

INFORME FINAL

Proyecto para la rehabilitación de la playa de Runaway Bay Antigua y Barbuda



**La Habana, Cuba
Agosto / 2022**



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

**PROYECTO PARA LA
REHABILITACIÓN DE LA PLAYA DE
RUNAWAY BAY, ANTIGUA Y
BARBUDA**



Agosto de 2022

AUTORES

LIC. PAVEL MORALES DÍAZ

MSC. LEONEL IVÁN PEÑA FUENTES

LIC. ADRIÁN NIÉVARES PÉREZ

MSC. LINNET BUSUTIL LÓPEZ

TEC. MIGUEL FELIPE HERNÁNDEZ

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.

A quienes colaboraron desde la División de Pesca del Ministerio de Agricultura, Pesca y Asuntos de Barbuda, del Estado Asociado de Antigua y Barbuda, en su condición de Punto Focal del proyecto. Su inestimable apoyo contribuyó al éxito en la impartición del Curso de Postgrado y la ejecución de los trabajos de campo y laboratorio. Especial agradecimiento a:

- Mr. Mark Archibald.
- Mr. Hilroy Simon.
- Mr. Jerelle Aaron.

A la Embajada de Cuba en Antigua y Barbuda, a su Embajadora Sra. María Esther Fiffe y Cónsul Dr. Alejandro Colas, por el apoyo brindado.

CONTENIDO

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
II.	JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	3
II.1	Erosión de las playas en las pequeñas islas del Mar Caribe Oriental.....	3
II.2	Breve argumentación del caso de Runaway Bay, en Antigua.	4
II.3	Elementos a considerar para la propuesta de solución.	10
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	12
III.1	Trabajos de Campo.....	12
III.1.1	Reconocimiento de la Zona Costera.....	12
III.1.2	Levantamiento Topográfico.	12
III.1.3	Levantamiento Batimétrico.....	13
III.1.4	Reconocimiento, calado y muestreo del fondo marino.....	15
III.2	Procesamiento de la información de campo.....	16
III.3	Análisis de Laboratorio.....	16
III.4	Análisis de Series Cronológicas.	18
III.4.1	Series Cronológicas.....	18
III.4.2	Análisis Probabilístico.....	19
III.4.3	Olas de tormenta.....	19
III.4.4	Surgencia de Huracán.....	21
III.5	Simulación Numérica.....	21
III.5.1	MOPLA.....	21
III.5.2	Entrada de datos al modelo.	22
III.6	Diseño del Proyecto.....	26
III.6.1	Perfil de Equilibrio.	26
III.6.2	Volumen a verter.....	27
III.6.3	Sobre-relleno.....	29
IV.	CARACTERÍSTICAS FÍSICO-GEOGRÁFICAS.....	31
IV.1	Características Generales y Principales Elementos.	32
IV.2	Geomorfología.....	36
IV.3	Sedimentología.....	37
IV.4	Batimetría.....	40
IV.5	Sectorización y Elementos Destacados.	41
V.	RÉGIMEN CLIMÁTICO E HIDRODINÁMICO.....	48

V.1	Factores meteorológicos generadores de viento y oleaje.	48
V.2	Régimen de Vientos.....	49
V.3	Régimen de Oleaje.	52
V.4	Ciclones Tropicales.	53
V.5	Definición de Situaciones a Simular.	55
V.6	Régimen Medio.	57
V.6.1	Simulación de Oleaje.	57
V.6.2	Corrientes Litorales.	58
V.6.3	Transporte de Sedimentos.	60
V.7	Régimen Extremal.	62
V.7.1	Simulación de Oleaje.	62
V.7.2	Corrientes Litorales.	65
V.7.3	Transporte de Sedimentos.	68
V.8	El Cambio Climático como causa de procesos de erosión.	71
V.9	Resumen de resultados y funcionamiento dinámico.	74
V.9.1	Causas del Proceso Erosivo.	77
VI.	ESTRATEGIA DE REHABILITACIÓN Y MANEJO	79
VI.1	Medidas a corto y mediano plazo.	82
VI.1.1	Sector 2. Requerimiento de definiciones previas.....	83
VI.1.2	Acciones a corto y mediano plazo.	84
VI.2	Medidas a largo plazo.....	85
VII.	DISEÑO DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA	88
VII.1	Alimentación Artificial de Arena.	88
VII.1.1	Zona de Préstamo.....	90
VII.1.2	Caracterización de la Biota Marina.	92
VII.1.3	Caracterización del Recurso.	92
VII.1.4	Idoneidad de la arena a emplear.....	95
VII.1.5	Cálculo del Factor de Sobre Relleno.....	97
VII.1.6	Aplicación del Método de Dean.	98
VII.2	Duna de diseño.....	99
VII.3	Volumen de Relleno.	101
VII.4	Otras acciones para la protección de estructuras vulnerables.	102
VII.5	Restauración de la vegetación sobre la duna proyectada.	105
VIII.	MODO DE EJECUCIÓN Y TIEMPO ESTIMADO.....	108

VIII.1	Trabajos de Dragado.	108
VIII.2	Trabajos en tierra.	112
VIII.3	Control de Autor.	115
VIII.4	Tiempo de ejecución estimado.	115
VIII.5	Evacuación del equipamiento ante eventos extremos.	116
IX.	EFFECTIVIDAD DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA.....	118
IX.1	Pre-diseño del Monitoreo de la playa de Runaway Bay.....	118
X.	CONSIDERACIONES AMBIENTALES	122
X.1	Evaluación preliminar del Impacto Ambiental.	125
XI.	COSTO ESTIMADO.....	137
XII.	BIBLIOGRAFÍA.....	139
XIII.	LISTA DE PLANOS	142
XIV.	ANEXOS	143

I. INTRODUCCIÓN

En enero de 2021 se firmó el Contrato 2/DECS/2021/01SS, entre la Asociación de Estados del Caribe (AEC) y la empresa del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente de Cuba, "Inversiones GAMMA S.A.", con el objetivo de elaborar tres proyectos ejecutivos de rehabilitación de playas, incluyendo las playas Viento Frío (Colón, República de Panamá), Runaway Bay (Antigua, Estado Asociado de Antigua y Barbuda) y Bonasse (Bahía de Cedros, República de Trinidad y Tobago).

En mayo de 2021 se firmó el Suplemento nº 1 al Contrato, con el objetivo de modificar la fecha de inicio de los trabajos de campo, prevista para marzo de 2021, trasladándola a septiembre de 2021.

En correspondencia con un Plan de Contingencia, y como resultado de las gestiones del GAMMA, un grupo de avanzada de seis Especialistas e Ingenieros cubanos viaja a Panamá, con los equipos de medición, iniciando los trabajos de campo en la playa Viento Frío el 13 de agosto de 2021, 18 días antes de la fecha comprometida.

La compleja situación sanitaria mundial continuó durante los meses siguientes, reduciendo la disponibilidad de vuelos. Por ello, el equipo de GAMMA tuvo que seguir trabajando a distancia, coordinando al mismo tiempo el inicio de los trabajos en los dos casos de estudio restantes.

Finalmente, el 17 de abril de 2022, dos equipos de especialistas cubanos llegaron simultáneamente a Antigua y Barbuda y a Trinidad y Tobago con el equipamiento técnico necesario para iniciar los trabajos de campo.

Ante la realidad objetiva que se presentó, fue necesario un nuevo reajuste de los participantes y del cronograma de trabajo, manteniendo siempre el estándar de calidad acordado.

En el caso de Antigua y Barbuda, tras una rápida coordinación sobre el terreno, y con el apoyo destacado del Punto Focal, los trabajos de campo se iniciaron el 21 de abril y se prolongaron hasta el 15 de junio.

Los trabajos de campo concebidos en la Tarea Técnica, que forma parte del contrato de elaboración del proyecto ejecutivo para la recuperación de la playa de Runaway Bay, se completaron satisfactoriamente.

Entre los principales resultados obtenidos se encuentran:

- Reconocimiento de la zona de estudio.
- Levantamiento topográfico de la playa y la zona costera.
- Exploración de la superficie del fondo marino en busca de depósitos de arena marina con potencialidades para su uso como zona de préstamo para un posible proyecto de alimentación artificial de arena.
- Levantamiento batimétrico del fondo marino en el frente costero de la zona de estudio y la zona de préstamo propuesta.
- Muestreo de la arena de la playa y la zona de préstamo propuesta.
- Análisis en el laboratorio de las muestras de arena para determinar su granulometría y composición.

Se elaboraron informes semanales sobre las acciones realizadas durante el periodo y se enviaron a las partes interesadas.

Una vez finalizados los trabajos de campo, se entregó un informe de avances en el que se describían las principales tareas realizadas y se ilustraba el progreso del proyecto de Rehabilitación de la playa de Runaway Bay, en Antigua y Barbuda, hasta entonces.

Tras la conclusión de los trabajos de campo, continuó el procesamiento de la información obtenida, de las series cronológicas disponibles de variables de interés, y la preparación y ejecución de simulaciones numéricas de oleaje, corrientes litorales y transporte litoral de sedimentos.

El estudio de la bibliografía disponible y los resultados obtenidos a partir de las investigaciones realizadas, ha permitido caracterizar la zona de estudio, identificar evidencias y causas del proceso erosivo, y diseñar alternativas para la recuperación de la playa de Runaway Bay.

Asimismo, este informe de proyecto incluye propuestas de estrategias de manejo, con acciones a desarrollar a corto, mediano y largo plazo, para la preservación de las condiciones de la playa, una vez recuperada, ante el previsible impacto de eventos meteorológicos extremos y el incremento pronosticado del nivel medio del mar inducido por el Cambio Climático.

II. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

La erosión de las playas arenosas constituye un problema a escala global, y es particularmente perjudicial, para aquellos países cuyas economías son dependientes del turismo, en la modalidad de Sol y Playa, como sucede con las pequeñas naciones insulares del Mar Caribe Oriental.

En las últimas décadas se han ido acumulando evidencias que demuestran el carácter generalizado de la erosión de las playas a escala global, y aunque la acción antrópica local se constituye como causa esencial del problema en muchos casos, las evidencias de erosión están presentes también en playas con nula o casi nula intervención del hombre.

El Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC), había advertido que las zonas costeras serían las primeras afectadas, en un escenario en el cual avanzan y se aceleran los procesos que gradualmente conducen a un Cambio Climático Global.

En su VI Reporte (2022), el IPCC señala que, en los últimos 25 años, hasta 2018, el nivel medio del mar se incrementó en 8.1 cm, valor igual al acumulado estimado para 60 años entre 1930 y 1990; el ritmo anual del incremento entre 1993 y 2018 ha sido 2.4 veces superior al medido entre 1901 y 1990, y este a su vez, es superior a lo estimado para cualquier centuria en al menos 3000 años.

Es de esperar que el incremento del nivel medio del mar conduzca al desarrollo de procesos erosivos en las playas arenosas. La presencia de evidencias de erosión, incluso en playas no intervenidas aún por el hombre, así como el carácter generalizado de la erosión a escala global, permiten relacionar ambos fenómenos.

II.1 Erosión de las playas en las pequeñas islas del Mar Caribe Oriental.

