 PROMEDIO				
Hora inicio		Fecha	-----		
Hora final					
OBSERVACIONES:					
Distancia al BM (m)	0.00	Altura al BM (m)			
Altura instrumental (m)		Dirección oleaje			
Distancia BM a Línea de costa (m)					
abscisa	v(+)	v(-)	Cota	Muestras	
0			0.637		
1			0.872		
2			1.107		
3			1.113		
4			1.118		
5			1.132		
6			1.145		
7			1.129		
8			1.113		
9			1.111		
10			1.109		
11			1.095		
12			1.081		
13			1.059		
14			1.037		
15			0.972		
16			0.911		
17			0.885		
18			0.859	LC	
19			0.827		
20			0.795		
21			0.761		
22			0.727		
23			0.660		
24			0.593		
25			0.484		
26			0.375		
27			0.321		
28			0.267		
29			0.227		
30			0.186		
31			0.130		
32			0.073		
33			0.023		
34			-0.027		
35			-0.086		
36			-0.145		
37			-0.206		
38			-0.267		
39			-0.315		
40			-0.363		
41			-0.477		
42			-0.591		
43			-0.616		
44			-0.669		
45			-0.684		

Anexo 10: Medición el 6 de junio de 2017 P2

Anexo 11: Promedio de las mediciones realizadas al perfil 2



Evaluación de los efectos del cierre de la boca del Laguito sobre las playas de Castillogrande, cerca al Club Naval



PERFIL 3

FORMATO PARA DATOS DE CAMPO DE PERFILES DE PLAYA					
Perfil No.	3 Ubicación :				
Hora inicio	9:26	Fecha	26/02/2017		
Hora final	10:07				
OBSERVACIONES:					
Distancia al BM (m)		0.00	Altura al BM (m)		
Altura instrumental (m)		1.21	Dirección oleaje		
Distancia BM a Línea de costa (m)					
abscisa	Δ	v(+)	v(-)	Cota	Muestras
0		0	1.21	0.730	
1				0.925	
2		0.82		1.120	S1
3				1.115	
4		0.83		1.110	
5				1.12	
6		0.81		1.130	
7				1.125	
8		0.82		1.120	
9				1.09	
10		0.88		1.060	S2
11				1.03	
12		0.94		1.000	
13				1.035	
14		0.87		1.070	
15				1.01	
16		0.99		0.950	
17				0.88	S3
18		1.13		0.810	
19				0.745	
20		1.26		0.680	
21				0.65	
22		1.32		0.620	
23				0.645	
24		1.27		0.670	
25				0.685	
26		1.24		0.700	
27				0.7	
28		1.24		0.700	LC
29				0.64	
30		1.370		0.58	
31				0.52	
32		1.48		0.460	H1
33				0.385	
34		1.63		0.310	
35				0.21	
36		1.83		0.110	
37				0.155	
38		1.74		0.200	
39				0.165	
40		1.81		0.130	
41				0.08	H2
42		1.91		0.030	
43				-0.103	
44		2.12		-0.180	
45				-0.340	

FORMATO PARA DATOS DE CAMPO DE PERFILES DE PLAYA					
Perfil No.	3 Ubicación :				
Hora inicio	10:13	Fecha	19/03/2017		
Hora final	11:07				
OBSERVACIONES:					
Distancia al BM (m)		0.00	Altura al BM (m)		
Altura instrumental (m)		1.17	Dirección oleaje		
Distancia BM a Línea de costa (m)					
abscisa	Δ	v(+)	v(-)	Cota	Muestras
0		0	1.17	0.730	
1				0.94	
2		0.75		1.150	S1
3				1.13	
4		0.79		1.110	
5				1.12	
6		0.77		1.130	
7				1.13	S2
8		0.77		1.130	
9				1.1	
10		0.83		1.070	
11				1.045	
12		0.88		1.020	
13				0.995	S3
14		0.93		0.970	
15				0.965	
16		0.94		0.960	
17				0.925	
18		1.01		0.890	
19				0.83	
20		1.13		0.770	
21				0.705	
22		1.26		0.640	LC
23				0.595	
24		1.35		0.550	
25				0.535	
26		1.38		0.520	H1
27				0.5	
28		1.42		0.480	
29				0.42	
30		1.540		0.360	
31				0.305	
32		1.65		0.250	
33				0.19	
34		1.77		0.130	
35				0.06	
36		1.91		-0.010	
37				-0.05	H2
38		1.99		-0.090	
39				-0.16	
40		2.13		-0.230	
41				-0.285	
42		2.24		-0.340	
43				-0.39	
44		2.34		-0.440	
45				-0.515	

Anexo 12: Medición 26 de febrero de 2017 P3. **Anexo 13:** Medición 19 de marzo de 2017 P3



Evaluación de los efectos del cierre de la boca del Laguito sobre las playas de Castillogrande, cerca al Club Naval



FORMATO PARA DATOS DE CAMPO DE PERFILES DE PLAYA					
Perfil No.	2 Ubicación :				
Hora inicio	10:25	Fecha	02/04/2017		
Hora final	11:20				
OBSERVACIONES:					
Distancia al BM (m)	0.00	Altura al BM (m)			
Altura instrumental (m)	1.19	Dirección oleaje			
Distancia BM a Línea de costa					
abscisa	Δ	v(+)	v(-)	Cota	Muestras
0		0	1.19	0.730	
1				0.97	
2		0.71		1.210	S1
3				1.185	
4		0.76		1.160	
5				1.155	
6		0.77		1.150	S2
7				1.165	
8		0.74		1.180	
9				1.115	
10		0.87		1.050	
11				1.075	
12		0.82		1.100	
13				1.06	S3
14		0.9		1.020	
15				0.99	
16		0.96		0.960	
17				0.945	
18		0.99		0.930	
19				0.885	
20		1.08		0.840	LC
21				0.76	
22		1.24		0.680	
23				0.615	
24		1.37		0.550	
25				0.535	
26		1.4		0.520	H1
27				0.515	
28		1.41		0.510	
29				0.45	
30		1.530		0.390	
31				0.315	
32		1.68		0.240	
33				0.205	
34		1.75		0.170	
35				0.11	
36		1.87		0.050	
37				-0.01	H2
38		1.99		-0.070	
39				-0.2	
40		2.25		-0.330	
41				-0.36	
42		2.31		-0.390	
43				-0.405	
44		2.34		-0.420	
45				-0.510	

