

# INFORME FINAL

## Proyecto para la rehabilitación de la playa de Viento Frío Colón, Panamá



La Habana, Cuba  
Agosto / 2022



**"EVALUACIÓN DE IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LAS COSTAS  
ARENOSAS DEL CARIBE: ALTERNATIVAS PARA SU CONTROL Y RESILIENCIA"**

# **Proyecto ejecutivo para la rehabilitación de la playa Viento Frío, Colón, República de Panamá.**



**August 2022**

---

---

## AUTORES

---

ING. VLADIMIR CABALLERO CAMEJO<sup>1</sup>

MSC. MIGUEL IZQUIERDO ÁLVAREZ<sup>1</sup>

DR. ERNESTO TRISTÁ BARRERA<sup>1</sup>

---

## COLABORADORES

---

MSC. LEONEL IVÁN PEÑA FUENTES<sup>1</sup>

ING. CESAR OSVALDO NÚÑEZ GONZÁLEZ<sup>1</sup>

TÉC. ADRIÁN NIEVARES PÉREZ<sup>2</sup>

---

1. Inversiones GAMMA SA
2. Instituto de Ciencias del Mar (ICIMAR)

## **AGRADECIMIENTOS**

Para la culminación de este Proyecto, fue necesaria la valiosa contribución de la Asociación de Estados del Caribe, en especial de su Secretaría y la Dirección de Reducción de Riesgos de Desastres, nuestro eterno agradecimiento:

- A Su Excelencia Rodolfo Sabonge, Secretario General de la AEC, por su confianza y apoyo a nuestra institución y al desarrollo exitoso del proyecto.
- A Mrs. Ana Leticia Ramírez Cuevas, directora de la Dirección de Reducción de Riesgos de Desastres, por su contribución en la puesta en marcha y finalización del presente proyecto.
- A Mr. Colin Peter Jack, Project Manager Sandy Shorelines Project, por su colaboración y apoyo en la coordinación de los aseguramientos y logística para la ejecución de los trabajos de campo.

Al Ministerio del Ambiente de Panamá (MiAmbiente), especialmente a la Dr. Ligia Castro, directora de la Dirección de Cambio Climático y la Lic. Maribel Pinto, funcionaria de la misma dirección.

A la Dirección de Mares y Costas del propio Ministerio, especialmente la al Dr. Marino Abrego y su equipo de especialistas por el apoyo en los trabajos de mar.

Al Instituto Geográfico Nacional "Tommy Guardia" (IGNTG), especialmente a los especialistas del Departamento de Geofísica y Estudios Especiales por su contribución en la creación de la base de levantamientos topográficos.

A la sub-representante del poblado de Viento Frío y su Juez de Paz, así como a los pobladores en general por su apoyo y acogida.

A la Embajada de Cuba en Panamá y su embajadora Lydia Margarita González Navarro, que junto a su equipo brindaron un apoyo decisivo en la ejecución de los proyectos.

## CONTENIDO

<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>II. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....</b>	<b>3</b>
<b>III. MATERIALES Y METODOS .....</b>	<b>6</b>
<b>IV. CARACTERÍSTICAS FÍSICO GEOGRÁFICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO.....</b>	<b>15</b>
IV.1. EVALUACIÓN DE LA PLAYA Y ESTADO ACTUAL .....	18
IV.2. CARACTERIZACIÓN DEL RÉGIMEN HIDRODINÁMICO.....	26
IV.3. CARACTERIZACIÓN DE LA DINÁMICA DE OLAS MEDIANTE EL MODELADO DE FRENTE DE ONDA. ....	34
IV.4. EVIDENCIAS Y CAUSAS DEL PROCESO DE EROSIÓN.....	39
<b>V. ESTRATEGIA PARA LA RECUPERACIÓN Y PROTECCIÓN DEL SECTOR COSTERO DE VIENTO FRÍO.....</b>	<b>44</b>
V.1. MEDIDAS A CORTO Y MEDIANO PLAZO.....	45
V.2. MEDIDAS A LARGO PLAZO.....	51
V.3. ZONA DE PRÉSTAMO.....	51
V.4. IDONEIDAD DE LA ARENA A EMPLEAR.....	59
V.5. CÁLCULO DEL VOLUMEN DE RELLENO .....	61
<b>VI. EFECTIVIDAD ESPERADA DEL PROYECTO .....</b>	<b>69</b>
<b>VII. FORMA DE EJECUCIÓN DE LAS OBRAS Y TIEMPO ESTIMADO.....</b>	<b>71</b>
VII.1. FORMA DE EJECUCIÓN DE LAS OBRAS .....	71
VII.2. TIEMPO ESTIMADO.....	73
<b>VIII. COSTOS ESTIMADOS .....</b>	<b>75</b>
<b>IX. PROPUESTA DE PROGRAMA DE MONITOREO.....</b>	<b>76</b>
<b>X. CONSIDERACIONES AMBIENTALES .....</b>	<b>78</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>95</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>97</b>
ANEXO 1.....	98
ANEXO 2.....	132

## **PROYECTO EJECUTIVO PARA LA REHABILITACIÓN DE LA PLAYA DE VIENTO FRÍO, COLÓN, REPÚBLICA DE PANAMÁ**

### **REPORTE FINAL**

#### **I. INTRODUCCIÓN**

En el mes de enero de 2021 se firmó el contrato 2/DECS/2021/01SS entre la Asociación de Estados del Caribe (AEC) y la Empresa Inversiones GAMMA S.A, perteneciente al Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente de Cuba, con el objetivo de elaborar tres proyectos ejecutivos de rehabilitación de playas en Viento Frío, Colón, República de Panamá, Runaway Bay, Antigua & Barbuda y Bonasse, Cedros Bay, República de Trinidad & Tobago.

Sin embargo, debido a los efectos de la pandemia de COVID 19, que afectó a todo el planeta y tuvo un impacto directo sobre la disponibilidad de vuelos internacionales, fue necesario ajustar el cronograma inicial de trabajo, razón por la cual se elabora y aprueba el Suplemento No. 1 al Contrato, mediante el cual se acuerda iniciar los trabajos de campo en el mes de septiembre de 2021, en lugar de la fecha originalmente prevista para marzo del mismo año.

Para julio de 2021, se acuerda, entre AEC y GAMMA, priorizar el trabajo a distancia entre especialistas de GAMMA y de los Puntos Focales, iniciando el intercambio de información y las gestiones para el apoyo logístico de las expediciones de campo a iniciarse en la República de Panamá.

Este propio mes, GAMMA entrega a la AEC el Informe de Inicio del Servicio, así como un Plan de Contingencia dirigido a enfrentar las dificultades existentes impuestas por la situación sanitaria que afectaba a los países involucrados en el proyecto y su impacto en los vuelos internacionales, que todavía limitaban las posibilidades de iniciar en las fechas previstas los trabajos de campo de los proyectos.

En correspondencia con el Plan de Contingencia y como resultado de la gestión de GAMMA con las líneas aéreas y la embajada de Cuba en Panamá, un grupo de avanzada de seis técnicos cubanos pudieron realizar el viaje a ese país, junto al equipamiento necesario para iniciar los trabajos de campo en la playa de Viento Frío, el 13 de agosto de 2021, 18 días antes de la fecha comprometida en el Suplemento No. 1 (1 de septiembre de 2021).

Los trabajos de campo concebidos en la Tarea Técnica y que formaban parte del contrato para elaborar el proyecto ejecutivo de recuperación de la playa de Viento Frío, fueron concluidos satisfactoriamente en los primeros días del mes de octubre.

Entre los principales resultados de esta etapa se destacan: la determinación del funcionamiento del sistema costero, la cartografía, a escala detallada, de la zona costera, la batimetría del fondo marino, los muestreos de sedimentos de la playa y la pendiente submarina, el análisis granulométrico de las muestras de arena colectadas en un laboratorio de campaña y el estudio y determinación de los depósitos de arena marina y terrestres para su posible utilización como zona de préstamo en la rehabilitación y protección de la playa de Viento Frío.

En el presente informe se presentan los resultados de las tareas realizadas durante los trabajos de campo, así como del estudio completo y el diseño de las soluciones que se proponen para la rehabilitación de este sector costero, dando cumplimiento al compromiso contraído con la AEC.

## II. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El continuo proceso de erosión a que están sometidas las costas del caribe, tanto en los pequeños estados insulares como en aquellos estados continentales que forman toda su cuenca, ha sido motivo constante de preocupación y discusión en las diferentes cumbres de jefes de estado de la Asociación de Estados del Caribe (AEC), así como en otros foros y encuentros internacionales.

La pérdida de territorios a causa de la erosión costera, las afectaciones a la agricultura, a la infraestructura, las comunidades y el deterioro de las condiciones para ofertar un producto turístico de calidad, que para muchos de estos estados es su fuente principal de ingresos, constituye un problema que pasa a ser de máxima prioridad para su propia subsistencia.

Entendiendo esta problemática, la Asociación de Estados el Caribe (AEC), con la asistencia de la Agencia Internacional de Colaboración de Corea del Sur (KOICA) y la supervisión técnica del Instituto Coreano de Ciencia y Tecnología del Océano (KIOST), desarrollan el proyecto “Evaluación del Impacto del Cambio Climático en las costas arenosas del Caribe: alternativas para su control y resiliencia”, que incluye la Componente 4., 4.1 Proyectos de Rehabilitación de Playas en Panamá, Antigua & Barbuda y Trinidad & Tobago.

En el caso de Panamá, con una extensión de 1.287,7 Km de costas en la cuenca del Caribe, esta se caracteriza por la proximidad de las montañas al mar con una gran diversidad de ambientes. Específicamente, en la zona central, donde se encuentra el poblado y la Playa de Viento Frío, existen una sucesión de playas angostas entre acantilados, habitadas en su mayoría por una población mayormente calificada dentro de los distritos como en pobreza extrema, lo cual la pone en una mayor posición de riesgo ante los efectos del cambio climático. (MiAmbiente, 2019).

Según se describe en el informe: “Tercera comunicación nacional sobre cambio climático de Panamá” (MiAmbiente, 2019), es de resaltar el impacto latente debido al ascenso del nivel del mar. Si bien se carece de registros con suficiente cobertura en las costas nacionales, existen evidencias de su aumento tanto por registros puntuales como por la percepción local de moradores ante la pérdida de costas e infraestructura local.

Continuando con este informe se plantea que; tan sólo los datos de mareógrafos indica que en Puerto Colón (referido como la costa caribeña de Panamá) el nivel medio del mar aumentó 1.4 mm por año durante el periodo 1909 y 1979 (USAID-BIOMARCC-GIZ, 2013). Lo anterior, en términos relativos, implica un aumento de casi 10 cm para esos 70 años. Sin embargo, el mismo estudio también analiza dicho factor mediante datos satelitales para el

periodo 1992-2012, e indica un aumento de 1.8 mm por año, lo que es equivalente a 3.65 cm de aumento total para este último periodo, representando un retroceso de las playas entre 3.5 y 7 metros en 40 años.

A diferencia de muchos de los estados de la región, el desarrollo del turismo hacia las costas caribeñas de Panamá, se encuentra en un estado incipiente. Con la excepción del Archipiélago de Bocas del Toro, en el extremo occidental, la zona de Portobelo en la región central y el Archipiélago de San Blas, en la reserva Guna Yala, hacia el oriente del país, además de otros pequeños emprendimientos, que presentan algún desarrollo turístico, las actividades económicas en la zona se concentran en la pesca, la agricultura y la ganadería.

En el caso de Viento Frío, ubicado en la región central del caribe panameño, es un poblado compuesto por un total de 300 familias aproximadamente, con una playa angosta de 450 m de longitud y protegida en su frente de las olas de mar abierto por una barrera arrecifal con un alto grado de deterioro. No obstante, con una simple observación de su sector costero, se puede detectar que la misma ha estado sometida a un intenso proceso de erosión, cuyas causas son motivo de un análisis detallado en el desarrollo del presente informe de proyecto. (Foto 1)



**Foto 1. Vista general de la playa en Viento Frío desde su extremo este.**

Ante este panorama, la ejecución de un proyecto de rehabilitación o mejoramiento de esta playa debe buscar el objetivo principal de mejorar las condiciones estéticas de la misma, influyendo además en una protección más efectiva del poblado ante el efecto de la sobre elevación del nivel del mar provocado por el Cambio Climático y con ello, mejorar las condiciones de vida de la población local. Con una mejor playa, el poblado puede incentivar

las actividades de óseo y recreación, creado nuevas oportunidades de empleo e ingresos a sus pobladores.

Las soluciones que se proponen y diseñan en el presente proyecto, responden a este objetivo, bajo la premisa de no comprometer la aplicación de nuevas actuaciones para afrontar los efectos del aumento del nivel del mar en escenarios futuros de cambio climático. Además, se basan en la comprensión del funcionamiento del sistema costero y de aplicar soluciones económica y ambientalmente viables.

### III. MATERIALES Y METODOS

#### - Topografía

Para el establecimiento de la base topográfica de los levantamientos, se realizó, gracias al apoyo de la Dirección de Cambio Climático del Ministerio del Ambiente (MiAmbiente), el día 16 de agosto, un encuentro con la dirección del Instituto Geográfico Nacional “Tommy Guardia” (IGNTG), entidad rectora del gobierno de Panamá para los trabajos de Geodesia, Topografía, Cartografía e Hidrografía a nivel nacional. El objetivo de este intercambio fue conocer las metodologías en trabajo en el país, existencia de puntos de la red geodésica en la región y la posibilidad de obtener antecedentes de levantamientos batimétricos y topográficos en la zona de estudio.

Como resultado, se pudo comprobar que existía muy poca información base que pudiera ser útil para el proyecto, además de no existir puntos con coordenadas y alturas conocidas que nos permitieran amarrar nuestros levantamientos a la red geodésica nacional. No obstante, fue un intercambio provechoso donde el IGNTG mostró un alto interés en la colaboración y nos facilitó la información sobre el datum geodésico y el sistema de coordenadas que se emplea en el país (UTM 17 - WGS 84 – ITRF 2008). Además, se le contrató a esta propia institución el establecimiento de dos puntos que sirvieran como base a nuestros levantamientos futuros, quedando así todo referenciado al sistema que se utiliza en Panamá.

A partir del lunes 23 de agosto, con la participación de los especialistas y Técnicos del Departamento de Geofísica y Estudios Especiales del IGNTG, se estableció la base topográfica para la realización de los levantamientos de la playa.

En los sitios previamente identificados por los especialistas de GAMMA, se establecieron dos puntos con sus monumentos y se definieron sus correspondientes datos de coordenadas y altura, mediante el empleo de una estación de receptores GNSS R8 de la marca Trimble. (Foto 2)

Las coordenadas se establecieron utilizando la referencia de la red de estaciones CORS de Panamá, mientras que, para los datos de altura, se utilizó como referencia un punto ubicado en el poblado de Cuango, que se localiza a unos 15 Km al este de Viento Frío.

Con el objetivo de comprobar los desniveles entre los puntos ubicados, se realizó una nivelación geométrica a lo largo del límite de la playa con el poblado de Viento Frío (Figura

1). Las coordenadas de estos puntos, así como su altura, obtenidos por el IGNTG se muestran en la tabla 1.

**Tabla 1. Coordenadas de los puntos establecidos en el poblado de Viento Frío por el IGNTG.**

Listado de coordenadas UTM - WGS 84 – ITRF - 2008			
Punto	Norte (m)	Este (m)	Altura (m)
78-R-A	1059738.526	674684.72	1.326
AEC	1059703.052	675040.831	1.226



**Foto 2. Especialistas del IGNTG durante los trabajos de establecimiento de los puntos para la creación de la línea base topográfica.**

Una vez establecida la base topográfica con la colaboración del IGNTG, estuvieron creadas las condiciones para ejecutar el levantamiento topográfico del litoral en el poblado de Viento Frío. Estos tuvieron como objetivo la caracterización morfológica de la zona costera y la posición de la línea de costa, elementos imprescindibles para el diseño de las futuras acciones para el mejoramiento o recuperación de la playa.

Este levantamiento se realizó con la utilización de una Estación Total Leica TS 10 (Foto 3), y su procesamiento con el uso de los softwares Leica FlexOffice Standard, Grapher 18 y Surfer 21.



Figura 1. Esquema de la nivelación geométrica de control entre los puntos AEC y 78-R-A

Foto 3. Estación Total Leica TS 10

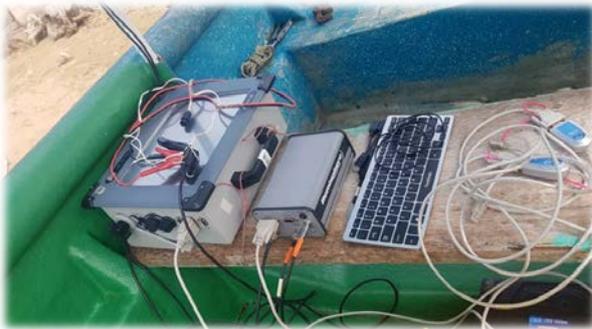
- Batimetría

Con el objetivo de conocer las características del relieve del fondo marino y lograr una correcta descripción del funcionamiento del sistema costero mediante la aplicación de modelos matemáticos, se realizó un levantamiento batimétrico en todo el frente de la playa y en zonas que potencialmente podían servir como préstamos de arena.

Durante estos levantamientos, entre los días 21 y 30 de septiembre del año 2021, se ejecutaron 29 líneas de sondeo, con orientación perpendiculares a la costa y una densidad de 200 m, hasta profundidades cercanas a los 30 m. Tras concluir toda el área prevista a esta escala, se realizaron otras 29 líneas intercaladas entre las primeras, con igual densidad, hasta profundidades de 15 m, quedando el área comprendida entre 10 y 30 m, a una escala de trabajo de 1:20 000 y en las profundidades menores a una escala de 1:10 000.

Para el levantamiento batimétrico se utilizaron los siguientes equipos, ilustrados en las fotos 4 y 5.

- GPS Hemisphere VS 100.
- Ecosonda Stonex SDE 28 D
- Laptop con software HYPACK MAX 64



**Foto 4. Ecosonda Stonex SDE 28 D**



**Foto 5. Receptor GPS Hemisphere VS 100**

Para la determinación de la posición el receptor GPS Hemisphere VS 100 proporciona una información precisa y fiable de posición, a altas velocidades de actualización, lo que permite asignar los datos de coordenadas a cada uno de los registros de profundidad que se obtienen. Para ello, cuenta con un motor GPS de alto rendimiento y dos antenas multipath para el procesamiento de señales.

Una antena se designa como el GPS primario, mientras que la otra se toma como GPS secundario. Al conocer la distancia fija entre ambas antenas (de forma predeterminada, 1,5

m) permite al VS100 restringir su volumen de búsqueda al calcular los datos del rumbo en que se desplaza la embarcación.

Trabaja encontrando 4 o más satélites GPS en el cielo y utiliza la información que proporcionan los satélites para calcular una posición apropiada (dentro de 2,5 metros). Dado que hay algún error en los cálculos de datos GPS, también rastrea una corrección diferencial, utilizando el sistema SBAS (Sistema de aumentación basado en satélites) para mejorar la precisión de su posicionamiento a menos de 1 metro.

Para los trabajos realizados, las antenas fueron ubicadas paralelas a la línea de crujía de la embarcación, quedando instaladas, la antena primaria en una posición cercana a la popa y la secundaria hacia la proa separadas entre sí a 1.50 m (Foto 6)



**Foto 6. Posición de las antenas GPS en la embarcación**

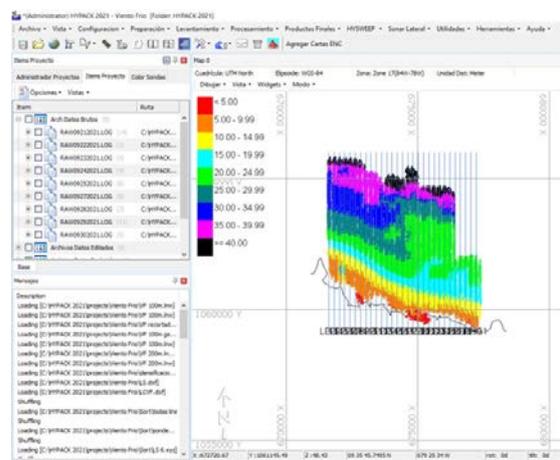
Para la determinación de la profundidad, el transductor del ecosonda fue montado a babor de la embarcación, en el través; logrando así alejarlo de las fuentes de ruido derivadas del motor y el propio movimiento de la lancha durante las labores de sondeo y a una profundidad de 0.60 m.

Antes de iniciar las mediciones, se determinó la velocidad del sonido en el agua, en el área del trabajo, utilizando un perfilador de velocidad del sonido en la columna de agua marca AML (Foto 7), y con estos perfiles se corrigieron los registros de profundidades, en la etapa de post procesamiento.



**Foto 7. Perfilador de velocidad del sonido AML**

Toda la información proveniente del ecosonda y del GPS fue colectada en una computadora portátil, mediante el empleo del software hidrográfico Hypack Max 64 donde, además, fue procesada y corregida. (Fotos 8 y 9), (Plano 1)



**Foto 8. Laptop durante los trabajos de sondeo**      **Foto 9. Vista de líneas en el software Hypack.**

#### - Muestreo sedimentológico

Para realizar la caracterización sedimentológica de la playa se colectaron un total de 15 muestras distribuidas a lo largo del todo el litoral en puntos representativos del perfil. Además, durante las exploraciones para la localización de una posible zona de préstamo se colectaron un total de 12 muestras en la plataforma submarina y 6 correspondientes a la desembocadura del río Cuango, para un total de 33 muestras.

Para el procesamiento granulométrico de las mismas, se montó un laboratorio de campaña en una de las casas del poblado, donde siguiendo la metodología propuesta por Petelin (1967) para el estudio y caracterización de los sedimentos marinos, se utilizó una tamizadora Restsh 200, un juego de mallas de 0,063, 0,125, 0,25, 0,50, 1, 2 y 4 mm y se les realizó el tamizado por el método seco, tomando en consideración el carácter arenoso de las mismas.

Los datos de peso por tamiz se procesaron con el software Gradistat Versión 4.0, desarrollado por Simon Blott, del Current Environments Research Group, Geology Department of the Royal Holloway University of London (Blott, 2001), obteniendo el diámetro medio de la partícula (M) en unidades de mm y  $\phi$  y la desviación estándar. Para la clasificación de los sedimentos se utilizó la propuesta por Wentworth (Shore Protection Manual, 1984).

Para conocer la composición genética y el origen de sedimentos y considerando la alta homogeneidad de los mismos, se tomaron un total de 3 muestras, cada una de ellas pertenecientes a cada zona de muestreo (playa, pendiente submarina y desembocadura del río Cuango) las cuales fueron enviadas al Laboratorio de Geología del Instituto de Ciencias del Mar de Cuba.

Para ello, después de haber realizado el tamizado de las muestras, se escogieron las fracciones de 2-1, 1-0.5 y 0.5-0.25 mm. Bajo el microscopio, se tomaron de forma aleatoria 200 granos de cada una de las fracciones y posteriormente se procedió a la identificación de los diferentes grupos, de acuerdo con las características morfológicas que se aprecian en los mismos. Finalmente, se obtienen los porcentajes que representan cada grupo respecto al total de la muestra.

#### - **Exploración de buceo**

Para la localización de la zona de préstamo de arena para la futura ejecución del proyecto y tomando como base los levantamientos batimétricos, se realizó la exploración en un frente de costa de 15 km, entre Punta Nicoya en el extremo oeste, hasta el frente del poblado de Cuango en el límite este. La exploración se realizó mediante buceo autónomo (Foto 10) en profundidades que oscilaron entre los 10 m y los 40 m de profundidad, siempre separados de la costa a una distancia superior a los 500 m, tal como recomienda la Ley de Minas de la República de Panamá para la extracción de minerales no metálicos en la plataforma submarina.



**Foto 10. Trabajo de exploración de buceo realizados de conjunto con especialistas de la Dirección de Costas y Mares del Ministerio del Ambiente de Panamá**

Como resultado de este trabajo se identificaron varios cuerpos de arena, los cuales, sin embargo, no contaban con la calidad en sus sedimentos necesaria para su utilización como zonas de préstamo. En total se realizaron 20 estaciones de buceo, 12 de las cuales fueron en cuerpos de arena y 10 transeptos de reconocimiento.

Se debe señalar que para este trabajo fue muy importante la participación de especialistas y el equipamiento de buceo puesto a nuestra disposición por parte de la Dirección de Costas y Mares del Ministerio del Ambiente de Panamá. Durante los trabajos los colegas panameños, además de apoyar en los trabajos, recibieron entrenamiento en las técnicas de localización, muestreo y exploración de cuerpos de arena a mar abierto.

Atendiendo a que los resultados de estos trabajos arrojaron resultados negativos para el propósito del proyecto, fue necesaria la localización de una zona de préstamo ubicada en tierra. Después del análisis de la información disponible y de fotos satelitales se pudo definir esta zona en la desembocadura del río Cuango. Este río es el más caudaloso en la región y a su vez el mayor aportador de sedimentos al sistema costero, al cual también pertenece la playa de Viento Frío.

- **Encuentro con la comunidad**

Otra acción importante llevada a cabo durante la ejecución de los trabajos de campo fueron los encuentros y entrevistas a los pobladores de la zona. Con este trabajo se pudo conocer las principales inquietudes de la población respecto a la playa, se aportaron datos históricos y a la vez en el intercambio con los especialistas de GAMMA y MiAmbiente, se les explicó la importancia del proyecto, los efectos del cambio climático en las zonas costeras y cuál es el aporte que ellos pueden ofrecer en función del mejoramiento y funcionamiento de la playa.

Fue una experiencia enriquecedora y que permite enfocar las acciones futuras que se proyecten y ejecuten hacia las propias necesidades e inquietudes de la población del lugar, principales beneficiarios del proyecto. (Foto 11)



**Foto 11. Encuentro del equipo de proyecto de GAMMA y especialistas de MiAmbiente con la comunidad.**

#### IV. CARACTERÍSTICAS FÍSICO GEOGRÁFICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO

La República de Panamá se localiza geográficamente en las latitudes septentrionales bajas (7° 12' 07" y 9° 38' 46" de latitud norte) y los 77° 09' 24" y 83° 03' 07" de longitud occidental. Se encuentra en la parte más oriental y meridional de América Central y es el territorio más estrecho y alargado del istmo centroamericano. Su orientación es en sentido oeste – este y limita al norte con el Mar Caribe, al sur con el Océano Pacífico, al este con Colombia y al oeste con Costa Rica. (Figura 2)



**Figura 2. Ubicación geográfica de la República de Panamá**

Tiene una superficie de 75,416.6 Km<sup>2</sup>, incluyendo las aguas continentales y administrativamente se divide en diez provincias, 78 distritos o municipios, 3 comarcas indígenas (Kuna Yala, Emberá, Ngöbe Buglé) con categoría de provincia, 2 comarcas (Kuna de Madungandí y Kuna de Wargandí) con nivel de corregimiento, con los cuales completan un total de 648 corregimientos en todo el país.

Según describen varios autores (Stewart, 1968; Recchi y Metti, 1973; Grahan, 1975) el origen y evolución geológica del istmo panameño está estrechamente ligado a la de las regiones continentales vecinas que evolucionaron paralelamente y se afirma que se originó a partir de la emersión de un arco de islas volcánicas que iban desde el norte de Costa Rica hasta el noroeste de Colombia, edificado a partir de las plataformas volcánicas. A ese archipiélago original corresponden las penínsulas de Nicoya y Ossa en Costa Rica, la península de Azuero, el arco montañoso oriental y los bloques elevados del sur de Darién en Panamá y los bloques del Chocó en Colombia. Posteriormente, se fueron erosionando las montañas más prominentes de este arco de islas y los sedimentos de dicha erosión se fueron depositando hacia el fondo de las aguas del Caribe y el Pacífico.

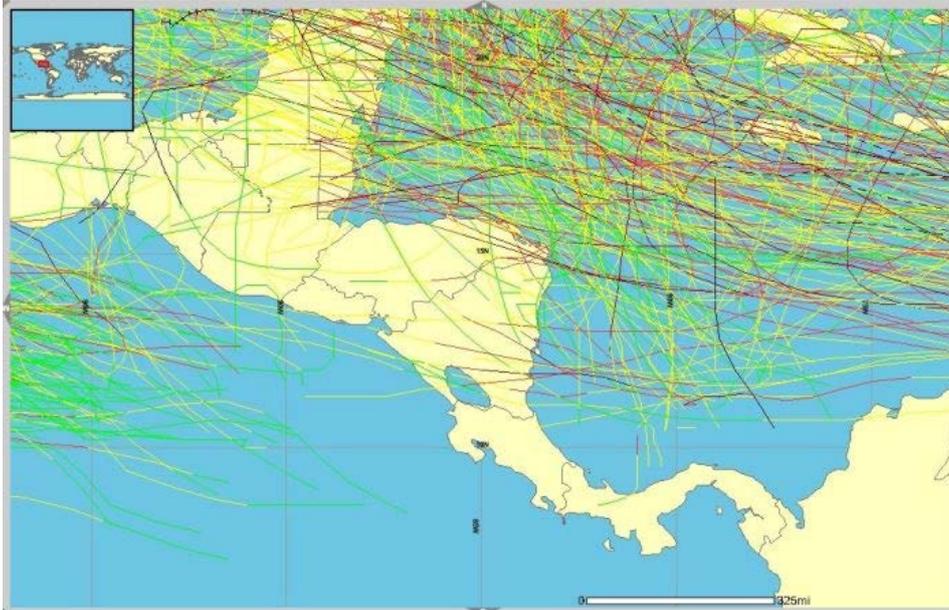
En el mioceno se da la subducción de la placa de coco bajo del caribe, lo cual activó el vulcanismo y la orogénesis. Es posible que estos fenómenos determinasen la formación de otro arco de islas volcánicas que corresponden a la actual cordillera de Talamanca entre Costa Rica y Panamá, a la serranía de Tabasará, a las sierras ignimbríticas de Veraguas y Coclé, al complejo volcánico del Valle de Antón y al mar de volcanes de Capira.

El otro gran acontecimiento geológico influyente en la historia natural de Panamá, fue durante el plioceno, el levantamiento de un gran geosinclinal ubicado entre el nordeste de Sudamérica y el oriente de Panamá, consecuencia de la convergencia de las placas Sudamericana y de Nazca. Este espectacular levantamiento formó los tres ramales de los Andes colombianos y unió al istmo panameño y a las islas cretácicas del Darién y Chocó con la gran masa del continente austral.

Se estima que la formación del Istmo de Panamá, constituye uno de los más grandes e importantes acontecimientos geológicos que se han presentado en los últimos sesenta millones de años. De esta forma, el istmo de Panamá influyó en el Sistema de Circulación Oceánica mundial y en las pautas de precipitación atmosférica, generando así, un gran impacto en el clima de la tierra y su ambiente. (MiAmbiente, 2019)

En cuanto al clima, por las bajas latitudes en que se encuentra emplazado el istmo panameño, el mismo se clasifica en el dominio tropical, sometido a una gran influencia de los desplazamientos de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), a la topografía, al emplazamiento o disposición este-oeste del territorio y al acceso a dos grandes masas oceánicas.

En la *“Compilación de Huracanes y ciclones en Centroamérica y la región caribeña”* (Méndez., 2010), se plantea que, por su posición geográfica, Panamá es el único país del istmo centroamericano que se ha librado del golpe directo de los huracanes, aunque los que se forman cerca de Honduras y de Nicaragua generan coletazos de lluvias que causan inundaciones y deslizamientos, especialmente en la cuenca del Caribe donde cada año provocan centenares de damnificados. (Figura 3)



**Figura 3. Trayectoria de los huracanes en la región de Centroamérica y El Caribe entre los años 1851 – 2000. (Méndez, 2010) Como se puede observar, en 149 años de registros, solo un organismo tropical de este tipo ha tocado suelo panameño.**

A diferencia de la mayoría de los países de la región los huracanes o ciclones en Panamá pasan a ocupar un segundo plano como eventos erosivos extremos para sus costas. La mayor significación de estos organismos son sus lluvias asociadas y el oleaje que llega a sus costas desde la zona de formación o trayectoria por el mar Caribe.

El régimen pluvial se caracteriza por originarse, fundamentalmente, debido a cuatro tipos de ascendencias: la convección térmica, la ascendencia por convergencia, la ascendencia litoral y la ascendencia orográfica; además de presentar características diferentes según la vertiente.

En la vertiente del Caribe se destaca la uniformidad de las precipitaciones a lo largo del año y en gran parte de la zona no se presenta una estación seca definida. En esta vertiente, los totales pluviométricos son altos o muy altos, los cuales con mucha frecuencia superan los 4,000 mm anuales; ello obedece fundamentalmente, a los grandes aportes de humedad suministrados por las aguas permanentemente cálidas del Caribe, reforzadas por las corrientes marinas litorales.

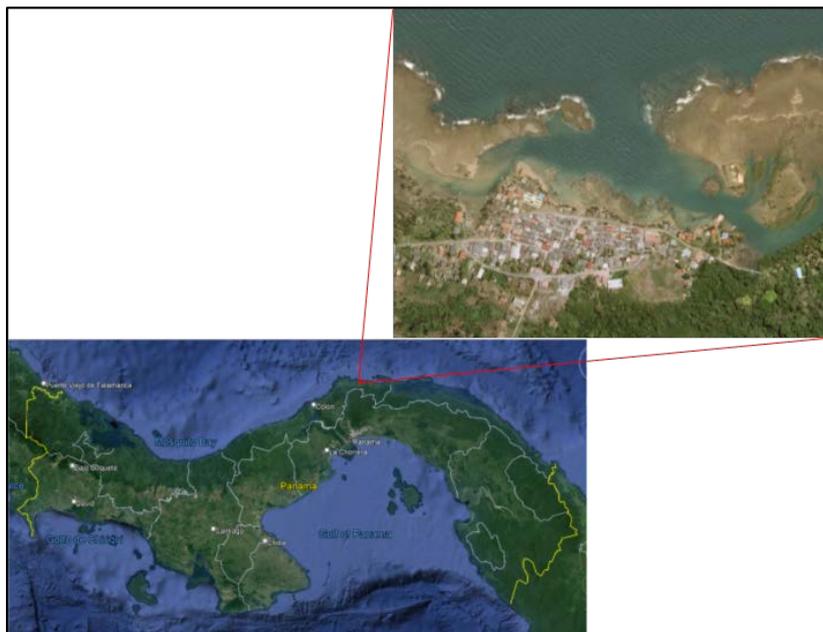
Los promedios anuales de temperatura fluctúan entre 24 °C y 28 °C y se mantienen cerca de estos valores a lo largo de todo el año. Las amplitudes térmicas anuales son mínimas en las tierras bajas del Caribe (1.9 °C) y en el Pacífico fluctúan entre 1.5 °C y 2.5 °C. Este régimen de temperaturas constantemente altas es consecuencia de las bajas latitudes en que se localiza el istmo; en estas latitudes el espesor de la atmósfera atravesado por las

radiaciones solares es menor que en las latitudes medias y altas y, además, la incidencia de las radiaciones es más fuerte.

Los vientos más fuertes para el país se registran entre los meses de diciembre a mayo, con una velocidad promedio de 16.5 Km/h, siendo el mes de febrero el que registra el promedio más alto de velocidad con 23.1 Km/h. Por el contrario, durante mayo a diciembre la velocidad promedio del viento se presenta más calmada, siendo el mes de septiembre el de menor velocidad promedio con 9.7 Km/h.

#### **IV.1 Evaluación de la playa y estado actual**

La playa de Viento Frío, se encuentra ubicada en el corregimiento del mismo nombre perteneciente al distrito de Santa Isabel, provincia de Colón, en la costa caribeña de Panamá y se extiende con una longitud de 450 m y una orientación aproximada Noroeste – Sureste. (Figura 4)



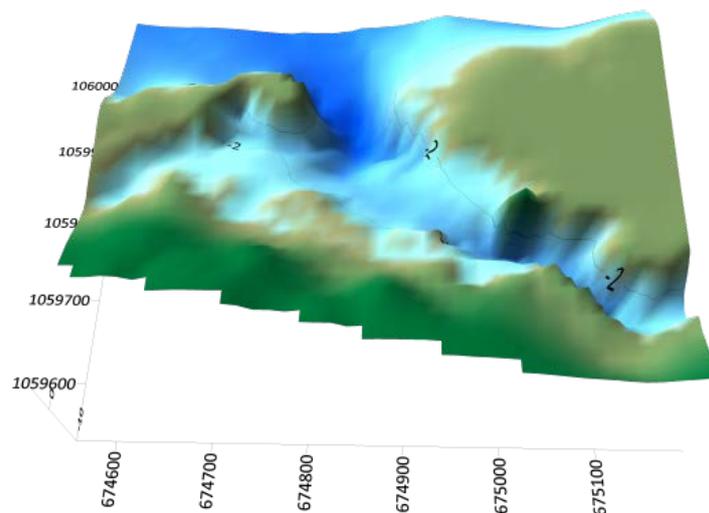
**Figura 4. Ubicación general de la zona de estudio**

En general, este sector costero se puede clasificar como una playa interior, protegida de la acción directa del oleaje de aguas profundas, por una barrera intermareal de origen coralino, donde el mayor intercambio de agua se produce a través de una abertura de 120 m de ancho en su sector central, además del rebase en momentos de marea alta y fuertes oleajes. Una vez en el interior de esta barrera, se bifurcan dos canales de fondo arenoso los cuales mantiene su profundidad debido a las corrientes de flujo y reflujos generadas por la marea. El primero de estos canales se extiende desde el centro hacia la parte más

occidental, con una profundidad máxima de 4 m, mientras que el segundo, se extiende hacia el este con una profundidad máxima de 9 m, hasta terminar en la costa de manglar colindante con la playa. (Figuras 5 y 6)



**Figura 5. Vista general en planta de la playa de Viento Frío**



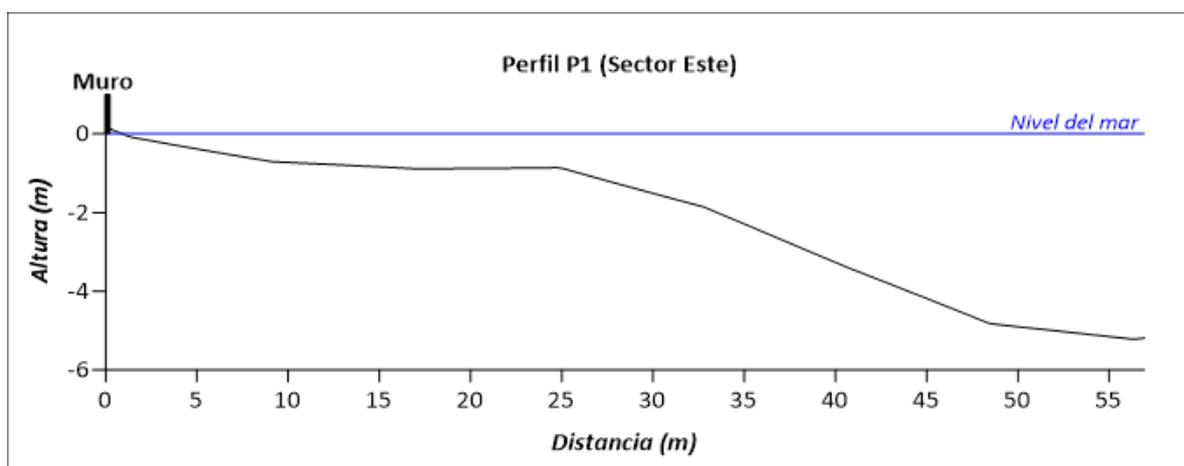
**Figura 6. Modelo digital en 3d de los principales elementos morfológicos de la playa de Viento Frío.**

Ya en el interior, hacia la zona de la playa, vuelve a emerger la terraza coralina, dominando casi toda el área que debería ocupar la pendiente submarina del perfil. A pesar de su corta longitud, en este tramo costero se pueden diferenciar tres sectores (Figura 7) con sus perfiles típicos que lo caracterizan.



**Figura 7. Sectores tipo en la playa de Viento Frío**

1. El sector Este, con una longitud de 90 m, está formado por una pequeña ensenada de aguas someras, cuyos límites son: al este, un muelle de atraque para embarcaciones y al oeste la terraza abrasiva que se extiende hacia el resto de la playa. El perfil en esta zona se caracteriza por haber perdido totalmente la zona emergida y en su lugar, hoy se extienden los muros de protección de las casas existentes. En cuanto al perfil sumergido, cuenta con una suave pendiente hasta una distancia de la costa promedio de 25 m, donde cae abruptamente hasta formar un canal navegable con una profundidad de 6 m. (Figura 8, foto 12)

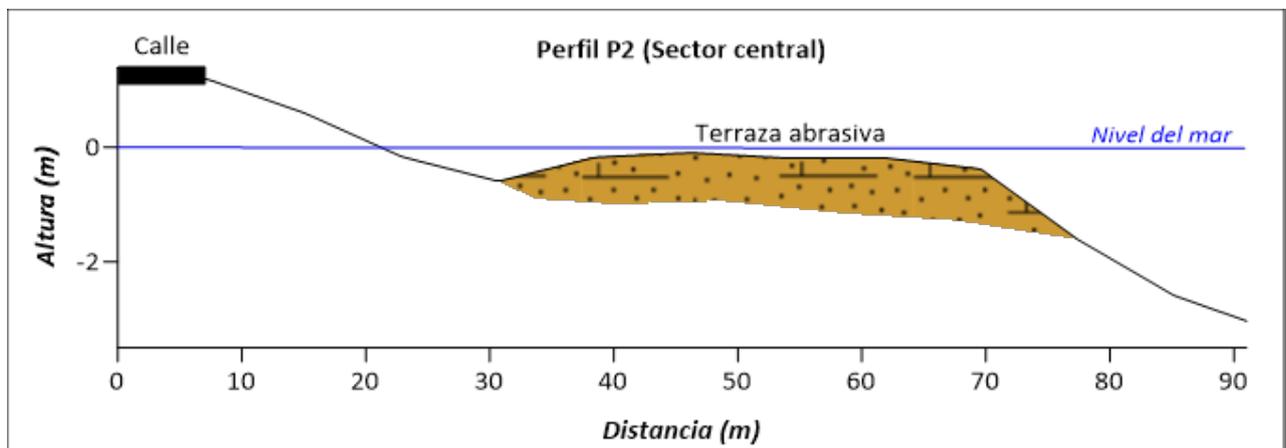


**Figura 8. Perfil tipo del sector Este de la playa de Viento Frío.**



**Foto 12. Vista general del sector Este de la playa de Viento Frío.**

2. A continuación, en el sector central (Figura 9, Foto 13), con una longitud de 200 m, la playa se caracteriza por presentar también un perfil incompleto con una estrecha franja de arena emergida y ausencia total de dunas, en cuya posición se encuentran ubicadas casas de vivienda y en algunos tramos limita directamente con la calle. En cuanto al perfil sumergido, está ocupado por una terraza intermareal de origen coralino cuyo ancho varía entre los 66 m y 33 m. En general la franja de arena o playa emergida cuenta con un ancho promedio de 15 m.

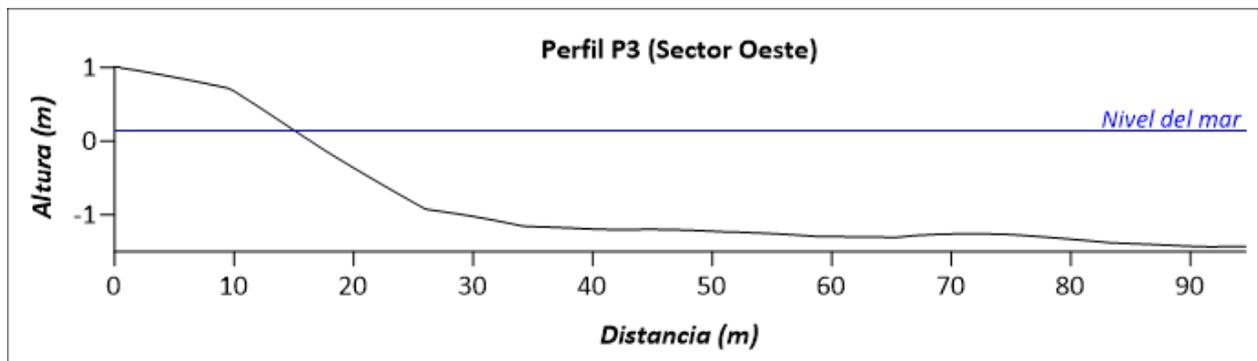


**Figura 9. Perfil tipo del sector Central de la playa de Viento Frío**



**Figura 13. Vista general del sector Central de la playa de Viento Frío.**

3. Finalmente, en el extremo occidental, con una longitud de 160 m, la terraza se fracciona y alternan, junto al perfil de terraza emergida y arena, dos pequeños tramos de playa con arena en la pendiente submarina. Igualmente se mantiene la ausencia de dunas costeras con la existencia de casas en su posición. El ancho promedio de la playa en este sector es de 20 m. (Figura 14, Foto 10)



**Figura 14. Perfil tipo del sector Oeste de la playa de Viento Frío.**



**Foto 10. Vista general del sector Oeste de la playa de Viento Frío.**

En cuanto a los sedimentos, tal como se puede apreciar en la tabla 1, se clasifican como Arena Fina, con un diámetro medio (M) de la muestra tipo de 0.19 mm, según la clasificación de Wentworth, propuesta en el Shore Protection Manual (1984) sin observarse diferencias notables que obliguen a particularizar las posibles soluciones por esta causa. Se debe señalar, que sobre todo en el sector occidental, junto a la arena, existe una gran cantidad de guijarros y cantos rodados, lo cual puede ser un indicador del déficit de nuevos aportes a la playa desde la fuente original que propició su origen, predominando la destrucción de la estructura pétreo de la barrera arrecifal sobre otros organismos marinos como son las algas calcáreas, corales o moluscos, entre otros.

Para conocer la génesis y composición de los sedimentos, debido a la alta homogeneidad presente en las muestras, solo se realizó el análisis a una de ellas (M9), correspondiente a la anteplaya del perfil que describe el sector central. Según los resultados obtenidos, en la muestra predominan los restos de origen biogénicos, los cuales representan el 73.7 % de la muestra dividido en sus diferentes grupos, donde los restos de algas calcáreas presentan la mayor abundancia con el 48.6 % del total, seguido por los moluscos con el 10.6 % y los bioclastos (restos que se pueden identificar como de origen biogénicos pero que por su desgaste o conglomerados es imposible identificar su grupo genético) con el 14.5 %. El resto, representa sedimentos de origen terrígeno con un 22.8 %, mientras que otros grupos, también de origen biogénico en su mayoría, representan el 3.3 % (Aquí se encuentran foraminíferos, briozoos, espículas de equinodermos, esponjas, entre otros).

**Tabla 1. Resultados del procesamiento granulométrico de las muestras de playa de Viento Frío.**

Muestra	Rango de Tamices								M		Desv. Estánd (Ø)	Clasificación Wentworth
	>4	4-2	2-1	1-0.5	0.5-0.25	0.25-0.125	0.125-0.062	<0.062	(mm)	(Ø)		
M1	0	0.3	0.5	6.4	82.1	10.4	0	0	0.35	1.521	0.46	Arena Media
M2	0.6	2.1	2.6	6.8	57.4	29.6	0.2	0	0.31	1.609	0.82	Arena Media
M3	22.5	23.5	9.7	4.2	29.7	9.9	0	0	1.53	-0.613	1.33	Arena Muy Gruesa
M4	42.3	31.1	12.0	3.9	7.4	3.3	0	0	3.37	-1.752	1.01	Arena y Grava muy fina
M5	35.4	14.2	5.5	2.3	20.0	21.9	0.7	0	0.56	0.643	1.353	Arena Gruesa
M6	0.5	0.6	1.8	3.3	30.5	60.3	2.7	0	0.23	2.064	0.752	Arena Fina
M7	0	0	0.3	1.4	62.5	34.8	0.4	0	0.28	1.838	0.527	Arena Media
M8	0	0	0	0.5	30.6	66.6	2.1	0	0.22	2.204	0.510	Arena Fina
M9	0.9	0.2	0.9	3.8	45.6	43.4	4.2	0	0.24	1.947	0.722	Arena Media
M10	3.4	5.9	6.7	26.2	48.2	8.9	0.7	0	0.40	0.979	0.991	Arena Media
M11	1.3	4.2	4.3	9.9	40.6	35.9	3.3	0	0.30	1.595	1.080	Arena Media
M12	0	0.2	0	0	4.5	78.0	17.0	0.2	0.16	2.620	0.489	Arena Fina
M13	0.7	1.8	0.9	3.1	20.8	62.0	10.5	0.2	0.21	2.222	0.883	Arena Fina
M14	0.4	1.3	1.9	3.9	12.0	53.4	25.5	1.5	0.18	2.467	0.996	Arena Fina
M15	0	0	0.1	0.7	3.5	55.7	38.5	1.5	0.14	2.861	0.618	Arena Fina
<b>M. Tipo</b>	<b>7.2</b>	<b>5.7</b>	<b>3.1</b>	<b>5.1</b>	<b>33.0</b>	<b>38.3</b>	<b>7.1</b>	<b>0.2</b>	<b>0.19</b>	<b>1.639</b>	<b>1.232</b>	<b>Arena Fina</b>

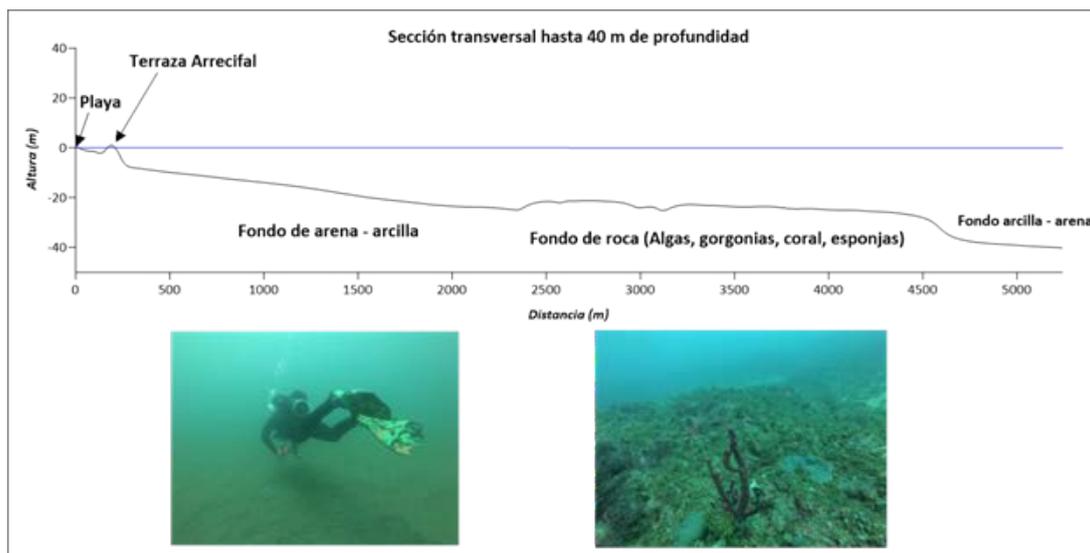
Como es posible apreciar, los resultados de laboratorio confirman el predominio de los sedimentos calcáreos de origen marino, aunque la muestra también presenta un alto porcentaje de sedimentos provenientes de fuentes en tierra a través de los pequeños pero numerosos ríos y quebradas que desembocan en la región. En general, los sedimentos tienen una gran madurez, sobre todo el grupo mayoritario de las algas calcáreas, las cuales se presentan con sus ángulos muy pulidos, evidencia de una alta exposición al arrastre por las corrientes y el oleaje. En cuanto a su color, estos sedimentos no presentan el típico color crema claro que se encuentra en otras regiones del Caribe, a pesar de tener un origen muy similar, en su lugar, el color es carmelita claro, al encontrarse teñidos probablemente por la interacción con otras fuentes de aportes de materia orgánica como son los bosques de mangle que rodean la zona en su sector Este.

Una característica interesante es que, a pesar, de ser esta la descripción más general de la muestra, también se encontraron porcentajes de restos de algas y moluscos muy angulosos, lo cual es indicador de aportes recientes. Esta particularidad, unido a la existencia de cantos rodados aportados por la destrucción de la barrera arrecifal que bordea la playa, indica que

en la actualidad una parte del sedimento está siendo aportado todavía desde esta zona. Si bien la salud de este arrecife no es la mejor en la actualidad, existe en él una amplia colonia de algas halimedas y otros organismos calcáreos que están siendo parte de la fuente de aportes, aunque ya sin la abundancia de eras pasadas cuando se produjo la formación de esta playa.

En la exploración realizada al exterior de la barrera, en una amplia zona que comprende desde Punta Macolla, en el Oeste, hasta el poblado de Cuango (Longitud 20 Km), en el Este, mediante levantamientos batimétricos y exploración de buceo (Plano 1), se pudo detectar que la plataforma de manera general se extiende con una pendiente suave hasta alcanzar los 40 m de profundidad a una distancia aproximada de 5 km de la línea de costa.

La figura 11 muestra una sección transversal de la plataforma hasta la profundidad de 40 m en el frente mismo de Viento Frío. La característica principal en esta zona es que, inmediatamente después de la barrera que protege la playa, el fondo se encuentra dominado por la existencia de sedimentos areno – arcillosos, hasta una distancia aproximada de 2 500 m y 25 m de profundidad. A partir de este punto se extiende un fondo rocoso, con la existencia de canchales de arena gruesa muy mal seleccionada y abundancia de especies de algas, corales, gorgonias, esponjas y otras especies bentónicas, las cuales son formadoras de arenas biogénicas. Una vez sobrepasada esta zona, que varía en un ancho sobre los 2 000 m a lo largo de toda la zona costera, la profundidad cae abruptamente hasta alcanzar los 40 m de profundidad, donde nuevamente se observa el predominio de sedimentos areno – arcilloso.



**Figura 11. Sección transversal de la plataforma submarina desde la playa de Viento Frío hasta la profundidad de 40 m**

Esta área de producción de arena biogénica, también constituye una fuente de aportes de sedimentos al sistema y su existencia explica la formación de varios sectores de playas biogénicas, además de Viento Frío, a lo largo de toda la zona costera.

Resumiendo, la playa de Viento Frío constituye una pequeña franja de arena de 450 m de longitud, formada al interior de una ensenada protegida por una terraza intermareal de origen coralino. En la línea costera se combinan formas acumulativas y abrasivas con un perfil de playa incompleto por la ausencia de dunas y en una buena parte, la existencia de una terraza de lapíe o diente de perro en el área que debe ocupar la pendiente submarina de la playa. Las modificaciones antrópicas al sistema, han contribuido a la pérdida de la zona emergida en el sector este y la limitan en el resto.

Los sedimentos clasifican como arena fina y son mayoritariamente de origen biogénico – marino, aunque presentan un alto porcentaje de sedimentos terrígenos. Son de color carmelita claro, al estar teñidos por la interacción con aportes de materia orgánica desde las zonas de manglar y los numerosos ríos y quebradas que desembocan en la zona. La fuente principal de aportes de sedimentos se puede ubicar en dos zonas. La primera, es la propia barrera de origen coralino que protege la playa, allí se encuentra una extensa colonia de algas y otros organismos calcáreos. La segunda, lo constituye el sector de la plataforma submarina ubicado a unos 2 500 m de la costa y 25 m de profundidad.

#### **IV.2. Caracterización del régimen hidrodinámico**

Por las bajas latitudes en que se encuentra emplazado el istmo panameño, los climas pertenecen todos al dominio tropical, sometidos a una gran influencia de los desplazamientos de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), a la topografía, al emplazamiento o disposición este-oeste del territorio y al acceso a dos grandes masas oceánicas.