En el informe “Diagnóstico de los Procesos de Erosión en las Playas Arenosas del Caribe” (UNEP, 2003) elaborado por especialistas ambientales cubanos en el marco del proyecto “Alteración Física y Destrucción de Hábitats” del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, se incluye un resumen de estudios realizados durante la última década del siglo XX por la Dra. Gillian Cambers y varios colaboradores locales, en diferentes playas de pequeñas islas del Mar Caribe Oriental.

Los resultados de estas investigaciones permitieron comprobar que el 70% de las playas estudiadas registraron un retroceso de la línea de costa que varió entre 0.27 m/año y 1.06 m/año (Tabla No. 1).

Tabla 1: Resumen de resultados obtenidos por Cambers entre 1985 y 1994, en el estudio de los procesos de erosión en playas de los pequeños estados insulares del Mar Caribe Oriental (UNEP, 2003).

Isla	Período de observación	Total de sitios medidos	Número de sitios con erosión	Número de sitios con acreción	Cambio medio en el ancho de playa, (m/año)
Antigua	1992-1994	30	24	6	-0.85
Islas Vírgenes Británicas	1989-1992	44	32	12	-0.36
Dominica	1987-1992	23	21	2	-1.06
Granada	1985-1991	40	26	14	-0.31
Montserrat	1990-1994	10	2	8	1.07
Nevis	1988-1993	17	13	4	-0.85
St. Kitts	1992-1994	35	22	13	-0.27

La erosión resultaba de una combinación de factores naturales y antropogénicos. Entre los naturales, Cambers (1997) señala las marejadas generadas fundamentalmente durante el invierno septentrional y al paso de huracanes, así como la elevación del nivel del mar. Entre los más importantes factores antropogénicos identifica la actividad minera en el litoral, instalaciones muy próximas a la zona de playa, incorrecta ubicación de defensas costeras y destrucción de las barreras arrecifales (UNEP, 2003).

II.2 Breve argumentación del caso de Runaway Bay, en Antigua.

James (2017), en un reporte técnico auspiciado por la División de Pesca del Ministerio de Agricultura, Tierras, Pesca y Asuntos de Barbuda, resumía el resultado del monitoreo de 19 playas distribuidas a lo largo de toda la costa de Antigua, entre 1995 y 2015. Para todo el período, el saldo resultaba negativo sólo en 3 casos, entre las cuales no estaba incluida Runaway Bay (Fig. 1).

Sin embargo, el reporte advertía que durante el período 2009-2015 habían predominado los procesos de erosión en 13 de las 19 playas monitoreadas (Fig. 2).

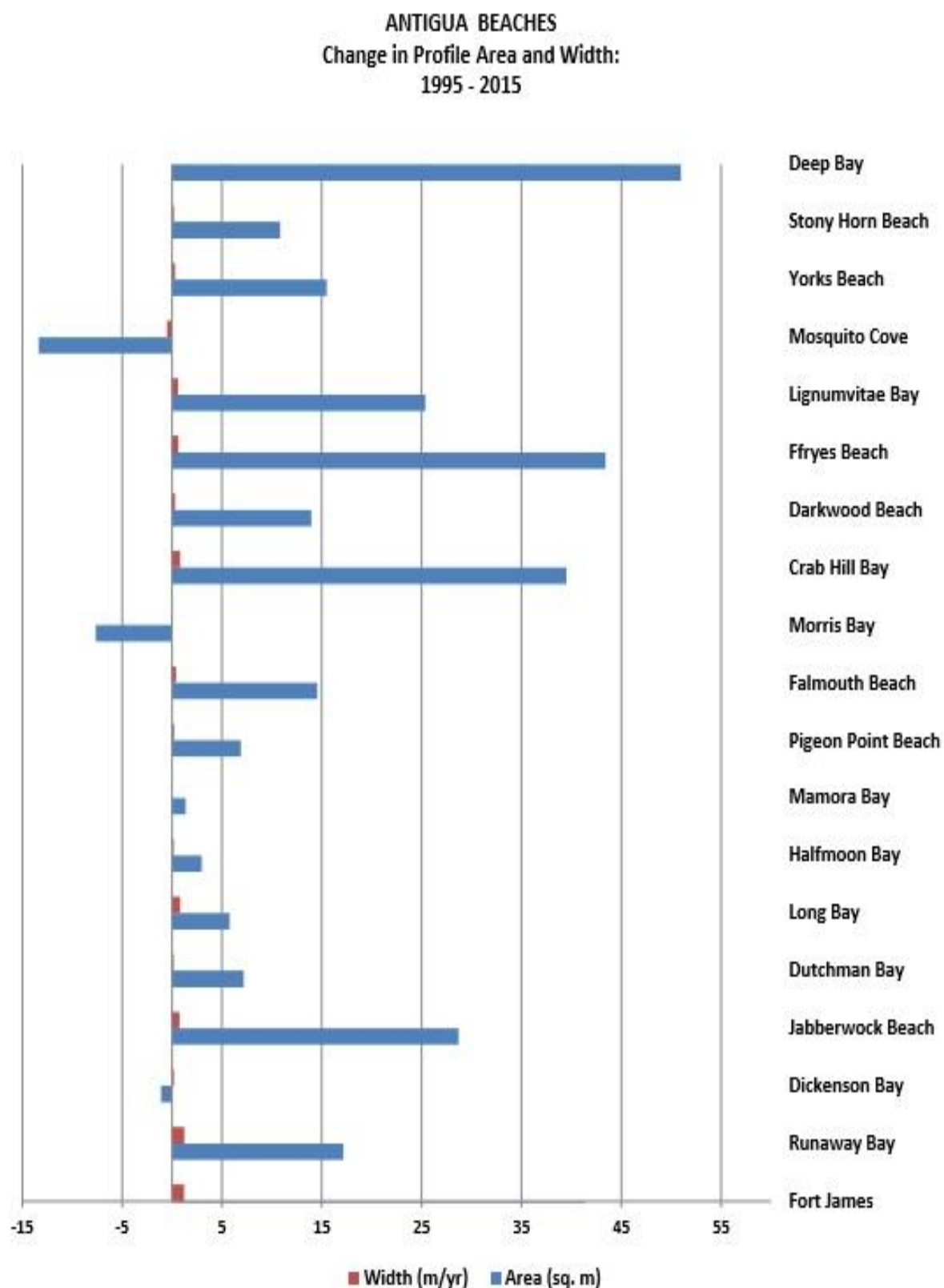


Figura 1: Resumen de resultados del monitoreo de 19 playas en Antigua entre 1995 y 2015. Variación del Ancho de Playa (m/año) y Área de la playa (m²) (James, 2017).

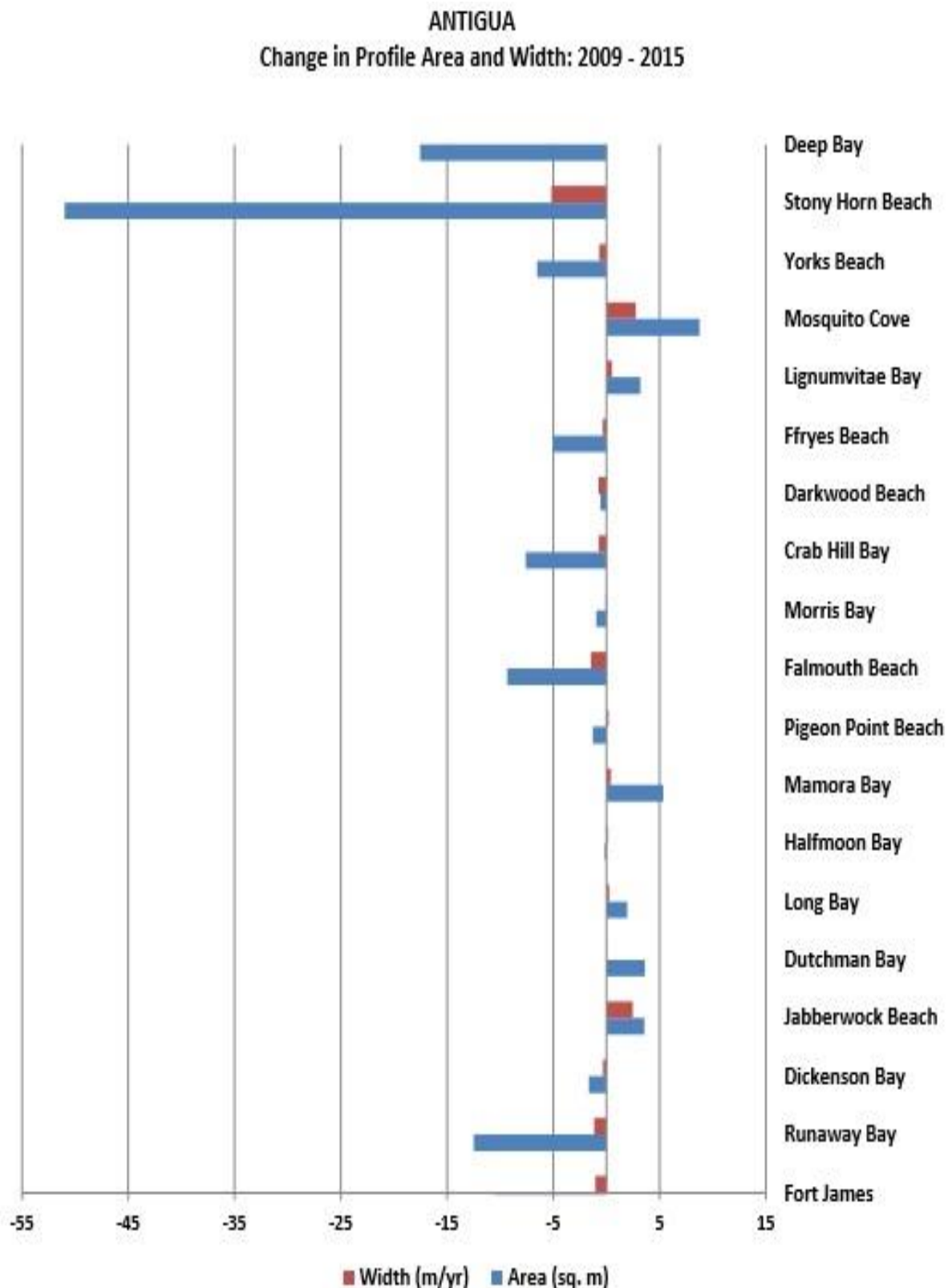


Figura 2: Resumen de resultados del monitoreo de 19 playas en Antigua entre 2009 y 2015. Variación del Ancho de Playa (m/año) y Área de la playa (m²) (James, 2017).

En este último período Runaway Bay se incluye entre las playas que registraron un retroceso de la línea de costa con 1.134 m por año (James, 2017) con base en mediciones anuales en dos perfiles cuya localización explícita no se incluyó en el reporte. Tal ritmo anual clasifica como Erosión Moderada, de acuerdo con Juanes (1996).

El proceso erosivo, según esta información, no parecía ser demasiado intenso, y de hecho podría tratarse apenas de un período erosivo motivado por la coincidencia del paso de cierto número ciclones tropicales. Sin embargo, esto no resultaba coherente con la magnitud de la intervención antrópica apreciable en los sectores Centro y Norte de la playa, caracterizada por la construcción de estructuras de defensa costera financiadas por los propietarios de las construcciones ocupantes de la duna.