FORMATO PARA DATOS DE CAMPO DE PERFILES DE PLAYA					
Perfil No.	2 Ubicación :				
Hora inicio	9:55	Fecha	28/05/2017		
Hora final	10:40				
OBSERVACIONES:					
Distancia al BM (m)	0.00	Altura al BM (m)			
Altura instrumental (m)	1.31	Dirección oleaje			
Distancia BM a Línea de costa					
abscisa	Δ	v(+)	v(-)	Cota	Muestras
0		0	1.31	0.730	
1				1.025	
2		0.72		1.320	S1
3				1.29	
4		0.78		1.260	
5				1.28	
6		0.74		1.300	
7				1.31	S2
8		0.72		1.320	
9				1.315	
10		0.73		1.310	
11				1.255	
12		0.84		1.200	
13				1.205	S3
14		0.83		1.210	
15				1.21	
16		0.83		1.210	
17				1.18	
18		0.89		1.150	
19				1.06	
20		1.07		0.970	LC
21				0.915	
22		1.18		0.860	
23				0.85	
24		1.2		0.840	
25				0.855	
26		1.17		0.870	H1
27				0.925	
28		1.06		0.980	
29				0.905	
30		1.210		0.830	
31				0.725	
32		1.42		0.620	
33				0.51	
34		1.64		0.400	
35				0.295	
36		1.85		0.190	
37				0.175	H2
38		1.88		0.160	
39				0.065	
40		2.07		-0.030	
41				-0.105	
42		2.22		-0.180	
43				-0.265	
44		2.39		-0.350	
45				-0.395	

Anexo 14: Medición 2 de abril de 2017 P3.

Anexo 15: Medición 28 de mayo de 2017 P3



Evaluación de los efectos del cierre de la boca del Laguito sobre las playas de Castillogrande, cerca al Club Naval



FORMATO PARA DATOS DE CAMPO DE PERFILES DE PLAYA					
Perfil No.	2 Ubicación :				
Hora inicio	10:13	Fecha	04/06/2017		
Hora final	11:20				
OBSERVACIONES:					
Distancia al BM (m)		Altura al BM (m)			
Altura instrumental (m)		Dirección oleaje			
Distancia BM a Línea de costa					
abscisa	Δ	v(+)	v(-)	Cota	Muestras
0		0	1.24	0.730	
1				0.985	
2		0.73		1.240	S1
3				1.23	
4		0.75		1.220	
5				1.215	
6		0.76		1.210	
7				1.225	S2
8		0.73		1.240	
9				1.235	
10		0.74		1.230	
11				1.19	
12		0.82		1.150	
13				1.155	S3
14		0.81		1.160	
15				1.16	
16		0.81		1.160	
17				1.14	
18		0.85		1.120	
18.2		0.98		0.990	LC
19				1.02	
20		1.05		0.920	
21				0.845	
22		1.2		0.770	
23				0.755	
24		1.23		0.740	
25				0.775	
26		1.16		0.810	H1
27				0.84	
28		1.1		0.870	
29				0.73	
30		1.380		0.590	
31				0.515	
32		1.53		0.440	
33				0.315	
34		1.78		0.190	
35				0.145	
36		1.87		0.100	
37				0.075	H2
38		1.92		0.050	
39				-0.035	
40		2.09		-0.120	
41				-0.205	
42		2.26		-0.290	
43				-0.37	
44		2.42		-0.450	
45				-0.510	

FORMATO PARA DATOS DE CAMPO DE PERFILES DE PLAYA				
Perfil No.	3 PROMEDIO			
Hora inicio		Fecha	-----	
Hora final				
OBSERVACIONES:				
Distancia al BM (m)		Altura al BM (m)		
Altura instrumental (m)		Dirección oleaje		
Distancia BM a Línea de costa (m)				
abscisa	v(+)	v(-)	Cota	Muestras
0			0.730	
1			0.969	
2			1.208	
3			1.190	
4			1.172	
5			1.178	
6			1.184	
7			1.191	
8			1.198	
9			1.171	
10			1.144	
11			1.119	
12			1.094	
13			1.090	
14			1.086	
15			1.067	
16			1.048	
17			1.014	
18			0.980	
19			0.902	
20			0.856	
21			0.790	
22			0.729	LC
23			0.695	
24			0.673	
25			0.670	
26			0.677	
27			0.690	
28			0.702	
29			0.657	
30			0.578	
31			0.491	
32			0.417	
33			0.346	
34			0.265	
35			0.173	
36			0.097	
37			0.074	
38			0.055	
39			-0.016	
40			-0.099	
41			-0.158	
42			-0.217	
43			-0.291	
44			-0.352	
45			-0.442	

Anexo 16: Medición el 4 de junio de 2017 P3. **Anexo 17:** Promedio de las mediciones realizadas

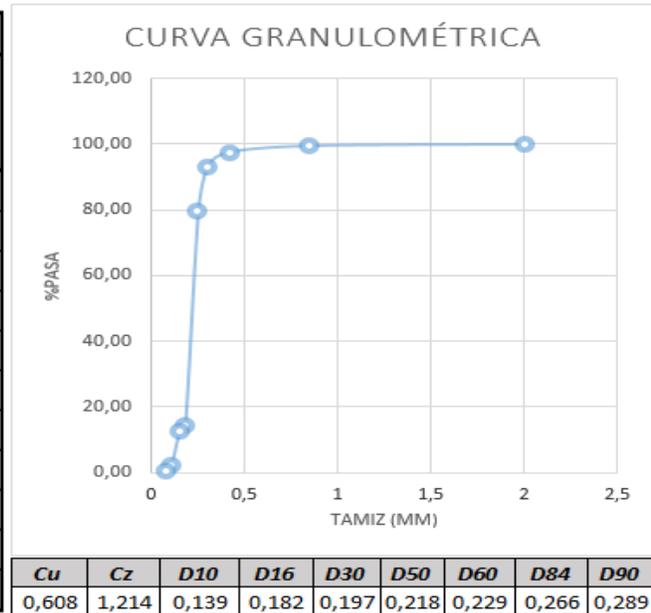
Oyola F., T. & Santander B., A.



