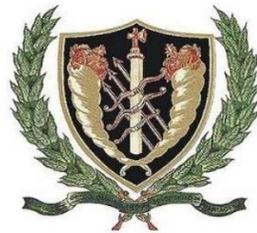


**ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LOS PERFILES DE PLAYA POR
EFECTOS DE ESTRUCTURAS COSTERAS CONSTRUIDAS PARA MITIGAR
EL PROBLEMA DE EROSION. CASO DE ESTUDIO: ZONA NORORIENTAL
DE LA ISLA DE TIERRABOMBA EN EL DISTRITO DE CARTAGENA**

YEISON MANJARRES MOSQUERA

GUILLERMO MONTOYA CAMPO

DARWIN SABALZA BARRERA



UNIVERSIDAD DE CARTAGENA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL

CARTAGENA DE INDIAS, D. T. Y C. - BOLÍVAR

2015

**ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LOS PERFILES DE PLAYA POR
EFECTOS DE ESTRUCTURAS COSTERAS CONSTRUIDAS PARA MITIGAR
EL PROBLEMA DE EROSION. CASO DE ESTUDIO: ZONA NORORIENTAL
DE LA ISLA DE TIERRABOMBA EN EL DISTRITO DE CARTAGENA**

Grupo de Investigación

Grupo de Investigación en Hidráulica y Manejo Costero (GIHMAC).

Línea de Investigación

Manejo Hidráulico y Ambiental de la Zona Costera y Fluvial.

Director de Proyecto

ING. DALIA MORENO DE WOOD

Investigadores Principales

YEISON MANJARRES MOSQUERA

GUILLERMO MONTOYA CAMPO

DARWIN SABALZA BARRERA

**UNIVERSIDAD DE CARTAGNEA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
CARTAGENA DE INDIAS, D. T. Y C. - BOLÍVAR
2015**

DEDICATORIA

Dedicado a Dios por su presencia en cada instante de mi vida, a mis señores padre, mis dos hermanas, mis hermosos sobrinos quienes han sido el motor de toda esta ventura, a Mayerlines Mendoza por su apoyo incondicional en este proyecto, a mis tíos por sus buenos consejos y a Blas Lopez Valiente por su compañía durante todo el pregrado.

YEISON MANJARRES MOSQUERA

DEDICATORIA

Dedicado a mi padre y madre quienes me acompañaron pacientemente en este camino, de mi lado cuando lo quise y en mi contra cuando lo necesité.

Dedicado a mis compañeros de tesis quienes pusieron todo su empeño por lograr esto juntos.

Dedicado a Maye Mendoza por su compromiso con la realización de este proyecto y su sincera amistad en todo momento.

Dedicado a todos los docentes que influyeron en nuestra formación brindándonos apoyo para el correcto desarrollo del presente proyecto.

Le agradezco a Dios por permitirme llegar a este día.

GUILLERMO MONTOYA CAMPO

DEDICATORIA

Primeramente doy gracias a Dios por sobre todas las cosas, por ser mi guía en todo momento y mi fortaleza para lograr las metas que me he propuesto en la vida. “Con él todo, sin él nada”.

A mi abuela Erodith y a mi tío William, que han sido un apoyo fundamental siempre y en todo momento.

A mis compañeros de proyecto tato, memo y a la ing. Mayerlines por su constante apoyo, y finalmente a todos esos amigos con los cuales compartí a lo largo de este camino y que de alguna forma contribuyeron a mi proceso de formación.

DARWIN SABALZA BARRERA

CONTENIDO

RESUMEN	10
ABSTRACT.....	12
INTRODUCCIÓN	14
1. MARCO REFERENCIAL.....	17
1.1 ÁREA DE ESTUDIO.....	17
1.2 ANTECEDENTES Y ESTADO DEL ARTE.....	18
1.3 MARCO tEÓRICO.	27
1.3.1 La morfología de las playas.	27
1.3.2 Perfil de equilibrio.	28
1.3.3 Propiedades del sedimento.....	30
1.3.4 Tipos de estructuras.	31
2. OBJETIVOS	34
2.1 OBJETIVO GENERAL	34
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	34
3. ALCANCE.....	35
3.1 DELIMITACIÓN ESPACIAL.....	35
3.2 DELIITACIÓN TEMPORAL.....	35
4. METODOLOGÍA.....	37
4.1 REVISIÓN Y RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN.....	38
4.2 TRABAJO DE CAMPO.	38

4.2.1	Levantamiento topográfico de la zona de estudio.....	39
4.2.2	Levantamiento de los perfiles de playa.....	41
4.2.3	Toma de muestra y análisis de sedimento en los perfiles de playa.....	42
4.3	ANÁLISIS Y PROCESAMIENTO DE DATOS	42
4.3.1	Análisis de la variación del sedimento.....	42
4.3.2	Caracterización geomorfológica de los perfiles de playa.	46
4.3.3	Análisis de la variación de línea de costa.	46
4.3.4	Análisis de los perfiles de playa.....	46
5.	RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	48
5.1	ANÁLISIS SEDIMENTOLÓGICO	48
5.2	CARACTERIZACIÓN GEOMORFOLÓGICA DE LOS PERFILES.....	48
5.3	ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN DE LA LÍNEA DE COSTA.	70
5.4	ANÁLISIS DE LOS PERFILES DE PLAYA.	71
	CONCLUSIONES.....	82
	RECOMENDACIONES.....	85
	BIBLIOGRAFÍA	86
	ANEXOS	88

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la zona de estudio. Zona de erosión y poblado de Tierrabomba.	17
Figura 2. Ubicación d algunos de los estudios estudios de perfiles de playa realizados en los últimos 10 años en Cartagena.	20
Figura 3. Estructuras entre las abscisas k0 + 000 y K0 + 900	23
Figura 4. Esquema de la metodología desarrollada.	38
Figura 5. Ubicación de los perfiles de playa.	40
Figura 6. Evolución de la playa en el tiempo.	59
Figura 7. Tendencia del tamaño de grano a lo largo de la playa.	60
Figura 8. Variación por perfil.	61
Figura 9. Variación en la costa.	62
Figura 10. Variación de Ω a través del tiempo.	63
Figura 11. Comportamiento de Ω a lo largo de la playa.	64
Figura 12. Parámetro de Ω de caída del grano.	65
Figura 13. Parámetro de Ω de caída del grano.	66
Figura 14. Variación de Ω a través del tiempo.	67
Figura 15. Comportamiento de Ω a lo largo de la playa.	68
Figura 16. Parámetro Ω de caída del grano.	69
Figura 17. Parámetro Ω de caída de grano.	69
Figura 18. Comportamiento de la línea de costa de los años 2005 (amarillo), 2009 (azul), 2015 (verde) y 2016 (fucsia).	71
Figura 19. Comportamiento del perfil A en las diferentes mediciones realizadas con respecto al perfil de equilibrio de Dean.	72
Figura 20. Comportamiento del perfil B en las diferentes mediciones realizadas con respecto al perfil de equilibrio de Dean.	73
Figura 21. Comportamiento del perfil C en las diferentes mediciones realizadas con respecto al perfil de equilibrio de Dean.	74
Figura 22. Comportamiento del perfil D en las diferentes mediciones realizadas con respecto al perfil de equilibrio de Dean.	75
Figura 23. Comportamiento del perfil E en las diferentes mediciones realizadas con respecto al perfil de equilibrio de Dean.	76
Figura 24. Comportamiento del perfil F en las diferentes mediciones realizadas con respecto al perfil d equilibrio de Dean.	77
Figura 25. Comportamiento de los perfiles promedios.	79
Figura 26. Comportamiento del perfil B y del perfil 5 (Arrieta Pastrana & Moreno Egel, 2009).	80
Figura 27. Comportamiento del perfil D y el perfil 6 (Arrieta Pastrana & Moreno Egel, 2009).	81

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Estudios realizados en el ámbito internacional.....	26
Tabla 2. Tipos de estructuras duras.....	31
Tabla 3. <i>Tipos de estructuras blandas.</i>	32
Tabla 4. Coordenadas de los perfiles de playa.....	40
Tabla 5. Formato utilizado para la toma de datos de perfiles en campo.....	41
Tabla 6. Clasificación de los sedimentos de acuerdo con el tamaño del grano.....	44
Tabla 7. Rangos para la clasificación de la Desviación y el Sesgo en unidades Phi (φ).....	45
Tabla 8. Parámetro Phi del perfil F.....	49
Tabla 9. Parámetro Phi del perfil E.....	51
Tabla 10. Parámetro Phi del perfil D.	52
Tabla 11. Parámetro Phi C.....	54
Tabla 12. Parámetro Phi del perfil B.	56
Tabla 13. Parámetro Phi del perfil A.	58

RESUMEN

El objetivo principal del presente trabajo fue la evaluación de los posibles efectos causados por la construcción de estructuras de protección costera en el corregimiento de Tierra Bomba mediante el seguimiento a los perfiles de playa. Para la clasificación geomorfológica y el análisis de la variación de perfiles de playa y de la línea de costa se realizaron mediciones periódicas a seis perfiles de playa, tomando muestras de sedimento en cada uno de ellos durante los meses de agosto, septiembre, noviembre y diciembre de 2015. El comportamiento de la línea de costa se determinó mediante la comparación de imágenes de Google Earth 2005, 2009, 2015 y 2016 y mediciones en el sitio de estudio. La evaluación de la variación de los perfiles se hizo mediante comparaciones con los perfiles anteriores localizados y medidos previamente por la Universidad de Cartagena, antes del inicio de la construcción de las nuevas obras de protección, y con respecto al perfil de equilibrio de Dean para determinar en qué estado de equilibrio se encuentra la playa. Según la granulometría, el sedimento encontrado en la zona de estudio se clasifica como Arena Media con un D_{50} promedio de 1,82 mm. Geomorfológicamente la playa se comporta como intermedia, con un valor promedio para Ω de 3,06. Hubo un retroceso de la línea de costa muy notorio en comparación con el estudio hecho anteriormente por la Universidad de Cartagena en 2009. El análisis de la variación de los perfiles B y D, perfiles que coinciden con los perfiles 5 y 6 levantados por la universidad, mostró que la línea de costa retrocedió aproximadamente 9 y 18 m respectivamente. El efecto de las estructuras de protección que se observó durante la realización del estudio fue difícil de determinar numéricamente por las diferentes estructuras que cambiaron continuamente el frente de playa. Antes de empezar este

estudio existía un único espolón en L, luego se añadió un geotextil y más adelante se construyeron un rompeolas y otro espolón.

A pesar de que los cambios fueron mínimos, se evidenció la mitigación del proceso de erosión presentado en cada uno de los perfiles levantados.

Palabras Claves: Erosión costera, geomorfología, tamaño de grano, perfil de playa, estructuras de protección.

ABSTRACT

The main objective of this study was the evaluation of the possible effects caused by the construction of coastal protection structures in the village of Tierra Bomba by tracking profiles beach. For the geomorphological classification and analysis of the profiles beach and coastline variations periodic measurements on six beach profiles were made, taking sediment samples in each of them during the months of August, September, November and December of 2015. The behavior of the coastline was determined by comparing images of Google Earth and measurements at the study site. The variation of the profiles evaluation was made by comparison with the profiles located during the study and previously measured by the University of Cartagena, prior to the start of construction of new protection works. The relative equilibrium profile of Dean was found to know the equilibrium state of the beach. According to the grain size, sediment found in the study area is classified as Medium Sand with an average of 1.82 mm D_{50} . In geomorphological terms the beach behaves as an intermediate state, with an average value of 3.06 for Ω . There was a retreat of the coastline very noticeable compared to the study done earlier by the University of Cartagena in 2009. The analysis showed that profiles B and D, which matching profiles 5 and 6 raised by the university in the past suffered a coastline retreated of 9 and 18 m., respectively. The effect of protective structures observed during the study was difficult to determine numerically, because the different structures that continuously changed the beachfront. Before starting this study there was a single groin of L form, then a geotextile tube was added and later a breakwater and another groin were built.

Although the changes were minimal, mitigation of the erosion process presented in each of the profiles raised, was evident.

Keywords: Coastal erosion, geomorphology, grain size, beach profile, shore protection structures.

INTRODUCCIÓN

La isla de Tierrabomba es una extensión de tierra ubicada al suroccidente de la ciudad de Cartagena. Se comporta como escudo protector de la bahía de Cartagena frente al mar Caribe, por ende, es altamente susceptible al fenómeno de erosión costera. Y precisamente esta ha sido la causante de los procesos sedimentológicos que se vienen presentando, los retrocesos de metros de playa, la pérdida de casas y por ende también una disminución del turismo ya que por tales condiciones los turistas o visitantes evaden este destino por su problemática actual. La economía de sus habitantes está basada principalmente en la pesca, actividad que se realiza de forma artesanal debido a las costumbres nativas y a las condiciones socioeconómicas de los mismos.

Mediante el convenio de la Universidad de Cartagena y la Empresa de Desarrollo Urbano de Bolívar (EDURBE, 2002) y con la Alcaldía (2009), se ejecutaron estudios para hacer un diagnóstico de las condiciones de la línea de costa y formular soluciones para las zonas afectadas por la erosión, resultando tres posibles alternativas para solucionar la problemática en la isla.

El fallo a favor de la comunidad de Tierrabomba impuesto a través de una acción popular logró la intervención inmediata de la Alcaldía para mitigar el problema de erosión presente en la Isla. Frente a los altos niveles de erosión la solución más rápida fue construir las estructuras costeras de protección diseñadas por la Universidad de Cartagena (2011) que se denominaron “Plan de Emergencia” consistente en una parte del espolón en L de unos 150 m de longitud y una prolongación de esa estructura con geotube relleno con arena sobre la isóbata – 0,50, contemplando un relleno hidráulico a lo largo de la zona entre la línea de costa y el geotubo. Posteriormente por petición de la Secretaria de Infraestructura de Cartagena de Indias en 2014, la

Universidad de Cartagena evaluó los diseños de los estudios de 2009 para proponer la realización de la alternativa tres en dos fases, la cual contempló 9 espolones con una longitud entre 80 y 210 m, 5 rompeolas y 1 muro marginal, las cuales cumplen las funciones de proteger, estabilizar y mantener las costas entre Tierrabomba y Punta Arena.

Uno de los aspectos más importante a considerar para la realización de este estudio fue la posibilidad de adelantar las mediciones una vez se empezó la construcción de las estructuras de protección debido a que permitió conocer a ciencia cierta cómo ha sido la influencia de estas en la zona de estudio en tiempo real, lo cual no se había realizado antes en Cartagena de Indias. El presente proyecto nos permitió medir a escala real cómo fue el comportamiento de la línea de costa en la zona de Tierrabomba antes y después de la construcción de las estructuras costeras propuestas como solución a la emergencia y también se pudo determinar si variaron las características de los perfiles y el estado geomorfológico de la playa por un posible efecto de las estructuras construidas.

Para el presente proyecto se contó con la información de estudios desarrollados anteriormente por la Universidad de Cartagena consultados en el Instituto de Hidráulica y Saneamiento Ambiental (IHSA), informes sobre Tierrabomba adquiridos en la Secretaria de Infraestructura y la asesoría de la ingeniera Dalia Moreno Egel en lo que respecta la hidráulica marítima, además para el levantamiento de los perfiles de playa la Universidad de Cartagena facilitó el préstamo de los equipos pertinentes para uso en el campo.

A partir de los resultados obtenidos en este trabajo les pudimos dar resultado a los siguientes interrogantes:

¿Cómo están incidiendo las estructuras costeras correspondientes al proyecto “construcción de espolón en “L” hasta la isóbata -0,50 e instalación de geotubo en la isla de Tierrabomba del distrito de Cartagena”? ¿Para mitigar el proceso de erosión?

¿La construcción del espolón en L y demás estructuras costeras si cumplieron con los objetivos para los cuales fueron diseñados?

Más adelante en el documento se presentan las respuestas a estas incógnitas, esperando poder contribuir con los resultados del mismo a la línea de investigación relacionada con este tema que se trabaja en el programa de ingeniería civil.

1. MARCO REFERENCIAL

En el presente capítulo se presenta una síntesis de la información pertinente al tema de investigación.

1.1 Área de estudio.

El área de estudio se encuentra en la población de Tierrabomba ubicada en la costa norte del Caribe colombiano con una longitud de 1 km entre los puntos 10.381466N -75.575386E donde se concibe el inicio del espolón en L y 10.375176N -75.571465E deriva de la línea de costa, como se muestra en la figura 1.

Figura 1. Ubicación de la zona de estudio. Zona de erosión y poblado de Tierrabomba.



Fuente: Tomado de Google Maps, modificada por los autores.

La Costa Caribe colombiana presenta una época húmeda comprendida desde agosto a noviembre con vientos débiles y torrenciales lluvias, por otro lado, la época seca, comprendida entre diciembre hasta abril con fuertes vientos del Norte – Noreste, lluvias débiles y escasas; también se presenta una época de transición denominada veranillo de San Juan dada entre mayo y julio con vientos uniformes y fuertes de dirección N - NE. La marea se considera mixta con una amplitud inferior a 0.5 m (CIOH, 2016).

1.2 Antecedentes y estado del arte.

Los procesos que modelan la línea de costa en la localidad de Tierrabomba son debidos principalmente a la fuerte acción del oleaje presente en la zona. La acción de estos procesos costeros, combinada con la erosión o sedimentación y el tipo y estructura de la roca de la zona, da origen a distintas formas de relieve (Secretaria de Infraestructura de Cartagena de Indias, 2015).

A continuación se muestran los estudios realizados en la ciudad de Cartagena en relación a la dinámica costera, morfología de las playas y su composición.

“En 1958 el Ingeniero Ramón Iribarren concluye en el documento “Informe acerca de la defensa de las Costas y las Playas de la Ciudad de Cartagena”, que había una disminución del transporte litoral en Cartagena, que era causada por la oscilación de unos bancos de arena ubicados frente a Puerto Colombia, Galerazamba, y Cartagena por las estructuras de encauzamientos del río Magdalena. Con base en esto se construyó el espolón Iribarren en el sector Sur de la línea de costa de

Bocagrande, el cual produjo la ampliación y estabilización del sector sur de las playas” (Lamadrid Acosta, 2005).

En 1987 el Instituto Nacional de Investigaciones Geológico-Mineras, INGEOMINAS, hoy denominado Servicio Geológico Colombiano (SGC), realizó el estudio “Estado actual y perspectivas de solución referentes a la erosión de las playas de Cartagena”. En 1993 esta institución publicó el estudio “geomorfología y amenazas geológicas de la línea de costa del Caribe central colombiano”, en el que se establece que los Sectores Cartagena-Bocas de Ceniza y Cartagena presentan un fenómeno de tipo erosivo, contribuyendo a este hecho la construcción de estructuras de encauzamiento del río Magdalena, el diapirismo de lodos que altera las batimetrías de fondo y la dinámica costera, y el ascenso del nivel del mar.

Según el informe “Diagnostico de la Erosión Costera en el Caribe Colombiano” la costa Caribe tiene aproximadamente 2,366 km de línea de costa compuesta de diferentes tipos de geomorfologías: costa con rocas cohesivas (15%), costa con roca no cohesiva (10%), playas y otros depósitos arenosos (32%), costa lodosa y laguna (20%), sistemas deltaicos (18%), costa urbanizada (6%), y una red hídrica que abarca los ríos Ranchería, Magdalena, Sinú y Atrato. Los sistemas deltaicos tienen mucha influencia debido a sedimentación provocada por los deltas de los ríos. Teniendo en cuenta que la geomorfología predominante es de playas, en total se calcula que la costa Caribe cuenta con 561 obras de protección donde la mayoría se ubica en la costa urbanizada puesto que las poblaciones se ven afectada por la erosión. (INVEMAR, 2007)

La Universidad de Cartagena a través del grupo de investigación de GIHMAC ha realizado varios estudios en Cartagena de Indias, como se muestra en la figura 2, para la

clasificación geomorfológica y análisis del comportamiento de los perfiles de playa, que permiten tener un monitoreo de la costa. De los estudios consultados en la zona se pudo concluir que las playas, tienen un comportamiento que va del estado disipativo a intermedio dependiendo de las condiciones del oleaje, se encuentran constituidas por sedimentos de arena fina con tamaño medio del grano menor de 0,225mm (Lamadrid Acosta, 2005), parte de la playa de Bocagrande está compuesta por un material de arena fina con un diámetro promedio de 0,241 mm en playa seca y de 0,23 mm en el agua (Mendoza Vergara & Bula Jimenez, 2013). Las playas de Marbella se están erosionando y con el ascenso del nivel del mar será mayor este efecto, generando afectaciones en la banca de la Avenida Santander (Bonfante & Avendaño, 2013).

Figura 2. Ubicación de algunos de los estudios de perfiles de playa realizados en los últimos 10 años en Cartagena.



Fuente: Tomado de Google Maps, modificada por los autores.

El Instituto de Hidráulica y Saneamiento Ambiental de la Universidad de Cartagena (IHSA) realizó un estudio en convenio con la Alcaldía del Distrito de Cartagena de Indias, para analizar el comportamiento geomorfológico e hidrodinámico y verificar o modificar los diseños propuestos como solución al cierre de la boca de El Laguito y a la erosión costera en un sector de la Isla de Tierrabomba. El estudio llevó a cabo el levantamiento de diez perfiles de playa en una longitud aproximadamente de seis kilómetros en la parte nororiental de la Isla de Tierrabomba, para poder tener como resultado tres alternativas de solución en Tierrabomba.

- **Alternativa 1.** construcción de veintidós estructuras de protección consistentes en: Dos espolones de confinamiento, uno en el Norte del Corregimiento de Tierrabomba con dirección E con una longitud de 246 m y otro en la parte final de la línea de costa en estudio en el extremo sur de Punta Arena en dirección NE de 97 m de longitud acompañados de dos muros de protección marginal al norte y sur de las costas en estudio. Estos se complementan con una batería de 20 rompeolas con longitudes promedio de 96 m; nueve rompeolas se ubican sobre las playas del sector del poblado Tierra Bomba; cinco rompeolas enfrente de la zona de acantilados sobre la Bahía de Cartagena y seis rompeolas en la zona sur del acantilado hasta Punta Arena (Instituto de Hidraulica y Saniamiento Ambietal, 2010).
- **Alternativa 2.** Esta alternativa está compuesta por once estructuras de protección consistentes en: cinco espolones con dimensiones que varían entre 60 y 245 m, orientados en dirección Este y cinco espolones perpendiculares a la línea de costa (direcciones NE) acompañados de dos muros de protección marginal, uno en el corregimiento de

Tierrabomba y otro en el sector de Punta Arenas (Instituto de Hidraulica y Saniamiento Ambietal, 2010).

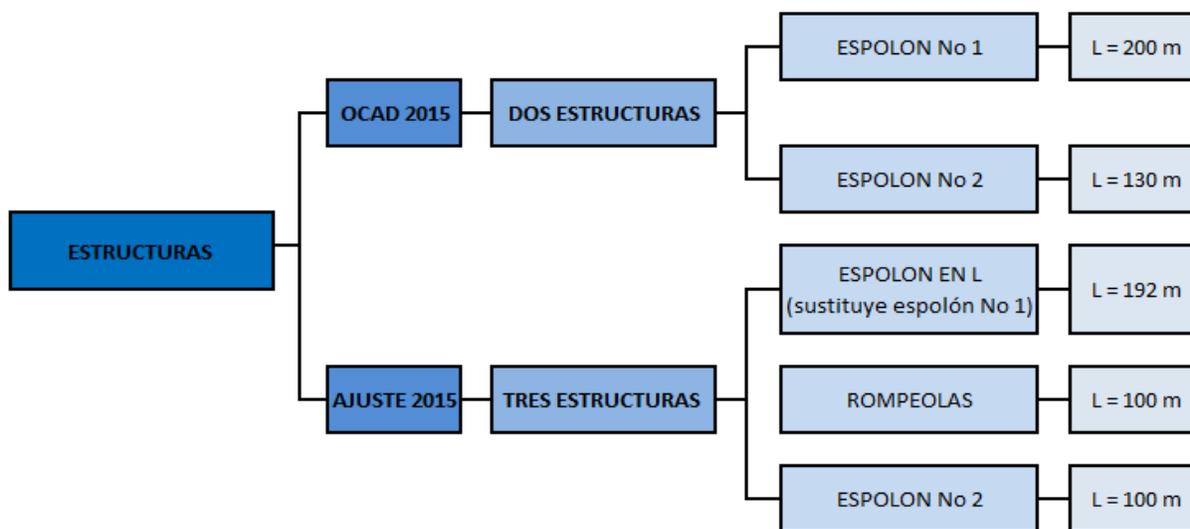
- **Alternativa 3.** Está integrada por catorce estructuras de protección, consistentes en nueve espolones con dimensiones que varían entre 80 m y 210 m, colocados a lo largo de las playas bahías para su estabilización orientados en direcciones E, NE y perpendiculares a la línea de costa, cinco rompeolas, uno en inmediaciones del corregimiento de Tierrabomba y los otros cuatro ubicados en frente de la zona de acantilado sobre la Bahía de Cartagena, acompañado de un muro de protección marginal, en el sector de Punta Arena. Al igual que las anteriores alternativas estas estructuras deberán ir acompañadas de un relleno artificial de arena de 20 m. de ancho para evitar un posible impacto de las mismas sobre la línea de costa (Instituto de Hidraulica y Saniamiento Ambietal, 2010).

En aras de contrarrestar la fuerte erosión en la población de Tierrabomba se implementó el “Plan de Emergencia” según el cual se construyó un espolón en L con una longitud de 192 m y se instalaron 60 m de geotubo, la construcción del espolón inicio en el segundo periodo de año 2014 pero debido a las condiciones climáticas y oceanográficas se suspendieron las actividades a final del mismo año pudiendo reanudar el siguiente año y finalizando en el segundo periodo el 06 de septiembre del 2015.

De las alternativas expuestas anteriormente, se eligió la alternativa 3 la cual se divide en dos fases. En el año 2015 el Distrito Tutístico y Cultural de Cartagena de Indias suscribió el contrato No 01-04 de 2015 con RAHS INGENERÍA S.A.S, cuyo objeto es la construcción de las obras de estabilización y recuperación de un sector de la línea de costa de la isla de tierrabomba,

para la realización de la primera fase que consta de siete espolones, cuatro rompeolas, un muro marginal de protección y un relleno artificial de arena en 20 m para evitar un posible impacto de las mismas sobre la línea de costa. Bajo las condiciones dadas, el proyecto tuvo que ser reajustado debido a la construcción del espolón en L y los cambios de batimetría presentados en la zona, por lo que quedaron ubicadas las estructuras dentro de los primeros 900 m de la forma mostrada en la figura 3, donde el K0 + 000 se ubica donde empieza el espolón en L y se extiende a través de la línea de costa hasta los 900 metros. (Secretaria de Infraestructura de Cartagena de Indias, 2015).

Figura 3. Estructuras entre las abscisas k0 + 000 y K0 + 900



Fuente: Informe 1, Actualización de los diseños de las estructuras de protección costeras del sector nororiental de la isla de Tierrabomba

Existen diferentes tipos de estudio para evaluar el fenómeno de erosión. En breve se habla de tres casos referentes a los objetivos de este trabajo.

En la provincia de Cádiz (España), se evaluó la evolución de Playa de la Victoria para el periodo de febrero a octubre de 2004, comparando dos secciones de playa, la sección norte o Final Victoria (FV) y la sección central u Hotel Victoria (HV), su litología y pendiente. Se determinaron los parámetros texturales y contenido de CaCO_3 de 24 muestras de sedimento y se obtuvo el transporte litoral por medio de trazadores fluorescentes. Se midieron perfiles topográficos con una estación total durante la bajamar viva cada 15 días. Las muestras de sedimento fueron analizadas por el método de momentos y se calcularon sus parámetros texturales (media, asimetría, clasificación y curtosis). Los resultados muestran que, durante el periodo estudiado, el sedimento en la sección FV estuvo moderadamente bien clasificado y extremadamente leptocúrtico, mientras que la sección HV el análisis mostró dos grupos de sedimento: arenas finas cerca de la rompiente y guijarros muy finos en la berma; sin embargo, en ambas secciones fue evidente el periodo de invierno. El contenido de CaCO_3 varió entre 3% y 9%, lo que indica inestabilidad de la playa. La dirección del transporte litoral fue NW-SE, coincidiendo con el comportamiento de la región, y se encontró un desplazamiento de 130 m (Avila Serrano, Santa Rosa del Río, Anfuso Melfi, & Benavente-González, 2004) a una velocidad de 0.29 m s^{-1} .

Los espolones son utilizados para prevenir la erosión y los fuertes oleajes. En las costas de Polonia (Agnieszka Kubowicz, 2006), específicamente en la costa occidental de la bahía de Gdańsk, en el área del acantilado de Orłowo, fueron construidos para evitar la abrasión y la inundación de las zonas situadas en el interior del país, especialmente en las condiciones de las mareas de tempestad. El objetivo principal del estudio fue determinar su efecto sobre la

composición por tallas morfología y el grano en la zona de la costa y cerca de la costa. Por lo general, se basan en las costas arenosas donde el aumento de la abrasión y el déficit de sedimentos asociados son los principales problemas. Hasta ahora, este tipo de construcción se ha utilizado en otros países como Italia, España, Egipto, Israel, Japón, Australia y los EE.UU., los rompeolas utilizados en las obras se usan para reducir la cantidad de energía forzando las olas a romper y extendiendo el tiempo de residencia de los sedimentos en una región protegida. Los resultados del estudio presentado complementan el conocimiento existente sobre el uso de las construcciones mencionadas anteriormente y ayudan a comprender su funcionamiento en el entorno marino.

Cuando se trata de mitigar la erosión de la costa, se proponen las estructuras de protección costera que generalmente se clasifican como soluciones blandas y duras, y también la combinación de ambas. La protección de las costas contra la erosión en Ullal, Mangalore en Karnataka fue tomada para un estudio detallado como sub-proyecto de (Banco Asiático de Desarrollo) BASD Consultores. El plan de desarrollo integrado preparado por BASD Consultores para la protección costera sostenible incluye: i) la construcción de dos arrecifes costa afuera, ii) la construcción de cuatro bermas cerca a la costa para atrapar los sedimentos, iii) el nutrimento de la playa de Ullal, iv) la re-habilitación de rompeolas para permitir más movimiento de arena hacia el sur.

Dos arrecifes costa afuera en forma de delta se han propuesto como parte de la protección costera sostenible en Ullal. El diseño de la sección transversal de estos arrecifes como estructuras en talud con cresta baja se ha llevado a cabo en la Estación Central de Investigación Agua y Energía (Central Water and Power Research Station, CWPRS). Las diferentes alternativas de secciones transversales de los arrecifes sumergidos costa afuera a siete metros de profundidad

han sido desarrolladas y confirmadas con base en estudios de laboratorio para la estabilidad hidráulica y la transmisión de onda (Mahalingalaha, Tayade, Gokhale, & Kudale, 2015).

A continuación se muestran otros estudios relacionados con la temática.

Tabla 1. Estudios realizados en el ámbito internacional.

OTROS ESTUDIOS REALIZADOS		
LOCALIZACIÓN	DESCRIPCIÓN	AUTORES
Kaikoura, Nueva Zelanda.	Análisis de las relaciones entre la micro-topografía y tasas de erosión a corto y largo plazo.	(Inkpen, Stephenson, Kirk, & Hemmingsen, 2010)
Playa Bongpyeong. Gyeongsang del Norte, Corea del Sur.	Análisis de la variación de la línea de costa y perfil de playa debida a la construcción de estructuras de protección.	(Kim, Lee, Kim, Yoon, & Hur, 2014)
Playa del Carmen. Solidaridad, México.	Evaluación del desempeño de un proyecto diseñado y construido para protección y estabilización de playa.	(Lopez, 2014)
Elmina, Cape Coast y Moree. Ghana.	Análisis del retroceso histórico de la línea de costa.	(Fedrick Ekow, 2015)

1.3 MARCO TEÓRICO.

El perfil de la playa cambia constantemente como respuesta a los cambios de transporte transversal de sedimentos que produce la dinámica marina, especialmente el oleaje. Los cambios más notorios son los asociados a los desplazamientos de las barras y el avance y el retroceso de la berma. Estos cambios morfológicos generan toda una tipología de forma de playas.

1.3.1 La morfología de las playas.

Se define perfil de playa como la variación de la profundidad del agua, con la distancia a la línea de costa, en dirección normal a la misma. Para esta definición asume que la playa es localmente de batimetría recta y paralela, por lo que la línea de costa puede ser representada por una curva de nivel cualquiera de la playa. Es bastante habitual tomar el nivel medio del mar para la definición de la línea de costa.

Entre las múltiples formas posibles de perfil, existen dos extremas que presentan una geometría en planta aproximadamente bidimensional, es decir, en las que el perfil representa aproximadamente la morfología de la playa. Estas dos formas extremas del perfil se denominan perfil disipativo y reflejante (U.S. Army Corps of Engineers, 2002).

- **El perfil disipativo:** Es característico de las playas de arena fina y niveles de energía elevados. En general el frente de la playa no puede ser distinguido de la terraza de bajamar y la zona intermareal tiene un talud ligeramente cóncavo con pendientes bajas y sin formaciones destacables. Así mismo, no existen bermas que delimiten la zona de playa seca, por lo que el perfil cóncavo se inicia prácticamente en el pie de la duna o en el acantilado en su caso. La playa sumergida suele presentar una o varias barras longitudinales, con senos y crestas poco marcadas.

- El perfil reflejante: Se presenta en playas de arenas medias a gruesas, con niveles de energía bajos. En este caso el borde de la berma marca claramente el inicio del frente de la playa. En la playa seca pueden apreciarse rastros de berma y escarpes correspondientes a perfiles más retrasados producidos por condiciones de oleaje más energéticas. Sobre el frente de la playa son más frecuentes los beachcoups y suele existir un escalón en la parte inferior del frente de playa compuestos de materiales más gruesos, después del cual la pendiente del perfil baja considerablemente, conservando una forma cóncava.

Para determinar el tipo de playa se debe calcular la pendiente de la playa cercana a la costa ($\tan\beta$), el periodo de la ola de tormenta y la velocidad de caída de sedimentos. Por tanto, el parámetro Ω que nos determina la forma de la playa, denominado parámetro de Dean (1973), se calcula con la siguiente fórmula:

$$\Omega = \frac{H_b}{W_s T} (1)$$

Siendo Ω conocido como el parámetro dimensional de caída del grano, H_b , W_s y T la altura de la ola a la rotura, la velocidad de caída del sedimento y el periodo de la ola respectivamente (U.S. Army Corps of Engineers, 2002).

1.3.2 Perfil de equilibrio.

Constituye un elemento importante para predecir el comportamiento de una playa y diseñar o analizar proyectos de regeneración de las mismas. Este concepto está limitado por sí

solo, debido a que los modelos arrojados por distintos autores son muy generales, sin embargo, ellos mismos han planteado modificaciones para casos más específicos.

1.3.2.1 Concepto de perfil de equilibrio.

Existen varias definiciones al hablar de perfil de equilibrio.

- Según Dean (1973,1991), es un equilibrio entre las fuerzas que llevan el sedimento hacia tierra y las que lo llevan hacia el mar, que se presentan para un sedimento en particular en condiciones de oleaje estacionario.
- Según la enciclopedia de playas y costas, es un perfil batimétrico que se produce por un clima marítimo y tipo de sedimento particular.
- Según Larson (1991), es un perfil que no cambia con el tiempo y que se da para un tamaño específico de sedimento y unas condiciones constantes de oleaje.

La variación del nivel del mar y del oleaje nunca es constante, por lo que en realidad un solo perfil de equilibrio no es posible que se presente. En realidad, las playas están en un equilibrio dinámico y cambian constantemente con los cambios de la energía del oleaje y el perfil de equilibrio representa en realidad una tendencia

1.3.2.2 Perfil de equilibrio según Dean (1991).

Según Dean, el perfil de equilibrio es normalmente cóncavo hacia arriba, con frente de playa lineal. Con pendiente suave cuando el tamaño de la arena es pequeño y con tendencia a la formación de barras cuando la ola que lo afecta es peraltada.

Todavía no se ha ideado el modelo que abarque todos los tipos de perfiles de equilibrio, sin embargo, el más usado es el de Dean por haber estudiado un mayor número de perfiles que otros autores, aunque su modelo no funciona en todas las playas.

La ecuación a la que Dean ajusta los perfiles es $y = AX^n$, donde A es el factor de escala o coeficiente de forma del perfil y n toma el valor de 2/3. Dean (1987) afirmó que A dependía de la velocidad de caída del grano (ω), la que a su vez depende del diámetro del sedimento, con la siguiente expresión.

$$A = Kw^{0,44}$$

Donde $K = 0.51$ y w está en m/s

W = velocidad de caída del grano (promedio del tamaño medio del grano en la zona más lejana de la costa por cada perfil) (U.S. Army Corps of Engineers, 2002).