La revisión de la cronología de imágenes satelitales disponibles en Google Earth no aportaba información relevante, al tratarse de apenas de una decena de imágenes tomadas a intervalos irregulares. Sólo permitió datar la fecha de construcción de las escolleras a modo de rompeolas y espigón, situadas en el centro de la playa, ejecutadas en distintas etapas entre 2010 y 2018.

Una revisión bibliográfica más detallada permitió observar algunos elementos previos al referido monitoreo iniciado en 1995, de modo que fue posible comprender la magnitud del proceso erosivo que sufre la playa de Runaway Bay, y algunas de sus posibles causas:

- Según Albuquerque y McElroy (1995), y Baldwin (2000) el proyecto de Marina Bay, fue ejecutado entre 1986 y 1989. Este incluyó el dragado del canal de acceso y la construcción de la escollera que actualmente limita por el Norte a Runaway Bay. Tal proyecto probablemente haya contribuido a disminuir los aportes de sedimentos arenosos a Runaway Bay, desde Dickenson Bay.
- Con anterioridad, y en particular en la década de los 80 del siglo XX, tuvo lugar en el sector Norte de Runaway Bay, cierto desarrollo inmobiliario con fines turísticos, que se vio limitado con el abandono del proyecto concebido para Marina Bay y McKinnon's Salt Pond ante las dificultades tecnológicas para su ejecución, los graves problemas ambientales desatados, y el reclamo popular (Albuquerque and McElroy, 1995, and Baldwin, 2000).
- A lo largo de décadas se practicó la minería de arena en las dunas de la playa, específicamente en la zona de Dry Hill, con fines constructivos, lo cual continuó ilegalmente a pesar de su prohibición por ley en 1957 (Albuquerque y McElroy, 1995 and

Baldwin, 2000). Esto limita las reservas de arena de la playa, disminuyendo su capacidad de resiliencia ante el impacto de eventos meteorológicos extremos.

- Se refiere la ejecución de importantes proyectos de dragado de Green Bay (situada al Sur de Runaway Bay y Fort Bay, y donde se ubica el Puerto de Saint Johns) durante los últimos años del siglo XIX y en las décadas de los años 60 y 80 del siglo XX (Baldwin, 2000). Elemento a considerar en el estudio.
- En septiembre del año 1995, Antigua y Barbuda fueron afectadas por el paso del poderoso huracán Luis, de categoría 4 de la escala Saffir-Simpson con gran impacto en varias playas según varios reportes.
- Específicamente un informe financiado por la UNESCO (2000), y con participación de la División de Pesca y otras instituciones internacionales y de Antigua y Barbuda, permitió notar los efectos de este momento de erosión intensa en el sector Norte de Runaway Bay Beach, cuya playa se perdió desde entonces y no ha podido recuperarse hasta el presente (Fig. 3 y Fotograma 1).

Los primeros reportes, imágenes, y la información consultada, permitieron sospechar del desarrollo de un proceso de erosión intensa en la playa de Runaway Bay, extendido por varias décadas, y con génesis en una combinación de causas naturales y antrópicas. Tal situación conduce a la necesidad del desarrollo de las investigaciones de campo, simulaciones numéricas y análisis de laboratorio concebidos en la tarea técnica, como base para el estudio de la dinámica litoral de la zona de estudio, la identificación de las causas específicas de la erosión, el diseño de una solución ingenieril y la concepción de líneas estratégicas para el manejo de la playa a corto, mediano y largo plazo con vistas a su recuperación y preservación ante el previsible impacto de eventos meteorológicos extremos potenciados en el futuro por el incremento del nivel medio del mar inducido por el Cambio Climático.

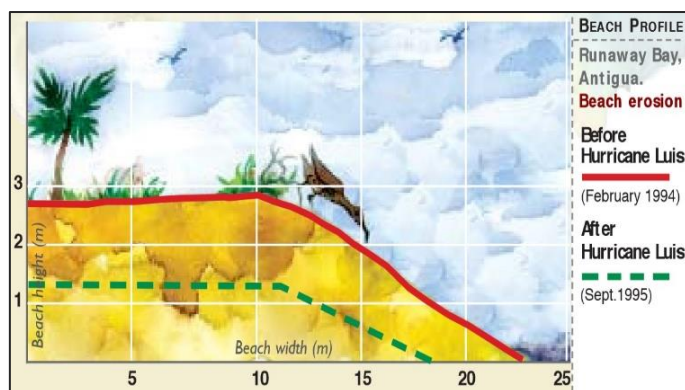


Figura 3: Playa de Runaway Bay. Comparación de perfiles medios antes y después del impacto del Huracán Luis en septiembre de 1995 (UNESCO, 2000).



Fotograma 1: Sector Norte de la playa de Runaway Bay Beach en 1994 (arriba a la izquierda) y 1996 (arriba a la derecha) antes y después del impacto del Huracán Luis en septiembre de 1995, así como en 2022 (abajo).

Por todo esto, y según fue acordado, los objetivos de la investigación son los siguientes:

Objetivo General:

- Diseñar el proyecto ejecutivo para la rehabilitación de la playa de Runaway Bay, Antigua, Antigua y Barbuda.

Objetivos Específicos:

- Establecer una base geodésica para los estudios topográficos, hidrográficos y geofísicos, y el futuro seguimiento de los indicadores geomorfológicos de la playa.
- Realizar secciones transversales para la caracterización morfológica de la playa, así como la posición de la línea de costa.
- Realizar el levantamiento batimétrico para la caracterización morfológica del fondo marino y para las simulaciones matemáticas.
- Caracterizar los sedimentos que componen la playa.

- Simular los procesos hidrodinámicos en el frente costero de interés con el uso de modelos matemáticos de propagación del oleaje, generación de corrientes litorales, transporte de sedimentos y evolución del perfil de la playa después de la tormenta.
- Establecer el esquema de funcionamiento del sistema costero, identificando las causas del proceso de erosión.
- Localizar y evaluar posibles fuentes de préstamo de arena para la ejecución de obras de rehabilitación de playas.
- Identificar alternativas de ingeniería para el control de la erosión y la protección de la línea de costa.
- Establecer los parámetros técnicos y de diseño de las soluciones propuestas.

II.3 Elementos a considerar para la propuesta de solución.

Este tipo de investigaciones se dirige inicialmente, a la caracterización del estado de la playa estudiada y la identificación de evidencias del proceso erosivo y sus causas.

Establecer las causas de la erosión es fundamental para la definición de las propuestas de solución, dado que estas deben incluir medidas dirigidas explícitamente a revertir la situación que favorece tales causas.

Por ejemplo, si la playa se erosiona por un incremento de la energía del régimen habitual de oleaje, o de la frecuencia de afectación por olas de tormenta, podría requerir la construcción de estructuras disipativas que garanticen la estabilidad de la arena en el perfil: sin embargo, esta solución por sí sola, no será capaz de devolver a la playa, la arena perdida, por lo que probablemente deberá complementarse con la aplicación de la alimentación artificial de arena.

También debe considerarse que las playas arenosas en buen estado son muy eficaces en la disipación de la energía del oleaje, por lo que su sola recuperación mediante vertimientos de arena suele ser la solución más idónea; y también lo es, cuando la causa fundamental está en una disminución en los aportes de las fuentes naturales productoras de arena.

En cualquier caso, el enfoque de la propuesta de solución a concebir debe incluir 3 componentes fundamentales: morfológica, estética y funcional; que en términos generales conducen a la restitución de los elementos morfológicos que conforman un perfil de playa tipo, y en particular, el pre-existente en la zona de estudio; el rescate de sus valores paisajísticos naturales; y un doble valor de uso en lo funcional, obteniendo una playa recuperada de modo

que resulte atractiva y capaz de sostener un uso turístico y recreativo, y a la vez disipe la energía de las olas y evite posibles penetraciones del mar.

En el plano temporal, debe valorarse igualmente, la escala del proceso. En la actualidad, los pronósticos que se realizan para el incremento del nivel medio del mar inducido por el Cambio Climático, y su efecto erosivo sobre las playas, entre otros elementos, obligan al diseño de un programa de manejo que sume a las acciones a desarrollar a corto y mediano plazo, y lineamientos estratégicos para el manejo a largo plazo de la playa.

Debe entenderse, además, que la práctica demuestra que en general no existen soluciones definitivas, ni únicas, para la erosión de las playas; sino que es preciso el diseño de programas de manejo que implementen disímiles medidas y acciones que se complementen entre sí, en busca de revertir el escenario que propicia que se manifiesten las causas de la erosión, y controlar sus efectos.

El manejo a largo plazo necesariamente deberá incluir el monitoreo de la efectividad de las actuaciones ejecutadas y la evolución morfodinámica de la playa, como herramienta para la mejora continua de la estrategia de manejo, y el diseño de nuevas acciones, incluyendo las de mantenimiento periódico de las obras ejecutadas, ya sea que se trate de estructuras rígidas, playas recuperadas mediante vertimientos de arena, o dunas reconstituidas, etc.

La metodología seguida durante la investigación permitirá proponer las soluciones más idóneas en función del estado de la playa, de modo que estén dirigidas explícitamente a dar respuesta a las causas que favorecen su erosión, priorizando, siempre que resulte factible, la aplicación de un enfoque de Adaptación al Cambio Climático basada en la Rehabilitación de Ecosistemas, y el Manejo Sostenible de los Recursos Naturales como base para el Desarrollo.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

III.1 Trabajos de Campo.

III.1.1 Reconocimiento de la Zona Costera.

Se realizó una exploración a lo largo de todo el litoral de la playa de Runaway Bay, y de las adyacentes Dickenson Bay (al Norte), y Fort James (al Sur). Por mar, se recorrió el litoral un poco más al norte. Por tierra, se hizo hincapié en el reconocimiento de todo el perfil de la playa de Runaway Bay, incluida la vegetación y los edificios que ocupan la zona costera.

El objetivo del reconocimiento preliminar es identificar los principales elementos morfológicos y geológicos que conforman la zona costera, y evidencias de las características de la dinámica de la playa, el proceso de erosión que sufre, y sus posibles causas.

III.1.2 Levantamiento Topográfico.

El punto de partida fue uno de los monumentos topográficos cuyas coordenadas fueron proporcionadas por el Punto Focal. Está situado en la antigua batería de Rat Island, en el puerto de Saint Johns. Desde allí se midieron dos pivotes antes de colocar 8 puntos que constituyeron la línea de base a partir de la cual se midieron los puntos del levantamiento. Se utilizó un sistema KQGeo de geoposicionamiento (GPS), de alta precisión, con tecnología de movimiento en tiempo real (RTK) (Fotograma 2).



Fotograma 2: Levantamiento de Puntos de control desde el monumento topográfico en Rat Island, con coordenadas dadas por el Punto Focal, empleando un sistema de geoposicionamiento de alta precisión (GPS) con tecnología de movimiento en tiempo real (RTK).