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

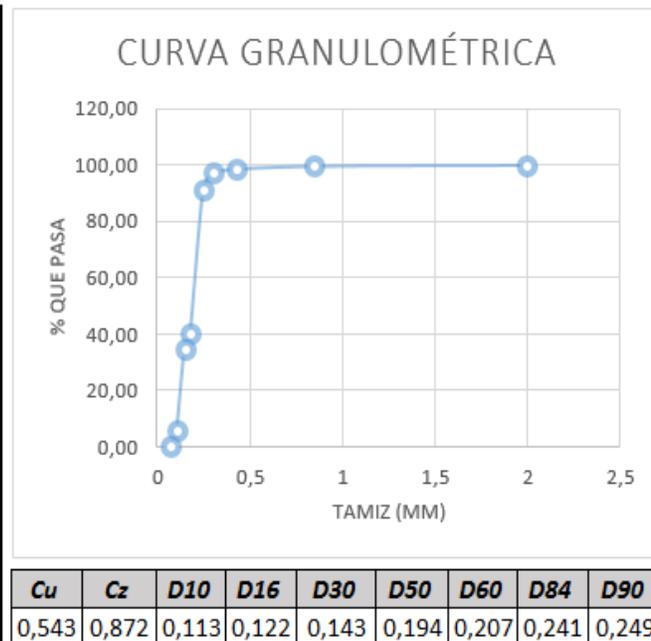
PERFIL 1

Perfil n° 1		Muestra: S1		Medición : 02	
Tamiz (mm)	N° de Tamiz	Peso Retenido (g)	% Retenido	% Retenido acumulado	% Que Pasa
2	10	0,46	0,23	0,23	99,77
0,85	20	0,87	0,44	0,67	99,34
0,425	40	3,73	1,87	2,53	97,47
0,3	50	8,9	4,45	6,98	93,02
0,25	60	26,92	13,46	20,44	79,56
0,18	80	130,03	65,02	85,46	14,55
0,15	100	4,12	2,06	87,52	12,49
0,106	140	20,1	10,05	97,57	2,44
0,075	200	4	2,00	99,57	0,44
Fondo		0,87	0,44	100,00	0,00
TOTAL		200			



Anexo 18: Granulometría Muestra seca medición 2 P1

Perfil n° 1		Muestra: LC		Medición : 02	
Tamiz (mm)	N° de Tamiz	Peso Retenido (g)	% Retenido	% Retenido acumulado	% Que Pasa
2	10	0	0,00	0,00	100,00
0,85	20	0,62	0,31	0,31	99,69
0,425	40	2,14	1,07	1,38	98,62
0,3	50	2,79	1,40	2,78	97,23
0,25	60	12,7	6,35	9,13	90,88
0,18	80	101,32	50,66	59,79	40,22
0,15	100	10,66	5,33	65,12	34,89
0,106	140	58,49	29,25	94,36	5,64
0,075	200	10,1	5,05	99,41	0,59
Fondo		1,18	0,59	100,00	0,00
TOTAL		200			



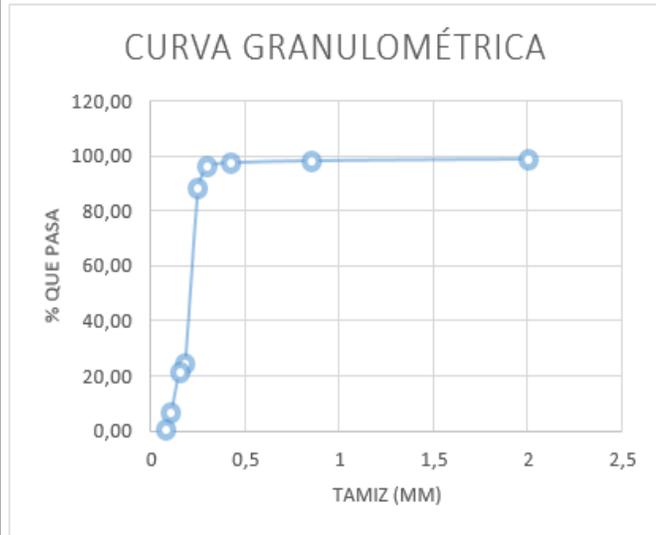
Anexo 19: Granulometría Muestra en la línea de costa medición 2 P1



Evaluación de los efectos del cierre de la boca del Laguito sobre las playas de Castillogrande, cerca al Club Naval



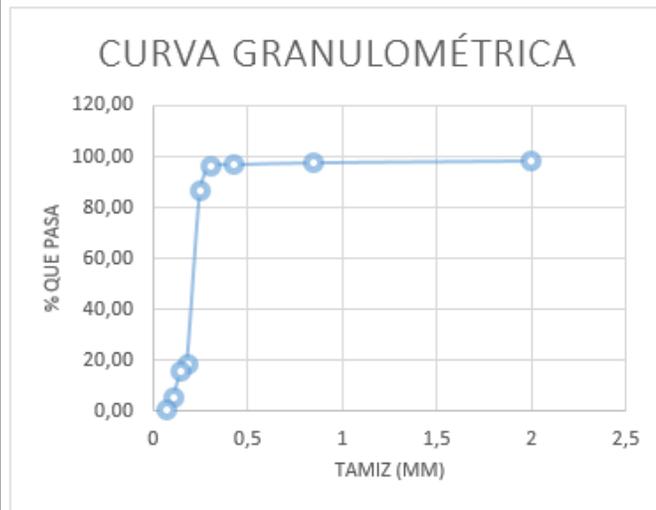
Perfil n° 1		Muestra: H1		Medición : 02	
Tamiz (mm)	N° de Tamiz	Peso Retenido (g)	% Retenido	% Retenido acumulado	% Que Pasa
2	10	2,12	1,06	1,06	98,94
0,85	20	1,25	0,63	1,69	98,32
0,425	40	1,54	0,77	2,46	97,55
0,3	50	2,46	1,23	3,69	96,32
0,25	60	16,18	8,09	11,78	88,23
0,18	80	127,4	63,70	75,48	24,53
0,15	100	6,19	3,10	78,57	21,43
0,106	140	29,71	14,86	93,43	6,58
0,075	200	12,1	6,05	99,48	0,53
Fondo		1,05	0,53	100,00	0,00
TOTAL		200			



Cu	Cz	D10	D16	D30	D50	D60	D84	D90
0,530	1,361	0,116	0,134	0,186	0,208	0,219	0,245	0,261

Anexo 20: Granulometría Muestra Húmeda 1 medición 2 P1.