1.3.3 Propiedades del sedimento.

El estudio de las propiedades físicas del sedimento; tamaño, forma, permeabilidad, cohesión, densidad, peso específico y velocidad de caída del grano en el agua, es importante al momento de desarrollar procesos costeros, debido a que la resistencia que el sedimento le pone a los efectos del oleaje depende directamente de ellas.

1.3.3.1 Tamaño y distribución del sedimento.

Las principales fuentes de sedimentos son los ríos y los arroyos, estos pueden transportar a la zona costera diferentes tamaños de sedimentos desde arcillas hasta gravas y cantos rodados.

Para análisis de sedimentos se utiliza los métodos como el tamizado y la sedimentación en tubos, siendo el primero más confiable al analizar tamaños de sedimentos arenosos, mientras que también se puede obtener el tamaño de sedimentos de acuerdo al parámetro phi, el cual para convertir de milímetros a unidades φ se utiliza la siguiente ecuación. (Mendoza Vergara & Bula Jimenez, 2013).

$$\varphi = -\log_2 D$$

1.3.4 Tipos de estructuras.

Las estructuras de protección costera se pueden clasificar como estructurales o duras, o no estructurales o blandas los cuadros 1 y 2 presentan un resumen de las principales estructuras.

Tabla 2. Tipos de estructuras duras.

TIPOS	FUNCIÓN
<i>Diques</i>	Proteger las zonas bajas de las inundaciones; se construyen con montículos de material fino como arena o arcilla con una pendiente suave hacia el mar con el objetivo de disminuir el efecto erosionable de las olas.
<i>Malecones</i>	Prevenir o aliviar el desbordamiento y la inundación de las estructuras que se encuentran detrás de estos cuando se presentan fenómenos como mareas generadas por tormentas y olas.
<i>Revestimiento</i>	Proteger la costa de la erosión costera y consiste en revestimientos de piedra, hormigón o asfalto.
<i>Mamparos</i>	Mantener o evitar deslizamientos de tierra, dejando como objetivos secundarios la protección de la costa contra la influencia de inundaciones y acción de las olas.
<i>Espolones</i>	Estabilizar tramos de playa natural o artificialmente nutridas contra los procesos erosivos que ocasionan pérdidas de material a lo largo de la orilla de la playa, se construyen perpendiculares a la costa

<i>Diques o rompeolas arrecife</i>	Evitar la erosión reflejando y disipando la energía de onda de entrada con ayuda de los rompeolas, reduciendo la altura del oleaje.
<i>Rompeolas</i>	Reducir la acción de las olas en la playa debido a que éstas deben romper en la estructura, son construidos sumergidos y paralelos a la costa.
<i>Rompeolas sumergidos</i>	Retardar el movimiento de la arena en altamar a través de la colocación de una barrera estructural en el perfil de playa, es una versión especial del rompeolas construido cerca de la costa.
<i>Escollera</i>	Estabilizar los canales navegables en desembocaduras y bocas, para protección costera se construyen cerca de la costa y paralela a éstas.
<i>Protección contra socavación</i>	Proteger las estructuras costeras de la inestabilidad resultante de la erosión del fondo marino adyacente a la misma.

Fuente: (Chico & Tapias, 2014).

Tabla 3. Tipos de estructuras blandas.

TÉCNICA	FUNCIÓN
<i>Arrecifes artificiales</i>	Absorben la energía de las olas lo cual se constituye como una defensa y a su vez proporciona un hábitat natural para la diversidad biológica marina.
<i>Drenaje de playas</i>	Disminuye el volumen de agua superficial incidente en la infiltración de agua en la playa y así disminuir el movimiento de sedimentos hacia el mar.
<i>Drenaje de acantilados</i>	Permite la reducción de presión de poros por el agua que se infiltra en las rocas y es acumulada en las capas permeables.
<i>Relleno de playas</i>	Consiste en el aumento artificial del volumen de arena mediante el suministro externo de la misma en áreas que se desean proteger.

<i>Regeneración de dunas</i>	Pretende reducir la velocidad del viento para propiciar la acumulación de arena en la zona supramareal mediante cerca, geotextiles o planta.
<i>Conservación y siembra de manglares</i>	Ayuda a contrarrestar la energía del oleaje y propicia la sedimentación de partículas que mantienen el ambiente del pantano de manglar y la estabilidad de la línea de costa.
<i>By-pass de arena</i>	Consiste en tomar arena de una zona de acumulación aguas arriba de una estructura con el fin de depositarla de manera artificial, aguas debajo de la misma.

Fuente: (Chico & Tapias, 2014).

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Evaluar los posibles efectos en la variación de la línea de costa y la posible alteración geomorfológica de la playa, debida a las estructuras costeras de protección construidas recientemente en la población de Tierrabomba, en Cartagena de Indias mediante el seguimiento a los perfiles de playa, con el fin de establecer si dichos efectos cumplen con el propósito por el cual fueron construidas las estructuras.

2.2 Objetivos específicos

- Analizar las posibles variaciones geomorfológicas y de la línea de costa causadas por la construcción del proyecto “construcción de espolón en “L” hasta la isobata -0,50 e instalación de geotubo en la isla de Tierrabomba del distrito de Cartagena”.
- Determinar el estado geomorfológico de la zona de playa en estudio de acuerdo con las características del perfil de playa en cuanto su pendiente y tamaño de sedimento.
- Analizar la variación del tamaño de sedimentos mediante el estudio granulométrico de muestras obtenidas en el sitio y si es posible, comparar con estudios realizados anteriormente.
- Determinar los factores positivos o negativos resultantes de la construcción de las estructuras de protección.

3. ALCANCE

Este estudio realizado en la isla de tierra bomba, en el cual le hicimos seguimiento a seis perfiles de playa a los cuales denominamos alfabéticamente A, B, C, D, E y F, los que se clasificaron geomorfológicamente de acuerdo con el parámetro Ω y mediante el cálculo del número de Iribarren. Se analizó cómo han variado con el tiempo los perfiles levantados por efecto de las estructuras existentes, también se hizo una comparación de los perfiles levantados con los perfiles de estudios anteriores, se hizo además un análisis de la variación del tamaño de los sedimentos a lo largo de la zona de estudio en el sector de Tierrabomba, y por ultimo con las fotografías satelitales obtenidas se podrá determinar cómo ha sido la variación de la línea de costa a través del tiempo.

3.1 Delimitación espacial

Los levantamientos de los perfiles se llevaron a cabo en la parte nororiental de la Isla de Tierrabomba ubicada entre los 1,540.068.033 N 836050.644 E y 1,639.587.171 N y 836302.211. El tramo estudiado consta de una longitud de 1 km aproximadamente, a lo largo de la línea de costa, donde se tomó como punto de partida la ubicación del espolón en “L” construido en el segundo periodo de 2014 cerca al poblado de Tierrabomba siguiendo con dirección sur hacia la población de Punta Arena.

3.2 Delimitación temporal

Este proyecto se realizó durante el segundo período académico del año 2015, comprendido exactamente entre el mes de julio hasta el mes de diciembre. Durante este lapso de tiempo se

realizaron las actividades programadas del estudio como el levantamiento topográfico de la zona, los levantamientos de los perfiles, la toma de muestras de sedimento, las granulometrías, el procesamiento y análisis de datos y la evaluación de resultados.

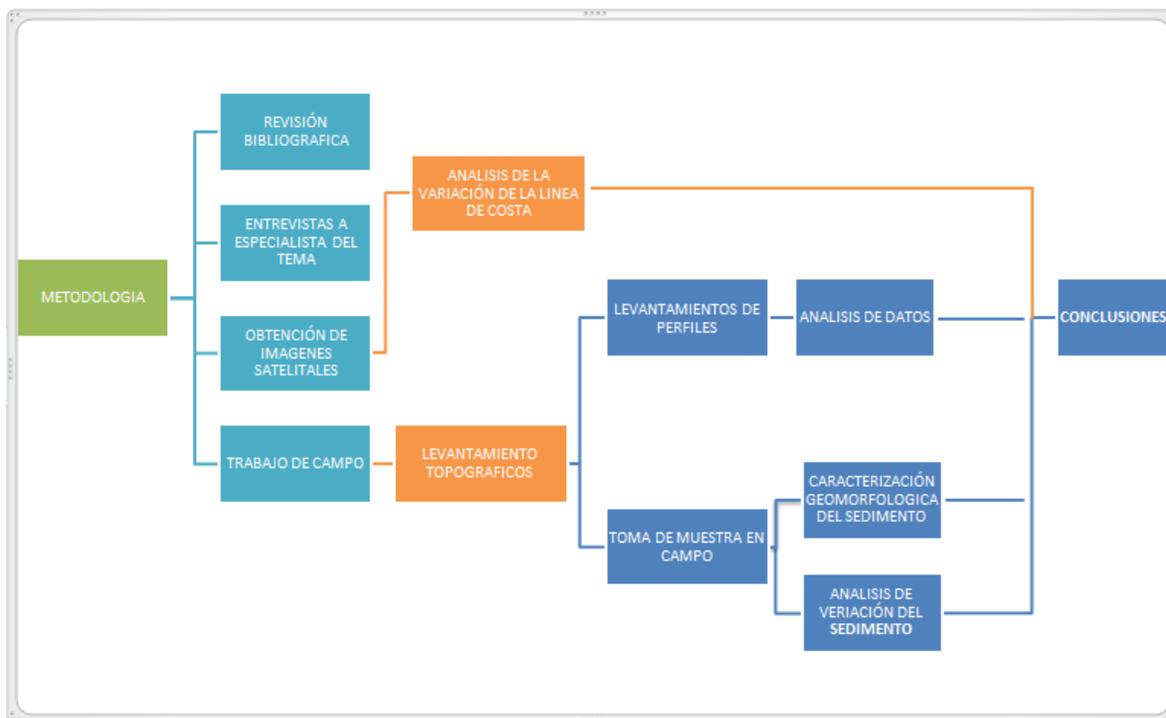
Los resultados obtenidos fueron los esperados ya que era evidente como la erosión calcumia las playas de la isla y por tanto en los resultados vimos el retroceso de la línea de costa. Esta investigación además serviría de base para algún tipo de proyecto similar que busque alguna comparación o evaluación de estas estructuras de la isla o que busque hacer un análisis variacional de la línea de costa.

4. METODOLOGÍA.

Con la intención de cumplir los objetivos propuestos en el presente proyecto que corresponde a una investigación de tipo descriptiva, donde se analizó detalladamente la información recolectada con anterioridad de la zona de estudio, y experimental mediante un procedimiento de trabajos de campo y de laboratorio con los equipos pertinentes, aplicando conocimientos adquiridos previamente para evaluar las hipótesis propuestas relacionadas con el comportamiento de la playa.

Como se muestra en la figura 4, para la realización de la metodología fue necesario hacer cuatro enfoques principales: revisión bibliográfica (sitios web, libros y artículos científicos), entrevistas a especialistas (Ingenieros de la Universidad de Cartagena conocedores del tema e Ingenieros de la Secretaria de Infraestructura de Cartagena), obtención de imágenes satelitales (a través de Google Earth) y trabajo de campo.

Figura 4. Esquema de la metodología desarrollada.



4.1 Revisión y recopilación de la información

Fue fundamental para llevar a cabo la investigación, la recolección de información y consultas de fuentes disponible como trabajos de grado, entrevistas con especialistas en el tema tales como Ing. Dalia Moreno Egel, Ing Alfonso Arrieta, Ing Pedro Fabris y Ing Gustavo De León, libros, revistas científicas de la base de datos de la Universidad de Cartagena, relacionados en torno a perfiles de playa, su comportamiento y los factores que inciden sobre los mismos. Así mismo, se recopilieron datos relacionados con las variaciones en la línea de costa, así como se utilizaron planos, carteras topográficas e imágenes satelitales de Google Earth.

4.2 Trabajo de campo.

El trabajo de campo corresponde al levantamiento topográfico, todas las mediciones realizadas, tomas de muestras y análisis de sedimentos.

4.2.1 Levantamiento topográfico de la zona de estudio.

Se levantó una poligonal abierta con estación total marca Topcon el día 9 de Agosto 2015, referida al punto BM No. 2 de la empresa Aguas de Cartagena el que a su vez está referido con el BM No.1 con cota 3,11 m.s.n.m, instalado por el IHSA (2005), traído del Punto IGAC “LORO 442 con cota 6,08 m.s.n.m y coordenadas 1’636.067,548N y 838.603,032E, ubicado en la base militar “El Polvorín”, cercana a la población de Caño de Oro” (Arrieta Pastrana & Moreno Egel, 2009). Para establecer los BMs iniciales de cada perfil en el campo se nivelaron y contranivelaron los puntos para mayor precisión y se materializaron en el campo mediante marcas con pintura blanca y varilla de acero de ½” de 15 cm.

Por causas de las condiciones iniciales de la investigación donde se estableció la ubicación de 6 perfiles de playa en el kilómetro a estudiar, dentro de la zona de estudio solo se pudieron ubicar los perfiles 5 y 6 (perfil B y perfil D) del estudio realizado por el IHSA en el 2009, debido a que los perfiles 3 y 4, no pudieron ser levantados por la gran cantidad de rocas encontradas. Los cuatro perfiles restantes se ubicaron en forma aleatoria de acuerdo a las condiciones del terreno con una separación aproximada de 100 m. A continuación, en la Tabla 4 se muestra las respectivas coordenadas y cotas de cada perfil.

Tabla 4. Coordenadas de los perfiles de playa.

Perfiles	Coordenadas		Cotas (m)
	N	E	
A	1640068.033	836050.644	1,313
B	1639991.979	836035.410	1,547
C	1639870.482	836058.028	1,750
D	1639804.000	836089.755	0,67
E	1639660.464	836226.693	1,130
F	1639587.171	836302.211	1,814 - 2,44

El cambio de cota observada en el Perfil F de la Tabla 4 se debe a un relleno hecho por la construcción del espolón en ese sitio.

Figura 5. Ubicación de los perfiles de playa.



Fuente: Tomado de Google Maps, modificado por autores.

4.2.3 Toma de muestra y análisis de sedimento en los perfiles de playa.

Entre los perfiles A y E se tomaron muestras de sedimento de playa espaciadas convenientemente a distancias de 4, 8, 12, y 16 m del punto de inicio, debido a que casi todos los perfiles se encontraban sumergidos y en la línea de costa, cuando este se pudo identificar. Para el perfil F se tomaron muestras a 6, 10, 14 y 18 m, cambiando lo presentado en la propuesta de este trabajo obligado por las condiciones brindadas en la zona de estudio.

Las muestras de sedimento se recolectaron manualmente (aproximadamente de 1 kilo), y almacenadas en bolsas plásticas previamente marcadas y referenciadas al perfil medido, se llevaron al laboratorio donde se realizó la determinación del tamaño del grano por tamizados sucesivos de acuerdo con la norma ASTM C136.

4.3 Análisis y procesamiento de datos.

Una vez obtenido los datos de campo, muestras de sedimento e imágenes satelitales se procede a realizar el siguiente análisis de datos.

4.3.1 Análisis de la variación del sedimento.

Para llevar a cabo el análisis de la variación del sedimento se siguieron las especificaciones de la norma American Society Of Testing and Materials (ASM C136). Se tamizaron 200 g por cada muestra, se elaboraron las curvas granulométricas de cada una, se determinó el diámetro D_{50} , D_{84} y D_{16} y se convirtieron estos valores a unidades ϕ (φ). Posteriormente realizamos una comparación de como varió el sedimento en unidades φ a lo largo de la zona estudiada, luego hallamos valores φ_{16} , φ_{50} y φ_{84} a partir de los valores de D_{50} , D_{84} y D_{16} a partir de la ecuación citada en el marco teórico.

$$\varphi = \log_2 D$$

La variación del valor del diámetro medio del sedimento fue analizada también en mm (D_{50} , D_{16} y D_{84}), para cada perfil se hallaron los valores promedios D_{50} y ϕ_{50} , D_{16} y ϕ_{16} y D_{84} y ϕ_{84} , dichos valores fueron comparados a lo largo de todo el perfil y de la zona de estudio en general.

Se calculó, además, el valor del diámetro promedio con el fin de clasificar el sedimento de acuerdo con la Tabla 5.

Tabla 6. Clasificación de los sedimentos de acuerdo con el tamaño del grano.

Table III-1-2 Sediment Particle Sizes						
ASTM (Unified) Classification ¹	U.S. Std. Sieve ²	Size in mm	Phi Size	Wentworth Classification ³		
Boulder	12 in. (300 mm)	4096	-12.0	Boulder		
		1024	-10.0			
Cobble	3 in. (75 mm)	256	-8.0	Large Cobble		
		128	-7.0			
		107.64	-6.75	Small Cobble		
		90.51	-6.5			
Coarse Gravel	3/4 in. (19 mm)	76.11	-6.25	Very Large Pebble		
		64.00	-6.0			
		53.82	-5.75			
		45.26	-5.5			
		Fine Gravel	2.5	38.05	-5.25	Large Pebble
				32.00	-5.0	
				26.91	-4.75	Medium Pebble
				22.63	-4.5	
19.03	-4.25					
16.00	-4.0					
Coarse Sand	4 (4.75 mm)	13.45	-3.75	Small Pebble		
		11.31	-3.5			
		9.51	-3.25	Granule		
		8.00	-3.0			
		6.73	-2.75			
Medium Sand	10 (2.0 mm)	5.66	-2.5	Very Coarse Sand		
		4.76	-2.25			
		4.00	-2.0	Coarse Sand		
		3.36	-1.75			
		2.83	-1.5			
		2.38	-1.25			
		2.00	-1.0			
		1.68	-0.75			
		1.41	-0.5			
		1.19	-0.25			
Fine Sand	40 (0.425 mm)	1.00	0.0	Medium Sand		
		0.84	0.25			
		0.71	0.5	Fine Sand		
		0.59	0.75			
		0.50	1.0			
		0.420	1.25			
		0.354	1.5			
		0.297	1.75			
		0.250	2.0			
		0.210	2.25			
0.177	2.5					
Fine-grained Silt	200 (0.075 mm)	0.149	2.75	Very Fine Sand		
		0.125	3.0			
		0.105	3.25	Coarse Silt		
		0.088	3.5			
		0.074	3.75			
		0.0625	4.0			
		0.0526	4.25			
		0.0442	4.5			
		0.0372	4.75			
		0.0312	5.0			
0.0156	6.0					
0.0078	7.0					
Clay if PI > 4 and plot of PI vs. LL is on or above "A" line and the presence of organic matter does not influence LL.	400	0.0039	8.0	Medium Silt		
		0.00195	9.0	Fine Silt		
		0.00098	10.0	Very Fine Silt		
		0.00049	11.0	Coarse Clay		
		0.00024	12.0	Medium Clay		
		0.00012	13.0	Fine Clay		
Silt if PI < 4 and plot of PI vs. LL is below "A" line and the presence of organic matter does not influence LL.	200 (0.075 mm)	0.000061	14.0	Colloids		
		0.000012	13.0			

¹ ASTM Standard D 2487-92. This is the ASTM version of the Unified Soil Classification System. Both systems are similar (from ASTM (1994)).

² Note that British Standards, French, and German DIN mesh sizes and classifications are different.

³ Wentworth sizes (in mm) cited in Krumbain and Gloss (1963).

Fuente. Tabla III-1-2 del Coastal Engineering Manual, pág. III-1-8

También se obtuvo la desviación y el sesgo para las unidades Phi (ϕ) para determinar su gradación según la Tabla III-1-3 del Coastal Engineering Manual, (Army Corps of Engineers (USACE), 2002).

Tabla 7. Rangos para la clasificación de la Desviación y el Sesgo en unidades Phi (ϕ)

Table III-1-3 Qualitative Sediment Distribution Ranges for Standard Deviation, Skewness, and Kurtosis	
Standard Deviation	
Phi Range	Description
<0.35	Very well sorted
0.35-0.50	Well sorted
0.50-0.71	Moderately well sorted
0.71-1.00	Moderately sorted
1.00-2.00	Poorly sorted
2.00-4.00	Very poorly sorted
>4.00	Extremely poorly sorted
Coefficient of Skewness	
<-0.3	Very coarse-skewed
- 0.3 to - 0.1	Coarse-skewed
- 0.1 to +0.1	Near-symmetrical
+0.1 to +0.3	Fine-skewed
>+0.3	Very fine-skewed
Coefficient of Kurtosis	
<0.65	Very platykurtic (flat)
0.65-0.90	Platykurtic
0.90-1.11	Mesokurtic (normal peakedness)
1.11-1.50	Leptokurtic (peaked)
1.50-3.00	Very leptokurtic
>3.00	Extremely leptokurtic

Fuente. Tabla III-1-3 del Coastal Engineering Manual, pág. III-1-11.

4.3.2 Caracterización geomorfológica de los perfiles de playa.

Los perfiles fueron caracterizados geomorfológicamente a partir del parámetro Ω (Omega), en base a la altura de la ola de rotura H_b , la velocidad de caída W_s y el periodo T , según la fórmula citada en el marco teórico.

Para los valores de H_b y T fueron escogidos los valores de altura máxima y periodo máximo dados en los boletines mensuales del CIOH, que contienen las condiciones de meteorología y oceanografía del Caribe colombiano.

4.3.3 Análisis de la variación de línea de costa.

Las condiciones del área de estudio en la población de Tierrabomba donde se evidencian en los acantilados producto del oleaje que ha causado la fuerte erosión impidió el levantamiento de la línea de costa. La metodología contempla la medición desde el BM hasta la línea de costa durante los tiempos en que se debían realizar las mediciones y posteriormente se podía analizar la variación de esta con respecto al tiempo. Los BMS levantados en la zona de estudio en la zona de los acantilados quedaron ubicados algunos en la línea de costa y otros sumergidos, por lo que fue necesario tomar fotos satelitales de Google Earth de los años 2005, 2007, 2009, 2015 (antes de la construcción de las estructuras) y 2016 (después de la construcción de las estructuras), poner a la misma escala cada fotografía en AutoCAD 2010, se demarcó sobre cada fotografía la línea costa para su posterior superposición y su análisis en cuanto a la variación.

4.3.4 Análisis de los perfiles de playa.

Se compararon los perfiles entre sí con los datos obtenidos durante los tiempos de mediciones para poder observar su comportamiento con respecto al tiempo y a las estructuras

costeras construidas, también se determinó el perfil teórico de Dean para ajustarlos con estos. Para esto fue necesario interpolar los perfiles cada metro, corregir por marea todos los perfiles para que estuvieran al mismo nivel. Además, se superpusieron los perfiles B y D con los perfiles 5 y 6 respectivamente, del estudio realizado por la Universidad de Cartagena en 2009 con la intención de comparar la variación que han tenido los perfiles a través del tiempo.

5. RESULTADOS Y DISCUSIONES.

A continuación se muestra todos los resultados descritos en el análisis realizado anteriormente.

5.1 Análisis sedimentológico

Los resultados de los ensayos granulométricos de las muestras tomadas en campo fueron analizados por día para cada perfil durante la segunda mitad del año 2015. En el Anexo A se pueden encontrar los datos obtenidos de los ensayos y las gráficas.

La primera recolección de muestras fue el 16 de agosto, los datos obtenidos se muestran en la Tabla 8. Para el punto F se encontró que, según el tamaño del grano, las muestras se clasifican como arena media. De la M1 a la M3 el D_{50} fue en aumento, pero la M4 no se aleja de esta tendencia. Además, las muestras se encontraban moderadamente bien gradadas. El valor de sesgo varía desde una asimetría hacia los finos en la M1 hasta una pequeña tendencia hacia los gruesos en la M4. Para el punto E la M1 se clasificó como arena media, la M2 como arena gruesa y la M3 y M4 como arena fina. El valor de D_{50} para este punto no siguió un patrón reconocible. Además, las muestras se encontraron moderadamente bien gradadas. El valor de sesgo indicó asimetría hacia los finos en todas las muestras excepto la M3, que en cuyo caso la asimetría fue hacia los gruesos. En el punto D M1 y M2 se clasificaron como arena media, mientras que M3 y M4 como arena fina. El D_{50} en este punto aumentó desde la M1 hasta la M4. Además, M1 y M2 se encontraron moderadamente bien gradadas, M3 y M4 solo moderadamente gradadas. El valor de sesgo indicó asimetría hacia los finos en todas las muestras excepto la M3, que en cuyo caso la asimetría fue hacia los gruesos. En el punto C no se encontró patrón o tendencia ya sea según el tamaño de grano, la desviación o el sesgo. Muestra por muestra se clasificaron así: M1 arena fina, pobremente gradada, con asimetría hacia los finos; M2 arena

media, moderadamente bien gradada, algo asimétrico hacia los finos; M3 arena gruesa, moderadamente gradada, asimétrico hacia los finos; y M4 arena fina, moderadamente bien gradada, con asimetría hacia los gruesos. Para el punto B aunque todas las muestras se clasificaron como arena media no existe un patrón de comparación entre el D_{50} de cada una de ellas. Además, las muestras se encontraron moderadamente bien gradadas. El valor de sesgo de M1 y M3 indicó asimetría hacia los finos, mientras que el de M2 y M4 indicó simetría en la muestra. En el punto A, M1, M3 y M4 fueron clasificadas como arena media, moderadamente bien gradada, con asimetría hacia los finos, exceptuando M4 cuyo valor de sesgo indicó asimetría hacia los gruesos. M2 por su parte se clasificó como arena gruesa, pobremente gradada y con una asimetría muy acentuada hacia los finos.

Tabla 8. Parámetro Phi del perfil F.

		Perfil F									
		Día 1					Día 2				
		M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4		
Unidades Phi (ϕ)	ϕ_{16}	-0,739	-0,835	-2,247	-2,247	ϕ_{16}	-0,784	-0,896	-2,171	-2,247	
	ϕ_{50}	0,056	-0,251	-1,209	-0,738	ϕ_{50}	-0,045	-0,302	-1,147	-0,944	
	ϕ_{84}	1,600	0,742	-0,017	0,301	ϕ_{84}	1,444	0,725	0,035	0,179	
	D50	0,961	1,190	2,312	1,668	D50	1,031	1,233	2,214	1,991	
	Diam. Prom (M_{ϕ})	0,306	-0,115	-1,158	-0,895	Diam. Prom (M_{ϕ})	0,205	-0,158	-1,094	-1,004	
	Desviación (σ_{ϕ})	1,170	0,789	1,115	1,274	Desviación (σ_{ϕ})	1,114	0,811	1,103	1,213	
	Sesgo (α_{ϕ})	0,213	0,173	0,046	-0,123	Sesgo (α_{ϕ})	0,224	0,178	0,048	-0,049	
		Día 3					Día 4				
Unidades Phi (ϕ)	ϕ_{16}	-2,069	-2,247	-0,927	-1,525	ϕ_{16}	-2,069	-2,247	-0,927	-1,525	
	ϕ_{50}	-0,581	-0,727	-0,089	-0,331	ϕ_{50}	-0,581	-0,727	-0,089	-0,331	
	ϕ_{84}	0,804	0,623	1,708	1,410	ϕ_{84}	0,804	0,623	1,708	1,410	
	Diam. Medio ($M_{d\phi}$)	-0,581	-0,727	-0,089	-0,331	Diam. Medio ($M_{d\phi}$)	-0,581	-0,727	-0,089	-0,331	
	Diam. Prom (M_{ϕ})	-0,615	-0,784	0,231	-0,149	Diam. Prom (M_{ϕ})	-0,615	-0,784	0,231	-0,149	
	Desviación (σ_{ϕ})	1,437	1,435	1,318	1,468	Desviación (σ_{ϕ})	1,437	1,435	1,318	1,468	
	Sesgo (α_{ϕ})	-0,024	-0,039	0,243	0,124	Sesgo (α_{ϕ})	-0,024	-0,039	0,243	0,124	
		Día 5					Día 6				
Unidades Phi (ϕ)	ϕ_{16}	-2,069	-2,247	-0,927	-1,525	ϕ_{16}	-2,069	-2,247	-0,927	-1,525	
	ϕ_{50}	-0,581	-0,727	-0,089	-0,331	ϕ_{50}	-0,581	-0,727	-0,089	-0,331	
	ϕ_{84}	0,804	0,623	1,708	1,410	ϕ_{84}	0,804	0,623	1,708	1,410	
	Diam. Medio ($M_{d\phi}$)	-0,581	-0,727	-0,089	-0,331	Diam. Medio ($M_{d\phi}$)	-0,581	-0,727	-0,089	-0,331	
	Diam. Prom (M_{ϕ})	-0,615	-0,784	0,231	-0,149	Diam. Prom (M_{ϕ})	-0,615	-0,784	0,231	-0,149	
	Desviación (σ_{ϕ})	1,437	1,435	1,318	1,468	Desviación (σ_{ϕ})	1,437	1,435	1,318	1,468	
	Sesgo (α_{ϕ})	-0,024	-0,039	0,243	0,124	Sesgo (α_{ϕ})	-0,024	-0,039	0,243	0,124	

El día 2 de recolección, 6 de septiembre, se obtuvieron los siguientes datos, mostrados en la Tabla 9. Para el punto F todas las muestras se clasificaron como arena media moderadamente

bien gradada. El D_{50} aumentó desde M1 a M3, pero M4 no se aleja de la tendencia. El valor de sesgo indicó asimetría hacia los finos en M1 y M2, mientras que en M3 y M4 indicó simetría. En el punto E las muestras M1 y M3 se clasificaron como arena media, mientras que M2 y M4 como arena fina. No se encontró tendencia o patrón en la variación del D_{50} por cada muestra. Además, M1 y M2 se encontraron moderadamente bien gradadas, mientras que M3 y M4 solo moderadamente gradadas. En todas las muestras el valor de sesgo indica asimetría hacia los finos excepto en M2, en cuyo caso la asimetría es hacia los gruesos. En el punto D no se tomaron muestras. Para el punto C M1 y M2 se clasificaron como arena fina, mientras que M3 y M4 como arena media. El D_{50} aumento desde M1 hasta M4. Además, todas las muestras se encontraron moderadamente bien gradadas. El sesgo por su parte indico asimetría hacia los gruesos en M1 y M2, y asimetría hacia los finos en M3 y M4. En el punto B las muestras se clasificaron como arena media. El D_{50} no varió mucho entre muestras. Se nota un aumento de M1 a M3, pero M4 no se aleja de la tendencia. Además, todas las muestras se encontraron moderadamente gradadas excepto M3, encontrada moderadamente bien gradada. Este día no se tomaron muestras en el punto A.

Tabla 9. Parámetro Phi del perfil E.

		Perfil E									
		Día 1					Día 2				
		M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4		
Unidades Phi (ϕ)	$\phi 16$	-1,052	-2,248	-0,111	1,282	$\phi 16$	-0,984	-0,398	-1,080	1,254	
	$\phi 50$	-0,314	-1,874	1,694	1,920	$\phi 50$	0,239	1,619	-0,371	1,822	
	$\phi 84$	1,086	-0,527	2,559	2,925	$\phi 84$	2,186	2,657	0,826	2,768	
	Diam. Medio ($M_{d\phi}$)	-0,314	-1,874	1,694	1,920	Diam. Medio ($M_{d\phi}$)	0,239	1,619	-0,371	1,822	
	Diam. Prom (M_{ϕ})	-0,093	-1,550	1,381	2,042	Diam. Prom (M_{ϕ})	0,480	1,293	-0,208	1,948	
	Desviación (σ_{ϕ})	1,069	0,861	1,335	0,822	Desviación (σ_{ϕ})	1,585	1,528	0,953	0,757	
	Sesgo (α_{ϕ})	0,206	0,377	-0,235	0,149	Sesgo (α_{ϕ})	0,152	-0,214	0,171	0,166	
		Día 3					Día 4				
		M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4		
		$\phi 16$	-2,248	-2,248			$\phi 16$	-2,248	-2,248	-2,248	0,213
Unidades Phi (ϕ)	$\phi 50$	-1,184	-2,060			$\phi 50$	-1,937	-1,634	-1,394	1,659	
	$\phi 84$	-1,037	-0,344			$\phi 84$	-0,903	-0,334	0,238	2,390	
	Diam. Medio ($M_{d\phi}$)	-1,184	-2,060	0,000	0,000	Diam. Medio ($M_{d\phi}$)	-1,937	-1,634	-1,394	1,659	
	Diam. Prom (M_{ϕ})	-1,490	-1,551	0,000	0,000	Diam. Prom (M_{ϕ})	-1,696	-1,405	-1,135	1,421	
	Desviación (σ_{ϕ})	0,606	0,952	0,000	0,000	Desviación (σ_{ϕ})	0,673	0,957	1,243	1,089	
	Sesgo (α_{ϕ})	-0,505	0,535	#i DIV/0!	#i DIV/0!	Sesgo (α_{ϕ})	0,358	0,239	0,209	-0,219	
			Día 5					Día 6			
M1			M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4		
$\phi 16$			-2,248	-2,248			$\phi 16$	-2,248	-2,248	-1,525	-2,248
Unidades Phi (ϕ)	$\phi 50$	-1,888	-0,801			$\phi 50$	-2,248	-2,055	0,081	-0,889	
	$\phi 84$	-0,702	0,416			$\phi 84$	-0,457	-0,020	2,021	0,419	
	Diam. Medio ($M_{d\phi}$)	-1,888	-0,801	0,000	0,000	Diam. Medio ($M_{d\phi}$)	-2,248	-2,055	0,081	-0,889	
	Diam. Prom (M_{ϕ})	-1,613	-0,878	0,000	0,000	Diam. Prom (M_{ϕ})	-1,651	-1,441	0,192	-0,906	
	Desviación (σ_{ϕ})	0,773	1,332	0,000	0,000	Desviación (σ_{ϕ})	0,896	1,114	1,773	1,334	
	Sesgo (α_{ϕ})	0,356	-0,058	#i DIV/0!	#i DIV/0!	Sesgo (α_{ϕ})	0,667	0,551	0,063	-0,013	

La tercera recolección de muestras fue el 22 de noviembre, los datos obtenidos se muestran en la Tabla 10. Las muestras obtenidas en este día para el punto F arrojaron resultados similares. Granulométricamente, se clasificaron como arena media, moderadamente bien gradada. A pesar de esto, no se pudo hallar una tendencia en los valores de D_{50} o en los del coeficiente de asimetría. M1 y M2 mostraron simetría, M3 y M4 asimetría hacia los finos. En el punto E M1 y M2 se clasificaron como arena gruesa moderadamente gradada y sin asimetría. El D_{50} fue mayor en M2. M3 y M4 no se tomaron. Para el punto D no se halló ningún patrón entre los resultados de las muestras, aunque para el D_{50} hubo una disminución de M1 a M3. M1 se clasifica como arena media, moderadamente bien gradada, con asimetría hacia los finos. M2 como arena fina, moderadamente bien gradada, con asimetría hacia los gruesos. M3 es arena fina, moderadamente bien gradada, con asimetría hacia los finos. M4 se clasificó como arena gruesa, pobremente gradada, casi simétrica. En el punto C M1 y M3 se clasificaron como arena media, M3 y M4 como arena gruesa. Sin embargo, hubo un aumento del D_{50} de M1 a M4. M1 se

encontró bien gradada, M2 y M3 moderadamente bien gradadas, y M4 extremadamente mal gradada. El valor de sesgo también vario crecientemente desde M1 a M4. En M1 indicó asimetría hacia los gruesos, en M2 asimetría hacia los finos, y en M3 y M4 mucha asimetría hacia los finos. En el punto B no se encontró patrón o tendencia ya sea según el tamaño de grano, la desviación o el sesgo. Muestra por muestra se clasificaron así: M1 arena media, pobremente gradada, muy asimétrica hacia los finos; M2 arena gruesa, pobremente gradada, muy asimétrica hacia los gruesos; M3 arena media, moderadamente bien gradada, casi simétrica; M4 arena fina, moderadamente bien gradada, asimétrico hacia los gruesos. Para el punto A tampoco se halló ningún patrón entre los resultados de las muestras, aunque para el D_{50} hubo una disminución de M2 a M4. Muestra por muestra se clasificaron así: M1 arena media, moderadamente bien gradada, asimétrica hacia los gruesos; M2 arena gruesa, moderadamente bien gradada, muy asimétrica hacia los finos; M3 arena media, bien gradada, casi simétrica; M4 arena media, moderadamente bien gradada, asimétrico hacia los gruesos.

Tabla 10. Parámetro Phi del perfil D.