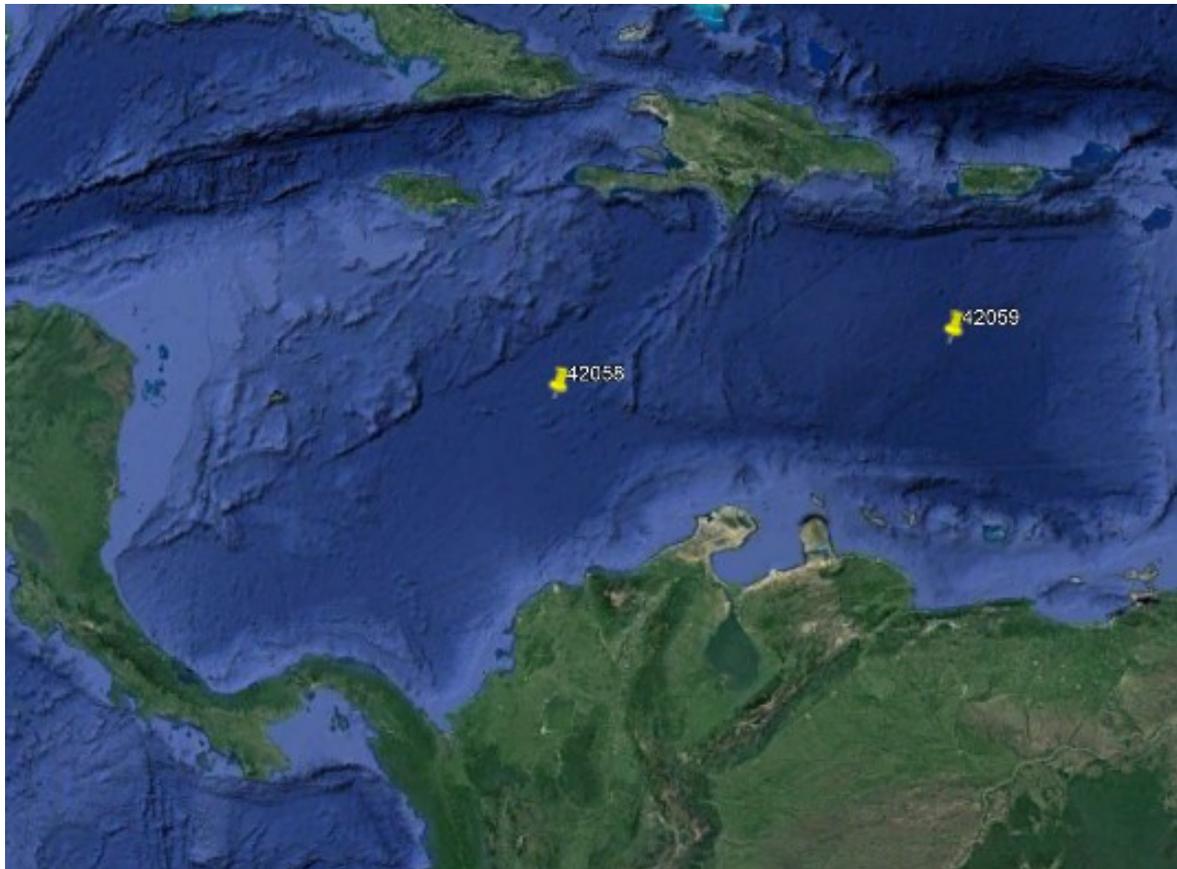
De acuerdo a estudios realizados por la Empresa de Generación Eléctrica (ETESA, 2016), entre otros factores, el clima en la región está determinado por la influencia del anticiclón semipermanente del Atlántico Norte, generando una influencia casi permanente de los vientos alisios del nordeste en las capas bajas de la atmósfera.

Para realizar los análisis y las valoraciones para este proyecto, y ante la dificultad de encontrar datos meteorológicos que se pudieran relacionar a la zona de trabajo, se tomaron las series de datos de las boyas oceanográficas 42058 y 42059, ubicadas en el Caribe Oriental y pertenecientes a Oficina Nacional de Administración Oceánica y de la Atmósfera

(NOAA) del gobierno de los Estados Unidos, ubicadas a una distancia aproximada de 700 Km y 1400 Km respectivamente. (Figura 12)

A partir de los registros diarios cada una hora de estas boyas, se construyó la rosa de vientos que recoge los 16 años de mediciones entre los años 2005 – 2021 (Figuras 13 y 14), previo filtrado de la serie para descartar datos erróneos o perdidos. Los datos horarios fueron promediados para reducirlos a un dato diario, en el caso de la velocidad del viento, para determinar el valor medio, se calculó directamente la media aritmética y en el caso de la dirección del viento para determinar el valor medio se calculó la media angular.

Del mismo modo, se construyeron las Tablas 2 y 3, donde se resume el volumen de observaciones desglosados por clases (segmentos de velocidad) y rumbos.



**Figura 12. Ubicación de las boyas oceanográficas 42058 y 42059, pertenecientes a la NOAA, en el caribe oriental.**

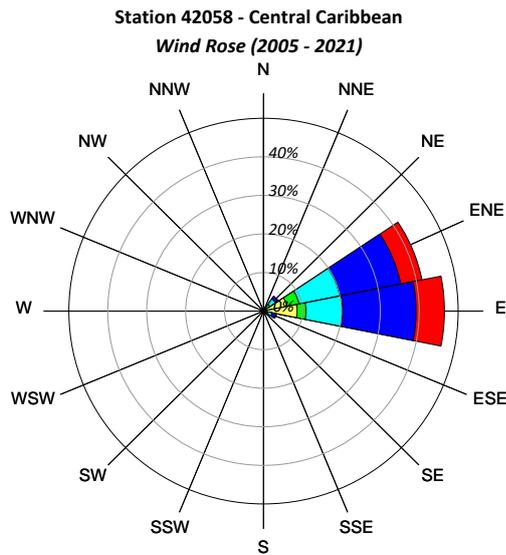


Figura 13. Rosa de vientos para todos los rumbos. Estación NOAA 42058. Periodo de medición 2005-2021.

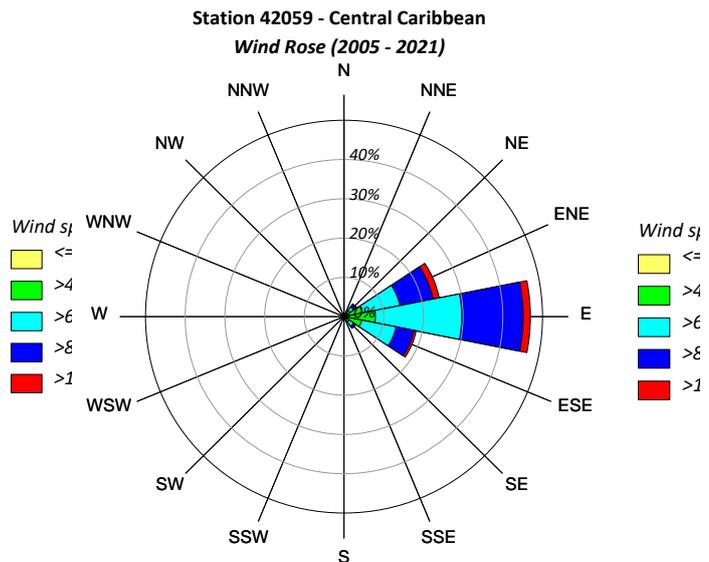


Figura 14. Rosa de vientos para todos los rumbos. Estación NOAA 42059. Periodo de medición 2005-2021.

Tabla 2. Resumen de los vientos por rumbos para la estación NOAA 42058.

Directions	Wind speed (m/s)					Frequency
	< 4	4 - 6	6 - 8	8 - 10	> 10	
N	376	70	98	29	18	0.26%
NNE	459	657	353	90	31	0.70%
NE	1394	3233	3884	1720	300	4.66%
ENE	13856	7178	24064	36109	12549	41.50%
E	19530	5101	21241	42709	16417	46.48%
ESE	1156	1354	2467	2284	517	3.44%
SE	636	454	338	183	64	0.74%
SSE	445	286	89	46	13	0.39%
S	423	162	70	32	10	0.31%
SSW	288	118	85	59	22	0.25%
SW	311	126	76	58	42	0.27%
WSW	299	98	51	21	34	0.22%
W	307	63	29	22	7	0.19%
WNW	286	48	30	8	4	0.17%
NW	361	57	15	3	2	0.19%
NNW	374	86	29	2	3	0.22%
<b>Total</b>	<b>40501</b>	<b>19091</b>	<b>52919</b>	<b>83375</b>	<b>30033</b>	<b>100.00%</b>

Tabla 3. Resumen de los vientos por rumbos para la estación NOAA 42059.

Directions	Wind speed (m/s)					Frequency
	< 4	4 - 6	6 - 8	8 - 10	> 10	
N	393	127	182	18	6	0.26%
NNE	442	531	248	91	26	0.48%
NE	2497	2657	2930	2088	656	3.92%

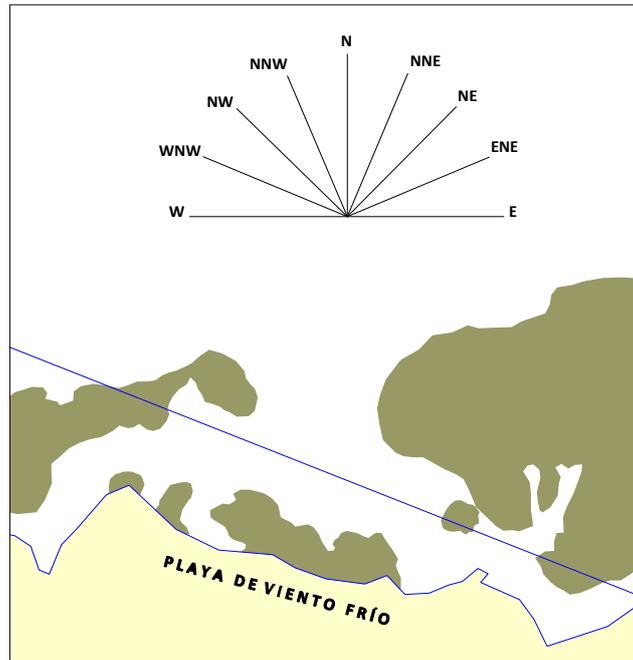
Directions	Wind speed (m/s)					Frequency
	< 4	4 - 6	6 - 8	8 - 10	> 10	
<b>ENE</b>	2660	10379	26517	23544	4380	24.45%
<b>E</b>	3399	18473	59936	42739	5028	46.95%
<b>ESE</b>	2463	10156	24198	12735	1578	18.53%
<b>SE</b>	1394	2983	3630	1618	346	3.61%
<b>SSE</b>	699	749	717	260	74	0.91%
<b>S</b>	234	181	156	57	41	0.24%
<b>SSW</b>	157	97	56	16	8	0.12%
<b>SW</b>	128	59	22	5	6	0.08%
<b>WSW</b>	90	66	28	15	5	0.07%
<b>W</b>	85	92	67	4	3	0.09%
<b>WNW</b>	100	73	37	6	0	0.08%
<b>NW</b>	117	74	36	27	6	0.09%
<b>NNW</b>	105	75	63	18	6	0.10%
<b>Total</b>	<b>14963</b>	<b>46772</b>	<b>118823</b>	<b>83241</b>	<b>12169</b>	<b>100.00%</b>

De acuerdo a la rosa de viento que se muestra en la figura 13 y la tabla 2, correspondientes a los datos de la boya 42058, los comprendidos entre los rumbos Este Sureste y Noreste, representan el 96.08 % del total de casos de los registros, más concentrados en los rumbos Este (46.48 %) y Este Noreste (41.50 %), lo que demuestra la marcada influencia de los vientos Alisios sobre en la región del Caribe Centro Oriental. La velocidad media del viento registrada fue de 7.7 m/s y la máxima de 33.2 m/s, está última asociada al paso del huracán Matthew en octubre de 2016.

Por su parte, para el caso de la boya 42059 (Figura 14 y Tabla 3) los rumbos predominantes del viento se concentran entre el SE y NE (97.46 %), predominando los del Este con un 46.95 % de los casos. A diferencia de la boya 42058, para esta posición se observa una mayor dispersión, con valores significativos en los rumbos ESE (18.53 %) y ENE (24.45 %), mostrando también el predominio de la influencia de los vientos alisios en esta zona del Mar Caribe. La velocidad media registrada fue de 6.93 m/s, mientras que la máxima se obtuvo el 29 de septiembre de 2016 con un valor de 22.5 m/s, la cual también puede ser asociada a la influencia de huracán Matthew.

Tomado en cuenta la información aportada, se puede afirmar que para la zona de estudio predominan los vientos de componente Este, gobernado por los vientos Alisios, los cuales tienen una ocurrencia superior al 85 % de los casos registrados.

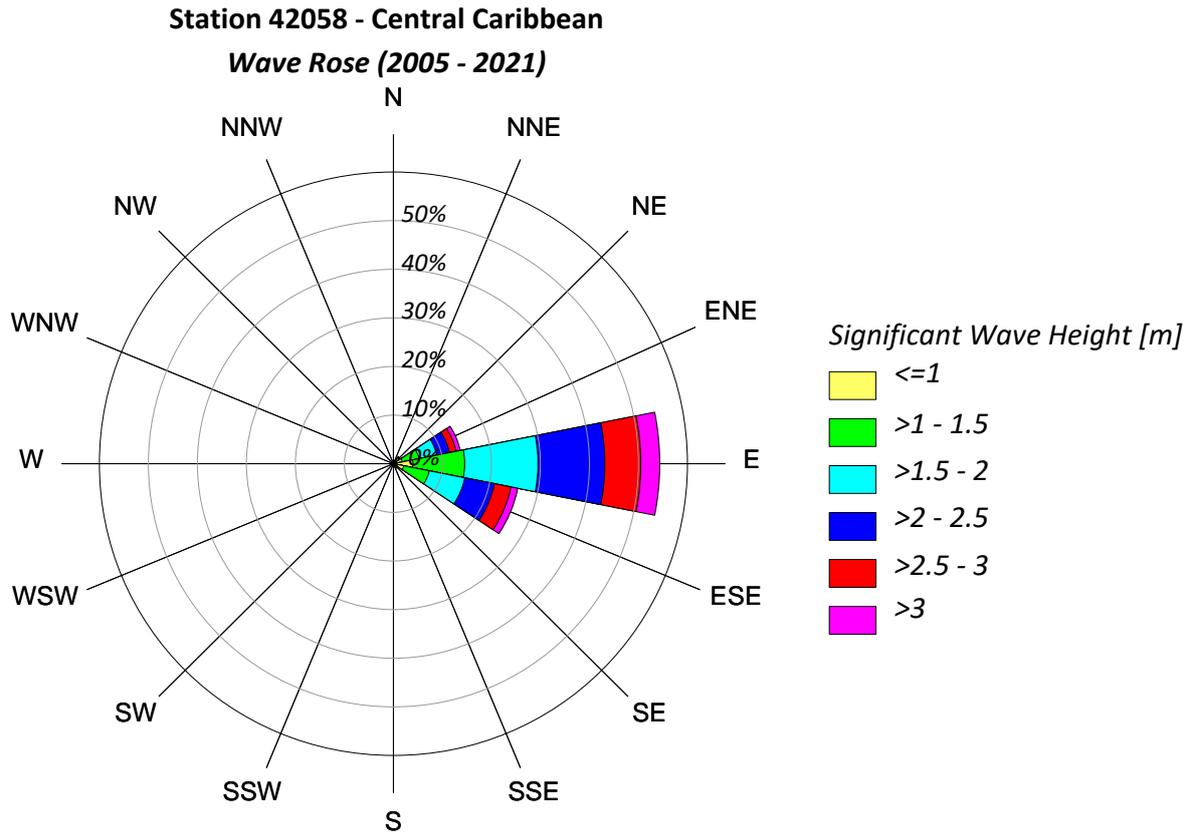
La línea de costa en la zona de trabajo tiene una orientación Este – Oeste, por lo que la influencia de los vientos en los procesos hidrodinámicos que tienen lugar en sus proximidades estarán concentradas en el 1er y 4to cuadrantes en las direcciones entre el Este Nordeste y el Oeste Noroeste. (Figura 15)



**Figura 15. Rumbos de vientos que influyen en los procesos hidrodinámicos en la playa de Viento Frío.**

Tomando los resultados de la serie de datos de la boya 42058 (Figura 13, Tabla 2), la más cercana a la zona de trabajo, se puede apreciar que de las direcciones del WNW al ENE, ocurre el 47.7 % de los casos, lo cual, en términos de tiempo significa 5.8 meses al año con vientos de estas direcciones.

Continuando con los resultados que se obtienen de la boya 42058, esta proporciona además datos de oleaje (dirección, periodo y altura). A partir del análisis de vientos, y tomando en cuenta las direcciones de interés para la zona de estudio, se filtró la serie y se redujo a estas direcciones. En la figura 16 se presenta la rosa de oleaje (Hs) para todas las direcciones y en la figura 17 la rosa de oleaje (Hs) para las direcciones de interés, así como las tablas resúmenes del volumen de observaciones desglosados por segmentos de altura y rumbos (Tablas 5 y 6)

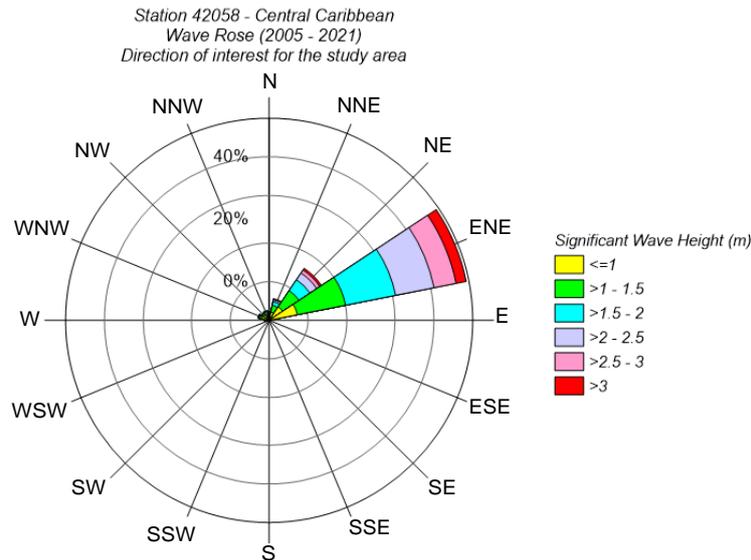


**Figura 16. Rosa de oleaje para todos los rumbos. Estación NOAA 42058. Periodo de medición 2005-2021**

**Tabla 5. Resumen del oleaje por rumbos para la estación NOAA 42058.**

Directions	Significant Wave Height (m)				Frequency
	< 1	1 - 2	2 - 3	> 3	
N	189	97	43	29	0.45%
NNE	216	151	63	31	0.56%
NE	440	436	319	187	1.74%
ENE	1595	2987	3176	2284	13.89%
E	3437	9093	12902	11755	54.36%
ESE	1847	4567	6378	5326	25.87%
SE	197	259	192	154	1.10%
SSE	47	19	2	1	0.08%
S	66	33	8	0	0.12%
SSW	139	79	16	1	0.28%
SW	101	38	14	8	0.25%
WSW	103	35	18	2	0.19%
W	101	48	26	1	0.21%
WNW	183	48	16	11	0.31%
NW	191	38	18	5	0.30%
NNW	121	72	34	9	0.29%
<b>Total</b>	<b>8973</b>	<b>18000</b>	<b>23225</b>	<b>19804</b>	<b>100.00%</b>

De la rosa de oleaje y la tabla resumen referentes a todas las direcciones, del Este Noreste al Este Sureste tiene lugar el mayor porcentaje de ocurrencia (94.12 %) de las olas que se registraron en la zona central del Mar Caribe, lo que está en correspondencia con los resultados de los análisis de las series de vientos. Asimismo, sobresale que para la dirección del Este se registró el 54.36% de los casos.



**Figura 17. Rosa de oleaje para rumbos de interés. Boya 42058, periodo de medición 2005 - 2021**

**Tabla 6. Resumen del oleaje por rumbos de interés para la zona de estudio. Estación NOAA 42058.**

Directions	Significant Wave Height (m)				Frequency
	< 1	1-2	2-3	> 3	
<b>N</b>	189	97	43	29	2.76%
<b>NNE</b>	216	151	63	31	3.55%
<b>NE</b>	440	436	319	187	10.64%
<b>ENE</b>	1595	2987	3176	2284	77.31%
<b>WNW</b>	183	48	16	11	1.99%
<b>NW</b>	191	38	18	5	1.94%
<b>NNW</b>	121	72	34	9	1.82%
<b>Total</b>	<b>2935</b>	<b>3829</b>	<b>3669</b>	<b>2556</b>	<b>100.00%</b>

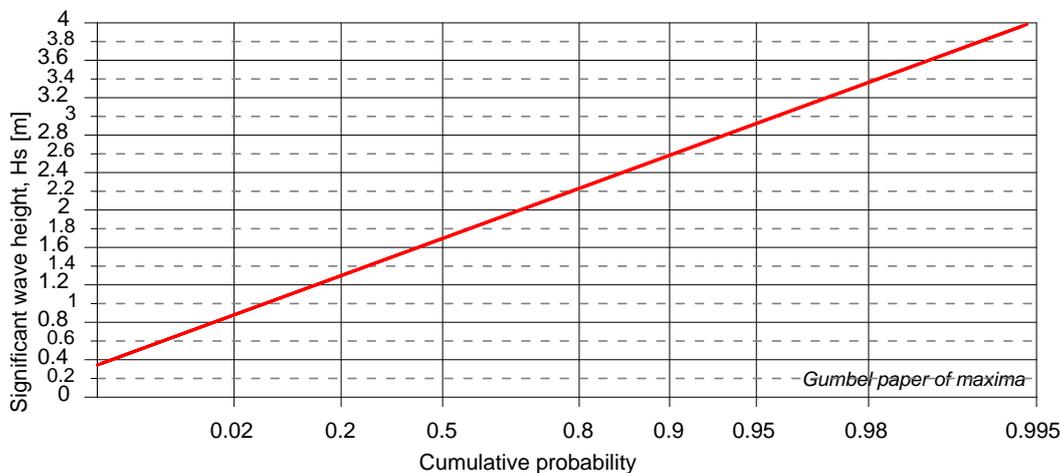
Una vez filtrados los datos para los rumbos de interés, se obtienen los resultados que se presentan en la figura 17 y la tabla 6. Como es posible apreciar, se mantiene el predominio de las direcciones de oleaje del 1er cuadrante donde el rumbo ENE representa el 77.31% de todas las mediciones registradas, seguido de las direcciones del NE con un 10.64%.

A partir de los datos obtenidos de la boya 42058, se determinaron los regímenes medios escalares de los parámetros de estados de mar, altura de ola significativa (Hs) y período pico (Tp) en profundidades indefinidas para el Mar Caribe Central, los cuales, han sido dibujados en un papel probabilístico Gumbel de máximos (Figura 18 y 19).

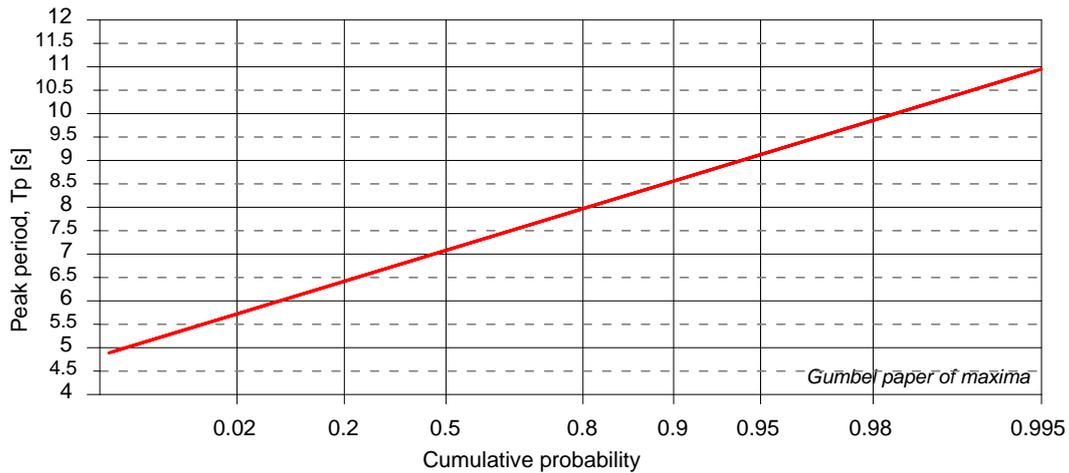
Estos regímenes medios representan las condiciones medias anuales del oleaje para el Mar Caribe Central, donde no se tienen en cuenta los oleajes provenientes de tormentas tropicales, considerando estas últimas de interés para establecer el régimen extremal del oleaje en la zona.

Panamá no se encuentra ubicada en la trayectoria típica de las tormentas tropicales o los huracanes que se desplazan por la cuenca de Caribe, sin embargo, eventualmente, pudiera ser tocada por uno de estos organismos. Hasta la fecha, solo se tiene registro del Huracán Martha, en noviembre de 1969, el cual, en su breve recorrido, se desplazó directamente sobre suelo panameño. (ETESA, 2010)

Sin embargo, el país es afectado de una forma u otra por las condiciones climáticas asociadas a estos organismos tropicales en su movimiento por latitudes cercanas. Las lluvias son la principal afectación reportada hasta el momento, pero sin dudas, el oleaje generado llega a las costas y provoca afectaciones en las mismas.

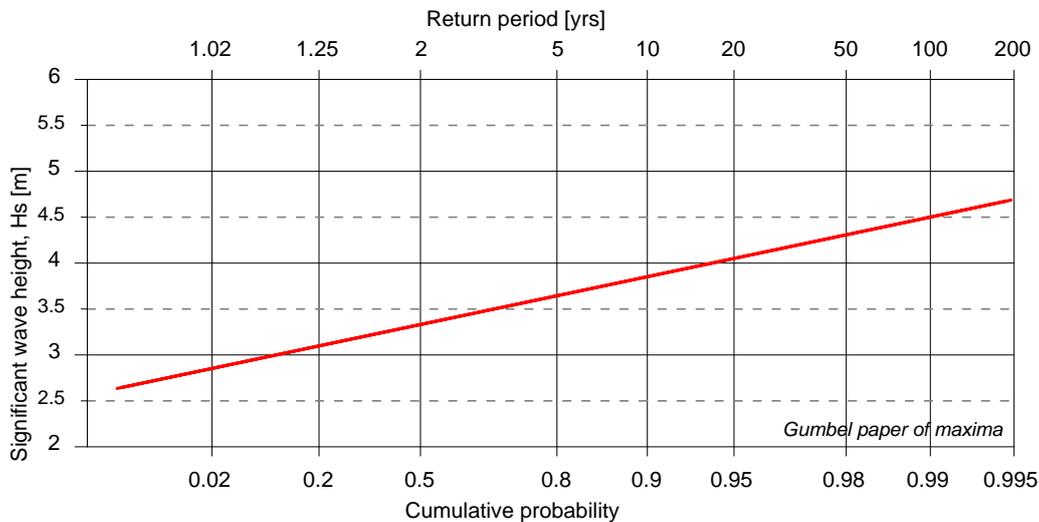


**Figura 18. Régimen medio habitual de altura de ola significativa en profundidades indefinidas. Estación NOAA 42058. Período de medición 2005-2021.**



**Figura 19. Régimen medio habitual del periodo de pico en profundidades indefinidas. Estación NOAA 42058. Periodo de medición 2005-2021.**

Por su ubicación en el Caribe Central la boya 42058, es capaz de registrar buena parte del oleaje asociado a las tormentas tropicales que de una forma u otra afectan a la costa panameña, por lo que, siguiendo la misma metodología, se tomaron sus datos y en la figura 20 se presenta el régimen extremal de altura de ola significativa obtenido, ajustado a una distribución Gumbel de máximos.



**Figura 20. Régimen extremal de altura de ola significativa en profundidades indefinidas. Estación NOAA 42058. Periodo de medición 2005-2021.**

#### IV.3. Caracterización de la dinámica de olas mediante el modelado de frentes de onda.

La propagación del oleaje hacia la costa produce transformaciones en los frentes de ola, provocadas principalmente por los fenómenos de refracción, difracción, rotura y disipación por el fondo, y por tanto, también se producen alteraciones en la distribución espacial de la energía del oleaje.

Para caracterizar la dinámica del oleaje es necesario propagar los frentes de onda desde aguas profundas en el Mar Caribe hacia la costa. Estas propagaciones se han realizado utilizando el Modelo de Propagación de Ondas Oluca-SP, del Coastal Modeling System (SMC), desarrollado por el Grupo de Ingeniería Oceanográfica y Costera de la Universidad de Cantabria, España.

Se propagó ondas espectrales, utilizando un espectro de frecuencias tipo TMA (Texel Marsen Arsloe) (Bouws et al., 1985), el cual es aplicable en zonas cercanas a la costa donde las profundidades son someras y el oleaje se ve afectado por el fondo y está definido de un espectro JONSWAP. Las propagaciones se realizaron para los 2 escenarios indicados en la tabla 7 y los resultados se muestran en el presente epígrafe.

**Tabla 7. Parámetros de olas para la modelación de escenarios.**

Parámetro	Escenarios (Olas)		
	Habitual		Olas de tormenta
Altura Significante (Hs)	1.7 m		4.1 m
Periodo Pico (Tp)	7 s		12 s
Rumbos	NE	N ENE	NE N ENE

Los datos de olas utilizados para las ejecuciones del modelo se refieren a los regímenes escalares y direccionales medios de los parámetros del estado del mar a profundidades indefinidas.

El escenario de oleaje habitual corresponde a las condiciones medias anuales (probabilidad del 50%) recogidas en la figura 18, que describe el régimen medio para las direcciones de interés en la zona costera de Viento Frío.

Para el escenario de oleaje extremal se simuló un evento con probabilidad de ocurrencia de 5 años.

Los resultados gráficos de la modelación presentada en este estudio son las isolíneas y los vectores de dirección del oleaje (altura significativa del oleaje Hs), que permitirán caracterizar espacialmente el comportamiento del oleaje en su trayecto hacia la costa.

En el Anexo 2 se presentan las propagaciones de ondas realizadas, junto con toda la modelización matemática realizada para los diferentes escenarios. Las situaciones típicas para los dos escenarios modelados se discuten a continuación.

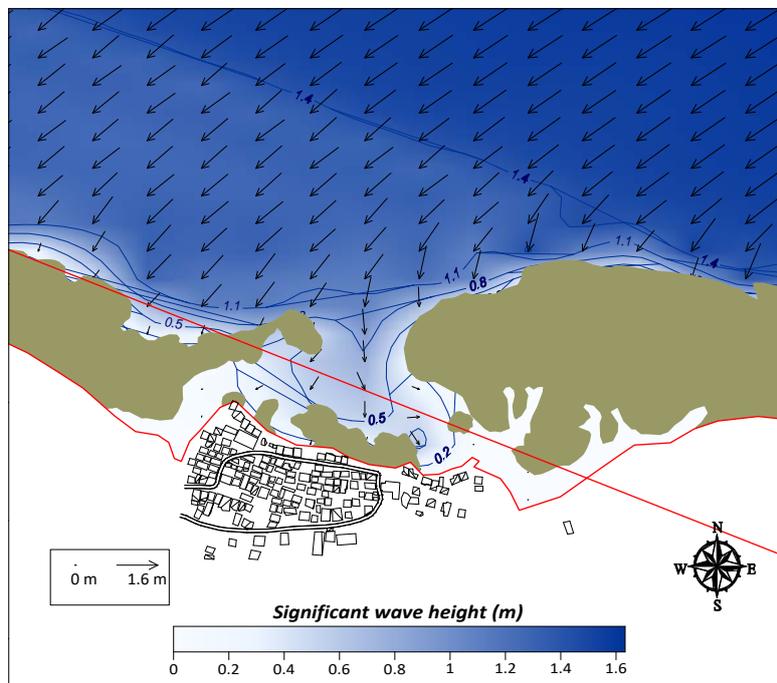
### Escenario de oleaje habitual.

El oleaje habitual es el que representa las condiciones medias anuales, las cuales producidas por los vientos alisios. Este escenario es uno de los responsables de las etapas acumulativas de las playas.

La figura 21 muestra el resultado de la simulación realizada para la dirección Este Noreste, en la zona de Viento Frío, que es la dirección predominante, por lo tanto, representativa de este escenario.

El análisis de la figura 21, evidencia que, en condiciones habituales, el oleaje se propaga con un ángulo de incidencia de 45° respecto a la zona costera. Al acercarse a la terraza abrasiva, los trenes de ondas comienzan a sufrir afectaciones en la dirección de propagación, las cuales son visibles dentro de la zona de rompientes, amortiguando toda su energía al interactuar con este elemento natural. Solo en la abertura existente de 115 m de ancho aproximadamente, se mantiene trenes de olas muy disipados, predominando hacia la zona de la playa oleajes con magnitudes inferior a 0.5 m.

Bajo estas condiciones el efecto del oleaje en la transformación del perfil de es prácticamente nula debido a su baja energía.

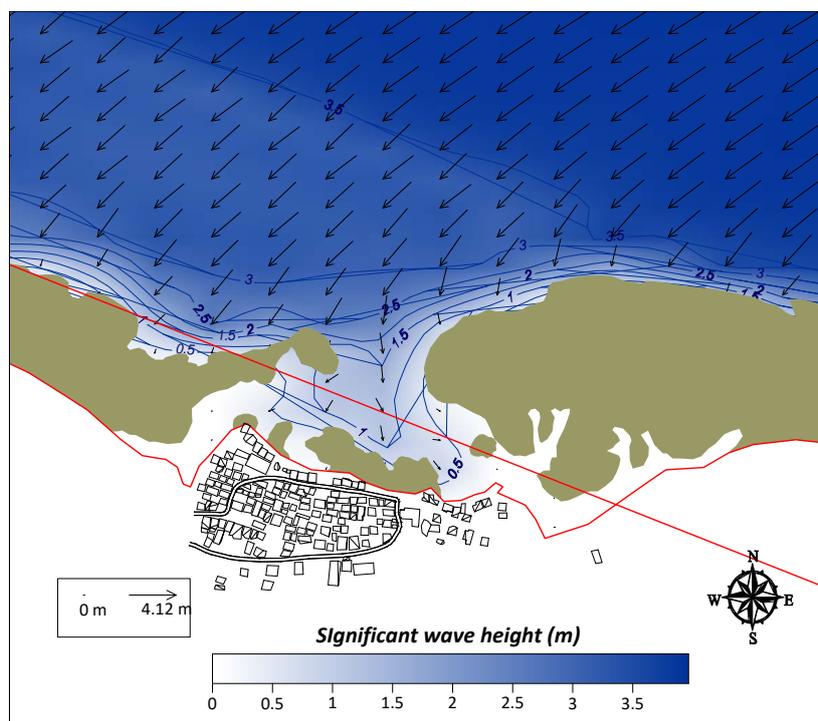


**Figura 21. Distribución de isótopos, vectores y magnitud de altura significativa para la playa de Viento Frío. Oleaje habitual, dirección Noreste (ENE)**

### Escenario bajo olas de tormenta

Se ha demostrado en diversos estudios bajo determinadas circunstancias, que la pérdida de arena y la desaparición total de playas, tienen una de sus causas directas en el oleaje asociado a eventos meteorológicos extremos, como depresiones, tormentas tropicales y huracanes.

La figura 22 muestra la simulación realizada para el impacto de un oleaje generado por una tormenta tropical con las características descritas anteriormente, seleccionando la dirección Este Noreste por ser la predominante en la zona aún bajo estas condiciones.



**Figura 22. Distribución de isótopos, vectores y magnitud de altura significativa para la playa de Viento Frío. Oleaje extremal, dirección Noreste (ENE)**

Bajo estas circunstancias, los trenes de ondas generados, adoptan un esquema de propagación similar al generado bajo condiciones habituales.

Como se aprecia, la disipación del oleaje a través de los procesos de asomeramiento y rotura comienza a más de 500 m de la orilla frente a la playa de Viento Frío, acercándose esta distancia hacia la zona Este, donde llega prácticamente hasta la terraza exterior con una altura de 3.5 m. Al igual que en el caso anterior, la barrera arrecifal exterior disipa toda la energía del oleaje que llega hasta ella con una altura de entre 1.5 m y 2 m, produciéndose

solo la entrada de trenes de ondas transformados a través de la abertura central con una altura de 1 m, los cuales inciden directamente sobre el sector central de la playa.

Este esquema de distribución de propagación del oleaje, similar, pero de mayor magnitud al producido para condiciones habituales, condiciona el sistema circulatorio y la distribución sedimentaria a lo largo de la franja costera de la zona de estudio.

### **Sistema de circulación**

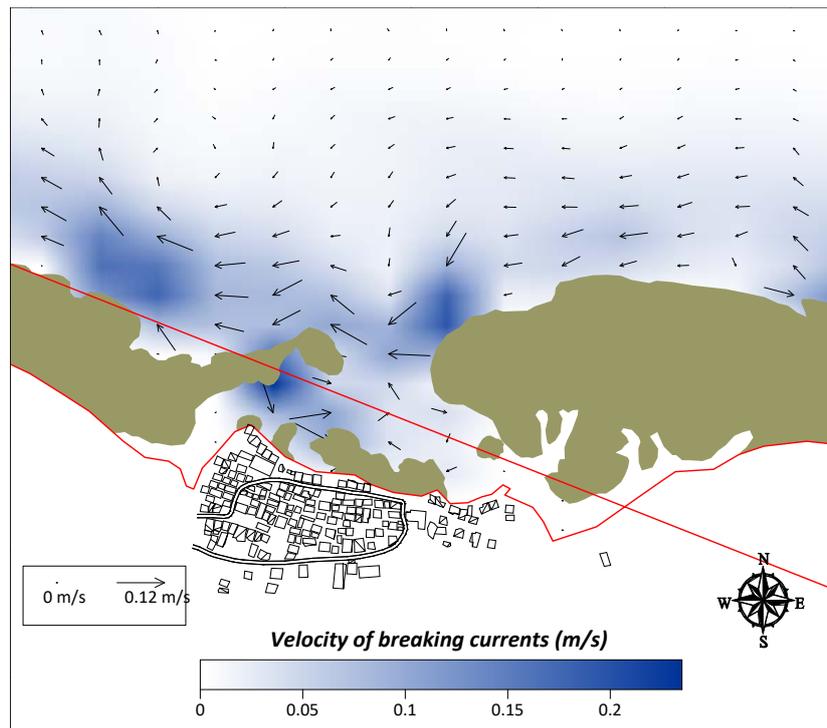
Dentro de la zona de rompientes las olas generan una serie de corrientes, que dependen del ángulo de llegada a la costa y de la altura de la ola. Estas corrientes, denominadas corrientes longitudinales o de ruptura, tienen especial importancia en la disposición del equilibrio de una playa, y más concretamente, en su forma en planta, dada la capacidad de transporte de arena.

Las corrientes de deriva se producen dentro la zona de rompiente, en una zona donde el sedimento se pone en suspensión y es fácilmente transportable. De esta forma, para que una determinada forma en planta esté en equilibrio es necesario que, o bien no existan corrientes longitudinales, o bien que, aunque existan, el gradiente de transporte generado por ellas sea nulo.

Para determinar estas corrientes de ruptura se utilizó el modelo COPLA, desarrollado por el GIOC de la Universidad de Cantabria, España. Los modelos realizados aparecen en el Anexo 2.

A modo de ejemplo, la figura 23 muestra la simulación realizada para olas en régimen extremal producidas por un organismo tropical con rumbo Este Noreste, comportamiento similar para los demás escenarios modelados.

La transformación y rotura del oleaje genera un patrón de circulación caótico hacia el interior de la playa, tanto para las condiciones habituales como para las condiciones de tormenta, debido a la existencia de las barreras arrecifales y las transformaciones que sufre el oleaje al interactuar con estas. Siendo así, resulta muy difícil establecer un patrón de transporte de sedimentos para esta playa.



**Figura 23. Distribución de vectores y magnitud de las corrientes de rotura en el sector costero de Viento Frío. Régimen extremo, con rumbo Este Noreste (ENE)**

#### IV.4. Evidencias y causas del proceso de erosión

Durante los trabajos de campo realizados, fue posible detectar varias evidencias que demuestran el continuo proceso de erosión a que está sometida esta playa. Algunas de ellas son:

1. Afloramientos rocosos en la anteplaya
2. Pérdida total de la zona emergida en el sector Este
3. Afectaciones a la vegetación costera y a las instalaciones
4. Formación de cárcavas de erosión debido al mal drenaje pluvial
5. Franja de arena estrecha, ausencia de dunas y baja altura de la berma



**Foto 15. Afloramientos rocosos en la anteplaya (Sector Oeste).**



**Foto 16. Pérdida total de la zona emergida de la playa en el sector Este.**



**Foto 17. Afectaciones a la vegetación y las instalaciones (Sector Este).**



**Foto 18. Cárcavas de erosión por mal drenaje pluvial.**

Aunque no se pudo contar con fotos o datos que permitieran evaluar el estado de la playa años atrás, sí fue recurrente la información de los pobladores de la zona sobre la existencia en el pasado de una playa más ancha, donde incluso se podían practicar deportes como voleibol y fútbol, algo imposible en estos tiempos. Igualmente, según los testimonios, era posible caminar y tomar sol en la zona emergida de la playa del sector Este, hoy inexistente.

Todas estas evidencias, demuestran que la playa en Viento Frío, ha estado sometida a un constante proceso de erosión, cuya magnitud es imposible cuantificar debido a la falta de mediciones periódicas. Sin embargo, tomando como base los testimonios de los pobladores, se puede estimar una pérdida en su ancho de playa de entre 15 m y 20 m aproximadamente en los últimos 20 años, a razón de entre 0.75 m y 1 m de retroceso por año.

Las causas que han generado este proceso se pueden dividir en:

1. Causas naturales:

- Sobreelevación del nivel medio del mar provocado por el Cambio Climático. Es una causa común que afecta a varias playas del planeta y costas en general. Es conocido que en los últimos años la tendencia es a la elevación del nivel de mar y a la inundación de zonas bajas y vulnerables, como es el caso de Viento Frío.

- Posible aumento en la frecuencia en intensidad de los huracanes y tormentas tropicales. Aunque Panamá no se caracteriza por ser afectada directamente por este tipo de organismos, como es el caso en otras regiones de la cuenca del Caribe, el oleaje y la surgencia que ellos generan a su paso en busca de latitudes más altas, sí afectan la costa y modelan el paisaje, generando en ese momento afectaciones en las costas arenosas.
  - Disminución en los aportes desde las fuentes de sedimentos a la playa. Aunque es difícil cuantificar y afirma que existe una disminución de aportes de sedimentos, las evidencias del proceso de erosión en sí mismas, demuestran un desbalance entre ingresos y egresos. Como se explicó anteriormente, una de las fuentes principales de aportes de sedimentos a la playa en eras geológicas pasadas fue la propia barrera de origen coralino que la protege y que hoy presenta un estado bastante deteriorado, primando los aportes por la erosión del material pétreo que la conforma y la colonia de algas Halimedas y otros organismos calcáreos que la pueblan.
  - Morfología inadecuada para la acumulación y estabilidad del perfil. Para la existencia de una playa y su estabilidad, es importante que se cumplan ciertas condiciones. Entre ellas las más importantes son una fuente constante de aportes de sedimentos capaz de mantener el balance entre ingresos y egresos del sistema, un régimen hidrodinámico favorable y una morfología del perfil que permita los procesos acumulativos y el correcto funcionamiento del perfil de equilibrio. En el caso de Viento Frío, la existencia de la terraza intermareal en la zona que debería ocupar la pendiente submarina del perfil, es un elemento que amplifica los procesos erosivos e impide el equilibrio dinámico de la playa.
2. Causas antrópicas (Actividad humana)
- Existencia de instalaciones sobre el perfil dinámico de la playa. Una de las causas más comunes de la erosión de las costas arenosas y las playas en particular, es la existencia de instalaciones construidas sobre el perfil dinámico. Desde la antigüedad, las distintas civilizaciones han tenido un estrecho vínculo con las fuentes de agua, tanto marinas como fluviales, por lo que ha sido habitual acercar las construcciones al borde de las mismas. Sin embargo, está práctica es nociva para el funcionamiento de las playas. En su interacción con los elementos hidrometeorológicos, el perfil emergido de la playa cumple una función muy

importante de defensa ante las penetraciones del mar, al ser el principal elemento disipativo de las olas de tormentas. Igualmente, el viento, genera transporte de sedimentos tierra adentro, el cual, al ser obstaculizado por la vegetación costera crea las dunas, acumulaciones de arena que cumplirán igualmente una importante función de defensa y de reserva para lograr el equilibrio en el funcionamiento del perfil. Los muros, casas, hoteles y otras construcciones, obstaculizan este funcionamiento natural y se convierten en elementos que aceleran los procesos erosivos. En el caso de Viento Frío, el poblado se ha desarrollado muy ligado al mar, ya sea por actividades de pesca o recreativas y actualmente en el frente costero se pueden identificar 22 casas y otras instalaciones que afectan el funcionamiento dinámico, además de 100 m muros en el sector Este.

- Deficiente drenaje pluvial. La construcción del poblado y sus calles asfaltadas, también muy cercanas a la zona costera, produjo un cambio en el escurrimiento pluvial. Actualmente la evacuación de las aguas se produce principalmente en dos puntos a lo largo de la playa, donde el flujo de agua alcanza grandes volúmenes y fuertes corrientes que corren hacia el mar a través de la playa, erosionándola y enviando volúmenes de sedimentos en dirección al mar, favoreciendo con ello también los procesos de erosión.
- Extracción de arena para la construcción. Durante los trabajos de campo se pudo apreciar que en la zona es práctica común la extracción de arena para la construcción, algo que también fue confirmado por los pobladores de la zona, actividad que ven como algo natural y necesario. Sin embargo, esta acción, común también en otras zonas costeras, se convierte en un elemento que favorece los procesos de erosión al extraerse volúmenes de arena no cuantificados que amplifican las pérdidas que se producen de manera natural.
- Extracción de arena en la plataforma. En la plataforma submarina de esta zona, en profundidades entre los 30 m y 40 m, durante años, han existido zonas de concesión para la explotación de arena marina. Si bien la distancia a la que se han llevado a cabo estas extracciones, así como la profundidad, no permiten establecer una relación directa con la erosión en la zona costera, si es posible que se hayan generado daños a los ecosistemas productores de arena que influyen en el desbalance de ingresos a la playa.

Otro elemento que afecta la imagen de esta playa es el constante arribo de troncos de árboles, ramas y desperdicios humanos a la costa. Si bien este fenómeno no se puede vincular como una causa de la erosión, sí se debe tomar en cuenta para mejorar la imagen estética y paisajística. Influir sobre ello es casi imposible con soluciones de ingeniería, por lo que la única solución posible sería establecer un plan de saneamiento constante que permita su eliminación fuera de la zona costera.

Identificadas las causas de la erosión, resulta inevitable que las soluciones para la rehabilitación de la playa de Viento Frío, requieran una combinación de soluciones de ingeniería y adaptación.

## V. ESTRATEGIA PARA LA RECUPERACIÓN Y PROTECCIÓN DEL SECTOR COSTERO DE VIENTO FRÍO.

Las soluciones para lograr el mejoramiento de las condiciones estéticas de la playa, así como su fortalecimiento para potenciar que funcione como defensa ante los efectos del cambio climático, debe ser una combinación de soluciones de ingeniería y medidas de ordenamiento y adaptación, incluso, a más largo plazo y con la realización de nuevos estudios, la aplicación de técnicas de adaptación basadas en ecosistema es una solución viable.

Las soluciones basadas en ecosistemas se refieren a un conjunto de acciones o políticas que aprovechan el poder de la naturaleza para abordar algunos de los desafíos sociales más urgentes, como el creciente riesgo de desastres naturales o el Cambio Climático. Estas soluciones implican proteger, restaurar y gestionar de manera sostenible los ecosistemas, de manera que aumente su resiliencia y capacidad para abordar esos desafíos sociales y al mismo tiempo salvaguarden la biodiversidad y mejoren el bienestar humano.

Este enfoque ha tomado impulso en diversas partes del mundo durante las últimas dos décadas, derivando en diversas políticas y guías que se alinean a la incorporación de los procesos naturales en la ingeniería, por ejemplo, Shoreline Management Plans (Reino Unido, 2006), Building with Nature (Países Bajos, 2012), Living shorelines (EUA, 2016) y Nature-based solutions en Programa de la International Union for Conservation of Nature, recientemente renovado en 2021.

En particular, una alternativa basada en ecosistemas para la mitigación del riesgo por inundación y erosión, es la “infraestructura verde”. Tras su implementación, esta infraestructura busca conservar, o recuperar en caso necesario, los flujos de masa y energía que permiten la conectividad entre ecosistemas, su funcionamiento y resiliencia.

La selección de una solución exitosa dependerá de un diagnóstico adecuado que incluya un diseño resistente, resiliente y específico para el sitio a intervenir, dada la complejidad de los procesos costeros, tal como se ha realizado en el presente Proyecto.

Dentro de las soluciones de infraestructura verde, está la llamada “**Ingeniería mejorada con el uso de ecosistemas**”.

En este tipo de infraestructura verde, las medidas tradicionales de protección, tanto rígidas como blandas, se modifican para cambiar los procesos físicos (por ejemplo, la intensidad del oleaje y el transporte de sedimentos), produciendo beneficios a los procesos naturales que

se mantienen o adaptan imitando a los ecosistemas naturales. Por ejemplo, los rellenos de playas y la revegetación de dunas costeras con plantas autóctonas, son medidas de este tipo, que han demostrado ser efectivas.

El conjunto de medidas propuesto se puede clasificar como:

- Medidas a corto plazo (<3 años)
- Medidas a mediano plazo (3-7 años)
- Medidas a largo plazo

De acuerdo a esta escala temporal (corto, mediano y largo plazo), se proponen acciones para cada escala.

### **V.1. Medidas a corto y mediano plazo**

Siendo así, y tomando en consideración el nivel de estudio actual, el uso de la playa y las características de la zona donde está enclavada, se proponen la siguiente estrategia a corto y mediano plazo:

- Medidas de ordenamiento y adaptación

Debido a las causas que provocan o aceleran los procesos de erosión se propone avanzar en las siguientes medidas:

Avanzar en la eliminación de las instalaciones ubicadas en la primera línea de costa. Esta medida se torna compleja de aplicar en este momento, debido a que no existe en la República de Panamá, una legislación basada en el funcionamiento de los sistemas costeros que limite la extensión de las propiedades sobre el perfil dinámico de la playa. Además, las instalaciones son en su gran mayoría de carácter privado, cuyos propietarios son pobladores de la zona, muchos de ellos de bajos ingresos.

Saneamiento de la zona costera. Uno de los mayores impactos que recibe esta playa es la contaminación por residuos sólidos provenientes del mar. La existencia de troncos, algas, restos de animales marinos, plásticos y todo tipo de desperdicios provoca un alto impacto paisajístico y afecta de manera directa el uso de la playa con fines recreativos. Por ello se debe establecer un programa de saneamiento y limpieza periódica de la franja de arena.

Eliminar los drenajes pluviales a la playa. Se necesita la elaboración y ejecución de un proyecto que elimine el vertido de las aguas del escurrimiento pluvial hacia la playa, ofreciendo nuevas soluciones a este problema.

Eliminar totalmente la extracción de arena de la playa. Esta práctica común en varios sectores de costas arenosas es una de las más nocivas para el correcto funcionamiento de la playa, por lo cual, deberá ser eliminada de manera inmediata, ofreciendo a la vez a los

pobladores de Viento Frío otras alternativas que les posibiliten la obtención de este material tan importante para la construcción.

Como es posible apreciar, estas medidas afectarán la dinámica actual de la población de Viento Frío, razón por la cual su aplicación debe ser el resultado de un profundo análisis y la participación de los propios pobladores, dándoles alternativas para compensar las posibles afectaciones a las que serán sometidos. Es por ello que no son soluciones que, aunque necesarias para la estabilidad de la playa, pueden ser aplicadas de manera inmediata. Antes se deberá crear un programa de manejo costero y de creación de conciencia ambiental, teniendo en cuenta que la ejecución de un proyecto o la toma de medidas para el mejoramiento de la playa debe ser siempre una acción que contribuya a elevar el nivel de vida de la población y esta sea parte activa dentro de las acciones.

Cómo se puede apreciar, avanzar en este tipo de estrategia lleva a un trabajo continuo en el mediano plazo por lo que, si se quiere dar soluciones más ágiles, necesariamente habrá que intervenir en el sistema dinámico de la playa, lo cual no solo mejorará de manera más expedita el sector, ofreciendo además una mejor respuesta de la playa ante el cambio climático, sino que proveerá del tiempo necesario para la aplicación de las medidas propuestas anteriormente.

Cómo se puede apreciar, a partir del diagnóstico realizado a la playa, una de las principales causas del deterioro actual está dado por la pérdida de los volúmenes de arena y el déficit de nuevos ingresos a la misma. Acometer acciones que de manera inmediata aporten los sedimentos necesarios para lograr un nuevo equilibrio del sistema mediante la ejecución de acciones ingenieras, se muestra como una alternativa viable en el más corto plazo.

- Soluciones ingenieras

En el campo de la ingeniería costera y en particular el mantenimiento o la restauración de playas existen un gran número de soluciones que se pueden aplicar según las características del sistema costero, las causas que generan los procesos de erosión, su intensidad o el objetivo final de la intervención.

De manera general, estas se dividen en dos grandes grupos: duras y blandas, aunque en los últimos años se han generalizado también soluciones híbridas, las cuales combinan aspectos de ambos grupos, incluso, cada vez van tomando más protagonismo las soluciones basadas en el ecosistema, cuya principal desventaja consiste en la lentitud con que se obtienen los resultados prácticos para la restauración de la playa, aunque a largo plazo si pueden ser determinantes. (Wong, 2018)

Tomando en consideración el estado actual de la playa de Viento Frío, sus características geomorfológicas, el funcionamiento del sistema costero y los objetivos que se persiguen con la restauración, la aplicación de soluciones duras como espigones, rompeolas, malecones o similares, además de innecesarias y probablemente inefectivas, se torna extremadamente costosa, razón por la cual se descarta esta posibilidad y se propone la aplicación de soluciones blandas como son la alimentación artificial de arena y la restauración de las dunas costeras y su vegetación en aquellos sectores que así lo permitan, avanzando en paralelo con las medidas de adaptación y ordenamiento.

Años atrás, la regeneración de las playas no se concebía sin la construcción de espigones u otro tipo de estructuras rígidas, pero actualmente se ha comprobado que, en muchos casos, este tipo de actuaciones si bien en contadas ocasiones cumple su objetivo localmente, produce erosión en las zonas adyacentes, por lo que su implementación por sí sola está en desuso dado los problemas ambientales que genera y se aconseja su inserción en los proyectos de manera que se combinen la obra dura (rigidización de un tramo de costa) y la obra blanda (alimentación artificial o bypass).

La selección de la alimentación artificial de arena como técnica de avanzada para el mantenimiento de las playas naturales, se hizo en base a sus reconocidas ventajas ecológicas y estéticas con respecto a otras técnicas (National Research Council, 1995).

Estas acciones se abordan y desarrollan en detalle en el Proyecto.

Este tipo de acciones, ejecutadas de manera conjunta, han demostrado una elevada eficacia, puesto que mediante su aplicación las playas son diseñadas con una doble función, para uso lúdico y como obras de protección de la zona costera, devolviendo, de manera casi instantánea, el déficit en el volumen de sedimentos requeridos para la recuperación de sus condiciones:

- Morfológicas: conformando un perfil bien desarrollado y completo, con la presencia de los distintos elementos morfológicos típicos de su estructura (fundamentalmente barras submarinas, bermas y dunas, estas últimas revegetadas con especies propias de playas del Caribe), y un incremento notable del ancho de la franja de exposición solar.
- Estéticas: avanzando en la restauración gradual de los valores estéticos y paisajísticos naturales del ecosistema original, mediante la rehabilitación del perfil arenoso y la vegetación costera correspondiente, así como la eliminación de los diferentes elementos contaminantes existentes en el entorno.