Perfil n° 1		Muestra: H2		Medición : 02	
Tamiz (mm)	N° de Tamiz	Peso Retenido (g)	% Retenido	% Retenido acumulado	% Que Pasa
2	10	3,01	1,51	1,51	98,50
0,85	20	1,48	0,74	2,25	97,76
0,425	40	1,47	0,74	2,98	97,02
0,3	50	1,26	0,63	3,61	96,39
0,25	60	19,4	9,70	13,31	86,69
0,18	80	135,78	67,89	81,20	18,80
0,15	100	6,26	3,13	84,33	15,67
0,106	140	20,16	10,08	94,41	5,59
0,075	200	10,33	5,17	99,58	0,42
Fondo		0,85	0,43	100,00	0,00
TOTAL		200			



Cu	Cz	D10	D16	D30	D50	D60	D84	D90
0,563	1,317	0,125	0,153	0,192	0,212	0,222	0,247	0,267

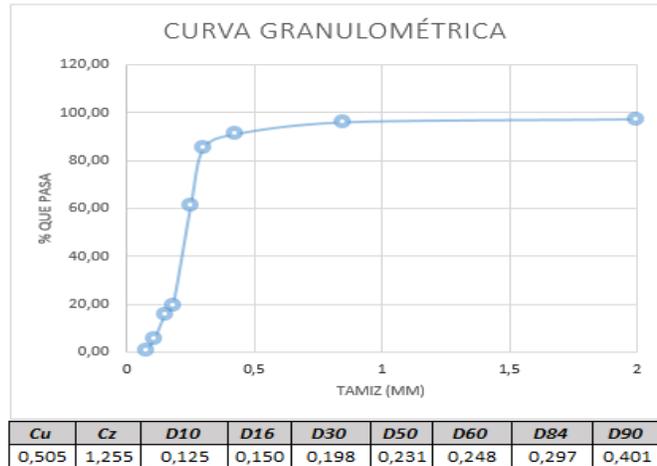
Anexo 21: Granulometría Muestra Húmeda 2 medición 2 P1.



Evaluación de los efectos del cierre de la boca del Laguito sobre las playas de Castillogrande, cerca al Club Naval

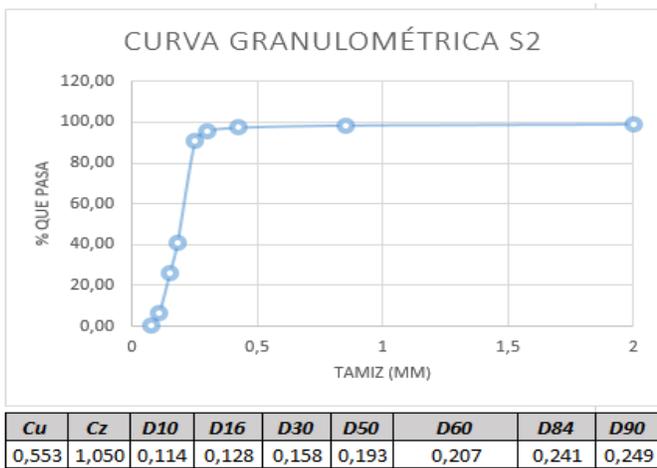


Perfil n° 2		Muestra: S1		Medición : 01	
Tamiz (mm)	N° de Tamiz	Peso Retenido (g)	% Retenido	% Retenido acumulado	% Que Pasa
2	10	7,8	2,60	2,60	97,40
0,85	20	3,9	1,30	3,90	96,10
0,425	40	14,9	4,97	8,87	91,13
0,3	50	17,6	5,87	14,73	85,27
0,25	60	72,2	24,07	38,80	61,20
0,18	80	124,8	41,60	80,40	19,60
0,15	100	10,9	3,63	84,03	15,97
0,106	140	31,9	10,63	94,67	5,33
0,075	200	13,5	4,50	99,17	0,83
Fondo		2,5	0,83	100,00	0,00
TOTAL		300			



Anexo 22: Granulometría Muestra seca medición 1 P2

Perfil n° 2		Muestra: S2		Medición : 01	
Tamiz (mm)	N° de Tamiz	Peso Retenido (g)	% Retenido	% Retenido acumulado	% Que Pasa
2	10	2	1,00	1,00	99,00
0,85	20	1,2	0,60	1,60	98,40
0,425	40	2,1	1,05	2,65	97,35
0,3	50	3,2	1,60	4,25	95,75
0,25	60	10,5	5,25	9,50	90,50
0,18	80	99,3	49,65	59,15	40,85
0,15	100	29,2	14,60	73,75	26,25
0,106	140	40,2	20,10	93,85	6,15
0,075	200	11	5,50	99,35	0,65
Fondo		1,3	0,65	100,00	0,00
TOTAL		200			



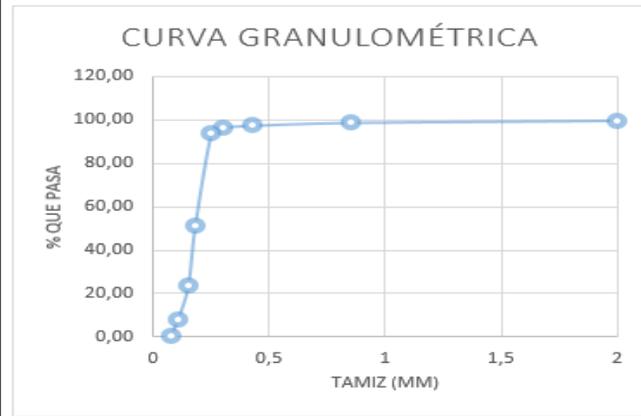
Anexo 23: Granulometría Muestra seca medición 1 P2