		Perfil D									
		Día 1				Día 2					
		M1	M2	M3	M4		M1	M2	M3	M4	
Unidades Phi (φ)	φ_{16}	-2,248	-2,248	-0,085	1,327	φ_{16}					
	φ_{50}	-1,785	-0,574	1,631	1,832	φ_{50}					
	φ_{84}	0,577	1,369	2,365	2,618	φ_{84}					
	Diam. Medio ($M_{d\varphi}$)	-1,785	-0,574	1,631	1,832	Diam. Medio ($M_{d\varphi}$)	0,000	0,000	0,000	0,000	
	Diam. Prom (M_{φ})	-1,152	-0,484	1,304	1,926	Diam. Prom (M_{φ})	0,000	0,000	0,000	0,000	
	Desviación (σ_{φ})	1,413	1,809	1,225	0,646	Desviación (σ_{φ})	0,000	0,000	0,000	0,000	
	Sesgo (α_{φ})	0,448	0,050	-0,267	0,145	Sesgo (α_{φ})	#! DIV/0!	#! DIV/0!	#! DIV/0!	#! DIV/0!	
		Día 3				Día 4					
		M1	M2	M3	M4		M1	M2	M3	M4	
Unidades Phi (φ)	φ_{16}	-0,882	-0,549	1,338	-2,248	φ_{16}	-0,867	-1,735	-0,623	-0,782	
	φ_{50}	0,091	1,613	1,869	-1,642	φ_{50}	1,541	0,023	1,634	0,627	
	φ_{84}	2,405	2,601	2,717	-1,031	φ_{84}	4,423	2,946	4,320	2,227	
	Diam. Medio ($M_{d\varphi}$)	0,091	1,613	1,869	-1,642	Diam. Medio ($M_{d\varphi}$)	1,541	0,023	1,634	0,627	
	Diam. Prom (M_{φ})	0,538	1,222	1,975	-1,640	Diam. Prom (M_{φ})	1,699	0,411	1,777	0,691	
	Desviación (σ_{φ})	1,644	1,575	0,690	0,609	Desviación (σ_{φ})	2,645	2,341	2,472	1,505	
	Sesgo (α_{φ})	0,272	-0,248	0,153	0,003	Sesgo (α_{φ})	0,060	0,166	0,058	0,042	
		Día 5				Día 6					
		M1	M2	M3	M4		M1	M2	M3	M4	
Unidades Phi (φ)	φ_{16}	-2,248	-0,909	-0,378	-0,853	φ_{16}	-1,004	-0,920	-0,875	-0,784	
	φ_{50}	-2,248	0,368	2,083	1,423	φ_{50}	1,339	0,208	0,027	0,190	
	φ_{84}	-1,764	2,736	4,796	2,535	φ_{84}	2,929	2,168	1,810	1,922	
	Diam. Medio ($M_{d\varphi}$)	-2,248	0,368	2,083	1,423	Diam. Medio ($M_{d\varphi}$)	1,339	0,208	0,027	0,190	
	Diam. Prom (M_{φ})	-2,087	0,732	2,167	1,035	Diam. Prom (M_{φ})	1,088	0,485	0,321	0,443	
	Desviación (σ_{φ})	0,242	1,823	2,587	1,694	Desviación (σ_{φ})	1,967	1,544	1,343	1,353	
	Sesgo (α_{φ})	0,667	0,200	0,032	-0,229	Sesgo (α_{φ})	-0,128	0,180	0,219	0,187	

La cuarta recolección de muestras fue el 29 de noviembre, los datos obtenidos se muestran en la Tabla 11. En el punto F las muestras fueron clasificadas como arena media, todas ellas encontradas moderadamente bien gradadas. A pesar de esto no se encontró un patrón en la variación del D_{50} . El valor de sesgo mostró simetría en M1 y M2, mientras que en M3 y M4 indicó asimetría hacia los finos. En el punto E tres muestras se clasificaron como arena gruesa y M4 como arena fina. La variación del D_{50} de M1 a M3 fue creciente. Además, M1 se encontró pobremente gradada, M2 moderadamente gradada, y M3 y M4 moderadamente bien gradadas. El valor de sesgo indicó asimetría hacia los finos excepto en M4, en la cual la asimetría es hacia los gruesos. En el punto D M1 y M3 se clasificaron como arena fina, mientras que M2 y M4 como arena media. Las muestras se encontraron bien gradadas excepto M4 la cual estaba moderadamente bien gradada. El sesgo indicó asimetría hacia los finos en M2, en el resto indicó simetría. En el punto C las muestras se clasificaron como arena gruesa. El D_{50} decreció a partir de M2 hasta M4. M1 y M3 se encontraron pobremente gradadas, y M2 muy mal gradada, pero M4 estaba moderadamente bien gradada. El valor de sesgo fue el mismo para M1 y M2 indicando mucha asimetría hacia los finos, en M3 indicó asimetría hacia los gruesos y en M4 mostró simetría. En el punto B las muestras se clasificaron como arena media, aunque no se encontró patrón o tendencia en la variación de D_{50} . El valor de desviación aumento de M1 a M4, clasificando las primeras muestras como moderadamente bien gradadas y la última como bien gradada. El valor de sesgo pasó de indicar asimetría hacia los finos en M1, a través de simetría en M2 y M3, hasta asimetría hacia los gruesos en M4. En el punto A las muestras se clasificaron como arena media, aunque no se encontró patrón o tendencia en la variación de D_{50} . Además, las muestras se encontraron moderadamente bien gradadas, excepto M4 que estaba bien gradada. El valor de sesgo indicó simetría en M1 y M2, en M3 hubo asimetría hacia los finos y en M4 la hubo hacia los gruesos.

Tabla 11. Parámetro Phi C.

	Perfil C									
	Día 1					Día 2				
	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4		
Unidades Phi (ϕ)	$\phi 16$	1,369	-1,474	-2,248	-0,048	$\phi 16$	-0,085	-0,563	-1,044	-2,248
	$\phi 50$	1,815	-0,498	-1,547	1,811	$\phi 50$	1,626	1,325	-0,149	-1,351
	$\phi 84$	2,463	0,713	-0,291	2,831	$\phi 84$	2,405	2,240	1,658	0,600
	Diam. Medio ($M_{d\phi}$)	1,815	-0,498	-1,547	1,811	Diam. Medio ($M_{d\phi}$)	1,626	1,325	-0,149	-1,351
	Diam. Prom (M_{ϕ})	1,882	-0,420	-1,362	1,531	Diam. Prom (M_{ϕ})	1,315	1,001	0,155	-1,000
	Desviación (σ_{ϕ})	0,547	1,094	0,979	1,440	Desviación (σ_{ϕ})	1,245	1,402	1,351	1,424
	Sesgo (α_{ϕ})	0,123	0,072	0,189	-0,194	Sesgo (α_{ϕ})	-0,250	-0,231	0,225	0,247
	Día 3					Día 4				
	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4		
Unidades Phi (ϕ)	$\phi 16$	-1,859	-2,248	-2,248	-2,248	$\phi 16$	-2,248	-2,248	-2,248	-2,007
	$\phi 50$	0,737	-1,238	-1,742	-2,248	$\phi 50$	-2,248	-2,248	-1,210	-1,111
	$\phi 84$	2,179	0,266	1,110	-2,164	$\phi 84$	-1,051	-1,446	-0,903	0,018
	Diam. Medio ($M_{d\phi}$)	0,737	-1,238	-1,742	-2,248	Diam. Medio ($M_{d\phi}$)	-2,248	-2,248	-1,210	-1,111
	Diam. Prom (M_{ϕ})	0,352	-1,073	-0,960	-2,220	Diam. Prom (M_{ϕ})	-1,849	-1,981	-1,454	-1,033
	Desviación (σ_{ϕ})	2,019	1,257	1,679	0,042	Desviación (σ_{ϕ})	0,599	0,401	0,673	1,013
	Sesgo (α_{ϕ})	-0,191	0,131	0,466	0,667	Sesgo (α_{ϕ})	0,667	0,667	-0,362	0,077
	Día 5					Día 6				
	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4		
Unidades Phi (ϕ)	$\phi 16$	-2,248	-2,248	-2,248	-2,248	$\phi 16$	-2,248	-2,248	-2,248	-1,542
	$\phi 50$	-2,248	-2,248	-2,248	-2,248	$\phi 50$	-2,248	-2,248	-2,248	1,671
	$\phi 84$	-1,285	-1,250	-2,113	-0,761	$\phi 84$	-0,840	-1,609	-2,231	2,577
	Diam. Medio ($M_{d\phi}$)	-2,248	-2,248	-2,248	-2,248	Diam. Medio ($M_{d\phi}$)	-2,248	-2,248	-2,248	1,671
	Diam. Prom (M_{ϕ})	-1,927	-1,915	-2,203	-1,752	Diam. Prom (M_{ϕ})	-1,779	-2,035	-2,242	0,902
	Desviación (σ_{ϕ})	0,482	0,499	0,068	0,744	Desviación (σ_{ϕ})	0,704	0,320	0,009	2,060
	Sesgo (α_{ϕ})	0,667	0,667	0,667	0,667	Sesgo (α_{ϕ})	0,667	0,667	0,667	-0,373

La quinta recolección de muestras fue el 6 de diciembre del 2015, los datos obtenidos se muestran en la Tabla 12. Para el punto F se encontró que según el tamaño todas las muestras correspondieron a arena media moderadamente bien gradada, el D_{50} no mostro un patrón reconocible y el valor de sesgo indico algo asimétrico hacia los finos. En el punto E M1, M2 Y M3 correspondieron a arena gruesa mientras que M4 arena fina, M1,M2 y M3 moderadamente gradada mientras que M4 moderadamente bien gradada. Para el D_{50} M1 y M2 mostraron -1.88 y -0.80 respectivamente y apara M3 y M4 no se tomaron muestras debido las condiciones adversas presentadas en ese momento. Los valores de sesgo fueron -0.505 y 0.535 respectivamente indicándonos M1, M2 y M3 asimétrico hacia los finos y M4 asimétrico hacia los gruesos. En el punto D. Para este perfil la clasificación según el tamaño seria arena gruesa. Solo la muestra M4 nos arrojó arena fina. Las muestras están moderadamente bien gradadas a excepción de la M1 que nos arrojó extremadamente mal gradada. Para el D_{50} fue en aumento de las muestra M1a la M3 mientras que en M4 presentó una disminución hasta llegar a 1.42. las muestras M2,M3 y M4

según los valores de sesgo nos indican tendencia hacia casi simétrico , mientras que M1 muy asimétrico hacia los finos. En el punto C, en la clasificación del tamaño del grano predominó la arena gruesa y todas las muestras están muy pobremente gradadas, el valor del D_{50} se mantuvo constante en -2.24 y el sesgo nos arrojó muy asimétrico hacia los finos para todas las muestras. En el punto B la clasificación del tamaño del sedimento nos arrojó arena media para todas las muestras. Y todas están moderadamente bien gradadas. El D_{50} no mostro ninguna tendencia específica presentando una variación entre sus valores 0.95,-0.83,-0.85, 1.43. Para M1, M2, M3, M4 respectivamente. El sesgo no mostro ninguna tendencia específica, las muestras M1 y M4 se inclinaron hacia asimétrico hacia los gruesos y M2 y M3 casi asimétrico. En el punto A, en este perfil, la clasificación del tamaño del sedimento M1 y M4 nos indicaron arena gruesa mientras que las muestras M2 y M3 arena media. M3 y M4 están moderadamente bien gradadas, M1 extremadamente mal gradada y M2 bien gradada. El D_{50} vario entre las muestras M1 y M3 con rangos de -2.24 y 1.5 respectivamente y decreció hasta M4 hasta llegar a -1.5. El sesgo disminuyo de 0.66 M, M2 0.50 y M3 0.34 y paso a 0.30 para M4 indicándonos así muy asimétrico hacia lo fino para M1, M2 y M4 y muy asimétrico hacia lo gruesos para M3.

Tabla 12. Parámetro Phi del perfil B.

		Perfil B								
		Día 1				Día 2				
		M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	
Unidades Phi (ϕ)	$\phi 16$	-0,785	-2,053	-1,212	-0,978	$\phi 16$	-0,947	-1,070	-2,248	-1,288
	$\phi 50$	-0,092	-0,797	-0,498	0,564	$\phi 50$	-0,376	-0,462	-0,622	-0,502
	$\phi 84$	1,283	0,277	0,713	2,043	$\phi 84$	0,585	0,470	1,451	0,495
	Diam. Medio ($M_{d\phi}$)	-0,092	-0,797	-0,498	0,564	Diam. Medio ($M_{d\phi}$)	-0,376	-0,462	-0,622	-0,502
	Diam. Prom (M_{ϕ})	0,135	-0,858	-0,332	0,543	Diam. Prom (M_{ϕ})	-0,246	-0,354	-0,473	-0,432
	Desviación (σ_{ϕ})	1,034	1,165	0,963	1,511	Desviación (σ_{ϕ})	0,766	0,770	1,850	0,892
	Sesgo (α_{ϕ})	0,220	-0,052	0,172	-0,014	Sesgo (α_{ϕ})	0,170	0,140	0,081	0,079
		Día 3				Día 4				
		M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	
Unidades Phi (ϕ)	$\phi 16$	0,414	-2,248	-1,685	0,019	$\phi 16$	-0,841	-2,111	-2,248	-2,248
	$\phi 50$	0,065	-1,189	-0,488	1,486	$\phi 50$	-0,130	-0,704	-0,565	1,252
	$\phi 84$	1,638	-1,053	0,754	2,268	$\phi 84$	1,324	0,717	0,967	2,138
	Diam. Medio ($M_{d\phi}$)	0,065	-1,189	-0,488	1,486	Diam. Medio ($M_{d\phi}$)	-0,130	-0,704	-0,565	1,252
	Diam. Prom (M_{ϕ})	0,706	-1,497	-0,473	1,258	Diam. Prom (M_{ϕ})	0,117	-0,699	-0,615	0,381
	Desviación (σ_{ϕ})	0,612	0,598	1,220	1,125	Desviación (σ_{ϕ})	1,084	1,414	1,608	2,193
	Sesgo (α_{ϕ})	1,047	-0,515	0,012	-0,203	Sesgo (α_{ϕ})	0,228	0,003	-0,031	-0,397
		Día 5				Día 6				
		M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	
Unidades Phi (ϕ)	$\phi 16$	-0,682	-2,248	-2,224	-0,578	$\phi 16$	-0,841	-2,248	-0,988	0,083
	$\phi 50$	0,958	-0,836	-0,854	1,433	$\phi 50$	-0,205	-0,404	-0,270	1,646
	$\phi 84$	2,089	0,368	0,279	2,354	$\phi 84$	0,961	1,106	1,225	2,345
	Diam. Medio ($M_{d\phi}$)	0,958	-0,836	-0,854	1,433	Diam. Medio ($M_{d\phi}$)	-0,205	-0,404	-0,270	1,646
	Diam. Prom (M_{ϕ})	0,788	-0,905	-0,933	1,070	Diam. Prom (M_{ϕ})	-0,028	-0,515	-0,011	1,358
	Desviación (σ_{ϕ})	1,386	1,308	1,252	1,466	Desviación (σ_{ϕ})	0,901	1,677	1,107	1,131
	Sesgo (α_{ϕ})	-0,122	-0,053	-0,063	-0,248	Sesgo (α_{ϕ})	0,196	-0,066	0,234	-0,255

La sexta muestra fue tomada el 17 de diciembre del 2015, los datos obtenidos se muestran en la Tabla 13. Para el punto F según nuestro análisis el tamaño de sedimento para todas las muestras fue arena media y todas están moderadamente bien gradadas. El D_{50} no mostro ninguna tendencia en específico presentando valores de -0.58,-0.78, 0.23 y -0.14 para M1, M2, M3 y M4 respectivamente. El valor de sesgo nos indicó algo asimétrico hacia los finos. En el punto E según el tamaño del grano las muestras se clasificaron en arena gruesa para todas las muestras y todas están moderadamente bien gradadas. Con respecto al D_{50} nos muestra un aumento de -2.24 para M1, -2.05 M2, 0.08 para M3 y disminuye M4 hasta llegar a -0.88. El valor de sesgo nos presenta una disminución de 0.35 M1, 0.23 M2, 0.20 M3 y -0.21 M indicándonos así asimetría hacia los finos. El perfil D nos arrojó arena media para todas las muestras. Así mismo todas están moderadamente bien gradadas. El D_{50} presenta una disminución entre 1.33 para M1 y 0.027 para

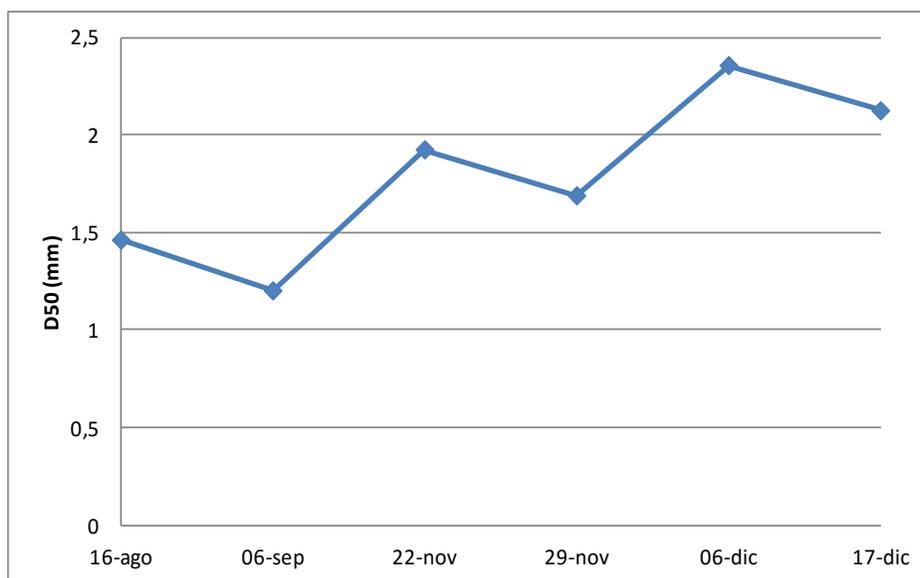
M3 y aumenta hasta llegar a 0.19 indicándonos así que no tenemos un patrón definido. El sesgo nos mostró que todas las muestras tienen asimetría hacia los finos. En el punto C las muestras M1, M2 y M3 fueron clasificadas como arena gruesa a excepción de M4 que es arena media. Las muestras M1, M2 Y M3 corresponde a extremadamente mal gradadas a excepción de M4 que si está bien gradada. El D_{50} se mantuvo un patrón constante en M1, M2 y M3 con un valor de -2.24 y termino con un valor de 1.67 para la muestra M4. Los valores del sesgo nos indican que M1, M2 Y M3 presentan asimetría hacia los finos y M4 casi simétrico. En el punto B, según el tamaño del grano las muestras M1, M2 y M3 se clasifican como arenas de grano medio mientras que M4 corresponde a arena fina. La muestra M1 esta moderadamente grada, mientras que M2, M3 y M4 están moderadamente bien gradadas. El D_{50} no muestra un patrón evidente. Los valores del sesgo para M1 presentan asimetría hacia lo fino, M2 casi simétrico, M3 asimétrico hacia lo fino y M4 asimétrico hacia lo grueso. En el punto A la clasificación para las muestras en este perfil corresponde a arena media. Todas las muestras esta moderadamente bien gradadas. El D_{50} no muestra un patrón evidente. Según Los valores de sesgo todas las muestras presentan asimetría hacia lo fino.

Tabla 13. Parámetro Phi del perfil A.

	Perfil A									
	Día 1					Día 2				
		M1	M2	M3	M4		M1	M2	M3	M4
Unidades Phi (ϕ)	$\phi 16$	-0,836	-2,248	-2,248	-0,772	$\phi 16$				
	$\phi 50$	-0,122	-2,248	-0,935	1,368	$\phi 50$				
	$\phi 84$	1,330	-0,812	1,461	2,220	$\phi 84$				
	Diam. Medio ($M_{d\phi}$)	-0,122	-2,248	-0,935	1,368	Diam. Medio ($M_{d\phi}$)	0,000	0,000	0,000	0,000
	Diam. Prom (M_{ϕ})	0,124	-1,769	-0,574	0,939	Diam. Prom (M_{ϕ})	0,000	0,000	0,000	0,000
	Desviación (σ_{ϕ})	1,083	0,718	1,855	1,496	Desviación (σ_{ϕ})	0,000	0,000	0,000	0,000
	Sesgo (α_{ϕ})	0,227	0,667	0,195	-0,287	Sesgo (α_{ϕ})	#iDIV/0!	#iDIV/0!	#iDIV/0!	#iDIV/0!
	Día 3					Día 4				
		M1	M2	M3	M4		M1	M2	M3	M4
Unidades Phi (ϕ)	$\phi 16$	-2,248	-2,248	-2,248	-0,291	$\phi 16$	-1,913	-2,248	-0,894	-2,248
	$\phi 50$	-0,135	-2,248	0,061	1,611	$\phi 50$	-0,515	-0,728	0,187	1,603
	$\phi 84$	1,140	-0,227	2,097	2,368	$\phi 84$	0,540	0,623	1,891	2,359
	Diam. Medio ($M_{d\phi}$)	-0,135	-2,248	0,061	1,611	Diam. Medio ($M_{d\phi}$)	-0,515	-0,728	0,187	1,603
	Diam. Prom (M_{ϕ})	-0,414	-1,574	-0,030	1,229	Diam. Prom (M_{ϕ})	-0,629	-0,784	0,395	0,571
	Desviación (σ_{ϕ})	1,694	1,011	2,173	1,330	Desviación (σ_{ϕ})	1,227	1,436	1,393	2,304
	Sesgo (α_{ϕ})	-0,165	0,667	-0,042	-0,287	Sesgo (α_{ϕ})	-0,093	-0,039	0,149	-0,448
	Día 5					Día 6				
		M1	M2	M3	M4		M1	M2	M3	M4
Unidades Phi (ϕ)	$\phi 16$	-2,248	-2,248	-0,774	-2,248	$\phi 16$	-0,766	-2,248	-2,248	-0,555
	$\phi 50$	-2,248	-1,748	1,598	-1,538	$\phi 50$	0,006	-1,475	-0,985	1,608
	$\phi 84$	-1,855	1,886	2,345	0,374	$\phi 84$	1,544	1,230	1,295	2,353
	Diam. Medio ($M_{d\phi}$)	-2,248	-1,748	1,598	-1,538	Diam. Medio ($M_{d\phi}$)	0,006	-1,475	-0,985	1,608
	Diam. Prom (M_{ϕ})	-2,117	-0,703	1,056	-1,137	Diam. Prom (M_{ϕ})	0,261	-0,831	-0,646	1,135
	Desviación (σ_{ϕ})	0,197	2,067	1,560	1,311	Desviación (σ_{ϕ})	1,155	1,739	1,772	1,454
	Sesgo (α_{ϕ})	0,667	0,505	-0,347	0,306	Sesgo (α_{ϕ})	0,221	0,370	0,191	-0,325

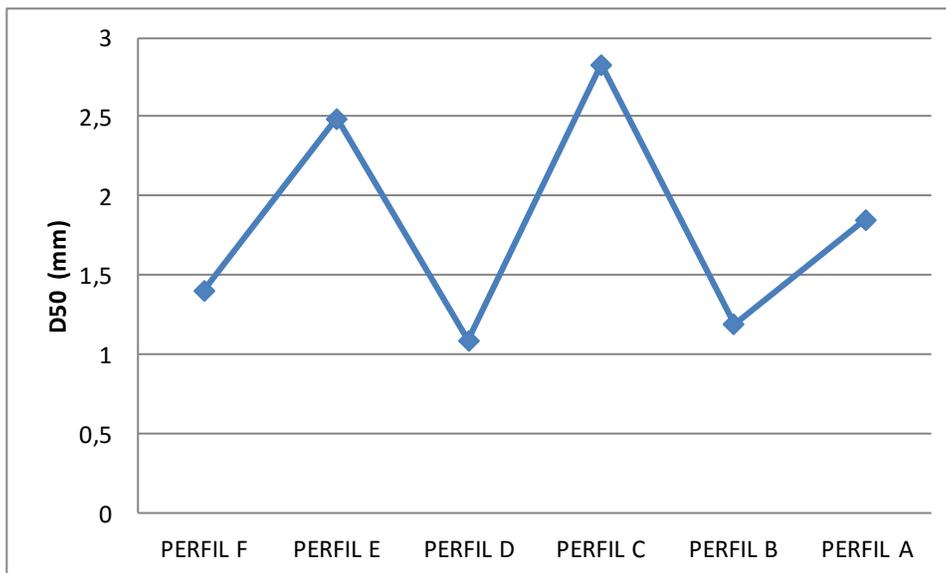
El análisis granulométrico de las muestras obtenidas permitió clasificar la zona de estudio como playa de arena media, con un valor promedio de tamaño de grano de 1,83 mm. El comportamiento de la playa a través del tiempo mostró una tendencia de aumento en el tamaño de grano, variando este desde 1,20 hasta 2,35mm, clasificando la playa durante las mediciones de diciembre como playa de arena gruesa. Esto se hizo tomando el promedio de todas las muestras de un mismo día, como se ve en la Figura 6.

Figura 6. Evolución del tamaño del grano de la playa en el tiempo.



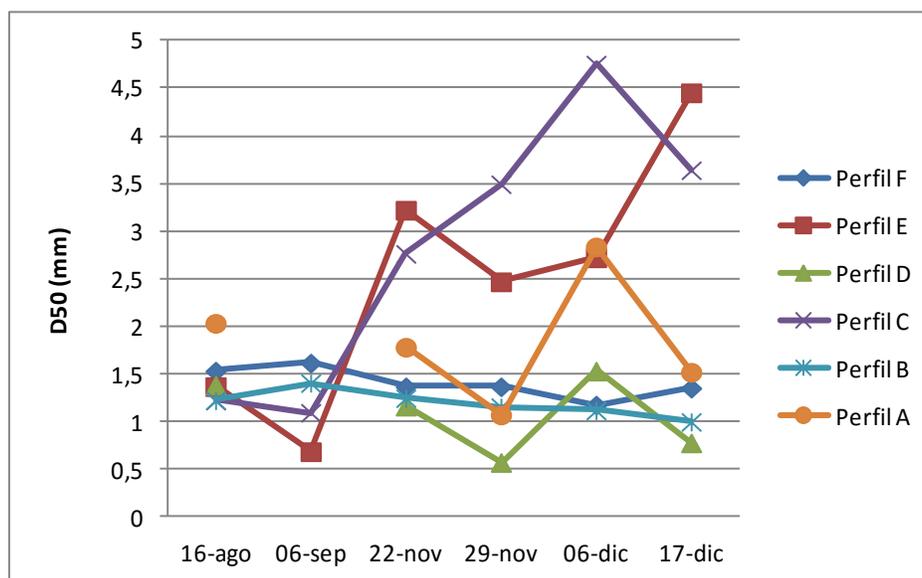
Para hallar el comportamiento a lo largo de la playa se promediaron las todas las muestras por cada perfil. El tamaño de grano de cada perfil varió desde 1,09 hasta 2,83, mostrando que los perfiles C y E se pueden clasificar como playa de arena gruesa mientras que el resto como arena media, como se muestra en la Figura 7. Esto puede ser debido a la acción del oleaje en cada uno de los perfiles.

Figura 7. Tendencia del tamaño de grano a lo largo de la playa.



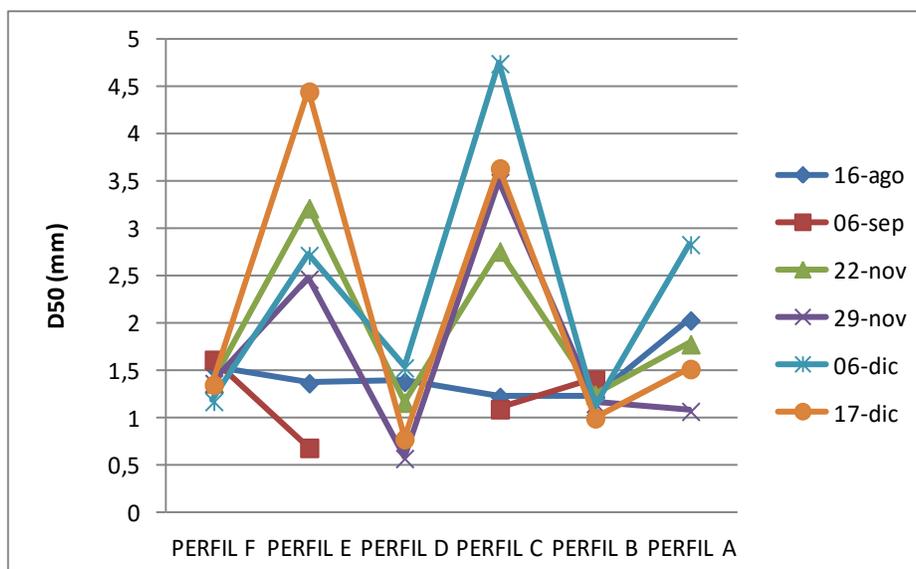
La Figura 8 muestra la variación en el tiempo del tamaño de grano en cada uno de los perfiles levantados, estando todos estos en la misma gráfica para su comparación. De la evolución de los perfiles en el tiempo cabe resaltar que el tamaño de grano: en los perfiles B y F no varió casi, en los perfiles A y D varió de manera muy similar, y en los perfiles C y E tendió a aumentar con el pasar del tiempo, comportamiento acentuado entre septiembre y noviembre.

Figura 8. Variación del tamaño de grano por día de muestreo en cada perfil.



Según se ve en la Figura 9, que muestra los valores encontrados en los distintos días de medición para un mismo perfil, a lo largo de la playa el primer día de medición se encontraron valores similares de tamaño de grano, mientras que durante los meses de noviembre y diciembre estos valores variaron considerablemente entre cada perfil, siguiendo la misma tendencia en los distintos días de medición.

Figura 9. Variación del tamaño de grano en la costa, durante los días de medición.

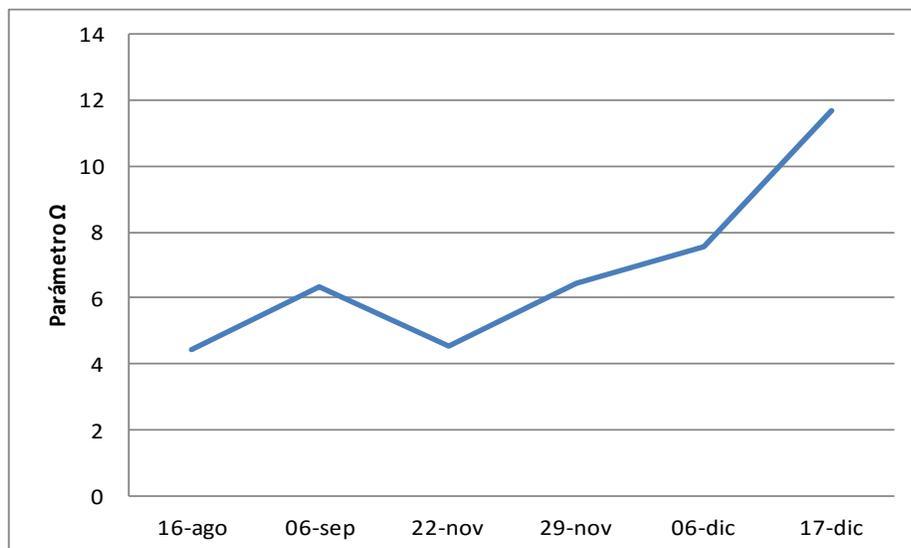


5.2 Caracterización geomorfológica de los perfiles.

El análisis para la clasificación geomorfológica de cada uno de los perfiles se llevó a cabo de dos maneras.

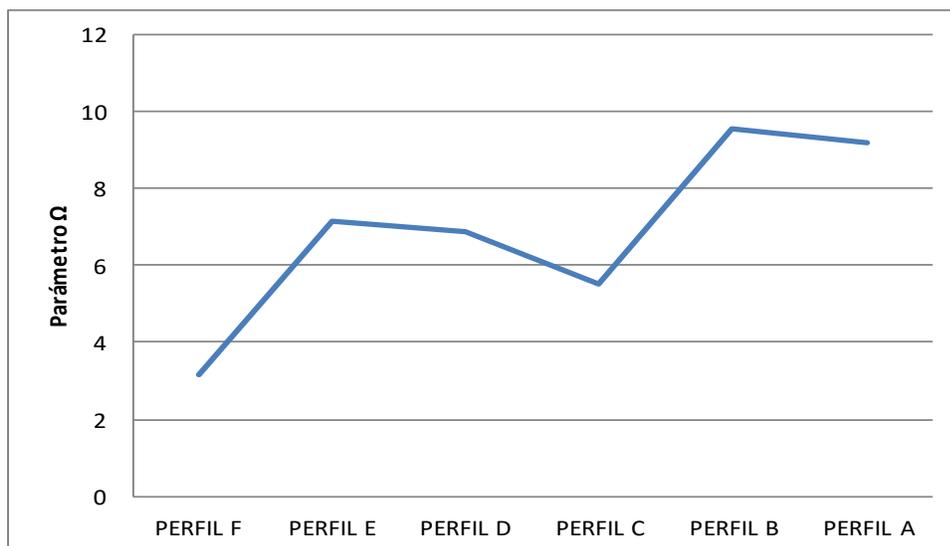
En la primera se utilizó el promedio del tamaño de grano de las muestras sumergidas más alejadas de la línea de costa, según lo indica la teoría. De esta manera se puede decir que la zona de estudio se comporta como una playa disipativa ($\Omega=6,84$). El comportamiento de la playa a través del tiempo varió de ser intermedio ($\Omega=4,43$) a disipativo ($\Omega=11,67$), como lo muestra la Figura 10. Se muestra que hay una tendencia a aumentar interrumpida entre septiembre y noviembre, esto puede ser debido a efectos por la instalación de las estructuras de protección durante este tiempo.

Figura 10. Variación del valor de Ω de la playa en el tiempo. Primer análisis granulométrico.



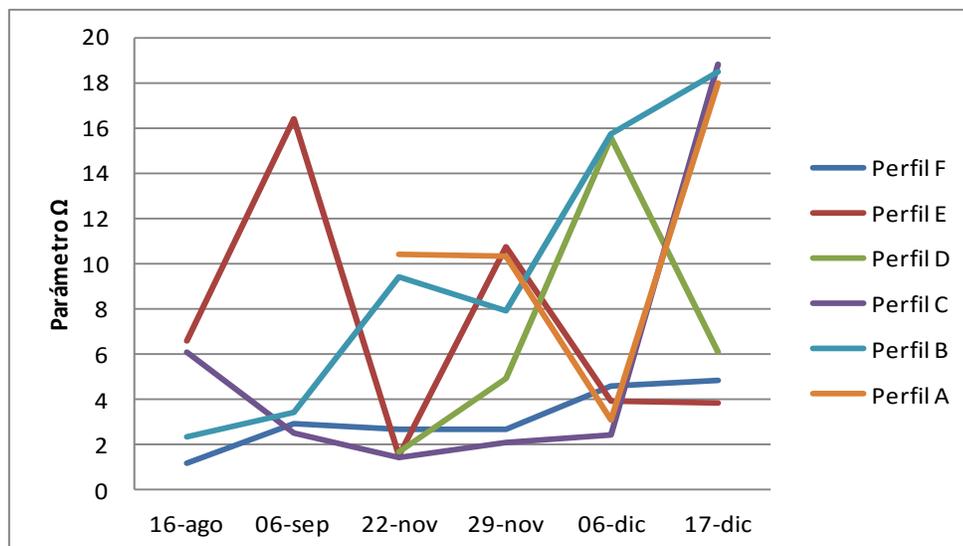
Para hallar el comportamiento a lo largo de la playa se promediaron las todas las muestras por cada perfil. En la Figura 11, el valor de Ω de cada perfil varió desde 3,14 hasta 9,55, clasificando los perfiles F y C como intermedios, y el resto como disipativos.

Figura 11. Comportamiento del valor de Ω a lo largo de la playa. Primer análisis granulométrico.



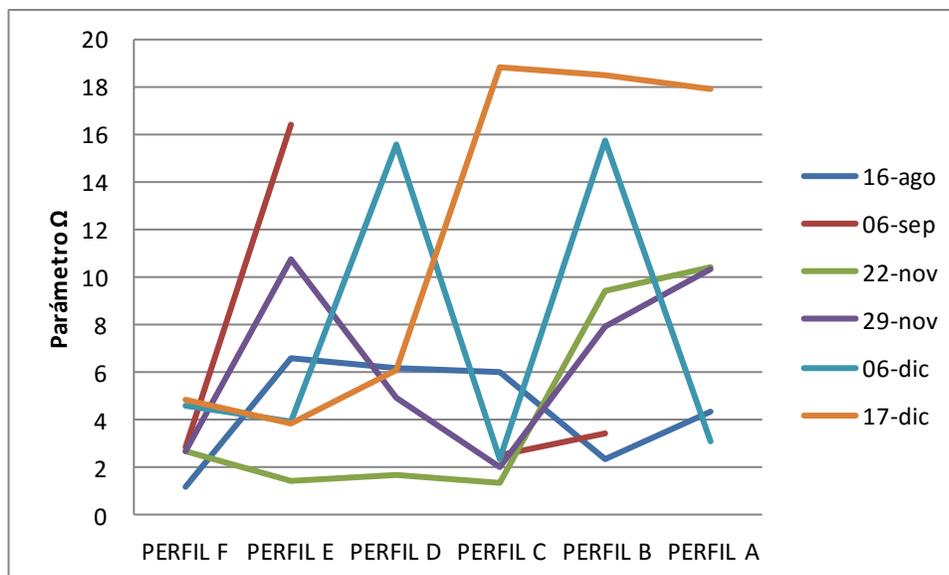
La Figura 12 muestra la variación en el tiempo del valor de Ω en cada uno de los perfiles levantados, estando todos estos en la misma gráfica para su comparación. En la evolución del Perfil F a través del tiempo se notó que en todos los casos este se comportó como playa intermedia, siendo la tendencia del valor de Ω para este perfil de crecimiento. Para el resto de perfiles no se halló tendencia en la variación de Ω a través del tiempo, pero cabe resaltar que todos ellos en algún momento se comportaron como disipativos o como intermedios.