- Funcionales: concibiendo para la playa recuperada un doble valor de uso:
  - Lúdico: a cuyo acondicionamiento contribuirá el logro de los preceptos antes referidos, relativos a la conformación de un perfil con área de exposición solar y capacidad de carga adecuadas, y una imagen natural atractiva. Representando nuevas oportunidades para el fomento de la actividad turística y pesquera, la valuación de los terrenos y la generación de empleos.
  - Defensa costera: tomando ventaja de la naturaleza esencialmente disipativa de las playas, con volúmenes de arena suficientes para conformar perfiles extensos, de suave pendiente, con presencia de barras submarinas, bermas y potentes dunas, concebidos bajo adecuados parámetros de diseño, los que garantizan una eficiente disipación de la energía de las olas generadas por eventos meteorológicos extremos, contribuyendo al enfrentamiento al incremento del nivel del mar provocado por los Cambios Climáticos.

En las últimas décadas del siglo XX comenzó a generalizarse la aplicación de este tipo de solución, con preferencia a las tradicionales obras rígidas de defensa costera.

Juanes (1996), refiere 3 importantes ejemplos al respecto:

- En la República de Georgia, en el Mar Negro, el fracaso de varias obras de protección de playas mediante la construcción de espigones y diques hasta 1981, llevó a la sustitución de estos y a la ejecución de proyectos de alimentación artificial de playa, que entre 1983 y 1987 beneficiaron 47.5 km de costas, con el vertido de 9,224,600 m<sup>3</sup> de arena y gravas (Kiknadze, et al. 1990).
- En España, entre 1983 y 1988, fueron ejecutadas más de 300 actuaciones en las costas, destinándose el 70% del presupuesto a proyectos de rehabilitación de playas mediante la alimentación artificial de playa (MOPU, 1988).
- En Estados Unidos, hacia 1988 ya se reportaban 60 playas de la costa Atlántica, 35 de la costa del Golfo y 30 de la costa del Pacífico, que habían sido, o eran beneficiadas periódicamente, por la aplicación de la alimentación artificial de playa. Se estimaba entonces que estos trabajos habían superado el orden de los 300 millones de m<sup>3</sup> de arena vertida para la recuperación de más de 600 km de costa (Leonard et al., 1990).

En este último caso, el ejemplo de Miami, en la Florida, constituye un referente notable. El campo de espigones que allí existió hasta la década de los setenta del pasado siglo, debió ser demolido, dando paso al vertimiento de más de 10 millones de m<sup>3</sup> de arena entre 1977 y 1982. La aplicación de esta técnica en Miami ha continuado, de hecho, en mayo de 2022 se inició un nuevo proyecto para el vertido de unos 600,000 m<sup>3</sup> de arena en 3,500 m de playa.

En Estados Unidos la alimentación artificial de playas se ha convertido en casi el único procedimiento de defensa de costas en la actualidad, luego de años de aplicación de soluciones duras que lejos de recuperar las playas, provocó la intensificación de los procesos erosivos, con costosísimos proyectos para eliminar las estructuras rígidas colocadas en cientos de kilómetros de costas.

En la mayoría de los países europeos se han usado dichas técnicas con profusión y con notables éxitos que han sido debidamente reconocidos.

En el área del Caribe, Cuba ha sido pionera en su aplicación para la recuperación de sus playas, destacando en particular el ejemplo de Varadero, que ha sido objeto de vertimientos de arena por más de 3.5 millones de m<sup>3</sup> entre 1987 y 2020, destacando el proyecto ejecutado en el verano de 1998, por 1,087,000 m<sup>3</sup> de arena a lo largo de 12 km de la playa.

Las experiencias de Varadero llevaron, localmente, a la implementación de una Estrategia de Manejo Integrado Costero, que ha incluido además, la demolición de más de un centenar estructuras existentes en la duna, que contribuían a la erosión de la playa, la retirada de la vegetación invasora en la zona costera, la reconfiguración y reforestación de varios kilómetros de dunas, y la construcción de pasarelas rústicas de acceso a la playa que garantizan la preservación de las dunas y su vegetación; entre otras acciones.

Asimismo, el programa de inversiones para la recuperación de la playa de Varadero, fue una de las bases para la concepción del Programa Nacional de Inversiones para la Recuperación de Playas en Cuba, integrado posteriormente al Plan del Estado Cubano para el Enfrentamiento al Cambio Climático (Tarea Vida). Sumando este programa y las experiencias iniciales, se han vertido más de 5 millones de m<sup>3</sup> de arena en varias de las principales playas turísticas del país, recurriendo ocasionalmente al uso de estructuras rígidas de defensa costera, en casos puntuales donde las investigaciones han señalado su necesidad.

En la playa de Cancún, en México, destaca el vertimiento de más de 5.2 millones de m<sup>3</sup> de arena entre 2009 y 2010, en un proyecto ejecutado para recuperar la playa de los efectos del paso del poderoso Huracán Wilma en 2005. Hacia 2021 fuentes locales señalaban la

existencia de otros cuatro proyectos, a la espera de contar con financiamiento para iniciar su ejecución, por casi 7 millones de m<sup>3</sup> de arena a verter en su conjunto, para la recuperación de las playas de Cancún, del Carmen y otras de la Riviera Maya y la isla de Cozumel.

Ejemplos de proyectos de este tipo con probada efectividad son comunes en muchas partes del mundo, lo cual reafirma que para la restauración en el corto plazo es una de las técnicas más aplicadas y efectiva en la actualidad. Cabe señalar que, a diferencia de otras técnicas de restauración, incluyendo las que se basan en el manejo de los ecosistemas, es la única que es capaz de aportar en un breve tiempo el volumen de arena perdido en muchos años, proporcionando al sistema restablecer su funcionamiento dinámico. Además, permite crear o recuperar espacios para las actividades de esparcimiento, sirviendo además como defensa costera ante eventos erosivos extremos.

Su principal desventaja es que, si bien aporta en un breve tiempo la arena perdida en varios años y restaura el funcionamiento del perfil, no actúa directamente sobre las causas que generaron los procesos de erosión y, por ende, no las elimina, necesitándose así, con el pasar de los años nuevos trabajos de mantenimiento o su complementación con programas de manejo costero y trabajos de restauración basada en ecosistema.

Sin embargo, la velocidad con que se restaura el perfil y la no introducción de nuevas estructuras en la zona costera, la convierte en la solución ingeniera más amigable con el medio ambiente y estéticamente superior a la creación de espigones, rompeolas o malecones. Es de señalar, además, que su aplicación no compromete la aplicación de otras medidas en el futuro de ser necesarias, al no modificarse la morfología base del sector costero ni introducir elementos costosos y difíciles de eliminar.

Para el caso de Viento Frío, por ser una pequeña playa protegida de manera natural por las terrazas coralinas que caracterizan su frente, con la aplicación de esta solución es de esperar una alta efectividad que permita su durabilidad en el tiempo y con ello proveer el tiempo necesario la toma de otras medidas a más largo plazo.

Las acciones enunciadas y propuestas para su ejecución a corto y mediano plazo, se alinean, además, con la implementación de los conceptos de Desarrollo Sostenible, Turismo Sostenible, y Adaptación al Cambio Climático basado en Ecosistemas.

En cualquier caso, independientemente de las acciones o estrategias seleccionadas, la naturaleza dinámica de una playa, en especial en un escenario de incremento del nivel del mar como el que se pronostica a consecuencia del Cambio Climático, hace necesario que su manejo deba continuar a largo plazo.

## **V.2. Medidas a largo plazo**

La estrategia a largo plazo para la rehabilitación y protección de la playa de Viento Frío, deberá tener en cuenta la efectividad esperada de las medidas a corto y mediano plazo que se proponen, para lo cual el monitoreo de las variaciones morfológicas y sedimentológicas de la playa, así como de otros parámetros físicos y químicos, como calidad de agua de baño y de los sedimentos, son esenciales para un correcto diagnóstico de la calidad ambiental de la playa.

Esta estrategia deberá partir por el establecimiento de una línea base ambiental, que sirva de referencia para el establecimiento de indicadores ambientales, que permitan a los tomadores de decisiones adoptar las medidas necesarias de manera preventiva.

Tomando en consideración que la erosión en la playa de Viento Frío, está provocada fundamentalmente por causas naturales, y en menor medida por causas antrópicas, así como los posibles efectos del Cambio Climático a mediano y largo plazo, la estrategia de manejo a largo plazo se puede sintetizar en los elementos siguientes:

- Creación de un marco legal que promueva y garantice la implementación de estrategias y acciones, dirigidas al uso sostenible de la zona costera, con énfasis en las playas.
- Monitoreo de la efectividad de las actuaciones ejecutadas que conforman parte de la estrategia a corto y mediano plazo, y en general, de la evolución de la playa, para definir el momento en que se requiera de nuevas actuaciones.
- Otras acciones, como las encaminadas al mantenimiento y protección de las dunas, y el control de la contaminación, deberán ser evaluadas, diseñadas y ejecutadas según corresponda.

## **V.3. Zona de préstamo**

Uno de los pasos más importantes para la aplicación de la Alimentación Artificial de Arena, es la localización de una zona de préstamo con el volumen y la calidad necesaria para ser introducida en la playa y a una distancia de la zona de actuación que sea económicamente viable.

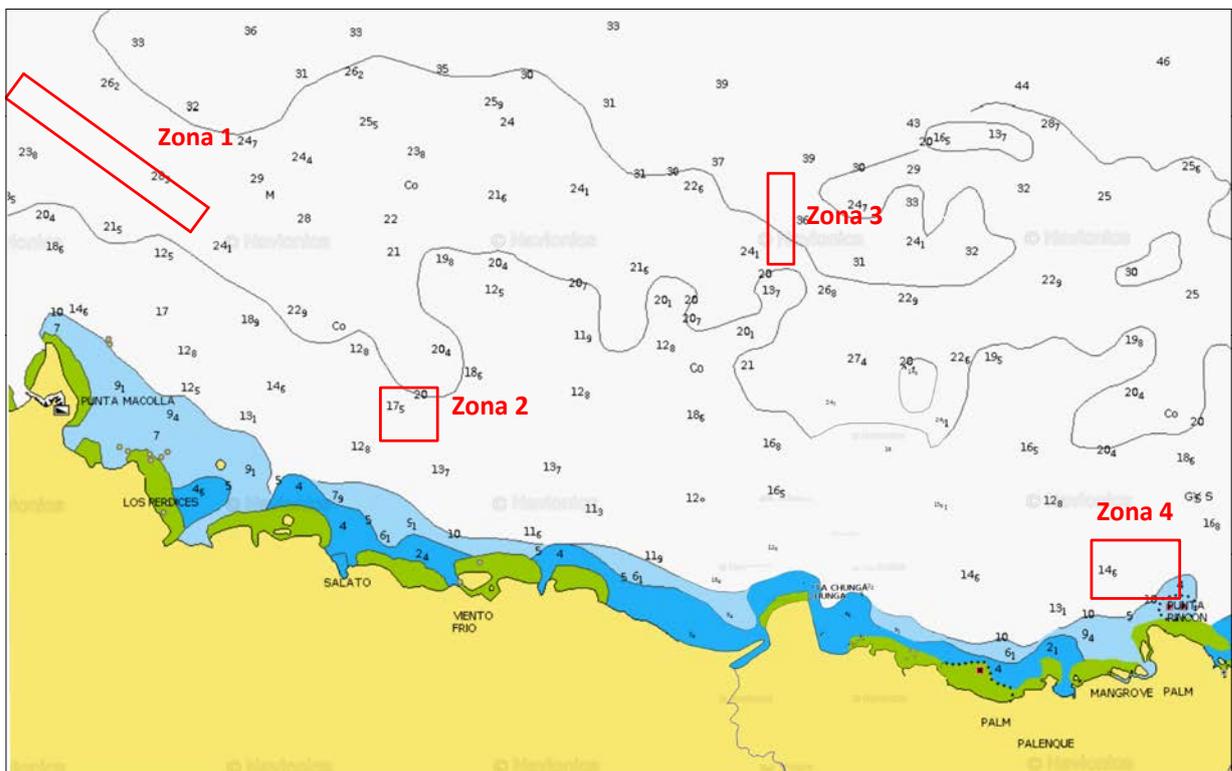
Para cumplir este objetivo se realizó una exploración en la plataforma submarina basada en el resultado de los levantamientos batimétricos en un frente de 12 Km entre Punta Macolla al oeste y las inmediaciones del poblado de Miramar, hacia el este. En total se realizaron 20

estaciones de buceo, 12 de las cuales fueron en cuerpos de arena y 10 transeptos de reconocimiento.

Como resultado de los trabajos de exploración iniciales se identificaron 4 zonas con las mayores posibilidades para ser utilizadas como préstamo para trabajos de Alimentación Artificial de Arena en Viento Frío (Figura 24), cuyas coordenadas de referencia se pueden encontrar en la tabla 8.

**Tabla 8. Zonas de depósitos de arena exploradas**

Zona	UTM Zona 17 N – WGS84	
	X	Y
1	671808.70	1063666.14
2	674548.70	1061301.91
3	677930.66	1063071.17
4	681124.73	1059892.75



**Figura 24. Zonas identificadas como depósitos de arena con posibilidades para ser utilizadas como préstamos para trabajos de Alimentación Artificial de Arena.**

Sin embargo, los resultados de los análisis granulométricos descartan las zonas 1 y 3, debido a que los sedimentos presentes en ellas no cumplen los requisitos necesarios para ser utilizadas en los trabajos de rehabilitación de la playa de Viento Frío. (Tablas 9 y 10)

**Tabla 9. Ubicación de las estaciones en la zona 1 y descripción visual**

Estación	Coordenadas WGS 84		Coordenadas UTM 17N		Prof.	Descripción
	Latitud N	Longitud W	X	Y	m	
1	9.61394	79.42725	672586.51	1063124.50	27	Arena muy fina
2	9.62402	79.44115	671055.75	1064232.38	25	Rocas y arena gruesa

**Tabla 10. Resultados de los análisis granulométricos realizados a las muestras en la zona 1.**

Muestra	Rango de Tamices								M		Desv. Estand (Ø)	Clasificación Wentworth
	>4	4-2	2-1	1-0.5	0.5-0.25	0.25-0.125	0.125-0.062	< 0.062	(mm)	(Ø)		
M1	0.0	0.1	0.0	0.5	4.8	29.9	49.9	14.1	0.107	3.221	0.793	Arena muy fina
M2	No se realizó análisis. (Restos de conchas y cascajos)											

Cómo se puede apreciar en las tablas 9 y 10 la arena en la zona 1 se encuentra en profundidades que oscilan entre los 27 m y 25 m, a una distancia media de la playa de 5.3 Km. En general en esta zona alternan los parches de arena fina con canchales o canales entre rocas con arena muy gruesa y mal seleccionada, imposible de extraer para su traslado a la playa. Por estas razones es que se descarta como posible préstamo.

Por su parte los resultados de la exploración en la zona 2 se presentan en las tablas 11 y 12.

**Tabla 11. Ubicación de las estaciones en la zona 2 y descripción visual**

Estación	Coordenadas WGS 84		Coordenadas UTM 17N		Prof.	Descripción
	Latitud N	Longitud W	X	Y	m	
3	9.59600	79.40919	674578.005	1061149.45	17	Arena fina. Espesor: 1.60 m
4	9.59624	-79.41000	674488.970	1061175.58	17	Arena fina. Espesor: 1.60 m
5	9.59705	-79.40909	674588.440	1061265.63	18	Arena fina. Espesor: 1.60 m

**Tabla 12. Resultados de los análisis granulométricos realizados a las muestras en la zona 2.**

Muestra	Rango de Tamices								M		Desv. Estand (Ø)	Clasificación Wentworth
	>4	4-2	2-1	1-0.5	0.5-0.25	0.25-0.125	0.125-0.062	< 0.062	(mm)	(Ø)		
M3	0.0	0.0	0.6	0.9	3.5	20.8	54.7	19.2	0.124	3.359	0.836	Arena muy fina
M4	0.0	0.0	1.5	7.0	4.3	50.7	30.5	6.0	0.154	2.695	0.981	Arena fina
M5	0.0	1.0	0.5	2.5	3.9	37.6	42.5	11.6	0.124	3.013	0.985	Arena muy fina
<b>M. Tipo</b>	<b>0.0</b>	<b>0.33</b>	<b>0.87</b>	<b>3.47</b>	<b>3.9</b>	<b>36.37</b>	<b>42.57</b>	<b>12.27</b>	<b>0.123</b>	<b>3.022</b>	<b>0.975</b>	<b>Arena muy fina</b>

Según los resultados que se presentan, la zona 2 explorada, se encuentra a una profundidad que oscila entre los 17 m y 18 m, a una distancia promedio de la playa de 1.8 Km. La arena en este sector se clasifica en su muestra tipo como arena muy fina, según la clasificación propuesta por Wentworth (Shore Protection Manual, 1984). Por las profundidades presentes y la continuidad del cuerpo de arena, pudiera valorarse su utilización de trabajos de Alimentación Artificial de Arena, sin embargo, el color de esta arena (Gris oscuro) así como su clasificación granulométrica de arena muy fina y un porcentaje promedio de finos de 12,27%, hacen dudar de su idoneidad.

La zona 3 se descarta de inmediato, pues sus sedimentos en casi su totalidad se clasifican como arcillas y limos, en profundidades que oscilan entre los 25 m y 38 m, a una distancia promedio de la playa de 4.3 Km.

Por último, fue explorada la zona 4, la cual se encuentra a una distancia media de la playa de 5,8 Km, en las cercanías del poblado de Miramar.

**Tabla 13. Ubicación de las estaciones en la zona 4 y descripción visual**

Estación	Coordenadas WGS 84		Coordenadas UTM 17N		Prof.	Descripción
	Latitud N	Longitud W	X	Y	m	
6	9.58481	-79.34923	681166	1059943	15	Arena fina
7	9.58514	-79.35007	681073	1059979	15	Arena Media a gruesa
8	9.58364	-79.34722	681387	1059814	15	Arena fina
9	9.58359	-79.34874	681220	1059808	16	Arena fina
10	9.58294	-79.35194	680869	1059735	16	Arena fina

**Tabla 14. Resultados de los análisis granulométricos realizados a las muestras en la zona 4.**

Muestra	Rango de Tamices								M		Desv. Estand (Ø)	Clasificación Wentworth
	>4	4-2	2-1	1-0.5	0.5-0.25	0.25-0.125	0.125-0.062	< 0.062	(mm)	(Ø)		
M6	0.0	0.9	5.3	41.3	47.8	2.9	1.4	0.0	0.497	1.009	0.743	Arena Media
M7	0.0	1.7	1.2	1.5	51.4	41.3	2.5	0.0	0.273	1.874	0.769	Arena Media
M8	0.4	0.9	0.6	3.6	5.3	55.4	29.4	4.2	0.151	2.688	0.919	Arena Fina
M9	0.0	0.0	0.6	3.7	5.9	30.4	51.5	7.5	0.124	3.013	0.901	Arena muy fina
M10	0.0	0.6	1.3	5.5	4.9	37.7	41.8	7.7	0.139	2.849	1.043	Arena Fina
<b>M. Tipo</b>	<b>0.08</b>	<b>0.82</b>	<b>1.8</b>	<b>11.1</b>	<b>23.1</b>	<b>33.54</b>	<b>25.32</b>	<b>3.88</b>	<b>0.204</b>	<b>2.287</b>	<b>1.157</b>	<b>Arena Fina</b>

Como se puede apreciar en los resultados, esta zona está formada por un cuerpo de arena limpio y homogéneo, con profundidades que oscilan entre los 15 m y 16 m, ideal para trabajos con dragas de succión marcha, capaces de extraer el sedimento, transportarlo y depositarlo en la playa. La arena en su muestra tipo clasifica como Arena Fina, en un rango muy cercano a la clasificación de Arena Media, ligeramente superior a la de la playa, por lo

que sería de esperar una alta estabilidad una vez depositada. También el porcentaje de finos es de solo 3.88 %, lo que facilita el trabajo de las dragas al disminuir las pérdidas por dilución y disminuir también las pérdidas una vez depositada por diferencias de granulometría.

En cuanto a su color, este es ligeramente más oscuro que el de la playa, debido a que no está sometida a la acción directa de la luz del sol y los organismos calcáreos que la forman están manchados por los aportes de finos y materia orgánica desde los ríos y las zonas de manglar típicas de la zona.

Para conocer con mayor precisión su compatibilidad con la arena de la playa, se le realizó a la muestra No. 6 el análisis de su composición. Según los resultados, la muestra se presenta muy similar en este parámetro a la analizada en el perfil M 9 de la playa. Predominan en ella los restos de algas calcáreas representados en un 48,6 % del total, seguidos de los restos de origen terrígenos con un 22,8 %, a continuación, se ubican los bioclastos o restos de origen calcáreo pero que por su grado de madurez, desgaste o conglomerados es imposible ubicar en un grupo taxonómico con un 14,5 % y por último los restos de moluscos que representan el 10.6 %, otros restos que fueron imposibles de identificar aunque se pueden ubicar como de origen biogénicos, representaron el 3,3 %.

Como es posible apreciar la zona 4 se perfila como la zona ideal para ser utilizada como préstamo para trabajos de Alimentación Artificial de Arena en la playa de Viento Frío. Sin embargo, para esta playa, por sus dimensiones, se estima un volumen de arena a verter entre 45 000 m<sup>3</sup> y 50 000 m<sup>3</sup>, volumen pequeño para los costos que representa la movilización y desmovilización de los equipos de dragado necesarios para realizar la operación.

Para el dragado en profundidades superiores a 15 m, el traslado de la arena hasta la zona de descarga y el posterior bombeo desde una distancia aproximada de 600 m de la costa se necesitaría una draga de succión en marcha de mediano porte, cuyo costo puede rondar los 30 USD por metro cúbico, o sea 1 500 000 de USD, a lo cual habría que sumar los costos de movilización y desmovilización de todo el equipamiento y las tuberías, que para un volumen tan pequeño, puede representar un 50% o más, por encima del valor del metro cúbico, o sea, el precio final de esta operación puede rondar los dos millones de dólares de los Estados Unidos, un costo excesivo para la recuperación de esta playa. La inclusión de otros sectores en la zona como Palenque, Miramar o Cuango, serían una alternativa factible para un mejor aprovechamiento del equipamiento y de los costos de la inversión.

Con el objetivo de localizar una zona de préstamo que representara una menor complejidad tecnológica y con ello un abaratamiento de los costos, se decidió realizar la exploración de la zona costera.

Como resultado de este trabajo, se determinó que la zona donde existían los volúmenes de arena suficientes y con la calidad requerida para ser trasladada hasta la playa de Viento Fío, es en el delta de la desembocadura del Río Cuango. Desde allí, la arena necesaria para ser empleada en Viento Frío puede ser movilizada mediante el empleo de camiones, que si bien, no se logra la recuperación con la misma eficiencia que utilizando una draga de succión en marcha, la menor complejidad tecnológica de la operación, puede incidir directamente en los costos de ejecución.

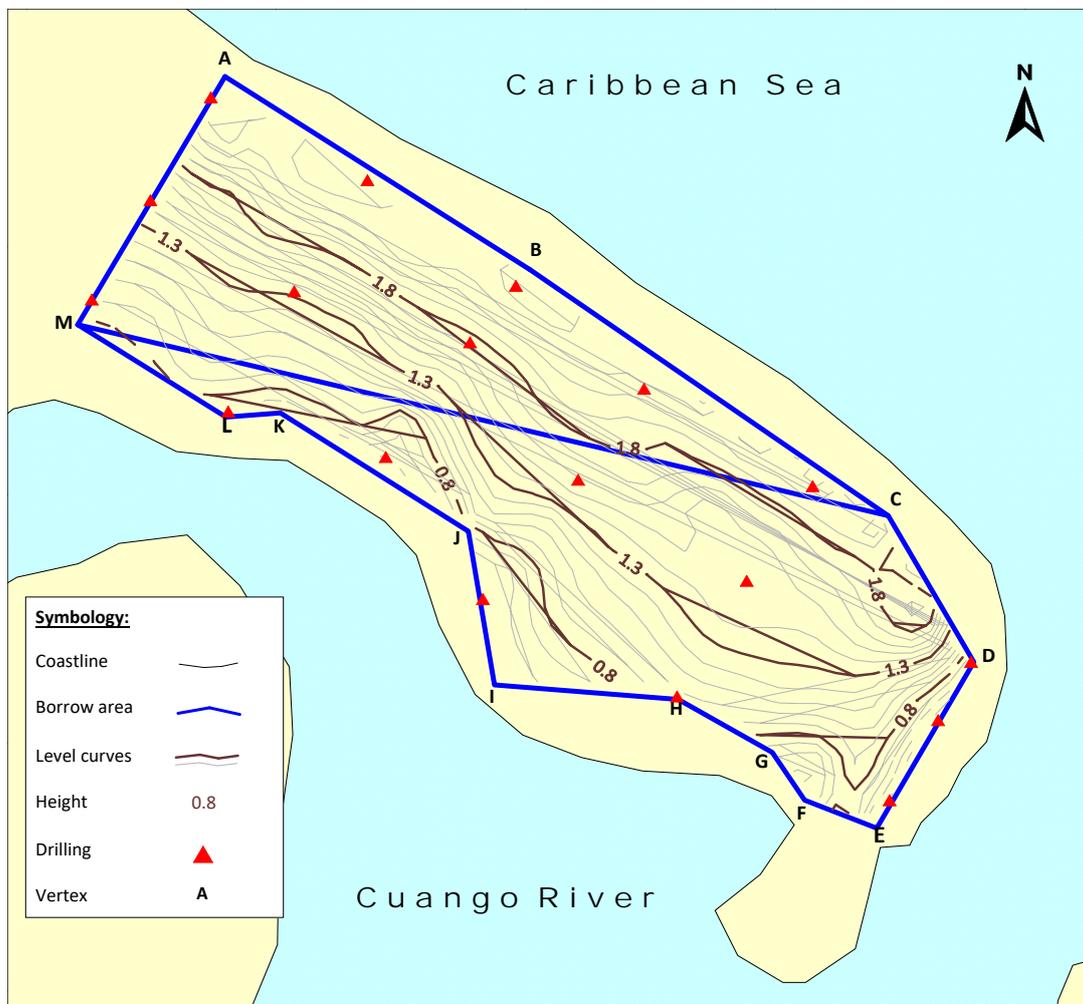
El delta del Río Cuango, se encuentra ubicado en el extremo este del poblado del mismo nombre, en el propio corregimiento de Santa Isabel, a una distancia media por carretera de la playa de Viento Frío de 13 Km. (Figura 25)



**Figura 25. Ubicación del delta del Río Cuango respecto a la playa de Viento Frío**

Las barras de arena que se forman en las desembocaduras de los ríos constituyen elementos muy dinámicos, los cuales cambian constantemente su posición, configuración y volúmenes de arena que los conforman. Es por ello, que, de decidirse la utilización de esta zona como préstamo para los trabajos en Viento Frío, será necesaria una actualización de los levantamientos y de la estimación del volumen disponible para ser extraído.

Durante el mes de octubre de 2021, momento en que se realizaron los levantamientos, se pudo determinar un área con condiciones para la extracción de arena de 10 730 m<sup>2</sup> y un espesor promedio de 1.60 m en su columna de sedimentos, según las perforaciones realizadas, con lo cual se puede estimar un volumen e arena disponible de 17 168 m<sup>3</sup>. La figura 26 muestra la configuración de esta zona, mientras que en la tabla 15 se presentan las coordenadas de sus vértices.



**Figura 26. Zona de préstamo en la desembocadura del río Cuango**

**Tabla 15. Límites de la zona de préstamo en el río Cuango (UTM Zona 17-WGS 84)**

Vértice	X	Y
A	685659.80	1058124.01
B	685720.76	1058085.25
C	685792.52	1058035.57
D	685809.83	1058006.34
E	685790.35	1057972.88
F	685775.75	1057978.59
G	685769.36	1057988.05
H	685750.21	1057998.88
I	685713.83	1058001.62
J	685708.47	1058032.64
K	685670.72	1058056.48
L	685660.00	1058055.56
M	685630.24	1058074.38

Los resultados de los análisis granulométricos que se muestran en la tabla 16, demuestran que la arena presente en esta zona es de granulometría gruesa (0.51 mm), muy cerca de la clasificación de arena media según la escala propuesta por Wentworth (Shore Protection Manual, 1984). Por otra parte, los resultados de los análisis para conocer la génesis de los sedimentos realizados a la muestra DC 3, arrojan que los mismos en su totalidad son de origen terrígeno, en correspondencia con la principal fuente de aporte en zona proveniente de los arrastres del Río Cuango.

**Tabla 16. Resultados de los análisis granulométricos realizados a las muestras en la desembocadura de Río Cuango**

Muestra	Rango de Tamices								M		Desv. Estand (Ø)	Clasificación Wentworth
	>4	4-2	2-1	1-0.5	0.5-0.25	0.25-0.125	0.125-0.062	< 0.062	(mm)	(Ø)		
DC 1	0.0	1.3	4.8	18.4	47.3	25.5	2.5	0.0	0.36	1.486	0.921	Arena Media
DC 2	1.2	8.5	38.6	26.6	17.1	7.1	0.7	0.0	0.76	0.272	1.094	Arena Gruesa
DC 3	1.3	9.6	42.2	24.1	16.2	6.0	0.5	0.0	0.80	0.176	1.074	Arena Gruesa
DC 4	12.5	16.0	39.0	21.0	9.1	1.9	0.3	0.0	1.46	-0.13	0.924	Arena Muy Gruesa
DC 5	0.0	1.5	4.5	19.2	46.0	25.8	2.8	0.0	0.36	1.487	0.937	Arena Media
DC 6	0.0	3.4	7.8	30.8	45.8	10.9	1.1	0.0	0.48	1.064	0.944	Arena Media
<b>M. Tipo</b>	<b>2.5</b>	<b>6.7</b>	<b>22.7</b>	<b>23.3</b>	<b>30.2</b>	<b>12.8</b>	<b>1.3</b>	<b>0.0</b>	<b>0.51</b>	<b>0.725</b>	<b>1.178</b>	<b>Arena Gruesa</b>

Resumiendo, por la calidad de la arena, su origen, granulometría y volúmenes, la zona 4, frente al poblado de Miramar, constituye la más idónea para ser empleada como préstamo para trabajos de Alimentación Artificial de Arena en la playa de Viento Frío, sin embargo, la necesidad de utilizar para su explotación una tecnología altamente costosa obligó a localizar

una fuente que pudiera ser explotada con tecnologías más disponibles y con un menos costo.

Es por ello, que a pesar de no ser la arena presente en la desembocadura del río Cuango la más idónea, se propone utilizarla para la ejecución del proyecto adecuando el diseño de las soluciones al volumen disponible.

#### **V.4. Idoneidad de la arena a emplear**

La caracterización sedimentológica, tanto de la playa como de la zona de préstamo, constituye uno de los elementos esenciales en los proyectos ejecutivos donde se aplica la alimentación artificial de arena. Ella permite establecer la composición granulométrica y la génesis de la arena, cuyos resultados posibilitan la delimitación de las áreas con mejores posibilidades para su empleo en los trabajos de restauración. Para el caso de Viento Frío, debido al escaso volumen que se necesita, se decidió no utilizar una zona de préstamo en la plataforma submarina, empleado en su lugar un área en la desembocadura del río Cuango.

En capítulos anteriores, se describieron los resultados de los análisis granulométricos y de composición realizados a las arenas, tanto de la playa como de la zona de préstamo respectivamente (Anexo 1). El estudio granulométrico llevado a cabo permite obtener los valores de las muestras tipos que se presentan en la tabla 17.

**Tabla 17. Muestra tipo de las granulometrías de la arena de la playa y de la zona de préstamo.**

<b>Muestra Tipo de la Playa</b>				<b>Muestra Tipo de la Zona de Préstamo</b>			
<b>M (mm)</b>	<b>M (φ)</b>	<b>Desv Stand (φ)</b>	<b>Clasif.</b>	<b>M (mm)</b>	<b>M (φ)</b>	<b>Desv Stand (φ)</b>	<b>Clasif.</b>
0.19	1.639	1.232	A. Fina	0.51	0.725	1.178	A. Gruesa

Analizando los valores dados en la tabla 17, se puede concluir que existe una marcada diferencia entre la muestra tipo de la playa y la de la zona de préstamo en cuanto a los valores de diámetro medio (M). Para el caso de la arena nativa (playa) estas se clasifican como arena fina donde  $M = 0.19$ , siendo bastante superior en la zona de préstamo donde  $M = 0.51$  mm.

Un ligero incremento del diámetro medio de la arena de la zona de préstamo respecto al de la playa, resulta apropiado para lograr una mayor estabilidad de los granos de arena a la hora de realizar el vertimiento en los trabajos de alimentación artificial, según recomienda el Shore Protection Manual (1984).

La valoración cuantitativa del volumen de relleno adicional que se precisa para obtener las dimensiones reales del proyecto, se realiza tomando en cuenta las pérdidas de arena que se

producirán por selección natural, el transporte del sedimento y la redistribución por tamaños de los granos, a través del cálculo del factor de sobrerrelleno  $R_A$  según la metodología propuesta por James (1975) en el Shore Protection Manual (1984) y en el Manual on Artificial Beach Nourishment (1990).

Esta metodología permite cuantificar el factor  $R_A$  gráficamente mediante el ábaco propuesto por James (1975) (Figura 27), considerando que  $R_A$  es el valor por el cual debe ser multiplicado el volumen de relleno del proyecto, con el objetivo de compensar las pérdidas previsibles atendiendo a las diferencias granulométricas entre la arena nativa y la arena introducida.

Los valores del diámetro medio  $M(\phi)$  y de la desviación estándar  $\sigma(\phi)$  para la arena de préstamo fueron tomados de la muestra tipo que aparece en la tabla 17, mientras que de manera análoga se tomaron los valores del diámetro medio  $M(\phi)$  y de la desviación estándar  $\sigma(\phi)$  para la arena nativa de la playa.

El valor de la abscisa del ábaco, se calculó a través de la siguiente relación:

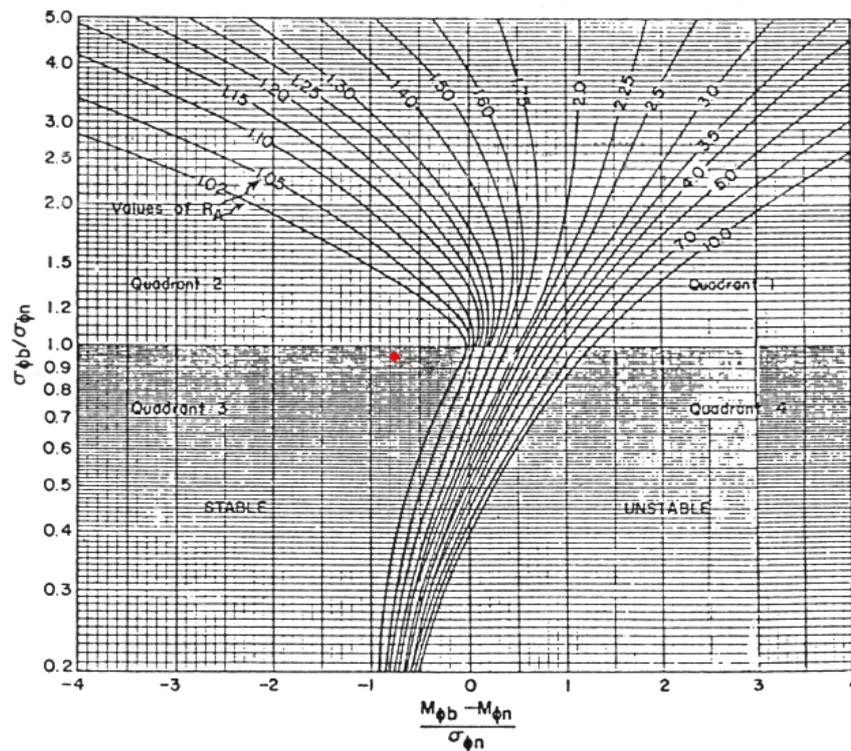
$$\frac{M_{\phi b} - M_{\phi n}}{\sigma_{\phi n}} = \frac{0.72 - 1.64}{1.23} = -0.75$$

El valor de la ordenada del ábaco, se calculó a través de la siguiente relación:

$$\frac{\sigma_{\phi b}}{\sigma_{\phi n}} = \frac{1.18}{1.23} = 0.95$$

Como puede observarse en la figura 27, el círculo de color rojo marca el punto de intersección entre la arena de la zona de préstamo y la de la playa, ubicándose en el cuadrante estable del gráfico, por lo que es de esperar que el material vertido en la playa se comporte de manera estable, tomando el factor  $R_A$  un valor igual a 1.00.

La obtención de un valor de  $R_A=1.00$  permite establecer que el volumen de relleno no necesita ajustes por diferencias en la granulometría entre la arena nativa y la introducida.



**Figura 27. Factor de sobrerrelleno  $R_A$  según James (1975).**

### V.5. Cálculo del volumen de relleno

Tomando en consideración el estado actual de la playa, el tramo a beneficiar con la alimentación artificial de arena comprenderá la totalidad de los 450 m de playa, cuyos límites se muestran en la tabla 18 y en la figura 28.

**Tabla 18. Coordenadas de los límites de la zona de vertimientos.**

Oeste		Este	
UTM Zona 17 Norte	Geográficas (WGS84)	UTM Zona 17 Norte	Geográficas (WGS84)
X: 674631.79	Lat: 09° 35' 02".11	X: 675032.25	Lat: 09° 35' 02".12
Y: 1059813.73	Long: 79° 24' 31".52	Y: 1059695.55	Long: 79° 24' 18".41

Referente al cálculo del volumen de relleno, la experiencia internacional demuestra que se utilizan diversos criterios para su estimación, aunque existe coincidencia en que la densidad de los vertimientos no debe ser inferior a los 60 m<sup>3</sup> por metro lineal de playa (Juanes y col., 1996). Sin embargo, esta es una premisa que no se puede cumplir en este caso, las

dimensiones de la playa, el volumen disponible en la zona de préstamo y, sobre todo, sus características morfológicas no lo permiten.



**Figura 28. Límites de la playa a regenerar**

Para el diseño de las playas, generalmente se recurre a alguna formulación que permita determinar el perfil de equilibrio a partir de unas condiciones de oleaje y de un sedimento dado. Reconociendo como perfil de equilibrio, al perfil medio alrededor del cual se producen de manera centrada, las distintas variaciones estacionales o temporales. Se trata de curvas algebraicas suaves con uno o varios tramos y generalmente fáciles de manejar y calcular.

Existen varios modelos del perfil de equilibrio, que permiten evaluar el volumen de arena requerido para garantizar un incremento en el ancho de la playa. Muchos de estos modelos se basan en el propuesto por Dean (1977, 1991).

$$h(y) = A \times y^{2/3} \quad (1)$$

Donde:

$h(y)$  = profundidad a una distancia "y"

y = distancia horizontal desde la línea de costa

A = parámetro adimensional relacionado con las características del sedimento

El conocimiento del perfil de equilibrio dentro de un proyecto de regeneración de playa es necesario, debido a dos razones fundamentales:

1º. Permite estimar la distancia de la costa a la que se alcanza la profundidad de cierre y, por lo tanto, la estabilidad de la arena.

2º. Sirve para determinar el volumen de material necesario para una alimentación artificial de arena.

La mayoría de los trabajos de ingeniería de playas se concentran en su parte emergida. Sin embargo, cuando se realiza una alimentación artificial, la arena inyectada se distribuye a lo largo de todo el perfil dentro de la zona de rompientes hasta una profundidad que se conoce como profundidad de cierre del perfil activo ( $h^*$ ), obtenida por Hallermeier (1981b) y modificada más tarde por Birkemeier (1985).

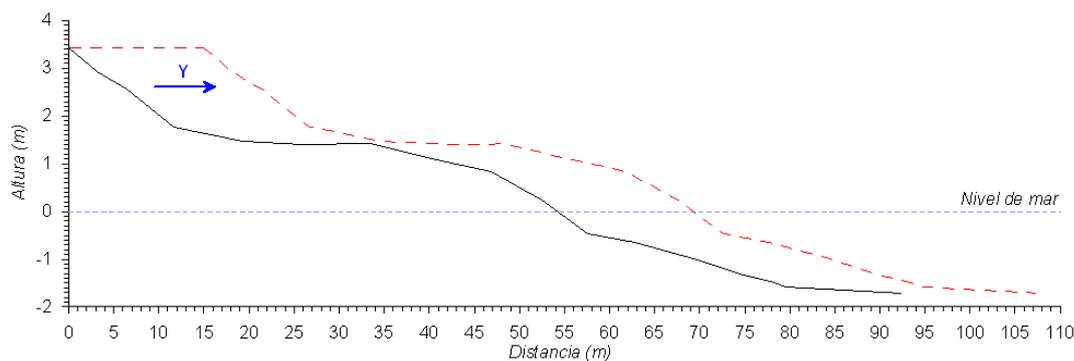
$$h^* = 1.75 \times H_{S12} - 57.9 \times \left( \frac{H_{S12}^2}{g \times T_s^2} \right) \quad (2)$$

Donde:

$H_{S12}$  = Altura de ola significativa superada solo 12 horas al año.

$T_s$  = Periodo significativo del oleaje asociado a  $H_{S12}$ .

Si el tamaño de la arena de relleno es similar al de la arena nativa, el perfil de playa post-relleno deberá ser igual al perfil pre-relleno, pero extendido hacia el mar, de manera “inversa” a la Regla de Bruun (Bruun, 1962), la cual básicamente expresa que, para un ascenso del nivel del mar dado, la línea de costa retrocederá uniformemente para mantener un perfil de equilibrio constante (Figura 29).



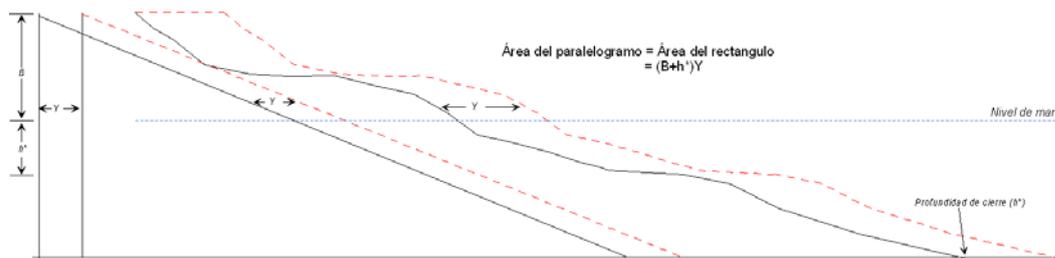
**Figura 29. Desplazamiento off-shore del perfil activo como consecuencia de los rellenos.**

Restaurar la playa es, por tanto, el proceso inverso donde el perfil será reconstruido hacia el mar. El Shore Protection Manual (1984) plantea que cuando la altura de la berma es  $B$  y la

profundidad de cierre es  $h^*$  (Figura 30), para lograr una playa con un ancho  $Y$  se requerirá un volumen  $V$  de sedimentos por metro lineal de playa, según la expresión:

$$V = (B + h^*) \times Y \quad (3)$$

Para el caso de que el tamaño del grano de la arena de relleno, difiera del tamaño del grano nativo, el método de Dean (1991) permite determinar el volumen de sedimentos necesario para lograr un ancho de playa seca deseado.



**Figura 30. Volumen de arena por unidad de longitud de playa resultado del relleno de playa.**

Este autor definió tres tipos básicos de perfiles de relleno. Dependiendo del parámetro  $A$  del material nativo y del material de relleno ( $A_N$  y  $A_R$ ), puede ocurrir que el relleno intercepte o no intercepte antes de la profundidad de cierre, o que este sea sumergido.

Para determinar si un perfil se intercepta o no, Dean (1991) arriba a las siguientes desigualdades:

$$Y \left( \frac{A_N}{H} \right)^{3/2} + \left( \frac{A_N}{A_R} \right)^{3/2} < 1 \quad \text{El perfil se intercepta} \quad (4)$$

$$Y \left( \frac{A_N}{H} \right)^{3/2} + \left( \frac{A_N}{A_R} \right)^{3/2} > 1 \quad \text{El perfil no se intercepta} \quad (5)$$

Donde:

$A_N$  = valor del parámetro de escala  $A$  de la arena nativa

$A_R$  = valor del parámetro de escala  $A$  de la arena a introducir

$H$  = profundidad de cierre del perfil activo

$Y$  = ancho de playa que se desea alcanzar

Para el caso de perfiles que no se interceptan el volumen de sedimentos a depositar se determina por la expresión:

$$V = B \times Y + \frac{3}{5} H^{5/2} \left[ \left[ \frac{Y}{H^{3/2}} + \left( \frac{1}{A_R} \right)^{3/2} \right]^{5/3} A_N - \left( \frac{1}{A_R} \right)^{3/2} \right] \quad (6)$$

Donde:

V = volumen de sedimentos en metros cúbicos por metro lineal de playa

H = profundidad de cierre del perfil activo

B = altura de la berma

Y = ancho de playa que se desea alcanzar

A<sub>N</sub> = valor del parámetro de escala A de la arena nativa

A<sub>R</sub> = valor del parámetro de escala A de la arena a introducir

Para perfiles que se interceptan (cuando se cumple la desigualdad (4)), el volumen necesario para obtener un ancho de playa determinado está dado por:

$$V = B \times Y + \frac{\frac{3}{5} \times A_N \times Y^{5/3}}{\left[ 1 - \left( \frac{A_N}{A_R} \right)^{3/2} \right]^{2/3}} \quad (7)$$

Para aplicar la metodología propuesta por Dean (1991), es necesario definir la profundidad de cierre del perfil activo (h\*), por la expresión (2), por lo que hay que determinar los parámetros H<sub>s12</sub> y T<sub>s</sub>.

Para resolver esta expresión se tomaron los parámetros definidos a partir de los datos proporcionados por la boya 42058 y que se presentan en las figuras 18 y 19 del epígrafe IV.2, donde H<sub>s</sub> = 4 m y T<sub>s</sub> = 11s, obteniéndose un valor h\* = 6.21 m

De evaluar (4) y (5) se concluye que el perfil de relleno intercepta al perfil nativo antes de la profundidad de cierre.

Aplicando la expresión correspondiente (6), se determina que el volumen por unidad de playa necesario para obtener una playa seca de 15 m de ancho con una altura de berma de 1 m, es de 23 m<sup>3</sup>/m.

Los cálculos se realizaron con ayuda del Tutor de Ingeniería de Costas (TIC), herramienta informática perteneciente al Sistema de Modelado Costero (SMC), que agrupa las fórmulas y métodos más utilizados en el ámbito de la ingeniería de costas.

El problema a resolver con el TIC es, dado un perfil de playa con una determinada arena nativa, calcular el volumen de arena de relleno necesario por metro lineal de playa, para conseguir un determinado avance de la línea de costa. Resultado que ya se presentó anteriormente.

Para realizar este cálculo se necesita el diámetro medio ( $D_{50}$ ), así como la densidad de la arena nativa y de relleno, que son datos conocidos, así como las características del oleaje al que está sometida la zona.

Para resolver este problema, el modelo toma como hipótesis de partida las siguientes:

- El perfil de equilibrio de la playa es un perfil de Dean, aun existiendo una laja rocosa, característica que se presenta en un amplio sector de Viento Frío.
- El perfil de equilibrio deja de ser aplicable más allá de la profundidad de cierre.
- Cada perfil es independiente de los adyacentes y no se produce transferencia longitudinal de material.
- No se tienen en cuenta pérdidas de material por lavado, segregación, dispersión, etc. Al volumen de relleno obtenido finalmente se le deberán aplicar las correcciones pertinentes (pérdida de finos, factor de realimentación, factor de sobre-relleno u otras)

Cuando se realiza un vertido, la arena de relleno no se dispone de forma inmediata de acuerdo a su perfil de equilibrio, sino que inicialmente adopta una determinada forma, ajena a la acción del oleaje y que depende del procedimiento constructivo empleado en la regeneración.

Para el caso de playa en Viento Frío, se empleará el método de descarga con camiones con arena extraída de la desembocadura del río Cuango, por tanto, no existirán pérdidas por procesos hidráulicos, siendo posteriormente perfilada con equipos pesados, con lo cual la geometría resultante presentará un talud más controlado, aunque siempre, al trabajar en la zona de interacción con el mar, se obtendrá un perfil distinto del que se producirá con el perfil definitivo o perfil de relleno.

Con el TIC, además, se hace una estimación de esta situación transitoria, asumiendo que la arena se coloca de acuerdo a una superficie cuasi-horizontal, que a una cierta distancia de

la costa cae con talud constante hasta interceptar el perfil nativo. Este perfil provisional es denominado perfil de vertido.

Los resultados de la ejecución del TIC son, tanto numéricos como gráficos. Los parámetros utilizados para los cálculos, son los que se han determinado en acápite anteriores, tomando como punto de partida el hecho que se quiere lograr una playa con un ancho de 15 m como mínimo después de alcanzado el equilibrio dinámico.

En la figura 31 se presentan los resultados numéricos calculados y en la figura 32 los resultados gráficos, para los perfiles teóricos (nativo, relleno y vertido).

The screenshot shows the 'Tutor de Ingeniería de Costas' software interface. The 'Entradas' (Inputs) section is highlighted with a green border and contains the following data:

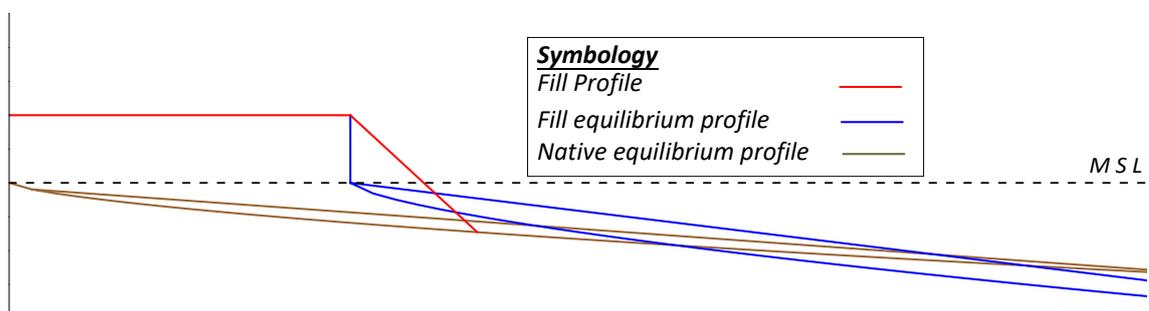
- Tipo de ejecución:  Calcular volumen de relleno,  Calcular avance de la línea de costa
- Avance línea de costa: 15
- Caso de ejecución:  Perfil completo,  Perfil con laja,  Perfil con muro,  Perfil con laja y muro
- Características de los sedimentos:
  - Diámetro material nativo: 0.19
  - Diámetro material de relleno: 0.51
  - Pendiente natural arena: 0.1
- Profundidad de corte: 6.21
- Cota de la berma: 1
- Factor K (A=K·W<sup>0.44</sup>): 0.5

The 'Resultados' (Results) section is highlighted with a blue border and contains the following data:

- Volumen de relleno: 23.05
- Avance línea vertido: 18.24
- Distancia muro-origen: [Empty]
- Coefficientes de Dean:
  - Coef. A material nativo: 0.09
  - Coef. A material de relleno: 0.15

A 'Gráfico de perfiles' button is visible at the bottom of the results section.

**Figura 31. Cálculo de la densidad del vertimiento y el avance de la línea de vertido, utilizando las arenas de la zona de préstamo Cuango.**



**Figura 32. Representación de los perfiles de equilibrio (nativo y relleno) y perfil de vertimiento, utilizando las arenas de la zona de préstamo en la desembocadura del río Cuango.**

El valor del volumen de relleno determinado en la figura 31 ( $23 \text{ m}^3/\text{m}$ ), no necesitará ser corregido con el factor de sobre - relleno  $R_A$  para compensar las pérdidas que ocurrirán durante el depósito de la arena, debido a las diferencias granulométricas entre el material introducido y el nativo, tal como se expuso en el epígrafe V.1.2. Por lo tanto, para llevarlo a una cifra más asequible al ejecutor, se determina que se necesita una densidad de **25  $\text{m}^3/\text{m}$**  para lograr un ancho de 15 m de playa una vez logrado el equilibrio dinámico del perfil. Multiplicando este valor por la longitud de la playa de 450 m, se tiene que será necesario aportar un volumen total de **11 250  $\text{m}^3$**  para alcanzar los requerimientos del proyecto.

En el Plano 2 se muestran los perfiles de diseño, los cuales se han dibujado tomando como base los perfiles de playa medidos en agosto de 2021, considerando, además, que estos son representativos de los sectores de playa donde se encuentran ubicados. En la tabla 33 se presentan la distribución del volumen de arena por sectores.

**Tabla 33. Distribución del volumen de arena en los sectores de playa**

Sector	Longitud (m)	Densidad ( $\text{m}^3/\text{m}$ )	Volumen ( $\text{m}^3$ )
Este	90	25	2250
Centro	200	25	5000
Oeste	160	25	4000
<b>Total</b>	<b>450</b>	<b>25</b>	<b>11250</b>

## VI. EFECTIVIDAD ESPERADA DEL PROYECTO

Al concluirse los trabajos de Alimentación Artificial de Arena, el material depositado en la playa queda sometido a la acción del oleaje, las corrientes inducidas por este y el viento. Como resultado de la acción de estos agentes, se establece un movimiento de las arenas, siguiendo un esquema morfodinámico de funcionamiento, que provoca el reacomodo natural de los sedimentos quedando en una posición llamada de equilibrio.

El mayor interés al evaluar la efectividad de un proyecto de este tipo, es conocer la durabilidad o vida útil del mismo. Comúnmente esta valoración se hace sobre la base de cuantificar, en términos de retroceso de la línea de costa y/o pérdidas de volumen de arena, las afectaciones que pueden sufrir las dunas y la post-playa frente a eventos erosivos extremos.

Para el caso de la playa de Viento Frío, bajo las condiciones medias anuales no se producen grandes variaciones del perfil de playa, debido a la baja energía con que la alcanzan. Sin embargo, las condiciones extremas provocadas por tormentas, son las responsables de las máximas afectaciones que se pueden producir.

Si bien son las tormentas las responsables directas de los momentos de mayor erosión en la playa, hay que señalar, que la frecuencia de ocurrencia de este tipo de eventos es baja en el caribe panameño, por lo que, una vez aplicada la solución propuesta, es de esperar que el ritmo de pérdida de la arena depositada mantenga valores bajos.

No obstante, en buena parte de este sector costero, la morfología no es la más adecuada para la permanencia en la parte emergida de la arena, debido a la existencia de una terraza abrasiva que impide el normal funcionamiento del perfil de playa.

El mayor reto del actual proyecto es, por tanto, lograr la estabilidad de las arenas depositadas artificialmente en el mediano y largo plazo, para mantener una playa con condiciones estéticas y funcionales adecuadas frente a los desafíos del cambio climático y la elevación del nivel medio del mar. Lastimosamente no existen en Panamá registros de retroceso de la línea costera ni de pérdidas de volúmenes ocasionados por la erosión costera, por lo que no contamos con datos estadísticos para hacer una estimación. No obstante, para otros países caribeños, aunque los retrocesos medidos presentan una alta variabilidad, se puede observar una media que ronda 1 m/año. Asumiendo este retroceso medio se puede estimar que para el caso actual un periodo de 14 años para que se pierda el 60% del volumen vertido, siempre que no se produzcan huracanes u otros eventos

hidrometeorológicos extremos que aceleren el proceso de pérdida de arena, eventos estos poco usuales para Panamá.

Con los vertimientos de arena, de manera instantánea se logrará una playa emergida de 15 m. Sin embargo, desde el perfil emergido se comenzará a movilizar arena hacia la pendiente submarina, hasta que la línea de costa adopte su posición de equilibrio, logrando finalmente un ancho de la post-playa de 15 m como promedio.