Evaluación de los efectos del cierre de la boca del Laguito sobre las playas de Castillogrande, cerca al Club Naval



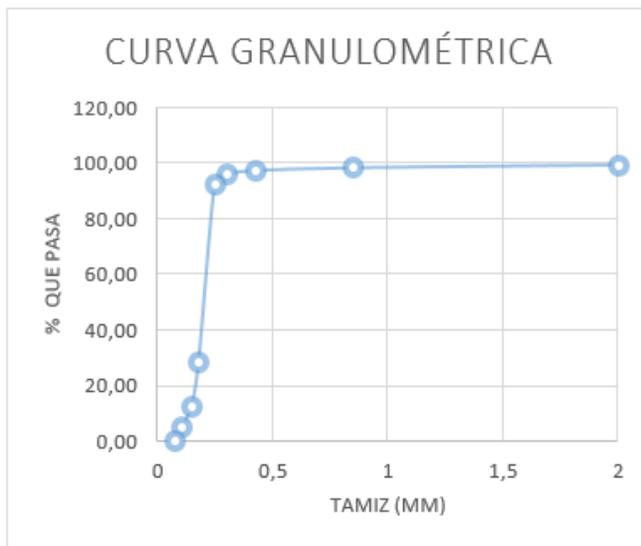
Perfil n° 2		Muestra: S3		Medición : 01	
Tamiz (mm)	N° de Tamiz	Peso Retenido (g)	% Retenido	% Retenido acumulado	% Que Pasa
2	10	0,7	0,35	0,35	99,65
0,85	20	2	1,00	1,35	98,65
0,425	40	2,6	1,30	2,65	97,35
0,3	50	2	1,00	3,65	96,35
0,25	60	5,2	2,60	6,25	93,75
0,18	80	85,1	42,55	48,80	51,20
0,15	100	55,2	27,60	76,40	23,60
0,106	140	31,1	15,55	91,95	8,05
0,075	200	15,4	7,70	99,65	0,35
Fondo		0,7	0,35	100,00	0,00
TOTAL		200			



Cu	Cz	D10	D16	D30	D50	D60	D84	D90
0,573	1,136	0,112	0,128	0,157	0,179	0,194	0,234	0,244

Anexo 24: Granulometría Muestra seca medición 1 P2

Perfil n° 2		Muestra: LC		Medición : 01	
Tamiz (mm)	N° de Tamiz	Peso Retenido (g)	% Retenido	% Retenido acumulado	% Que Pasa
2	10	1	0,50	0,50	99,50
0,85	20	2,1	1,05	1,55	98,45
0,425	40	2	1,00	2,55	97,45
0,3	50	2,7	1,35	3,90	96,10
0,25	60	7,4	3,70	7,60	92,40
0,18	80	127,9	63,95	71,55	28,45
0,15	100	31,4	15,70	87,25	12,75
0,106	140	15,3	7,65	94,90	5,10
0,075	200	9,5	4,75	99,65	0,35
Fondo		0,7	0,35	100,00	0,00
TOTAL		200			



Cu	Cz	D10	D16	D30	D50	D60	D84	D90
0,625	1,147	0,134	0,156	0,182	0,204	0,215	0,241	0,247

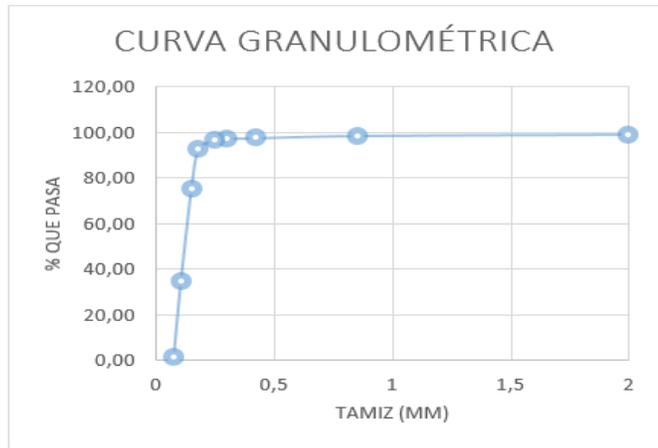
Anexo 25: Granulometría Muestra seca medición 1 P2



Evaluación de los efectos del cierre de la boca del Laguito sobre las playas de Castillogrande, cerca al Club Naval



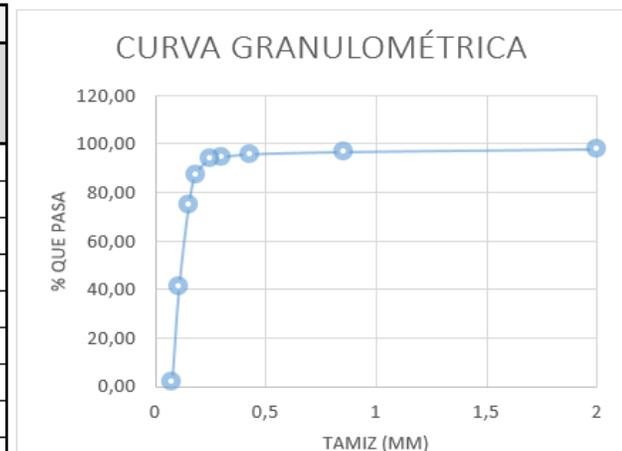
Perfil n° 2		Muestra: H1		Medición : 01	
Tamiz (mm)	N° de Tamiz	Peso Retenido (g)	% Retenido	% Retenido acumulado	% Que Pasa
2	10	2,1	1,05	1,05	98,95
0,85	20	1,2	0,60	1,65	98,35
0,425	40	2	1,00	2,65	97,35
0,3	50	0,6	0,30	2,95	97,05
0,25	60	1,5	0,75	3,70	96,30
0,18	80	8	4,00	7,70	92,30
0,15	100	34,6	17,30	25,00	75,00
0,106	140	80,7	40,35	65,35	34,65
0,075	200	66,8	33,40	98,75	1,25
Fondo		2,5	1,25	100,00	0,00
TOTAL		200			