Figura 12. Variación del valor de Ω día de muestreo en cada perfil. Primer análisis granulométrico.



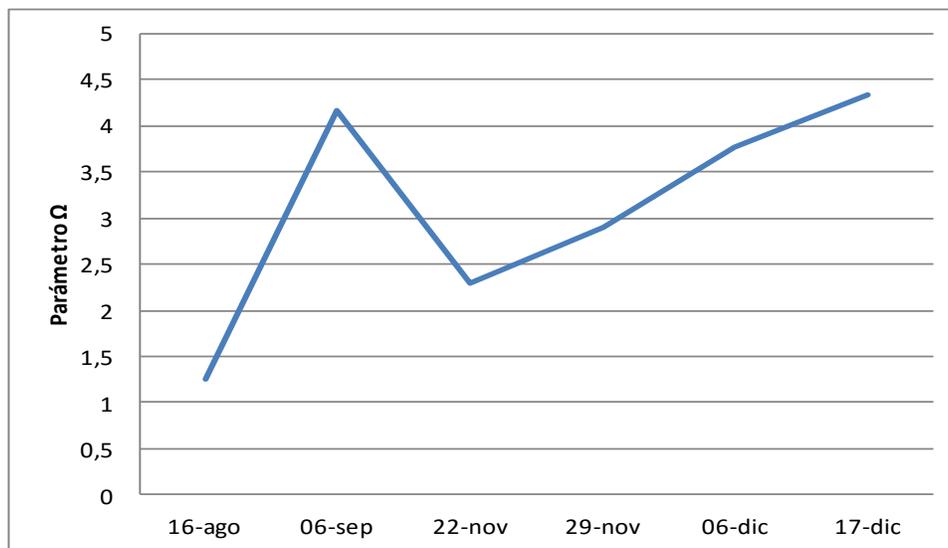
Según se ve en la Figura 13, que muestra los valores encontrados en los distintos días de medición para un mismo perfil, tampoco se encontró patrón de cambio en el valor de Ω a lo largo de la playa en ninguno de los días de medición.

Figura 13. Variación del valor de Ω en la costa, durante los días de medición. Primer análisis granulométrico.



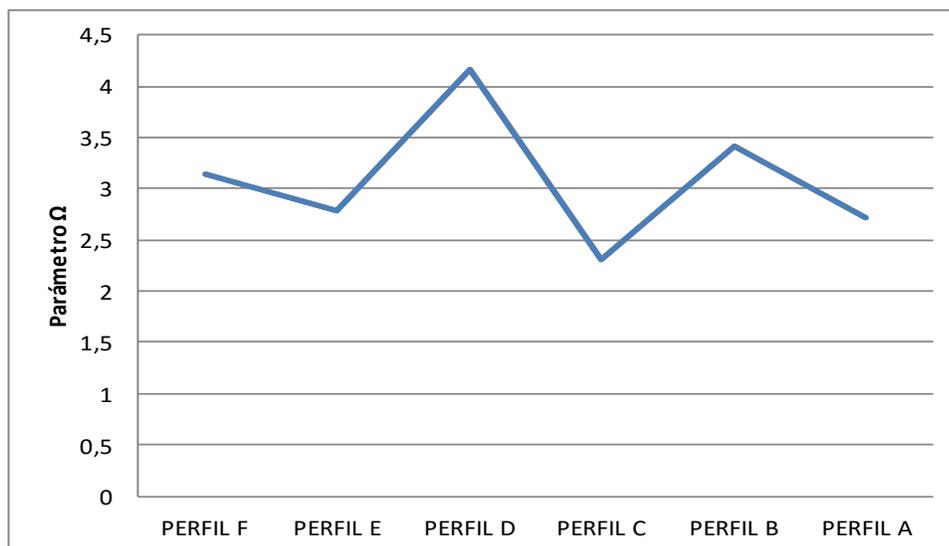
En la segunda se utilizó el promedio del tamaño de grano de todas las muestras para cada perfil, debido a que todas las muestras son muestras sumergidas. De esta manera se puede decir que la zona de estudio se comporta como una playa intermedia ($\Omega=3,06$). El comportamiento de la playa a través del tiempo siempre fue de playa intermedia, sin embargo, el valor de Ω varió desde 1,26 hasta 4,35. Esto se hizo tomando el promedio de todas las muestras de un mismo día, como se ve en la Figura 14. Se muestra que hay una tendencia a aumentar interrumpida entre septiembre y noviembre, esto puede ser debido a efectos por la instalación de las estructuras de protección durante este tiempo. También se ve que la pendiente mayor está entre las mediciones de agosto y septiembre.

Figura 14. Variación del valor de Ω de la playa en el tiempo. Segundo análisis granulométrico.



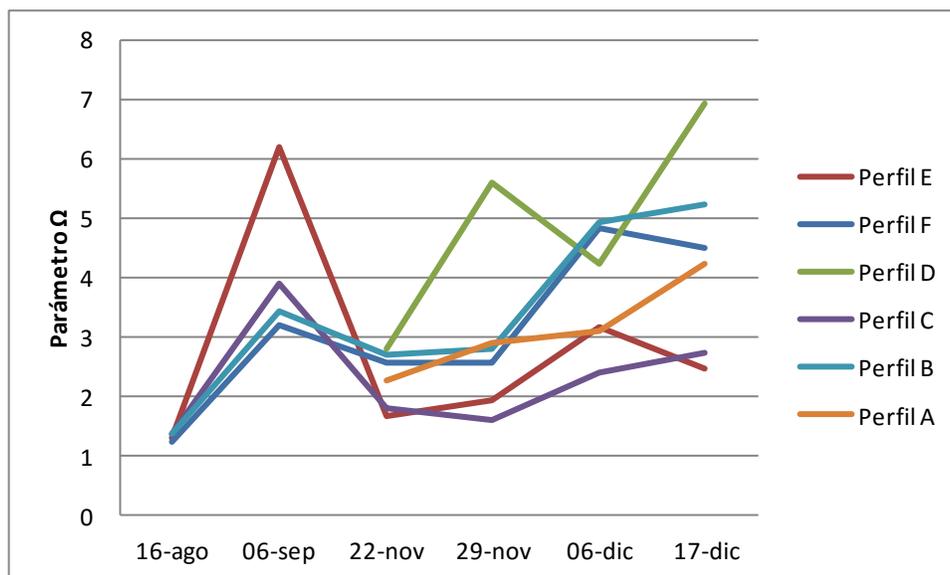
Para hallar el comportamiento a lo largo de la playa se promediaron las todas las muestras por cada perfil. El valor de Ω de cada perfil varió desde 2,3 hasta 4,16, es decir todos los perfiles se comportan como intermedios, como se muestra en la Figura 15.

Figura 15. Comportamiento del valor de Ω a lo largo de la playa. Segundo análisis granulométrico.



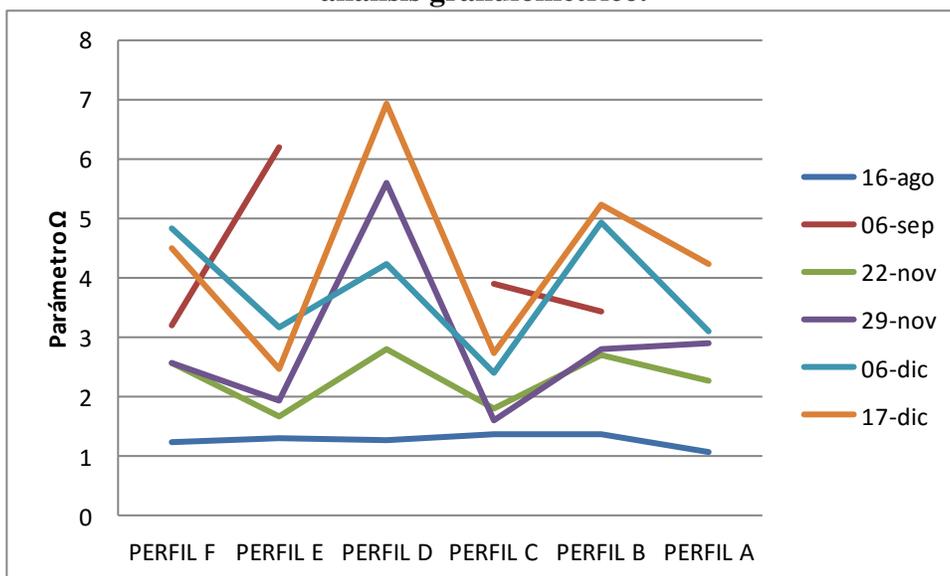
La Figura 16 muestra la variación en el tiempo del valor de Ω en cada uno de los perfiles levantados, estando todos estos en la misma gráfica para su comparación. En la evolución de la mayoría de los perfiles a través del tiempo se notó una tendencia de aumento en el valor de Ω , interrumpida entre septiembre y noviembre. Se puede ver que el perfil E durante el segundo día de medición, y el perfil D durante el sexto día de medición, se comportaron como playas disipativas.

Figura 16. Variación del valor de Ω día de muestreo en cada perfil. Segundo análisis granulométrico.



Se muestra que los valores de Ω a lo largo de la playa varían de manera similar en los meses de noviembre y diciembre, mientras que en agosto no existe casi diferencia entre los valores para cada perfil.

Figura 17. Variación del valor de Ω en la costa, durante los días de medición. Segundo análisis granulométrico.



Comparando estos dos resultados se puede destacar lo siguiente. Los resultados individuales para cada perfil en el primer análisis difirieron mucho de la tendencia general, mientras que para el segundo las tendencias de variación se repitieron en la mayoría de los resultados. Sin embargo, para la playa en general hubo un aumento al pasar el tiempo en el valor de Ω en ambas clasificaciones, indicando esto una tendencia disipativa.

5.3 Análisis de la variación de la línea de costa.

La variación de la línea de costa entre 2005, 2009, 2015 y 2016 se analizó a partir de las fotografías obtenidas en Google Earth, para determinar la evolución y las incidencias que ha tenido la construcción de la estructura actualmente en la zona de estudio (espolón en L y otras estructuras no previstas dentro de este proyecto). A lo largo de la línea de costa se evidenciaba un proceso erosivo con una variación de la playa seca de 4,5 m/año y que según opiniones de los nativos había acabado con viviendas y calles ubicadas a lo largo de este primer tramo (Arrieta Pastrana & Moreno Egel, 2009).

De acuerdo a los resultados obtenidos, hay una pérdida de berma de playa seca producto de un proceso erosivo a través del tiempo entre los años 2005 y 2016, para las abscisas K0+50 – K0+150 hasta de 16 metros y entre la abscisa K0+400 - K0+776,5 hasta de 32 m, siendo este último tramo el más afectado en el periodo de tiempo. Por otra parte el comportamiento de la línea de costa del 2009 con respecto a 2016 fue menos agresiva que la del 2005 pero se mantuvo la tendencia a la erosión específicamente entre la abscisa K0+200 – K0+300 con una variación de 12 m y K0+400 – K0+776,5 con valores del orden 6 a 18 m, mientras que la línea de costa del primer semestre del 2015 la línea de costa del 2016 no presentó gran variación teniendo en cuenta prácticamente un año de diferencia en tiempo y la construcción de las estructuras de

protección en el segundo semestre del 2015 donde el retroceso más representativo ocurrió entre la abscisa K0+500 – K0750 con un una variación que va desde los 2 a 4 m siendo esta área la más afectada durante los años analizados e incluso después de la construcción del rompeolas ubicado en la abscisa K0+450 y el espolón en la abscisa K0+750 (ver Figura 18).

Figura 18. Comportamiento de la línea de costa de los años 2005 (amarillo), 2009 (azul), 2015 (verde) y 2016 (fucsia).



Fuente. Tomado de Google Earth 2016, modificado por autores.

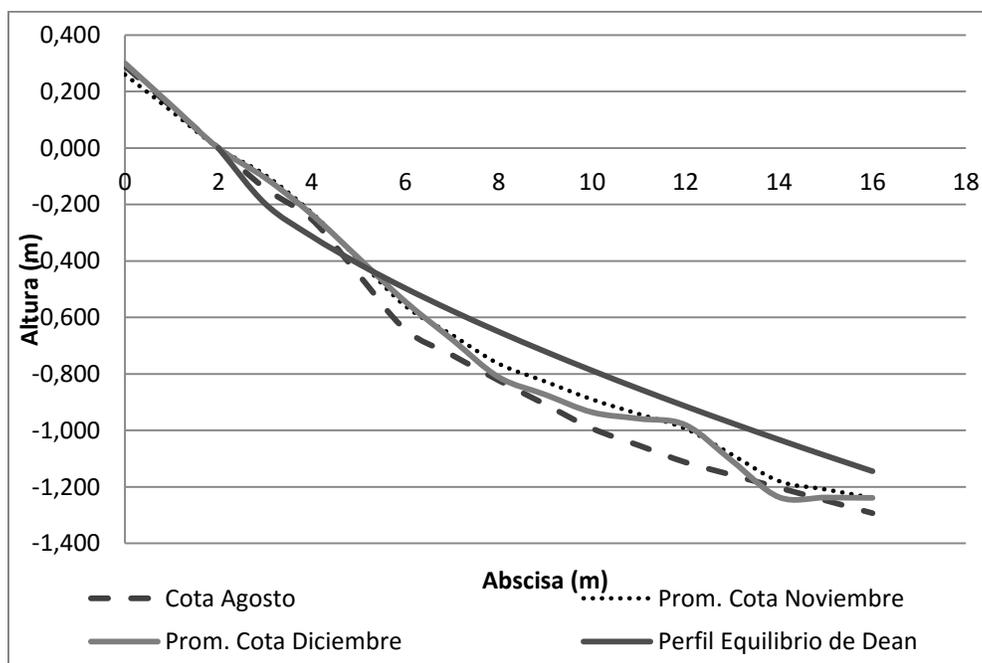
5.4 Análisis de los perfiles de playa.

Para poder observar el comportamiento de los perfiles se graficó los datos obtenidos en campo de las distintas mediciones, fue necesario corregirlos por marea con los datos suministrados por Centro de Investigación Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe (CIOH) en los meses de agosto, septiembre, noviembre y diciembre de 2015, y se ajustó al perfil de Dean de acuerdo a la ecuación

$$A = Kw^{0,44}$$

Como se puede observar en la Figura 19 el perfil A tiene un comportamiento de erosión con respecto al perfil de Dean. Hay que resaltar que hay una ligera recuperación de playa en el mes de diciembre en la abscisa 12 m con una altura de 0,981 m en comparación con el mes de agosto con la abscisa 12 m y una altura de 1,113 m.

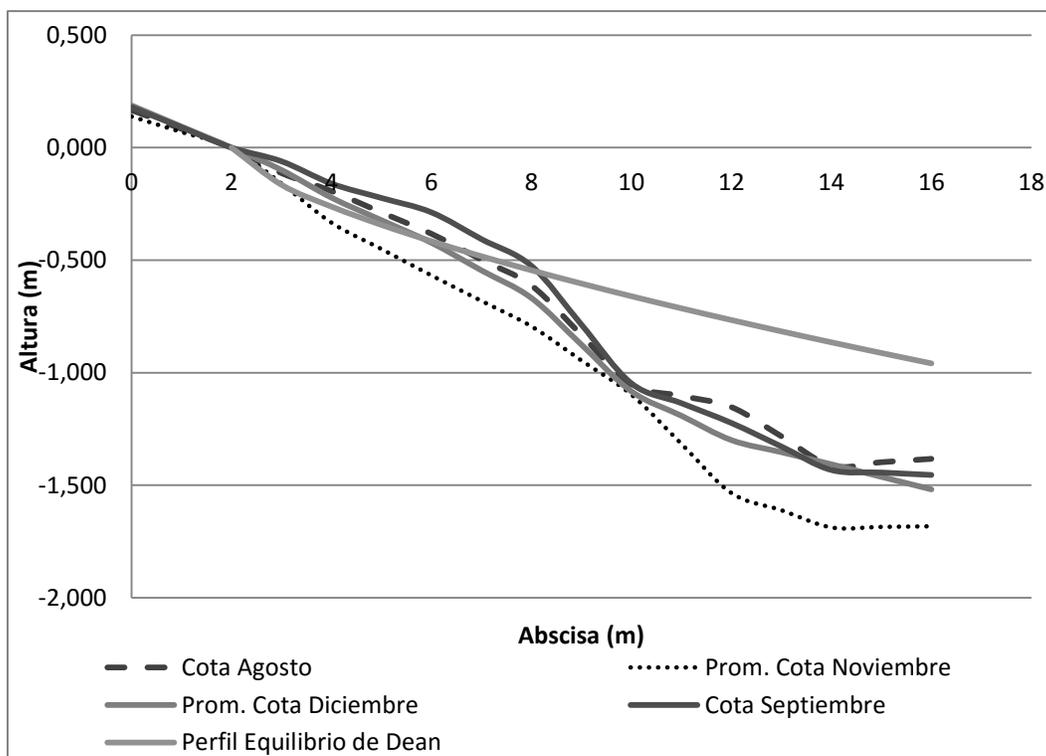
Figura 19. Comportamiento del perfil A en las diferentes mediciones realizadas con respecto al perfil de equilibrio de Dean.



Con respecto al perfil de Dean, el comportamiento del perfil B mostró (Figura 20) en los meses de Agosto y Septiembre una recuperación de playa donde la disminución de altura más relevante la muestra el mes de septiembre 0,288 m en la abscisa 6 m, en el mes de Diciembre el comportamiento fue similar al perfil de Dean hasta la abscisa 7 m. por otra parte la variación del perfil A en los periodos de medición fue similar a excepción del mes de noviembre donde hubo

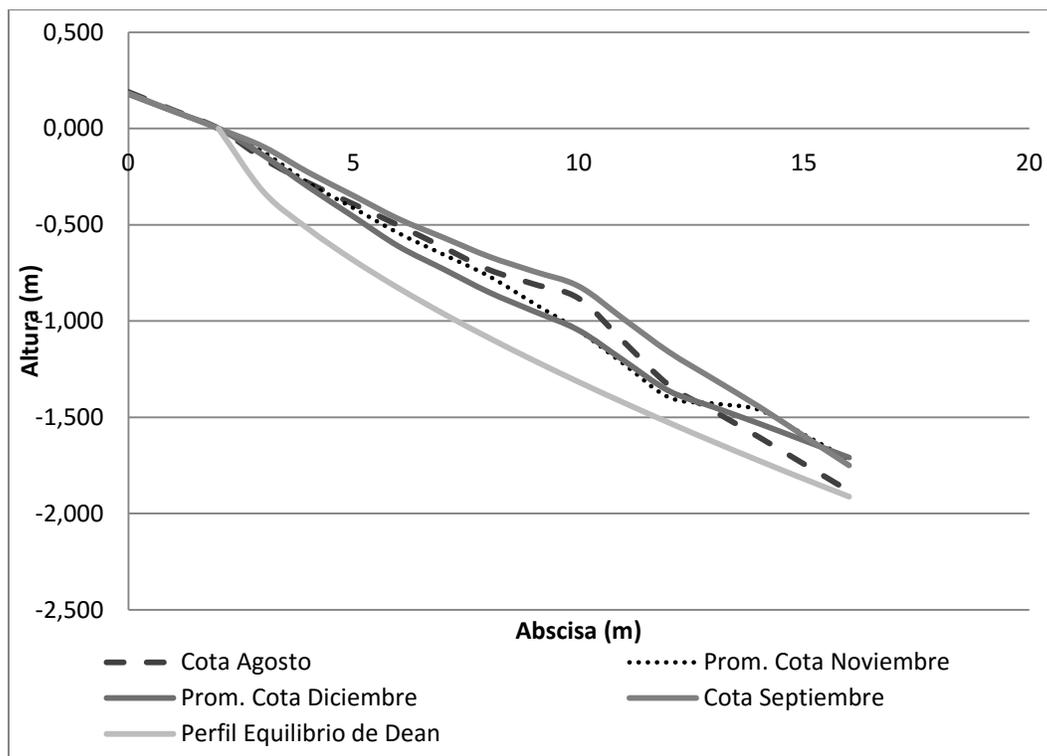
un aumento de altura en casi todo el perfil donde las abscisa más erosionada fue 14 m con una altura de 1,688 m.

Figura 20. Comportamiento del perfil B en las diferentes mediciones realizadas con respecto al perfil de equilibrio de Dean.



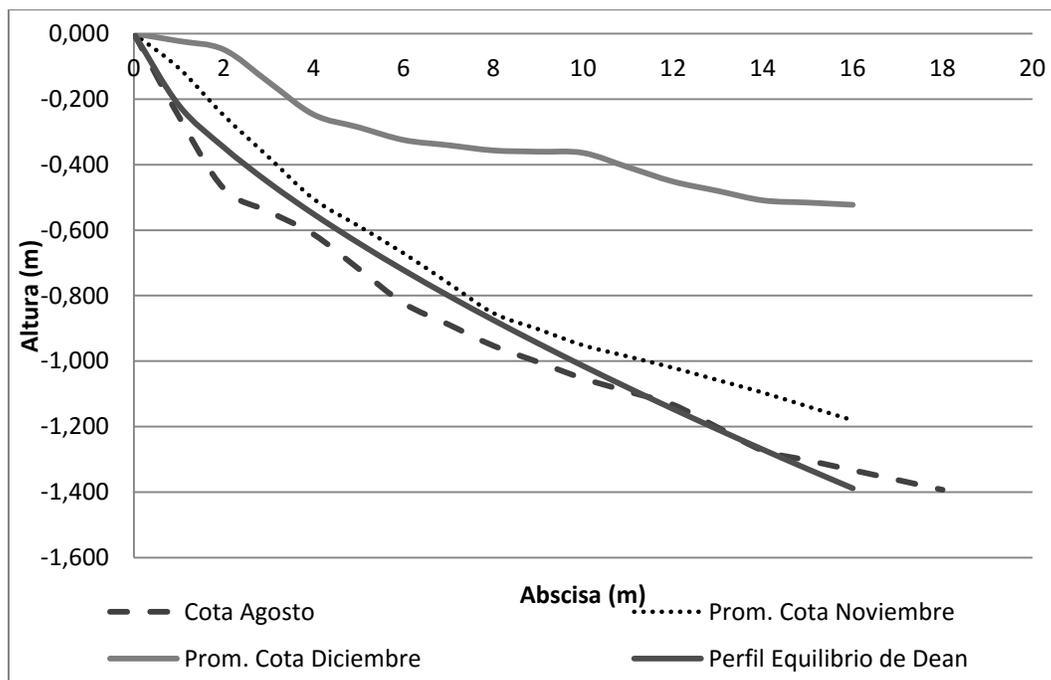
Aunque el perfil C se encuentra por encima del perfil de Dean y aparentemente está sedimentando, como se muestra en la Figura 21, este ha tenido un decrecimiento en las diferentes mediciones donde en el mes de septiembre mostro una recuperación con respecto al mes de agosto específicamente en la abscisa 12 m con alturas de 1,161 y 1,363 respectivamente pero después de construidos el rompeolas y la instalación del geotubo aguas arriba (septiembre) en los mes de noviembre y diciembre se evidencia un decrecimiento con respecto al mes de agosto.

Figura 21. Comportamiento del perfil C en las diferentes mediciones realizadas con respecto al perfil de equilibrio de Dean.



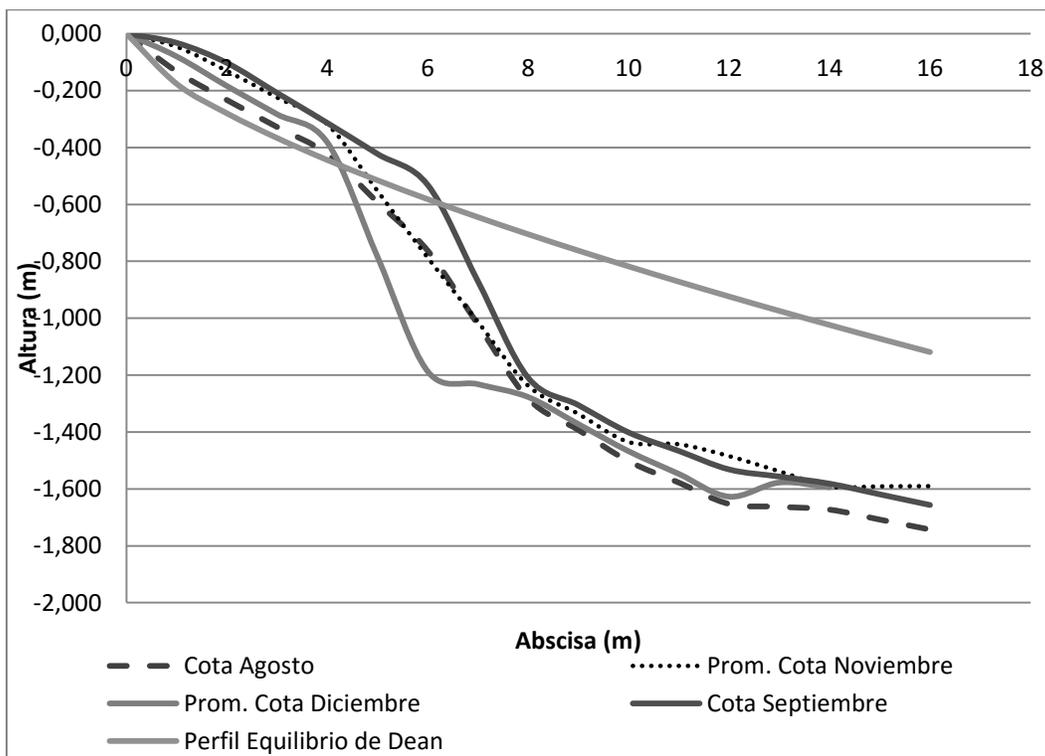
El comportamiento del perfil D se muestra en la Figura 22. Hay que aclarar que el perfil D no se pudo levantar el 6 de septiembre 2015 debido a la construcción del rompeolas ubicado de forma perpendicular la estructura, por lo que se levantó el perfil en el mes agosto (antes de la construcción del rompeolas), el cual se encuentra por debajo del perfil Dean mientras que el comportamiento en los meses de noviembre y diciembre evidencia una clara recuperación de playa sobre todo en este último mes que en comparación con el mes de noviembre y agosto en la abscisa 10 m muestra una altura 0,364, 0,952 y 1,081 m respectivamente mostrando la variación en las distintas mediciones y la afectación directa que tuvo el perfil al coincidir con la construcción de la estructura.

Figura 22. Comportamiento del perfil D en las diferentes mediciones realizadas con respecto al perfil de equilibrio de Dean.



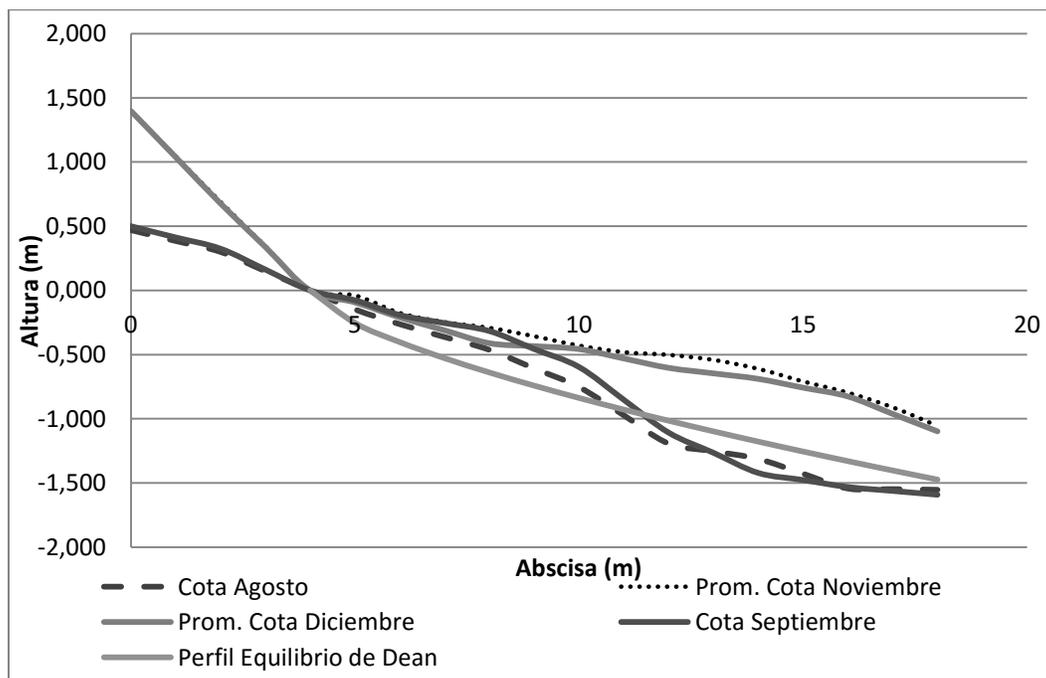
En el perfil E, Figura 23, se observa un crecimiento del mes de septiembre entre la abscisa 0 y la abscisa 6 con respecto al perfil de Dean y de la abscisa 0 a la abscisa 8 con respecto a medición realizada en el mes de agosto aunque en el mes de noviembre (rompeolas y geotubo instalados) el comportamiento del perfil mostró un pequeño crecimiento con respecto agosto, mientras que en el mes de diciembre el perfil tuvo un decrecimiento con respecto al perfil de Dean donde la altura más relevante se observó en la abscisa 6 m con una altura de 1,187 m.

Figura 23. Comportamiento del perfil E en las diferentes mediciones realizadas con respecto al perfil de equilibrio de Dean



Los cambios de cota en la abscisa 0 de 1,814 a 2,44 msnm entre el mes de septiembre y noviembre observados en la Figura 24 de debe específicamente a un relleno de material debido a la construcción de un espolón ubicado al lado del perfil, por lo tanto se observa que las mediciones de agosto y septiembre se encuentran por debajo del perfil de Dean en la parte profunda del perfil F a partir de la abscisa 11 donde en el mes de septiembre la altura en la abscisa 14 m fue de 1,422, mientras que las mediciones realizada en los meses de noviembre y diciembre se encuentran en su totalidad por encima del perfil de Dean evidenciando sedimentación donde la menor altura se obtuvo en las abscisa 13 m con una altura de 0,646 m.

Figura 24. Comportamiento del perfil F en las diferentes mediciones realizadas con respecto al perfil d equilibrio de Dean.



Para el siguiente análisis de variación de perfiles es menester destacar los fenómenos meteorológicos ocurridos durante las distintas fechas de mediciones puesto que “las corrientes generadas en el área de estudio son afectadas directamente por el viento y la marea teniendo la particularidad de que cada una de estas componentes predomina en una época del año distinta a la otra. En la época seca el factor predominante es el viento por la influencia de los Alisios, y durante la época lluviosa tiene mayor influencia la marea” (Arrieta Pastrana & Moreno Egel, 2009).

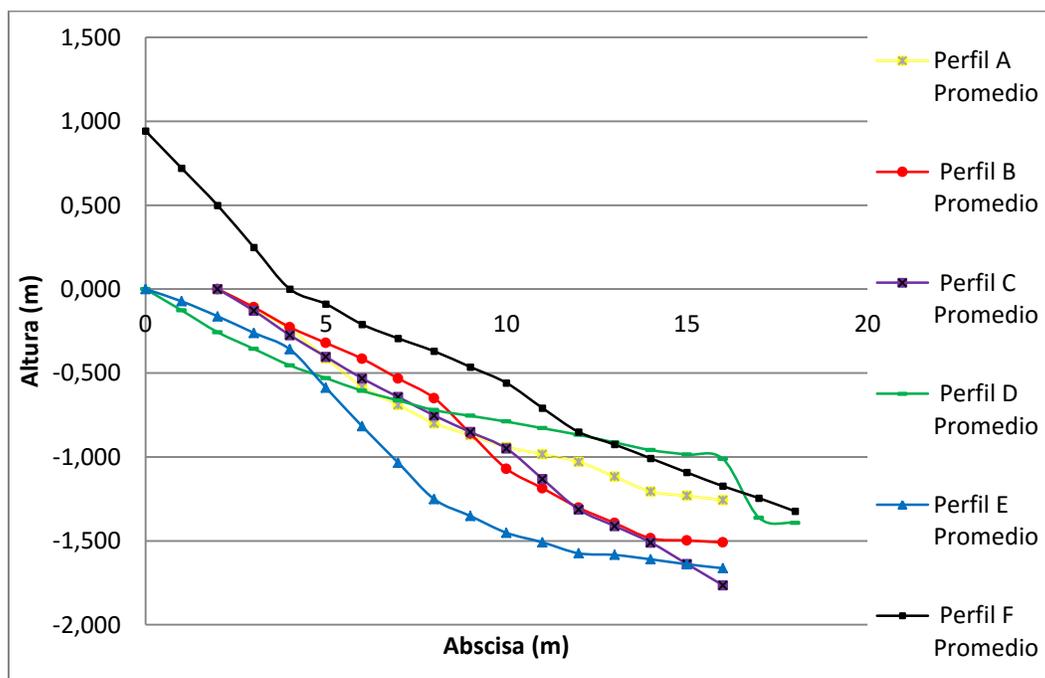
En el mes de agosto transitó una tormenta tropical DANNY entre otros eventos donde el 16 de agosto justamente ingreso al Mar Caribe la tercera Onda Tropical del mes manteniendo desplazamientos sobre el Norte hasta el 20 de agosto. Entre el 4 y 7 de septiembre se presentaron dos Ondas Tropicales sobre el Mar Caribe con un desplazamiento con dirección de Oeste generando precipitaciones, en consiguiente en el mes de noviembre transitaron 5 Ondas

Tropicales donde la tendencia regular del viento en dirección este y noreste, mientras que en diciembre se presentó el ingreso de dos frentes fríos con un régimen de oleaje predominante de dirección noreste (CIOH, 2016).

En la Figura 25 se observa, los perfiles A, B y C presentan un comportamiento similar a lo largo del todo el perfil a excepción del perfil A, el cual tuvo una recuperación del 28,5 % en la parte más profunda del perfil en comparación al perfil C. Los perfiles D y E muestran comportamientos opuestos, a pesar que su comportamiento es parecido hasta la abscisa 5 m, el perfil D tuvo una recuperación con respecto al perfil B del 32,9 % en la abscisa 16 m teniendo en cuenta que dicho perfil se encuentra ubicado perpendicular al rompeolas construido, Mientras que el perfil E mostro una erosión con respecto al perfil B del 36,98 % en la abscisa 9 m.

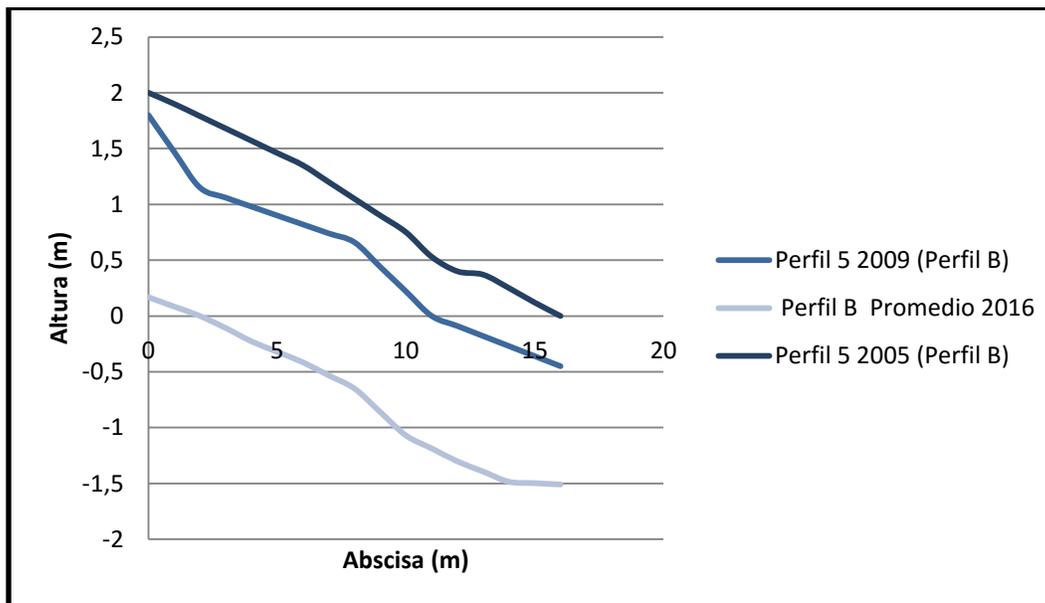
Por otra parte, el perfil F ubicado entre el espolón y aljibe mostro una considerable recuperación a lo largo del perfil específicamente en el perfil seco donde se evidencia un relleno producto de la construcción del espolon reflejando una variación de cota del 80,25 % con respecto a las cotas de los perfiles A, B y C.