El levantamiento topográfico de la playa de Runaway Bay se realizó combinando el uso del referido sistema GPS-RTK y una Estación Total Leica TS-09 (Foto 1).



Foto 1: Una Estación Total Leica-TS09 fue igualmente usada en el levantamiento topográfico de la playa.

III.1.3 Levantamiento Batimétrico.

El objetivo de este estudio es conocer las características del relieve del fondo marino, incluyendo el frente costero de la playa de Runaway Bay, y la zona de préstamo propuesta.

Además, conocer las características del fondo marino, permite realizar una adecuada simulación numérica de los procesos de transformación del oleaje en aguas someras y, en consecuencia, simular el comportamiento de las corrientes litorales y el transporte de sedimentos litorales. Esta información es también útil para determinar las zonas de navegación del buque draga, y definir, la posición de las tuberías de descarga de arena, en caso de que se propusiera la ejecución de un proyecto de alimentación artificial de arena como solución para la recuperación de la playa.

El trabajo se realizó con una ecosonda SDE-28S, que opera con frecuencia de 200 khz y garantiza una precisión de 10 cm en la medición de las profundidades (Foto 2).

Utilizando el software PowerNav, este equipo facilita significativamente la navegación y adquisición de datos del levantamiento, así como su subsecuente procesamiento.



Foto 2: Ecosonda SDE-28S, instalada en el barco empleado para realizar el levantamiento batimétrico.

Para asegurar el registro de la posición durante los sondeos, se utilizó un Receptor GPS Hemisphere VS 100 (Fig. 4), un dispositivo que proporciona información precisa y fiable a altas velocidades de actualización, que permite asignar los datos de coordenadas a cada uno de los registros de profundidad obtenidos de la ecosonda. Para ello, cuenta con un motor GPS de alto rendimiento y dos antenas multitrayecto para el procesamiento de la señal GPS.



Figura 4: Receptor GPS Hemisphere VS 100.

El equipo se instaló en una pequeña embarcación, con las características adecuadas en cuanto a maniobrabilidad, necesarias para mantener el rumbo de las líneas de sondeo y un calado que permita la aproximación a la costa (Foto 3).



Foto 3: Estudio batimétrico del talud sumergido frente a la playa de Runaway Bay y zonas adyacentes, incluida la zona de préstamo propuesta; utilizando una ecosonda instalada en una pequeña embarcación rentada a un proveedor local.

III.1.4 Reconocimiento, calado y muestreo del fondo marino.

Antes del comienzo de los trabajos de campo, se definieron varias zonas, a lo largo del frente de costa, que debían ser exploradas con el fin de seleccionar la más adecuada para ser utilizada como zona de préstamo para un posible proyecto de restauración de la playa mediante la aplicación de alimentación artificial de arena.

Se definió un plan de trabajo para su exploración que incluía la realización de estaciones de buceo cada 50 m (Fotograma 3), el muestreo del fondo, la medición del espesor de la capa de arena mediante el uso de una barrena manual de 1.65 m de longitud, y la descripción del fondo marino, comprobando que no existen obstáculos como rocas, arrecifes de coral, etc.



Fotograma 3: Exploración, perforación y muestreo del fondo marino mediante buceo autónomo.

III.2 Procesamiento de la información de campo.

La obtención del dato primario correspondiente al levantamiento topográfico, se realizó con ayuda de los softwares Flex Office de Leica, para las mediciones realizadas con la Estación Total Leica TS-09, y FieldGenius 9.0, propio del equipo RTK de KQGeo.

Los datos obtenidos durante el levantamiento batimétrico fueron corregidos y exportados empleando el software PowerNav, propio de la Ecosonda SDE-28S. A falta de tablas de mareas oficiales o de registros instrumentales que pudieran utilizarse para corregir los registros de profundidad obtenidos durante las prospecciones, se confió en las predicciones publicadas para el puerto de Saint Johns, en <https://www.tideking.com>.

La interpolación y elaboración de los planos correspondientes a los levantamientos topográfico y batimétrico, se realizó aplicando el método de Kriging, con ayuda del software Surfer 16 de Golden Softwares.

La representación en el plano se realizó utilizando una Proyección Transversa de Mercator con Datum del mapa, Antigua-1943, del Sistema de Coordenadas de las Indias Británicas Occidentales (British West Indies Grid Coordinates System).

La representación espacial del levantamiento topográfico en el plano se valió del empleo de curvas de nivel, o isohipsas, representadas a intervalos de 0.5 m de variación en la vertical; de manera análoga, las isobatas fueron representadas con intervalos de 1.0m. Se diseñaron escalas cromáticas personalizadas al efecto. Las alturas y profundidades fueron referidas al nivel medio del mar.

III.3 Análisis de Laboratorio.

Los análisis de granulometría y composición de la arena se realizaron en un laboratorio de campo in situ. El análisis granulométrico se realizó manualmente, mediante tamizado en seco, utilizando tamices pertenecientes al equipo Retsh As 200 con un conjunto de mallas de 0,063, 0,125, 0,25, 0,50, 1, 2 y 4 mm (Foto 4).

Los datos de peso por tamiz se procesaron con Gradistat Versión 8.0, software desarrollado por Simon Blott, del Departamento de Geología de la Royal Holloway University of London (Blott, 2001), obteniendo el diámetro medio de la partícula (M) en unidades de mm y ϕ y la

desviación estándar. Para la clasificación de los sedimentos, se utilizó la escala propuesta por Wentworth (Shore Protection Manual, 1984) (Tabla 2).



Foto 4: El tamizado de las muestras para el análisis granulométrico se realizó con un set de tamices pertenecientes a una tamizadora electrónica Retsch As 200.

Tabla 2: Clasificación de Wentworth.

ASTM Mesh	mm Size	Phi Value	Wentworth Classification	
			BOULDER	
	256.0	-8.0		
	76.0	-6.25	COBBLE	
	64.0	-6.0		
	19.0	-4.25	PEBBLE	
4	4.76	-2.25		
5	4.0	-2.0		
			GRAVEL	
10	2.0	-1.0	very coarse	SAND
18	1.0	0.0	coarse	
25	0.5	1.0		
40	0.42	1.25	medium	
60	0.25	2.0		
			fine	
120	0.125	3.0		
200	0.074	3.75	very fine	
230	0.062	4.0		
			SILT	
	0.0039	8.0		
			CLAY	
	0.0024	12.0		
			COLLOID	

El análisis de la composición se realizó después de haberse llevado a cabo el procesamiento granulométrico, teniendo en cuenta la metodología de Avello y Pavlidis (1975) (Foto 5).

Para ello se escogen las fracciones de 2-1, 1-0.5 y 0.5-0.25 mm. Posteriormente, bajo el microscopio, se toman de forma aleatoria 200 granos de cada una de ellas y se procede a la separación de los diferentes grupos de acuerdo con las características morfológicas que se aprecien en los mismos. Luego se obtienen los porcentajes de cada grupo con respecto al total de la muestra.



Foto 5: Análisis de muestras de arena al microscopio en el laboratorio de campo. Se realizaron análisis granulométricos y de composición de la arena de Runaway Bay y la zona de préstamo propuesta.

III.4 Análisis de Series Cronológicas.

III.4.1 Series Cronológicas.

Durante la investigación se emplearon las siguientes series cronológicas:

- Serie tri-horaria de velocidad y dirección del viento correspondiente a la estación BARA9, situada en la costa Oeste de Barbuda. Período 2012-2016 (Data Buoy Center).
- Serie tri-horaria de Dirección, Altura Significativa y Período Pico de la Ola, correspondiente a la boya oceanográfica 41040, situada aproximadamente 900 km al ESE de Antigua y Barbuda, en el Océano Atlántico. Período 2006-2021 (Data Buoy Center).
- Serie cronológica de ciclones tropicales de 1950 a 2021 (Atlantic Reanalyze Project, NOAA).

III.4.2 Análisis Probabilístico.

Las series de velocidad del viento, y altura significativa y período pico de la ola, fueron ajustadas a una distribución de máximos de Gumbel, mediante una función lineal del tipo:

$$\lambda = X_p + \delta \ln[-\ln(F_p)] \quad (1)$$

Se asumió la probabilidad equivalente al 50% como representativa del Régimen Medio, y se calcularon los valores superados sólo 12 horas al año, en función de la propia ecuación de ajuste obtenida.

En el caso del viento, se conformaron matrices de frecuencias para coincidencias de rangos de velocidad y rumbo, así como de velocidad y hora del día, rumbo y hora del día, y velocidad y mes del año.

III.4.3 Olas de tormenta.

La serie de eventos extremos se conformó a partir de los registros de viento al paso de los ciclones tropicales por el cuadrante delimitado por los paralelos 15°28'48" LN y 18°48'36" LN, y los meridianos 60°07'12" LW y 63°35'24" LW, de modo que la distancia desde la zona de estudio hacia cada lado del polígono, es de aproximadamente 100 millas náuticas.

Una vez conformada la serie, fue igualmente ajustada mediante una función lineal, a una distribución probabilística de máximos de Gumbel, obteniendo los valores del viento generado por un ciclón tropical, con periodos de retorno equivalentes a 10 y 100 años.

El procedimiento utilizado para calcular el oleaje generado por los huracanes se describe en EE.UU. - CERC (1977). Se basa en un método empírico propuesto por Sverdrup, Munk y Bretschneider (Método SMB, descrito en la misma fuente), que se resuelve para alcances cortos y velocidades de viento elevadas. (Bretschneider, (1959), según Aldeco, J. y Montañón-Ley, Y., (1986)).

La estimación de la altura de ola significativa y el periodo asociado a la misma, en el punto de vientos máximos, se realizó mediante las siguientes ecuaciones:

$$H_{(S)máx} = 5.03e^{\left(\frac{R\Delta p}{4700}\right)} \left[1 + \frac{0.29\alpha V_F}{(U_R)^{1/2}}\right] \quad (2)$$

$$T_{(P)máx} = 8.6e^{\left(\frac{R\Delta p}{9400}\right)} \left[1 + \frac{0.145\alpha V_F}{(U_R)^{1/2}}\right] \quad (3)$$

donde:

$H_{Smáx}$: Altura de la ola significativa (m) en aguas profundas, correspondiente a la zona de máximo desarrollo al interior del huracán.

$T_{Pmáx}$: Período Pico (s) de la ola en aguas profundas, correspondiente a la zona de máximo desarrollo al interior del huracán.

R : Radio de vientos máximos (Km).

ΔP : Diferencia entre la presión en el ojo del huracán, y la presión estándar en superficie (1013.25 mb).

V_F : Velocidad de traslación del huracán (Km/h).

U_R : Velocidad de los vientos máximos sostenidos del huracán (Km/h).

El propio método permite calcular los parámetros de oleaje en cada sector de un ciclón tropical tipo, lo que fue empleado en función de la trayectoria prevista y el rumbo de oleaje incidente a simular (Fig. 5).