Cu	Cz	D10	D16	D30	D50	D60	D84	D90
0,622	0,931	0,083	0,089	0,102	0,123	0,134	0,166	0,176

Anexo 26: Granulometría Muestra seca medición 1 P2

Perfil n° 2		Muestra: H2		Medición : 01	
Tamiz (mm)	N° de Tamiz	Peso Retenido (g)	% Retenido	% Retenido acumulado	% Que Pasa
2	10	4,2	2,10	2,10	97,90
0,85	20	2,2	1,10	3,20	96,80
0,425	40	1,9	0,95	4,15	95,85
0,3	50	2,2	1,10	5,25	94,75
0,25	60	1,2	0,60	5,85	94,15
0,18	80	13,4	6,70	12,55	87,45
0,15	100	25	12,50	25,05	74,95
0,106	140	67,4	33,70	58,75	41,25
0,075	200	78	39,00	97,75	2,25
Fondo		4,5	2,25	100,00	0,00
TOTAL		200			



Cu	Cz	D10	D16	D30	D50	D60	D84	D90
0,622	0,890	0,081	0,086	0,097	0,117	0,131	0,172	0,207

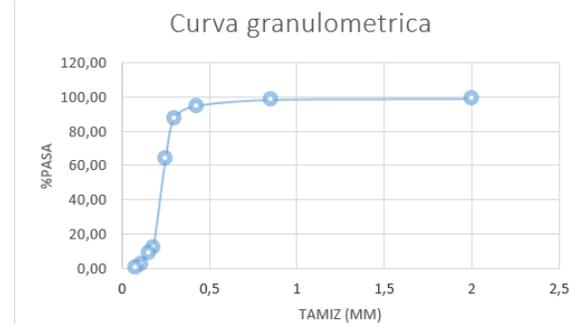
Anexo 27: Granulometría Muestra seca medición 1 P2



Evaluación de los efectos del cierre de la boca del Laguito sobre las playas de Castillogrande, cerca al Club Naval



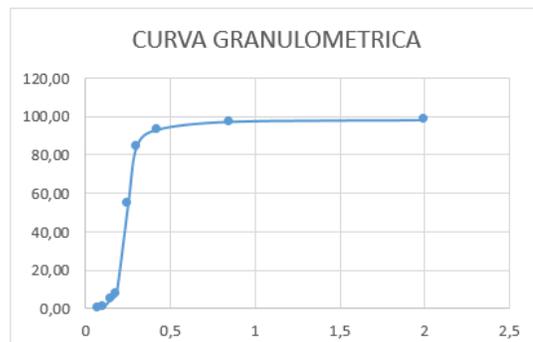
Perfil n° 2		Muestra: S1		Medición : 02	
Tamiz (mm)	N° de Tamiz	P. Retenido (g)	% Retenido	Retenido acumulado	% Que Pasa
2	10	2,06	1,03	1,03	98,97
0,85	20	1,2	0,60	1,63	98,37
0,425	40	7,2	3,60	5,23	94,77
0,3	50	14,2	7,10	12,33	87,67
0,25	60	47,4	23,70	36,03	63,97
0,18	80	104,2	52,10	88,13	11,87
0,15	100	5,55	2,78	90,91	9,10
0,106	140	14,02	7,01	97,92	2,08
0,075	200	3,67	1,84	99,75	0,25
Fondo		0,5	0,25	100,00	0,00
TOTAL		200			



Cu	Cz	D10	D16	D30	D50	D60	D84	D90
0,6531	1,068	0,1598	0,186	0,2044	0,2312	0,2447	0,292	0,3410

Anexo 28: Granulometría Muestra seca medición 1 P2

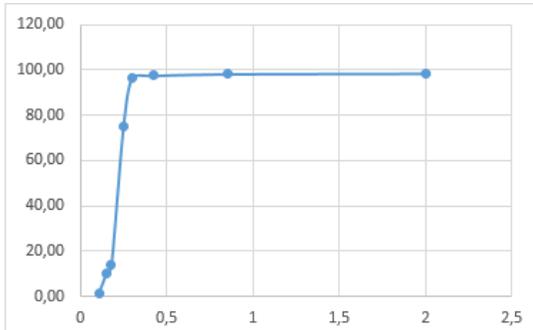
Perfil n° 2		Muestra: S2		Medición : 02	
Tamiz (mm)	N° de Tamiz	P. Retenido (g)	% Retenido	% Retenido acumulado	% Que Pasa
2	10	3,63	1,82	1,82	98,19
0,85	20	1,81	0,91	2,72	97,28
0,425	40	8,03	4,02	6,74	93,27
0,3	50	17,5	8,75	15,49	84,52
0,25	60	59,2	29,60	45,09	54,92
0,18	80	94,13	47,07	92,15	7,85
0,15	100	5,13	2,57	94,72	5,29
0,106	140	8,1	4,05	98,77	1,24
0,075	200	2,2	1,10	99,87	0,14
Fondo		0,27	0,14	100,00	0,00
TOTAL		200			



Cu	Cz	D10	D16	D30	D50	D60	D84	D90
0,708	0,957	0,183	0,192	0,213	0,243	0,259	0,30	0,38

Anexo 29: Granulometría Muestra seca medición 1 P2

Perfil n° 2		Muestra: S3		Medición : 02	
Tamiz (mm)	N° de Tamiz	P. Retenido (g)	% Retenido	% Retenido acumulado	% Que Pasa
2	10	3,12	1,56	1,56	98,44
0,85	20	0,51	0,26	1,82	98,19
0,425	40	1,53	0,77	2,58	97,42
0,3	50	2,36	1,18	3,76	96,24
0,25	60	43,1	21,55	25,31	74,69
0,18	80	122,13	61,07	86,38	13,63
0,15	100	7,64	3,82	90,20	9,81
0,106	140	17,11	8,56	98,75	1,25
0,075	200	2,08	1,04	99,79	0,21
Fondo		0,42	0,21	100,00	0,00
TOTAL		200			