Es importante destacar que, esta reducción del ancho de playa, no debe entenderse como pérdidas, en cualquier caso, debe ser interpretado como el reacomodo natural de la arena a lo largo del perfil, donde una parte de ella en zona emergida se movilizan hacia la parte sumergida.

Se recomienda que al concluir los trabajos de vertimientos de arena se establezca un monitoreo periódico del comportamiento de la playa, con el fin de identificar sectores críticos y planificar acciones de mitigación preventivas.

## **VII. FORMA DE EJECUCIÓN DE LAS OBRAS Y TIEMPO ESTIMADO**

### **VII.1. Forma de ejecución de las obras**

La ejecución de la obra deberá transitar por tres (3) etapas, las cuales garantizarán el éxito del trabajo:

1. Acondicionamiento de la playa y preparación de los trabajos
2. Transporte y depósito de la arena
3. Conformación del perfil de diseño

#### **Acondicionamiento de la playa y preparación de los trabajos**

En esta etapa se deben acometer las acciones para facilitar la ejecución de los trabajos, eliminando de la playa los obstáculos que impidan el libre movimiento de equipos pesados y la correcta redistribución del material después de depositado.

Principalmente los obstáculos que se encuentran en esta playa son trocos traídos por el mar, algunas viejas estructuras abandonadas y embarcaciones de los pobladores. También en la zona de préstamo se debe acondicionar el área para la operación de la maquinaria y los camiones durante las labores de extracción.

Otra acción importante para esta etapa es la delimitación del área de trabajo y los accesos. Si bien por la envergadura de los trabajos y el método que se utilizará para la extracción, traslado y disposición de la arena no exige que se cierre toda la playa ni la zona de préstamo, se debe impedir que personal ajeno al proyecto permanezca en zonas donde se trabaja con maquinaria pesada.

#### **Transporte y depósito de la arena**

Como se explica en capítulos anteriores, la playa en Viento Frío cuenta con una longitud total de 450 m y según sus características la misma fue dividida en 3 sectores para su estudio y diseño de las soluciones. En esta misma sectorización se deberá organizar la ejecución de la obra.

En el epígrafe V.1 y el plano 2, se describen las características de la zona de préstamo propuesta para ser utilizada en la desembocadura del río Cuango, la cual se encuentra a una distancia media de 13 Km de la playa y contaba en el momento de los trabajos de campo con un área utilizable de 10 730 m<sup>2</sup> y un volumen posible a extraer, según los espesores medidos (1.60 m) de 17 168 m<sup>3</sup>. Según el diseño propuesto, el volumen a utilizarse en la playa será de 11 250 m<sup>3</sup>, por lo que solo será necesario extraer de toda esa

área una capa de 1.05 m de espesor para cumplir con el objetivo propuesto. Es importante que se cumpla con este espesor, para no sobreexplotar ningún sector de la barra y debilitar su potencia. La extracción en esta zona se realizará con el uso de un cargador frontal, el cual será en el encargado de extraer y depositar la arena en los camiones que finalmente la trasladarán a la obra. También con el uso de esta maquinaria, se reconformará la barra una vez concluidos los trabajos.

Después de cumplir el trayecto entre Cuango y Viento Frío los camiones accederán a la playa por la zona comprendida a oeste de la escuela en las coordenadas X: 674862.89; Y: 1059689.51, tal como se muestra en el plano 4, por el sector central, depositando en un primer momento la arena en la zona aledaña a este acceso, donde será manipulada para ir conformando el perfil de diseño con el uso de un cargador frontal y un buldócer.

Poco a poco, a medida que se deposita el material en la zona, se irá avanzando hacia el Este, hasta cubrir todo el tramo hasta el límite con el sector Este, una vez cubierto este tramo y empleando el mismo acceso se invierte el sentido del avance hacia el sector Oeste.

Cuando la obra tenga el suficiente avance al Oeste, se puede comenzar a utilizar el acceso existente en las coordenadas X: 674762.68; Y:1059708.16 (Plano 4), más al centro del poblado, desde el cual será necesario cubrir todo el tramo restante debido a la imposibilidad de acceder con camiones debido a la ocupación de la zona costera con casa y otras instalaciones. Los camiones deberán avanzar sobre el relleno ya conformado para facilitar el trabajo de la maquinaria encargada de distribuir el material y conformar el perfil de diseño.

Por último, una vez completados los sectores Central y Oeste, se procederá a trabajar en el sector Este, el cual se torna más complejo por no contar en estos momentos con playa emergida, surgiendo la necesidad de crear la base para poder trabajar con la maquinaria pesada. Por la ocupación del litoral, a este sector solo se podrá acceder desde su extremo Este, en la zona aledaña al muelle en las coordenadas X: 675034.06, Y: 1059693.83 (Plano 4). Una vez se vaya creando el relleno, entonces las maquinarias podrán acceder para realizar la conformación final de perfil de diseño.

Es muy importante durante la operación llevar el control estricto del volumen depositado contra el avance por metro lineal de playa, para no correr el riesgo de no llegar a cubrir todos los sectores o llegar con material sobrante a su final.

En la tabla 34 se resumen las coordenadas de acceso a la playa, así las coordenadas límite de cada sector y su longitud.

**Tabla 34. Coordenadas límites de los sectores y accesos a la playa. (UTM Zona 17 – WGS 84)**

Sector	Límite Este		Límite Oeste	
	X	Y	X	Y
<b>Este</b>	675035.37	1059699.82	674946.16	1059703.51
<b>Central</b>	674946.16	1059703.51	674763.45	1059732.56
<b>Oeste</b>	674763.45	1059732.56	674639.54	1059819.49
<b>Acceso 1</b>			674862.89	1059689.51
<b>Acceso 2</b>			674762.68	1059708.16
<b>Acceso 3</b>			675034.06	1059693.83

### Conformación del perfil de diseño

Esta etapa se refiere a los trabajos que se deberán ejecutar una vez depositada la arena en la playa, para cumplir con los parámetros de diseño establecidos en el proyecto.

Para la conformación de los perfiles de diseño con las densidades propuestas (Plano 2), resultará necesario realizar un intenso trabajo de acarreo de la arena, con el empleo de equipos pesados (buldócer, cargadores frontales), el cual comienza desde el mismo instante en que concluye la descarga de los camiones.

La forma de ejecutar esta labor de acarreo del material, debe ser supervisada por el proyectista dentro del control de autor, pues la correcta ejecución de esta acción, garantizará minimizar las pérdidas de arena y garantizando la densidad para cada tramo ejecutado.

Una vez concluidos los trabajos de deposición de la arena, se deberá realizar la conformación final de perfil eliminando las posibles deformaciones inevitables que se crea por el trabajo de la maquinaria pesada.

Igualmente, en la zona de préstamo se realizarán trabajos de perfilado y conformación una vez concluidos los trabajos, para garantizar que esta barra de arena quede conformada de la manera más natural posible.

### VII.2. Tiempo estimado

Tomando en consideración la distancia hasta la zona de préstamo (13 Km) y el estado de la carretera, se asume una velocidad promedio para cada viaje de 20 Km/h, por lo cual solo en transportación se tomaría una hora con 30 minutos para cumplir un ciclo de ida y retorno, sumando además los tiempos de carga y descarga del material y posibles imprevistos, un ciclo completo puede estar en el entorno de las 2 horas y medias, con lo cual, para una jornada de 8 horas cada camión podrá cumplir 3 viajes. Si el contratista pone a disposición

de la obra 5 camiones capaces de transportar 10 m<sup>3</sup> cada uno, entonces tendremos que para un día de trabajo pueden ser depositados en la playa un total de 150 m<sup>3</sup> de arena.

Cumpléndose estas condiciones y tomando en consideración que el volumen total de arena es de 10 750 m<sup>3</sup> de arena, el tiempo de ejecución puede ser de 12 días, a lo cual se le debe sumar un total de 7 días para imprevistos, haciendo un total de 19 días de trabajo.

Esta estimación es muy variable, de contarse y poder trabajar con eficiencia con más camiones y crear condiciones para trabajos nocturnos, aumentando las horas de trabajo a 16 o 24 horas, este tiempo puede ser rebajado considerablemente. Por otra parte, de no contarse al menos con 5 camiones, o que su capacidad de carga sea inferior, entonces este tiempo se puede extender.

## VIII. COSTOS ESTIMADOS

El presupuesto que aparece en la tabla a continuación ha sido elaborado con base a la experiencia en trabajos similares realizados en Cuba y en el área del Caribe, por lo que los cálculos son estimados, reflejando las partidas que comúnmente se toman en cuenta en las planillas de costos elaboradas por las empresas ejecutoras, lo que permite tener un orden de la magnitud del costo de la obra para el corto y mediano plazo. Las tarifas utilizadas fueron tomadas del Generador de Precios para la Construcción en Panamá (CYPES), además de consultar el Reglamento de Honorarios del Colegio de Ingenieros civiles (COICI).

**Tabla 35. Costo estimado para el vertido de arena en la playa de Viento Frío**

Concepto	Unidad	Precio unitario	Cantidad	Precio Final
<b>Gastos directos</b>				
Brigada de topografía (Replanteo y balizamiento)	Día	\$500.00	7	\$3500.00
Excavación cargador frontal	m <sup>3</sup>	\$6.65	11750	\$78,137.50
Relleno y compactado con arena (Incluye transportación)	m <sup>3</sup>	\$51.03	11750	\$599,602.50
<b>Subtotal de gastos directos</b>				<b>\$681,240.00</b>
<b>Gastos Generales</b>				
Rentabilidad			10%	\$68,124.00
Gastos administrativos			3%	\$20,437.20
Seguros y fianzas			2%	\$13,624.80
Liquidación de trabajadores			1.5%	\$10,218.60
Pensión y jubilación			1.5%	\$10,218.60
Control de autor y supervisión			10%	\$68,124.00
Contingencias y otros gastos			5%	\$34,062.00
<b>Subtotal de gastos generales</b>				<b>\$224,809.20</b>
<b>TOTAL</b>				<b>\$906,049.20</b>

## IX. PROPUESTA DE PROGRAMA DE MONITOREO

El objetivo de un Programa de Monitoreo es desarrollar mediciones y estudios de campo que aseguren que la magnitud, extensión y tendencia del proceso de erosión en los frentes costeros de las playas se mantengan actualizadas. Para el caso específico de Viento Frío, una vez ejecutado el proyecto también tendrá la finalidad de evaluar la efectividad de las acciones ejecutadas, permitiendo, la introducción de medidas correctoras o la toma de nuevas decisiones en los planes de gestión a medio plazo. y largo plazo.

### Tareas del Programa de Seguimiento.

**Tarea 1.** Establecimiento de la metodología y procedimiento para el desarrollo del trabajo de campo y gabinete.

**Objetivo:** Establecer una base material y personal calificado en Panamá para asegurar la ejecución de las tareas del Programa.

#### Descripción:

El protocolo de trabajo para el desarrollo de la red se elabora tomando como referencia el utilizado en el proyecto “Evaluación del impacto del cambio climático en los arenales del Caribe: alternativas para su control y resiliencia” que se desarrolla en la actualidad en la Asociación de los Estados del Caribe (AEC), y del que es parte el presente proyecto como una de sus tareas, incluyendo, además, acciones formativas y de formación del personal.

**Producto:** Protocolo de trabajo y personal capacitado para el desarrollo de la red de monitoreo.

**Tarea 2.** Nivelación topográfica del perfil de la playa.

**Objetivo:** Evaluación espacio-temporal de los cambios en la línea de costa y la morfología del perfil de la playa.

#### Descripción:

Se repetirá el nivelado topográfico del perfil de playa en los puntos de la línea base establecida con mediciones al menos dos veces al año y luego de la ocurrencia de eventos erosivos extremos. También se introducirán técnicas de seguimiento con el uso de imágenes de satélite.

**Salida:** Informes anuales con registros topográficos de cambios en la línea de costa y perfiles de playa con cálculos de la tasa de erosión expresada en m/año y el volumen de material removido de la costa.

### **Tarea 3.** Muestreo sedimentológico.

**Objetivo:** Evaluación espacio-temporal de las variaciones en la composición del sedimento.

**Descripción:**

Se repetirán los muestreos sedimentológicos para conocer las variaciones en el tamaño de grano y composición mineralógica del material en las mismas estaciones establecidas con la línea base al menos dos veces al año y luego de la ocurrencia de eventos erosivos extremos.

**Producto:** Informes anuales con registros de los cambios espacio-temporales en el tamaño de grano y composición mineralógica del sedimento.

### **Tarea 4.** Estudio meteorológico

**Objetivo:** Evaluar las variaciones espacio-temporales de las características del viento y la presión atmosférica para una mejor comprensión e interpretación de los procesos hidrodinámicos y morfodinámicos.

**Descripción:**

Mantener un control detallado de las variaciones horarias de la dirección y velocidad del viento, mediante equipos de registro ubicados en lugares seguros y con acceso de los especialistas, así como el registro de la presión barométrica.

**Producto:** Informe anual con los registros horarios de la velocidad y dirección del viento, así como de la presión barométrica, útiles para aplicar la modelación matemática en la interpretación de procesos hidrodinámicos y morfodinámicos.

En el marco de un proyecto para monitorear el desarrollo de la línea costera, es indispensable establecer un mareógrafo de alta precisión, el cual debe incorporarse al Programa del Caribe para el estudio del aumento del nivel del mar como respuesta al Cambio Climático. La información proporcionada por este mareógrafo también será especialmente útil para estudios sísmicos regionales.

En este Programa se han identificado las tareas que garantizan directamente la información requerida para evaluar la efectividad de las medidas que se van a ejecutar, así como disponer de la información adecuada en caso de que se requieran otras medidas de protección.

## X. CONSIDERACIONES AMBIENTALES

Como parte del presente estudio se realiza la valoración de los impactos ambientales, de ejecutarse el proyecto tal como se plantea. Para ello, se siguió la metodología para los Estudios de Impacto Ambiental (EIA), con el objetivo de ganar en claridad y facilitar la toma de decisiones.

Primeramente, se puntualizan algunos conceptos:

La extracción de arena puede ser definida como un proceso de erosión inducido artificialmente, que además implica transporte y deposición de los sedimentos. Las diferentes fases tienen el potencial para producir directa o indirectamente impactos negativos y/o positivo en el ambiente de las zonas de préstamo y las zonas de descargas del material, así como en áreas cercanas (Landaeta, C.J. 2001).

Para la evaluación y jerarquización de los impactos ambientales asociados al proceso de extracción y deposición del material resultante en la zona de la playa, se utilizó el método RIAM (Rapid Impact Assessment Matrix; DHI, Water & Environment, (2000), el cual prevé tres etapas técnicas secuenciales. Para ello se requiere de un equipo evaluador multidisciplinario con un elevado dominio del proceso y del medio ambiente, lo que permite identificar los impactos potenciales y a partir de ello, evaluarlos y priorizarlos según su significación ambiental. Las etapas del método son las siguientes:

1. Estudio e identificación de los factores ambientales
2. Identificación de impactos potenciales
3. Valoración y priorización de impactos

El análisis detallado de las valoraciones de cada impacto permite hacer una jerarquización de los mismos según su naturaleza positiva/negativa, su magnitud e importancia y la gravedad del impacto.

Los impactos ambientales generados por cada actuación se distinguen de acuerdo a su magnitud. Para evaluar los impactos derivados de los problemas ambientales, se utilizó la matriz para la evaluación rápida de impactos RIAM, la cual aplica un sistema de puntuación que permite cuantificar los juicios subjetivos, mediante la evaluación de los impactos según criterios predefinidos y su ubicación de acuerdo al componente ambiental involucrado, de forma que, en análisis futuros, cada componente pueda ser consultado y comparado, así como el modo en que se efectuó la evaluación. En el final del capítulo se presentan las matrices elaboradas.

Otros aspectos que normalmente se describen como parte de los EIA, como son, la descripción del proyecto a evaluar, el medio físico, medio biológico – ecológico, medio perceptual y medio socioeconómico, con sus diferentes categorías, se obvian en el presente capítulo, pues la mayoría de ellos se describen en otras partes de este informe y no se considera necesario su repetición, por lo que se pasa directamente a la evaluación ambiental.

En términos de manejo, el enfoque ecosistémico reconoce aquellos cambios que son inevitables y busca un balance apropiado entre conservación y uso de los recursos naturales. Este criterio, es apropiado para analizar los impactos ambientales en la evaluación del desarrollo socioeconómico en el poblado de Viento Frío, para el cual, contar con una playa estable y de calidad, constituye un elemento importancia para su desarrollo, tanto por lo que puede representar en el dinamismo en su economía como en la defensa ante evento erosivos extremos.

Los impactos ambientales son evaluados a partir de su naturaleza de acuerdo a componentes ambientales preestablecidos según cuatro tipos diferentes: físico/químicos, biológico/ecológicos, sociológico/culturales y económico/operacionales, los que fueron determinados a partir de las tres fases del proyecto (Extracción, Transporte y Vertido de la arena en la playa)

La valoración de los criterios se realiza de acuerdo a la escala que se muestra en la Tabla 36.

La ponderación de cada variable se realiza calculando el Puntaje (ES), como:

$$ES = (A_1 \times A_2) \times (B_1 + B_2 + B_3)$$

En tanto, la calificación por rangos se realiza en función de la escala que se muestra en la Tabla 37.

**Tabla 36. Criterios para la evaluación del método RIAM**

CRITERIOS DE EVALUACIÓN DEL RIAM			
GRUPO	CRITERIO	VALOR	ESCALA CUALITATIVA
A	Importancia de la condición (A1)	4 =	De importancia Nacional / Interés Internacional
		3 =	De importancia Regional / Interés Nacional
		2 =	Importante para área exterior inmediata
		1 =	Importante sólo para la condición local
		0 =	Sin importancia
	Magnitud del cambio o efecto (A2)	3 =	Mayor beneficio positivo
		2 =	Mejora significativa
		1 =	Mejora
		0 =	Sin Cambios
		-1 =	Cambio negativo
B	Permanencia (B1)	2 =	Temporal
		3 =	Permanente
		1 =	Sin Cambios / No aplica
	Reversibilidad (B2)	2 =	Reversible
		3 =	Irreversible
		1 =	Sin Cambios / No aplica
	Acumulación / Sinergia (B3)	2 =	No acumulativo / Simple
		3 =	Acumulativo / Sinérgico
		1 =	Sin Cambios / No aplica

**Tabla 37. Rangos para jerarquizar los impactos evaluados**

Rangos para jerarquizar los impactos evaluados			
Puntaje (ES)	Clase	Interpretación	
72 a 108	+E	Cambio / Impactos positivos mayores	
36 a 71	+D	Cambio / Impactos positivos significativos	
19 a 35	+C	Cambio / Impactos positivos moderados	
10 a 18	+B	Cambio / Impacto positivo	
1 a 9	+A	Cambio / Impacto ligeramente positivo	
0	N	Sin cambio o importancia	
-1 a -9	-A	Cambio / Impacto ligeramente negativo	
-10 a -18	-B	Cambio / Impacto negativo	
-19 a -35	-C	Cambio / Impacto negativo moderado	
-36 a -71	-D	Cambio / Impacto negativo significativo	
-72 a -108	-E	Cambio / Impactos negativos mayores	

Adicionalmente, es posible analizar los impactos ambientales por etapas, comenzando por los derivados de la incidencia de factores y procesos naturales en la situación actual, cuyo efecto se extendería indefinidamente en caso de tomar la decisión de No Actuar, permitiendo la continuidad del proceso erosivo en la playa; y concluyendo por los impactos derivados del abandono o la no implementación de un programa de manejo que dé continuidad a las acciones necesarias para controlar los efectos de la erosión a mediano y largo plazo.

De este modo, se realizó el análisis de impactos ambientales para la situación actual y las etapas de ejecución, operación y eventual abandono del proyecto:

- Situación Actual (Decisión de No Actuar).
- Ejecución (de acciones definidas para el corto plazo).
- Operación (Explotación de la playa).
- Eventual Abandono (abandono o no implementación de un programa de manejo integrado de la playa, a mediano y largo plazo).

En las tablas 38 y 39 se muestran los impactos identificados y evaluados por cada etapa y componentes, basados en las ponderaciones que parecen en las tablas de la 40 a la 43.

De este análisis se obtuvieron las matrices correspondientes a la situación actual y cada una de las etapas analizadas (Tablas 44 a la 47), así como sus salidas gráficas (Fig. 33 a la 36).

**Tabla 38. Lista de impactos ambientales identificados. Componentes Físico-Química y Biológico-Ecológica. Se resaltan los impactos derivados de no actuar; así como de no implementar o abandonar el programa de manejo a largo plazo.**

No.	Comp.	Etapa	Acción	Actividad	Impacto Ambiental	Carácter	Valoración	Permanencia	
1	FÍSICO - QUÍMICO	ACTUAL - ABANDONO	No Actuar - No implementar Manejo	Proceso Erosivo	Retroceso gradual de la línea de costa	Negativo	Moderado	Permanente e irreversible	
2					Pérdida de capacidad de resiliencia de la playa	Negativo	Moderado		
3		EJECUCIÓN	Alimentación Artificial de Arena (AAA)		Extracción	Alteración del terreno en zona de préstamo	Negativo	Muy bajo	Temporal y Reversible
4					Extracción	Cambios en la dinámica del estero del río Cuango	Negativo	Muy bajo	Temporal y Reversible
5					Todas las Tareas	Riesgo de derrames de hidrocarburos	Negativo	Muy bajo	Temporal y Reversible
6					Vertido	Aumento de la turbidez en el agua de la playa	Negativo	Muy bajo	
7					Todas las Tareas	Contaminación por emisión de gases de la combustión	Negativo	Muy bajo	Temporal y No Acumulativo
8					Extracción	Contaminación por ruido	Negativo	Muy bajo	
9		EJEC - OPERACIÓN	AAA y Acciones Complementarias (AC)	Vertido - Perfilado - Otras tareas	Recuperación de condiciones naturales de la playa	Positivo	Moderado	Temporal y Reversible	
10					Elevación de capacidad de resiliencia de la playa	Positivo	Moderado	Temporal, Reversible y No Acumulativo	
11	BIOLÓGICO - ECOLÓGICO			Proceso Erosivo	Afectaciones a la vegetación costera por efecto de la erosión	Negativo	Bajo	Permanente	
12		EJECUCIÓN	Alimentación Artificial de Arena		Extracción	Daños a la biodiversidad en la zona de préstamo	Negativo	Bajo	Temporal, Reversible y No Acumulativo
13					Extracción - Vertido	Eutrofización del agua en la zona de la playa	Negativo	Muy bajo	
14			AC		Reforestación de la Duna	Rehabilitación de la vegetación costera	Positivo	Muy bajo	Permanente
15			AAA y AC		Vertido - Perfilado - Otras tareas	Playa rehabilitada como barrera protectora para la vegetación costera	Positivo	Bajo	Temporal y Reversible

**Tabla 39. Lista de impactos ambientales identificados. Componentes Sociológico-Cultural y Económico-Operacional. Se resaltan los impactos derivados de no actuar; así como de no implementar o abandonar el programa de manejo a largo plazo.**

No.	Comp.	Etapas	Acción	Actividad	Impacto Ambiental	Carácter	Valoración	Permanencia			
16	SOCIOLÓGICO - CULTURAL	ACTUAL - ABANDONO	No Actuar - No implementar Manejo	Proceso Erosivo	Pérdida de valor de uso recreativo de la playa	Negativo	Bajo	Permanente, Reversible y Acumulativo			
17					Daños a construcciones en la zona costera	Negativo	Bajo				
18					Pérdida de valores estéticos naturales de la playa	Negativo	Bajo				
19		EJECUCIÓN	AAA y Acciones Complementarias	Todas las Tareas	Generación de empleo durante la ejecución	Positivo	Muy bajo	Temporal			
20					Riesgo para la salud de trabajadores por contaminantes	Negativo	Muy bajo				
21					Riesgo de seguridad de trabajadores por uso de maquinaria	Negativo	Muy bajo				
22		EJEC - OPERACIÓN	OPERACIÓN	Uso y Manejo	Programa de Manejo	Recuperación de valor de uso recreativo de la playa	Positivo	Bajo	Temporal, Reversible y No Acumulativo		
23						Playa como defensa costera para el poblado de Viento Frío	Positivo	Bajo			
24						Mejoramiento estético-ambiental de la playa	Positivo	Bajo			
25						Generación de empleo durante el Manejo	Positivo	Bajo	Temporal		
26	ECONÓMICO - OPERACIONAL	ACTUAL - ABANDONO	No Actuar - No implementar Manejo	Proceso Erosivo	Afectación al potencial recreativo de la playa	Negativo	Alto	Permanente, Reversible y Acumulativo			
27					Depreciación de propiedades en la zona de la playa	Negativo	Alto				
28					Ambiente poco favorable para servicios afines al turismo	Negativo	Alto				
29					Incremento del costo de mantenimiento de infraestructura	Negativo	Bajo				
30		EJECUCIÓN	AAA y Acciones Complementarias	Vertido - Perfilado - Otras tareas	Inversión	Elevado costo de la inversión	Negativo	Bajo	Permanente		
31		EJEC - OPERACIÓN			OPERACIÓN	Uso y Manejo	Programa de Manejo	Incremento en potencial de uso de la playa	Positivo	Alto	Temporal, Reversible y No Acumulativo
32								Apreciación de propiedades en la zona de la playa	Positivo	Alto	
33								Creación de ambiente favorable para servicios afines al turismo	Positivo	Alto	
34					Disminución de costos de mantenimiento de infraestructura	Positivo	Moderado				

**Tabla 40. Componente Físico-Química. Evaluación de impactos por etapa.**

Código	Componente Físico-Química	Puntuación / Etapa				Calificación / Etapa				EVALUACIÓN				
		Ac.	Ej.	Op.	Ab.	Ac.	Ej.	Op.	Ab.	A1	A2	B1	B2	B3
<b>FQ1</b>	Retroceso gradual de la línea de costa	-27			-27	-C			-C	3	-1	3	3	3
<b>FQ2</b>	Pérdida de capacidad de resiliencia de la playa	-27			-27	-C			-C	3	-1	3	3	3
<b>FQ3</b>	Alteración del terreno en zona de préstamo		-6				-A			1	-1	2	2	2
<b>FQ4</b>	Cambio en la dinámica del estero del río Cuango		-6				-A			1	-1	2	2	2
<b>FQ5</b>	Riesgo de derrames de hidrocarburos		-6				-A			1	-1	2	2	2
<b>FQ6</b>	Aumento de la turbidez en el agua de la playa		-6				-A			1	-1	2	2	2
<b>FQ7</b>	Contaminación por emisión de gases de la combustión		-6				-A			1	-1	2	2	2
<b>FQ8</b>	Contaminación por ruido		-6				-A			1	-1	2	2	2
<b>FQ9</b>	Recuperación de condiciones naturales de la playa		36	36			D	D		3	2	2	2	2
<b>FQ10</b>	Elevación de capacidad de resiliencia de la playa		36	36			D	D		3	2	2	2	2

**Tabla 41. Componente Biológico-Ecológica. Evaluación de impactos por etapa.**

Código	Componente Biológico-Ecológica	Puntuación / Etapa				Calificación / Etapa				EVALUACIÓN				
		Ac.	Ej.	Op.	Ab.	Ac.	Ej.	Op.	Ab.	A1	A2	B1	B2	B3
<b>BE1</b>	Afectaciones a la vegetación por efecto de la erosión	-18			-18	-B			-B	1	-2	3	3	3
<b>BE2</b>	Daños a la biodiversidad en la zona de préstamo		-12				-B			1	-2	2	2	2
<b>BE3</b>	Eutrofización del agua en la zona de la playa		-6				-A			1	-1	2	2	2
<b>BE4</b>	Rehabilitación de la vegetación costera		9	9			A	A		1	1	3	3	3
<b>BE5</b>	Playa rehabilitada como barrera protectora del ecosistema		12	12			B	B		1	2	2	2	2

**Tabla 42. Componente Socio-Cultural. Evaluación de impactos por etapa.**

Código	Componente Socio-Cultural	Puntuación / Etapa				Calificación / Etapa				EVALUACIÓN				
		Ac.	Ej.	Op.	Ab.	Ac.	Ej.	Op.	Ab.	A1	A2	B1	B2	B3
SC1	Pérdida de valor de uso turístico y recreativo de la playa	-18			-18	-B			-B	1	-2	3	3	3
SC2	Daños a construcciones en la zona costera	-18			-18	-B			-B	1	-2	3	3	3
SC3	Pérdida de valores estéticos naturales de la playa	-18			-18	-B			-B	1	-2	3	3	3
SC4	Generación de empleo durante la ejecución		6				A			1	1	2	2	2
SC5	Riesgo para la salud de trabajadores por contaminantes		6				A			1	1	2	2	2
SC6	Riesgo de seguridad de trabajadores por uso de maquinaria		6				A			1	1	2	2	2
SC7	Recuperación de valor de uso turístico y recreativo de la playa		18	18			B	B		1	2	3	3	3
SC8	Playa como defensa costera para protección de construcciones		12	12			B	B		1	2	2	2	2
SC9	Mejoramiento estético-ambiental de la playa		12	12			B	B		1	2	2	2	2
SC10	Generación de empleo durante el Manejo			18				B		1	2	3	3	3

**Tabla 43. Componente Económico-Operacional. Evaluación de impactos por etapa.**

Código	Componente Económico-Operacional	Puntuación / Etapa				Calificación / Etapa				EVALUACIÓN				
		Ac.	Ej.	Op.	Ab.	Ac.	Ej.	Op.	Ab.	A1	A2	B1	B2	B3
EO1	Afectación al potencial turístico de la playa	-36			-36	-D			-D	2	-2	3	3	3
EO2	Depreciación de propiedades en la zona de la playa	-36			-36	-D			-D	2	-2	3	3	3
EO3	Ambiente poco favorable para servicios afines al turismo	-36			-36	-D			-D	2	-2	3	3	3
EO4	Incremento del costo de mantenimiento de infraestructura	-18			-18	-B			-B	1	-2	3	3	3
EO5	Elevado costo de la inversión		-18				-B			3	-1	2	2	2
EO6	Incremento en potencial turístico de la playa		36	36			D	D		2	2	3	3	3
EO7	Apreciación de propiedades en la zona de la playa		36	36			D	D		2	2	3	3	3
EO8	Creación de ambiente favorable para servicios afines al turismo		36	36			D	D		2	2	3	3	3
EO9	Disminución de costos de mantenimiento de infraestructura		24	24			C	C		2	2	2	2	2

Durante la aplicación de la metodología RIAM, se pudo identificar un total de 34 impactos ambientales. De ellos:

- Por componentes: Físico-Químico 10; Biológico-Ecológico 5; Socio-Cultural 10; y Económico-Operacional 9.
- Impactos negativos: 21. Sin embargo, 10 de ellos son propios de la condición actual, estando presentes mientras no se actúe; o tras la ejecución de las acciones propuestas a corto plazo, pudiendo expresarse nuevamente en el futuro 9 de ellos, ante la no implementación de un programa de manejo o su eventual abandono.
- Impactos positivos: 13. Es llamativa la concentración de impactos positivos en la etapa de Operación (Uso o explotación de la playa). Se trata de impactos que se logran mediante la Ejecución de las acciones propuestas a corto plazo y perduran a mediano y largo plazo requiriendo de un Programa de Manejo de garantice su preservación.

#### **Análisis por etapas:**

##### Situación Actual (Opción de No Actuar)

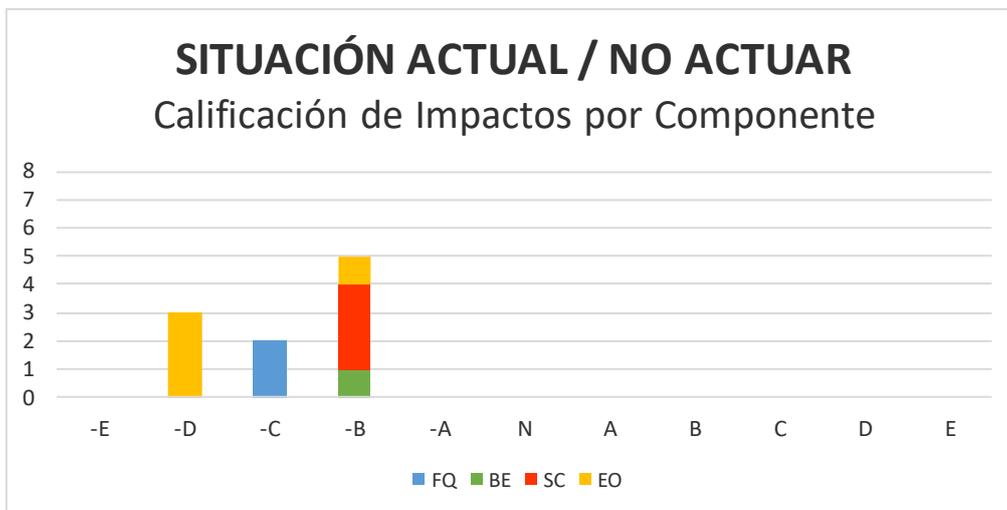
La opción de no actuar lleva a la continuidad y avance de la erosión en la playa, de modo que sólo puede esperarse la manifestación y agudización de impactos negativos en su mayoría altos o moderados (Clase D y C), en correspondencia con la intensidad del proceso erosivo.

Es de señalar que la playa de Viento Frío no cuenta con una significación nacional, pues actualmente no es utilizada con fines turísticos u otras actividades que alcance este nivel. Es por ello que los impactos positivos o negativos, no alcanzan una mayor categorización. Sin embargo, para la población local, si es de una alta significación contar con una playa más robusta que permita su utilización como fuente de ingresos para la localidad, además de convertirse en un elemento de defensa natural ante la sobreelevación del nivel del mar y los efectos del cambio climático.

Este análisis expresa la necesidad de actuar e implementar la estrategia propuesta y acciones definidas a corto, mediano y largo plazo.

**Tabla 44. Matriz de Impactos por Clase. Situación Actual (Opción de No Actuar).**

SITUACIÓN ACTUAL / NO ACTUAR											
Clase	-E	-D	-C	-B	-A	N	A	B	C	D	E
<b>FQ</b>	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>BE</b>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<b>SC</b>	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0
<b>EO</b>	0	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<b>Total</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>0</b>						



**Figura 33. Salida gráfica de Matriz RIAM. Impactos por Clase. Situación Actual (Opción de No Actuar).**

### Etapas de Ejecución

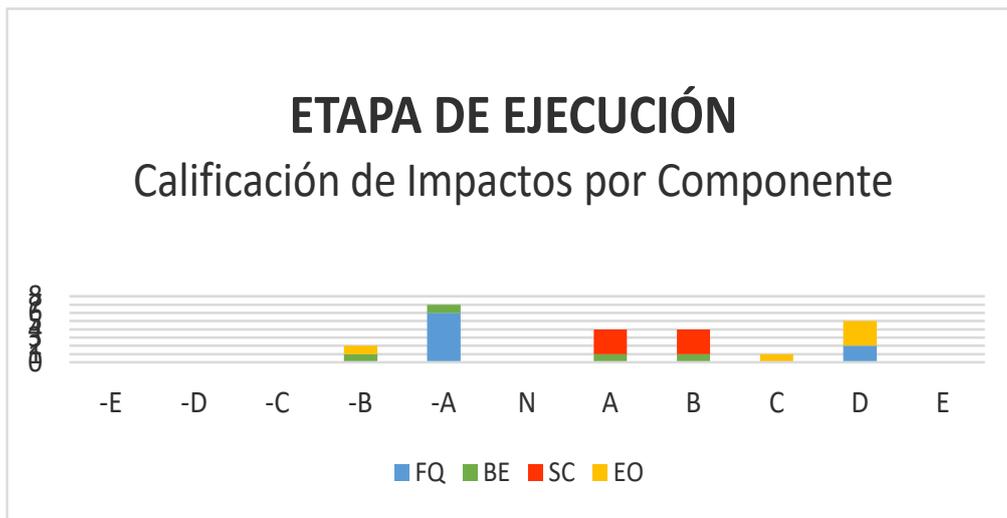
Se trata de la Etapa con más impactos con 23, al ser la ejecución propia del proyecto.

Sin embargo, los beneficios derivados de un mejoramiento de las condiciones morfológicas, estéticas y funcionales de la playa, aportan 5 impactos positivos de clase D (Alto) y 1 de clase C (Moderado), expresión de la buscada reversión del estado actual de la playa. Además, entre los impactos positivos se cuentan 4 de clase B (Bajo) y 4 de clase A (Muy bajo), para un total de 14 impactos positivos.

Los impactos negativos previsible de este tipo de acciones se contabilizan en 9, clasificando todos como Bajos o Muy Bajos (Clases A y B), varios de ellos pequeños impactos evitables con buenas prácticas tecnológicas.

**Tabla 45. Matriz de Impactos por Clase. Etapa de Ejecución.**

Clase	ETAPA DE EJECUCIÓN										
	-E	-D	-C	-B	-A	N	A	B	C	D	E
<b>FQ</b>	0	0	0	0	6	0	0	0	0	2	0
<b>BE</b>	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0
<b>SC</b>	0	0	0	0	0	0	3	3	0	0	0
<b>EO</b>	0	0	0	1	0	0	0	0	1	3	0
<b>T</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>7</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>0</b>



**Figura 34. Salida gráfica de Matriz RIAM. Impactos por Clase. Etapa de Ejecución.**

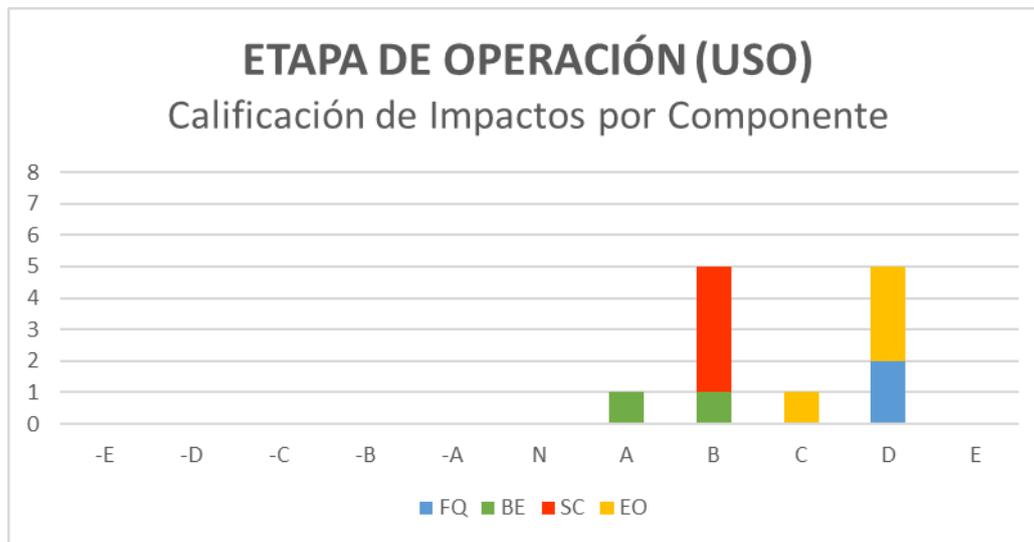
Etapa de Operación (Uso o Explotación)

Los objetivos que se lograrán a partir de la ejecución de la restauración de la playa y otras acciones complementarias propuestas permitirán que, una vez concluida, los impactos previsible que perdurarán en la playa, serán positivos en su totalidad.

No obstante, debe notarse que la mayoría son considerados reversibles, dependiendo su sostenibilidad en el tiempo de la implementación de un programa de manejo de la playa a mediano y largo plazo.

**Tabla 46. Matriz de Impactos por Clase. Situación Operación (Uso de la playa).**

Clase	ETAPA DE OPERACIÓN (USO)										
	-E	-D	-C	-B	-A	N	A	B	C	D	E
<b>FQ</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
<b>BE</b>	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
<b>SC</b>	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0
<b>EO</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	0
<b>T</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>0</b>



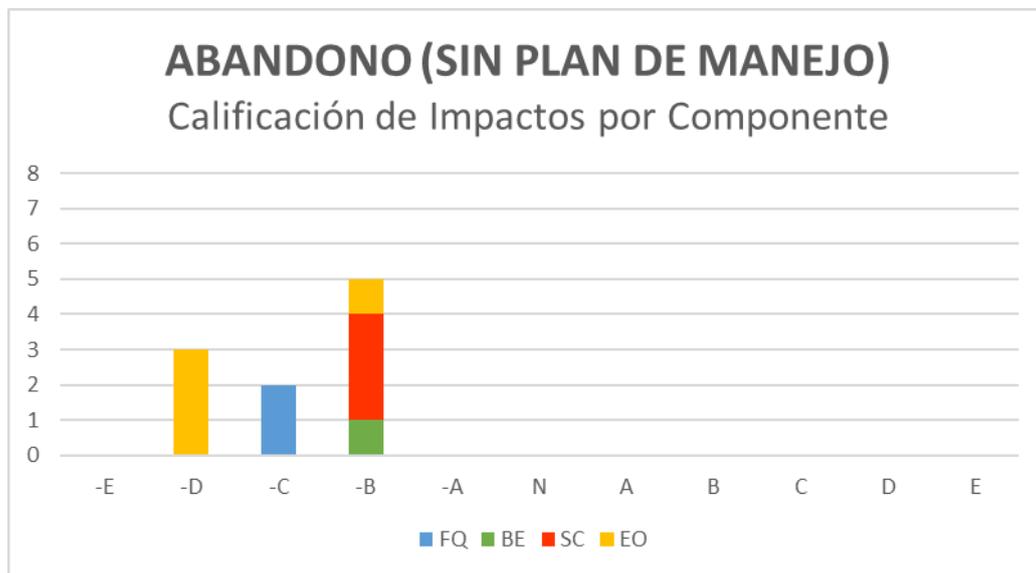
**Figura 35. Salida gráfica de Matriz RIAM. Impactos por Clase. Etapa de Preparación (Uso de la playa).**

Eventual Abandono (No implementación o Abandono de Programa de Manejo)

Una vez ejecutadas las acciones recomendadas, en caso de no darse continuidad a la estrategia de manejo de la playa a mediano y largo plazo, podría llegar a revertirse una vez más la situación de la playa, regresando a una condición muy similar a la actual, pudiendo luego continuar su deterioro, por lo que los 10 impactos identificados en semejante escenario son negativos, clasificando la mitad de ellos (5) en las clases D (Alto) y C (Moderados).

**Tabla 47. Matriz de Impactos por Clase. Abandono (No implementación o abandono del Plan de Manejo de la Playa a mediano y largo plazo)**

ABANDONO (SIN PLAN DE MANEJO)											
Clase	-E	-D	-C	-B	-A	N	A	B	C	D	E
FQ	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
BE	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
SC	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0
EO	0	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<b>T</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>0</b>						



**Figura 36. Salida gráfica de Matriz RIAM. Impactos por Clase. Eventual Abandono (No implementación o abandono del Plan de Manejo de la Playa a mediano y largo plazo).**

Conclusiones a partir de la aplicación del Método RIAM

De la evaluación preliminar de impactos ambientales de las acciones propuestas para la rehabilitación de la playa de Viento Frío se puede concluir que:

- Los beneficios del proyecto, en todas las componentes justifican avanzar en su ejecución y la implementación de una estrategia de manejo de la playa a corto, mediano y largo plazo.
- No actuar implicará mayores perjuicios para la playa debido a la continuidad del proceso erosivo y sus efectos.

- Tras la ejecución de las acciones previstas a corto plazo, no implementar un Programa de Manejo, transcurrido el período de efectividad previsto, devolverá la playa a una condición similar a la actual y continuará su deterioro, elevando cada vez más los perjuicios en todas las componentes, y en consecuencia, los costos de una eventual nueva intervención para su rehabilitación.

## REFERENCIAS

Automated Coastal Engineering System Manual (1992). Coastal Engineering Research Center. Department of the Army. Waterways Experiment Station, Corps of Engineers. Vicksburg, Mississippi.

Army Coastal Engineering Research Center. Shore Protection Manual. Vol. 1 and 3. Corps of Engineers. Ed. USACERC. Department of the Navy. 1984.

Bruun, P. "Sea level rise as a cause of shore erosion". Journal of the Waterway and Harbors Division 1, 116-130. 1962.

Coastal Engineering Manual. (1995). "Beach-fill volume required to produce specified dry beach width". Technical note II-32. Coastal Engineering Research Center, U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station.

Coastal Engineering Manual. Part III. U. S. Army Corps of Engineers. Washington, DC. 1999.

Coastal Engineering Manual. Part V. (2001). U. S. Army Corps of Engineers. Washington, DC.

Dean, R. G. "Equilibrium beach profiles: U. S. Atlantic and Gulf Coasts". Department of Civil Engineering. Ocean Engineering Report No. 12. University of Delaware. Newark. 1977.

Dean, R. G. "Coastal sediment processes: Toward engineering solution". Proceedings, Specialty Conference on Coastal Sediments '87. American Society of Civil Engineers. 1-24. 1987.

Dean, R. G. "Equilibrium beach profiles: characteristics and applications". Journal of Coastal Research 7 (1). 53-84. 1991.

Dean R. G., and Dalrymple R., A., (2003). Coastal Processes with Engineering Applications. © Cambridge University Press (Virtual Publishing) 2003

Graham, Alan. Vegetational paleohistory Studies in Panama and Adyacent Central America/por Alam Graham. En la Botánica y la Historia Natural de Panamá. 1975. Pág.163.

Juanes J. L. La erosión en las playas de Cuba. Alternativas para su control. Doctoral Tesis, 1996.

Manual on Artificial Beach Nourishment. (1987). Delft Hydraulics.

Méndez Lugo, Bernardo. Compilación de los huracanes y ciclones en Centroamérica y la región caribeña. 2010.

Miambiente. Tercera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático, 2019

Petelín, V. M. (1967): "Análisis granulométrico de los sedimentos marinos". Edit. Nauta, Moscú, pp. 76.

Recchi, Giorgio y Artemio Metti. Notas de Paleogeografía/por Giorgio Recchi y Artemio Metti. Instituto Panamericano de Geografía e Historia, 1973. Pag.1

Shore Protection Manual.

Stewart, Robert. Evidencias Geológicas del Hombre primitivo en Panamá. Actas del Primer Symposium Nacional de Arqueología y Etnohistoria de Panamá, Universidad de Panamá.1968. Pág 72.

Wentworth, C.K., (1922). "A scale of grade and class terms for clastics sediments". Journal of Geology 30.

Wong, P. P. Coastal Protection Measures – Case of Small Island Developing States to Address Sea-level Rise. Asian Journal of Environment & Ecology. 6(3): 1-14, 2018; Article no. AJEE.41019. ISSN: 2456-690X

# ANEXOS

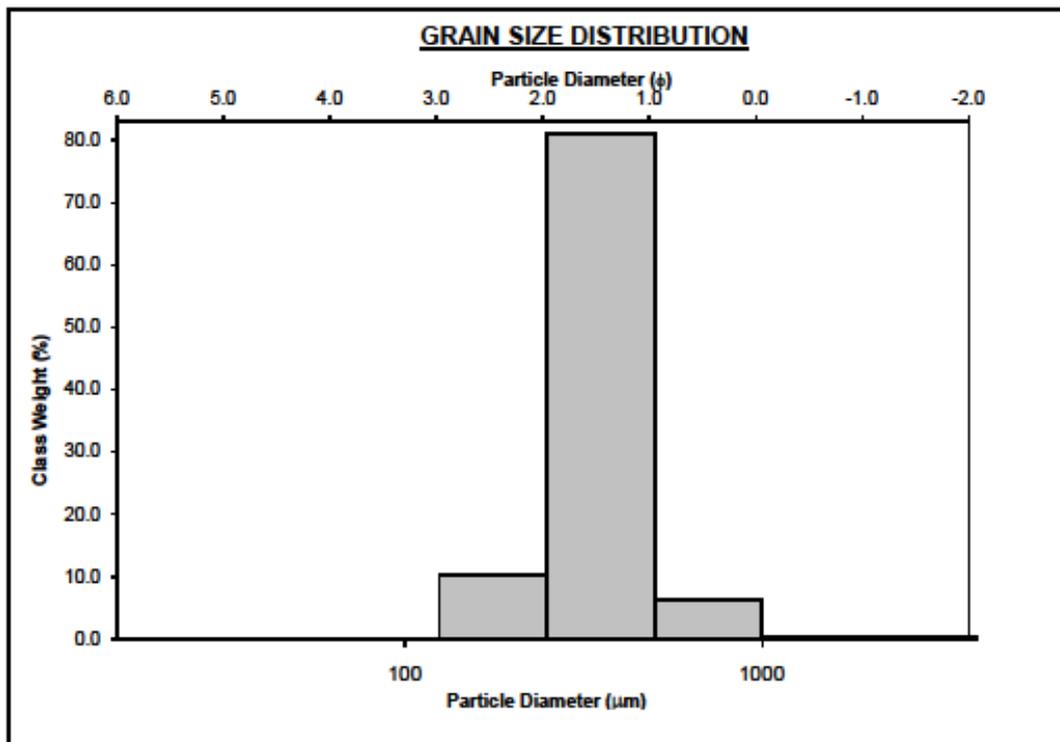
# Anexo 1

## Resultados de los análisis granulométricos

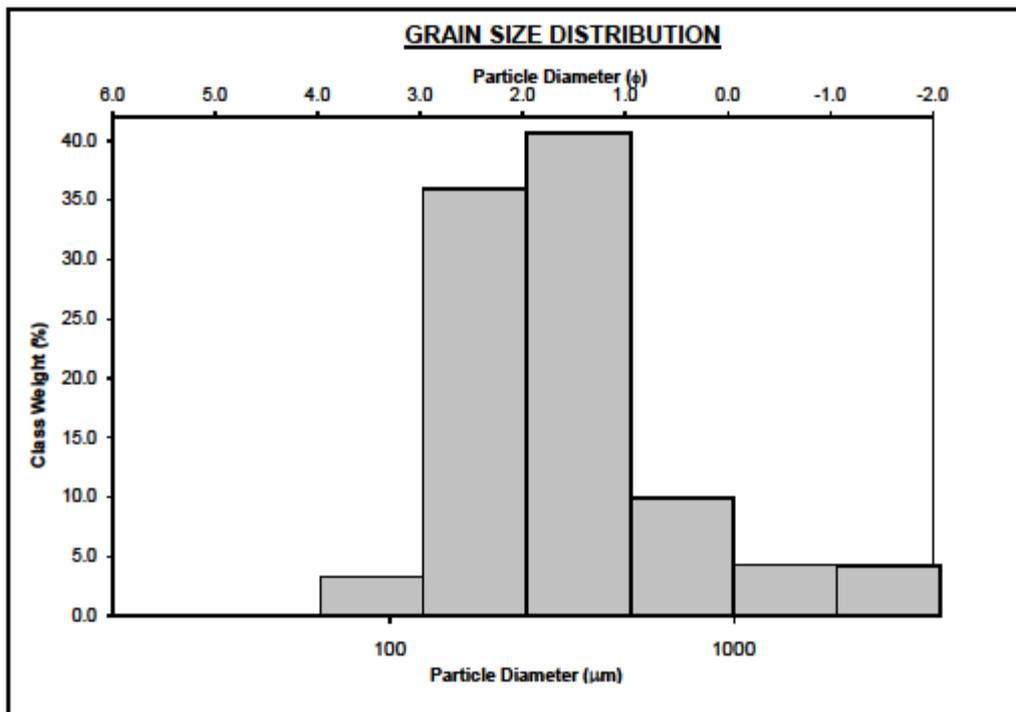
**Resultado de los análisis realizados a la playa de Viento Frío**

Muestra	Rango de Tamices								M		Desv. Estand (Ø)	Clasificación Wentworth
	>4	4-2	2-1	1-0.5	0.5-0.25	0.25-0.125	0.125-0.062	<0.062	(mm)	(Ø)		
M1	0	0.3	0.5	6.4	82.1	10.4	0	0	0.35	1.521	0.46	Arena Media
M2	0.6	2.1	2.6	6.8	57.4	29.6	0.2	0	0.31	1.609	0.82	Arena Media
M3	22.5	23.5	9.7	4.2	29.7	9.9	0	0	1.53	- 0.613	1.33	Arena Muy Guesa
M4	42.3	31.1	12.0	3.9	7.4	3.3	0	0	3.37	- 1.752	1.01	Arena y Grava muy fina
M5	35.4	14.2	5.5	2.3	20.0	21.9	0.7	0	0.56	0.643	1.353	Arena Guesa
M6	0.5	0.6	1.8	3.3	30.5	60.3	2.7	0	0.23	2.064	0.752	Arena Fina
M7	0	0	0.3	1.4	62.5	34.8	0.4	0	0.28	1.838	0.527	Arena Media
M8	0	0	0	0.5	30.6	66.6	2.1	0	0.22	2.204	0.510	Arena Fina
M9	0.9	0.2	0.9	3.8	45.6	43.4	4.2	0	0.24	1.947	0.722	Arena Media
M10	3.4	5.9	6.7	26.2	48.2	8.9	0.7	0	0.40	0.979	0.991	Arena Media
M11	1.3	4.2	4.3	9.9	40.6	35.9	3.3	0	0.30	1.595	1.080	Arena Media
M12	0	0.2	0	0	4.5	78.0	17.0	0.2	0.16	2.620	0.489	Arena Fina
M13	0.7	1.8	0.9	3.1	20.8	62.0	10.5	0.2	0.21	2.222	0.883	Arena Fina
M14	0.4	1.3	1.9	3.9	12.0	53.4	25.5	1.5	0.18	2.467	0.996	Arena Fina
M15	0	0	0.1	0.7	3.5	55.7	38.5	1.5	0.14	2.861	0.618	Arena Fina
<b>M. Tipo</b>	<b>7.2</b>	<b>5.7</b>	<b>3.1</b>	<b>5.1</b>	<b>33.0</b>	<b>38.3</b>	<b>7.1</b>	<b>0.2</b>	<b>0.19</b>	<b>1.639</b>	<b>1.232</b>	<b>Arena Fina</b>