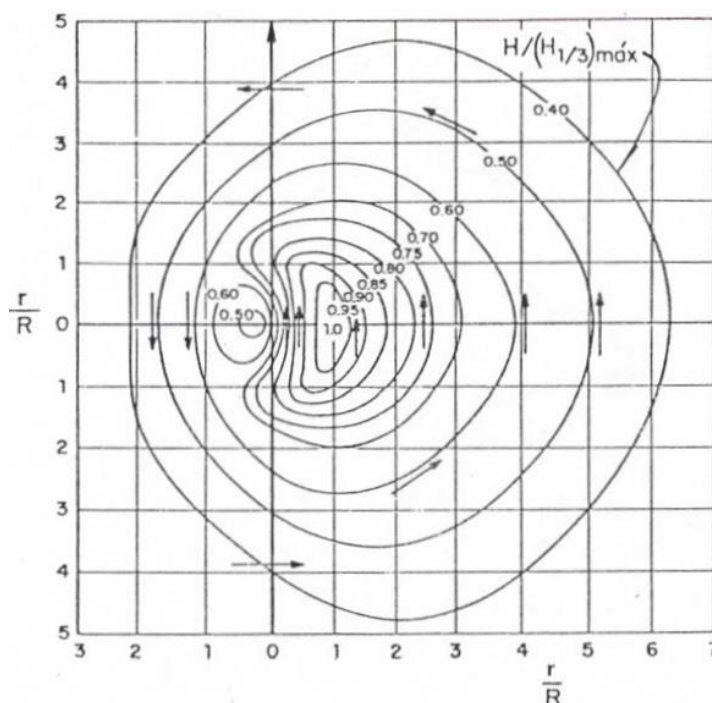


Figura 5: Altura de la ola en relación al punto de máxima altura, en función de la distancia al centro de circulación y el radio de vientos máximos de un ciclón tropical (SMB Method).

III.4.4 Surgencia de Huracán.

La elevación media del nivel del mar, causada por la marea de surgencia, puede estimarse a partir de la velocidad de los vientos máximos sostenidos y del radio de vientos máximos de un ciclón tropical, aplicando un método paramétrico.

A partir del análisis de las mediciones de la elevación de la marea de surgencia generada por algunos ciclones tropicales en Estados Unidos y Japón, se obtuvo la siguiente expresión para determinar la amplitud máxima de la marea de surgencia debida a un ciclón tropical:

$$h = (0.03R + 0.000119U_R^2 - 1.4421)F \quad (4)$$

donde:

h: Mayor elevación (m) alcanzada por la marea de surgencia en la zona costera.

R: Radio de vientos máximos (Km).

U_R : Velocidad de los vientos máximos sostenidos (Km/h).

F: Factor de corrección de acuerdo a la dirección del viento.

El factor de corrección (F) se determina a partir del ángulo " α " que forma la dirección de la trayectoria del ciclón tropical con respecto a la línea de costa cercana al lugar de interés. Este factor se determina mediante la expresión:

$$F = \begin{cases} 0.6(1 + \sin \alpha) & \text{si } 0^\circ < \alpha < 180^\circ \\ 0.6 & \text{en otros casos} \end{cases} \quad (5)$$

III.5 Simulación Numérica.

III.5.1 MOPLA.

Para simular el comportamiento del oleaje incidente, las corrientes litorales y el transporte litoral de sedimentos, se aplicó el modelo MoPla, diseñado por el Grupo de Ingeniería Oceanográfica y de Costas (GIOC) de la Universidad de Cantabria (UC).

El modelo integral de "Morfodinámica de playas" (MoPla) permite simular, en la zona litoral, la propagación del oleaje desde profundidades indefinidas hasta la línea de costa. A partir del

oleaje, se efectúa el cálculo de corrientes inducidas en la zona de rompientes, y finalmente, simula el transporte de sedimentos en la zona litoral.

Las simulaciones se valieron del paquete para la propagación y simulación de los efectos del oleaje espectral en una playa Oluca-SP, modelo parabólico de propagación de oleaje espectral, no dispersivo, y de resolución de fase.

El modelo requiere como entrada en el contorno exterior (mar adentro), un estado de mar direccional representado por un espectro bidimensional discretizado en componentes frecuenciales y direccionales que serán propagadas de manera simultánea. Para la propagación de las componentes de energía, la aproximación parabólica incluye refracción-difracción con interacción oleaje-corriente. Para estimar las pérdidas de energía debidas a la rotura del oleaje, se recurrió al modelo estadístico de disipación de Thornton y Guza (1983), incluido en el Oluca-SP.

Una vez generado y propagado el espectro de oleaje hasta la zona costera, se aplicó el Modelo de Corrientes en playas inducidas por la rotura del oleaje espectral (Copla-SP), el que resuelve las ecuaciones promediadas del movimiento y la ecuación de la continuidad dentro de la zona de rompientes.

Finalmente, se ejecutó el modelo Eros-SP (Modelo de Erosión-sedimentación y evolución de la batimetría en playas debido al oleaje espectral), el cual resuelve las ecuaciones del flujo de sedimentos dentro de la zona de rompientes, así como los cambios en la batimetría asociados a las variaciones espaciales del transporte de sedimentos, tomando como datos de entrada las salidas de Oluca-SP y Copla-SP, y las características del sedimento de la zona litoral. Este modelo permite caracterizar el transporte de sedimentos debido a las corrientes litorales en la zona costera.

III.5.2 Entrada de datos al modelo.

Se introducen los datos resultantes de los levantamientos topográfico y batimétrico. La superficie se obtiene mediante interpolación realizada por el método de Kriging (El SMC utiliza los motores de cálculo de Surfer).

Se configuran las mallas anidadas requeridas con la mayor resolución posible de acuerdo a la disponibilidad de información y los límites propios del modelo. La información básica de las

mallas empleadas para las simulaciones correspondientes al caso de estudio se muestra en la Tabla 3 y las Figuras 6 a la 9.

Tabla 3: Mallas utilizadas en las simulaciones numéricas. En rojo las mallas de menor resolución, y en negro las mallas encadenadas de detalle.

ID Malla	Origen de Coordenadas		Azimut	Longitud		Espaciamiento		Nodos	
	X	Y		Long X	Long Y	X	Y	X	Y
NNE 60	413950.00	1897495.00	72.5	1380	1980	60	60	24	34
NNE 1/3	414364.97	1896178.87	72.5	2060	1500	20	20	104	76
NNE 1/4	414364.97	1896178.87	72.5	2055	1500	15	15	138	101
N 60	413200.00	1897100.00	62.5	1620	2100	60	60	28	36
N 1/4	414160.91	1895773.86	62.5	1770	1860	15	15	119	125
NW 60	412000.00	1895500.00	35.0	2220	3120	60	60	38	53
NW 1/4	414369.15	1895013.05	35.0	1035	2160	15	15	70	145
W 60	412000.00	1894200.00	0.0	2940	3900	60	60	50	66
W 1/3	414940.00	1894740.00	0.0	1100	1800	20	20	56	91
W 1/4	414940.00	1894740.00	0.0	1710	2940	15	15	115	197

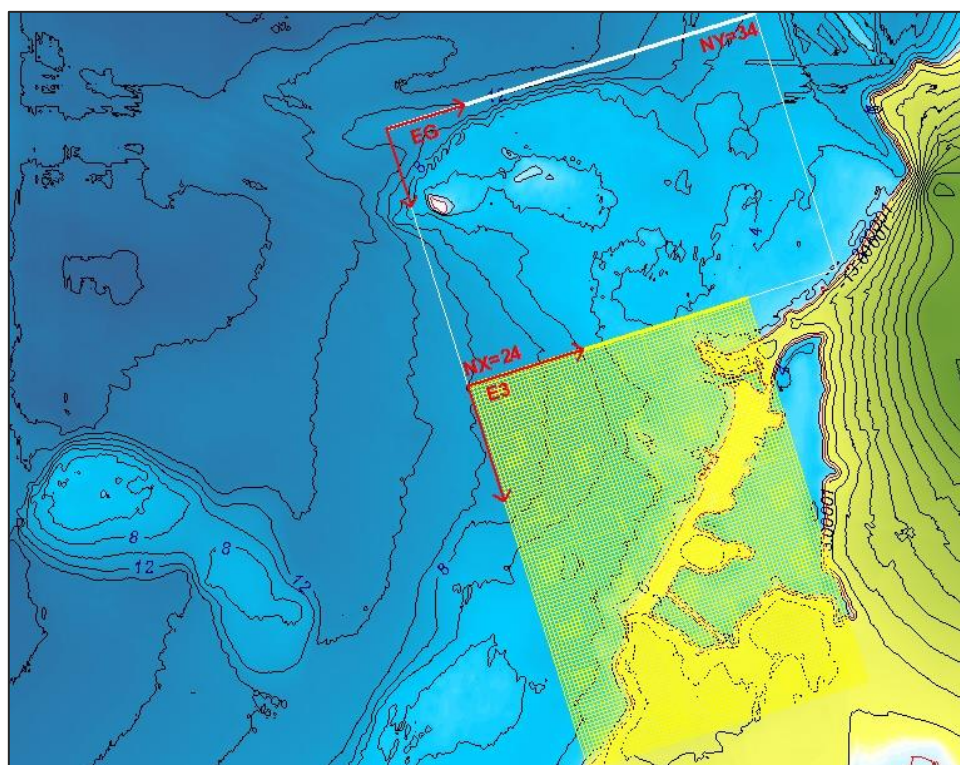


Figura: 6 Mallas NNE 60 y NNE 1/3, empleadas para simular la propagación y transformación del oleaje incidente del NNE, así como las corrientes y el transporte litoral inducidos por este.

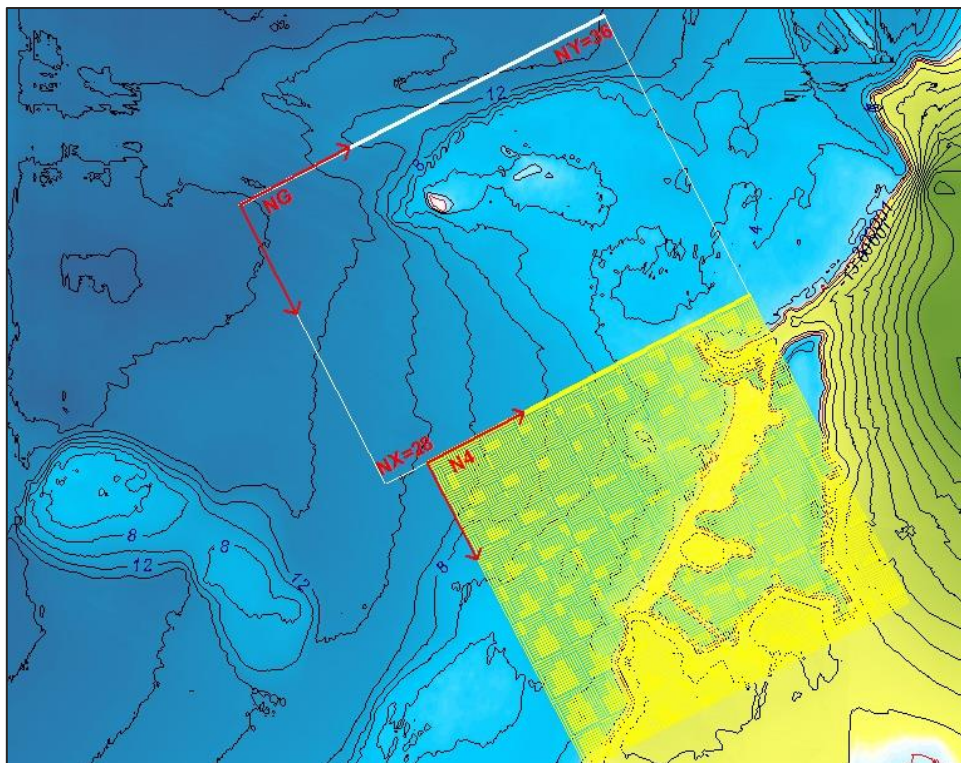


Figura 7: Mallas N 60 y N 1/4, empleadas para simular la propagación y transformación del oleaje incidente del Norte, así como las corrientes y el transporte litoral inducidos por este.