Figura 25. Comportamiento de los perfiles promedios.



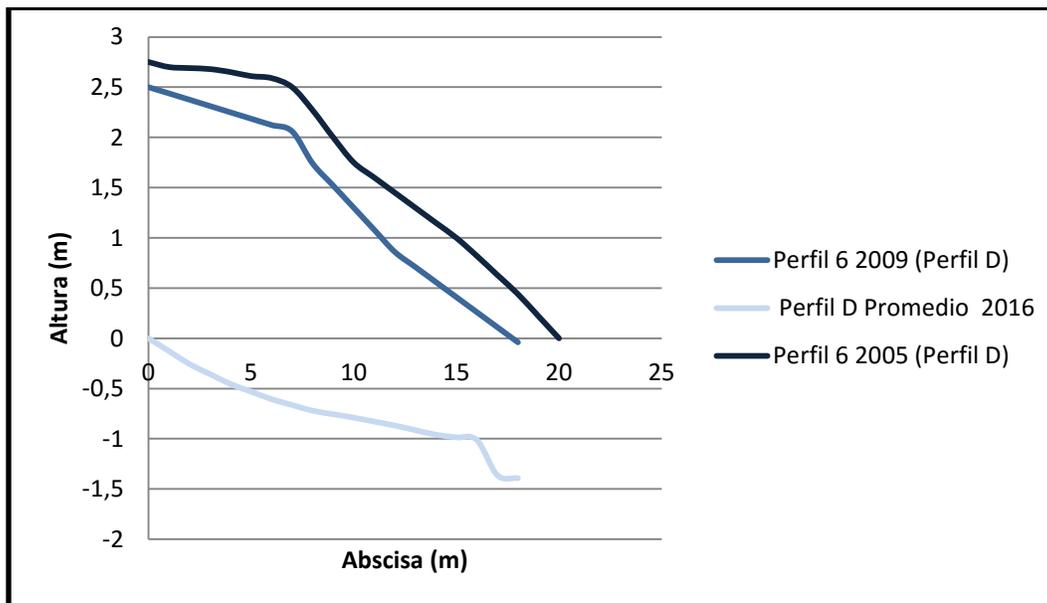
En la Figura 26 se pudo comparar los perfiles levantados por la Universidad de Cartagena en los años 2005 y 2009 con el perfil B de la presente investigación, donde se observa lo siguiente: los perfiles de playa de 2005 y 2009 tiene comportamiento muy parecidos, ambos representan playa seca con pendientes muy empinadas entre 12,6% y 12,8 %, mientras que el perfil B, presenta una pendiente menos brusca del 9,8 %, se encuentra en su totalidad en la zona húmeda y se evidencia un retroceso de la línea de costa de 2016 con respecto al 2009 y 2005 de 9 y 14 m respectivamente.

Figura 26. Comportamiento del perfil B y del perfil 5 (Arrieta Pastrana & Moreno Egel, 2009).



Los perfiles de playa de 2005 y 2009 mostrados en la Figura 27, se encuentra en playa seca, presentan un primer tramo con pendientes inclinadas de 3,57 y 6,28%, para el segundo tramo hay un cambio abrupto de pendiente de 19,23 y 19,09% respectivamente, obteniendosu comportamiento no deja de ser similar. Para el perfil D la pendiente asciende a 7,7 % , quedando el perfil de playa completamente sumergido. Se evidencia un proceso erosivo con un retroceso de línea de costa de 2009 y 2005 con respecto a 2016 de 18 y 20 m respectivamente.

Figura 27. Comportamiento del perfil D y el perfil 6 (Arrieta Pastrana & Moreno Egel, 2009).



CONCLUSIONES.

El seguimiento a los perfiles de playa estudiados para este trabajo demostró:

- El proceso erosivo severo, que se ha venido presentando en la zona de estudio durante los últimos años, se vio mitigado debido a la implementación del plan de emergencia por parte del Distrito de Cartagena de Indias, donde se construyó un espolón en L de 192 m y se instalaron 60 m de geotubo. Además, que se ejecutó un rompeolas de 100 m y un espolón de 100 m contemplados en el Macroproyecto de Tierrabomba, los cuales contribuyeron a la protección de mayor área en la zona de estudio. Este proceso de recuperación se ve evidenciado por la variación positiva del D_{50} y del parámetro Ω .
- Los perfiles A, B, y E están en erosión comparados con el perfil de equilibrio de Dean, mientras que C está en recuperación, y D muy cerca al equilibrio. Los perfiles que tuvieron una variación positiva durante la investigación fueron A, B, y D. Esto debido a que se encuentran a la sombra de las estructuras de protección. Opuestamente C y E se vieron afectados por la erosión. El perfil F no varió significativamente debido al adyacente espolón y al relleno de material posterior a su construcción.
- A partir de la comparación de los perfiles de playa B y D levantados en el presente estudio y 5 y 6 levantados por la Universidad de Cartagena en el año 2009 se evidencia un retroceso de la línea de costa hasta de 14 m para el perfil B, 20 m para el perfil D, y un proceso erosivo severo hasta tal punto que actualmente ambos perfiles se encuentran sumergidos mientras que para el 2009 los perfiles se encontraban en playa seca partiendo del BM materializado

- La variación de la línea de costa se ha visto afectado desde el 2005 hasta el 2016 de tal forma que se ha erosionado severamente desde la abscisa $k0 + 400$ hasta la abscisa $k0 + 776,5$ siendo el tramo más afectada dentro de la zona de estudio con un retroceso de 32 m; mientras que entre los años 2015 y 2016 justamente antes y después de la construcción de las estructuras de construcción costeras se evidencia que no existe una variación considerable y que las zona donde hay variación se encuentra entre la abscisa $k0 + 450$ hasta la abscisa $k0 + 750$ con un retroceso hasta de 4 m.
- El análisis granulométrico de las muestras obtenidas permitió clasificar la zona de estudio como playa de arena media, con un valor promedio de tamaño de grano de 1,83 mm. El comportamiento de la playa a través del tiempo mostró una tendencia de aumento en el tamaño de grano. El tamaño de grano de cada perfil varió desde 1,09 hasta 2,83, mostrando que los perfiles C y E se pueden clasificar como playa de arena gruesa mientras que el resto como arena media. El tamaño del grano en estos dos perfiles aumento con el tiempo, comportamiento acentuado entre septiembre y noviembre. Esto puede ser debido a la acción del oleaje en cada uno de los perfiles.
- La zona de estudio se comporta como una playa intermedia ($\Omega=3,06$). El comportamiento de la playa a través del tiempo siempre fue de playa intermedia, sin embargo, el valor de Ω aumentó desde 1,26 hasta 4,35. Se muestra que la tendencia a aumentar se ve interrumpida entre septiembre y noviembre. También que, la pendiente mayor está entre las mediciones de agosto y septiembre. El perfil E durante el segundo día de medición, y el perfil D durante el sexto día de medición, se comportaron como playas disipativas. Se

muestra que los valores de Ω a lo largo de la playa varían de manera similar en los meses de noviembre y diciembre.

- Los resultados dados por esta investigación son de gran importancia para el desarrollo de nuevas investigaciones en el tema. Estos son el punto de partida para el seguimiento del desarrollo de los perfiles y de la línea de costa en las playas de la localidad de Tierrabomba debido a los efectos de las estructuras de protección costera. Además, permiten comparar las características de este sector con otros en la ciudad de Cartagena de Indias.

RECOMENDACIONES

- La isla de tierra bomba desde hace muchos años ha estado afectada por los problemas de erosión, esta investigación sirve de apoyo para investigaciones que se lleven a cabo posteriormente en la isla, ya que este ha sido el estudio más reciente de las estructuras costeras.
- Este proyecto se encontró con varios factores adversos que nos afectaron muchas veces a la hora de llevar las actividades de campo, solo se pudieron ubicar dos perfiles B y D mediante el estudio realizado por el IHSA en el año 2009, la construcción de las estructuras y del geotubo en medio de la investigación fue un factor decisivo ya que este nos cambió las condiciones del proyecto, reflejándose así en la granulometría y en la geometría de los perfiles. Y por último el relleno que se hizo en el perfil F.
- Para obtener datos más precisos y certeros este tipo de estudios deben realizarse en intervalos de tiempo grandes ya que así se analizarían más muestras y se lograrían mejores resultados, pero por motivos académicos y económicos el estudio fu hecho en un periodo relativamente corto. Constantemente se deben realizar chequeos

BIBLIOGRAFÍA

- Agnieszka Kubowicz, G. (2006). Morpholithodynamical changes of the beach and the nearshore zone under the impact of submerged breakwaters — a case study (Orłowo Cliff, the Southern Baltic). *SCIENCE DIRECTC*, 144-158. Obtenido de Acantilado Orłowo. Gdansk, Polonia.
- Arrieta Pastrana, A., & Moreno Egel, D. (2009). *ESTUDIOS Y DISEÑOS DE ALTERNATIVAS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE LA BOCA DEL LAGUITO Y UN SECTOR DE LA LÍNEA DE COSTA DE LA ISLA DE TIERRABOMBA*.
- Avila Serrano, G., Santa Rosa del Río, M., Anfuso Melfi2, G., & Benavente-González, J. (2004). Variaciones sedimentarias y transporte litoral en Playa de la Victoria. *scielo*, 259-269. Recuperado el 15 de 04 de 2015, de Variaciones sedimentarias y transporte litoral en Playa de la Victoria: <http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0185-38802009000300002&>
- Bonfante, N., & Avendaño, C. (2013). *CLASIFICACIÓN GEOMORFOLÓGICA Y ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL DE LAS PLAYAS DE CARTAGENA: SECTOR MARBELLA*. Cartagena.
- Chico, L., & Tapias, Y. (2014). *ANÁLISIS Y APLICACIÓN DEL USO DE ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS BLANDAS EMPLEANDO GEOSINTÉTICOS PARA LA PROTECCIÓN COSTERA*. Cartagena de Indias.
- CIOH. (30 de 03 de 2016). *Centro de Investigaciones Oceanograficas e Hidrograficas*. Obtenido de http://www.cioh.org.co/dev/proserv/dat_generales.htm
- EDURBE. (2002). *Estudio De Construcciones Para La Prevención De Efectos De Fenómenos Oceánicos En El Distrito De Cartagena*. Cartagena.
- Fedrick Ekow, J. (2015). La gestión de los hotspots de erosión costera a lo largo del área de GhanaElmina, Cape Coast y Moree. *ELSEVIER*, 9-16.
- Inkpen, R., Stephenson, W., Kirk, R., & Hemmingsen, M. (2010). Análisis de las relaciones entre la micro-topografía y las tasas de erosión a corto y largo plazo sobre plataformas marinas en Península de Kaikoura, Isla Sur, Nueva Zelanda. *ELSEVIER*, 266-273.
- Instituto de Hidraulica y Saniamiento Ambietal. (2010). *CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 6105396 ESTUDIOS Y DISEÑOS DE ALTERNATIVAS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE LA BOCA DEL LAGUITO Y UN SECTOR DE LA LÍNEA DE COSTA DE LA ISLA DE TIERRABOMBA*. Universidad de Cartagena.

- INVEMAR. (2007). *diagnostico de la erosión costera en el Caribe Colombiano*.
- Kim, I. H., Lee, H. S., Kim, J. H., Yoon, J. S., & Hur, D. S. (2014). Shoreline Change due to Construction of the Artificial Headland with Submerged Breakwaters. *Journal of Coastal Research*, 145-150.
- Lamadrid Acosta, R. E. (2005). *CLASIFICACION GEOMORFOLOGICA Y ANALISIS DE LOS PERFILES DE PLAYA EN LOS SECTORES CASTILLOGRANDE-LAGUITO Y BOCAGRANDE*. Cartagena.
- Lopez, R. (2014). Beach Restoration at Grand Velas Hotel, Riviera Maya, Mexico. *Journal of Coastal Research*, 86-92.
- Mahalingalaha, A., Tayade, B., Gokhale, N., & Kudale, M. (2015). Diseño de Arrecifes Sumergidos offshore para las Medidas de Protección Costera. *ELSAVIER*, 196-206.
- Mendoza Vergara, M. M., & Bula Jimenez, M. M. (2013). *COMPORTAMIENTO DE LOS PERFILES PLAYA POR EFECTO DE LAS ESTRUCTURAS COSTERAS. CASO DE ESTUDIO SECTOR BOCAGRANDE EN EL TRAMO COMPREDIDO ENTRE LA CALLE 3 Y 6*. Cartagena.
- Secretaria de Infraestructura de Cartagena de Indias. (29 de 10 de 2015). AMC-OFI-0086011. Cartagena, Bolivar, Colombia.
- U.S. Army Corps of Engineers. (2002). *Coastal Engineering Manual (CEM)*. Washington, D.C, EEUU.
- UNAM. (2015). A5 CAPITULO %. Mexico DF, Exico.

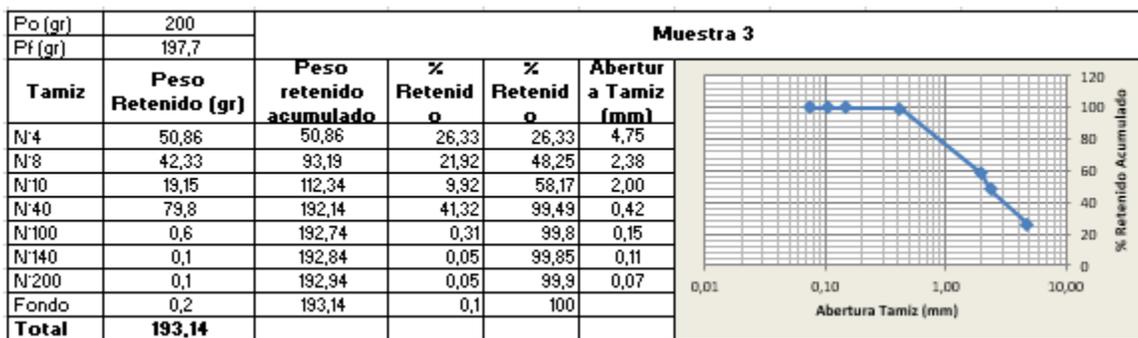
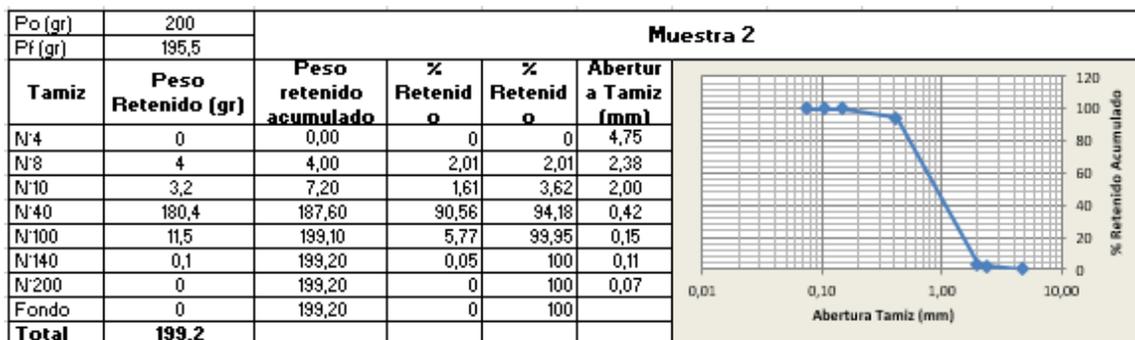
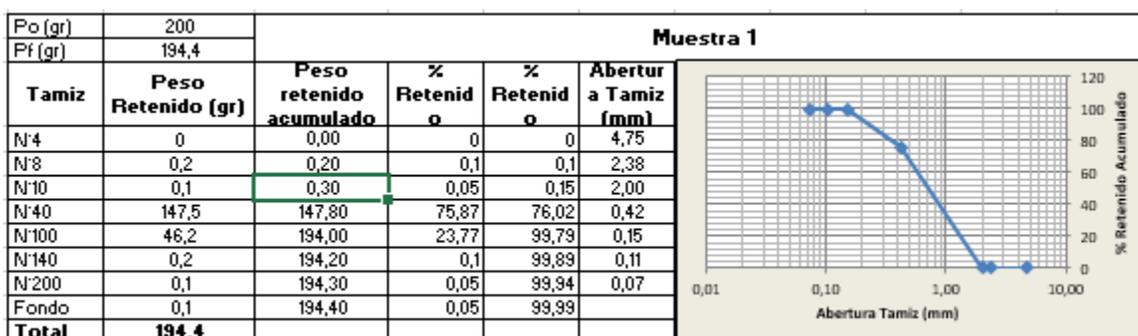
ANEXOS

Anexos A.

Prueba y curvas granulométricas de las muestras tomadas en campo.

Muestras Recogidas el 16-Agosto- 2013

PERFIL F.



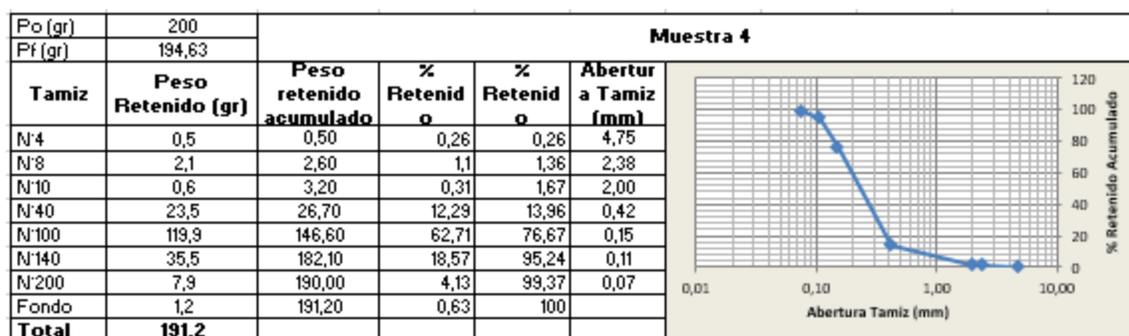
Po (gr)	200	Muestra 4				
Pf (gr)	197,76					
Tamiz	Peso Retenido (gr)	Peso retenido acumulado	% Retenido	% Retenido	Abertura a Tamiz (mm)	
N°4	42,5	42,50	21,57	21,57	4,75	
N°8	23,5	66,00	11,93	33,5	2,38	
N°10	6,6	72,60	3,35	36,85	2,00	
N°40	123,5	196,10	62,69	99,54	0,42	
N°100	0,9	197,00	0,46	100	0,15	
N°140	0	197,00	0	100	0,11	
N°200	0	197,00	0	100	0,07	
Fondo	0	197,00	0	100		
Total	197					

PERFIL E.

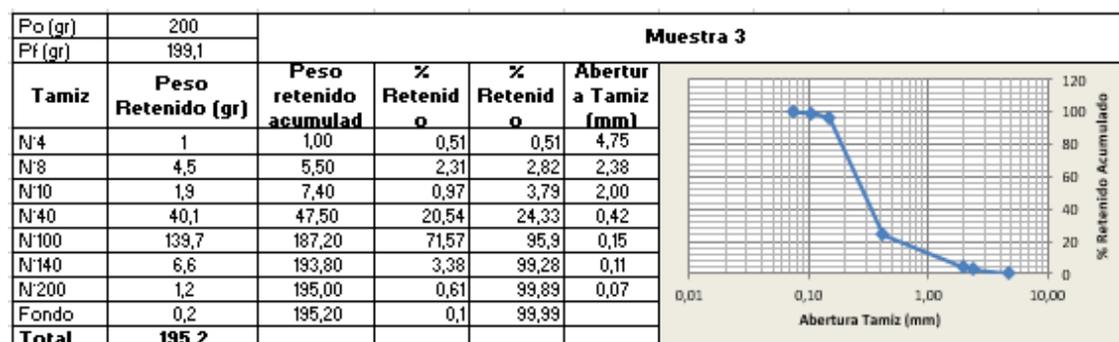
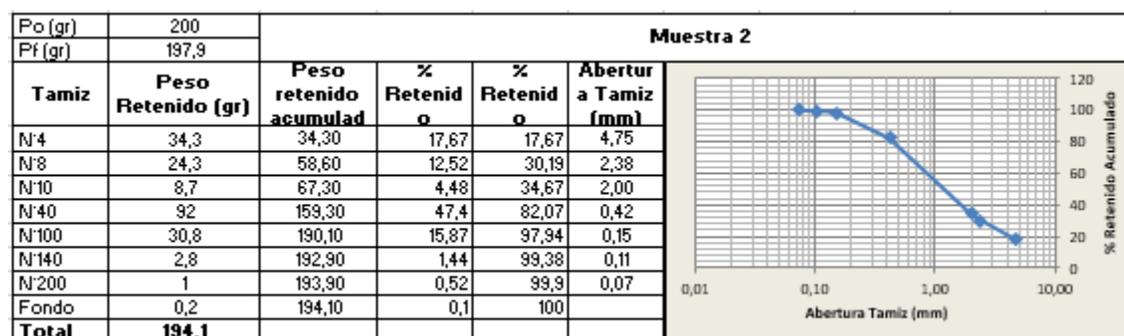
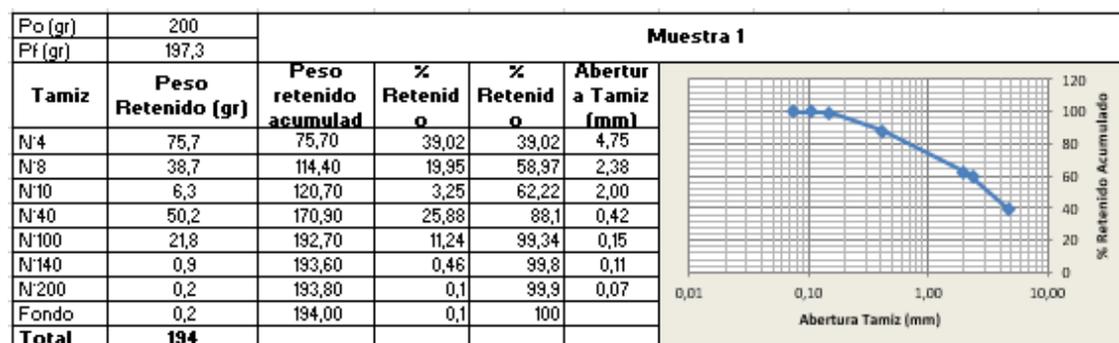
Po (gr)	200	Muestra 1				
Pf (gr)	196,86					
Tamiz	Peso Retenido (gr)	Peso retenido acumulado	% Retenido	% Retenido	Abertura a Tamiz (mm)	
N°4	9,84	9,84	4,97	4,97	4,75	
N°8	16,19	26,03	8,18	13,15	2,38	
N°10	6,99	33,02	3,53	16,68	2,00	
N°40	137,7	170,72	69,57	86,25	0,42	
N°100	25,3	196,02	12,78	99,03	0,15	
N°140	1,6	197,62	0,81	99,84	0,11	
N°200	0,2	197,82	0,1	99,94	0,07	
Fondo	0,1	197,92	0,05	99,99		
Total	197,92					

Po (gr)	200	Muestra 2				
Pf (gr)	189,5					
Tamiz	Peso Retenido (gr)	Peso retenido acumulado	% Retenido	% Retenido	Abertura a Tamiz (mm)	
N°4	75,1	75,10	37,55	37,55	4,75	
N°8	54,4	129,50	27,2	64,75	2,38	
N°10	21,9	151,40	10,95	75,7	2,00	
N°40	46,9	198,30	23,45	99,15	0,42	
N°100	0,8	199,10	0,4	99,55	0,15	
N°140	0,6	199,70	0,3	99,85	0,11	
N°200	0,3	200,00	0,15	100	0,07	
Fondo	0	200,00	0	100		
Total	200					

Po (gr)	200	Muestra 3				
Pf (gr)	199,79					
Tamiz	Peso Retenido (gr)	Peso retenido acumulado	% Retenido	% Retenido	Abertura a Tamiz (mm)	
N°4	10,4	10,40	5,4	5,4	4,75	
N°8	1,9	12,30	0,99	6,39	2,38	
N°10	0	12,30	0	6,39	2,00	
N°40	31,8	44,10	16,51	22,9	0,42	
N°100	127,4	171,50	66,15	89,05	0,15	
N°140	16,6	188,10	8,62	97,67	0,11	
N°200	4,2	192,30	2,18	99,85	0,07	
Fondo	0,3	192,60	0,16	100,01		
Total	192,6					



PERFIL D.



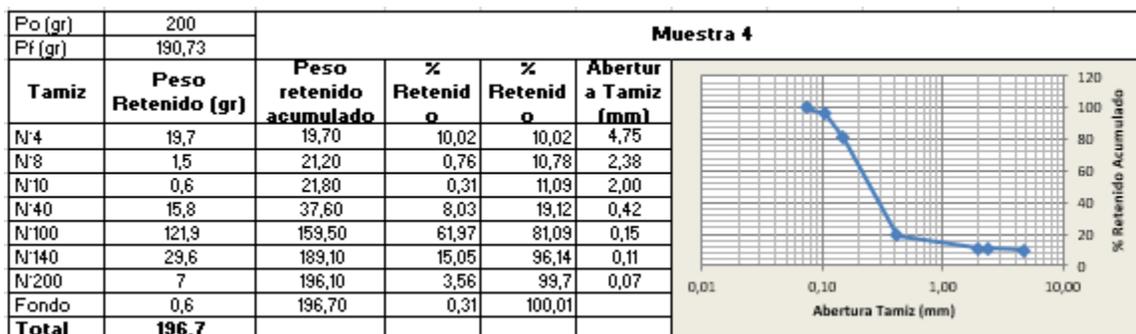
Po (gr)	200	Muestra 4					
Pf (gr)	174,2	Tamiz	Peso Retenido	Peso retenido acumulado	% Retenido	% Retenido	Abertura a Tamiz (mm)
		N#4	2	2,00	1,02	1,02	4,75
		N#8	0,5	2,50	0,26	1,28	2,38
		N#10	0	2,50	0	1,28	2,00
		N#40	16,8	19,30	8,57	9,85	0,42
		N#100	153,2	172,50	78,16	88,01	0,15
		N#140	19,2	191,70	9,8	97,81	0,11
		N#200	3,8	195,50	1,94	99,75	0,07
		Fondo	0,5	196,00	0,26	100,01	
		Total	196				

PERFIL C.

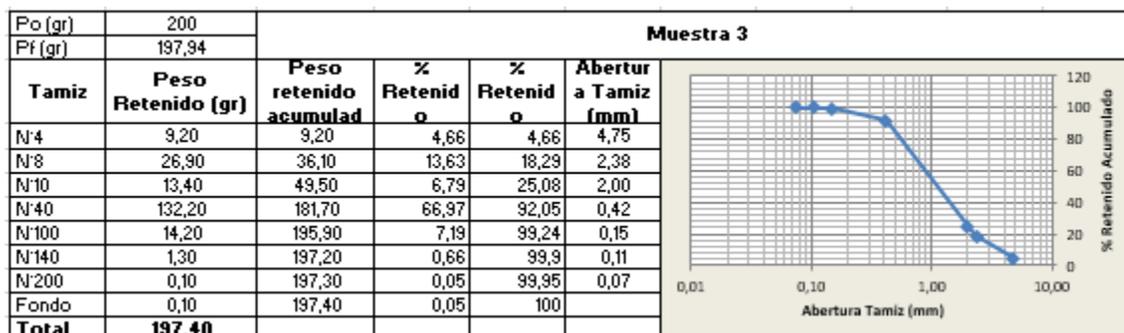
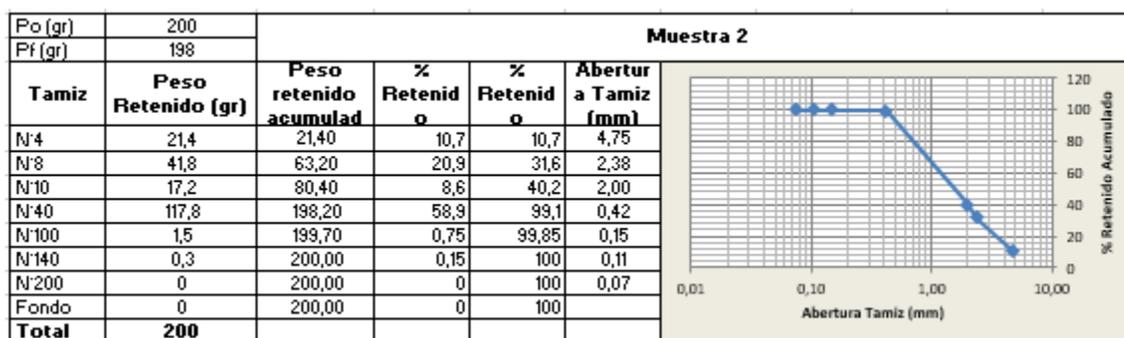
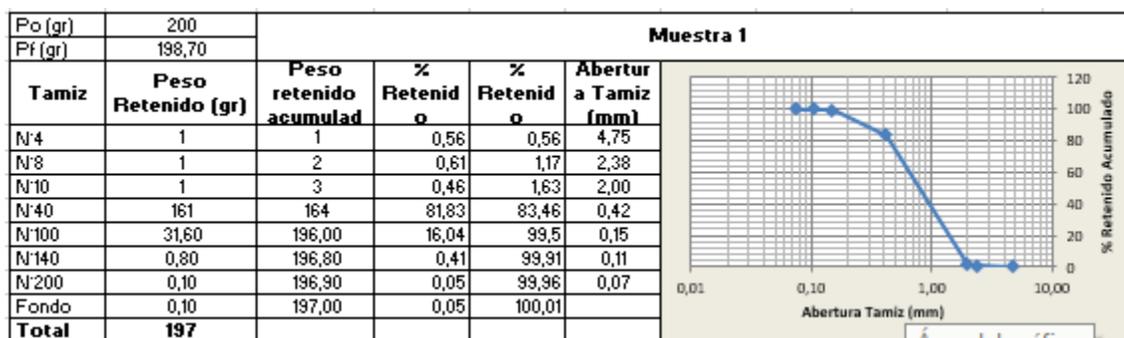
Po (gr)	200	Muestra 1					
Pf (gr)	198,9	Tamiz	Peso Retenido (gr)	Peso retenido acumulado	% Retenido	% Retenido	Abertura a Tamiz (mm)
		N#4	0	0,00	0	0	4,75
		N#8	0	0,00	0	0	2,38
		N#10	0,1	0,10	0,05	0,05	2,00
		N#40	10,1	10,20	5,09	5,14	0,42
		N#100	177,7	187,90	89,57	94,71	0,15
		N#140	9,8	197,70	4,94	99,65	0,11
		N#200	0,7	198,40	0,35	100	0,07
		Fondo	0	198,40	0	100	
		Total	198,4				

Po (gr)	200	Muestra 2					
Pf (gr)	197,8	Tamiz	Peso Retenido	Peso retenido acumulado	% Retenido	% Retenido	Abertura a Tamiz (mm)
		N#4	9,2	9,20	4,66	4,66	4,75
		N#8	26,9	36,10	13,63	18,29	2,38
		N#10	13,4	49,50	6,79	25,08	2,00
		N#40	132,2	181,70	66,97	92,05	0,42
		N#100	14,2	195,90	7,19	99,24	0,15
		N#140	1,3	197,20	0,66	99,9	0,11
		N#200	0,1	197,30	0,05	99,95	0,07
		Fondo	0,1	197,40	0,05	100	
		Total	197,4				

Po (gr)	200	Muestra 3					
Pf (gr)	199,85	Tamiz	Peso Retenido (gr)	Peso retenido acumulado	% Retenido	% Retenido	Abertura a Tamiz (mm)
		N#4	51,5	51,50	25,87	25,87	4,75
		N#8	62,3	113,80	31,29	57,16	2,38
		N#10	23,4	137,20	11,75	68,91	2,00
		N#40	61,1	198,30	30,69	99,6	0,42
		N#100	0,5	198,80	0,25	99,85	0,15
		N#140	0,3	199,10	0,15	100	0,11
		N#200	0	199,10	0	100	0,07
		Fondo	0	199,10	0	100	
		Total	199,1				



PERFIL B.



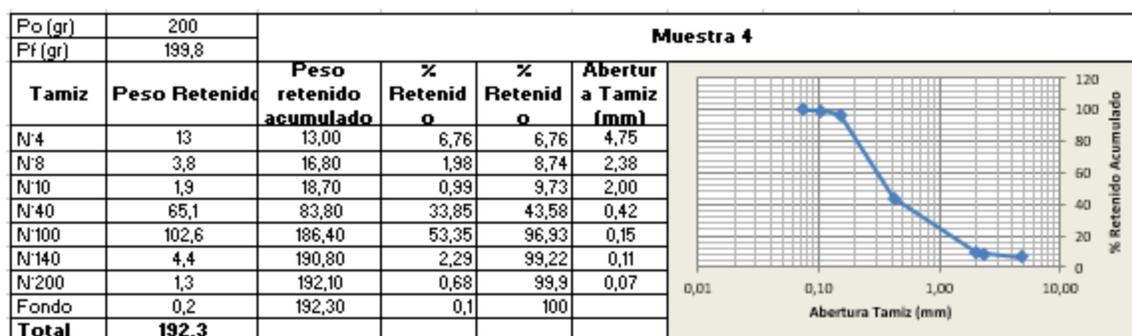
Po (gr)		Muestra 4				
Pf (gr)						
Tamiz	Peso Retenido (gr)	Peso retenido acumulado	% Retenido	% Retenido	Abertura a Tamiz (mm)	
N°4	15,40	15,40	8,48	8,48	4,75	
N°8	8,20	23,60	4,51	12,99	2,38	
N°10	4,00	27,60	2,2	15,19	2,00	
N°40	75,50	103,10	41,55	56,74	0,42	
N°100	75,70	178,80	41,66	98,4	0,15	
N°140	1,70	180,50	0,94	99,34	0,11	
N°200	0,70	181,20	0,39	99,73	0,07	
Fondo	0,50	181,70	0,28	100,01		
Total	181,70					

PERFIL A.