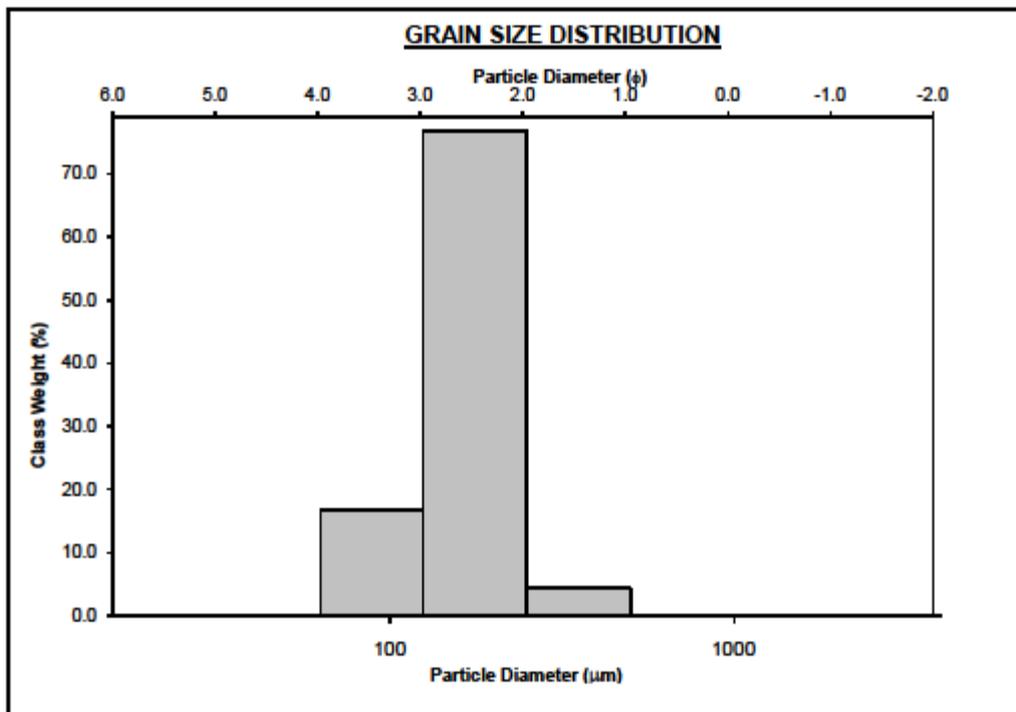
SIEVING ERROR: 0.3%		<b>SAMPLE STATISTICS</b>				
SAMPLE IDENTITY: <b>M-1</b>		ANALYST & DATE: Trista, 10/4/2021				
SAMPLE TYPE: Unimodal, Well Sorted		TEXTURAL GROUP: Slightly Gravelly Sand				
SEDIMENT NAME: Slightly Very Fine Gravelly Medium Sand						
	$\mu\text{m}$	$\phi$	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	375.0	1.500	GRAVEL: 0.3%	COARSE SAND: 6.4%		
MODE 2:			SAND: 99.7%	MEDIUM SAND: 82.3%		
MODE 3:			MUD: 0.0%	FINE SAND: 10.4%		
D <sub>10</sub> :	242.9	1.034	V FINE SAND: 0.0%			
MEDIAN or D <sub>50</sub> :	348.8	1.519	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 0.0%		
D <sub>90</sub> :	488.4	2.041	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D <sub>90</sub> / D <sub>10</sub> ):	2.011	1.975	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
(D <sub>90</sub> - D <sub>10</sub> ):	245.5	1.008	FINE GRAVEL: 0.0%	FINE SILT: 0.0%		
(D <sub>75</sub> / D <sub>25</sub> ):	1.523	1.499	V FINE GRAVEL: 0.3%	V FINE SILT: 0.0%		
(D <sub>75</sub> - D <sub>25</sub> ):	147.9	0.807	V COARSE SAND: 0.5%	CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS		FOLK & WARD METHOD			
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\phi$	$\mu\text{m}$	$\phi$	
MEAN ( $\bar{x}$ ):	393.1	348.4	1.521	348.8	1.519	Medium Sand
SORTING ( $\sigma$ ):	198.6	1.379	0.484	1.404	0.489	Well Sorted
SKEWNESS ( $S_k$ ):	7.928	0.950	-0.950	-0.036	0.036	Symmetrical
KURTOSIS ( $K$ ):	94.93	10.79	10.79	1.260	1.260	Leptokurtic



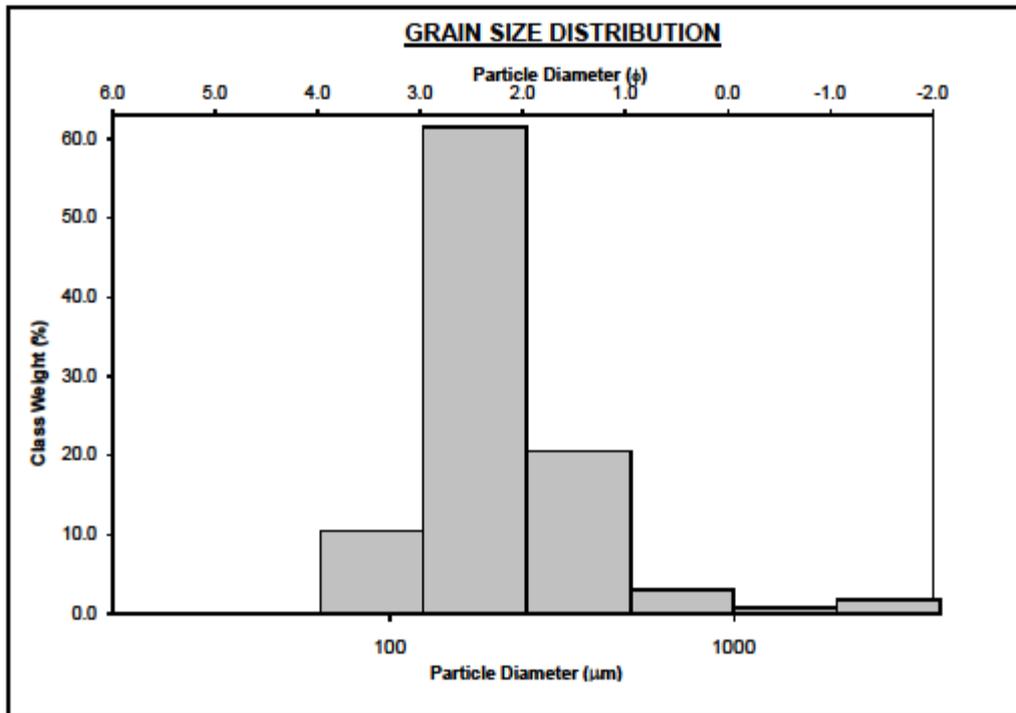
		<b>SAMPLE STATISTICS</b>				
SIEVING ERROR: 0.5%						
SAMPLE IDENTITY: <b>M-11</b>		ANALYST & DATE: Trista, 10/4/2021				
SAMPLE TYPE: Unimodal, Poorly Sorted		TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand				
SEDIMENT NAME: Very Fine Gravelly Medium Sand						
	$\mu\text{m}$	$\phi$	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	375.0	1.500	GRAVEL: 5.5%	COARSE SAND: 9.9%		
MODE 2:			SAND: 94.5%	MEDIUM SAND: 40.8%		
MODE 3:			MUD: 0.0%	FINE SAND: 38.1%		
D <sub>10</sub> :	142.1	0.015		V FINE SAND: 3.3%		
MEDIAN or D <sub>50</sub> :	299.3	1.740	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 0.0%		
D <sub>90</sub> :	989.6	2.815	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D <sub>90</sub> / D <sub>10</sub> ):	6.963	185.8	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
(D <sub>90</sub> - D <sub>10</sub> ):	847.4	2.800	FINE GRAVEL: 0.0%	FINE SILT: 0.0%		
(D <sub>75</sub> / D <sub>25</sub> ):	2.414	2.128	V FINE GRAVEL: 5.5%	V FINE SILT: 0.0%		
(D <sub>75</sub> - D <sub>25</sub> ):	268.1	1.272	V COARSE SAND: 4.3%	CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS		FOLK & WARD METHOD			
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\phi$	$\mu\text{m}$	$\phi$	
MEAN ( $\bar{x}$ ):	489.9	302.5	1.595	314.5	1.669	Medium Sand
SORTING ( $\sigma$ ):	602.9	2.685	1.080	2.182	1.126	Poorly Sorted
SKEWNESS ( $S_k$ ):	3.193	-1.930	-1.063	0.255	-0.255	Coarse Skewed
KURTOSIS ( $K$ ):	13.06	16.14	4.128	1.314	1.314	Leptokurtic



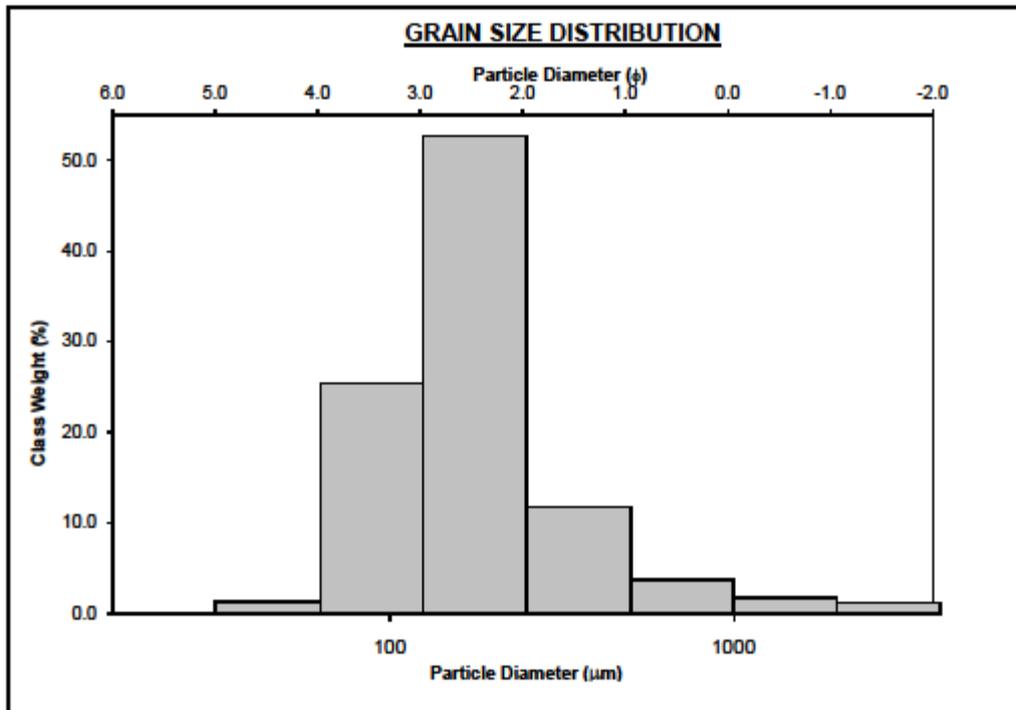
		<b>SAMPLE STATISTICS</b>				
SIEVING ERROR: 0.1%						
SAMPLE IDENTITY: <b>M-12</b>		ANALYST & DATE: Trista, 10/4/2021				
SAMPLE TYPE: Unimodal, Well Sorted		TEXTURAL GROUP: Slightly Gravelly Sand				
SEDIMENT NAME: Slightly Very Fine Gravelly Fine Sand						
	$\mu\text{m}$	$\phi$	<b>GRAIN SIZE DISTRIBUTION</b>			
MODE 1:	187.5	2.500	GRAVEL: 0.2%	COARSE SAND: 0.0%		
MODE 2:			SAND: 99.6%	MEDIUM SAND: 4.5%		
MODE 3:			MUD: 0.2%	FINE SAND: 78.1%		
D <sub>10</sub> :	93.48	2.088		V FINE SAND: 17.0%		
MEDIAN or D <sub>50</sub> :	167.2	2.580	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 0.2%		
D <sub>90</sub> :	238.5	3.419	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D <sub>90</sub> / D <sub>10</sub> ):	2.552	1.654	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
(D <sub>90</sub> - D <sub>10</sub> ):	145.0	1.351	FINE GRAVEL: 0.0%	FINE SILT: 0.0%		
(D <sub>75</sub> / D <sub>25</sub> ):	1.559	1.283	V FINE GRAVEL: 0.2%	V FINE SILT: 0.0%		
(D <sub>75</sub> - D <sub>25</sub> ):	74.84	0.640	V COARSE SAND: 0.0%	CLAY: 0.0%		
	<b>METHOD OF MOMENTS</b>		<b>FOLK &amp; WARD METHOD</b>			
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\phi$	$\mu\text{m}$	$\phi$	
MEAN ( $\bar{x}$ ):	185.4	162.7	2.620	165.1	2.599	Fine Sand
SORTING ( $\sigma$ ):	137.6	1.403	0.489	1.404	0.490	Well Sorted
SKEWNESS ( $S_k$ ):	17.19	0.666	-0.666	-0.192	0.192	Fine Skewed
KURTOSIS ( $K$ ):	350.4	13.54	13.54	1.092	1.092	Mesokurtic



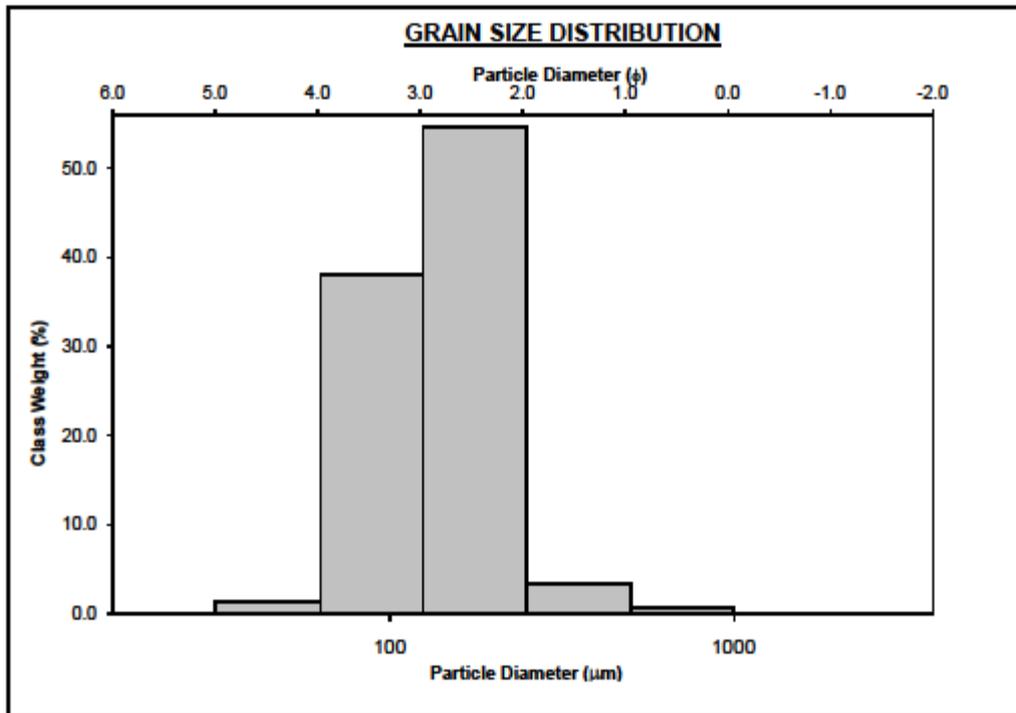
		<b>SAMPLE STATISTICS</b>				
SIEVING ERROR: 0.0%						
SAMPLE IDENTITY: <b>M-13</b>		ANALYST & DATE: Trista, 10/4/2021				
SAMPLE TYPE: Unimodal, Moderately Sorted		TEXTURAL GROUP: Slightly Gravelly Sand				
SEDIMENT NAME: Slightly Very Fine Gravelly Fine Sand						
	$\mu\text{m}$	$\phi$	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	187.5	2.500	GRAVEL: 2.5%	COARSE SAND: 3.1%		
MODE 2:			SAND: 97.3%	MEDIUM SAND: 20.8%		
MODE 3:			MUD: 0.2%	FINE SAND: 62.0%		
D <sub>10</sub> :	119.4	1.188	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V FINE SAND: 10.5%		
MEDIAN or D <sub>50</sub> :	194.0	2.386	COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 0.2%		
D <sub>90</sub> :	445.0	3.086	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D <sub>90</sub> / D <sub>10</sub> ):	3.726	2.624	FINE GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
(D <sub>90</sub> - D <sub>10</sub> ):	325.5	1.898	V FINE GRAVEL: 2.5%	FINE SILT: 0.0%		
(D <sub>75</sub> / D <sub>25</sub> ):	1.840	1.486	V COARSE SAND: 0.9%	V FINE SILT: 0.0%		
(D <sub>75</sub> - D <sub>25</sub> ):	123.2	0.880		CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS		FOLK & WARD METHOD			
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\phi$	$\mu\text{m}$	$\phi$	
MEAN ( $\bar{x}$ ):	295.0	204.2	2.222	210.8	2.246	Fine Sand
SORTING ( $\sigma$ ):	405.8	2.109	0.883	1.768	0.822	Moderately Sorted
SKEWNESS ( $S_k$ ):	5.586	-1.534	-1.700	0.236	-0.236	Coarse Skewed
KURTOSIS ( $K$ ):	38.31	21.73	7.873	1.407	1.407	Leptokurtic



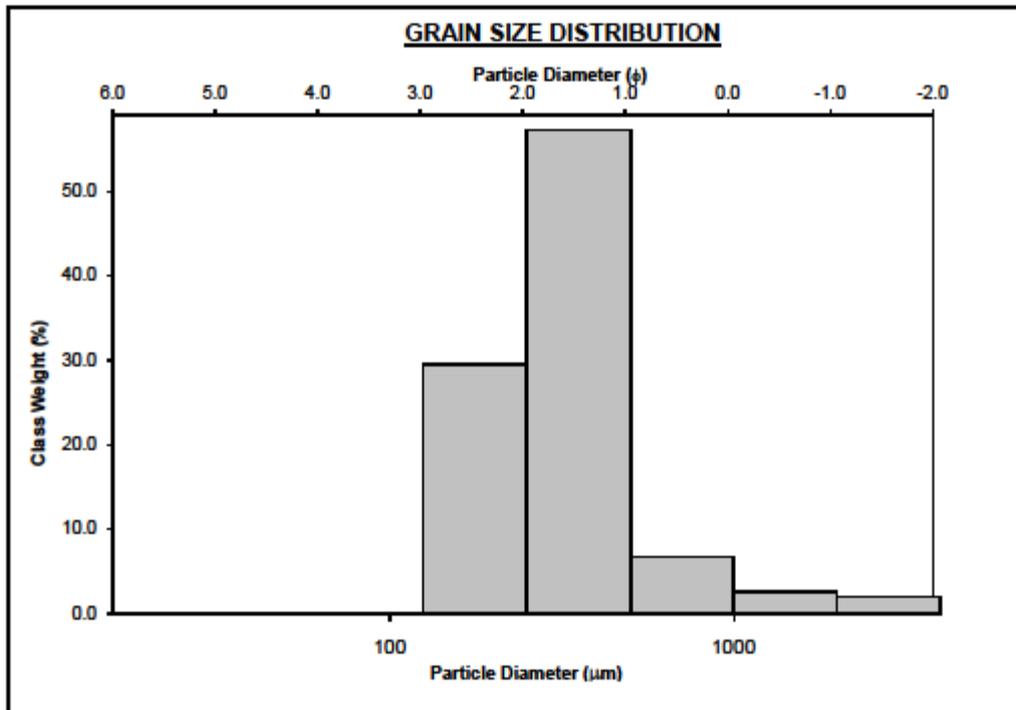
		<b>SAMPLE STATISTICS</b>				
SIEVING ERROR: 0.1%						
SAMPLE IDENTITY: <b>M-14</b>		ANALYST & DATE: Trista, 10/4/2021				
SAMPLE TYPE: Unimodal, Moderately Sorted		TEXTURAL GROUP: Slightly Gravelly Sand				
SEDIMENT NAME: Slightly Very Fine Gravelly Fine Sand						
				GRAIN SIZE DISTRIBUTION		
MODE 1:	$\mu\text{m}$ 187.5	$\phi$ 2.500	GRAVEL: 1.7%	COARSE SAND: 3.9%		
MODE 2:			SAND: 96.8%	MEDIUM SAND: 12.0%		
MODE 3:			MUD: 1.5%	FINE SAND: 53.5%		
D <sub>10</sub> :	79.14	1.208	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V FINE SAND: 25.5%		
MEDIAN or D <sub>50</sub> :	188.4	2.570	COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 1.5%		
D <sub>90</sub> :	433.0	3.859	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D <sub>90</sub> / D <sub>10</sub> ):	5.471	3.031	FINE GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
(D <sub>90</sub> - D <sub>10</sub> ):	353.9	2.452	V FINE GRAVEL: 1.7%	FINE SILT: 0.0%		
(D <sub>75</sub> / D <sub>25</sub> ):	1.967	1.464	V COARSE SAND: 1.9%	V FINE SILT: 0.0%		
(D <sub>75</sub> - D <sub>25</sub> ):	114.5	0.976		CLAY: 0.0%		
		METHOD OF MOMENTS		FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\phi$	$\mu\text{m}$	$\phi$	
MEAN ( $\bar{x}$ ):	268.8	176.0	2.467	168.6	2.568	Fine Sand
SORTING ( $\sigma$ ):	385.6	2.131	0.996	1.945	0.960	Moderately Sorted
SKEWNESS ( $S_k$ ):	5.306	-0.181	-1.387	0.135	-0.135	Coarse Skewed
KURTOSIS ( $K$ ):	34.97	13.07	6.171	1.468	1.468	Leptokurtic



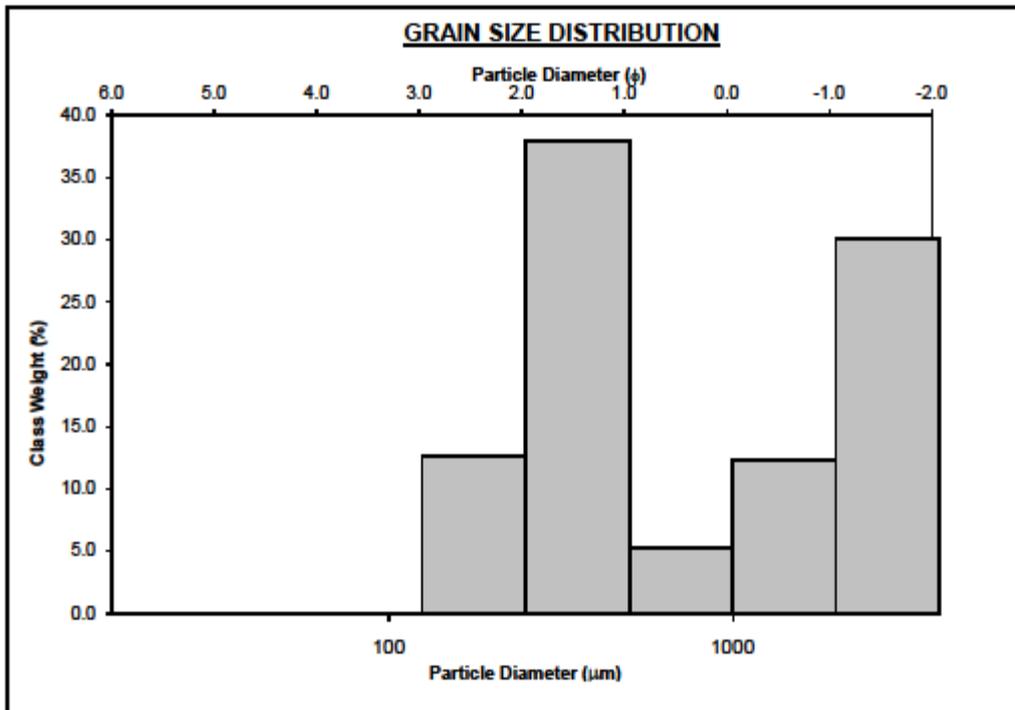
		<b>SAMPLE STATISTICS</b>				
SIEVING ERROR: 0.0%						
SAMPLE IDENTITY: <b>M-15</b>		ANALYST & DATE: Trista, 10/4/2021				
SAMPLE TYPE: Unimodal, Moderately Well Sorted		TEXTURAL GROUP: Sand				
SEDIMENT NAME: Moderately Well Sorted Fine Sand						
	$\mu\text{m}$	$\phi$	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	187.5	2.500	GRAVEL: 0.0%	COARSE SAND: 0.7%		
MODE 2:			SAND: 98.5%	MEDIUM SAND: 3.5%		
MODE 3:			MUD: 1.5%	FINE SAND: 55.7%		
D <sub>10</sub> :	73.29	2.102		V FINE SAND: 38.5%		
MEDIAN or D <sub>50</sub> :	141.6	2.820	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 1.5%		
D <sub>90</sub> :	232.9	3.770	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D <sub>90</sub> / D <sub>10</sub> ):	3.178	1.793	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
(D <sub>90</sub> - D <sub>10</sub> ):	159.6	1.668	FINE GRAVEL: 0.0%	FINE SILT: 0.0%		
(D <sub>75</sub> / D <sub>25</sub> ):	2.019	1.427	V FINE GRAVEL: 0.0%	V FINE SILT: 0.0%		
(D <sub>75</sub> - D <sub>25</sub> ):	97.51	1.013	V COARSE SAND: 0.1%	CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS		FOLK & WARD METHOD			
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\phi$	$\mu\text{m}$	$\phi$	
MEAN ( $\bar{x}$ ):	161.2	137.7	2.861	135.6	2.882	Fine Sand
SORTING ( $\sigma$ ):	90.21	1.535	0.618	1.555	0.637	Moderately Well Sorted
SKEWNESS ( $S_k$ ):	5.504	0.340	-0.340	-0.138	0.138	Fine Skewed
KURTOSIS ( $K$ ):	62.47	4.409	4.409	0.763	0.763	Platykurtic



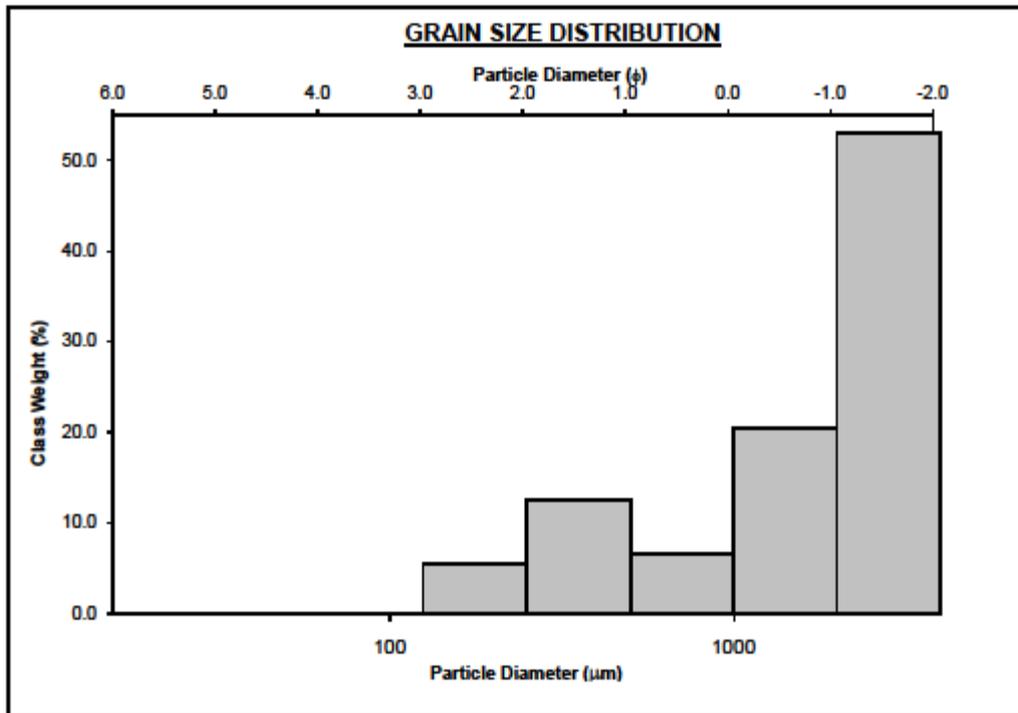
		<b>SAMPLE STATISTICS</b>				
SIEVING ERROR: 0.7%						
SAMPLE IDENTITY: <b>M-2</b>		ANALYST & DATE: Trista, 10/4/2021				
SAMPLE TYPE: Unimodal, Moderately Sorted		TEXTURAL GROUP: Slightly Gravelly Sand				
SEDIMENT NAME: Slightly Very Fine Gravelly Medium Sand						
	$\mu\text{m}$	$\phi$	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	375.0	1.500	GRAVEL: 2.7%	COARSE SAND: 6.8%		
MODE 2:			SAND: 97.3%	MEDIUM SAND: 57.8%		
MODE 3:			MUD: 0.0%	FINE SAND: 29.8%		
D <sub>10</sub> :	157.0	0.881	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V FINE SAND: 0.2%		
MEDIAN or D <sub>50</sub> :	317.7	1.854	COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 0.0%		
D <sub>90</sub> :	623.8	2.871	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D <sub>90</sub> / D <sub>10</sub> ):	3.973	3.923	FINE GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
(D <sub>90</sub> - D <sub>10</sub> ):	466.8	1.990	V FINE GRAVEL: 2.7%	FINE SILT: 0.0%		
(D <sub>75</sub> / D <sub>25</sub> ):	1.927	1.775	V COARSE SAND: 2.8%	V FINE SILT: 0.0%		
(D <sub>75</sub> - D <sub>25</sub> ):	206.3	0.946		CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS		FOLK & WARD METHOD			
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\phi$	$\mu\text{m}$	$\phi$	
MEAN ( $\bar{x}$ ):	426.9	314.5	1.609	301.4	1.730	Medium Sand
SORTING ( $\sigma$ ):	444.2	2.051	0.819	1.742	0.801	Moderately Sorted
SKEWNESS ( $S_k$ ):	4.453	-2.319	-1.410	0.020	-0.020	Symmetrical
KURTOSIS ( $K$ ):	24.76	27.42	6.323	1.285	1.285	Leptokurtic



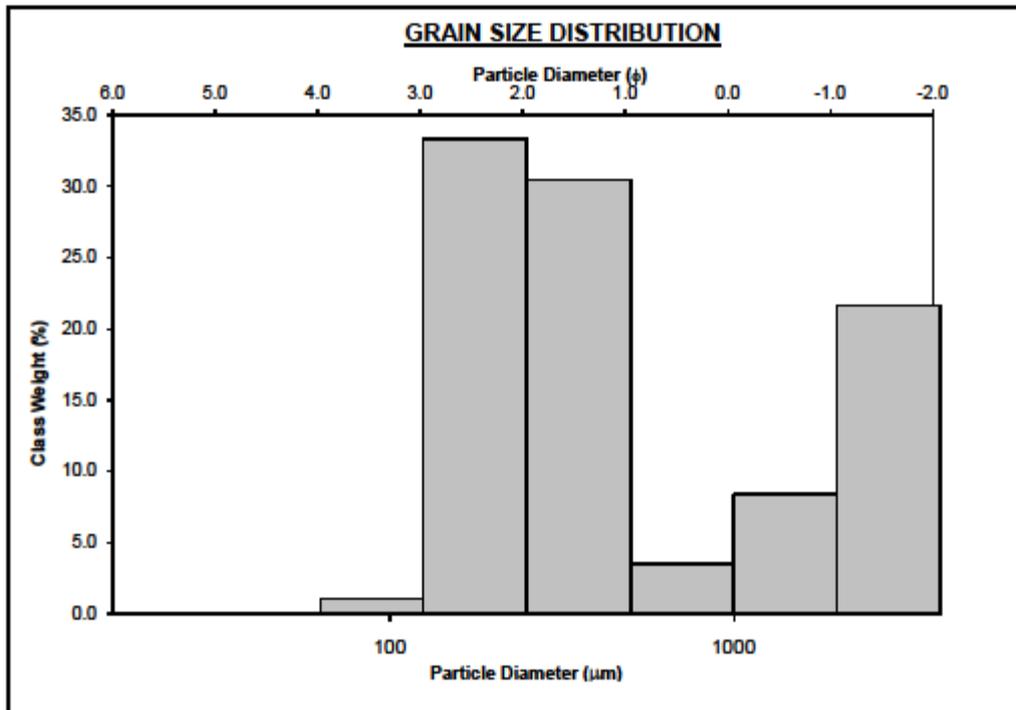
		<b>SAMPLE STATISTICS</b>				
SIEVING ERROR: 0.5%						
SAMPLE IDENTITY: <b>M-3</b>		ANALYST & DATE: Trista, 10/4/2021				
SAMPLE TYPE: Bimodal, Poorly Sorted		TEXTURAL GROUP: Sandy Gravel				
SEDIMENT NAME: Sandy Very Fine Gravel						
	$\mu\text{m}$	$\phi$	<b>GRAIN SIZE DISTRIBUTION</b>			
MODE 1:	375.0	1.500	GRAVEL: 46.2%	COARSE SAND: 4.2%		
MODE 2:	3000.0	-1.500	SAND: 53.8%	MEDIUM SAND: 29.8%		
MODE 3:			MUD: 0.0%	FINE SAND: 9.9%		
D <sub>10</sub> :	250.3	-2.748	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V FINE SAND: 0.0%		
MEDIAN or D <sub>50</sub> :	1529.9	-0.613	COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 0.0%		
D <sub>90</sub> :	6718.5	1.998	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D <sub>90</sub> / D <sub>10</sub> ):	26.84	-0.727	FINE GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
(D <sub>90</sub> - D <sub>10</sub> ):	6468.2	4.746	V FINE GRAVEL: 46.2%	FINE SILT: 0.0%		
(D <sub>75</sub> / D <sub>25</sub> ):	10.52	-0.788	V COARSE SAND: 9.7%	V FINE SILT: 0.0%		
(D <sub>75</sub> - D <sub>25</sub> ):	3374.8	3.395		CLAY: 0.0%		
	<b>METHOD OF MOMENTS</b>		<b>FOLK &amp; WARD METHOD</b>			
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\phi$	$\mu\text{m}$	$\phi$	
MEAN ( $\bar{x}$ ):	1017.0	188.6	0.315	1054.9	-0.077	Very Coarse Sand
SORTING ( $\sigma$ ):	1174.7	18.51	1.327	2.376	1.249	Poorly Sorted
SKEWNESS ( $S_k$ ):	0.912	-0.966	0.028	-0.809	0.809	Very Fine Skewed
KURTOSIS ( $K$ ):	2.099	2.393	1.763	0.355	0.355	Very Platykurtic



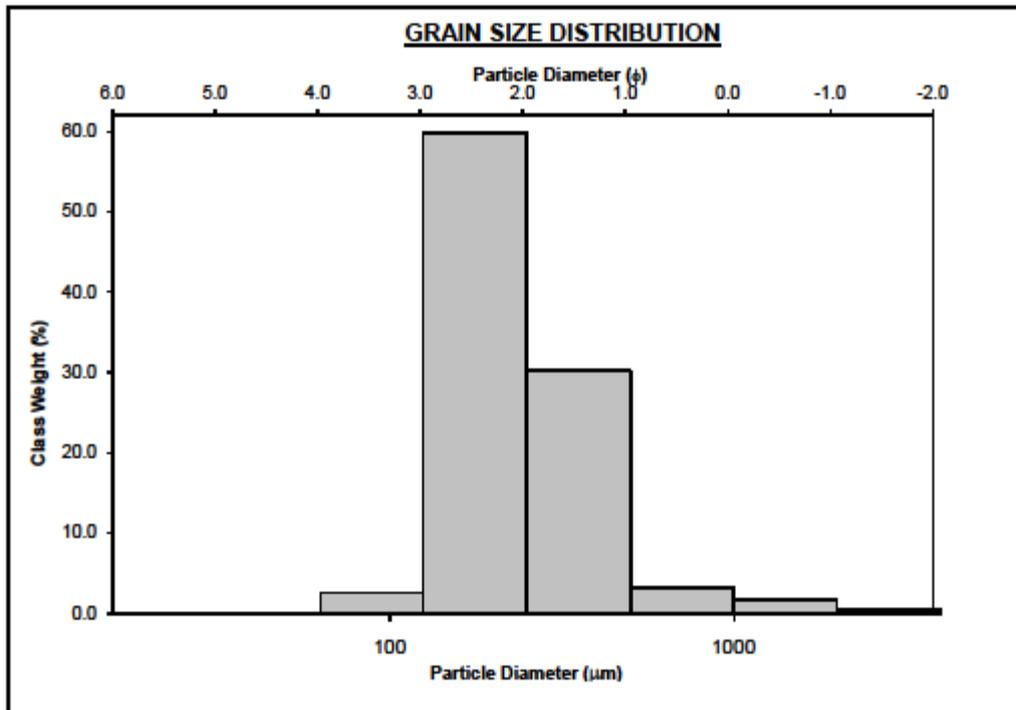
		<b>SAMPLE STATISTICS</b>				
SIEVING ERROR: 0.0%						
SAMPLE IDENTITY: <b>M-4</b>		ANALYST & DATE: Trista, 10/4/2021				
SAMPLE TYPE: Bimodal, Well Sorted		TEXTURAL GROUP: Sandy Gravel				
SEDIMENT NAME: Sandy Very Fine Gravel						
	$\mu\text{m}$	$\phi$	<b>GRAIN SIZE DISTRIBUTION</b>			
MODE 1:	3000.0	-1.500	GRAVEL: 73.4%	COARSE SAND: 3.9%		
MODE 2:	375.0	1.500	SAND: 26.6%	MEDIUM SAND: 7.4%		
MODE 3:			MUD: 0.0%	FINE SAND: 3.3%		
D <sub>10</sub> :	468.3	-4.062	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V FINE SAND: 0.0%		
MEDIAN or D <sub>50</sub> :	3389.2	-1.752	COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 0.0%		
D <sub>90</sub> :	16699.1	1.095	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D <sub>90</sub> / D <sub>10</sub> ):	35.66	-0.269	FINE GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
(D <sub>90</sub> - D <sub>10</sub> ):	16230.9	5.156	V FINE GRAVEL: 73.4%	FINE SILT: 0.0%		
(D <sub>75</sub> / D <sub>25</sub> ):	1.244	0.733	V COARSE SAND: 12.0%	V FINE SILT: 0.0%		
(D <sub>75</sub> - D <sub>25</sub> ):	445.5	0.315		CLAY: 0.0%		
	<b>METHOD OF MOMENTS</b>		<b>FOLK &amp; WARD METHOD</b>			
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\phi$	$\mu\text{m}$	$\phi$	
MEAN ( $\bar{x}$ ):	1176.2	66.89	-0.314	1834.3	-0.875	Very Coarse Sand
SORTING ( $\sigma$ ):	1311.1	38.90	1.007	1.379	0.464	Well Sorted
SKEWNESS ( $S_k$ ):	0.501	-0.220	0.676	-3.312	3.312	Very Fine Skewed
KURTOSIS ( $K$ ):	1.460	1.143	3.410	2.608	2.608	Very Leptokurtic



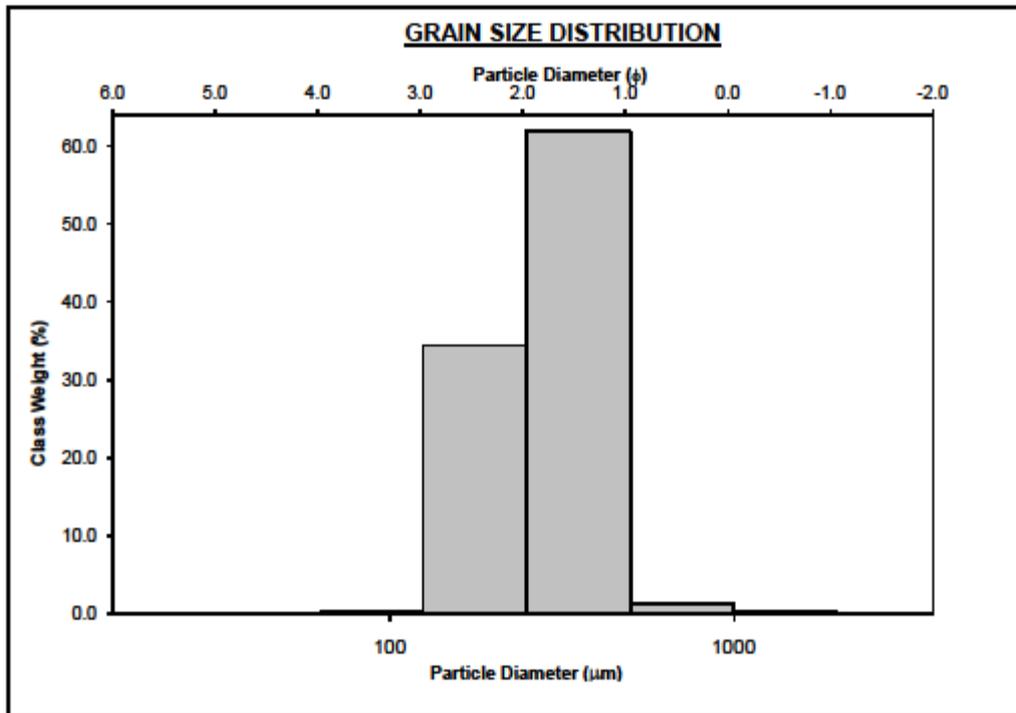
		<b>SAMPLE STATISTICS</b>				
SIEVING ERROR: 0.0%				ANALYST & DATE: Trista, 10/4/2021		
SAMPLE IDENTITY: <b>M-5</b>				TEXTURAL GROUP: Sandy Gravel		
SAMPLE TYPE: Bimodal, Poorly Sorted						
SEDIMENT NAME: Sandy Very Fine Gravel						
	$\mu\text{m}$	$\phi$	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	187.5	2.500	GRAVEL: 49.6%	COARSE SAND: 2.3%		
MODE 2:	3000.0	-1.500	SAND: 50.4%	MEDIUM SAND: 20.0%		
MODE 3:			MUD: 0.0%	FINE SAND: 21.9%		
D <sub>10</sub> :	167.8	-4.419	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V FINE SAND: 0.7%		
MEDIAN or D <sub>50</sub> :	1901.7	-0.927	COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 0.0%		
D <sub>90</sub> :	21392.7	2.575	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D <sub>90</sub> / D <sub>10</sub> ):	127.5	-0.583	FINE GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
(D <sub>90</sub> - D <sub>10</sub> ):	21224.9	6.994	V FINE GRAVEL: 49.6%	FINE SILT: 0.0%		
(D <sub>75</sub> / D <sub>25</sub> ):	9.798	-1.331	V COARSE SAND: 5.5%	V FINE SILT: 0.0%		
(D <sub>75</sub> - D <sub>25</sub> ):	2390.2	3.292		CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS		FOLK & WARD METHOD			
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\phi$	$\mu\text{m}$	$\phi$	
MEAN ( $\bar{x}$ ):	642.5	55.52	0.643	897.1	0.157	Coarse Sand
SORTING ( $\sigma$ ):	1018.7	22.20	1.353	2.410	1.269	Poorly Sorted
SKEWNESS ( $S_k$ ):	1.680	-0.351	0.047	-1.216	1.216	Very Fine Skewed
KURTOSIS ( $K$ ):	4.167	1.470	1.889	0.384	0.384	Very Platykurtic



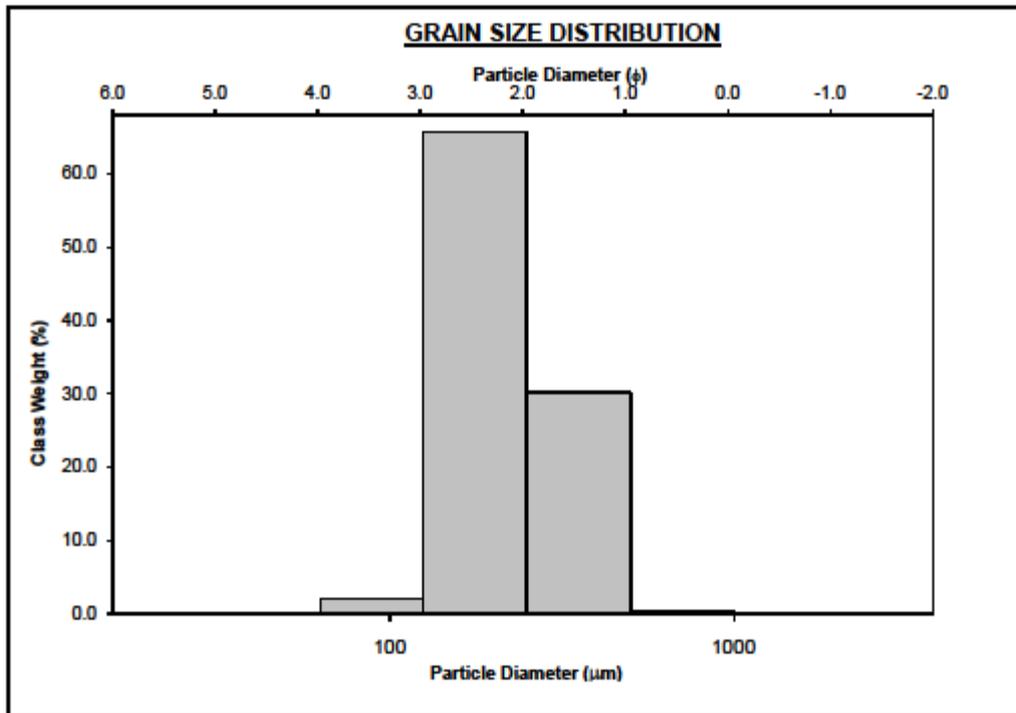
		<b>SAMPLE STATISTICS</b>				
SIEVING ERROR: 0.3%						
SAMPLE IDENTITY: <b>M-6</b>		ANALYST & DATE: Trista, 10/4/2021				
SAMPLE TYPE: Unimodal, Moderately Sorted		TEXTURAL GROUP: Slightly Gravelly Sand				
SEDIMENT NAME: Slightly Very Fine Gravelly Fine Sand						
		<b>GRAIN SIZE DISTRIBUTION</b>				
MODE 1:	$\mu\text{m}$ 187.5	$\phi$ 2.500	GRAVEL: 1.1%	COARSE SAND: 3.3%		
MODE 2:			SAND: 98.9%	MEDIUM SAND: 30.6%		
MODE 3:			MUD: 0.0%	FINE SAND: 60.5%		
D <sub>10</sub> :	135.9	1.124	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V FINE SAND: 2.7%		
MEDIAN or D <sub>50</sub> :	214.9	2.218	COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 0.0%		
D <sub>90</sub> :	458.9	2.879	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D <sub>90</sub> / D <sub>10</sub> ):	3.377	2.583	FINE GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
(D <sub>90</sub> - D <sub>10</sub> ):	323.1	1.756	V FINE GRAVEL: 1.1%	FINE SILT: 0.0%		
(D <sub>75</sub> / D <sub>25</sub> ):	2.024	1.630	V COARSE SAND: 1.8%	V FINE SILT: 0.0%		
(D <sub>75</sub> - D <sub>25</sub> ):	165.3	1.017		CLAY: 0.0%		
		<b>METHOD OF MOMENTS</b>		<b>FOLK &amp; WARD METHOD</b>		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\phi$	$\mu\text{m}$	$\phi$	
MEAN ( $\bar{x}$ ):	300.6	231.0	2.064	232.3	2.106	Fine Sand
SORTING ( $\sigma$ ):	295.9	1.898	0.752	1.645	0.718	Moderately Sorted
SKEWNESS ( $S_k$ ):	5.845	-2.174	-1.584	0.296	-0.296	Coarse Skewed
KURTOSIS ( $K$ ):	46.76	29.19	6.909	0.939	0.939	Mesokurtic



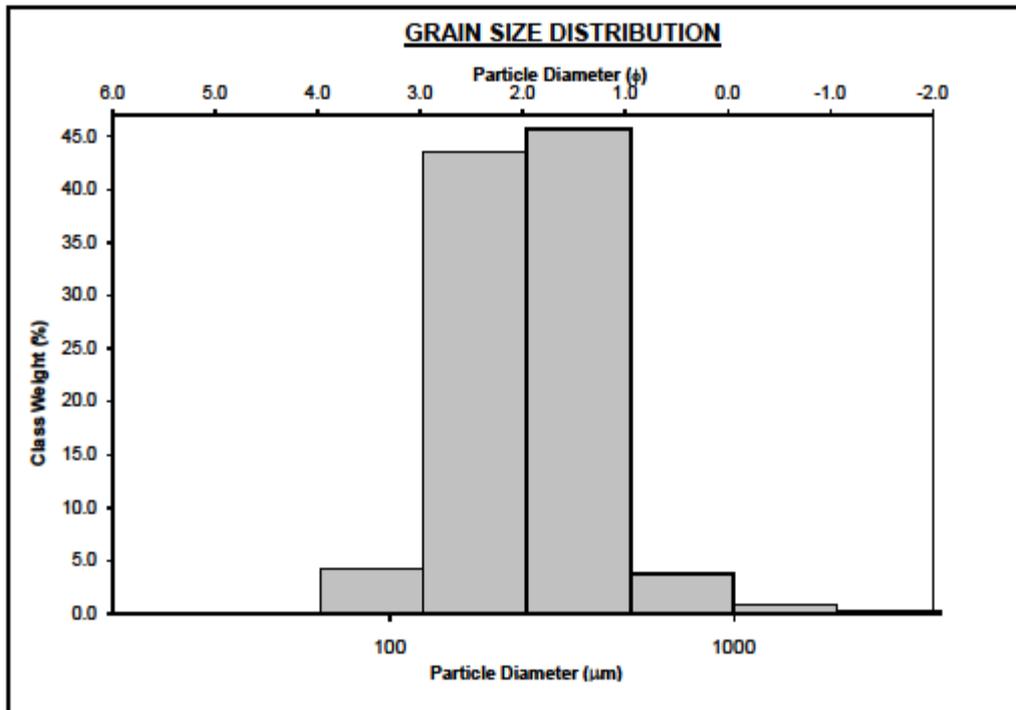
		<b>SAMPLE STATISTICS</b>				
SIEVING ERROR: 0.6%						
SAMPLE IDENTITY: <b>M-7</b>		ANALYST & DATE: Trista, 10/4/2021				
SAMPLE TYPE: Unimodal, Moderately Well Sorted		TEXTURAL GROUP: Sand				
SEDIMENT NAME: Moderately Well Sorted Medium Sand						
	$\mu\text{m}$	$\phi$	<b>GRAIN SIZE DISTRIBUTION</b>			
MODE 1:	375.0	1.500	GRAVEL: 0.0%	COARSE SAND: 1.4%		
MODE 2:			SAND: 100.0%	MEDIUM SAND: 62.9%		
MODE 3:			MUD: 0.0%	FINE SAND: 35.0%		
D <sub>10</sub> :	151.2	1.132	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V FINE SAND: 0.4%		
MEDIAN or D <sub>50</sub> :	293.6	1.788	COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 0.0%		
D <sub>90</sub> :	456.3	2.726	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D <sub>90</sub> / D <sub>10</sub> ):	3.019	2.408	FINE GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
(D <sub>90</sub> - D <sub>10</sub> ):	305.2	1.594	V FINE GRAVEL: 0.0%	FINE SILT: 0.0%		
(D <sub>75</sub> / D <sub>25</sub> ):	1.901	1.876	V COARSE SAND: 0.3%	V FINE SILT: 0.0%		
(D <sub>75</sub> - D <sub>25</sub> ):	183.4	0.927		CLAY: 0.0%		
	<b>METHOD OF MOMENTS</b>		<b>FOLK &amp; WARD METHOD</b>			
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\phi$	$\mu\text{m}$	$\phi$	
MEAN ( $\bar{x}$ ):	316.9	279.7	1.838	277.4	1.850	Medium Sand
SORTING ( $\sigma$ ):	122.7	1.441	0.527	1.523	0.807	Moderately Well Sorted
SKEWNESS ( $S_k$ ):	2.958	-0.159	0.159	-0.199	0.199	Fine Skewed
KURTOSIS ( $K$ ):	28.80	3.119	3.119	0.803	0.803	Platykurtic



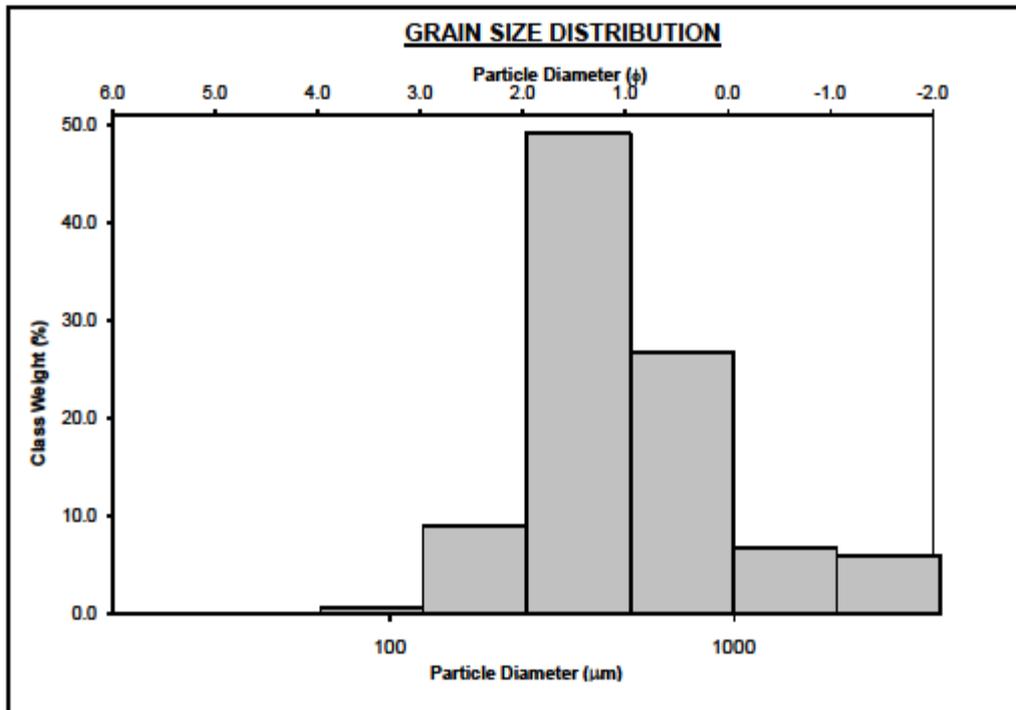
		<b>SAMPLE STATISTICS</b>				
SIEVING ERROR: 0.2%						
SAMPLE IDENTITY: <b>M-8</b>		ANALYST & DATE: Trista, 10/4/2021				
SAMPLE TYPE: Unimodal, Moderately Well Sorted		TEXTURAL GROUP: Sand				
SEDIMENT NAME: Moderately Well Sorted Fine Sand						
	$\mu\text{m}$	$\phi$	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	187.5	2.500	GRAVEL: 0.0%	COARSE SAND: 0.5%		
MODE 2:			SAND: 100.0%	MEDIUM SAND: 30.7%		
MODE 3:			MUD: 0.0%	FINE SAND: 68.7%		
D <sub>10</sub> :	135.7	1.310	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V FINE SAND: 2.1%		
MEDIAN or D <sub>50</sub> :	205.6	2.282	COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 0.0%		
D <sub>90</sub> :	403.4	2.882	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D <sub>90</sub> / D <sub>10</sub> ):	2.973	2.200	FINE GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
(D <sub>90</sub> - D <sub>10</sub> ):	267.7	1.572	V FINE GRAVEL: 0.0%	FINE SILT: 0.0%		
(D <sub>75</sub> / D <sub>25</sub> ):	1.812	1.477	V COARSE SAND: 0.0%	V FINE SILT: 0.0%		
(D <sub>75</sub> - D <sub>25</sub> ):	128.8	0.858		CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS		FOLK & WARD METHOD			
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\phi$	$\mu\text{m}$	$\phi$	
MEAN ( $\bar{x}$ ):	245.8	217.0	2.204	218.7	2.193	Fine Sand
SORTING ( $\sigma$ ):	95.63	1.424	0.510	1.511	0.596	Moderately Well Sorted
SKEWNESS ( $S_k$ ):	1.254	0.524	-0.524	0.231	-0.231	Coarse Skewed
KURTOSIS ( $K$ ):	5.117	2.678	2.678	0.865	0.865	Platykurtic



		<b>SAMPLE STATISTICS</b>				
SIEVING ERROR: 1.0%						
SAMPLE IDENTITY: <b>M-9</b>		ANALYST & DATE: Trista, 10/4/2021				
SAMPLE TYPE: Unimodal, Moderately Sorted		TEXTURAL GROUP: Slightly Gravelly Sand				
SEDIMENT NAME: Slightly Very Fine Gravelly Medium Sand						
	$\mu\text{m}$	$\phi$	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	375.0	1.500	GRAVEL: 1.1%	COARSE SAND: 3.8%		
MODE 2:			SAND: 98.9%	MEDIUM SAND: 46.1%		
MODE 3:			MUD: 0.0%	FINE SAND: 43.8%		
D <sub>10</sub> :	136.9	1.090	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V FINE SAND: 4.2%		
MEDIAN or D <sub>50</sub> :	257.3	1.958	COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 0.0%		
D <sub>90</sub> :	469.8	2.869	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D <sub>90</sub> / D <sub>10</sub> ):	3.431	2.632	FINE GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
(D <sub>90</sub> - D <sub>10</sub> ):	332.9	1.779	V FINE GRAVEL: 1.1%	FINE SILT: 0.0%		
(D <sub>75</sub> / D <sub>25</sub> ):	2.160	1.785	V COARSE SAND: 0.9%	V FINE SILT: 0.0%		
(D <sub>75</sub> - D <sub>25</sub> ):	201.3	1.111		CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS		FOLK & WARD METHOD			
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\phi$	$\mu\text{m}$	$\phi$	
MEAN ( $\bar{x}$ ):	307.4	243.6	1.947	255.2	1.970	Medium Sand
SORTING ( $\sigma$ ):	215.2	2.043	0.722	1.638	0.712	Moderately Sorted
SKEWNESS ( $S_k$ ):	5.712	-3.885	-0.555	0.024	-0.024	Symmetrical
KURTOSIS ( $K$ ):	58.94	32.82	4.468	0.814	0.814	Platykurtic