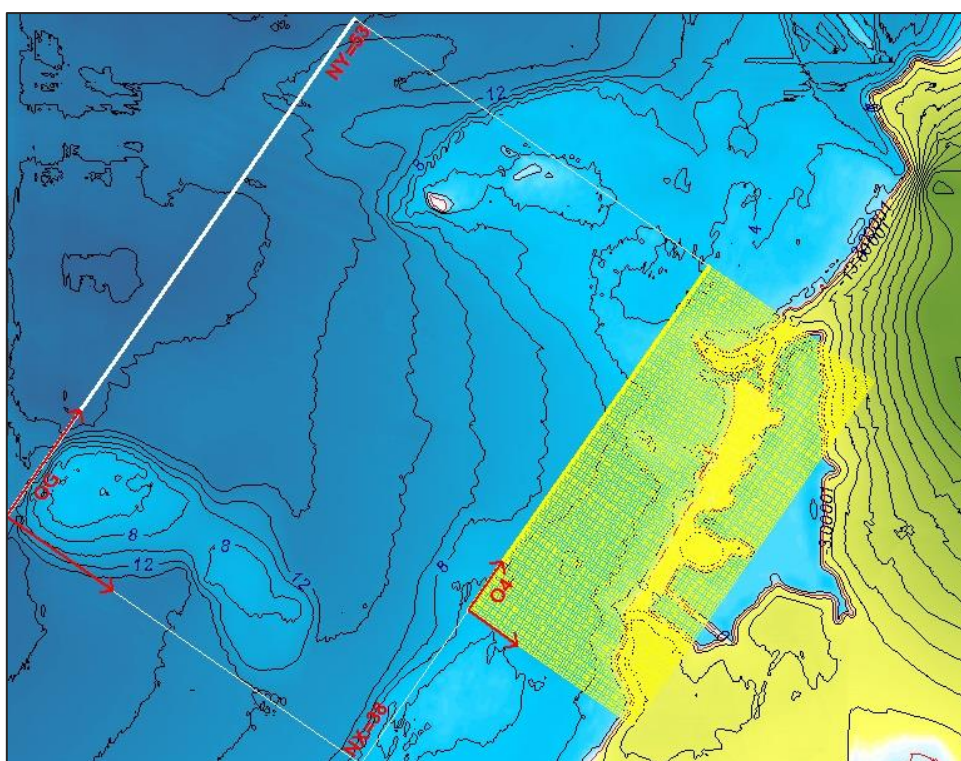


Figura 8: Mallas NW 60 y NW 1/4, empleadas para simular la propagación y transformación del oleaje incidente del NW, así como las corrientes y el transporte litoral inducidos por este.

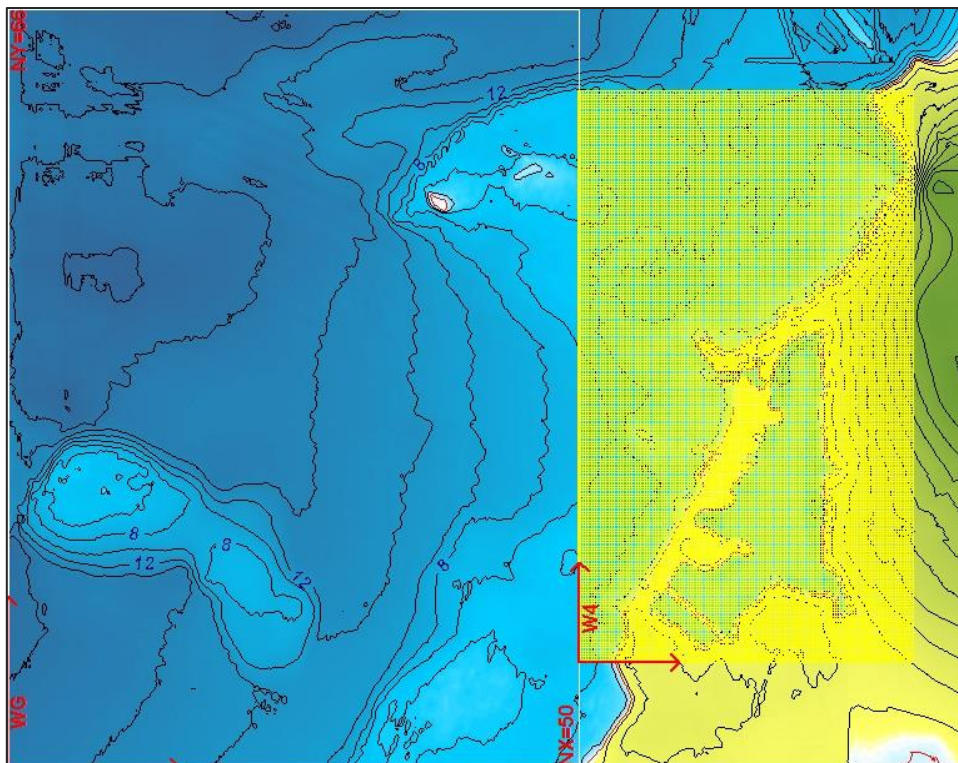


Figura 9: Mallas W 60 y W 1/4, empleadas para simular la propagación y transformación del oleaje incidente del W y el SW, así como las corrientes y el transporte litoral inducidos por este.

En la definición de casos a simular ciertos parámetros permanecieron constantes:

Dando entrada a los valores de H_s se estimó un espectro compuesto de Texel Marsen Arsloe (TMA) con distinto número de componentes de acuerdo al evento simulado. El espectro TMA se define a partir de un espectro JONSWAP y aplica en zonas cercanas a la costa en profundidades medias donde las olas son afectadas por el fondo, lo que se considera mediante la función adimensional propuesta por Hughes (1984); todo lo anterior se calcula automáticamente por parte del sistema.

Los parámetros de gama, y de dispersión direccional de la función de Borgman (1984), así como el número de componentes direccionales, fueron definidos igualmente en función del tipo de evento simulado.

Se trabajó con amplitud de marea igual a 0.30 m, valor superior al 99% de los registrados en 10 años, durante el período 2012-2021, en la estación 9761115, en Barbuda (Fig. 10) (<https://tidesandcurrents.noaa.gov/>).

Se aplicaron los modelos recomendados de Thornton y Guza para la disipación por rotura y de capa límite turbulenta para la disipación por fondo, considerando abiertos los contornos laterales de la malla.

9761115 Barbuda Antigua and Barbuda
Frequency of High Water Elevations Relative to MSL Datum (8.665 Meters)
From 2012-01-01 To 2021-12-31

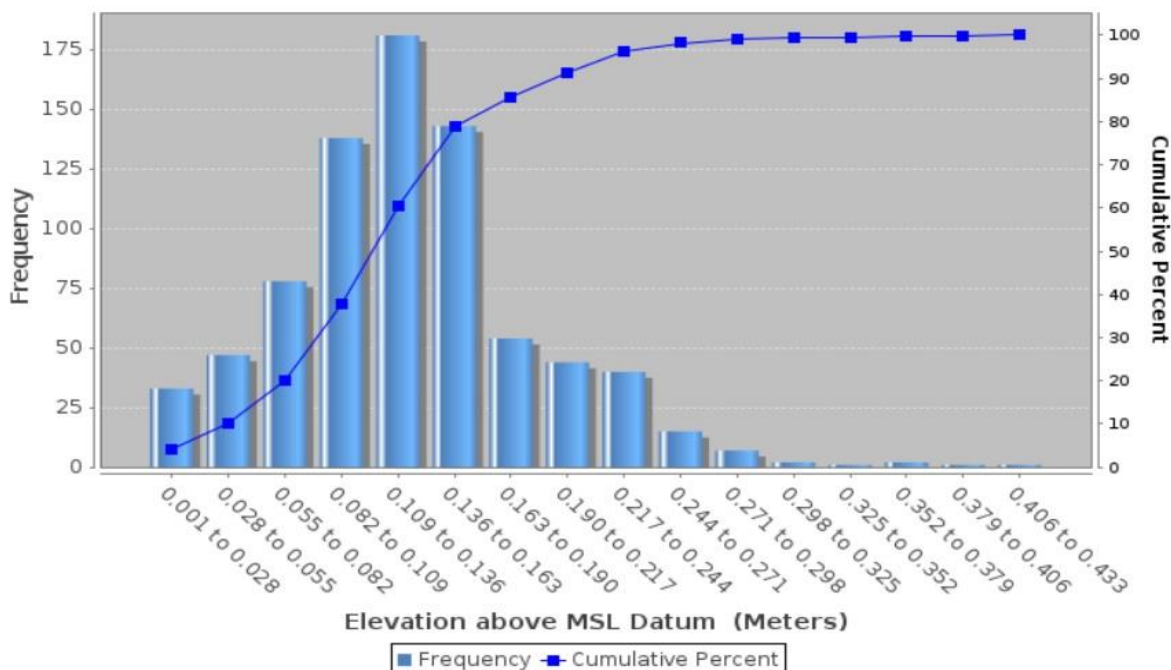


Figura 10: Frecuencias absolutas de los distintos rangos elevación del mar (m) sobre su nivel medio, en la estación 9761115, en Barbuda (2012-202). Fuente: NOAA.

Los parámetros de entrada relativos al análisis granulométrico en el laboratorio ($D_{(50)}=0.248$ mm y $D_{(90)}=0.587$ mm), se obtuvieron definiendo una muestra tipo para la playa emergida.

La duración del evento simulado fue siempre de 12 horas, período recomendado por los autores del modelo, para alcanzar estabilidad en los resultados, sin exigir un muy elevado costo computacional. En el resto de los parámetros solicitados por el modelo se trabajó con los valores recomendados por sus autores.

III.6 Diseño del Proyecto.

III.6.1 Perfil de Equilibrio.

Para el cálculo del perfil de equilibrio se empleó la formulación propuestas por Bruun (1954) y revisada por Dean (1991):

$$h(y) = Ay^{2/3} \quad (6)$$

Donde:

$h(y)$: Profundidad a una distancia determinada.

y : Distancia horizontal desde la línea de costa.

A : parámetro adimensional relacionado con las características del sedimento.

Dada la composición de la arena en la zona de estudio, se recurrió a la ecuación propuesta por García (2005), para el cálculo del parámetro A en función del diámetro medio del grano (D) expresado en milímetros.

$$A = 0.16D^{0.22} \quad (7)$$

La profundidad de cierre del perfil activo (h_*) se calculó a partir de la ecuación propuesta por Hallermeier (1981):

$$h_* = 2.28H_{s12} - 68.5 \left(\frac{H_{s12}^2}{gT_p^2} \right) \quad (8)$$

Donde:

H_{s12} : Es la ola superada sólo 12 horas al año.