Po (gr)		Muestra 1				
Pf (gr)						
Tamiz	Peso Retenido (gr)	Peso retenido acumulado	% Retenido	% Retenido	Abertura a Tamiz (mm)	
N°4	8	8,00	4,07	4,07	4,75	
N°8	1,5	9,50	0,76	4,83	2,38	
N°10	1,3	10,80	0,66	5,49	2,00	
N°40	151,6	162,40	77,11	82,6	0,42	
N°100	33,4	195,80	16,99	99,59	0,15	
N°140	0,6	196,40	0,31	99,9	0,11	
N°200	0,1	196,50	0,05	99,95	0,07	
Fondo	0,1	196,60	0,05	100		
Total	196,6					

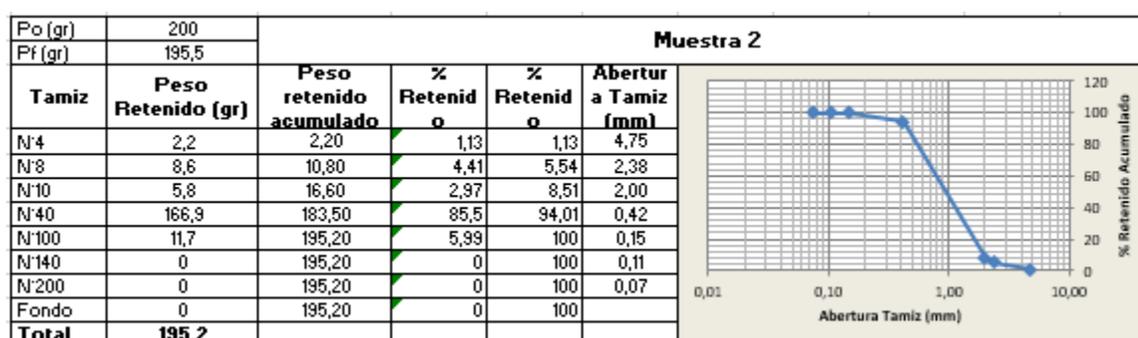
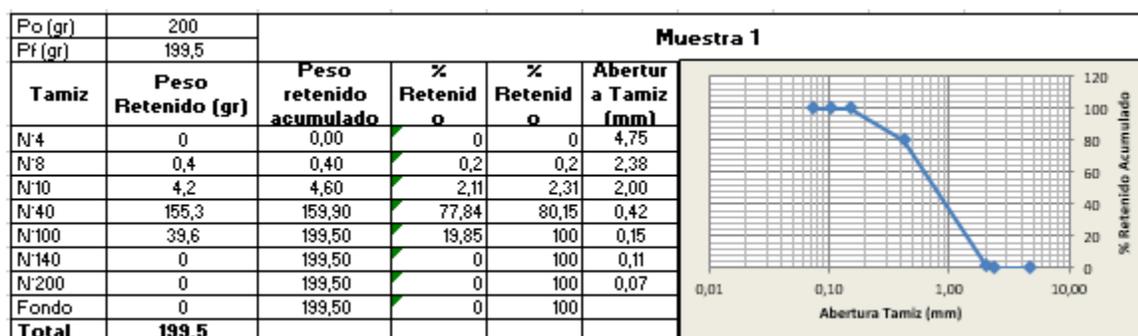
Po (gr)		Muestra 2				
Pf (gr)						
Tamiz	Peso Retenido (gr)	Peso retenido acumulado	% Retenido	% Retenido	Abertura a Tamiz (mm)	
N°4	108,1	108,10	54,43	54,43	4,75	
N°8	42,8	150,90	21,55	75,98	2,38	
N°10	10,1	161,00	5,09	81,07	2,00	
N°40	37,6	198,60	18,93	100	0,42	
N°100	0	198,60	0	100	0,15	
N°140	0	198,60	0	100	0,11	
N°200	0	198,60	0	100	0,07	
Fondo	0	198,60	0	100		
Total	198,6					

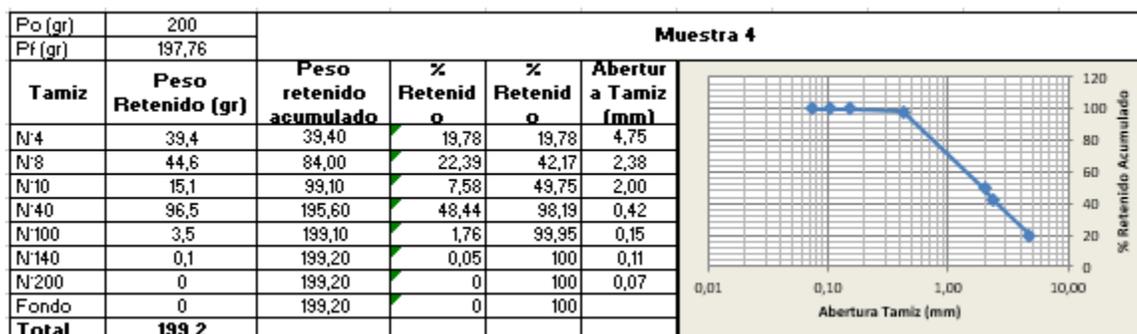
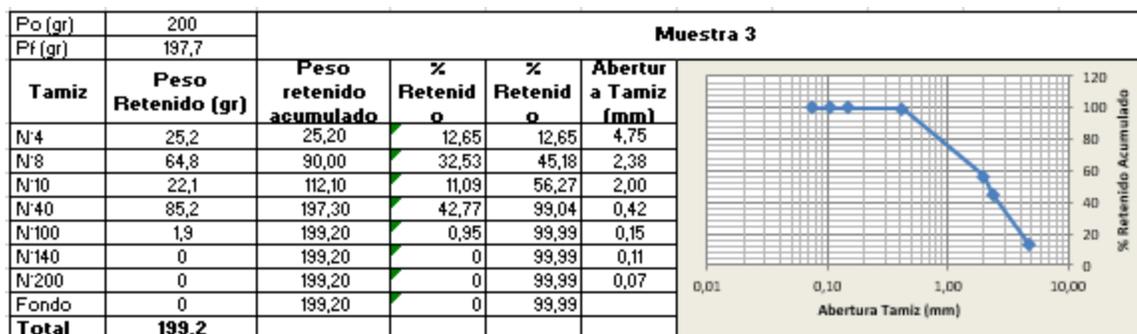
Po (gr)		Muestra 3				
Pf (gr)						
Tamiz	Peso Retenido	Peso retenido acumulado	% Retenido	% Retenido	Abertura a Tamiz (mm)	
N°4	85,9	85,90	43,54	43,54	4,75	
N°8	6,9	92,80	3,5	47,04	2,38	
N°10	2,3	95,10	1,17	48,21	2,00	
N°40	63,2	158,30	32,03	80,24	0,42	
N°100	35,5	193,80	17,99	98,23	0,15	
N°140	2,1	195,90	1,06	99,29	0,11	
N°200	1,1	197,00	0,56	99,85	0,07	
Fondo	0,3	197,30	0,15	100		
Total	197,3					



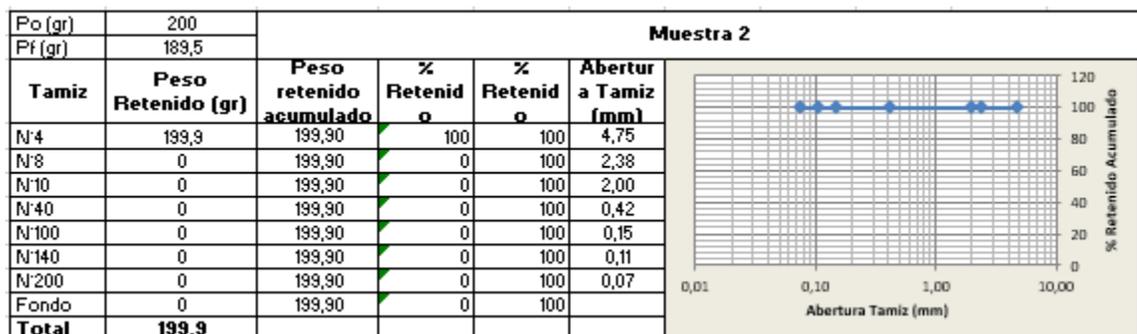
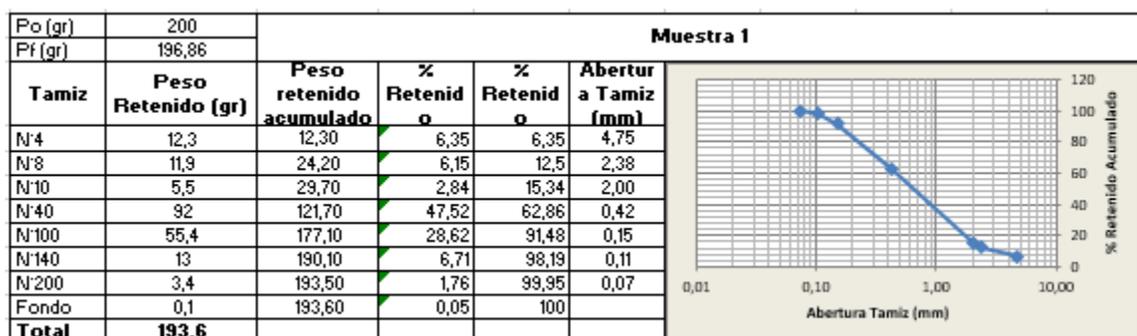
Muestras Recogidas el 16-Septiembre-2015

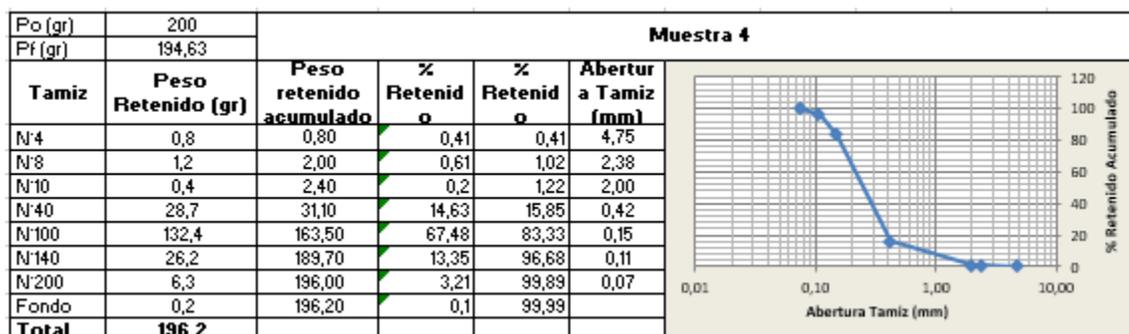
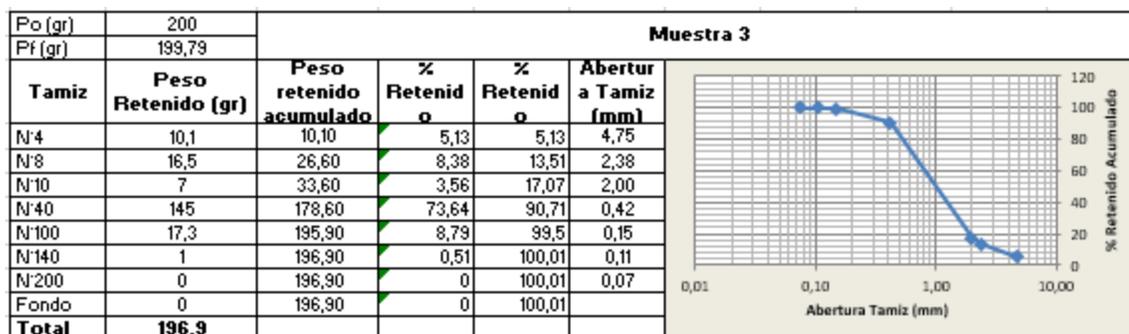
PERFIL F.



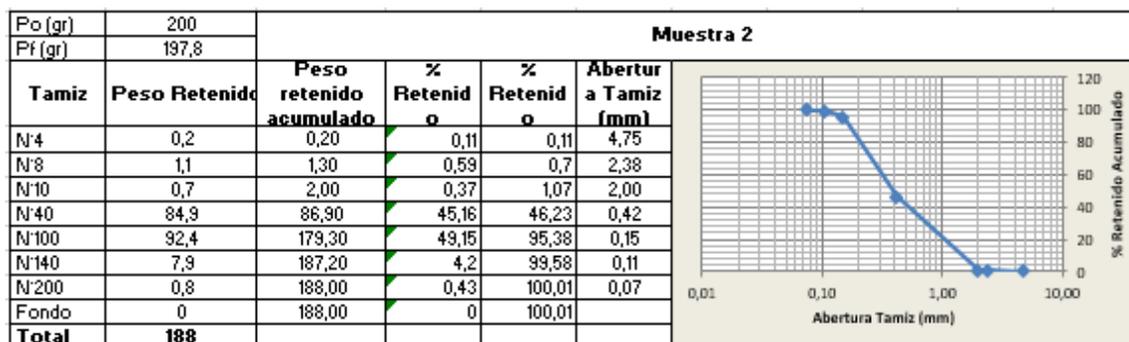
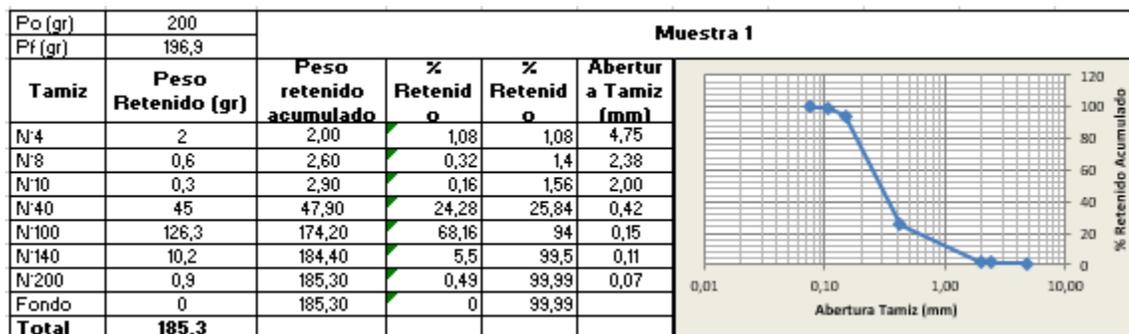


PERFIL E.





PERFIL C.



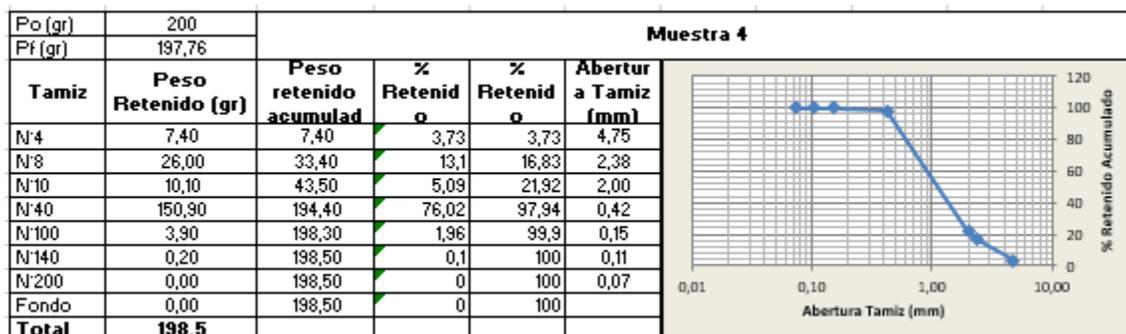
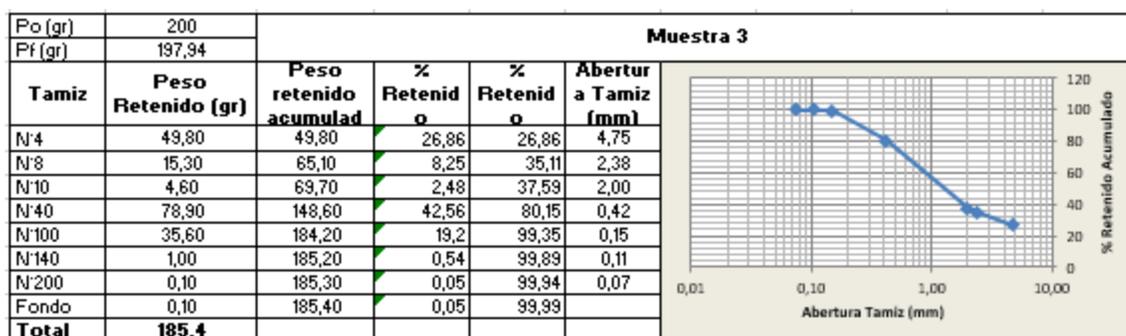
Po (gr)	200	Muestra 3					
Pf (gr)	199,85	Tamiz	Peso Retenido (gr)	Peso retenido acumulado	% Retenido	% Retenido	Abertura a Tamiz (mm)
		N°4	0,2	0,20	0,1	0,1	4,75
		N°8	11,7	11,90	5,92	6,02	2,38
		N°10	23,6	35,50	11,93	17,95	2,00
		N°40	112,4	147,90	56,83	74,78	0,42
		N°100	47,9	195,80	24,22	99	0,15
		N°140	1,8	197,60	0,91	99,91	0,11
		N°200	0,2	197,80	0,1	100,01	0,07
		Fondo	0	197,80	0	100,01	
		Total	197,8				

Po (gr)	200	Muestra 4					
Pf (gr)	190,73	Tamiz	Peso Retenido (gr)	Peso retenido acumulado	% Retenido	% Retenido	Abertura a Tamiz (mm)
		N°4	51,9	51,90	26,43	26,43	4,75
		N°8	49,9	101,80	25,41	51,84	2,38
		N°10	14,3	116,10	7,28	59,12	2,00
		N°40	57,6	173,70	29,33	88,45	0,42
		N°100	15,1	188,80	7,69	96,14	0,15
		N°140	6,5	195,30	3,31	99,45	0,11
		N°200	1	196,30	0,51	99,96	0,07
		Fondo	0,1	196,40	0,05	100,01	
		Total	196,4				

PERFIL B.

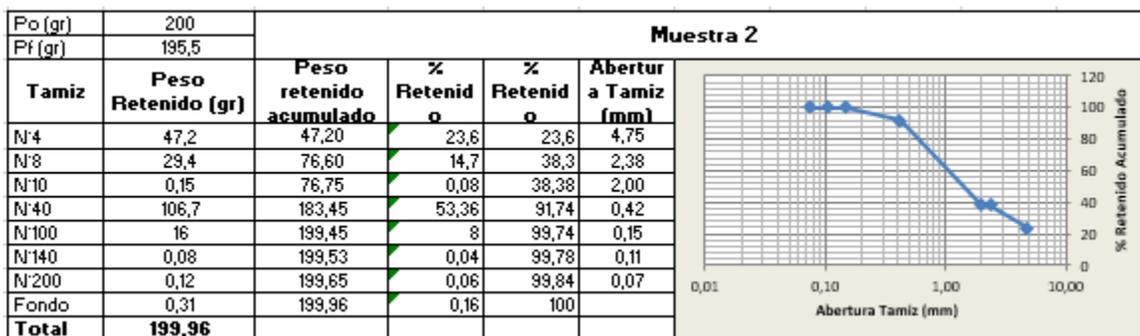
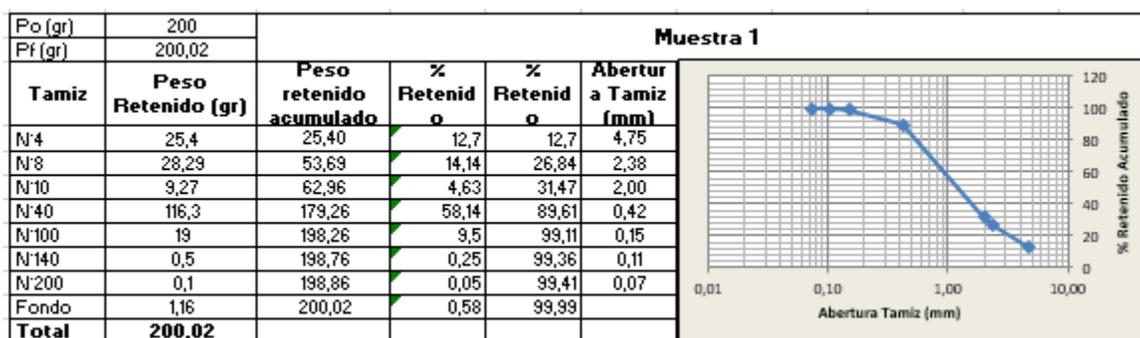
Po (gr)	200	Muestra 1					
Pf (gr)	198,70	Tamiz	Peso Retenido (gr)	Peso retenido acumulado	% Retenido	% Retenido	Abertura a Tamiz (mm)
		N°4	9	9	4,4	4,4	4,75
		N°8	10	18	5,08	9,48	2,38
		N°10	5	23	2,64	12,12	2,00
		N°40	165	188	85,19	97,31	0,42
		N°100	5,20	193,10	2,63	100	0,15
		N°140	0,00	193,10	0	100	0,11
		N°200	0,00	193,10	0	100	0,07
		Fondo	0,00	193,10	0	100	
		Total	193,1				

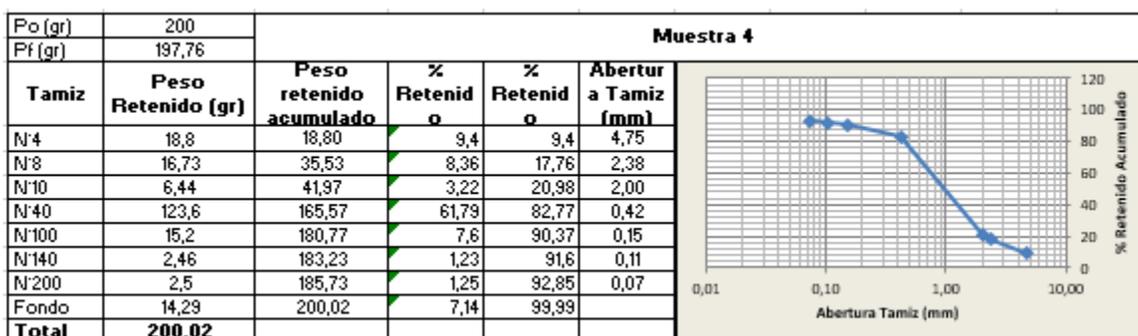
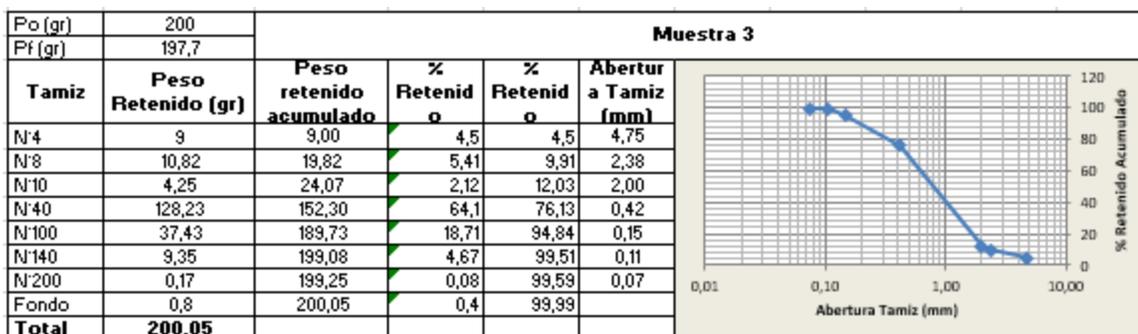
Po (gr)	200	Muestra 2					
Pf (gr)	198	Tamiz	Peso Retenido (gr)	Peso retenido acumulado	% Retenido	% Retenido	Abertura a Tamiz (mm)
		N°4	5,1	5,10	2,58	2,58	4,75
		N°8	16,9	22,00	8,55	11,13	2,38
		N°10	13	35,00	6,58	17,71	2,00
		N°40	162	197,00	81,94	99,65	0,42
		N°100	0,6	197,60	0,3	99,95	0,15
		N°140	0,1	197,70	0,05	100	0,11
		N°200	0	197,70	0	100	0,07
		Fondo	0	197,70	0	100	
		Total	197,7				



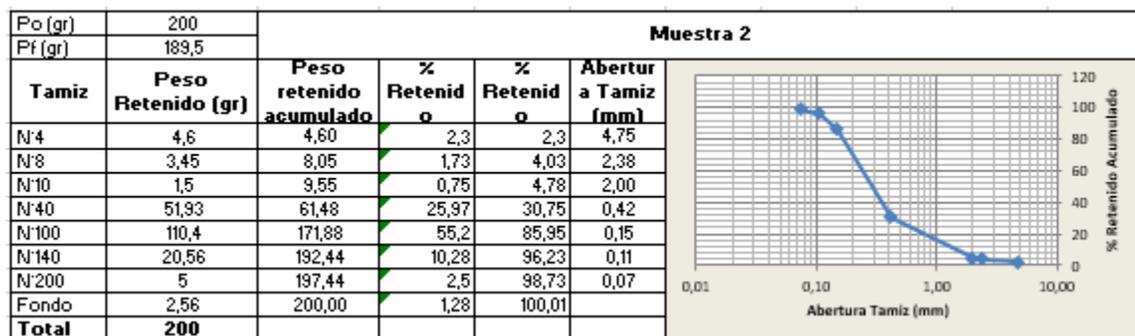
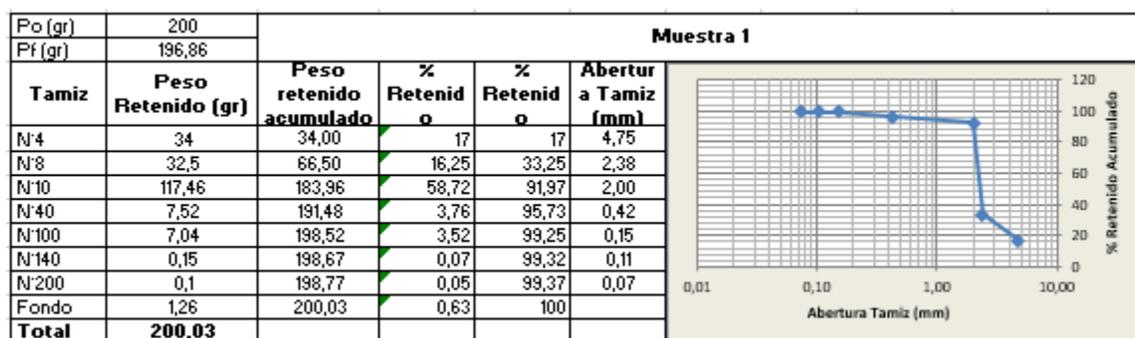
Muestras Recogidas el 22-Noviembre-2015

PERFIL F.





PERFIL E.



PERFIL D.

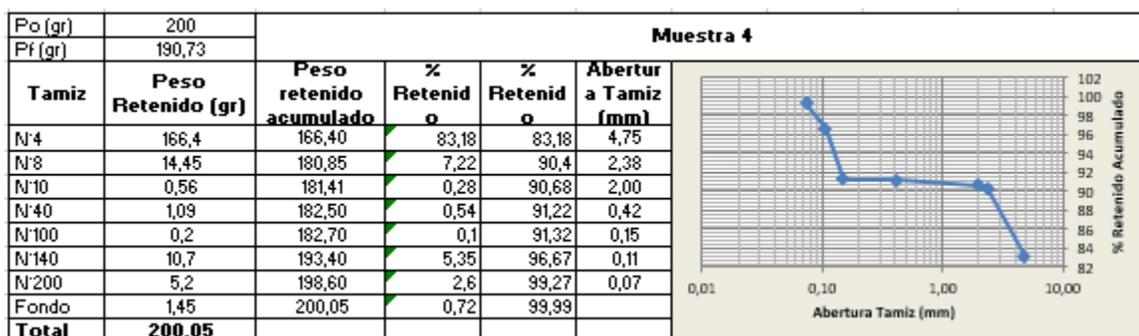
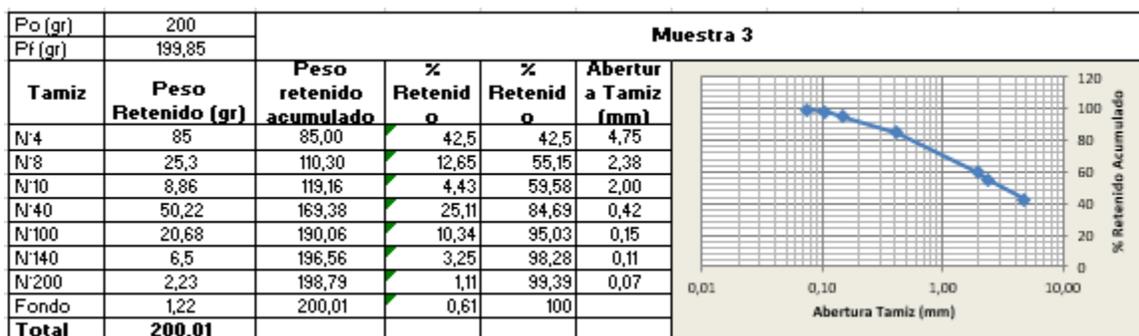
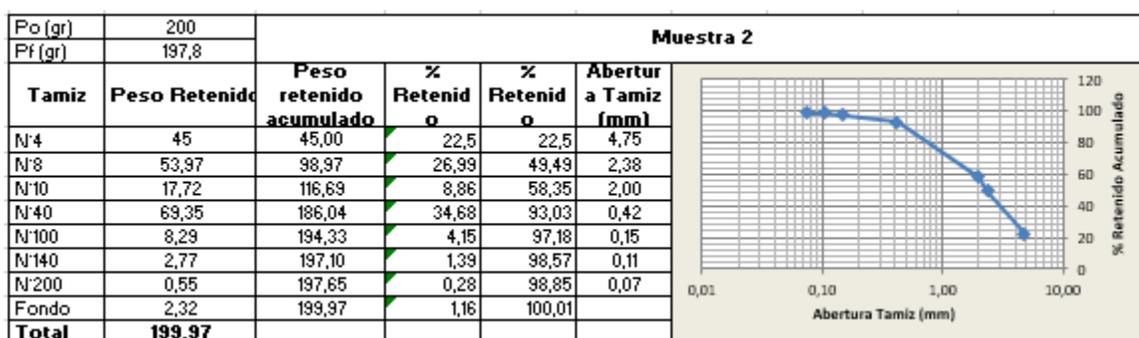
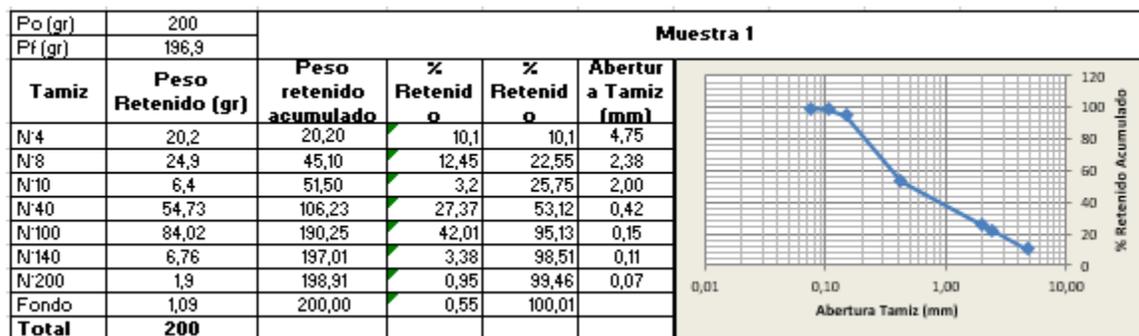
Po (gr)	200	Muestra 1				
Pf (gr)	197,3					
Tamiz	Peso Retenido (gr)	Peso retenido acumulado	% Retenido	% Retenido	Abertura a Tamiz (mm)	
N°4	10,3	10,30	5,15	5,15	4,75	
N°8	7,33	17,63	3,66	8,81	2,38	
N°10	2,61	20,24	1,3	10,11	2,00	
N°40	118,8	139,04	59,39	69,5	0,42	
N°100	34	173,04	17	86,5	0,15	
N°140	2,54	175,58	1,27	87,77	0,11	
N°200	2,35	177,93	1,17	88,94	0,07	
Fondo	22,12	200,05	11,06	100		
Total	200,05					

Po (gr)	200	Muestra 2				
Pf (gr)	197,9					
Tamiz	Peso Retenido (gr)	Peso retenido acumulado	% Retenido	% Retenido	Abertura a Tamiz (mm)	
N°4	8,3	8,30	4,15	4,15	4,75	
N°8	7,15	15,45	3,57	7,72	2,38	
N°10	1,7	17,15	0,85	8,57	2,00	
N°40	43,76	60,91	21,88	30,45	0,42	
N°100	113,76	174,67	56,87	87,32	0,15	
N°140	13,34	188,01	6,67	93,99	0,11	
N°200	4,6	192,61	2,3	96,29	0,07	
Fondo	7,43	200,04	3,71	100		
Total	200,04					

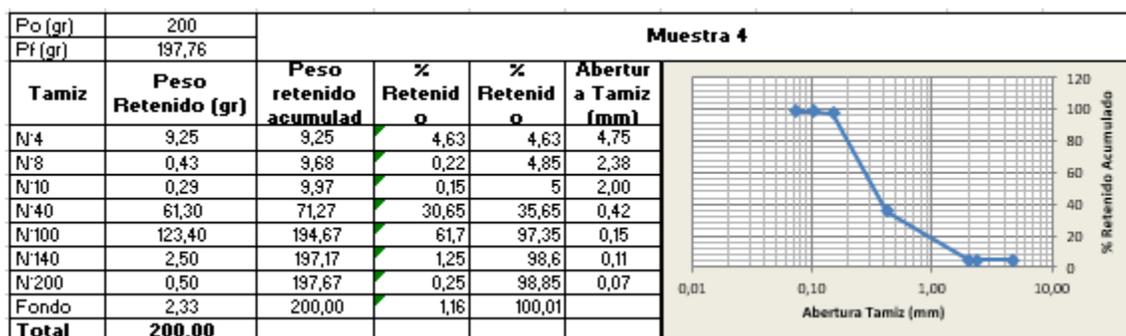
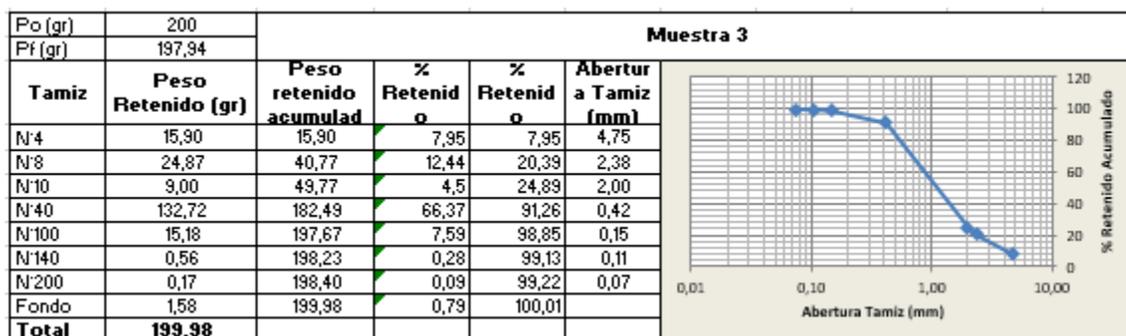
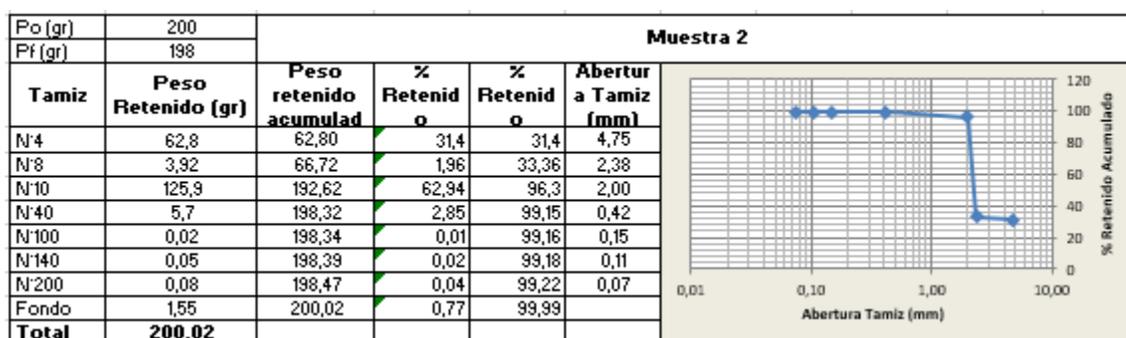
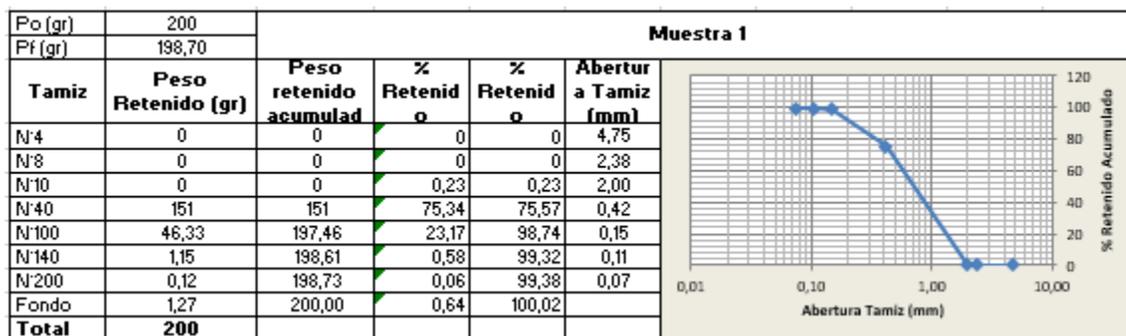
Po (gr)	200	Muestra 3				
Pf (gr)	199,1					
Tamiz	Peso Retenido (gr)	Peso retenido acumulado	% Retenido	% Retenido	Abertura a Tamiz (mm)	
N°4	0,32	0,32	0,16	0,16	4,75	
N°8	0,54	0,86	0,27	0,43	2,38	
N°10	0,32	1,18	0,16	0,59	2,00	
N°40	17,22	18,40	8,61	9,2	0,42	
N°100	151,3	169,70	75,65	84,85	0,15	
N°140	14,87	184,57	7,44	92,29	0,11	
N°200	2,47	187,04	1,24	93,53	0,07	
Fondo	12,96	200,00	6,48	100,01		
Total	200					

Po (gr)	200	Muestra 4				
Pf (gr)	174,2					
Tamiz	Peso Retenido (gr)	Peso retenido acumulado	% Retenido	% Retenido	Abertura a Tamiz (mm)	
N°4	50,1	50,10	25,1	25,1	4,75	
N°8	72,3	122,40	36,22	61,32	2,38	
N°10	51,22	173,62	25,66	86,98	2,00	
N°40	14,65	188,27	7,34	94,32	0,42	
N°100	9,72	197,99	4,87	99,19	0,15	
N°140	0,79	198,78	0,4	99,59	0,11	
N°200	0,28	199,06	0,14	99,73	0,07	
Fondo	0,55	199,61	0,28	100,01		
Total	199,61					

PERFIL C.



PERFIL B.



PERFIL A.