<b>SAMPLE STATISTICS</b>						
SIEVING ERROR: 0.0%			ANALYST & DATE: Trista, 10/4/2021			
SAMPLE IDENTITY: <b>M-10</b>			TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand			
SAMPLE TYPE: Unimodal, Poorly Sorted			SEDIMENT NAME: Very Fine Gravelly Medium Sand			
			GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	375.0	1.500	GRAVEL: 9.3%		COARSE SAND: 28.2%	
MODE 2:			SAND: 90.7%		MEDIUM SAND: 48.2%	
MODE 3:			MUD: 0.0%		FINE SAND: 8.9%	
D <sub>10</sub> :	251.4	-0.896	V COARSE GRAVEL: 0.0%		V FINE SAND: 0.7%	
MEDIAN or D <sub>50</sub> :	446.9	1.162	COARSE GRAVEL: 0.0%		V COARSE SILT: 0.0%	
D <sub>90</sub> :	1860.3	1.992	MEDIUM GRAVEL: 0.0%		COARSE SILT: 0.0%	
(D <sub>90</sub> / D <sub>10</sub> ):	7.398	-2.224	FINE GRAVEL: 0.0%		MEDIUM SILT: 0.0%	
(D <sub>90</sub> - D <sub>10</sub> ):	1608.8	2.887	V FINE GRAVEL: 9.3%		FINE SILT: 0.0%	
(D <sub>75</sub> / D <sub>25</sub> ):	2.526	4.892	V COARSE SAND: 6.7%		V FINE SILT: 0.0%	
(D <sub>75</sub> - D <sub>25</sub> ):	476.1	1.337			CLAY: 0.0%	
			METHOD OF MOMENTS		FOLK & WARD METHOD	
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	φ	μm	φ	
MEAN ( $\bar{x}$ ):	672.1	401.1	0.979	496.7	1.010	Medium Sand
SORTING ( $\sigma$ ):	669.6	3.713	0.991	2.159	1.110	Poorly Sorted
SKEWNESS ( $S_k$ ):	2.491	-3.002	-0.701	0.303	-0.303	Very Coarse Skewed
KURTOSIS ( $K$ ):	8.856	15.21	3.505	1.301	1.301	Leptokurtic



## Resultado de los análisis realizados para la selección de la zona de préstamo

### Zona 1

Muestra	Rango de Tamices								M		Desv. Estand (Ø)	Clasificación Wentworth
	>4	4-2	2-1	1-0.5	0.5-0.25	0.25-0.125	0.125-0.062	< 0.062	(mm)	(Ø)		
M1	0.0	0.1	0.0	0.5	4.8	29.9	49.9	14.1	0.107	3.221	0.793	Arena muy fina
M2	No se realizó análisis. (Restos de conchas y cascajos)											

### Zona 2

Muestra	Rango de Tamices								M		Desv. Estand (Ø)	Clasificación Wentworth
	>4	4-2	2-1	1-0.5	0.5-0.25	0.25-0.125	0.125-0.062	< 0.062	(mm)	(Ø)		
M3	0.0	0.0	0.6	0.9	3.5	20.8	54.7	19.2	0.124	3.359	0.836	Arena muy fina
M4	0.0	0.0	1.5	7.0	4.3	50.7	30.5	6.0	0.154	2.695	0.981	Arena fina
M5	0.0	1.0	0.5	2.5	3.9	37.6	42.5	11.6	0.124	3.013	0.985	Arena muy fina
<b>M. Tipo</b>	<b>0.0</b>	<b>0.33</b>	<b>0.87</b>	<b>3.47</b>	<b>3.9</b>	<b>36.37</b>	<b>42.57</b>	<b>12.27</b>	<b>0.123</b>	<b>3.022</b>	<b>0.975</b>	<b>Arena muy fina</b>

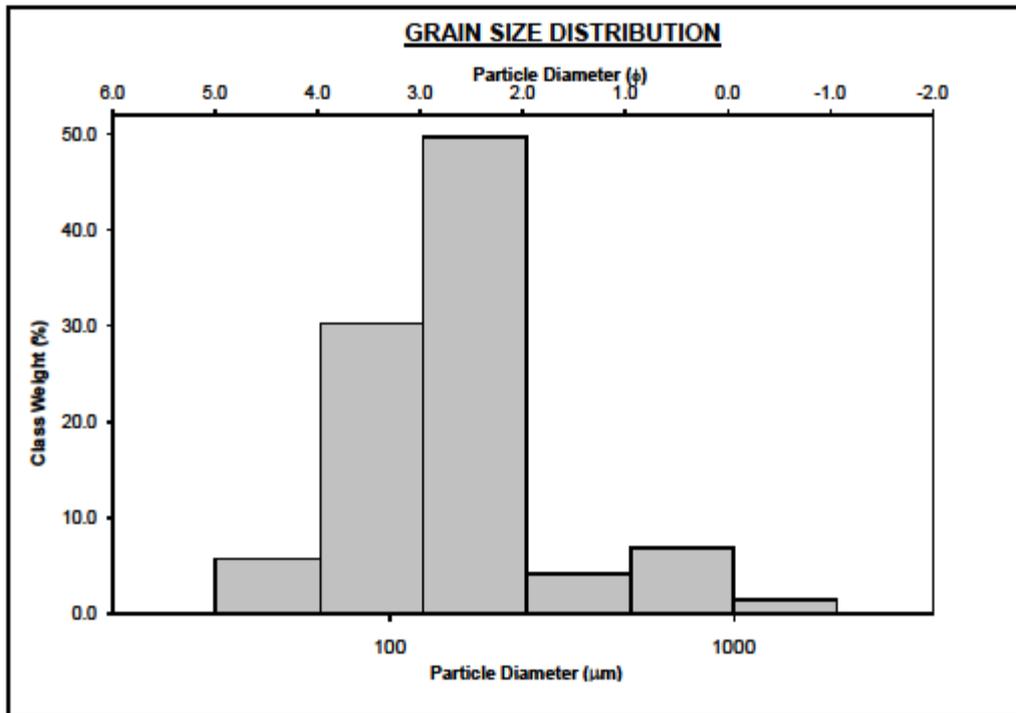
### Zona 3

Muestra	Rango de Tamices								M		Desv. Estand (Ø)	Clasificación Wentworth
	>4	4-2	2-1	1-0.5	0.5-0.25	0.25-0.125	0.125-0.062	< 0.062	(mm)	(Ø)		
M6	0.0	0.9	5.3	41.3	47.8	2.9	1.4	0.0	0.497	1.009	0.743	Arena Media
M7	0.0	1.7	1.2	1.5	51.4	41.3	2.5	0.0	0.273	1.874	0.769	Arena Media
M8	0.4	0.9	0.6	3.6	5.3	55.4	29.4	4.2	0.151	2.688	0.919	Arena Fina
M9	0.0	0.0	0.6	3.7	5.9	30.4	51.5	7.5	0.124	3.013	0.901	Arena muy fina
M10	0.0	0.6	1.3	5.5	4.9	37.7	41.8	7.7	0.139	2.849	1.043	Arena Fina
<b>M. Tipo</b>	<b>0.08</b>	<b>0.82</b>	<b>1.8</b>	<b>11.1</b>	<b>23.1</b>	<b>33.54</b>	<b>25.32</b>	<b>3.88</b>	<b>0.204</b>	<b>2.287</b>	<b>1.157</b>	<b>Arena Fina</b>

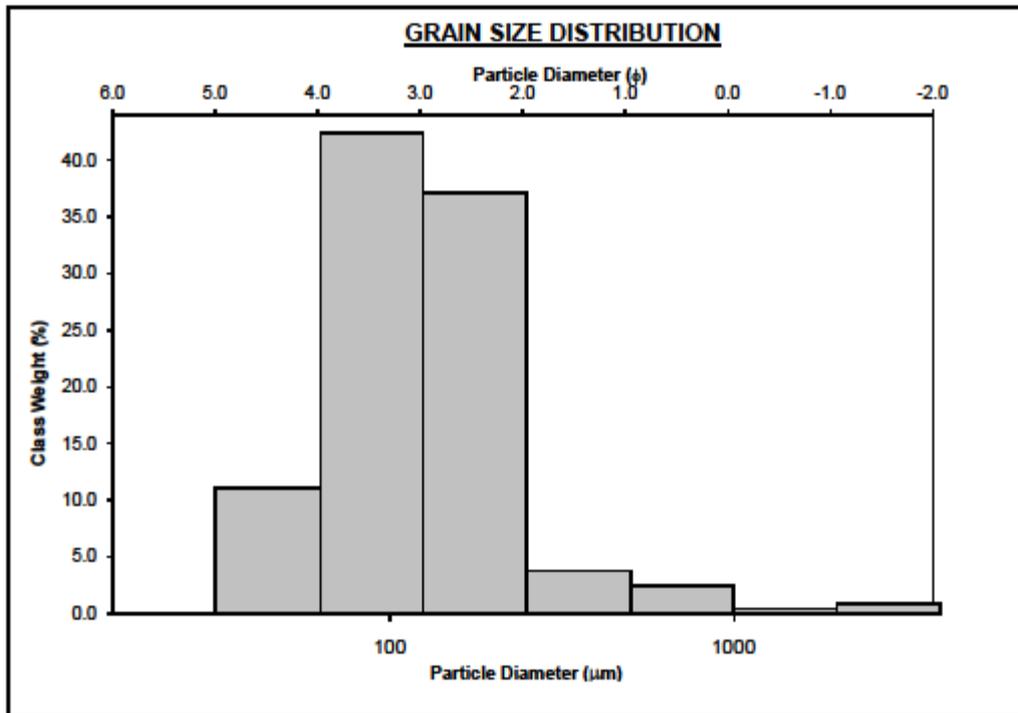
### Desembocadura del Río Cuango

Muestra	Rango de Tamices								M		Desv. Estand (Ø)	Clasificación Wentworth
	>4	4-2	2-1	1-0.5	0.5-0.25	0.25-0.125	0.125-0.062	< 0.062	(mm)	(Ø)		
DC 1	0.0	1.3	4.8	18.4	47.3	25.5	2.5	0.0	0.36	1.486	0.921	Arena Media
DC 2	1.2	8.5	38.6	26.6	17.1	7.1	0.7	0.0	0.76	0.272	1.094	Arena Gruesa
DC 3	1.3	9.6	42.2	24.1	16.2	6.0	0.5	0.0	0.80	0.176	1.074	Arena Gruesa
DC 4	12.5	16.0	39.0	21.0	9.1	1.9	0.3	0.0	1.46	-0.13	0.924	Arena Muy Gruesa
DC 5	0.0	1.5	4.5	19.2	46.0	25.8	2.8	0.0	0.36	1.487	0.937	Arena Media
DC 6	0.0	3.4	7.8	30.8	45.8	10.9	1.1	0.0	0.48	1.064	0.944	Arena Media
<b>M. Tipo</b>	<b>2.5</b>	<b>6.7</b>	<b>22.7</b>	<b>23.3</b>	<b>30.2</b>	<b>12.8</b>	<b>1.3</b>	<b>0.0</b>	<b>0.51</b>	<b>0.725</b>	<b>1.178</b>	<b>Arena Gruesa</b>

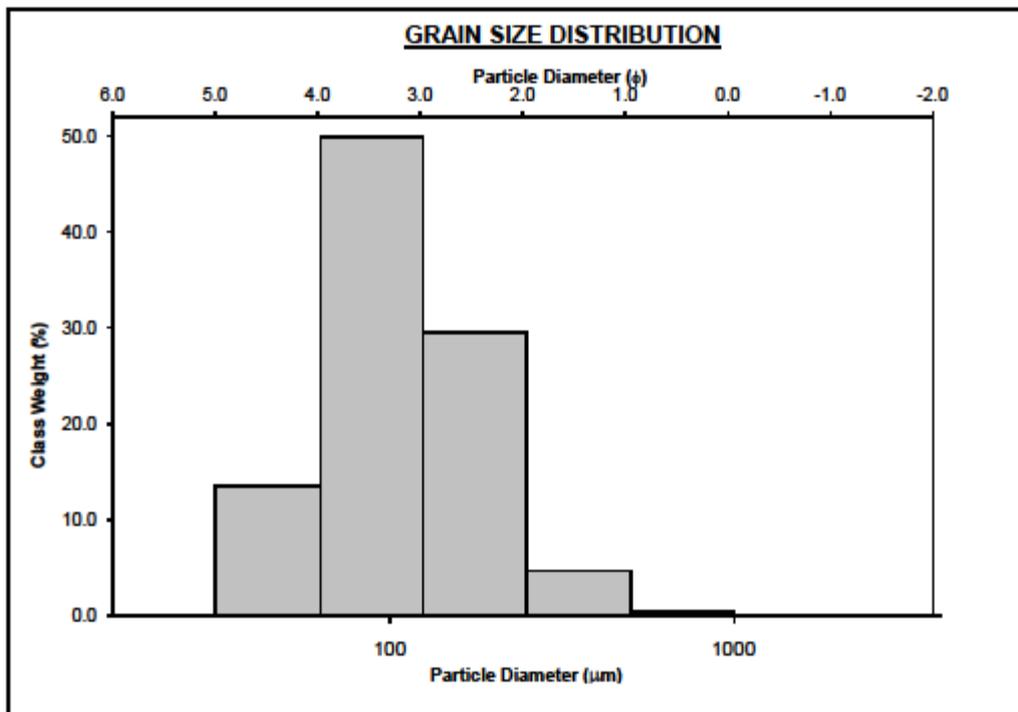
		<b>SAMPLE STATISTICS</b>				
SIEVING ERROR: 0.0%				ANALYST & DATE: Trista, 10/4/2021		
SAMPLE IDENTITY: <b>VF-4B</b>				TEXTURAL GROUP: Sand		
SAMPLE TYPE: Unimodal, Moderately Sorted						
SEDIMENT NAME: Moderately Sorted Fine Sand						
				GRAIN SIZE DISTRIBUTION		
MODE 1:	$\mu\text{m}$	$\phi$	GRAVEL: 0.0%		COARSE SAND: 7.0%	
MODE 2:			SAND: 94.1%		MEDIUM SAND: 4.3%	
MODE 3:			MUD: 5.9%		FINE SAND: 50.7%	
D <sub>10</sub> :	68.92	1.349	V COARSE GRAVEL: 0.0%		V FINE SAND: 30.6%	
MEDIAN or D <sub>50</sub> :	150.3	2.734	COARSE GRAVEL: 0.0%		V COARSE SILT: 5.9%	
D <sub>90</sub> :	392.6	3.859	MEDIUM GRAVEL: 0.0%		COARSE SILT: 0.1%	
(D <sub>90</sub> / D <sub>10</sub> ):	5.696	2.861	FINE GRAVEL: 0.0%		MEDIUM SILT: 0.0%	
(D <sub>90</sub> - D <sub>10</sub> ):	323.7	2.510	V FINE GRAVEL: 0.0%		FINE SILT: 0.0%	
(D <sub>75</sub> / D <sub>25</sub> ):	2.192	1.505	V COARSE SAND: 1.5%		V FINE SILT: 0.0%	
(D <sub>75</sub> - D <sub>25</sub> ):	115.1	1.132			CLAY: 0.0%	
		METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD	
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\phi$	$\mu\text{m}$	$\phi$	
MEAN ( $\bar{x}$ ):	217.7	154.4	2.695	141.6	2.820	Fine Sand
SORTING ( $\sigma$ ):	229.0	1.973	0.981	1.938	0.955	Moderately Sorted
SKEWNESS ( $S_k$ ):	3.453	0.847	-0.847	0.029	-0.029	Symmetrical
KURTOSIS ( $K$ ):	16.85	4.369	4.369	1.325	1.325	Leptokurtic



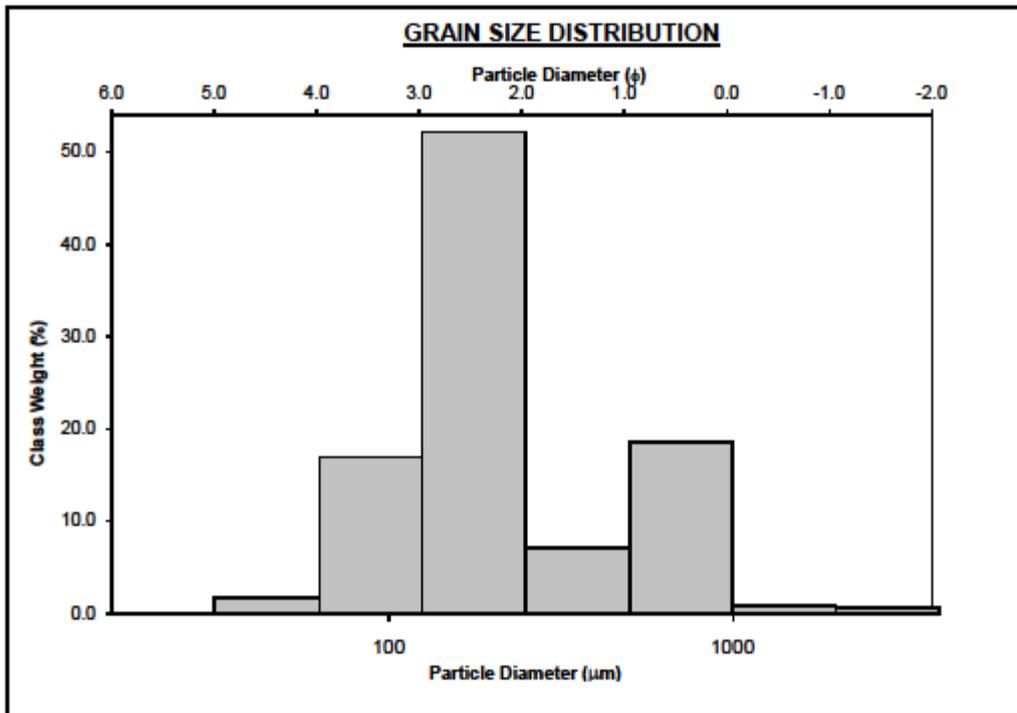
		<b>SAMPLE STATISTICS</b>				
SIEVING ERROR: 0.4%				ANALYST & DATE: Trista, 10/4/2021		
SAMPLE IDENTITY: VF-4C				TEXTURAL GROUP: Slightly Gravelly Muddy Sand		
SAMPLE TYPE: Unimodal, Moderately Sorted				SEDIMENT NAME: Slightly Very Fine Gravelly Very Coarse Silty Very Fine Sand		
				GRAIN SIZE DISTRIBUTION		
MODE 1:	$\mu\text{m}$	$\phi$	GRAVEL: 1.0%			
MODE 2:	94.00	3.494	SAND: 87.5%			
MODE 3:			MUD: 11.5%			
D <sub>10</sub> :	56.99	2.055	COARSE SAND: 2.5%			
MEDIAN or D <sub>50</sub> :	116.6	3.100	MEDIUM SAND: 3.9%			
D <sub>90</sub> :	240.7	4.133	FINE SAND: 37.8%			
(D <sub>90</sub> / D <sub>10</sub> ):	4.223	2.011	V FINE SAND: 42.8%			
(D <sub>90</sub> - D <sub>10</sub> ):	183.7	2.078	V COARSE SILT: 11.4%			
(D <sub>75</sub> / D <sub>25</sub> ):	2.341	1.500	COARSE SILT: 0.1%			
(D <sub>75</sub> - D <sub>25</sub> ):	104.7	1.227	MEDIUM SILT: 0.0%			
			FINE SILT: 0.0%			
			V FINE SILT: 0.0%			
			V COARSE SAND: 0.5%			
			CLAY: 0.0%			
		METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD	
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\phi$	$\mu\text{m}$	$\phi$	
MEAN ( $\bar{x}$ ):	187.5	123.9	3.013	119.3	3.067	Very Fine Sand
SORTING ( $\sigma$ ):	321.6	1.979	0.985	1.894	0.922	Moderately Sorted
SKEWNESS ( $S_k$ ):	7.179	1.354	-1.354	0.088	-0.088	Symmetrical
KURTOSIS ( $K$ ):	60.38	7.172	7.172	1.109	1.109	Mesokurtic



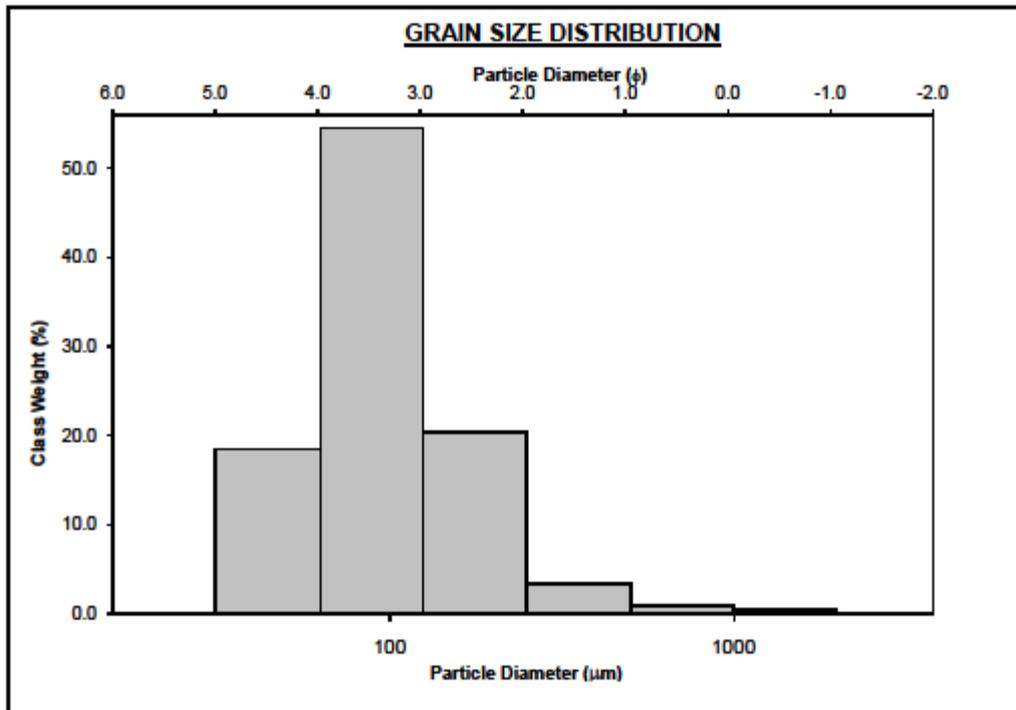
		<b>SAMPLE STATISTICS</b>				
SIEVING ERROR: 0.7%						
SAMPLE IDENTITY: VF-1		ANALYST & DATE: Trista, 10/4/2021				
SAMPLE TYPE: Unimodal, Moderately Sorted		TEXTURAL GROUP: Slightly Gravelly Muddy Sand				
SEDIMENT NAME: Slightly Very Fine Gravelly Very Coarse Silty Very Fine Sand						
				GRAIN SIZE DISTRIBUTION		
MODE 1:	$\mu\text{m}$	$\phi$	GRAVEL: 0.1%	COARSE SAND: 0.5%		
MODE 2:			SAND: 85.9%	MEDIUM SAND: 4.8%		
MODE 3:			MUD: 14.0%	FINE SAND: 30.1%		
D <sub>10</sub> :	51.08	2.152	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V FINE SAND: 50.4%		
MEDIAN or D <sub>50</sub> :	102.6	3.284	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 13.9%		
D <sub>90</sub> :	225.1	4.291	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
(D <sub>90</sub> / D <sub>10</sub> ):	4.406	1.994	FINE GRAVEL: 0.0%	FINE SILT: 0.0%		
(D <sub>90</sub> - D <sub>10</sub> ):	174.0	2.140	V FINE GRAVEL: 0.1%	V FINE SILT: 0.0%		
(D <sub>75</sub> / D <sub>25</sub> ):	2.183	1.425	V COARSE SAND: 0.0%	CLAY: 0.0%		
(D <sub>75</sub> - D <sub>25</sub> ):	86.36	1.126				
		METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD	
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\phi$	$\mu\text{m}$	$\phi$	
MEAN ( $\bar{x}$ ):	135.3	107.2	3.221	109.1	3.196	Very Fine Sand
SORTING ( $\sigma$ ):	125.4	1.733	0.793	1.761	0.816	Moderately Sorted
SKEWNESS ( $S_k$ ):	12.89	0.520	-0.520	0.084	-0.084	Symmetrical
KURTOSIS ( $K$ ):	277.7	4.204	4.204	0.998	0.998	Mesokurtic



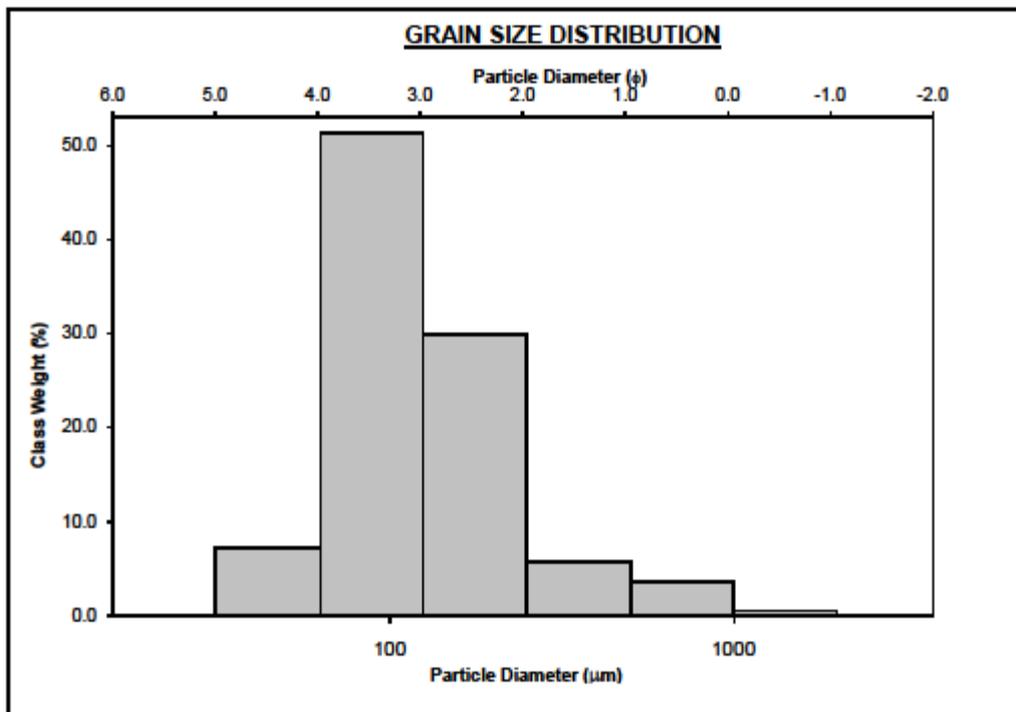
		<b>SAMPLE STATISTICS</b>				
SIEVING ERROR: 0.5%				ANALYST & DATE: Trista, 10/4/2021		
SAMPLE IDENTITY: VF-4				TEXTURAL GROUP: Slightly Gravelly Sand		
SAMPLE TYPE: Bimodal, Poorly Sorted				SEDIMENT NAME: Slightly Very Fine Gravelly Fine Sand		
SEDIMENT NAME: Slightly Very Fine Gravelly Fine Sand						
	$\mu\text{m}$	$\phi$	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	187.5	2.500	GRAVEL: 0.7%	COARSE SAND: 18.9%		
MODE 2:	750.0	0.500	SAND: 97.4%	MEDIUM SAND: 7.3%		
MODE 3:			MUD: 1.9%	FINE SAND: 53.1%		
D <sub>10</sub> :	87.15	0.439		V FINE SAND: 17.1%		
MEDIAN or D <sub>50</sub> :	187.4	2.416	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 1.9%		
D <sub>90</sub> :	737.7	3.520	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D <sub>90</sub> / D <sub>10</sub> ):	8.465	8.022	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
(D <sub>90</sub> - D <sub>10</sub> ):	650.6	3.082	FINE GRAVEL: 0.0%	FINE SILT: 0.0%		
(D <sub>75</sub> / D <sub>25</sub> ):	2.441	1.805	V FINE GRAVEL: 0.7%	V FINE SILT: 0.0%		
(D <sub>75</sub> - D <sub>25</sub> ):	194.8	1.288	V COARSE SAND: 1.0%	CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS		FOLK & WARD METHOD			
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\phi$	$\mu\text{m}$	$\phi$	
MEAN ( $\bar{x}$ ):	321.9	217.9	2.199	230.8	2.115	Fine Sand
SORTING ( $\sigma$ ):	345.2	2.128	1.089	2.227	1.155	Poorly Sorted
SKEWNESS ( $S_k$ ):	3.956	0.685	-0.685	0.303	-0.303	Very Coarse Skewed
KURTOSIS ( $K$ ):	27.36	3.169	3.169	1.157	1.157	Leptokurtic



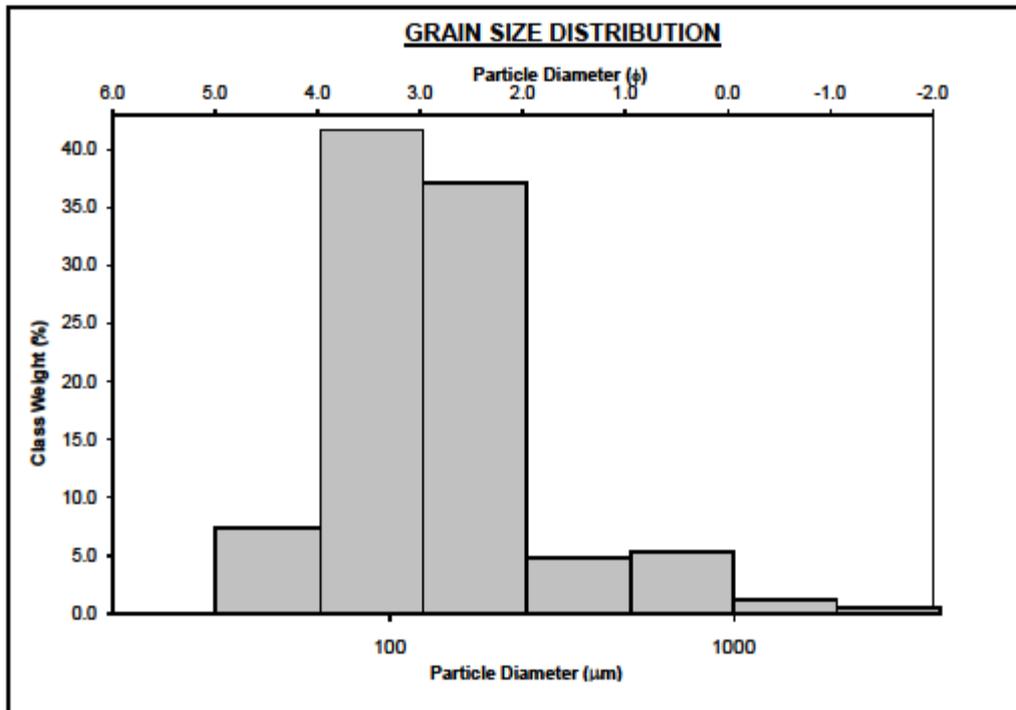
		<b>SAMPLE STATISTICS</b>					
SIEVING ERROR: 0.3%				ANALYST & DATE: Trista, 10/4/2021			
SAMPLE IDENTITY: <b>VF-4A</b>				TEXTURAL GROUP: Muddy Sand			
SAMPLE TYPE: Unimodal, Moderately Sorted				SEDIMENT NAME: Very Coarse Silty Very Fine Sand			
SEDIMENT NAME: Very Coarse Silty Very Fine Sand							
				GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
				GRAVEL: 0.0%	COARSE SAND: 0.9%		
				SAND: 81.0%	MEDIUM SAND: 3.5%		
				MUD: 19.0%	FINE SAND: 20.9%		
					V FINE SAND: 55.1%		
				V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 18.8%		
				COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.2%		
				MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
				FINE GRAVEL: 0.0%	FINE SILT: 0.0%		
				V FINE GRAVEL: 0.0%	V FINE SILT: 0.0%		
				V COARSE SAND: 0.8%	CLAY: 0.0%		
		METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
		Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	
		$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\phi$	$\mu\text{m}$	$\phi$	
						Description	
MEAN ( $\bar{x}$ ):		128.7	97.43	3.359	96.44	3.374	Very Fine Sand
SORTING ( $\sigma$ ):		140.0	1.785	0.836	1.772	0.825	Moderately Sorted
SKEWNESS ( $S_k$ ):		6.605	1.074	-1.074	0.079	-0.079	Symmetrical
KURTOSIS ( $K$ ):		59.27	5.720	5.720	1.216	1.216	Leptokurtic



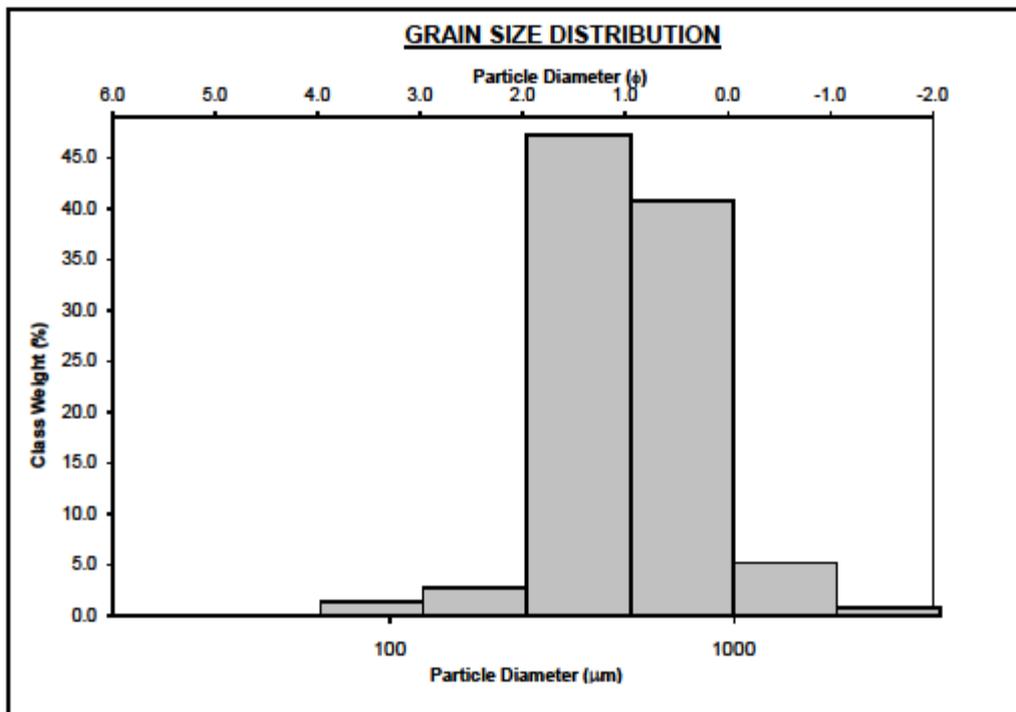
		<b>SAMPLE STATISTICS</b>					
SIEVING ERROR: 0.4%				ANALYST & DATE: Trista, 10/4/2021			
SAMPLE IDENTITY: <b>MIR-5</b>				TEXTURAL GROUP: Sand			
SAMPLE TYPE: Unimodal, Moderately Sorted				SEDIMENT NAME: Moderately Sorted Very Fine Sand			
SEDIMENT NAME: Moderately Sorted Very Fine Sand							
				GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
				GRAVEL: 0.0%	COARSE SAND: 3.7%		
				SAND: 92.6%	MEDIUM SAND: 5.9%		
				MUD: 7.4%	FINE SAND: 30.5%		
					V FINE SAND: 51.8%		
				V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 7.4%		
				COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.1%		
				MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
				FINE GRAVEL: 0.0%	FINE SILT: 0.0%		
				V FINE GRAVEL: 0.0%	V FINE SILT: 0.0%		
				V COARSE SAND: 0.8%	CLAY: 0.0%		
		METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
		Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	
		$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\phi$	$\mu\text{m}$	$\phi$	
						Description	
MEAN ( $\bar{x}$ ):		168.5	123.9	3.013	119.6	3.064	Very Fine Sand
SORTING ( $\sigma$ ):		172.8	1.867	0.901	1.862	0.897	Moderately Sorted
SKEWNESS ( $S_k$ ):		4.206	1.084	-1.084	0.244	-0.244	Coarse Skewed
KURTOSIS ( $K$ ):		26.16	4.752	4.752	1.126	1.126	Leptokurtic



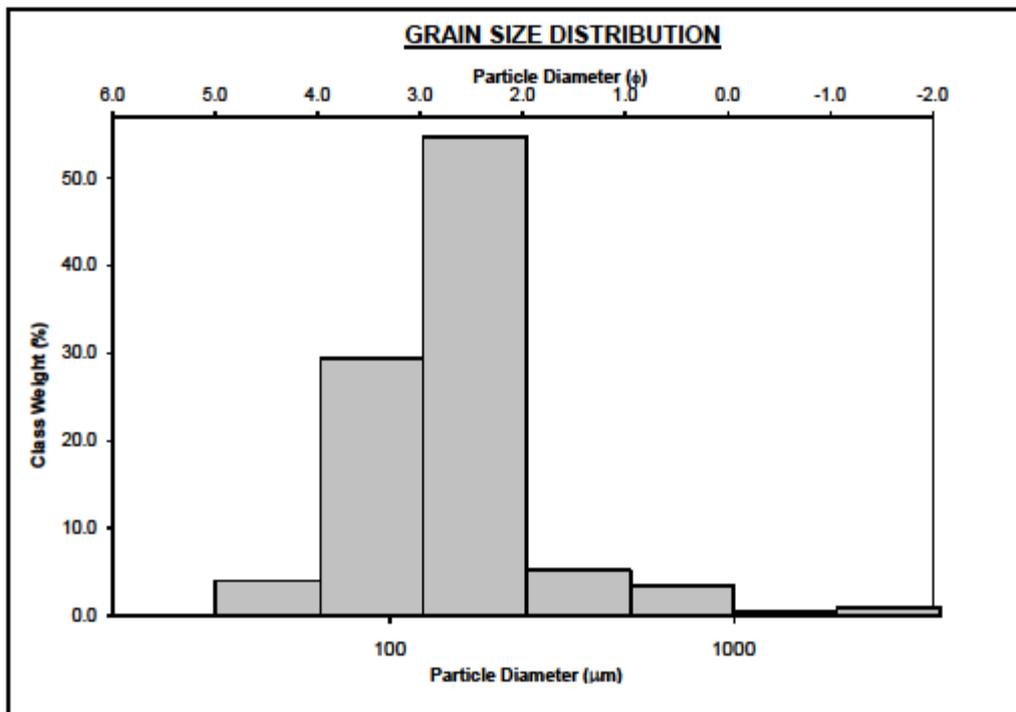
		<b>SAMPLE STATISTICS</b>				
SIEVING ERROR: 0.5%						
SAMPLE IDENTITY: <b>MIR-6</b>		ANALYST & DATE: Trista, 10/4/2021				
SAMPLE TYPE: Unimodal, Moderately Sorted		TEXTURAL GROUP: Slightly Gravelly Sand				
SEDIMENT NAME: Slightly Very Fine Gravelly Very Fine Sand						
	$\mu\text{m}$	$\phi$	<b>GRAIN SIZE DISTRIBUTION</b>			
MODE 1:	94.00	3.494	GRAVEL: 0.6%	COARSE SAND: 5.5%		
MODE 2:			SAND: 91.7%	MEDIUM SAND: 4.9%		
MODE 3:			MUD: 7.7%	FINE SAND: 37.9%		
D <sub>10</sub> :	65.37	1.520	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V FINE SAND: 42.1%		
MEDIAN or D <sub>50</sub> :	125.6	2.993	COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 7.6%		
D <sub>90</sub> :	348.6	3.935	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.1%		
(D <sub>90</sub> / D <sub>10</sub> ):	5.333	2.588	FINE GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
(D <sub>90</sub> - D <sub>10</sub> ):	283.2	2.415	V FINE GRAVEL: 0.6%	FINE SILT: 0.0%		
(D <sub>75</sub> / D <sub>25</sub> ):	2.376	1.535	V COARSE SAND: 1.3%	V FINE SILT: 0.0%		
(D <sub>75</sub> - D <sub>25</sub> ):	114.9	1.249		CLAY: 0.0%		
	<b>METHOD OF MOMENTS</b>		<b>FOLK &amp; WARD METHOD</b>			
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\phi$	$\mu\text{m}$	$\phi$	
MEAN ( $\bar{x}$ ):	211.8	138.8	2.849	128.4	2.961	Fine Sand
SORTING ( $\sigma$ ):	306.7	2.060	1.043	1.999	0.999	Moderately Sorted
SKEWNESS ( $S_k$ ):	5.771	1.217	-1.217	0.170	-0.170	Coarse Skewed
KURTOSIS ( $K$ ):	45.83	5.332	5.332	1.244	1.244	Leptokurtic



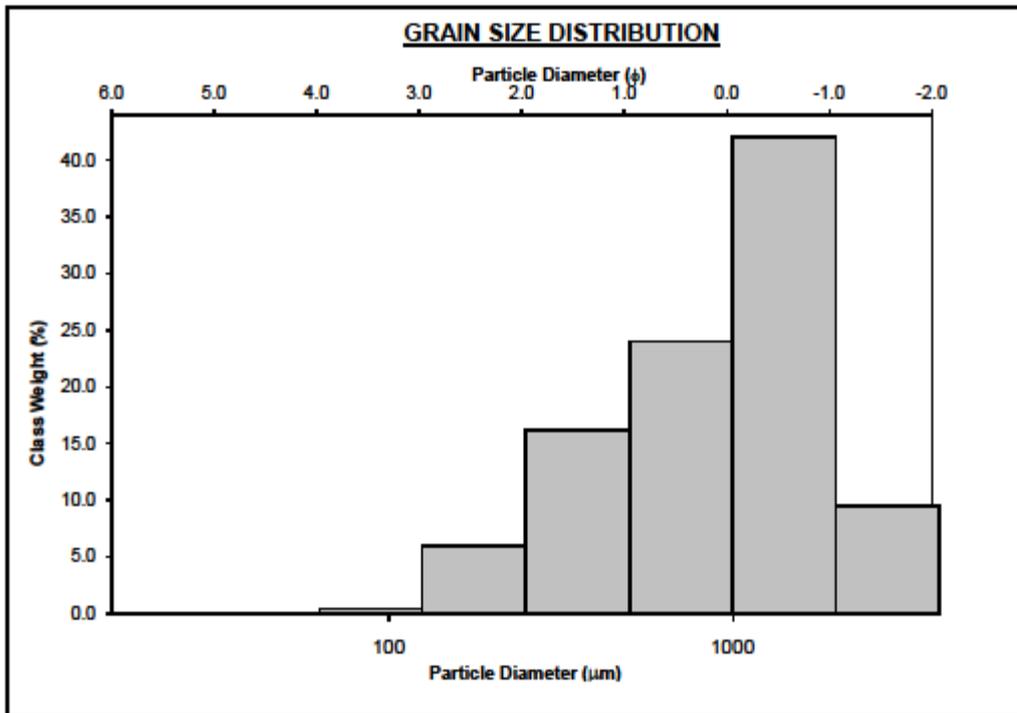
<b>SAMPLE STATISTICS</b>						
SIEVING ERROR: 0.4%						
SAMPLE IDENTITY: <b>MIR-1</b>			ANALYST & DATE: Trista, 10/4/2021			
SAMPLE TYPE: Unimodal, Moderately Sorted			TEXTURAL GROUP: Slightly Gravelly Sand			
SEDIMENT NAME: Slightly Very Fine Gravelly Medium Sand						
	$\mu\text{m}$	$\phi$	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	375.0	1.500	GRAVEL: 0.9%		COARSE SAND: 41.5%	
MODE 2:			SAND: 99.1%		MEDIUM SAND: 48.0%	
MODE 3:			MUD: 0.0%		FINE SAND: 2.9%	
D <sub>10</sub> :	271.4	0.091	V COARSE GRAVEL: 0.0%		V FINE SAND: 1.4%	
MEDIAN or D <sub>50</sub> :	483.6	1.048	COARSE GRAVEL: 0.0%		V COARSE SILT: 0.0%	
D <sub>90</sub> :	938.8	1.882	MEDIUM GRAVEL: 0.0%		COARSE SILT: 0.0%	
(D <sub>90</sub> / D <sub>10</sub> ):	3.459	20.87	FINE GRAVEL: 0.0%		MEDIUM SILT: 0.0%	
(D <sub>90</sub> - D <sub>10</sub> ):	667.5	1.791	V FINE GRAVEL: 0.9%		FINE SILT: 0.0%	
(D <sub>75</sub> / D <sub>25</sub> ):	2.168	3.485	V COARSE SAND: 5.3%		V FINE SILT: 0.0%	
(D <sub>75</sub> - D <sub>25</sub> ):	393.6	1.116			CLAY: 0.0%	
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\phi$	$\mu\text{m}$	$\phi$	
MEAN ( $\bar{x}$ ):	804.7	496.9	1.009	495.4	1.013	Medium Sand
SORTING ( $\sigma$ ):	370.6	1.674	0.743	1.643	0.716	Moderately Sorted
SKEWNESS ( $S_k$ ):	3.024	0.027	-0.027	0.111	-0.111	Coarse Skewed
KURTOSIS ( $K$ ):	17.77	4.484	4.484	0.814	0.814	Platykurtic



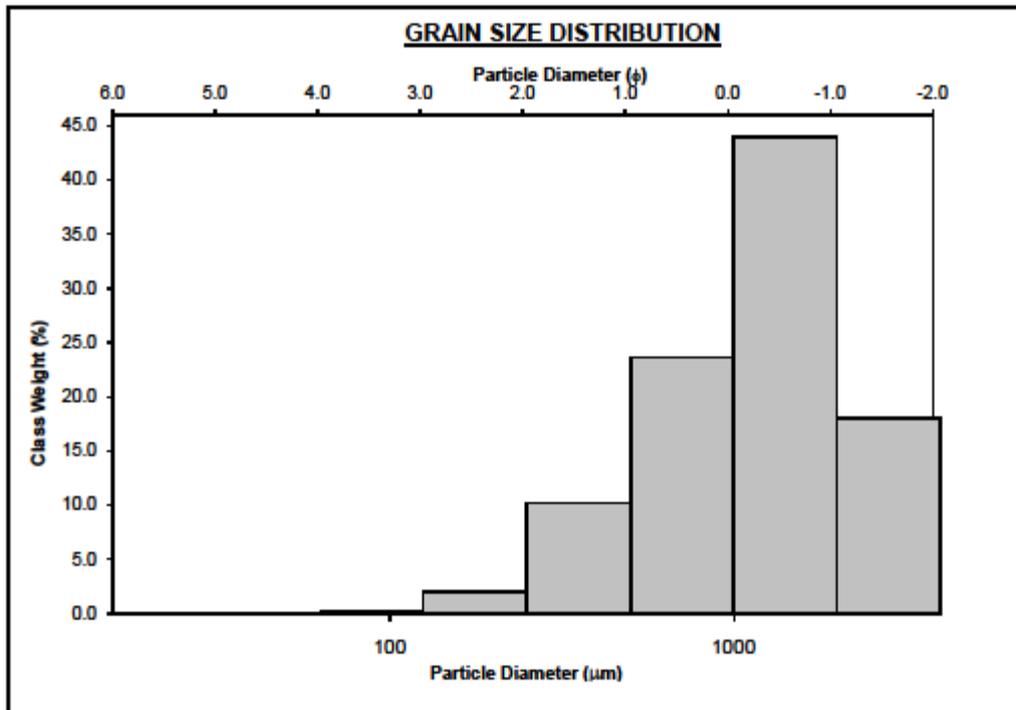
		<b>SAMPLE STATISTICS</b>				
SIEVING ERROR: 0.2%						
SAMPLE IDENTITY: <b>MIR-4</b>		ANALYST & DATE: Trista, 10/4/2021				
SAMPLE TYPE: Unimodal, Moderately Sorted		TEXTURAL GROUP: Slightly Gravelly Sand				
SEDIMENT NAME: Slightly Very Fine Gravelly Fine Sand						
	$\mu\text{m}$	$\phi$	<b>GRAIN SIZE DISTRIBUTION</b>			
MODE 1:	187.5	2.500	GRAVEL: 1.3%	COARSE SAND: 3.6%		
MODE 2:			SAND: 94.5%	MEDIUM SAND: 5.3%		
MODE 3:			MUD: 4.2%	FINE SAND: 55.5%		
D <sub>10</sub> :	72.08	1.845	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 4.1%		
MEDIAN or D <sub>50</sub> :	153.3	2.706	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
D <sub>90</sub> :	278.3	3.794	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
(D <sub>90</sub> / D <sub>10</sub> ):	3.881	2.056	FINE GRAVEL: 0.0%	FINE SILT: 0.0%		
(D <sub>90</sub> - D <sub>10</sub> ):	206.2	1.949	V FINE GRAVEL: 1.3%	V FINE SILT: 0.0%		
(D <sub>75</sub> / D <sub>25</sub> ):	2.050	1.459	V COARSE SAND: 0.6%	CLAY: 0.0%		
(D <sub>75</sub> - D <sub>25</sub> ):	107.3	1.035				
	<b>METHOD OF MOMENTS</b>		<b>FOLK &amp; WARD METHOD</b>			
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\phi$	$\mu\text{m}$	$\phi$	
MEAN ( $\bar{x}$ ):	216.8	151.0	2.688	143.9	2.797	Fine Sand
SORTING ( $\sigma$ ):	312.5	2.019	0.919	1.796	0.845	Moderately Sorted
SKEWNESS ( $S_k$ ):	6.946	-0.480	-1.287	0.004	-0.004	Symmetrical
KURTOSIS ( $K$ ):	58.77	15.23	7.160	1.228	1.228	Leptokurtic



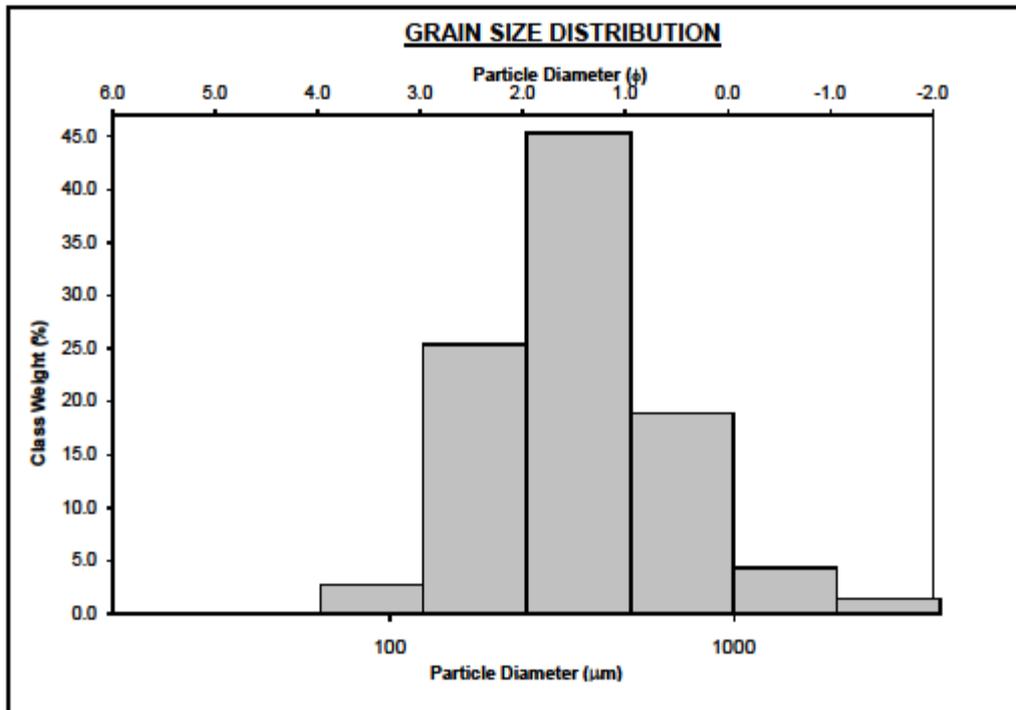
		<b>SAMPLE STATISTICS</b>				
SIEVING ERROR: 0.1%				ANALYST & DATE: Trista, 10/7/2021		
SAMPLE IDENTITY: DC3				TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand		
SAMPLE TYPE: Unimodal, Poorly Sorted				SEDIMENT NAME: Very Fine Gravelly Very Coarse Sand		
				GRAIN SIZE DISTRIBUTION		
MODE 1:	$\mu\text{m}$	$\phi$	GRAVEL: 10.9%			
MODE 2:			SAND: 89.1%			
MODE 3:			MUD: 0.0%			
D <sub>10</sub> :	290.3	-1.095	COARSE SAND: 24.1%			
MEDIAN or D <sub>50</sub> :	1053.1	-0.075	MEDIUM SAND: 16.2%			
D <sub>90</sub> :	2135.8	1.785	FINE SAND: 8.0%			
(D <sub>90</sub> / D <sub>10</sub> ):	7.358	-1.630	V FINE SAND: 0.5%			
(D <sub>90</sub> - D <sub>10</sub> ):	1845.6	2.879	V COARSE GRAVEL: 0.0%			
(D <sub>75</sub> / D <sub>25</sub> ):	2.973	-1.359	COARSE GRAVEL: 0.0%			
(D <sub>75</sub> - D <sub>25</sub> ):	1053.4	1.572	MEDIUM GRAVEL: 0.0%			
			FINE GRAVEL: 0.0%			
			V FINE GRAVEL: 10.9%			
			V COARSE SAND: 42.2%			
			CLAY: 0.0%			
		METHOD OF MOMENTS		FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\phi$	$\mu\text{m}$	$\phi$	
MEAN ( $\bar{x}$ ):	1175.4	809.0	0.176	899.1	0.153	Coarse Sand
SORTING ( $\sigma$ ):	771.0	2.915	1.074	2.233	1.159	Poorly Sorted
SKEWNESS ( $S_k$ ):	0.897	-3.268	0.596	-0.251	0.251	Fine Skewed
KURTOSIS ( $K$ ):	3.490	20.57	2.790	1.008	1.008	Mesokurtic