Cu	Cz	D10	D16	D30	D50	D60	D84	D90
0,650	1,118	0,152	0,183	0,199	0,222	0,233	0,272	0,286

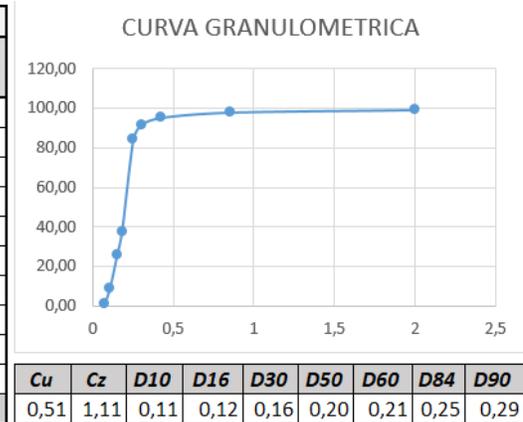
Anexo 30: Granulometría Muestra seca medición 1 P2



Evaluación de los efectos del cierre de la boca del Laguito sobre las playas de Castillogrande, cerca al Club Naval

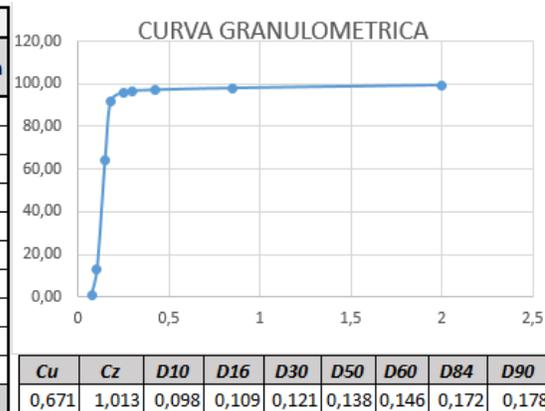


Perfil n° 2		Muestra: LC		Medición : 02	
Tamiz (mm)	N° de Tamiz	P. Retenido (g)	% Retenido	% Retenido acumulado	% Que Pasa
2	10	1,4	0,70	0,70	99,30
0,85	20	2,6	1,30	2,00	98,00
0,425	40	5,3	2,65	4,65	95,35
0,3	50	7,2	3,60	8,25	91,75
0,25	60	15,1	7,55	15,80	84,20
0,18	80	93,2	46,60	62,40	37,60
0,15	100	23,6	11,80	74,20	25,80
0,106	140	33,6	16,80	91,00	9,00
0,075	200	15,3	7,65	98,65	1,35
Fondo		2,7	1,35	100,00	0,00
TOTAL		200			



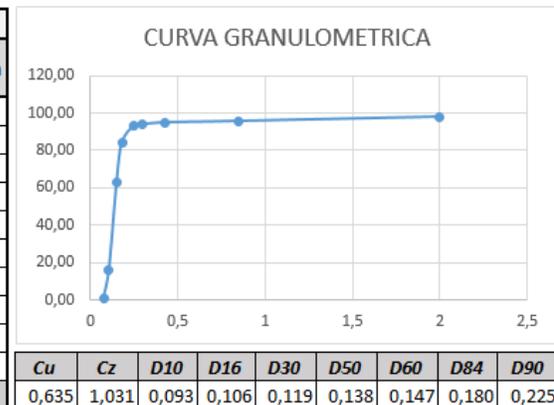
Anexo 31: Granulometría Muestra seca medición 1 P2

Perfil n° 2		Muestra: H1		Medición : 02	
Tamiz (mm)	N° de Tamiz	P. Retenido (g)	% Retenido	% Retenido acumulado	% Que Pasa
2	10	1,3	0,65	0,65	99,35
0,85	20	2,8	1,40	2,05	97,95
0,425	40	1,7	0,85	2,90	97,10
0,3	50	0,9	0,45	3,35	96,65
0,25	60	1,4	0,70	4,05	95,95
0,18	80	9	4,50	8,55	91,45
0,15	100	54,1	27,05	35,60	64,40
0,106	140	102,7	51,35	86,95	13,05
0,075	200	23,9	11,95	98,90	1,10
Fondo		2,2	1,10	100,00	0,00
TOTAL		200			



Anexo 32: Granulometría Muestra seca medición 1 P2

Perfil n° 2		Muestra: H1		Medición : 02	
Tamiz (mm)	N° de Tamiz	P. Retenido (g)	% Retenido	% Retenido acumulado	% Que Pasa
2	10	3,9	1,95	1,95	98,05
0,85	20	4,6	2,30	4,25	95,75
0,425	40	1,5	0,75	5,00	95,00
0,3	50	2,1	1,05	6,05	93,95
0,25	60	1,4	0,70	6,75	93,25
0,18	80	18,2	9,10	15,85	84,15
0,15	100	42,3	21,15	37,00	63,00
0,106	140	93,9	46,95	83,95	16,05
0,075	200	29,9	14,95	98,90	1,10
Fondo		2,2	1,10	100,00	0,00
TOTAL		200			



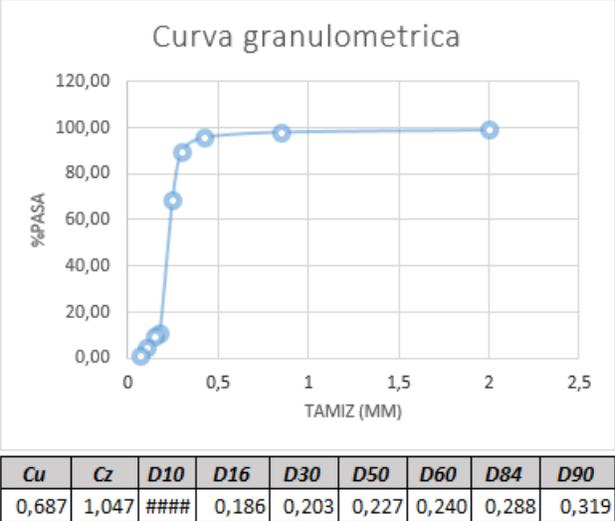
Anexo 33: Granulometría Muestra seca medición 1 P2