Po (gr)	200	Muestra 1					
Pf (gr)	198,1	Tamiz	Peso Retenido (gr)	Peso retenido acumulado	% Retenido	% Retenido	Abertura a Tamiz (mm)
		N4	0	0,00	0	0	4,75
		N8	2,98	2,98	1,49	1,49	2,38
		N10	1,87	4,85	0,94	2,43	2,00
		N40	166,7	171,55	83,35	85,78	0,42
		N100	26,3	197,85	13,15	98,93	0,15
		N140	0,65	198,50	0,33	99,26	0,11
		N200	0,12	198,62	0,06	99,32	0,07
		Fondo	1,38	200,00	0,69	100,01	
		Total	200				

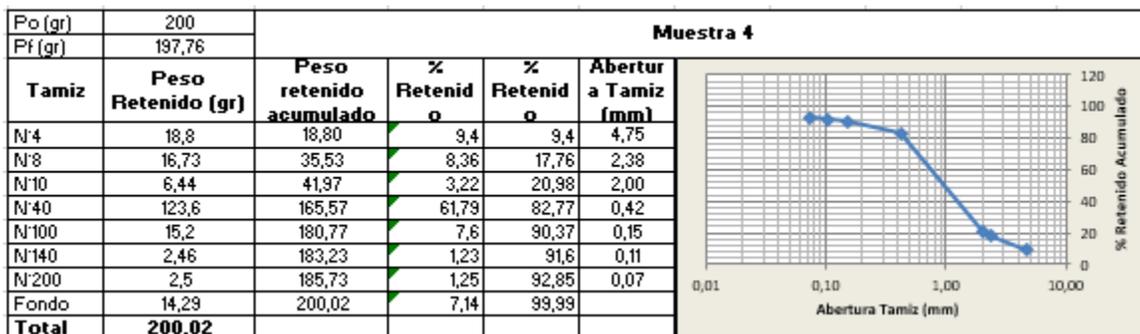
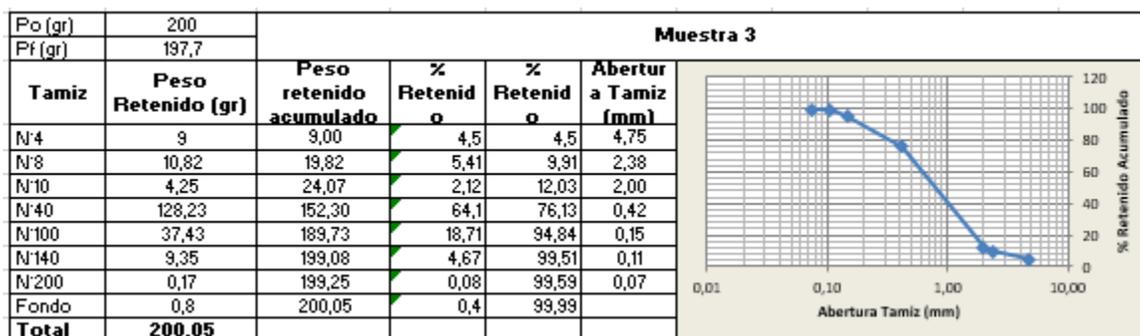
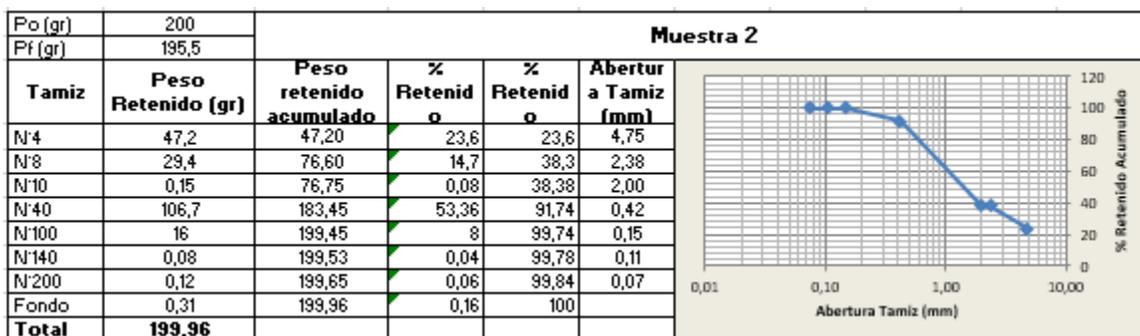
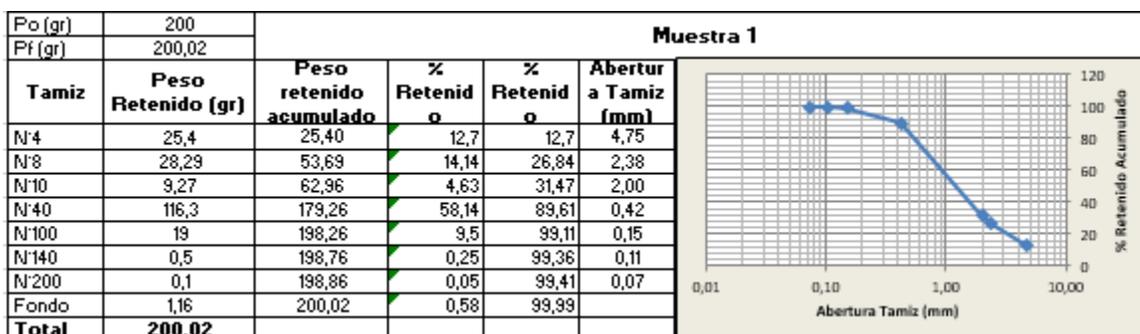
Po (gr)	200	Muestra 2					
Pf (gr)	197	Tamiz	Peso Retenido (gr)	Peso retenido acumulado	% Retenido	% Retenido	Abertura a Tamiz (mm)
		N4	129	129,00	64,5	64,5	4,75
		N8	18,36	147,36	9,18	73,68	2,38
		N10	3,42	150,78	1,71	75,39	2,00
		N40	32,78	183,56	16,39	91,78	0,42
		N100	14,48	198,04	7,24	99,02	0,15
		N140	0,75	198,79	0,38	99,4	0,11
		N200	0,67	199,46	0,34	99,74	0,07
		Fondo	0,54	200,00	0,27	100,01	
		Total	200				

Po (gr)	200	Muestra 3					
Pf (gr)	199,0	Tamiz	Peso Retenido	Peso retenido acumulado	% Retenido	% Retenido	Abertura a Tamiz (mm)
		N4	56,6	56,60	28,3	28,3	4,75
		N8	9,55	66,15	4,77	33,07	2,38
		N10	2,68	68,83	1,34	34,41	2,00
		N40	47,3	116,13	23,65	58,06	0,42
		N100	75,5	191,63	37,75	95,81	0,15
		N140	5,02	196,65	2,51	98,32	0,11
		N200	1,05	197,70	0,52	98,84	0,07
		Fondo	2,32	200,02	1,16	100	
		Total	200,02				

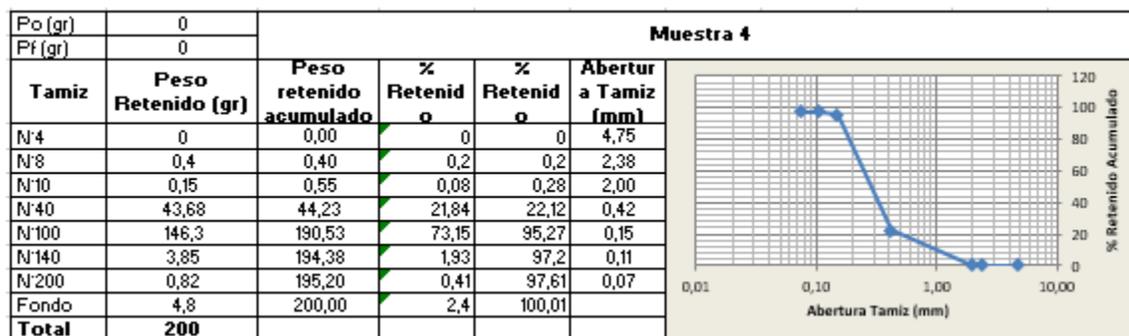
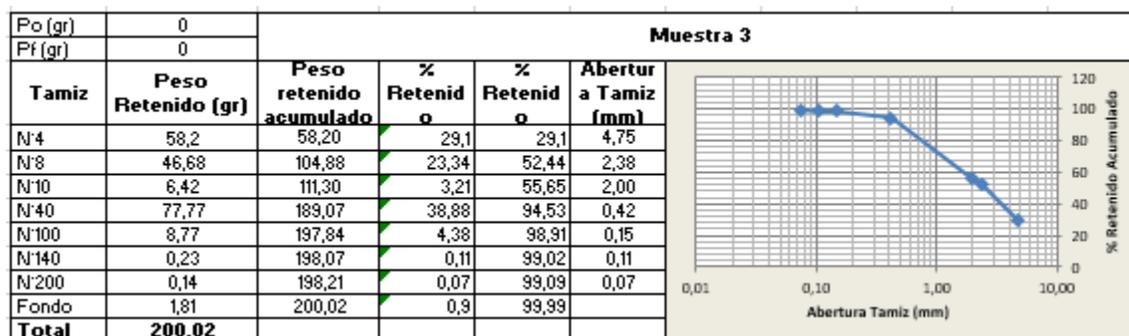
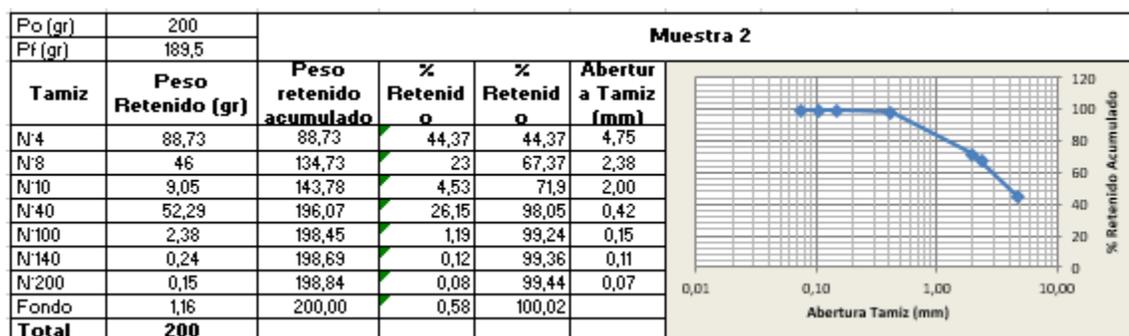
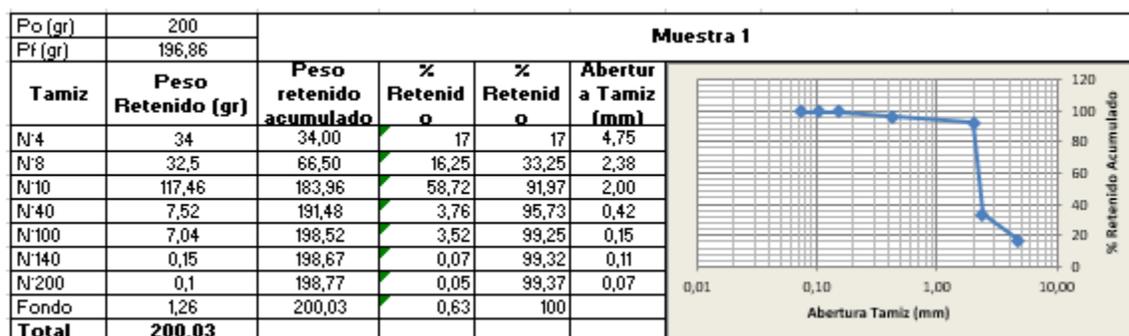
Po (gr)	200	Muestra 4					
Pf (gr)	199,8	Tamiz	Peso Retenido	Peso retenido acumulado	% Retenido	% Retenido	Abertura a Tamiz (mm)
		N4	8,96	8,96	4,48	4,48	4,75
		N8	1	9,96	0,5	4,98	2,38
		N10	0,37	10,33	0,19	5,17	2,00
		N40	42,6	52,93	21,3	26,47	0,42
		N100	137,82	190,75	68,91	95,38	0,15
		N140	5,93	196,68	2,97	98,35	0,11
		N200	1,67	198,35	0,84	99,19	0,07
		Fondo	1,65	200,00	0,83	100,02	
		Total	200				

Muestras Recogidas el 29-Noviembre-2015

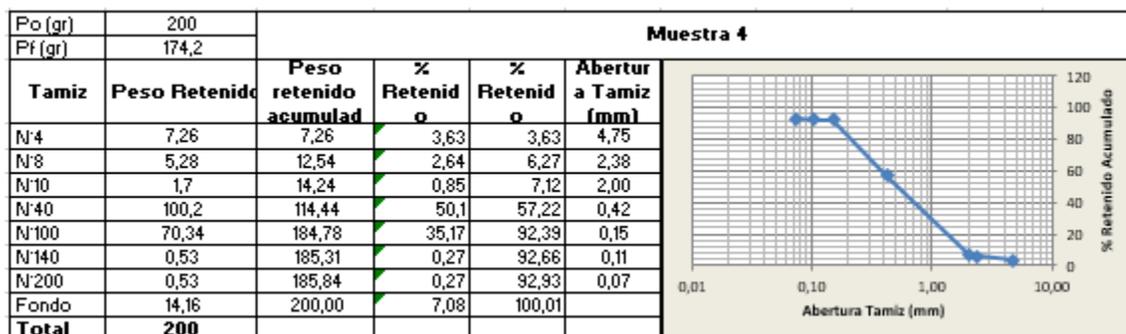
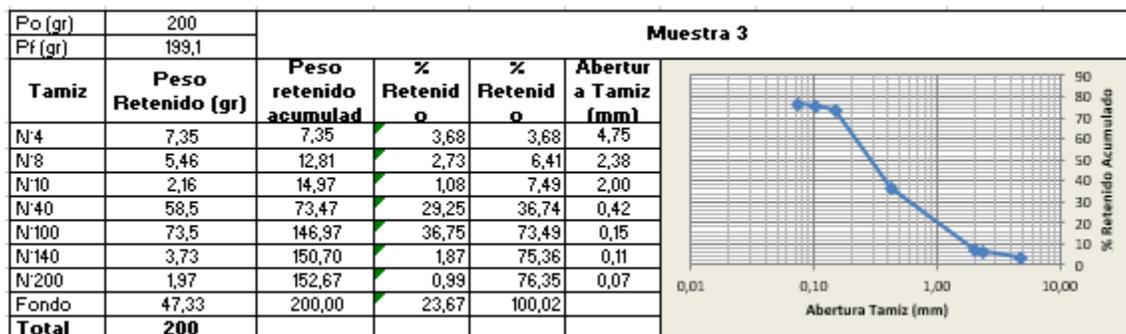
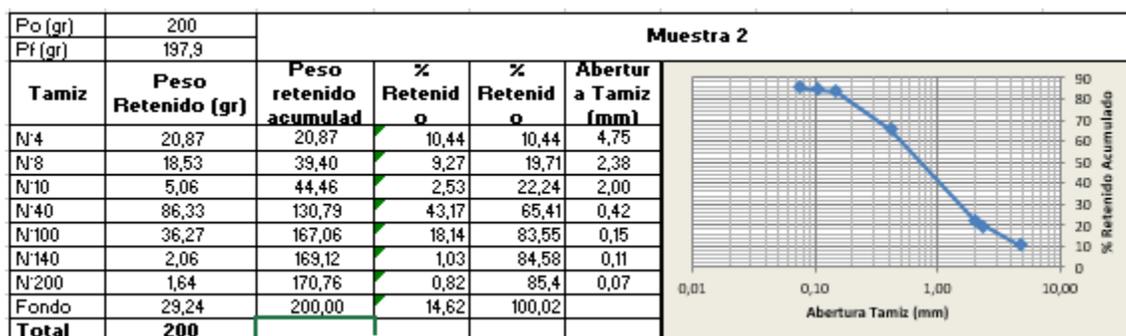
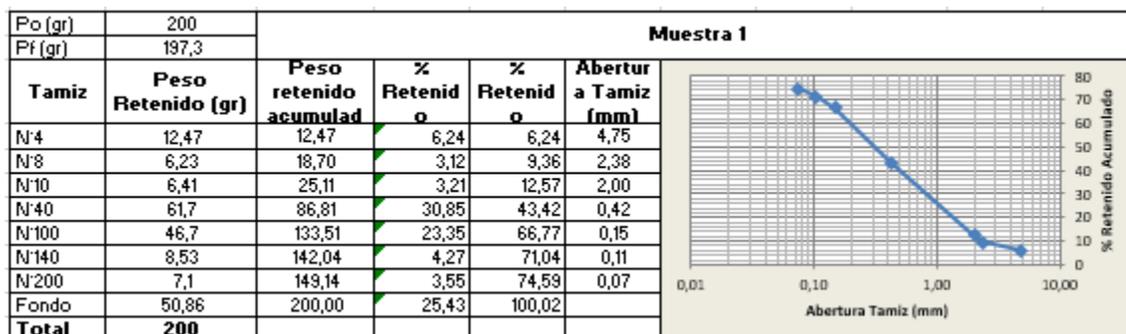
PERFIL F.



PERFIL E.



PERFIL D.



PERFIL C.

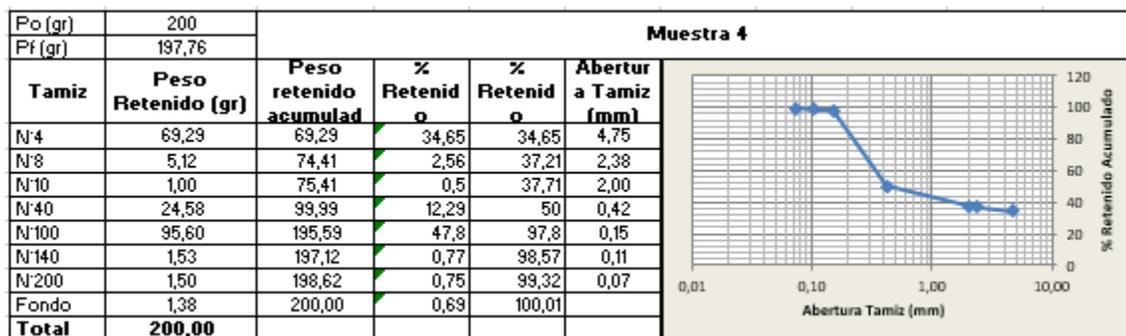
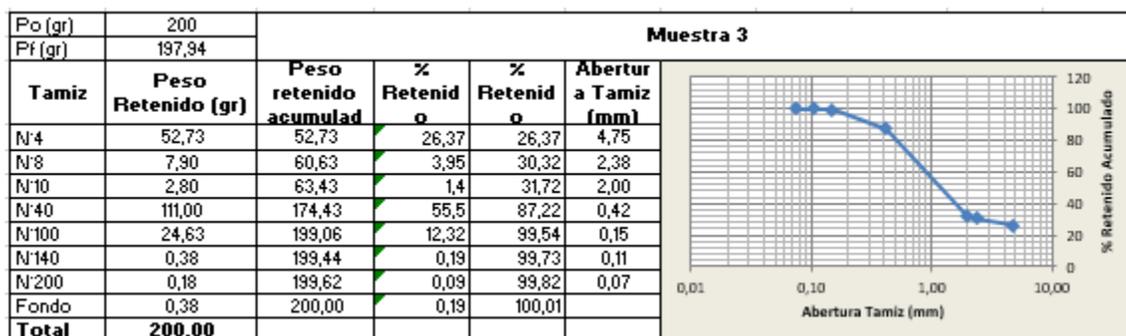
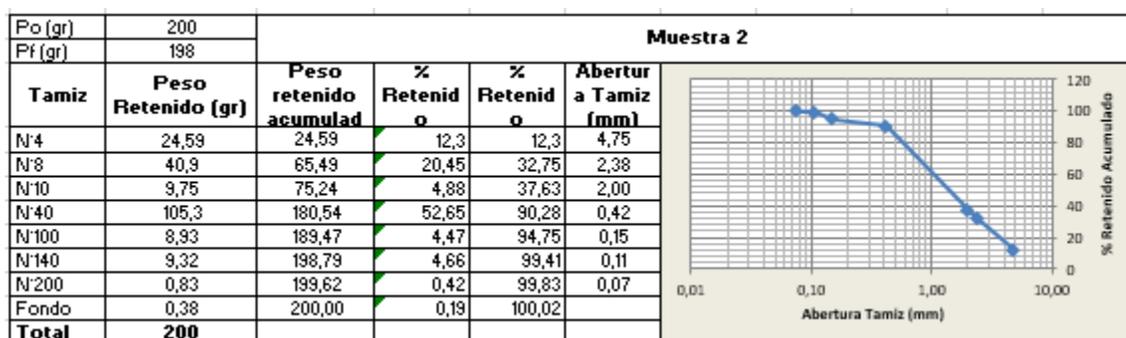
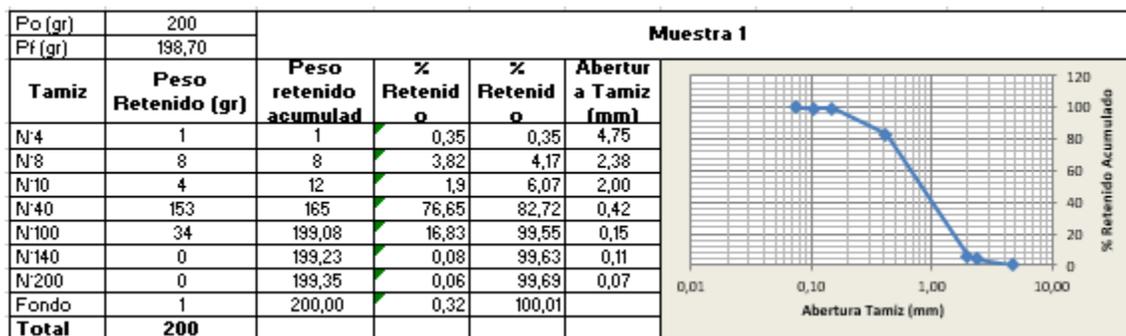
Po (gr)	200	Muestra 1				
Pf (gr)	196,9					
Tamiz	Peso Retenido (gr)	Peso retenido acumulado	% Retenido	% Retenido	Abertura a Tamiz (mm)	
N°4	113,4	113,40	56,7	56,7	4,75	
N°8	46,2	159,60	23,1	79,8	2,38	
N°10	10,35	169,95	5,18	84,98	2,00	
N°40	28,8	198,75	14,4	99,38	0,42	
N°100	0,25	199,00	0,13	99,51	0,15	
N°140	0,06	199,06	0,03	99,54	0,11	
N°200	0,14	199,20	0,07	99,61	0,07	
Fondo	0,8	200,00	0,4	100,01		
Total	200					

Po (gr)	200	Muestra 2				
Pf (gr)	197,8					
Tamiz	Peso Retenido (gr)	Peso retenido acumulado	% Retenido	% Retenido	Abertura a Tamiz (mm)	
N°4	143,72	143,72	71,86	71,86	4,75	
N°8	28,4	172,12	14,2	86,06	2,38	
N°10	5,34	177,46	2,67	88,73	2,00	
N°40	20,05	197,51	10,03	98,76	0,42	
N°100	1,4	198,91	0,7	99,46	0,15	
N°140	0,25	199,16	0,13	99,59	0,11	
N°200	0,05	199,21	0,03	99,62	0,07	
Fondo	0,79	200,00	0,39	100,01		
Total	200					

Po (gr)	200	Muestra 3				
Pf (gr)	199,85					
Tamiz	Peso Retenido (gr)	Peso retenido acumulado	% Retenido	% Retenido	Abertura a Tamiz (mm)	
N°4	187,96	187,96	93,98	93,98	4,75	
N°8	10,12	198,08	5,06	99,04	2,38	
N°10	0,2	198,28	0,1	99,14	2,00	
N°40	0,32	198,60	0,16	99,3	0,42	
N°100	0,23	198,83	0,12	99,42	0,15	
N°140	0,11	198,94	0,06	99,48	0,11	
N°200	0,1	199,04	0,05	99,53	0,07	
Fondo	0,96	200,00	0,48	100,01		
Total	200					

Po (gr)	200	Muestra 4				
Pf (gr)	190,73					
Tamiz	Peso Retenido (gr)	Peso retenido acumulado	% Retenido	% Retenido	Abertura a Tamiz (mm)	
N°4	166,4	166,40	83,18	83,18	4,75	
N°8	14,45	180,85	7,22	90,4	2,38	
N°10	0,56	181,41	0,28	90,68	2,00	
N°40	1,09	182,50	0,54	91,22	0,42	
N°100	0,2	182,70	0,1	91,32	0,15	
N°140	10,7	193,40	5,35	96,67	0,11	
N°200	5,2	198,60	2,6	99,27	0,07	
Fondo	1,45	200,05	0,72	99,99		
Total	200,05					

PERFIL B.



PERFIL A.

Po (gr)		Muestra 1				
Pf (gr)						
Tamiz	Peso Retenido (gr)	Peso retenido acumulado	% Retenido	% Retenido	Abertura a Tamiz (mm)	
N°4	25,9	25,90	12,95	12,95	4,75	
N°8	14,69	40,59	7,34	20,29	2,38	
N°10	7,11	47,70	3,55	23,84	2,00	
N°40	144,9	192,60	72,44	96,28	0,42	
N°100	5,65	198,25	2,82	99,1	0,15	
N°140	0,14	198,39	0,07	99,17	0,11	
N°200	0,88	199,27	0,44	99,61	0,07	
Fondo	0,76	200,03	0,38	99,99		
Total	200,03					

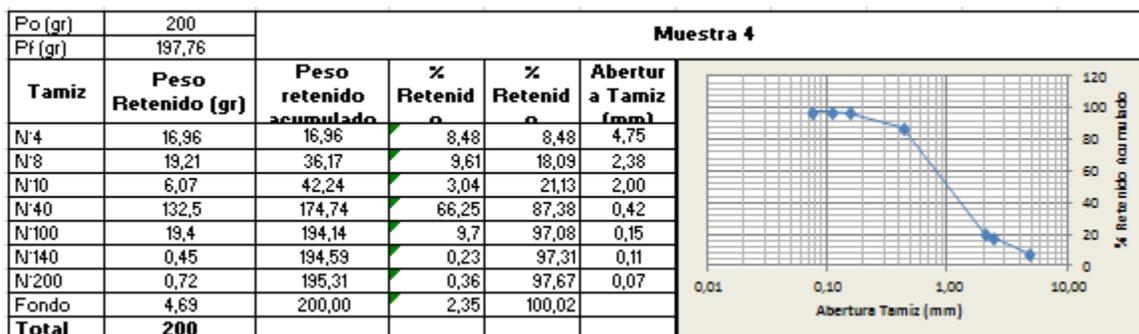
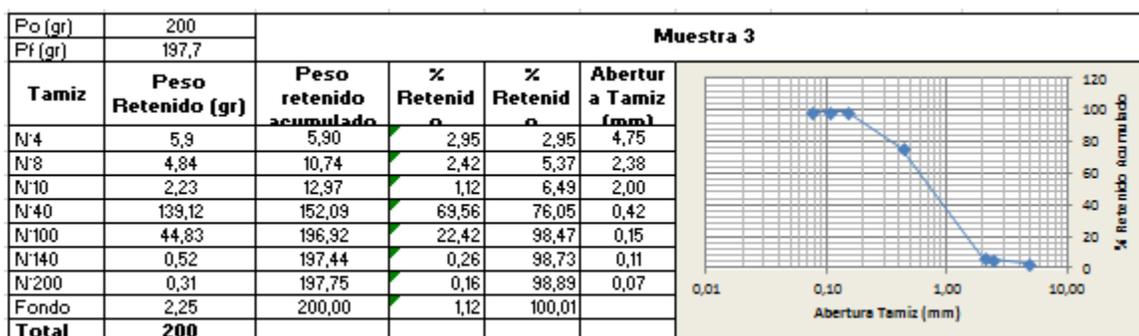
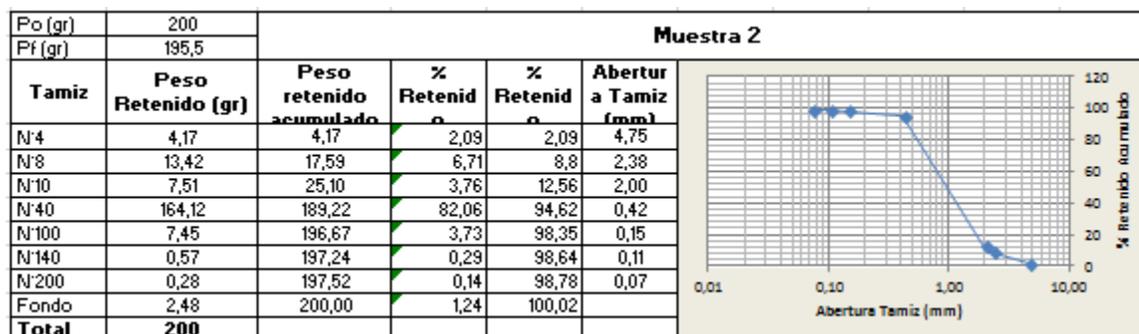
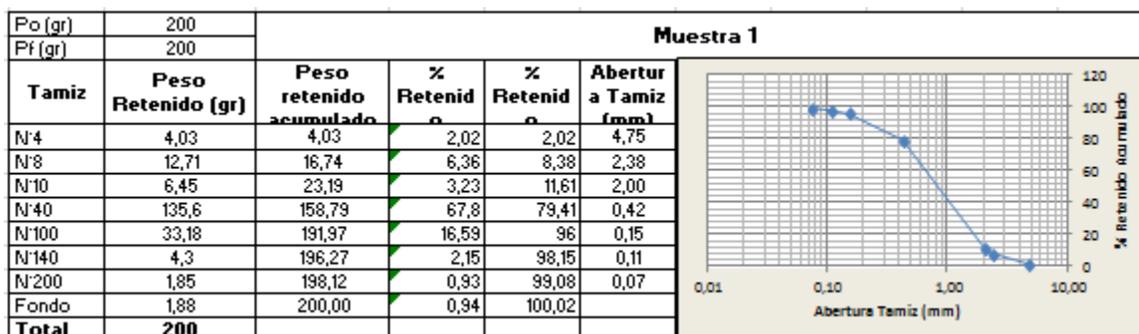
Po (gr)		Muestra 2				
Pf (gr)						
Tamiz	Peso Retenido (gr)	Peso retenido acumulado	% Retenido	% Retenido	Abertura a Tamiz (mm)	
N°4	27,5	27,50	13,75	13,75	4,75	
N°8	2,31	29,81	1,16	14,91	2,38	
N°10	120,2	150,01	60,1	75,01	2,00	
N°40	47,34	197,35	23,67	98,68	0,42	
N°100	0,21	197,56	0,11	98,79	0,15	
N°140	0,84	198,40	0,42	99,21	0,11	
N°200	0,08	198,48	0,04	99,25	0,07	
Fondo	1,52	200,00	0,76	100,01		
Total	200					

Po (gr)		Muestra 3				
Pf (gr)						
Tamiz	Peso Retenido	Peso retenido acumulado	% Retenido	% Retenido	Abertura a Tamiz (mm)	
N°4	8,57	8,57	4,29	4,29	4,75	
N°8	9,76	18,33	4,88	9,17	2,38	
N°10	3,85	22,18	1,93	11,1	2,00	
N°40	109,6	131,78	54,8	65,9	0,42	
N°100	65,26	197,04	32,63	98,53	0,15	
N°140	1,48	198,52	0,74	99,27	0,11	
N°200	0,46	198,98	0,23	99,5	0,07	
Fondo	1,02	200,00	0,51	100,01		
Total	200					

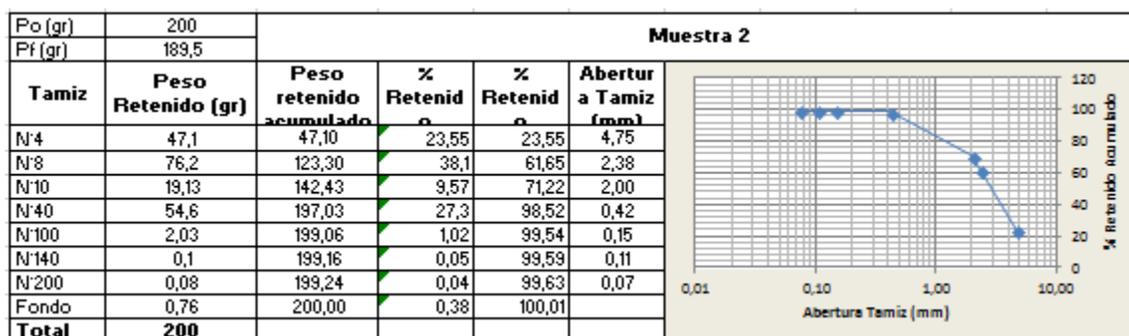
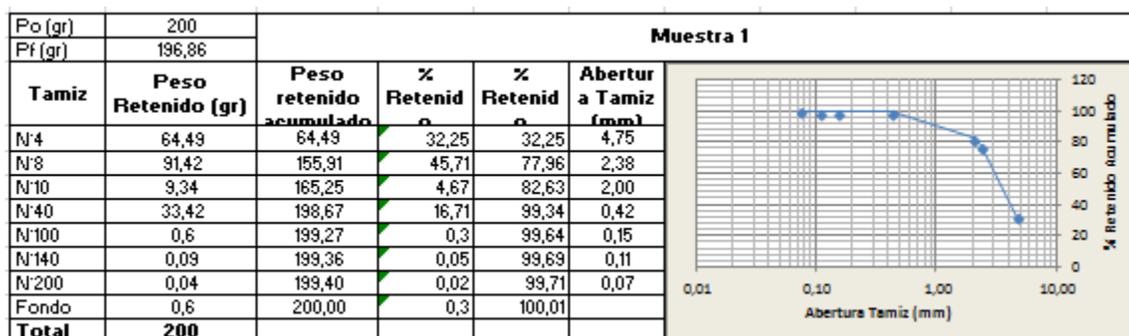
Po (gr)		Muestra 4				
Pf (gr)						
Tamiz	Peso Retenido	Peso retenido acumulado	% Retenido	% Retenido	Abertura a Tamiz (mm)	
N°4	6,27	6,27	3,14	3,14	4,75	
N°8	1,67	7,94	0,84	3,98	2,38	
N°10	0,47	8,41	0,24	4,22	2,00	
N°40	45,58	53,99	22,79	27,01	0,42	
N°100	137,2	191,19	68,6	95,61	0,15	
N°140	7,09	198,28	3,55	99,16	0,11	
N°200	0,55	198,83	0,28	99,44	0,07	
Fondo	1,17	200,00	0,58	100,02		
Total	200					

Muestras Recogidas el 6-Diciembre-2015

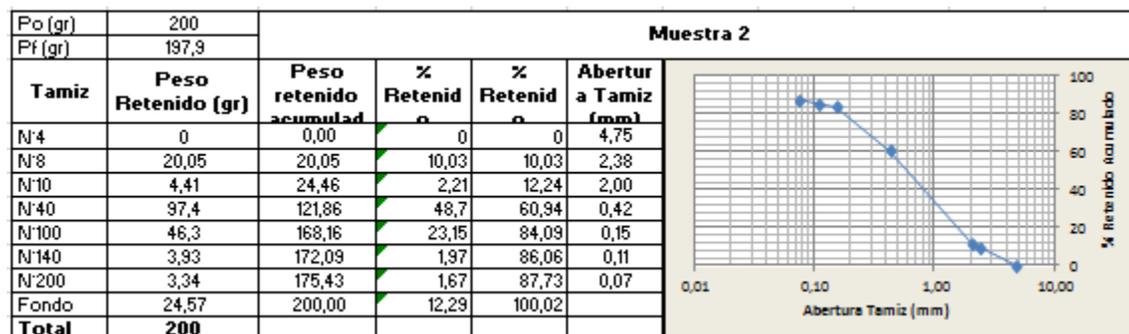
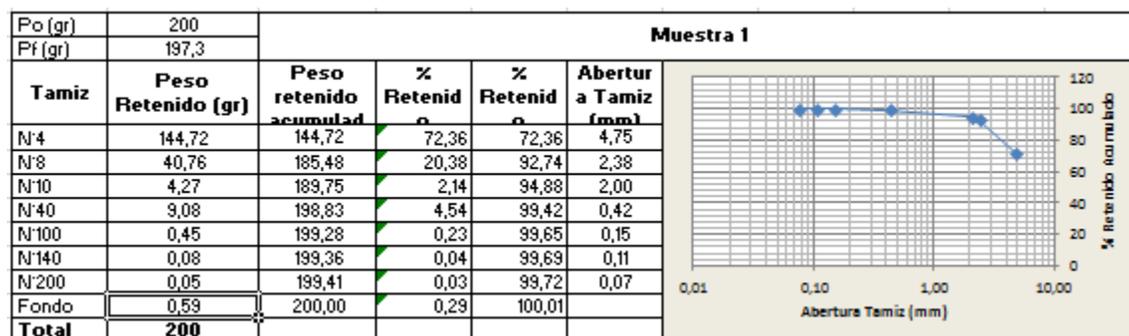
PERFIL F.