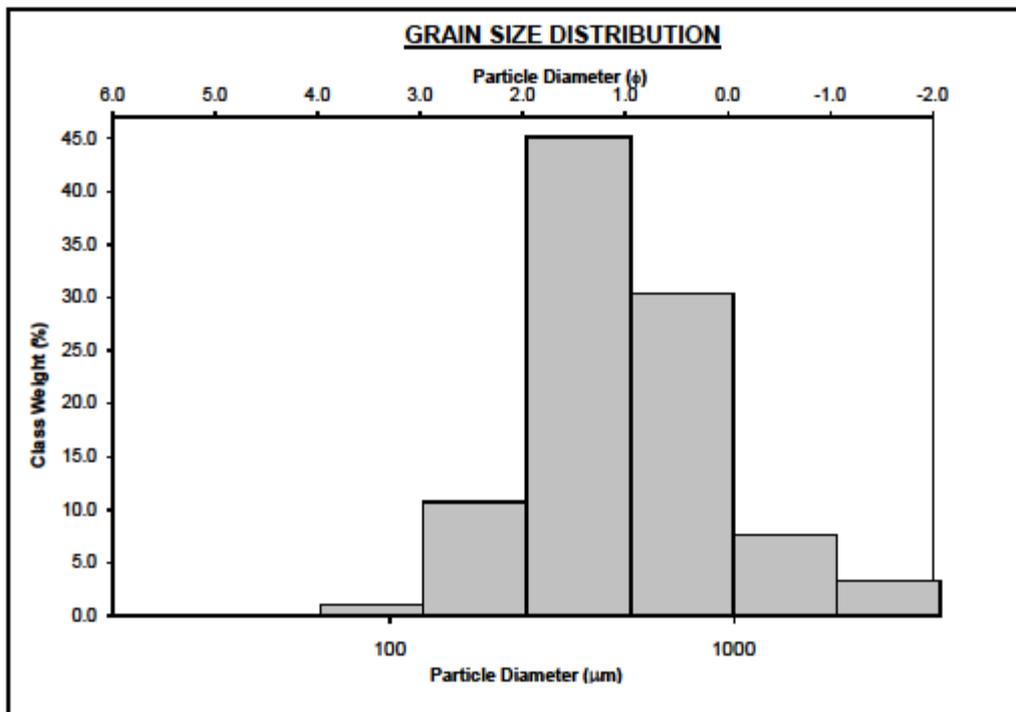
		<b>SAMPLE STATISTICS</b>				
SIEVING ERROR: 0.2%						
SAMPLE IDENTITY: DC4		ANALYST & DATE: Trista, 10/7/2021				
SAMPLE TYPE: Unimodal, Poorly Sorted		TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand				
SEDIMENT NAME: Very Fine Gravelly Very Coarse Sand						
	$\mu\text{m}$	$\phi$	<b>GRAIN SIZE DISTRIBUTION</b>			
MODE 1:	1500.0	-0.500	GRAVEL: 28.6%	COARSE SAND: 21.0%		
MODE 2:			SAND: 71.4%	MEDIUM SAND: 9.1%		
MODE 3:			MUD: 0.0%	FINE SAND: 1.9%		
D <sub>10</sub> :	452.2	-2.099		V FINE SAND: 0.3%		
MEDIAN or D <sub>50</sub> :	1387.3	-0.451	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 0.0%		
D <sub>90</sub> :	4285.5	1.145	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D <sub>90</sub> / D <sub>10</sub> ):	9.478	-0.545	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
(D <sub>90</sub> - D <sub>10</sub> ):	3833.4	3.245	FINE GRAVEL: 0.0%	FINE SILT: 0.0%		
(D <sub>75</sub> / D <sub>25</sub> ):	2.973	-0.286	V FINE GRAVEL: 28.6%	V FINE SILT: 0.0%		
(D <sub>75</sub> - D <sub>25</sub> ):	1547.9	1.572	V COARSE SAND: 39.1%	CLAY: 0.0%		
	<b>METHOD OF MOMENTS</b>		<b>FOLK &amp; WARD METHOD</b>			
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\phi$	$\mu\text{m}$	$\phi$	
MEAN ( $\bar{x}$ ):	1263.0	462.5	-0.136	1400.2	-0.486	Very Coarse Sand
SORTING ( $\sigma$ ):	926.8	11.12	0.924	2.025	1.018	Poorly Sorted
SKEWNESS ( $S_k$ ):	0.593	-1.966	0.660	-0.341	0.341	Very Fine Skewed
KURTOSIS ( $K$ ):	2.551	5.349	3.694	0.650	0.650	Very Platykurtic



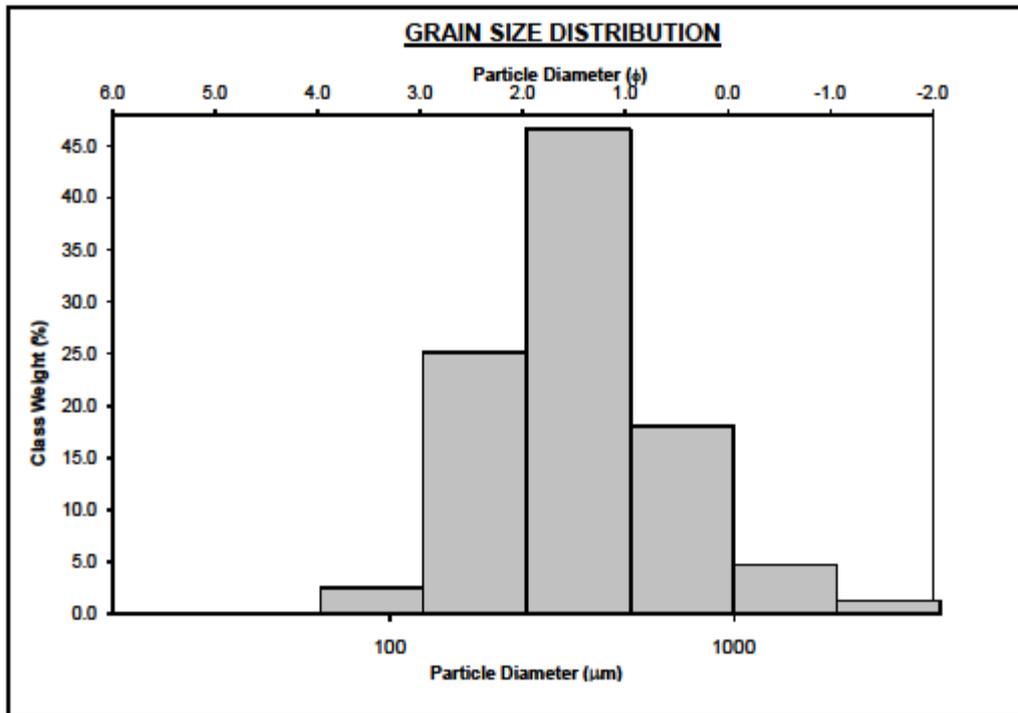
		<b>SAMPLE STATISTICS</b>			
SIEVING ERROR: 0.2%					
SAMPLE IDENTITY: DC5		ANALYST & DATE: Trista, 10/7/2021			
SAMPLE TYPE: Unimodal, Moderately Sorted		TEXTURAL GROUP: Slightly Gravelly Sand			
SEDIMENT NAME: Slightly Very Fine Gravelly Medium Sand					
	$\mu\text{m}$	$\phi$	GRAIN SIZE DISTRIBUTION		
MODE 1:	375.0	1.500	GRAVEL: 1.5%	COARSE SAND: 19.2%	
MODE 2:			SAND: 98.5%	MEDIUM SAND: 46.1%	
MODE 3:			MUD: 0.0%	FINE SAND: 25.9%	
D <sub>10</sub> :	151.6	0.207	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V FINE SAND: 2.8%	
MEDIAN or D <sub>50</sub> :	344.6	1.537	COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 0.0%	
D <sub>90</sub> :	866.2	2.722	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%	
(D <sub>90</sub> / D <sub>10</sub> ):	5.714	13.13	FINE GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%	
(D <sub>90</sub> - D <sub>10</sub> ):	714.6	2.514	V FINE GRAVEL: 1.5%	FINE SILT: 0.0%	
(D <sub>75</sub> / D <sub>25</sub> ):	2.226	2.170	V COARSE SAND: 4.5%	V FINE SILT: 0.0%	
(D <sub>75</sub> - D <sub>25</sub> ):	277.9	1.154		CLAY: 0.0%	
	METHOD OF MOMENTS		FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic
	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\phi$	$\mu\text{m}$	$\phi$
MEAN ( $\bar{x}$ ):	481.0	356.8	1.487	349.8	1.515
SORTING ( $\sigma$ ):	433.3	1.915	0.937	1.957	0.968
SKEWNESS ( $S_k$ ):	3.478	0.539	-0.539	0.078	-0.078
KURTOSIS ( $K$ ):	18.65	3.645	3.645	1.115	1.115
					Description
					Medium Sand
					Moderately Sorted
					Symmetrical
					Leptokurtic



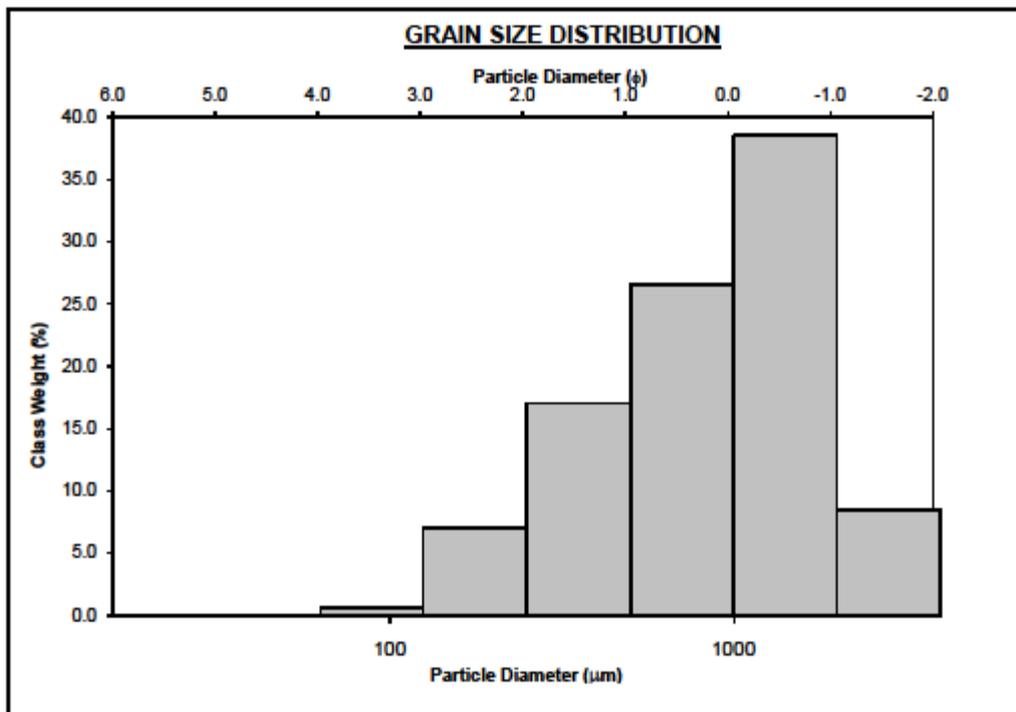
		<b>SAMPLE STATISTICS</b>				
SIEVING ERROR: 0.2%						
SAMPLE IDENTITY: DC6		ANALYST & DATE: Trista, 10/7/2021				
SAMPLE TYPE: Unimodal, Moderately Sorted		TEXTURAL GROUP: Slightly Gravelly Sand				
SEDIMENT NAME: Slightly Very Fine Gravelly Medium Sand						
	$\mu\text{m}$	$\phi$	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	375.0	1.500	GRAVEL: 3.4%	COARSE SAND: 30.9%		
MODE 2:			SAND: 96.6%	MEDIUM SAND: 45.9%		
MODE 3:			MUD: 0.0%	FINE SAND: 10.9%		
D <sub>10</sub> :	219.9	-0.156	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V FINE SAND: 1.1%		
MEDIAN or D <sub>50</sub> :	443.7	1.172	COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 0.0%		
D <sub>90</sub> :	1114.5	2.185	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D <sub>90</sub> / D <sub>10</sub> ):	5.089	-13.972	FINE GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
(D <sub>90</sub> - D <sub>10</sub> ):	894.6	2.342	V FINE GRAVEL: 3.4%	FINE SILT: 0.0%		
(D <sub>75</sub> / D <sub>25</sub> ):	2.413	3.847	V COARSE SAND: 7.8%	V FINE SILT: 0.0%		
(D <sub>75</sub> - D <sub>25</sub> ):	429.7	1.271		CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS		FOLK & WARD METHOD			
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\phi$	$\mu\text{m}$	$\phi$	
MEAN ( $\bar{x}$ ):	644.5	478.3	1.064	473.0	1.080	Medium Sand
SORTING ( $\sigma$ ):	556.0	1.924	0.944	1.946	0.961	Moderately Sorted
SKEWNESS ( $S_k$ ):	2.754	0.487	-0.487	0.151	-0.151	Coarse Skewed
KURTOSIS ( $K$ ):	11.50	3.574	3.574	1.109	1.109	Mesokurtic



		<b>SAMPLE STATISTICS</b>			
SIEVING ERROR: 0.2%					
SAMPLE IDENTITY: DC1		ANALYST & DATE: Trista, 10/7/2021			
SAMPLE TYPE: Unimodal, Moderately Sorted		TEXTURAL GROUP: Slightly Gravelly Sand			
SEDIMENT NAME: Slightly Very Fine Gravelly Medium Sand					
	$\mu\text{m}$	$\phi$	GRAIN SIZE DISTRIBUTION		
MODE 1:	375.0	1.500	GRAVEL: 1.3%	COARSE SAND: 18.4%	
MODE 2:			SAND: 98.7%	MEDIUM SAND: 47.4%	
MODE 3:			MUD: 0.0%	FINE SAND: 25.6%	
D <sub>10</sub> :	153.2	0.211		V FINE SAND: 2.5%	
MEDIAN or D <sub>50</sub> :	344.6	1.537	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 0.0%	
D <sub>90</sub> :	864.0	2.707	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%	
(D <sub>90</sub> / D <sub>10</sub> ):	5.640	12.84	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%	
(D <sub>90</sub> - D <sub>10</sub> ):	710.8	2.496	FINE GRAVEL: 0.0%	FINE SILT: 0.0%	
(D <sub>75</sub> / D <sub>25</sub> ):	2.159	2.100	V FINE GRAVEL: 1.3%	V FINE SILT: 0.0%	
(D <sub>75</sub> - D <sub>25</sub> ):	266.6	1.110	V COARSE SAND: 4.8%	CLAY: 0.0%	
	METHOD OF MOMENTS		FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic
	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\phi$	$\mu\text{m}$	$\phi$
MEAN ( $\bar{x}$ ):	477.5	357.0	1.486	349.9	1.515
SORTING ( $\sigma$ ):	420.7	1.894	0.921	1.944	0.959
SKEWNESS ( $S_k$ ):	3.438	0.550	-0.550	0.081	-0.081
KURTOSIS ( $K$ ):	18.62	3.657	3.657	1.157	1.157
					Description
					Medium Sand
					Moderately Sorted
					Symmetrical
					Leptokurtic



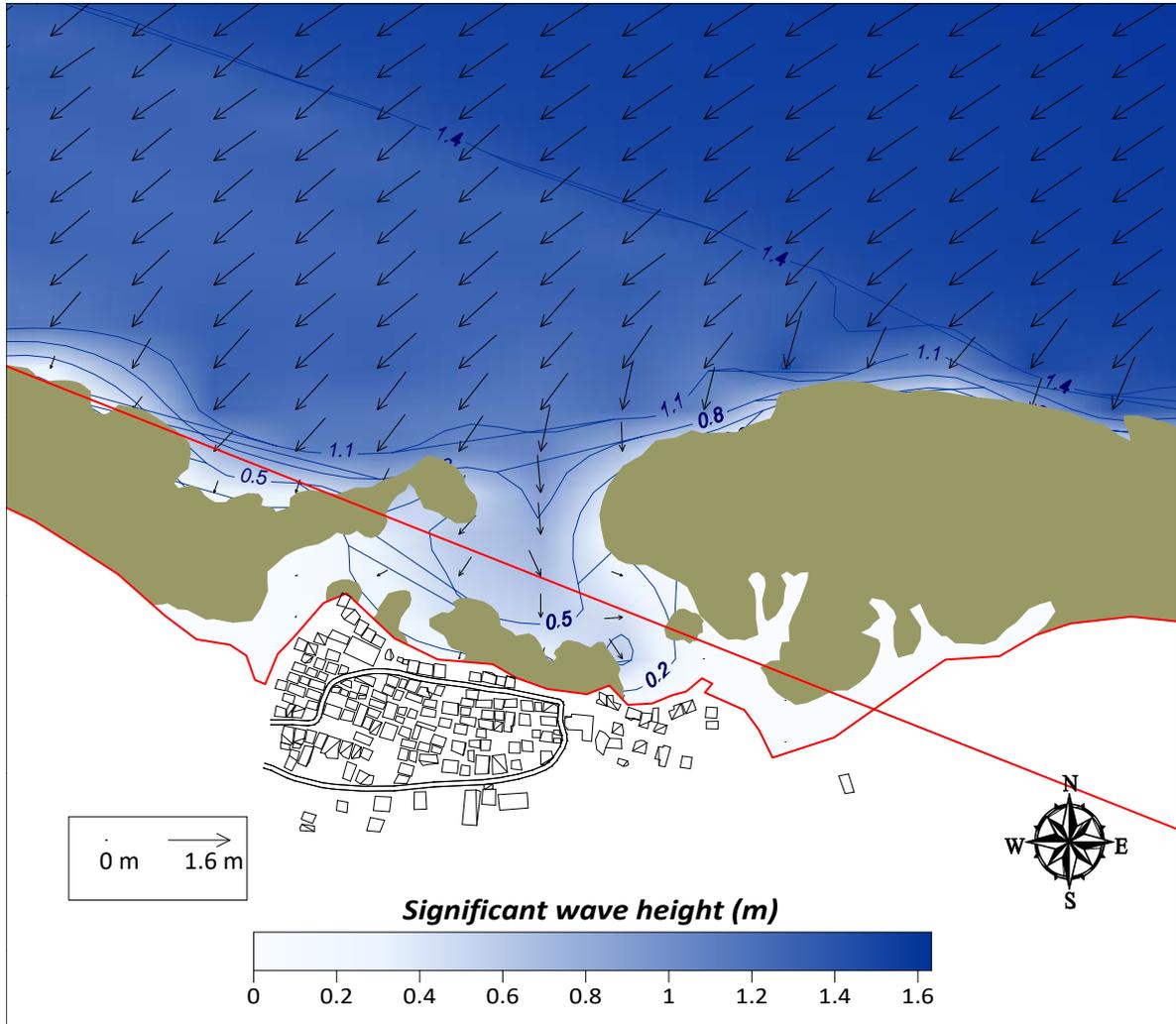
		<b>SAMPLE STATISTICS</b>				
SIEVING ERROR: 0.2%						
SAMPLE IDENTITY: DC2		ANALYST & DATE: Trista, 10/7/2021				
SAMPLE TYPE: Unimodal, Poorly Sorted		TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand				
SEDIMENT NAME: Very Fine Gravelly Very Coarse Sand						
	$\mu\text{m}$	$\phi$	<b>GRAIN SIZE DISTRIBUTION</b>			
MODE 1:	1500.0	-0.500	GRAVEL: 9.7%	COARSE SAND: 28.7%		
MODE 2:			SAND: 90.3%	MEDIUM SAND: 17.1%		
MODE 3:			MUD: 0.0%	FINE SAND: 7.1%		
D <sub>10</sub> :	273.1	-0.993		V FINE SAND: 0.7%		
MEDIAN or D <sub>50</sub> :	959.2	0.080	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 0.0%		
D <sub>90</sub> :	1990.0	1.873	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D <sub>90</sub> / D <sub>10</sub> ):	7.287	-1.886	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
(D <sub>90</sub> - D <sub>10</sub> ):	1716.9	2.865	FINE GRAVEL: 0.0%	FINE SILT: 0.0%		
(D <sub>75</sub> / D <sub>25</sub> ):	3.038	-1.650	V FINE GRAVEL: 9.7%	V FINE SILT: 0.0%		
(D <sub>75</sub> - D <sub>25</sub> ):	1020.2	1.603	V COARSE SAND: 38.7%	CLAY: 0.0%		
	<b>METHOD OF MOMENTS</b>		<b>FOLK &amp; WARD METHOD</b>			
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\phi$	$\mu\text{m}$	$\phi$	
MEAN ( $\bar{x}$ ):	1113.8	782.4	0.272	841.9	0.248	Coarse Sand
SORTING ( $\sigma$ ):	756.8	2.869	1.094	2.279	1.188	Poorly Sorted
SKEWNESS ( $S_k$ ):	0.995	-3.076	0.528	-0.211	0.211	Fine Skewed
KURTOSIS ( $K$ ):	3.721	19.59	2.706	1.010	1.010	Mesokurtic



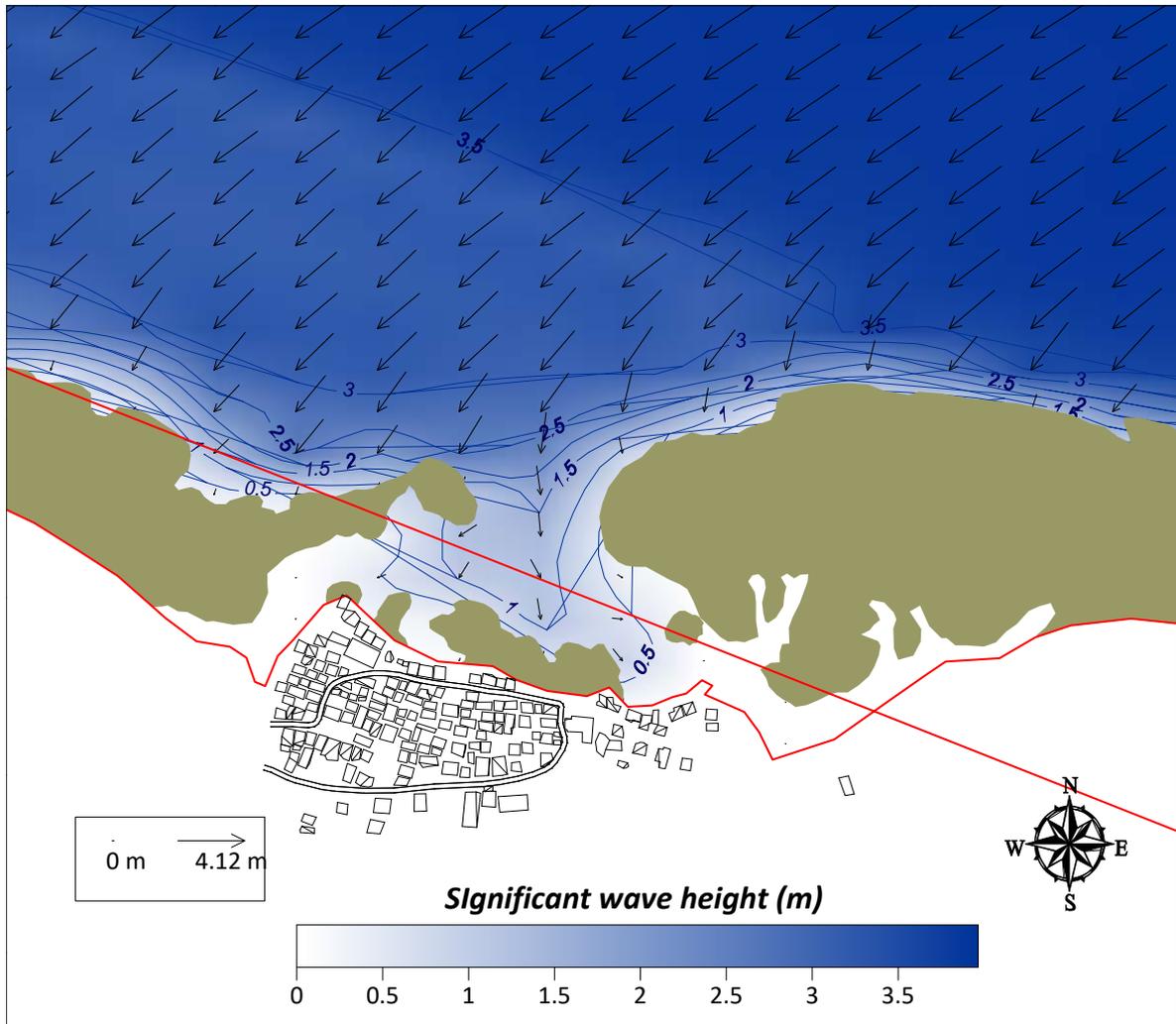
## Anexo 2

### Resultados de las modelaciones hechas con el Sistema de Modelado Costero (SMC) para los diferentes rumbos y escenarios

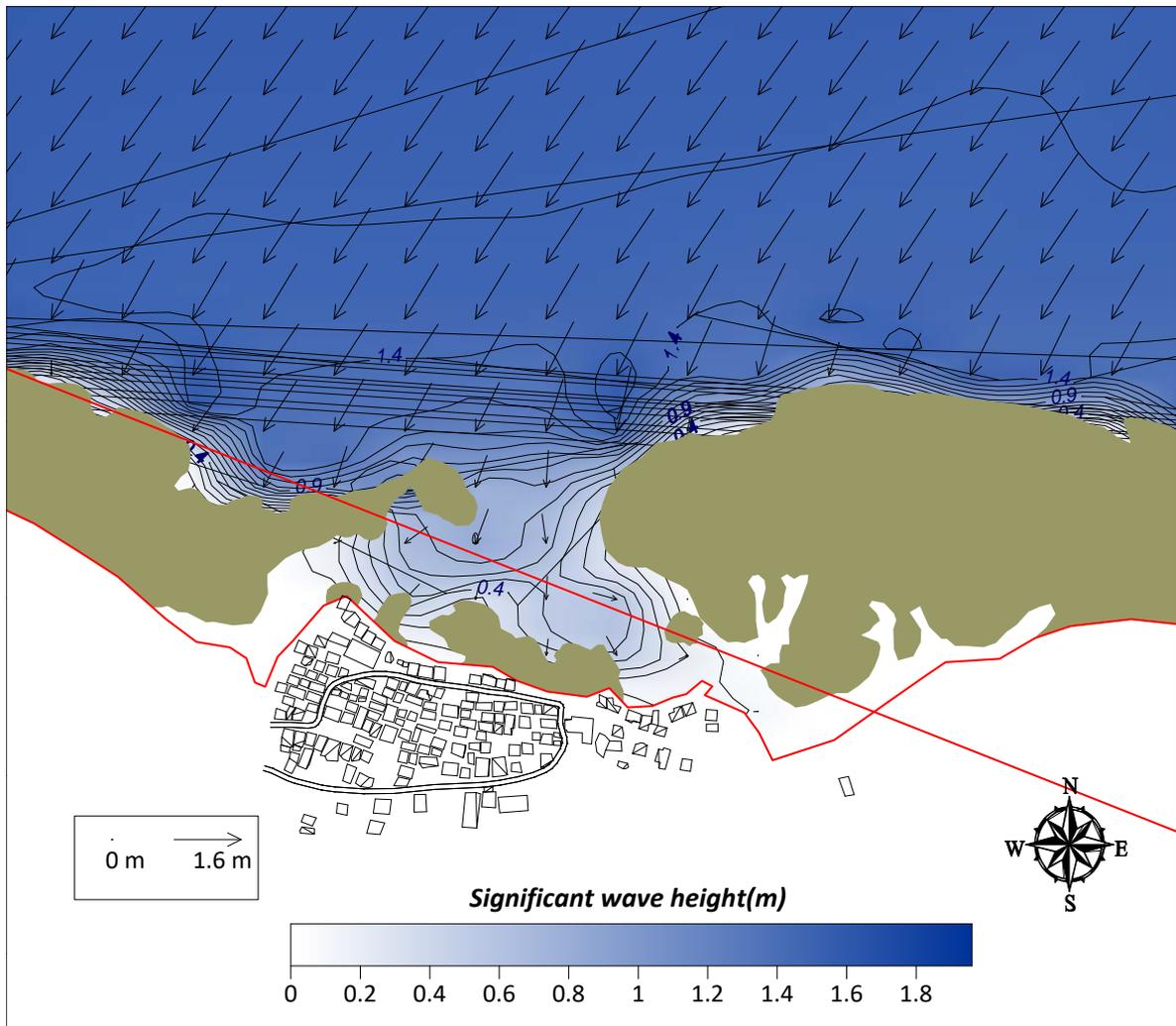
**Rumbo ENE Altura de Ola Significante (Hs) Régimen Habitual**



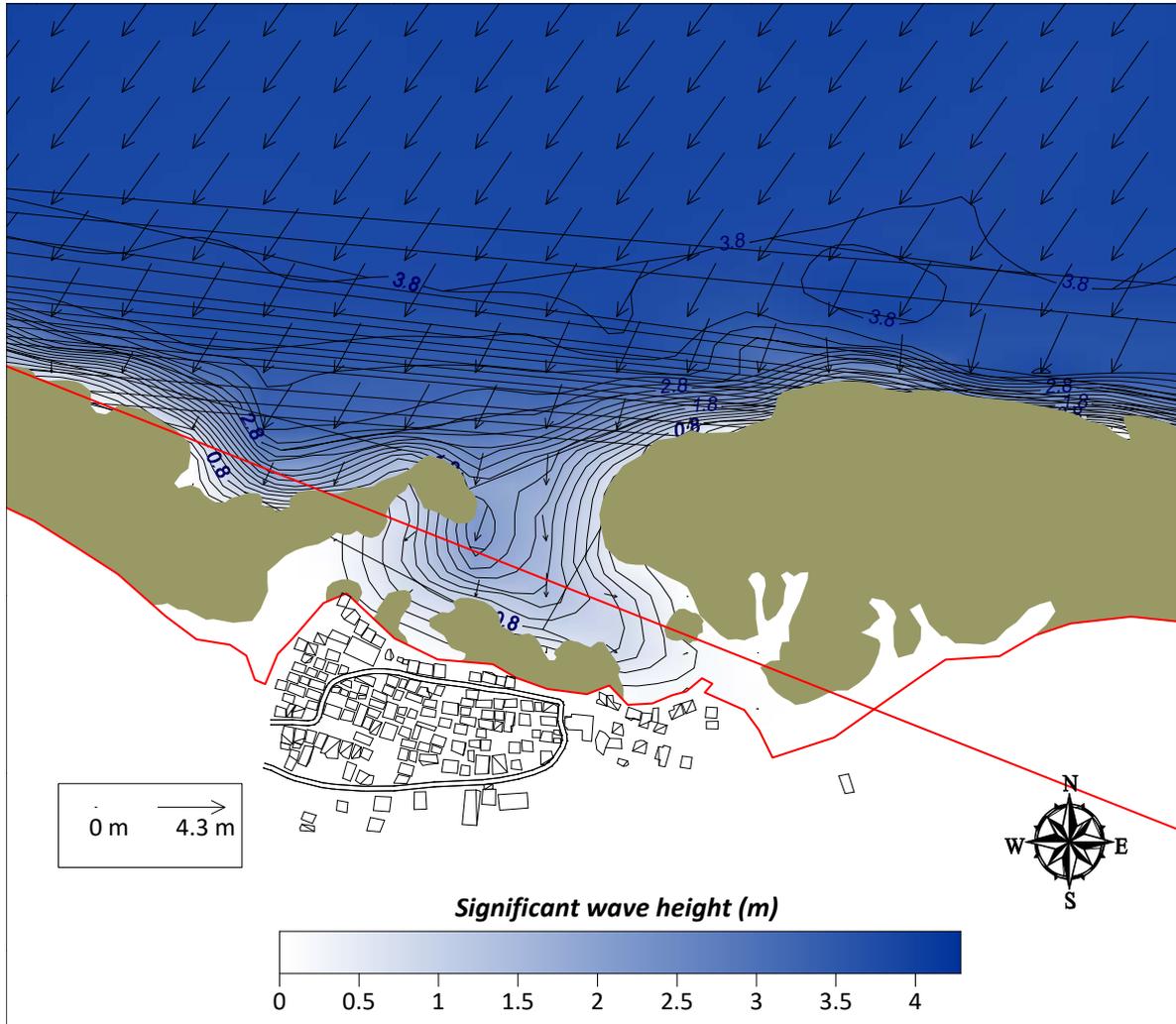
### Rumbo ENE Altura de Ola Régimen Extremal



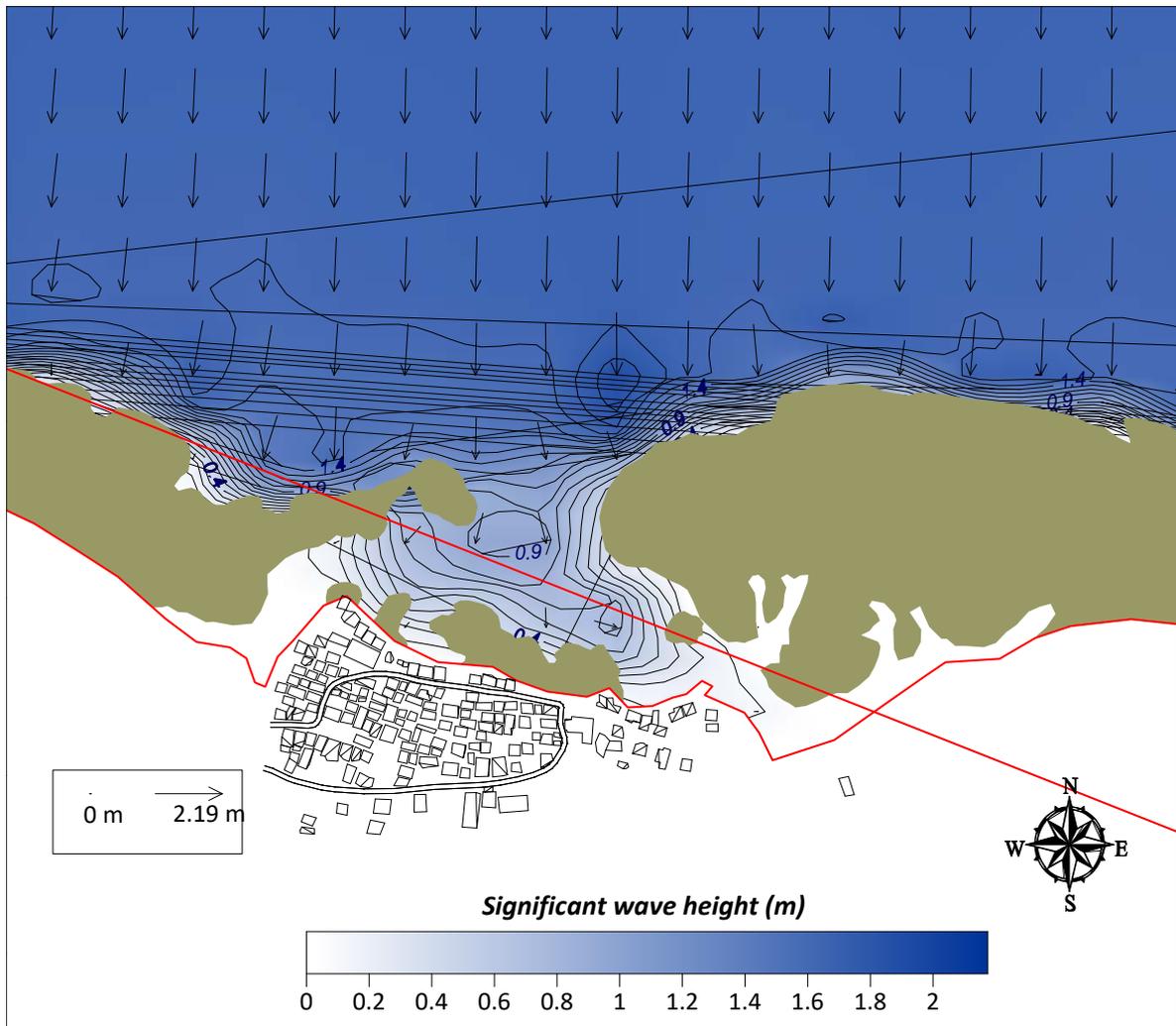
### Rumbo NE Altura de Ola Significante (Hs) Régimen Habitual



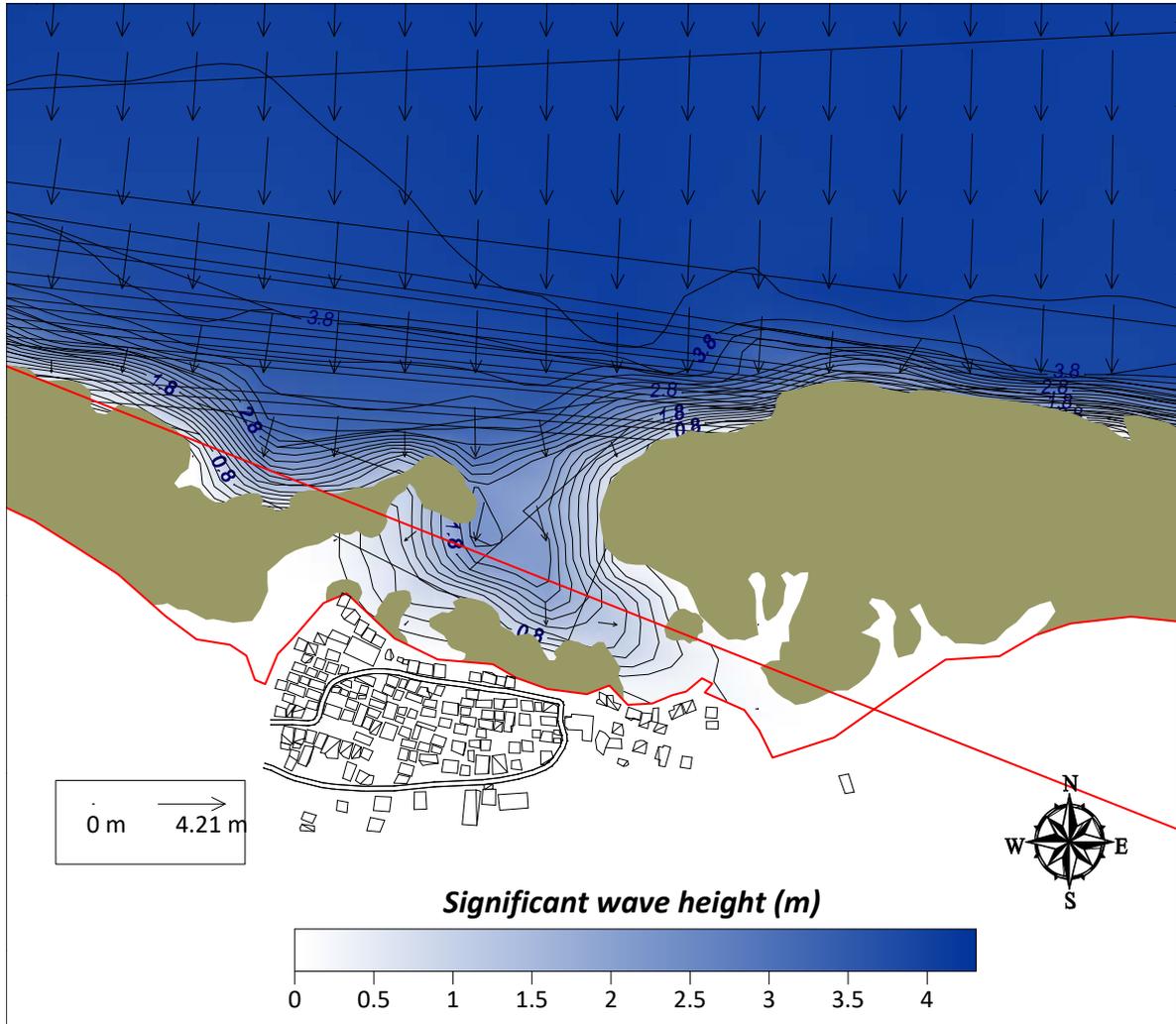
### Rumbo NE Altura de Ola Régimen Extremal



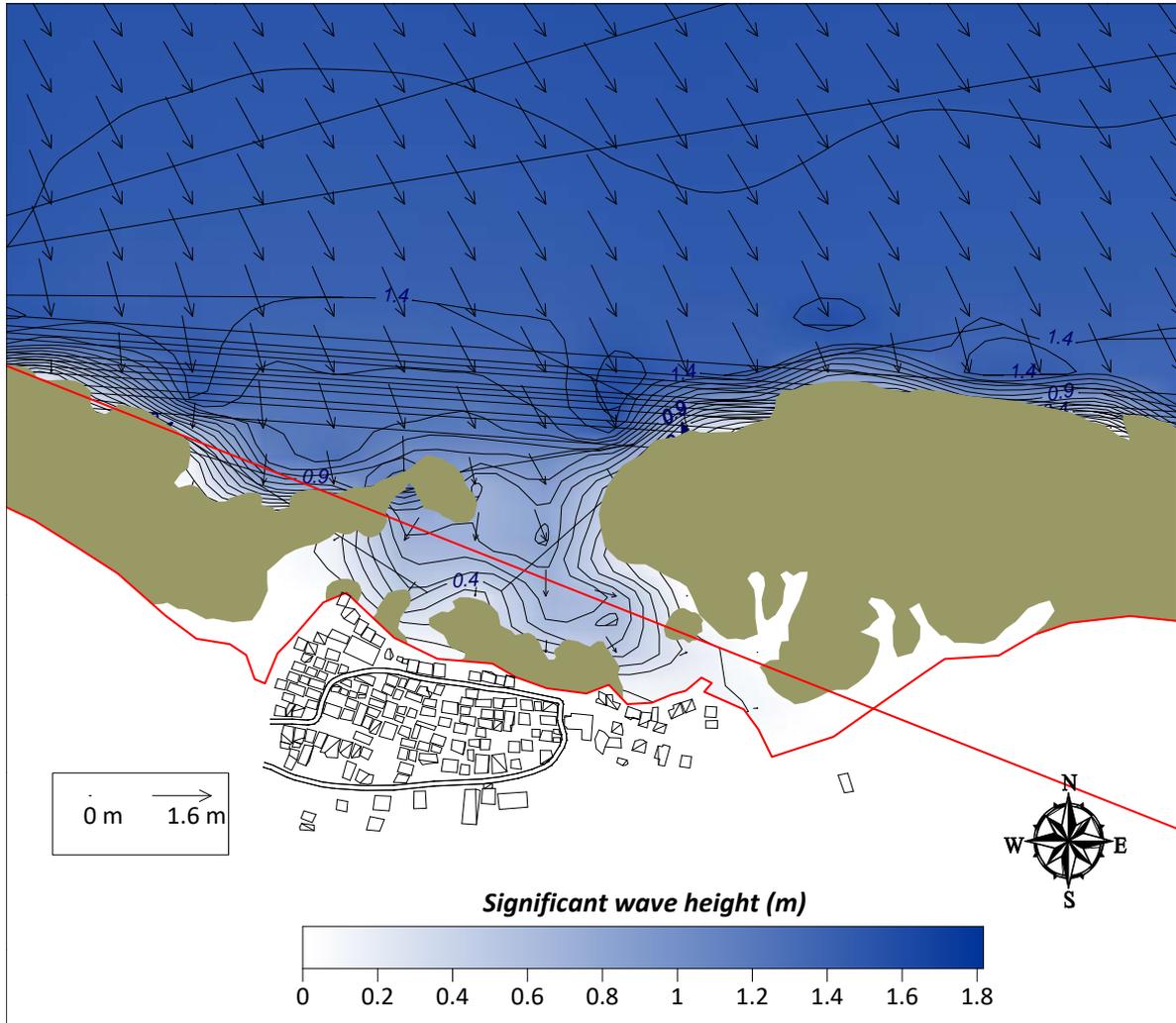
### Rumbo N Altura de Ola Significante (Hs) Régimen Habitual



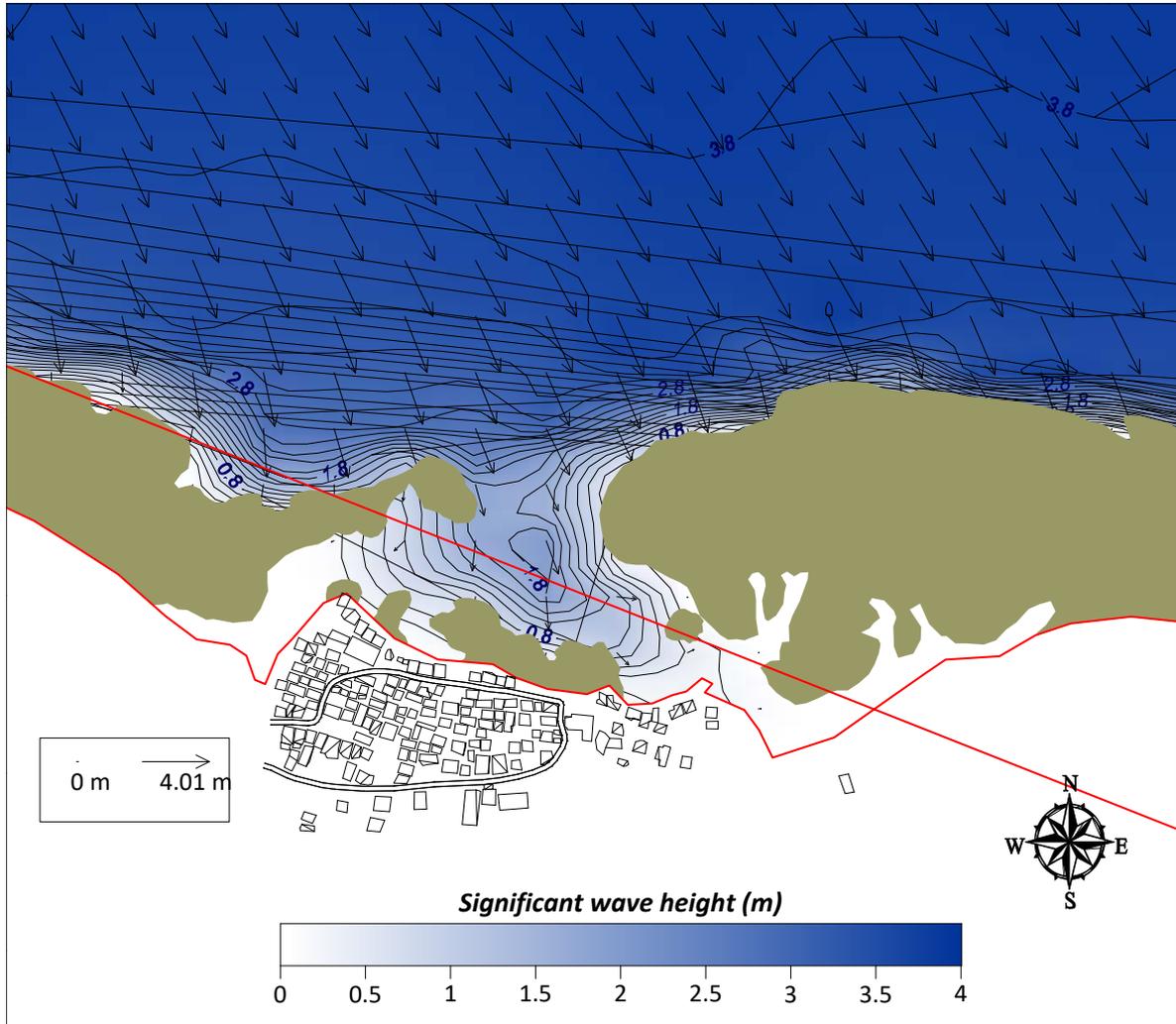
### Rumbo N Altura de Ola Régimen Extremal



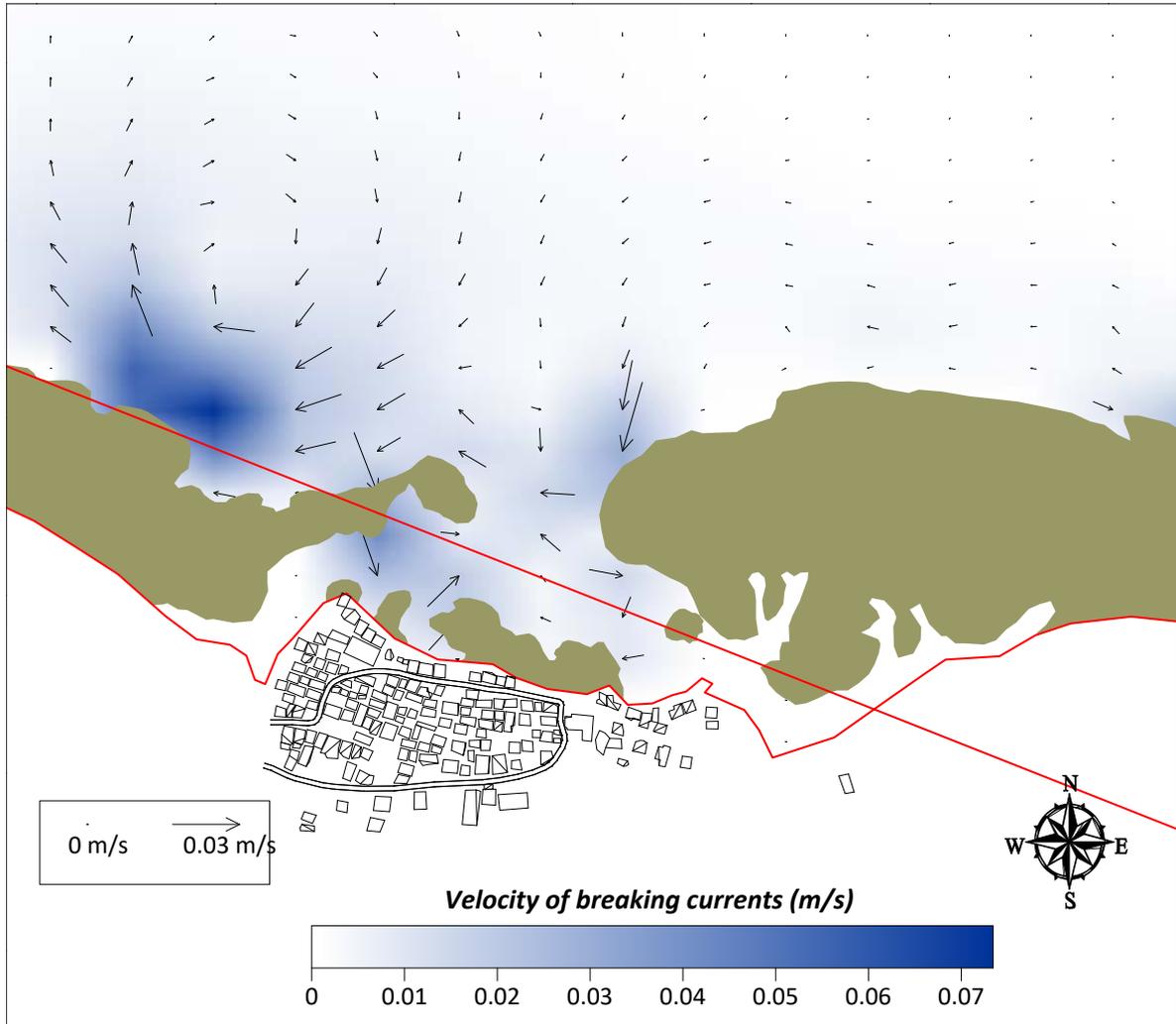
**Rumbo NW Altura de Ola Significante (Hs) Régimen Habitual**



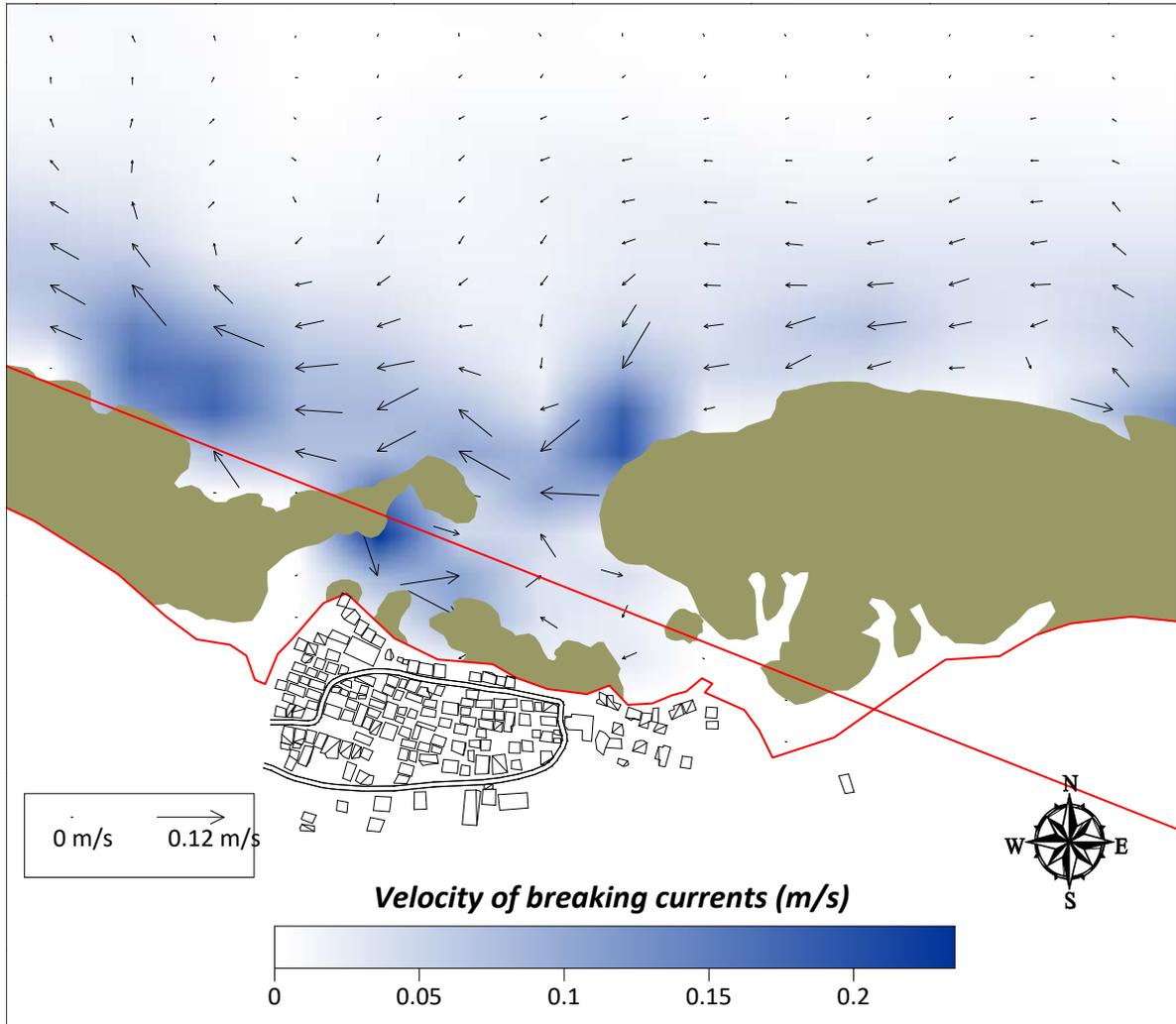
### Rumbo N Altura de Ola Régimen Extremal