T_p : Es el período pico correspondiente.

g : Constante de aceleración de la gravedad (9.81 m/s^2).

III.6.2 Volumen a verter.

El volumen a verter se calculó a partir del método propuesto por Dean (1991) con base en una aplicación “inversa” de la Regla de Bruun (1962).

Según este método, que cuando la altura de la berma es B y la profundidad de cierre es h_* , para lograr un incremento del ancho de playa Y se requerirá un volumen V de sedimentos por unidad de longitud de línea de costa (Fig. 11 y 12) dada por la expresión:

$$V = Y(B + h_*) \quad (9)$$

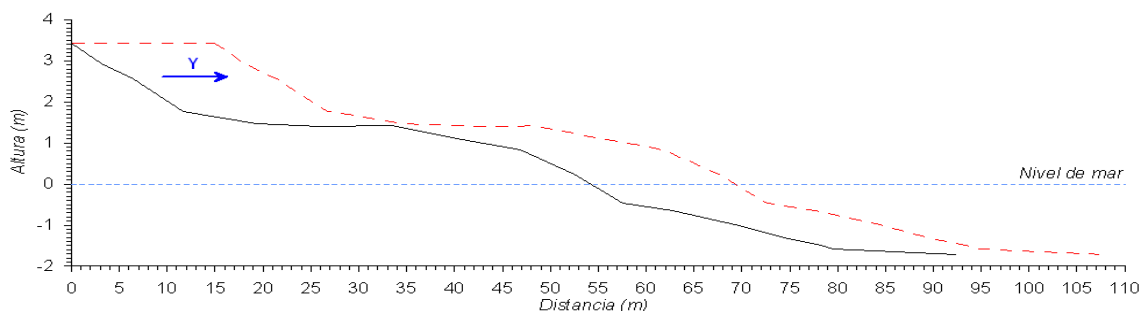


Figura 11: Desplazamiento del perfil activo off-shore como consecuencia de los rellenos.

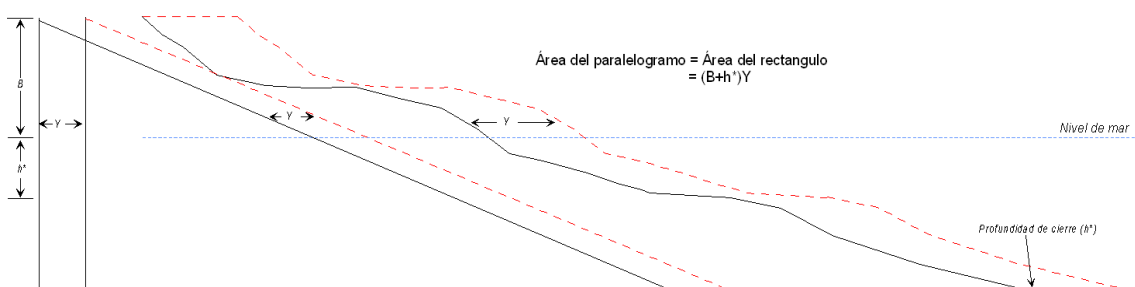


Figura 12: Volumen de arena por unidad de longitud de costa resultado del relleno de playa.

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

Dean (1991), define tres tipos básicos de perfiles realimentados: perfiles que se interceptan, donde el perfil realimentado intercepta al nativo; perfiles que no se interceptan, donde el perfil realimentado nunca intercepta al nativo antes de la profundidad de cierre; y perfiles sumergidos.

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

$$Y \left(\frac{A_N}{h_*} \right)^{3/2} + \left(\frac{A_N}{A_F} \right)^{3/2} < 1 \quad \text{profiles intercepted} \quad (10)$$

$$Y \left(\frac{A_N}{h_*} \right)^{3/2} + \left(\frac{A_N}{A_F} \right)^{3/2} > 1 \quad \text{profiles not intercepted} \quad (11)$$

Dónde:

A_N : Valor del parámetro de escala A de la arena nativa.

A_F : Valor del parámetro de escala A de la arena a introducir.

h_* : Profundidad de cierre del perfil activo.

Y : Ancho de playa a incrementar.

Cuando los perfiles no se interceptan el volumen de sedimentos a verter para obtener un ancho de playa determinado se determina por la expresión:

$$V = YB + \frac{3}{5} h_*^{3/2} \left[A_N \left[\frac{Y}{h_*^{3/2}} + \left(\frac{1}{A_F} \right)^{3/2} \right]^{5/3} - \left(\frac{1}{A_F} \right)^{3/2} \right] \quad (12)$$

Dónde:

V : Volumen de sedimentos en metros cúbicos por metro lineal de playa.

B : Altura de la berma.

Cuando los perfiles se interceptan el volumen de sedimentos a verter para obtener un ancho de playa determinado está dado por:

$$V = BY + \frac{\frac{3}{5} A_N Y^{5/3}}{\left[1 - \left(\frac{A_N}{A_F} \right)^{3/2} \right]^{2/3}} \quad (13)$$

III.6.3 Sobre-relleno.

El factor de sobre-relleno R_A fue calculado de acuerdo a la metodología propuesta por James (1975) y recomendada en el Shore Protection Manual (1984) y el Manual on Artificial Nourishment (1987).

Partiendo de los resultados del análisis granulométrico de las muestras de arena colectadas en la zona de préstamo y la playa, se calculan los valores de la abscisa y la ordenada para su representación en el Ábaco obtenido por James (1975) (Fig. 13).

$$Abscisa = \frac{M_{\phi b} - M_{\phi n}}{\sigma_{\phi n}} \quad (14)$$

$$Ordenada = \frac{\sigma_{\phi b}}{\sigma_{\phi n}} \quad (15)$$

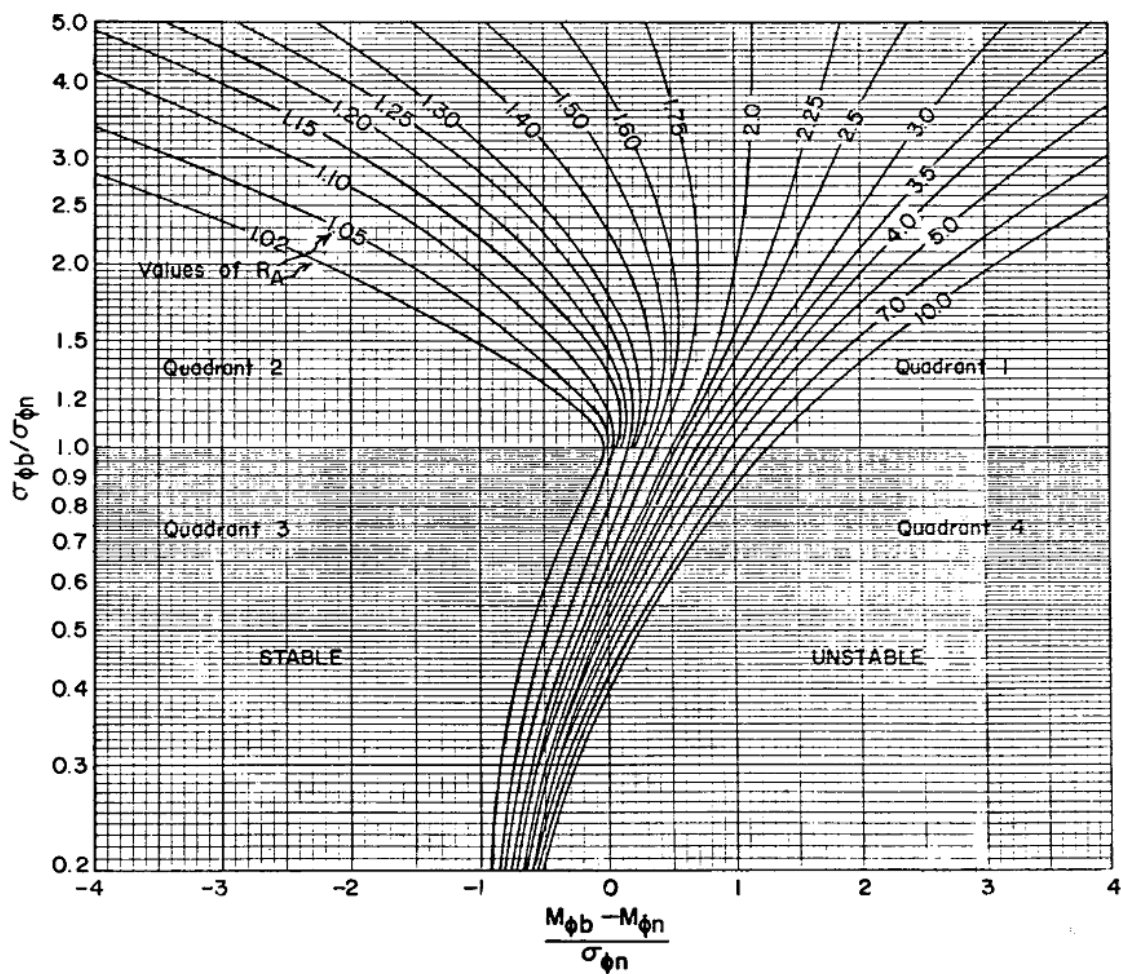


Figura 13: Factor de sobre relleno RA según James (1975).

IV. CARACTERÍSTICAS FÍSICO-GEOGRÁFICAS

Antigua y Barbuda es un país compuesto por dos islas de las Antillas Menores en el Caribe Oriental (Fig. 14), con área combinada total de 440 km² (incluyendo otras islas menores) y población estimada en 97 000 habitantes en 2019.