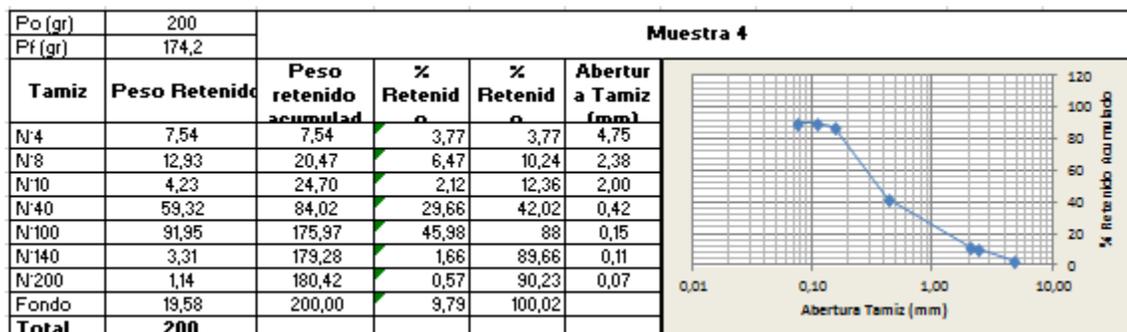
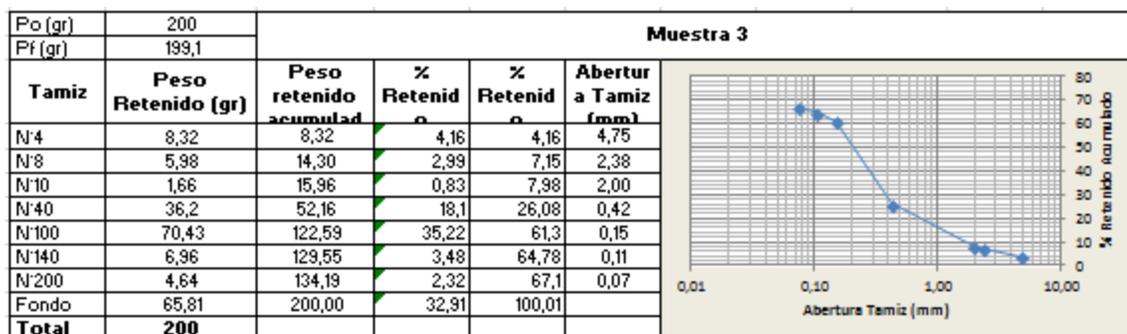


PERFIL E.

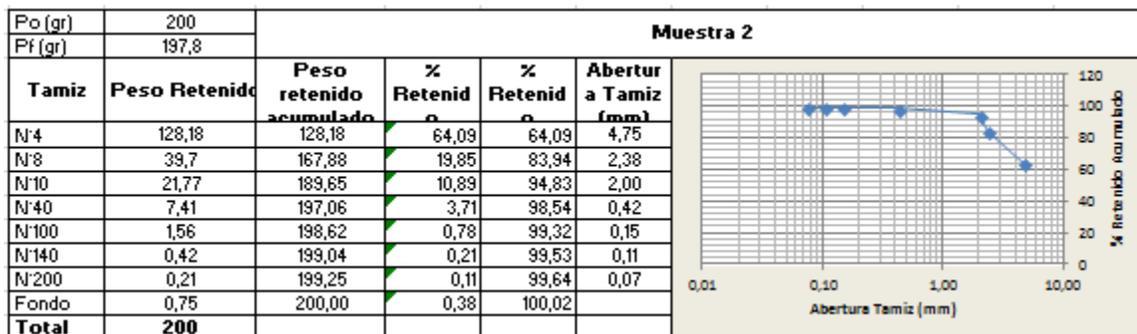
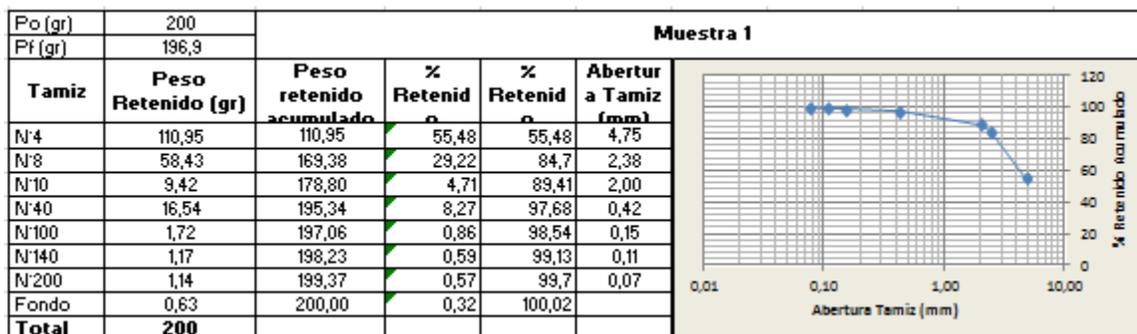


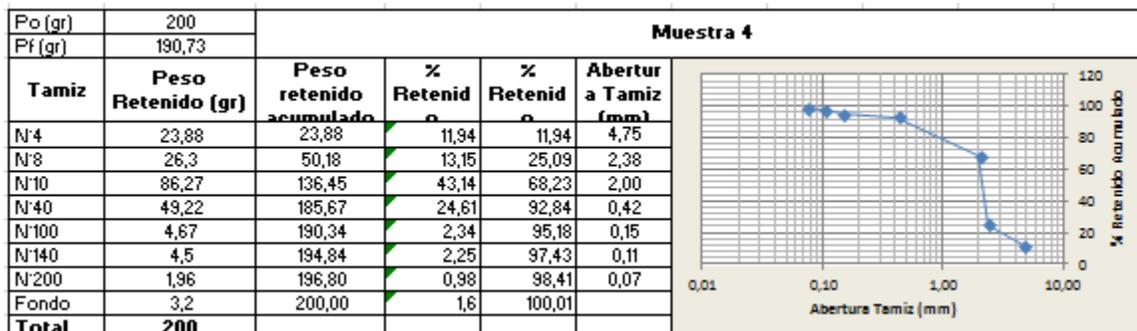
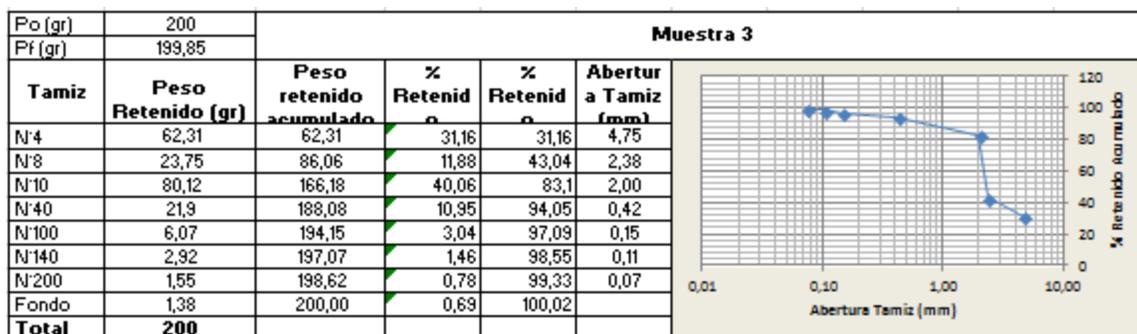
PERFIL D.



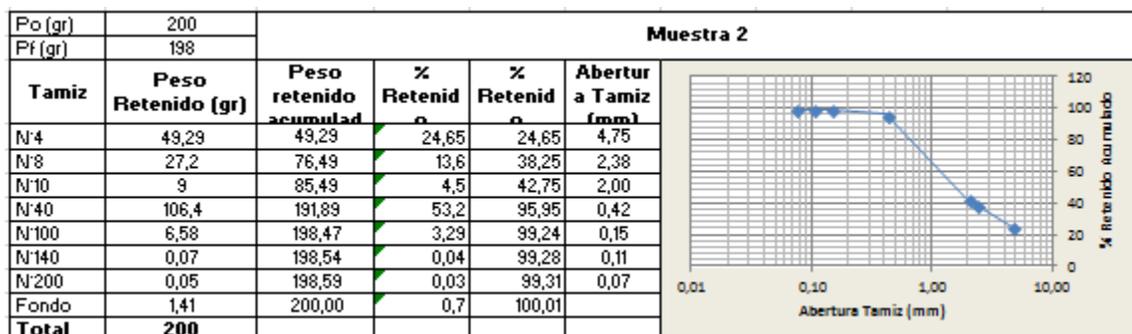
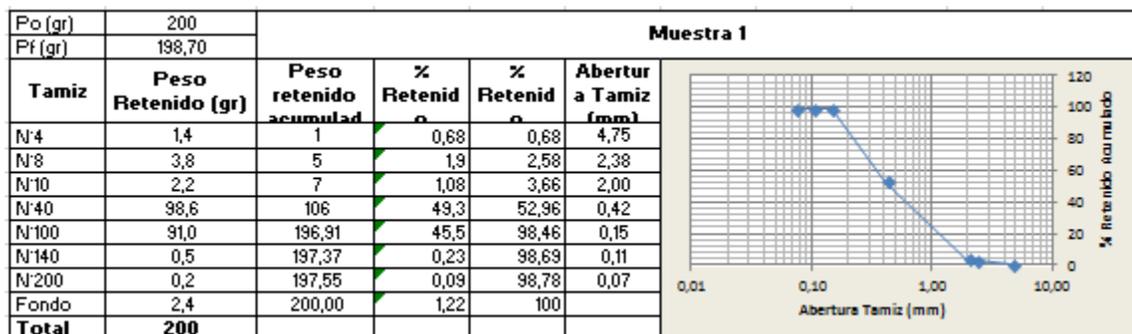


PERFIL C.





PERFIL B.



Po (gr)	200	Muestra 3				
Pf (gr)	197,94					
Tamiz	Peso Retenido (gr)	Peso retenido acumulado	% Retenido	% Retenido	Abertura a Tamiz (mm)	
N°4	163,47	163,47	81,74	81,74	4,75	
N°8	18,58	182,05	9,29	91,03	2,38	
N°10	0,30	182,35	0,15	91,18	2,00	
N°40	0,07	182,42	0,04	91,22	0,42	
N°100	0,20	182,62	0,1	91,32	0,15	
N°140	10,70	193,32	5,35	96,67	0,11	
N°200	5,20	198,52	2,6	99,27	0,07	
Fondo	1,48	200,00	0,74	100,01		
Total	200,00					

Po (gr)	200	Muestra 4				
Pf (gr)	197,76					
Tamiz	Peso Retenido (gr)	Peso retenido acumulado	% Retenido	% Retenido	Abertura a Tamiz (mm)	
N°4	0,00	0,00	0	0	4,75	
N°8	5,52	5,52	2,76	2,76	2,38	
N°10	3,46	8,98	1,73	4,49	2,00	
N°40	71,64	80,62	35,82	40,31	0,42	
N°100	105,53	186,15	52,77	93,08	0,15	
N°140	10,53	196,68	5,27	98,35	0,11	
N°200	0,54	197,22	0,27	98,62	0,07	
Fondo	2,78	200,00	1,39	100,01		
Total	200,00					

PERFIL A.

Po (gr)	200	Muestra 1				
Pf (gr)	198,1					
Tamiz	Peso Retenido (gr)	Peso retenido acumulado	% Retenido	% Retenido	Abertura a Tamiz (mm)	
N°4	153,94	153,94	76,97	76,97	4,75	
N°8	29,42	183,36	14,71	91,68	2,38	
N°10	12,4	195,76	6,2	97,88	2,00	
N°40	2,23	197,99	1,12	99	0,42	
N°100	0,57	198,56	0,29	99,29	0,15	
N°140	0,05	198,61	0,03	99,32	0,11	
N°200	0,18	198,79	0,09	99,41	0,07	
Fondo	1,21	200,00	0,6	100,01		
Total	200					

Po (gr)	200	Muestra 2				
Pf (gr)	197					
Tamiz	Peso Retenido (gr)	Peso retenido acumulado	% Retenido	% Retenido	Abertura a Tamiz (mm)	
N°4	81,49	81,49	40,75	40,75	4,75	
N°8	31,54	113,03	15,77	56,52	2,38	
N°10	17,3	130,33	8,65	65,17	2,00	
N°40	2,95	133,28	1,48	66,65	0,42	
N°100	62,9	196,18	31,45	98,1	0,15	
N°140	0,63	196,81	0,32	98,42	0,11	
N°200	0,34	197,15	0,17	98,59	0,07	
Fondo	2,85	200,00	1,43	100,02		
Total	200					

Po (gr)	200	Muestra 3					
Pf (gr)	199,0	Tamiz	Peso Retenido	Peso retenido acumulado	% Retenido	% Retenido	Abertura Tamiz (mm)
		N#4	26,3	26,30	13,15	13,15	4,75
		N#8	0,36	26,66	0,18	13,33	2,38
		N#10	0,32	26,98	0,16	13,49	2,00
		N#40	27,4	54,38	13,7	27,19	0,42
		N#100	138	192,38	68,99	96,18	0,15
		N#140	3,2	195,58	1,6	97,78	0,11
		N#200	0,75	196,33	0,37	98,15	0,07
		Fondo	3,69	200,02	1,84	99,99	
		Total	200,02				

Po (gr)	200	Muestra 4					
Pf (gr)	199,8	Tamiz	Peso Retenido	Peso retenido acumulado	% Retenido	% Retenido	Abertura Tamiz (mm)
		N#4	94,8	94,80	47,39	47,39	4,75
		N#8	6,7	101,50	3,35	50,74	2,38
		N#10	4,8	106,30	2,4	53,14	2,00
		N#40	79,4	185,70	39,69	92,83	0,42
		N#100	12,45	198,15	6,22	99,05	0,15
		N#140	0,16	198,31	0,08	99,13	0,11
		N#200	0,12	198,43	0,06	99,19	0,07
		Fondo	1,62	200,05	0,81	100	
		Total	200,05				

Muestras Recogidas el 17-Diciembre-2015

PERFIL F.

Po (gr)	200	Muestra 1					
Pf (gr)	199,08	Tamiz	Peso Retenido (gr)	Peso retenido acumulado	% Retenido	% Retenido	Abertura Tamiz (mm)
		N#4	28,38	28,38	14,26	14,26	4,75
		N#8	42,26	70,64	21,23	35,49	2,38
		N#10	5,71	76,35	2,87	38,36	2,00
		N#40	99,08	175,43	49,77	88,13	0,42
		N#100	20,15	195,58	10,12	98,25	0,15
		N#140	2,42	198,00	1,22	99,47	0,11
		N#200	0,98	198,98	0,49	99,96	0,07
		Fondo	0,1	199,08	0,05	100,01	
		Total	199,08				

Po (gr)	200	Muestra 2					
Pf (gr)	195,5	Tamiz	Peso Retenido (gr)	Peso retenido acumulado	% Retenido	% Retenido	Abertura Tamiz (mm)
		N#4	13,49	13,49	6,76	6,76	4,75
		N#8	18,07	31,56	9,05	15,81	2,38
		N#10	5,81	37,37	2,91	18,72	2,00
		N#40	145,65	183,02	72,96	91,68	0,42
		N#100	16,22	199,24	8,13	99,81	0,15
		N#140	0,2	199,44	0,1	99,91	0,11
		N#200	0,06	199,50	0,03	99,94	0,07
		Fondo	0,13	199,63	0,07	100,01	
		Total	199,63				

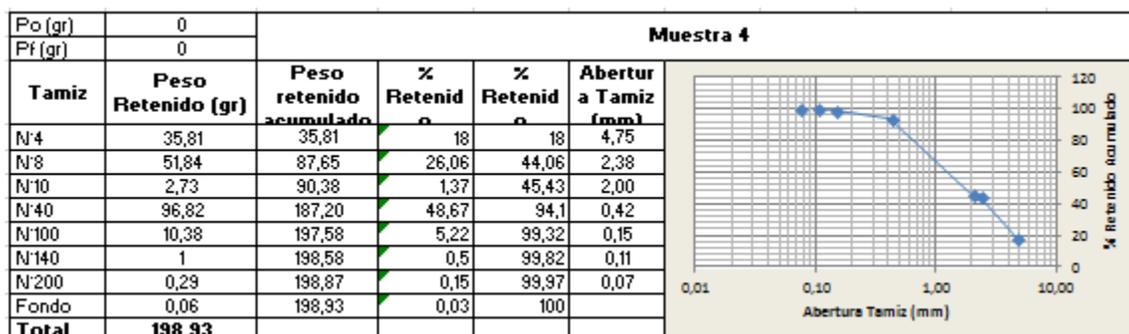
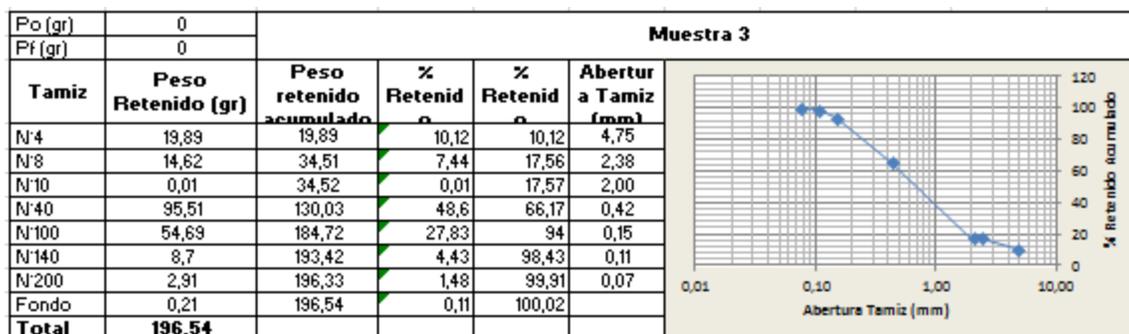
Po (gr)	200	Muestra 3				
Pf (gr)	197,7					
Tamiz	Peso Retenido (gr)	Peso retenido acumulado	% Retenido	% Retenido	Abertura a Tamiz (mm)	
N°4	17,21	17,21	8,66	8,66	4,75	
N°8	13,71	30,92	6,9	15,56	2,38	
N°10	4,26	35,18	2,14	17,7	2,00	
N°40	144,63	179,81	72,81	90,51	0,42	
N°100	18,3	198,11	9,21	99,72	0,15	
N°140	0,32	198,43	0,16	99,88	0,11	
N°200	0,22	198,65	0,11	99,99	0,07	
Fondo	0	198,65	0	99,99		
Total	198,65					

Po (gr)	200	Muestra 4				
Pf (gr)	197,76					
Tamiz	Peso Retenido (gr)	Peso retenido acumulado	% Retenido	% Retenido	Abertura a Tamiz (mm)	
N°4	6,6	6,60	3,98	3,98	4,75	
N°8	7,15	13,75	4,31	8,29	2,38	
N°10	3,11	16,86	1,87	10,16	2,00	
N°40	125,21	142,07	75,43	85,59	0,42	
N°100	18,24	160,31	10,99	96,58	0,15	
N°140	1,83	162,14	1,1	97,68	0,11	
N°200	3,4	165,54	2,05	99,73	0,07	
Fondo	0,46	166,00	0,28	100,01		
Total	166					

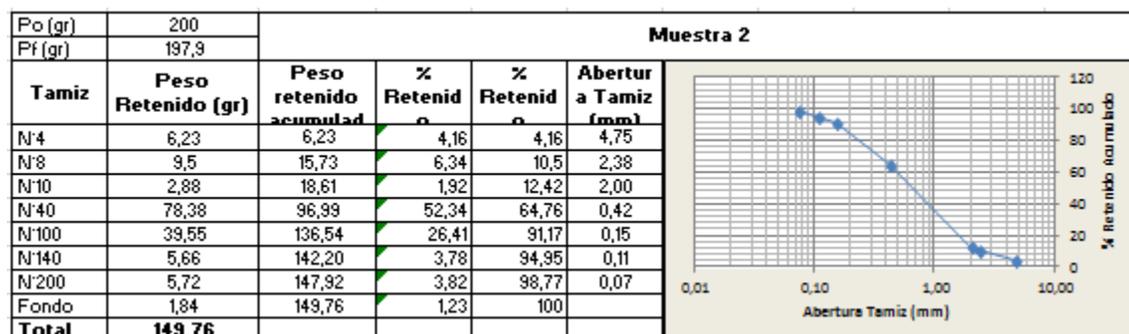
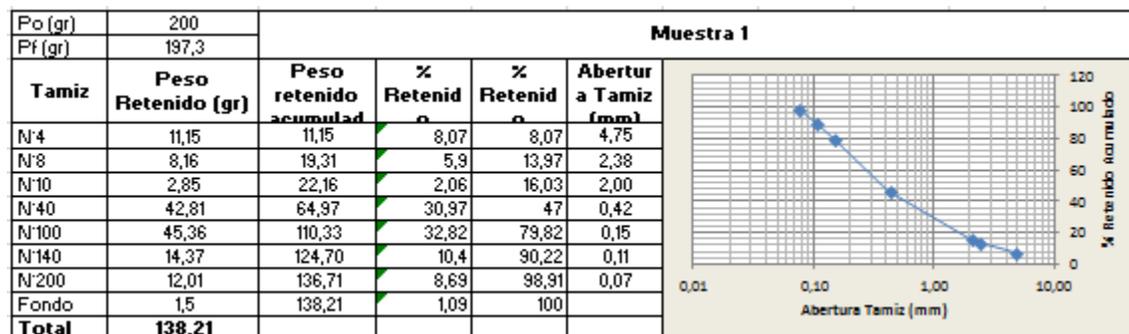
PERFIL E.

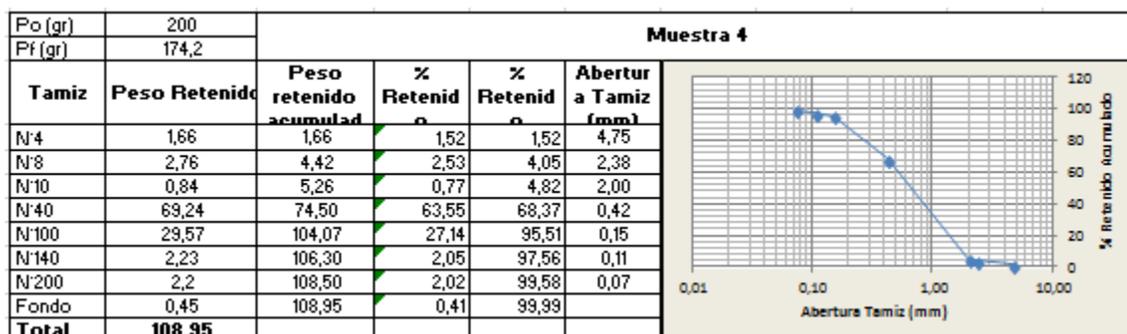
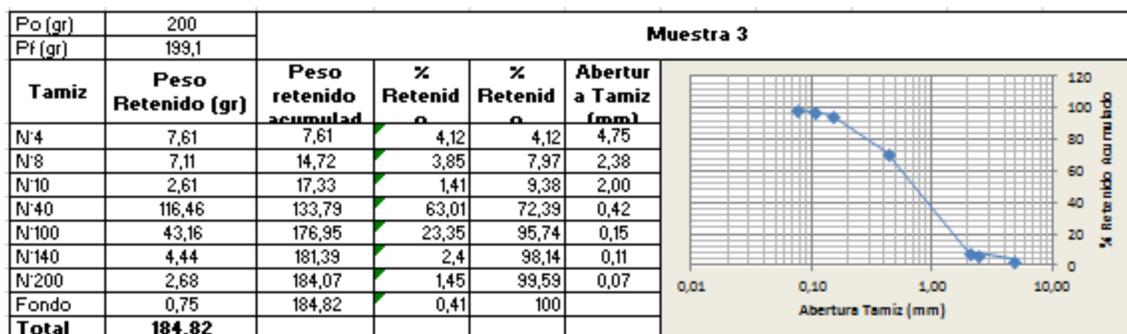
Po (gr)	200	Muestra 1				
Pf (gr)	196,86					
Tamiz	Peso Retenido (gr)	Peso retenido acumulado	% Retenido	% Retenido	Abertura a Tamiz (mm)	
N°4	62,73	62,73	31,36	31,36	4,75	
N°8	84,32	147,05	42,16	73,52	2,38	
N°10	11,86	158,91	5,93	79,45	2,00	
N°40	38,56	197,47	19,28	98,73	0,42	
N°100	2,25	199,72	1,12	99,85	0,15	
N°140	0,26	199,98	0,13	99,98	0,11	
N°200	0,03	200,01	0,01	99,99	0,07	
Fondo	0	200,01	0	99,99		
Total	200,01					

Po (gr)	200	Muestra 2				
Pf (gr)	189,5					
Tamiz	Peso Retenido (gr)	Peso retenido acumulado	% Retenido	% Retenido	Abertura a Tamiz (mm)	
N°4	38,7	38,70	19,37	19,37	4,75	
N°8	31,7	70,40	15,87	35,24	2,38	
N°10	11,86	82,26	5,94	41,18	2,00	
N°40	108,1	190,36	54,11	95,29	0,42	
N°100	9,1	199,46	4,56	99,85	0,15	
N°140	0,29	199,75	0,15	100	0,11	
N°200	0,03	199,78	0,02	100,02	0,07	
Fondo	0	199,78	0	100,02		
Total	199,78					

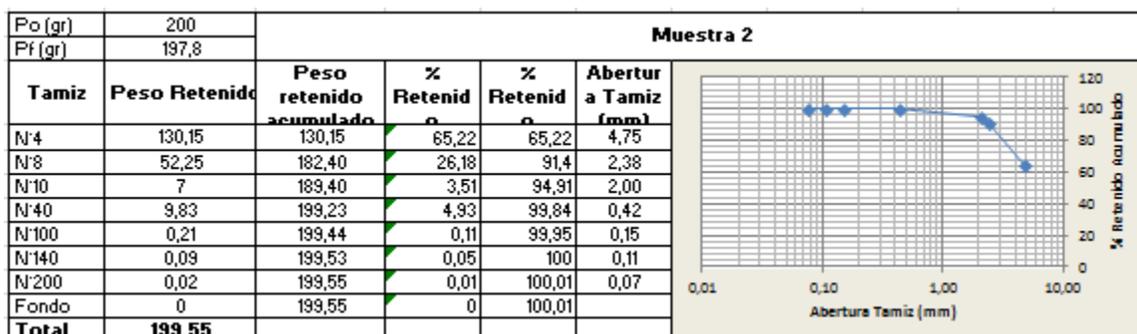
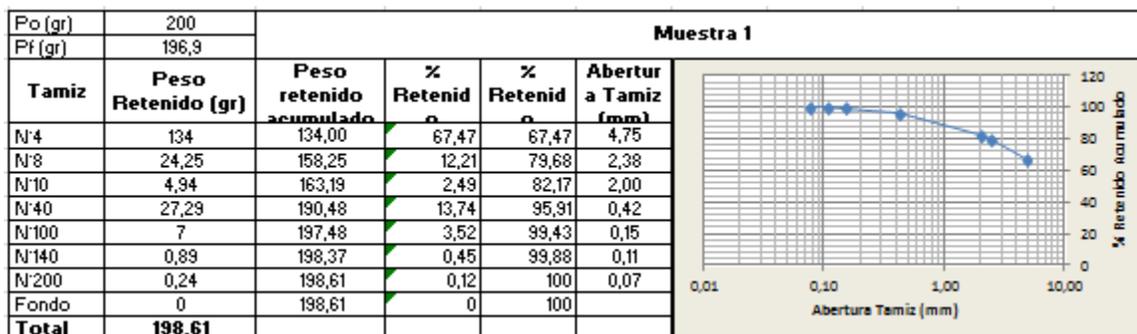


PERFIL D.





PERFIL C.



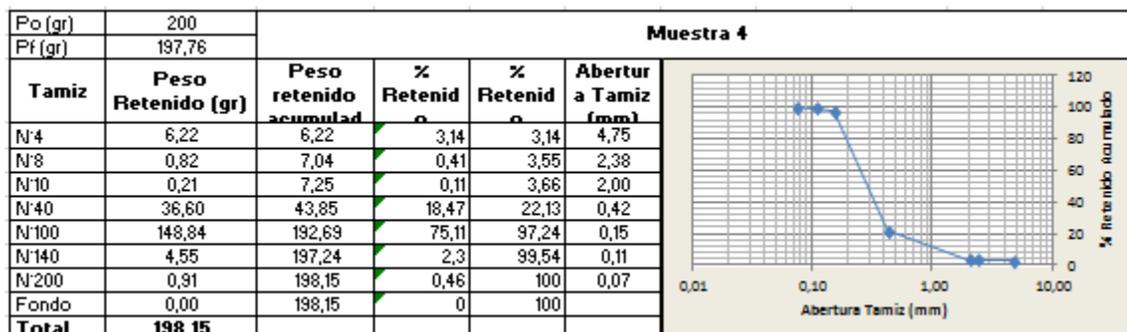
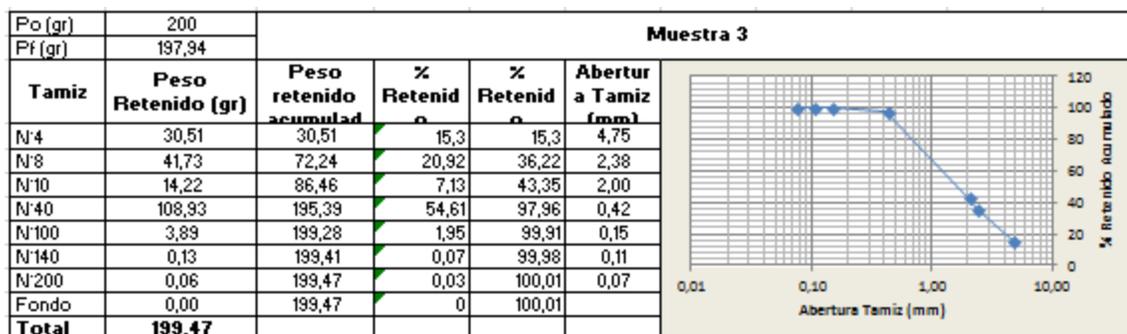
Po (gr)	200	Muestra 3					
Pf (gr)	199,85	Tamiz	Peso Retenido (gr)	Peso retenido acumulado	% Retenido	% Retenido	Abertura a Tamiz (mm)
		N#4	163,37	163,37	82,24	82,24	4,75
		N#8	19,48	182,85	9,81	92,05	2,38
		N#10	3,58	186,43	1,8	93,85	2,00
		N#40	9,9	196,33	4,98	98,83	0,42
		N#100	1,2	197,53	0,6	99,43	0,15
		N#140	0,74	198,27	0,37	99,8	0,11
		N#200	0,39	198,66	0,2	100	0,07
		Fondo	0	198,66	0	100	
		Total	198,66				

Po (gr)	200	Muestra 4					
Pf (gr)	190,73	Tamiz	Peso Retenido (gr)	Peso retenido acumulado	% Retenido	% Retenido	Abertura a Tamiz (mm)
		N#4	119,6	119,60	59,95	59,95	4,75
		N#8	32,14	151,74	16,11	76,06	2,38
		N#10	9,03	160,77	4,53	80,59	2,00
		N#40	35,24	196,01	17,66	98,25	0,42
		N#100	1,6	197,61	0,8	99,05	0,15
		N#140	1,11	198,72	0,56	99,61	0,11
		N#200	0,74	199,46	0,37	99,98	0,07
		Fondo	0,04	199,50	0,02	100	
		Total	199,5				

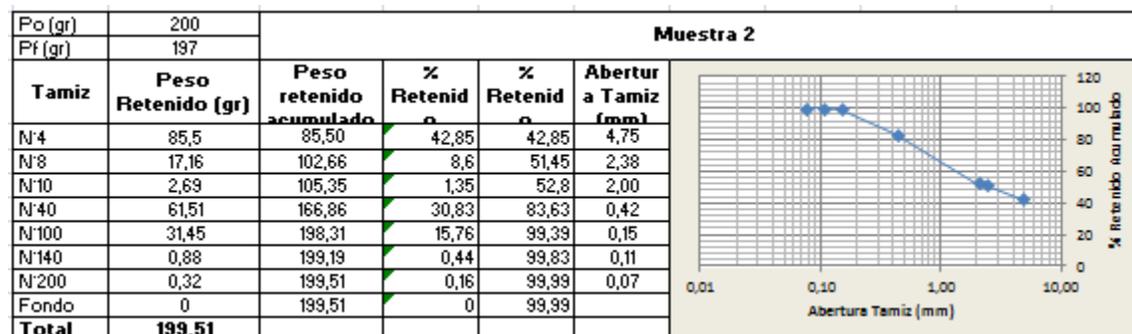
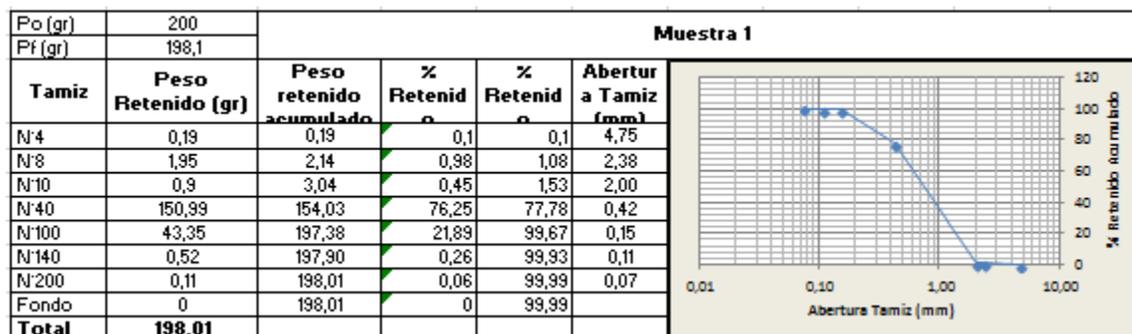
PERFIL B.

Po (gr)	200	Muestra 1					
Pf (gr)	198,70	Tamiz	Peso Retenido (gr)	Peso retenido acumulado	% Retenido	% Retenido	Abertura a Tamiz (mm)
		N#4	1,25	1	0,63	0,63	4,75
		N#8	5,69	7	2,86	3,49	2,38
		N#10	2,80	10	1,41	4,9	2,00
		N#40	167,14	177	84,08	88,98	0,42
		N#100	21,15	198,03	10,64	99,62	0,15
		N#140	0,57	198,60	0,29	99,91	0,11
		N#200	0,18	198,78	0,09	100	0,07
		Fondo	0,00	198,78	0	100	
		Total	198,8				

Po (gr)	200	Muestra 2					
Pf (gr)	198	Tamiz	Peso Retenido (gr)	Peso retenido acumulado	% Retenido	% Retenido	Abertura a Tamiz (mm)
		N#4	37,61	37,61	18,88	18,88	4,75
		N#8	12,2	49,81	6,12	25	2,38
		N#10	3,68	53,49	1,85	26,85	2,00
		N#40	107,65	161,14	54,04	80,89	0,42
		N#100	37,6	198,74	18,87	99,76	0,15
		N#140	0,32	199,06	0,16	99,92	0,11
		N#200	0,15	199,21	0,08	100	0,07
		Fondo	0	199,21	0	100	
		Total	199,21				



PERFIL A.



Po (gr)	200	Muestra 3					
Pf (gr)	199,0	Tamiz	Peso Retenido	Peso retenido acumulado	% Retenido	% Retenido	Abertura Tamiz (mm)
		N4	85,14	85,14	42,96	42,96	4,75
		N8	10	95,14	5,05	48,01	2,38
		N10	3,06	98,20	1,54	49,55	2,00
		N40	66,8	165,00	33,71	83,26	0,42
		N100	31,9	196,90	16,1	99,36	0,15
		N140	0,93	197,83	0,47	99,83	0,11
		N200	0,34	198,17	0,17	100	0,07
		Fondo	0	198,17	0	100	
		Total	198,17				

Po (gr)	200	Muestra 4					
Pf (gr)	199,8	Tamiz	Peso Retenido	Peso retenido acumulado	% Retenido	% Retenido	Abertura Tamiz (mm)
		N4	19,73	19,73	9,99	9,99	4,75
		N8	1,21	20,94	0,61	10,6	2,38
		N10	0,29	21,23	0,15	10,75	2,00
		N40	30,85	52,08	15,62	26,37	0,42
		N100	137,54	189,62	69,65	96,02	0,15
		N140	5,98	195,60	3,03	99,05	0,11
		N200	1,87	197,47	0,95	100	0,07
		Fondo	0	197,47	0	100	
		Total	197,47				

Anexos B.

Fotografías satelitales de Google Earth.

Línea de costa 2005.



Fuente. Tomada de Google Earth, modificada por autores.

Línea de costa 2009.



Fuente. Tomada de Google Earth, modificada por autores.

Línea de costa 2015.



Fuente. Tomada de Google Earth, modificada por autores.

Línea de costa 2016.



Fuente. Tomada de Google Earth, modificada por autores.