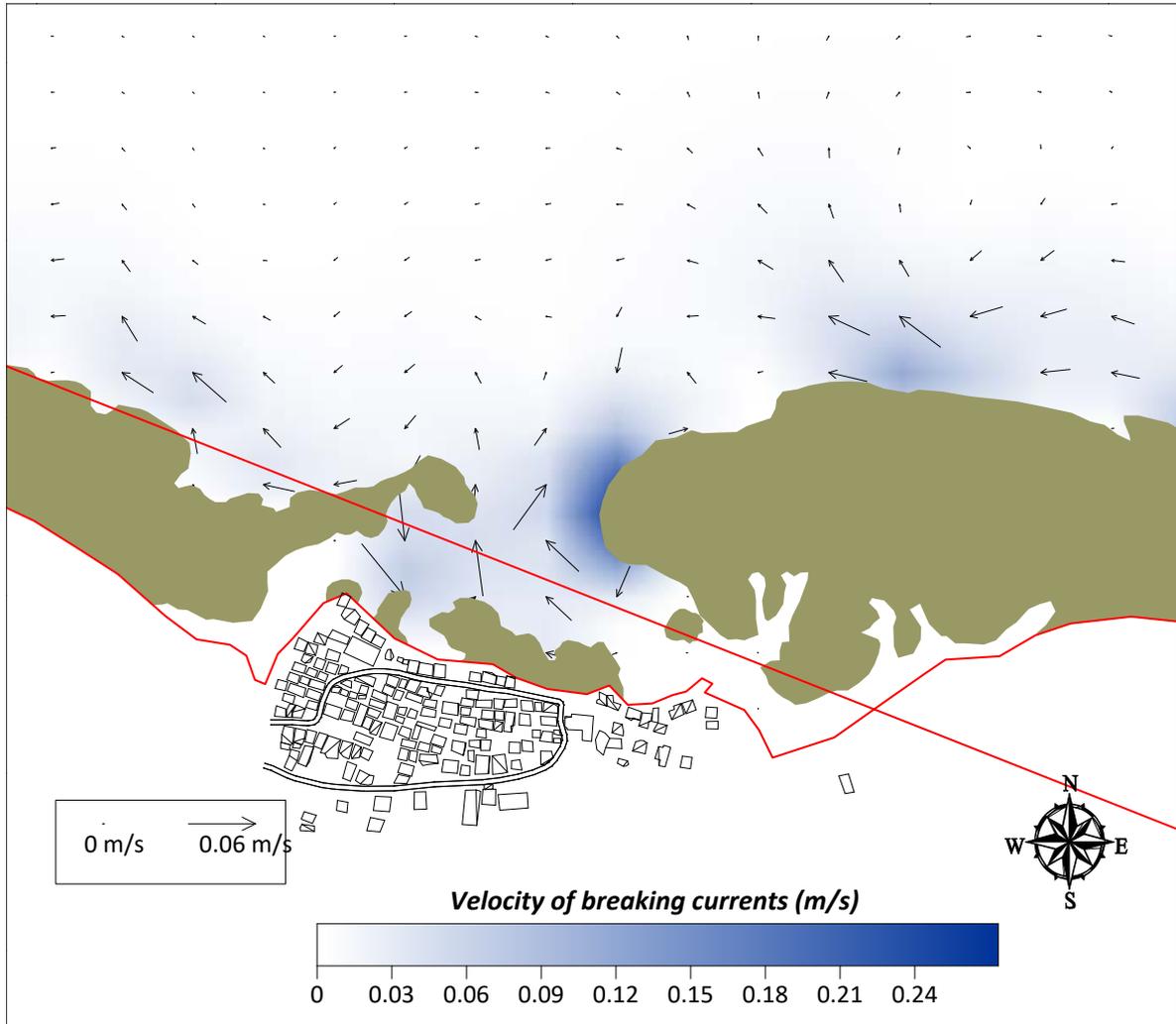
**Rumbo ENE. Corrientes generadas por el oleaje habitual**



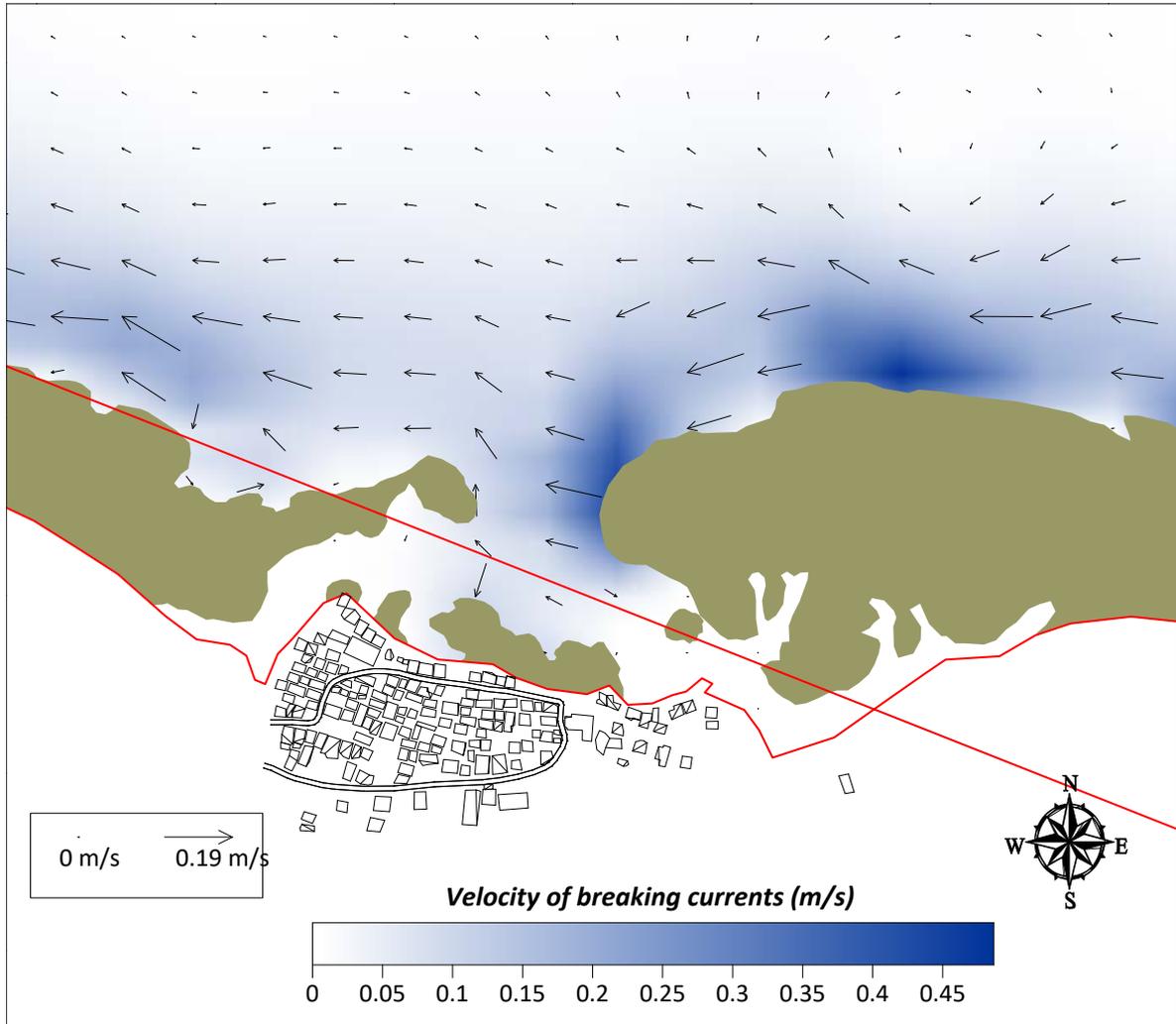
**Rumbo ENE. Corrientes generadas por el oleaje extremal**



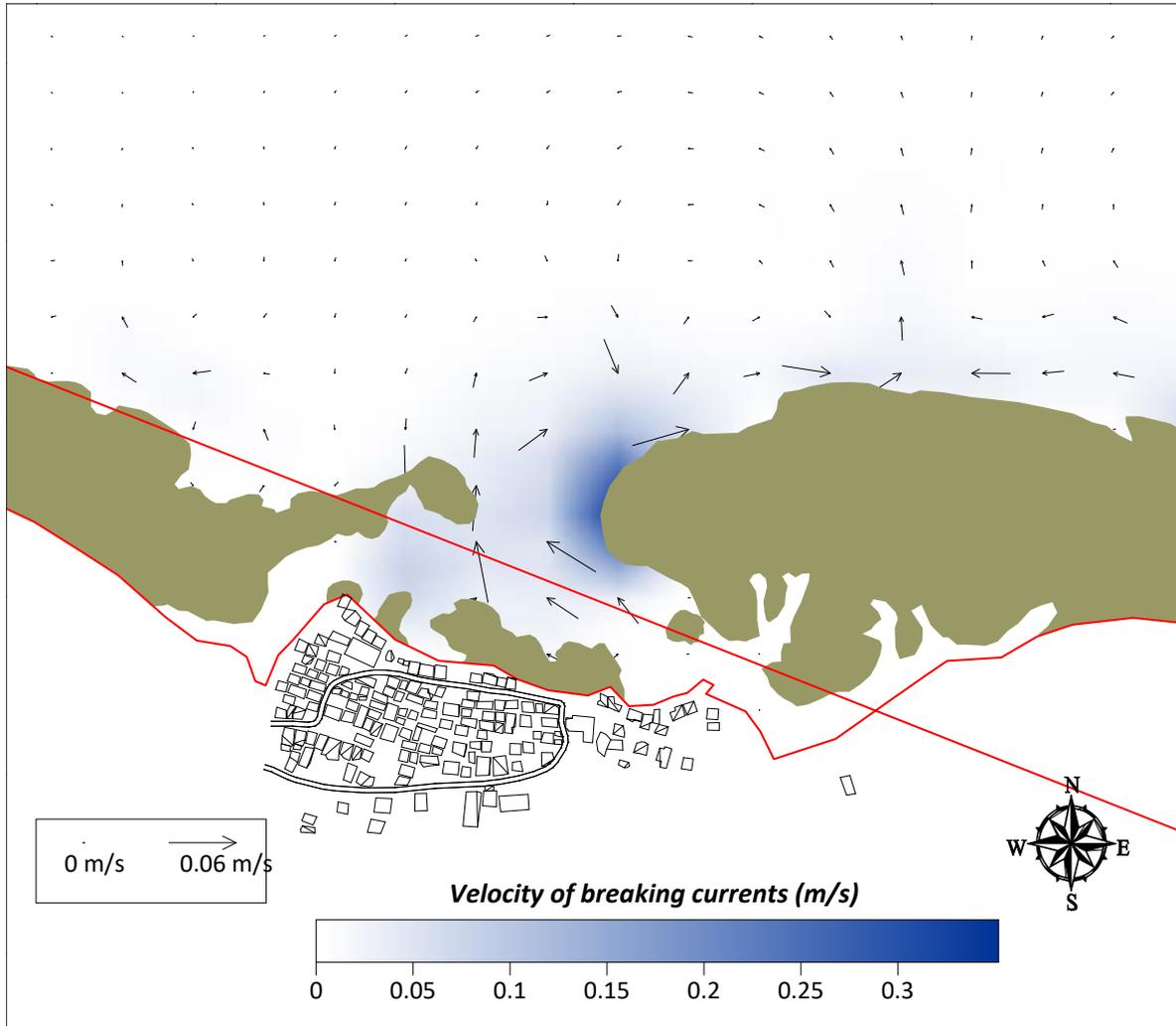
**Rumbo NE. Corrientes generadas por el oleaje habitual**



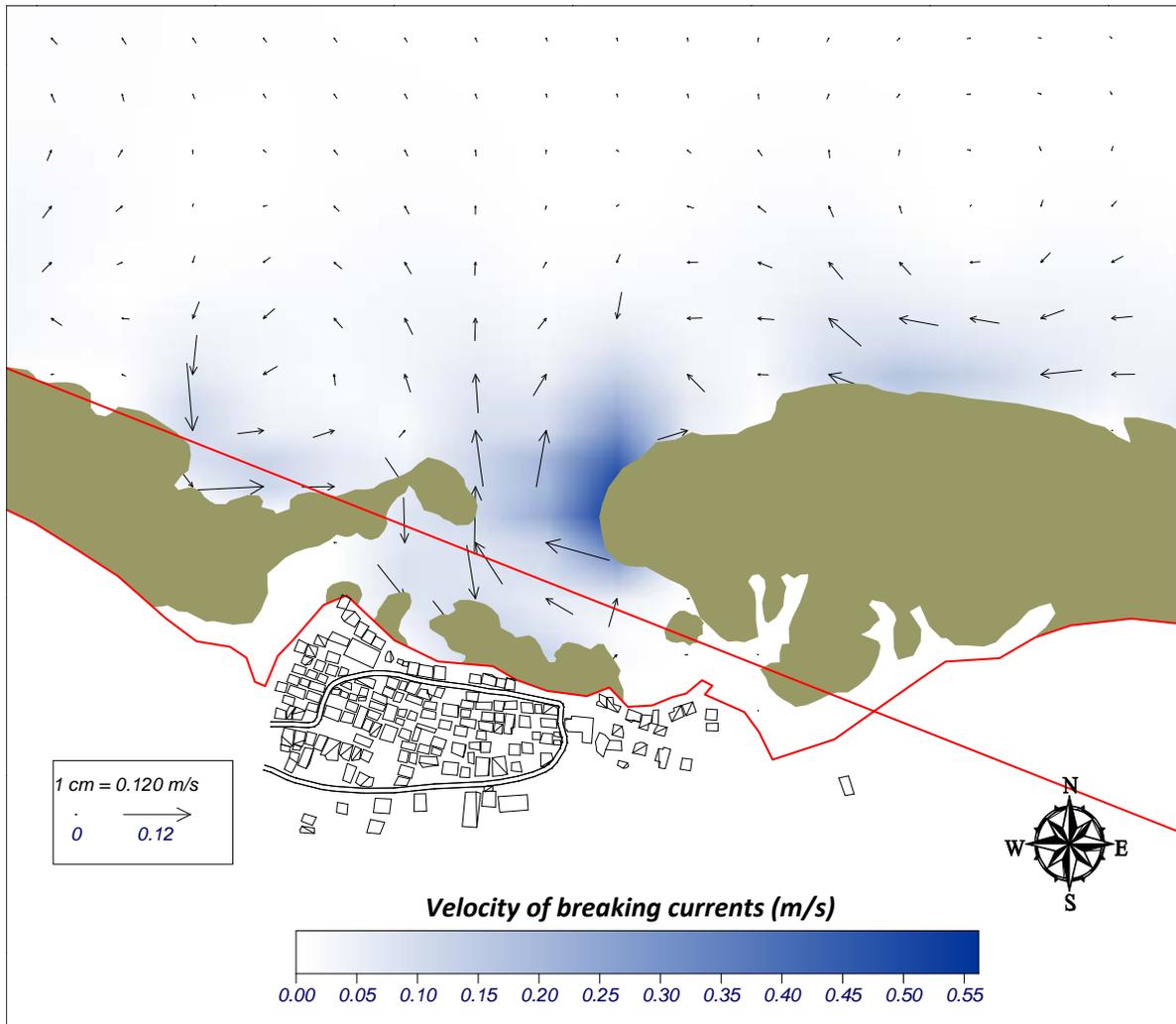
**Rumbo NE. Corrientes generadas por el oleaje extremal**



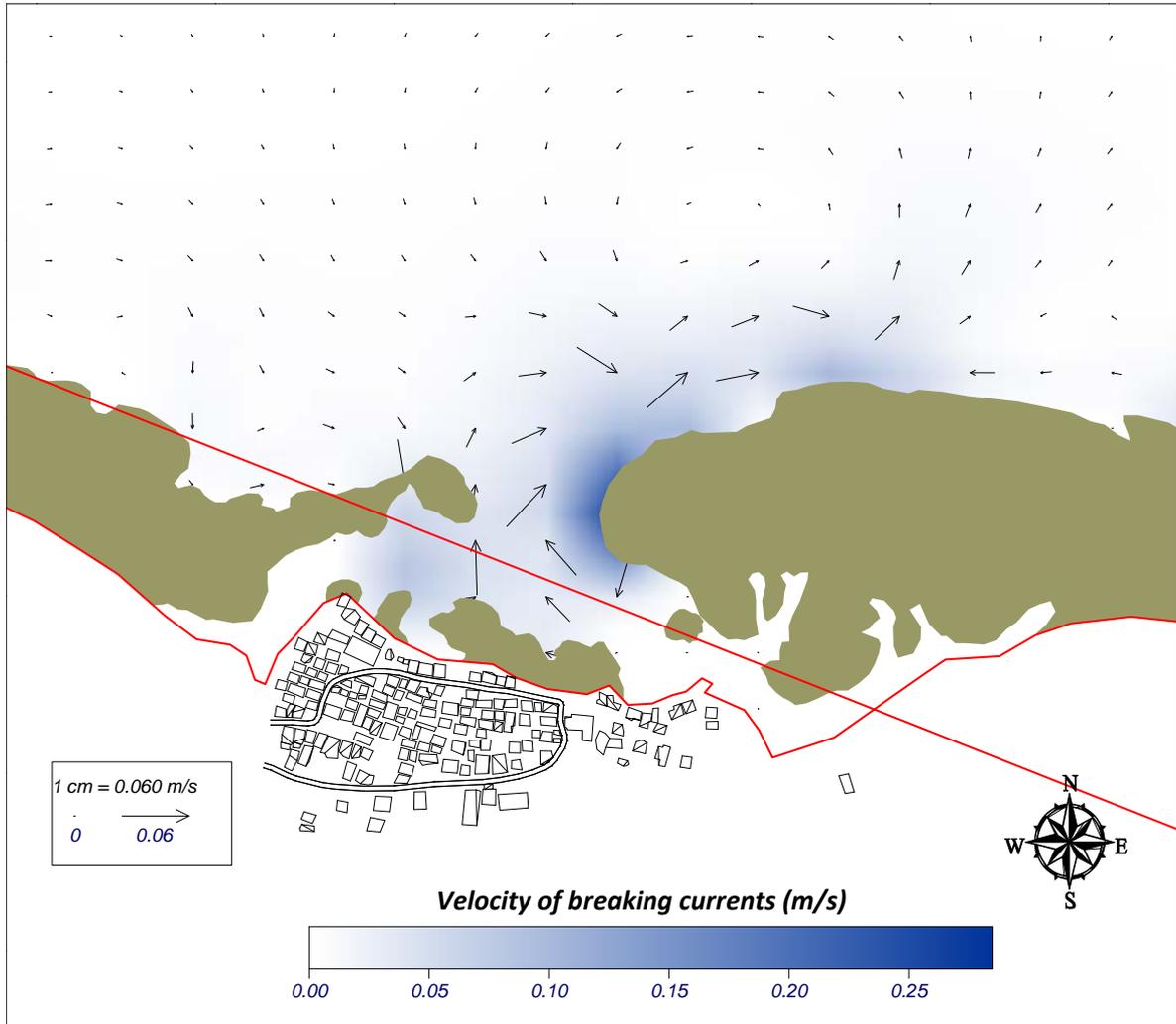
**Rumbo N. Corrientes generadas por el oleaje habitual**



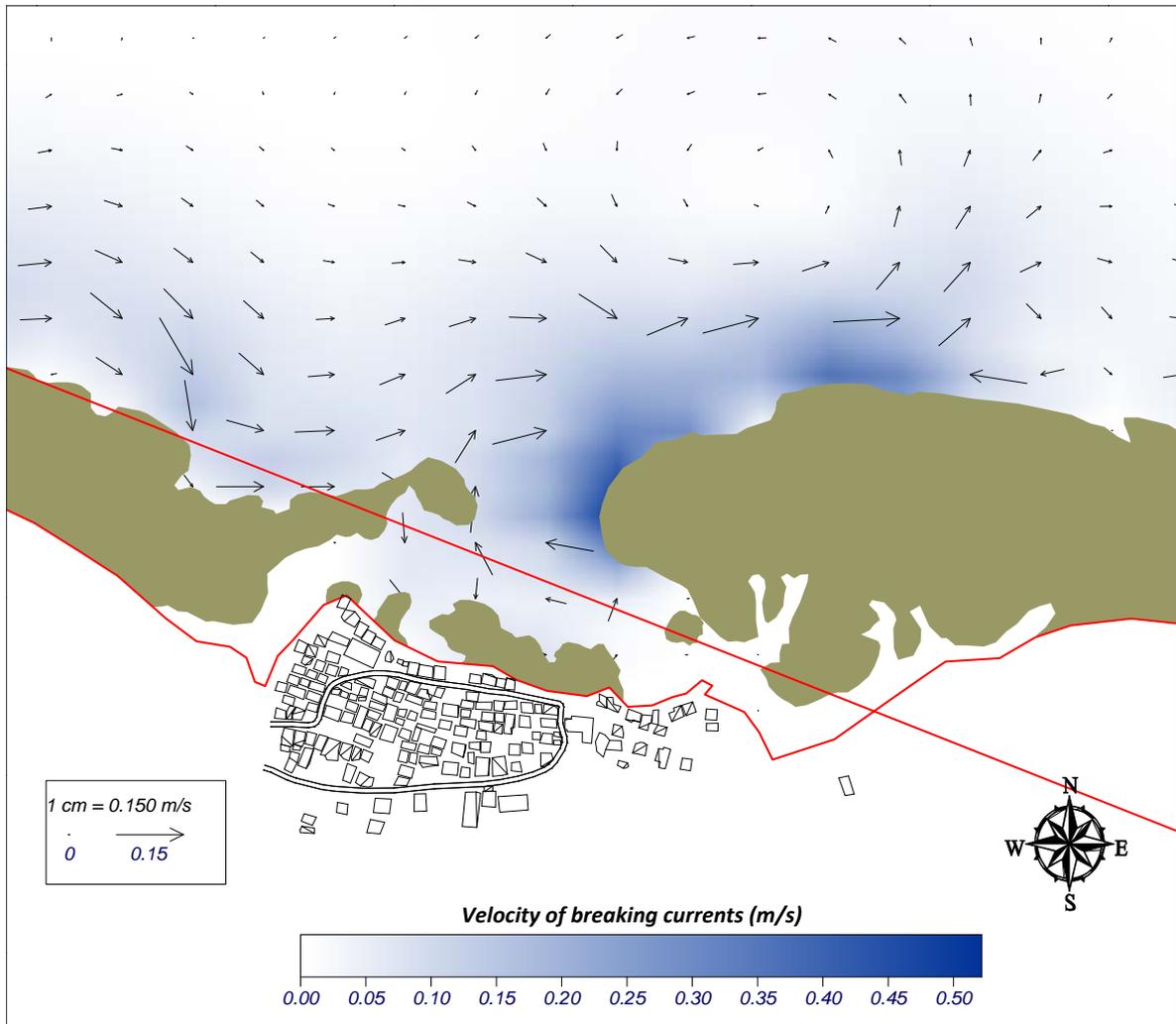
### Rumbo N. Corrientes generadas por el oleaje extremal

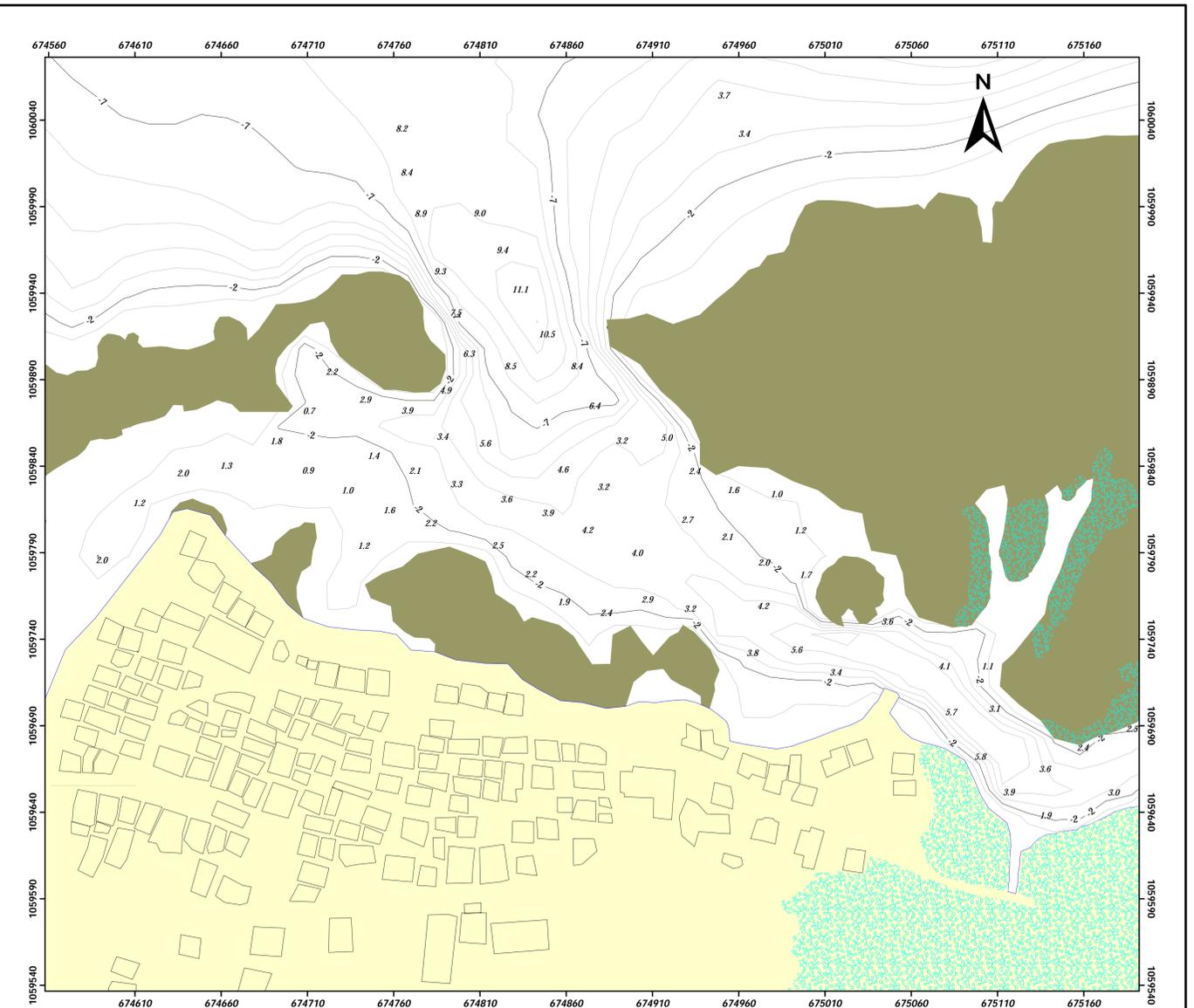
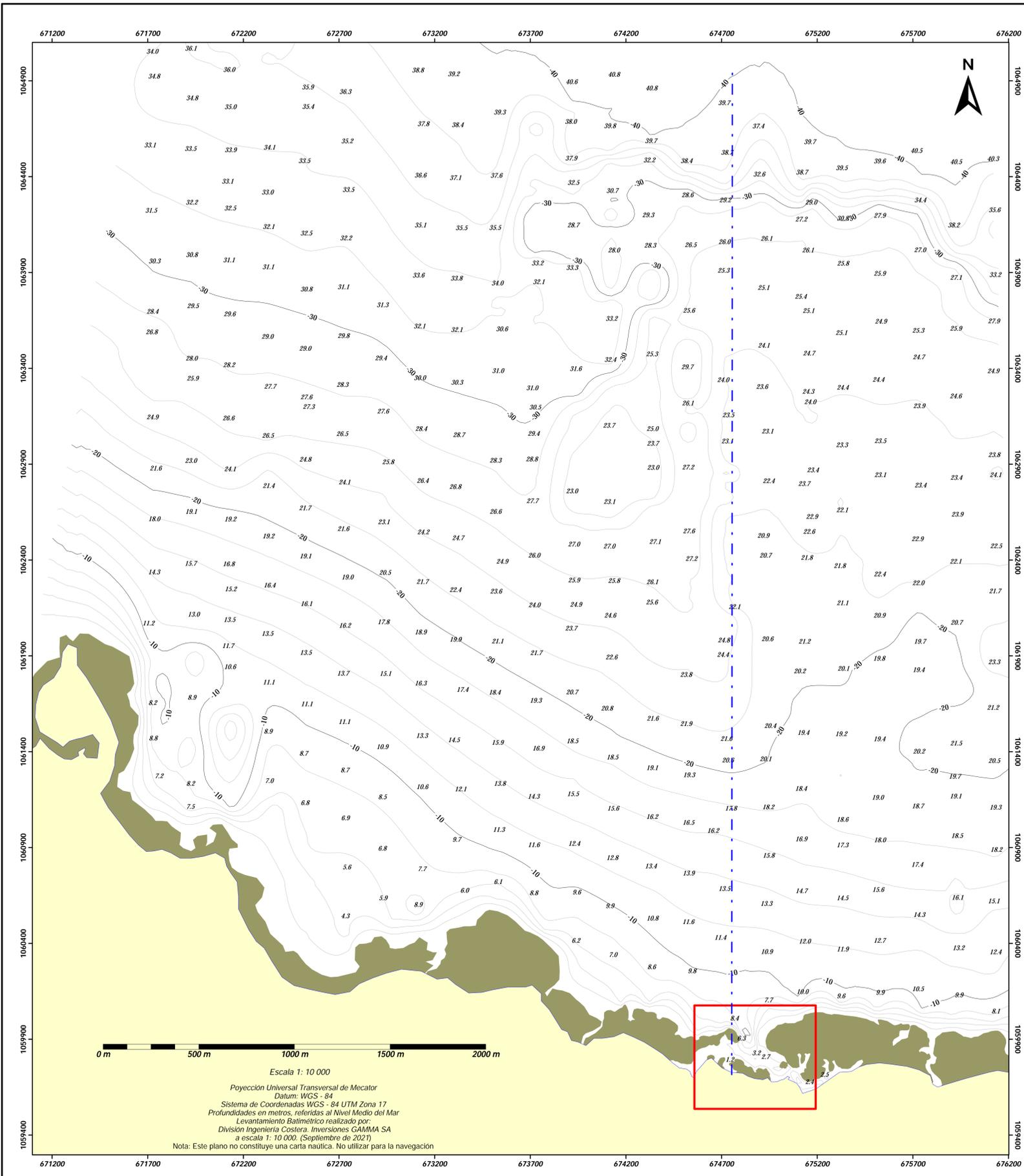


**Rumbo NW. Corrientes generadas por el oleaje habitual**



**Rumbo NW. Corrientes generadas por el oleaje extremal**

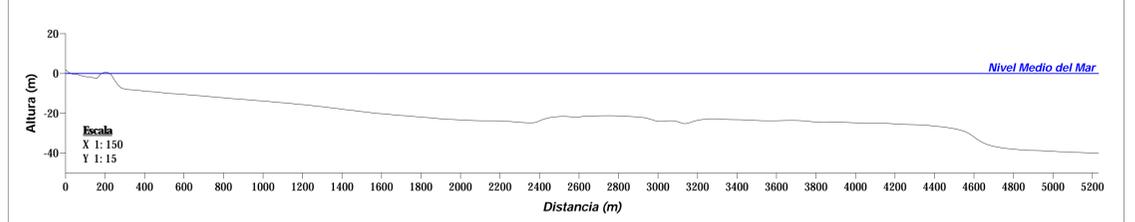




Escala 1: 1 500  
Poyección Universal Transversal de Mecator  
Datum: WGS - 84  
Sistema de Coordenadas WGS - 84 UTM Zona 17  
Profundidades en metros, referidas al Nivel Medio del Mar  
Levantamiento Batimétrico realizado por:  
División Ingeniería Costera, Inversiones GAMMA SA  
a escala 1: 1 000. (Septiembre de 2021)

Nota: Este plano no constituye una carta náutica. No utilizar para la navegación

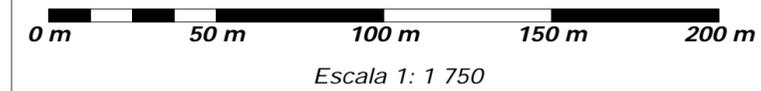
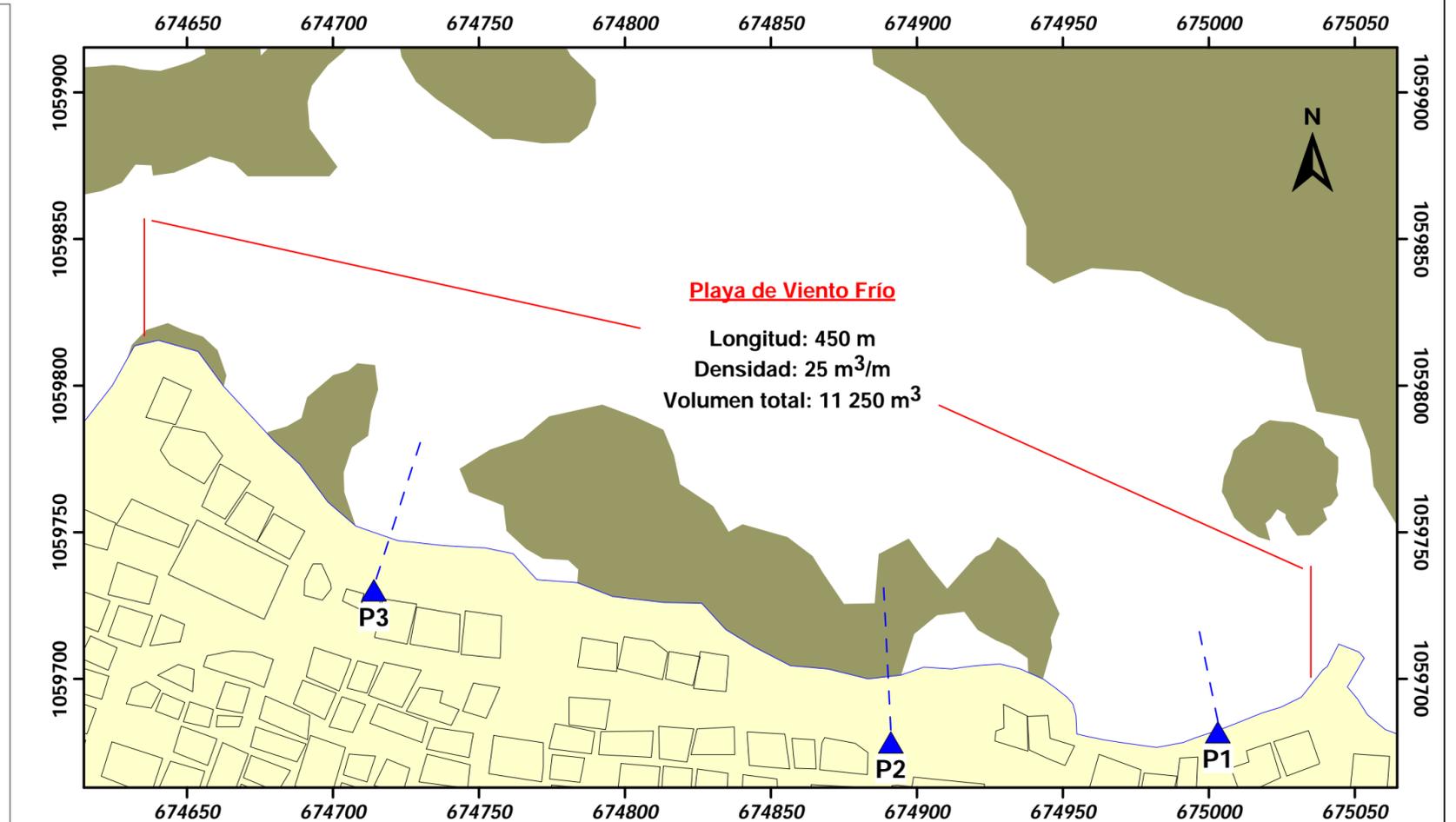
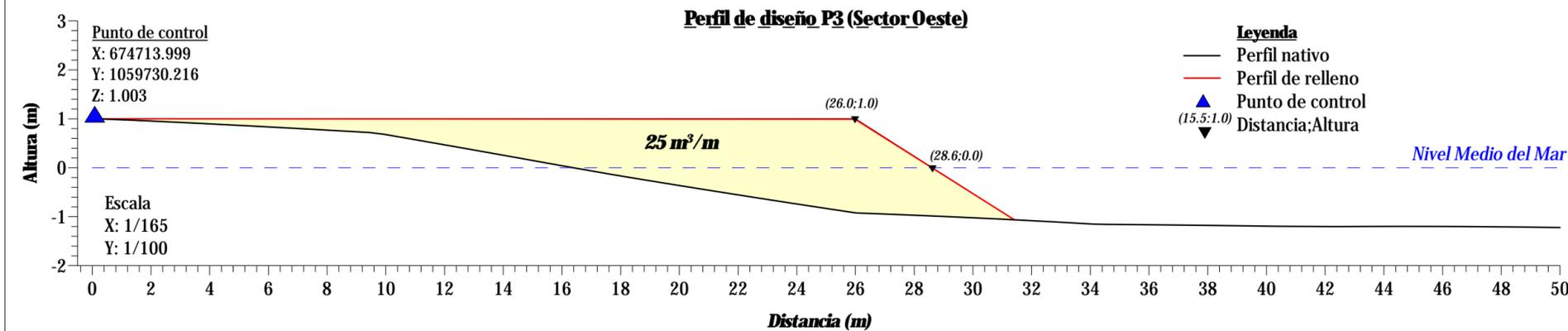
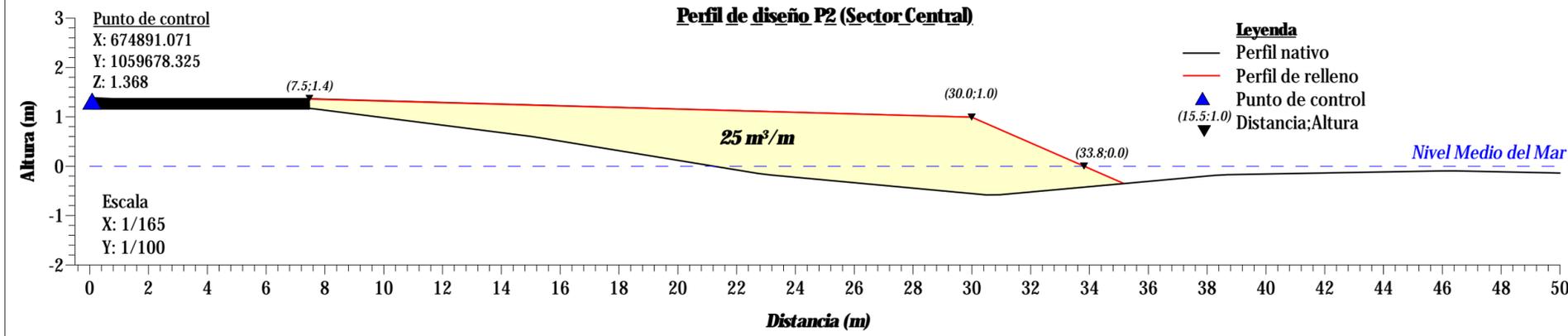
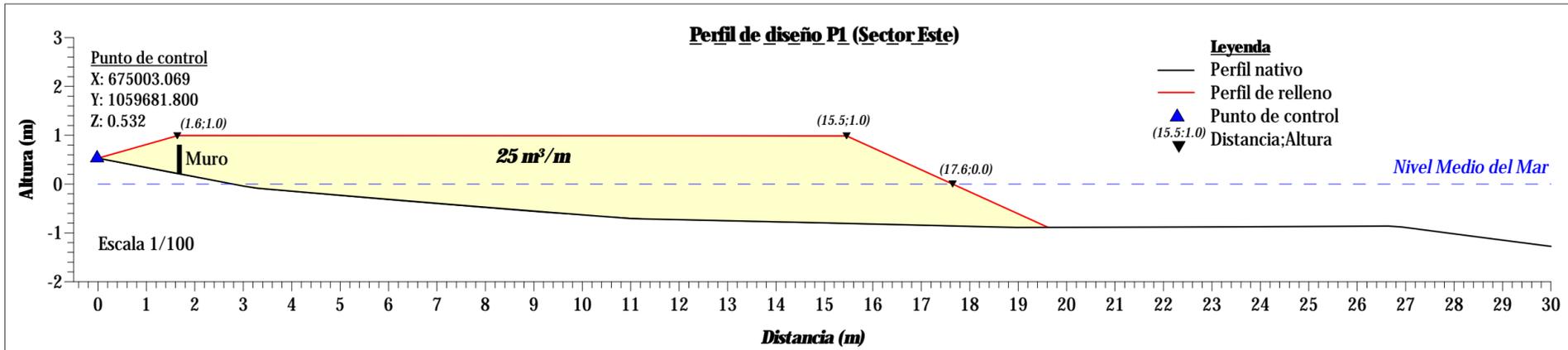
Sección transversal hasta la profundidad de 40 m frente a la playa de Viento Frio



**Legenda:**

	Isobatas		Terraza de diente de perro (Lapiés)
	Línea de costa		Zona de Manglar
	Profundidades en metros		Sección Transversal

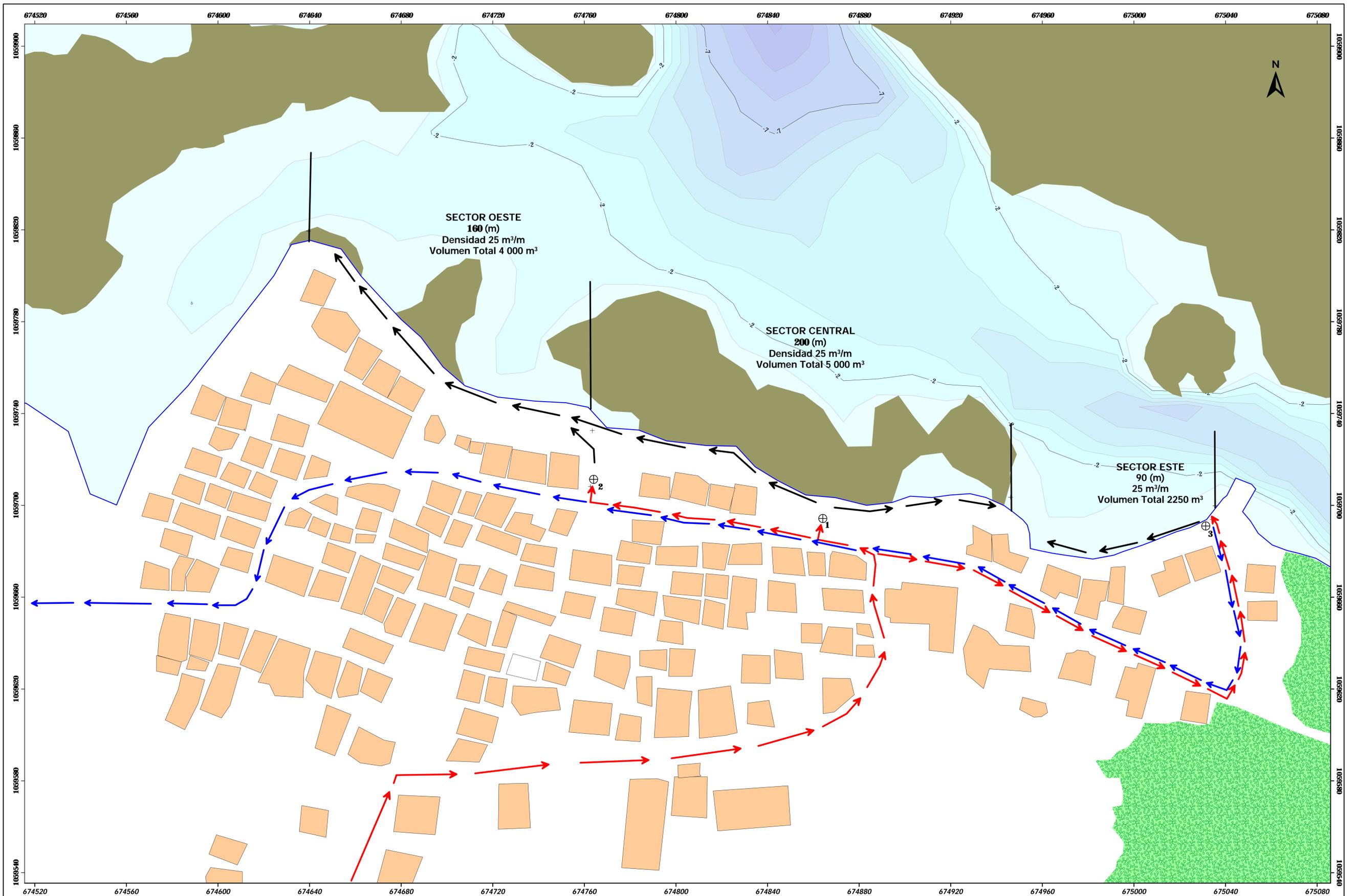
<p><b>Y GAMMA</b></p> <p>JEFE DE PROYECTO: Ing. Vladimir Caballero Camejo</p> <p>CONFECCIONADO POR: Ing. Vladimir Caballero Camejo</p> <p>REVISADO POR: Lic. Leonel Iván Peña Fuentes</p> <p>FECHA: Enero 2022</p>	<p>MINISTERIO DE CIENCIA TECNOLOGIA Y MEDIO AMBIENTE, CUBA</p>
	<p>PROYECTO: PROYECTO EJECUTIVO PARA LA REHABILITACION DE LA PLAYA DE VIENTO FRIO, COLÓN REPUBLICA DE PANAMÁ</p>
	<p>TITULO: BATIMETRIA DE LA ZONA DE ESTUDIOS</p>
	<p>ESCALA: En las ventanías</p>
	<p>PLANO: 1</p>



Poyección Universal Transversal de Mecator  
 Datum: WGS - 84  
 Sistema de Coordenadas WGS - 84 UTM Zona 17



<b>Y GAMMA</b> TECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE		MINISTERIO DE CIENCIA TECNOLOGIA Y MEDIO AMBIENTE. CUBA	
<b>JEFE DE PROYECTO:</b> Ing. Vladimir Caballero Camejo		<b>PROYECTO:</b> PROYECTO EJECUTIVO PARA LA REHABILITACIÓN DE LA PLAYA DE VIENTO FRÍO, COLÓN REPÚBLICA DE PANAMÁ	
<b>CONFECCIONADO POR:</b> Ing. Vladimir Caballero Camejo		<b>TITULO:</b> PERFILES DE DISEÑO PARA EL RELLENO DE ARENA	
<b>REVISADO POR:</b> Lic. Leonel Iván Peña Fuentes		<b>ESCALA:</b> En los gráficos	
<b>FECHA:</b> Agosto 2022		<b>PLANO:</b> 3	



Coordenadas límites de los sectores y accesos a la playa. (UTM Zona 17 – WGS 84)

Sector	límite Este		límite Oeste	
	X	Y	X	Y
Este	675035.37	1059699.82	674946.16	1059703.51
Central	674946.16	1059703.51	674763.45	1059732.56
Oeste	674763.45	1059732.56	674639.54	1059819.49
Acceso 1		674862.89	674862.89	1059689.51
Acceso 2		674762.68	674762.68	1059708.16
Acceso 3		675034.06	675034.06	1059693.83



Escala 1: 750  
 Proyección Universal Transversal de Mecator  
 Datum: WGS - 84  
 Sistema de Coordenadas WGS - 84 UTM Zona 17

**Legenda:**

- Isobatas
- Línea de costa
- Ruta desde la zona de préstamo
- Ruta hacia la zona de préstamo
- Terraza de diente de perro (Lapies)
- Zona de Manglar
- Punto de acceso
- Dirección de avance

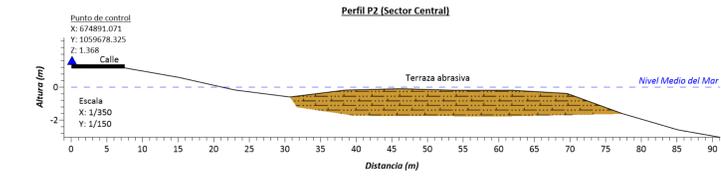
 YGAMMA <small>INGENIERÍA DE PROYECTOS</small>	MINISTERIO DE CIENCIA TECNOLOGIA Y MEDIO AMBIENTE. CUBA	
	<b>PROYECTO:</b> PROYECTO EJECUTIVO PARA LA REHABILITACIÓN DE LA PLAYA DE VIENTO FRIO, COLÓN REPÚBLICA DE PANAMÁ	
<b>JEFE DE PROYECTO:</b> Ing. Vladimir Caballero Camejo	<b>CONFECCIONADO POR:</b> Ing. Vladimir Caballero Camejo	
<b>REVISADO POR:</b> Lic. Leonel Iván Peña Fuentes	<b>TITULO:</b> EJECUCIÓN DE LAS OBRAS	
<b>FECHA:</b> Agosto 2022	<b>ESCALA:</b> 1 : 750	<b>PLANO:</b> 3



Casas y otras instalaciones en la posición del perfil de playa y terraza abrasiva en la zona



Franja de arena y existencia de troncos y basura en la playa



**Sector Central**

- Longitud 200 m
- Perfil incompleto, estrecha franja de arena de 15 m como promedio
- Pendiente submarina dominada por terraza abrasiva intermareal, con un ancho variable entre 33 m y 66 m
- Existencia de instalaciones en el perfil dinámico de la playa
- Deficiente drenaje pluvial
- Necesidad de limpieza de la playa de trocos y basura en general

**Medidas a largo plazo**

- Solucionar el escurrimiento de las aguas pluviales
- Reubicación de las instalaciones en primera línea de costa
- Creación de un programa de educación ambiental para la comunidad
- Ofrecer alternativas a los pobladores para la adquisición de arena para la construcción y prohibir su extracción.

**Medidas a corto plazo**

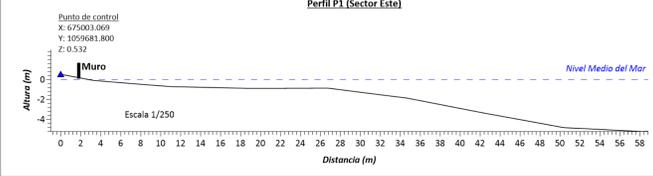
- Restauración del perfil de playa mediante alimentación artificial de arena con el uso de camiones desde la desembocadura del río Cuango
- Volumen total a verter 5000 m<sup>3</sup>, densidad de 25 m<sup>3</sup>/m



Daños por la acción del mar a los muros de protección a las instalaciones



Perdida total de perfil emergido de la playa



**Sector Este**

- Longitud 90 m
- No existe perfil emergido en la playa
- Pendiente suave en el perfil sumergido hasta una distancia de 25 m de la línea de costa
- Existencia de muros de protección a las propiedades en la zona costera.

**Medidas para el sector**

- Restauración del perfil de playa mediante alimentación artificial de arena con el uso de camiones desde la desembocadura el río Cuango.
- Volumen total a verter de 2250 m<sup>3</sup>, densidad de 25 m<sup>3</sup>/m.



**Sector Oeste**

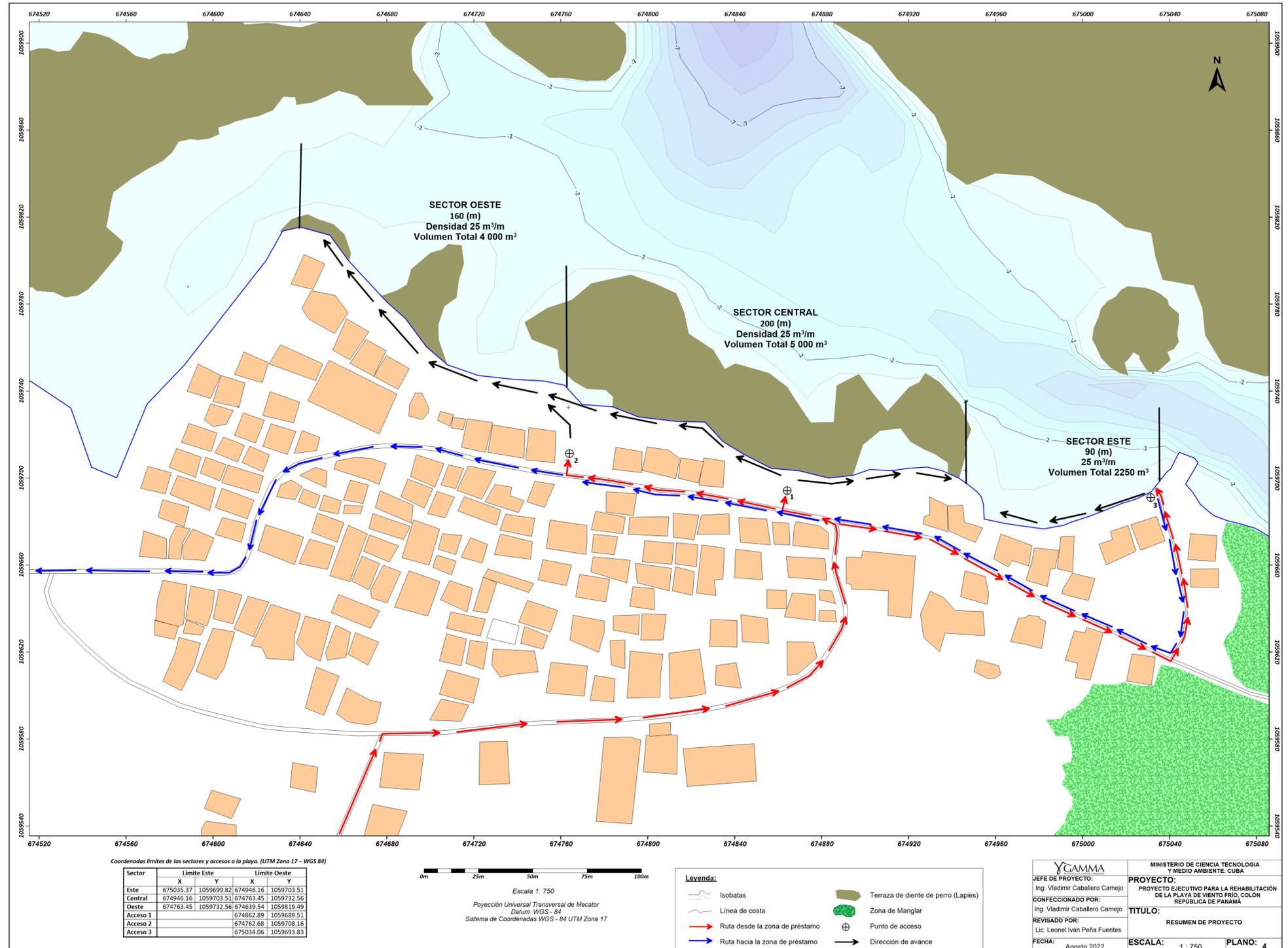
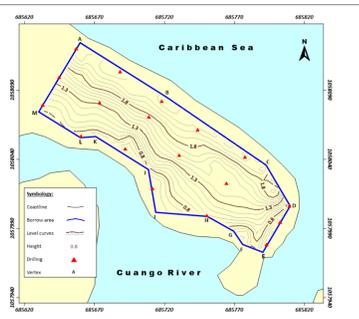
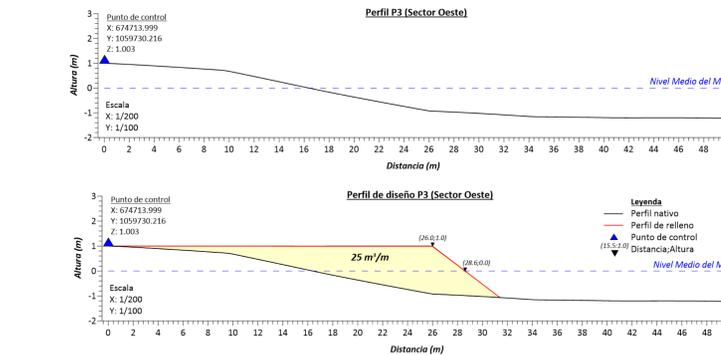
- Longitud 160 m
- Perfil incompleto, estrecha franja de arena de 20 m de ancho
- Pequeñas ensenadas con perfil de arena en la pendiente submarina
- Existencia de instalaciones en el perfil dinámico de la playa
- Deficiente drenaje pluvial
- Necesidad de limpieza de troncos y basura en general

**Medidas a largo plazo**

- Solucionar el escurrimiento de las aguas pluviales
- Reubicación de las instalaciones en primera línea de costa
- Creación de un programa de educación ambiental para la comunidad
- Ofrecer alternativas a los pobladores para la adquisición de arena para la construcción y prohibir su extracción.

**Medidas a corto plazo**

- Restauración del perfil de playa mediante alimentación artificial de arena con el uso de camiones desde la desembocadura del río Cuango
- Volumen total a verter 4000 m<sup>3</sup>, densidad de 25 m<sup>3</sup>/m



**Y GAMMA**

JEFE DE PROYECTO:  
Ing. Vladimir Caballero Camejo

CONFECCIONADO POR:  
Ing. Vladimir Caballero Camejo

REVISADO POR:  
Lic. Leonel Iván Peña Fuentes

FECHA:  
Agosto 2022

MINISTERIO DE CIENCIA TECNOLOGIA Y MEDIO AMBIENTE, CUBA

PROYECTO:  
PROYECTO EJECUTIVO PARA LA REHABILITACION DE LA PLAYA DE VIENTO FRIO, COLON REPUBLICA DE PANAMA

TITULO:  
RESUMEN DE PROYECTO

ESCALA:  
1 : 750

PLANO:  
4