Evaluación de los efectos del cierre de la boca del Laguito sobre las playas de Castillogrande, cerca al Club Naval

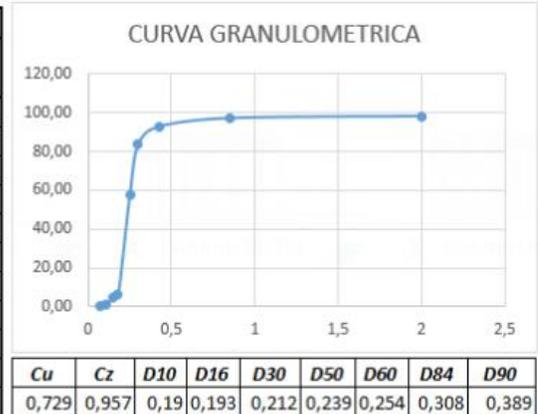


Perfil n° 2		Muestra: S1	Medición : 03		
Tamiz (mm)	N° de Tamiz	P. Retenido (g)	% Retenido	% Retenido acumulado	% Que Pasa
2	10	2,5	1,25	1,25	98,75
0,85	20	1,9	0,95	2,20	97,80
0,425	40	4,65	2,33	4,53	95,48
0,3	50	12,89	6,45	10,97	89,03
0,25	60	40,9	20,45	31,42	68,58
0,18	80	115,46	57,73	89,15	10,85
0,15	100	3,32	1,66	90,81	9,19
0,106	140	9,21	4,61	95,42	4,59
0,075	200	8,3	4,15	99,57	0,44
Fondo		0,87	0,44	100,00	0,00
TOTAL		200			



Anexo 34: Granulometría Muestra seca medición 1 P2

Perfil n° 2		Muestra: S2	Medición : 03		
Tamiz (mm)	N° de Tamiz	P. Retenido (g)	% Retenido	% Retenido acumulado	% Que Pasa
2	10	4,01	2,01	2,01	98,00
0,85	20	2	1,00	3,01	97,00
0,425	40	8,76	4,38	7,39	92,62
0,3	50	18,44	9,22	16,61	83,40
0,25	60	50,87	25,44	42,04	57,96
0,18	80	103,42	51,71	93,75	6,25
0,15	100	3,21	1,61	95,36	4,65
0,106	140	7,15	3,58	98,93	1,07
0,075	200	1,8	0,90	99,83	0,17
Fondo		0,34	0,17	100,00	0,00
TOTAL		200			



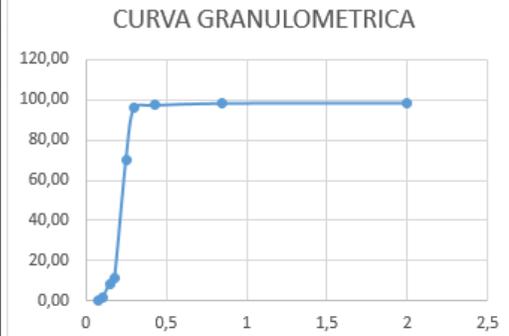
Anexo 35: Granulometría Muestra seca medición 1 P2



Evaluación de los efectos del cierre de la boca del Laguito sobre las playas de Castillogrande, cerca al Club Naval



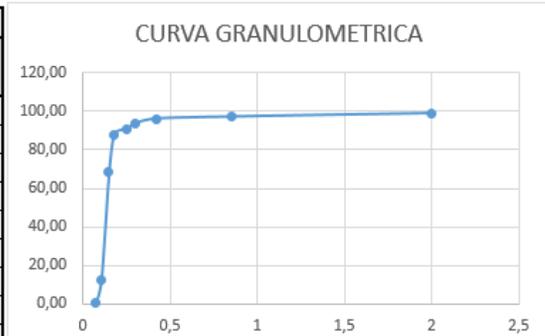
Perfil n° 2		Muestra: S3		Medición : 03	
Tamiz (mm)	N° de Tamiz	P. Retenido (g)	% Retenido	% Retenido acumulado	% Que Pasa
2	10	2,64	1,32	1,32	98,68
0,85	20	0,38	0,19	1,51	98,49
0,425	40	2,03	1,02	2,53	97,48
0,3	50	3,35	1,68	4,20	95,80
0,25	60	52,12	26,06	30,26	69,74
0,18	80	116,37	58,19	88,45	11,56
0,15	100	5,94	2,97	91,42	8,58
0,106	140	14,25	7,13	98,54	1,46
0,075	200	2,54	1,27	99,81	0,19
Fondo		0,38	0,19	100,00	0,00
TOTAL		200			



Cu	Cz	D10	D16	D30	D50	D60	D84	D90
0,69	1,04	0,16	0,19	0,20	0,23	0,24	0,28	0,29

Anexo 36: Granulometría Muestra seca medición 1 P2

Perfil n° 2		Muestra: H2		Medición : 03	
Tamiz (mm)	N° de Tamiz	P. Retenido (g)	% Retenido	% Retenido acumulado	% Que Pasa
2	10	2,1	1,05	1,05	98,95
0,85	20	3,6	1,80	2,85	97,15
0,425	40	2	1,00	3,85	96,15
0,3	50	4,8	2,40	6,25	93,75
0,25	60	6,3	3,15	9,40	90,60
0,18	80	5,5	2,75	12,15	87,85
0,15	100	39,03	19,52	31,67	68,34
0,106	140	111,79	55,90	87,56	12,44
0,075	200	24,04	12,02	99,58	0,42
Fondo		0,84	0,42	100,00	0,00
TOTAL		200			



Cu	Cz	D10	D16	D30	D50	D60	D84	D90
0,695	1,004	0,100	0,109	0,120	0,136	0,143	0,174	0,23

Anexo 37: Granulometría Muestra seca medición 1 P2