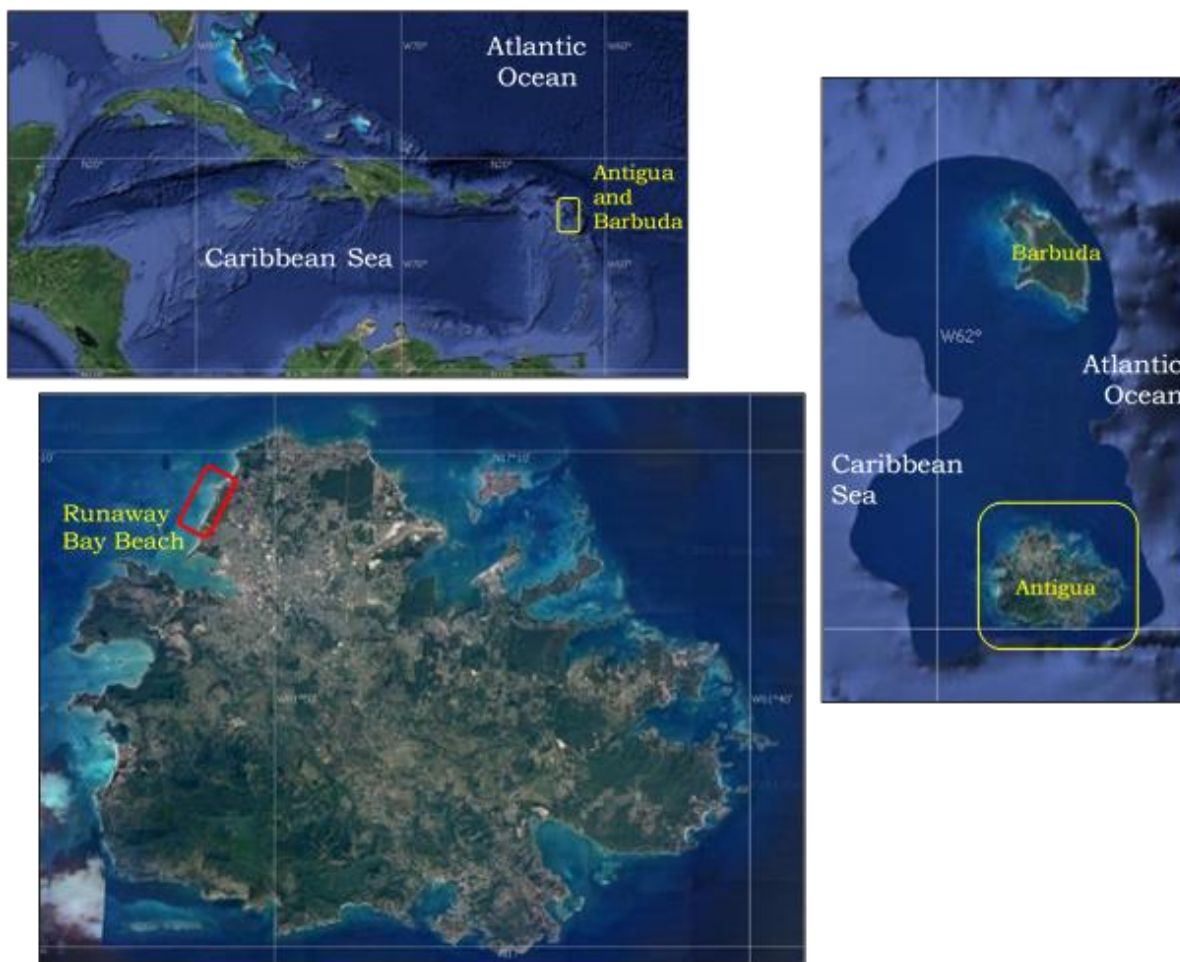


Figura 14: Situación geográfica de Antigua y Barbuda y el caso de estudio: la playa de Runaway Bay.

Ambas islas poseen una plataforma sumergida común, relativamente extensa, de unos 80km de Norte a Sur, por 40km de Este a Oeste, con profundidades que no suelen superar los 30m.

Su costa oriental recibe el impacto directo de las olas que se desplazan sobre la superficie del Océano Atlántico, en tanto, la costa Oeste da paso al Mar Caribe.

La isla de Antigua posee un origen mixto volcánico y marino, aunque con marcado predominio del ultimo en la parte Norte, donde se encuentra Runaway Bay.

IV.1 Características Generales y Principales Elementos.

La playa de Runaway Bay se encuentra en la región NW de la isla de Antigua, orientada del SSW al NNE, con azimut de 28° y extensión de aproximadamente 1 300 m.

Por su situación geográfica y orientación de la línea de costa, sus aguas se encuentran abiertas al Mar Caribe, pero notablemente protegidas de las olas provenientes del Océano Atlántico, cuyo régimen es predominante en la zona de estudio, de modo que esto favorece que la playa exhiba un perfil con pendiente suave y arena media a fina.

La playa es en sí una gran barra arenosa –hoy muy antropizada y objeto, en parte, de obras de relleno técnico para la construcción de estructuras y un vial– emergida probablemente en momentos más favorables para la ocurrencia de procesos de acumulación de sedimentos, separando las aguas del mar, de una laguna costera, denominada McKinnon's Salt Pond (Foto 6) (cuyos valores ambientales, y su deterioro, requerirían un estudio y proyecto propio).



Foto 6: Panoramic Picture of a central sector of McKinnon's Salt Pond.

Runaway Bay limita al Norte con el Canal de Acceso a Marina Bay, que la separa del saliente rocoso de Corbisson Point y la playa de Dickenson Bay. Por el Sur, un acantilado la separa de la playa de Fort Bay (Plano 1).

En una primera inspección, los sedimentos arenosos que conforman estas playas tienen un origen eminentemente biológico, con ciertos componentes inorgánicos, provenientes del proceso de abrasión de los acantilados adyacentes, como los que pueden apreciarse en las Fotos 7 y 8.

En la playa de Runaway Bay, se observó un alto nivel de antropización, principalmente en el sector norte, con varias edificaciones ocupando la zona costera (Foto 9) y también, estructuras de defensa costera en los sectores norte y central (Foto 10).

A lo largo de varios puntos de la costa, con mayor recurrencia inmediatamente al sur de las estructuras de defensa costera, se observan algunos afloramientos rocosos y un antiguo escarpe en la cara frontal de la duna. Son evidencias de un proceso de erosión,

probablemente moderado en una primera evaluación, considerando sólo estos elementos (Foto 11); sin embargo, como se había referido, una revisión más detallada de la bibliografía permite definir la extensión original de la playa hacia el norte y entender que este sector ha sufrido un intenso proceso de erosión.



Foto 7: Acantilado en el extremo Norte de la playa de Dickenson Bay. Este tipo de estructuras son también frecuentes a lo largo de la costa Noroeste de Antigua.



Foto 8: Saliente situado entre las playas de Dickenson Bay y Runaway Bay, en el extremo norte de esta última. En la actualidad, entre el saliente y la playa se encuentra el canal de acceso a Marina Bay, que fue dragado en las últimas décadas del siglo XX.



Foto 9: El sector norte de la playa de Runaway Bay se encuentra muy antropizado desde finales de los años 80 y principios de los 90. Justo a esa época, se remonta un intenso proceso erosivo asociado al impacto de los ciclones tropicales, que hizo desaparecer la playa en este sector.

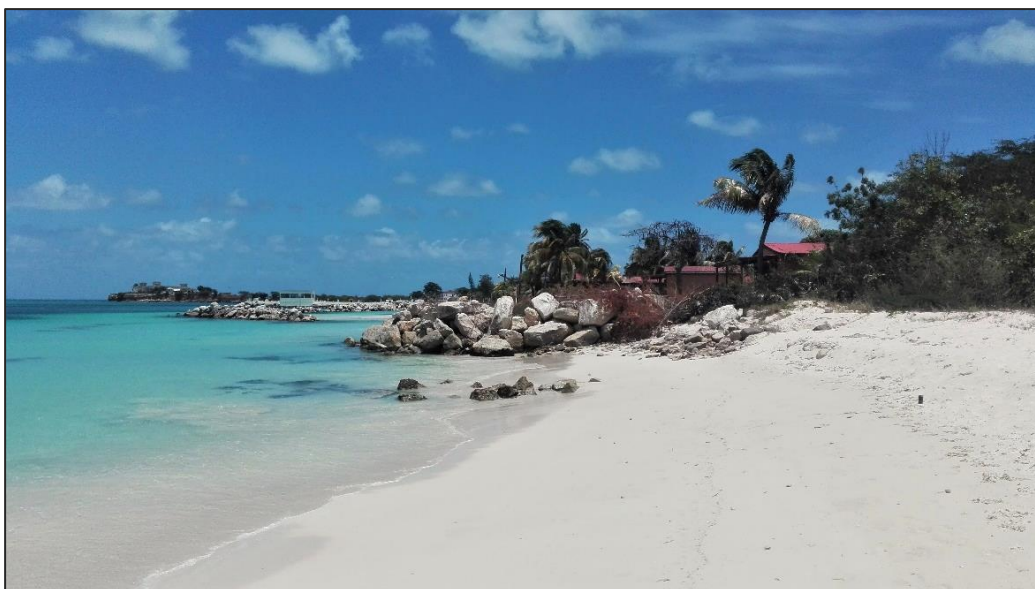


Foto 10: El sector central de Runaway Bay se haya ocupado por edificaciones y obras de defensa costera.



Foto 11: Inmediatamente al sur de las estructuras de defensa de la costa, en el sector central de la playa de Runaway Bay, los afloramientos rocosos son visibles en la superficie de la playa y la zona de baño.

En otros aspectos, la disminución de la circulación del agua en el interior de las mencionadas estructuras de defensa ha provocado la rigidización del perfil sumergido y ha contribuido a la eutrofización del agua estancada, casi como en una laguna artificial (Foto 12).

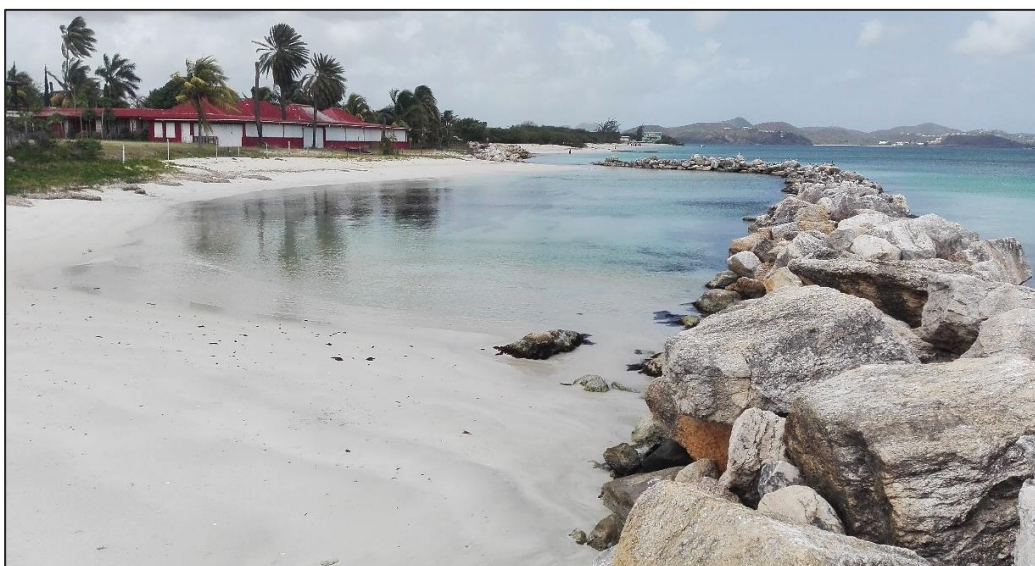


Foto 12: Al interior de las estructuras de defensa de la costa en el sector central de la playa de Runaway Bay, la baja circulación del agua ha provocado la eutrofización, la proliferación de pastos marinos y la rigidización del fondo.

Además, en la zona de dunas y post-dunas no ocupada por edificios, la vegetación natural ha sido desplazada, casi en su totalidad, por especies invasoras (Foto 13).



Foto 13: En el sector centro-sur de la playa de Runaway Bay, la vegetación autóctona ha sido sustituida casi por completo por especies invasoras.

IV.2 Geomorfología.

El levantamiento topográfico cubrió un área de 170 000 m² en Runaway Bay, tomando medidas en 1 529 puntos (Fig. 15).

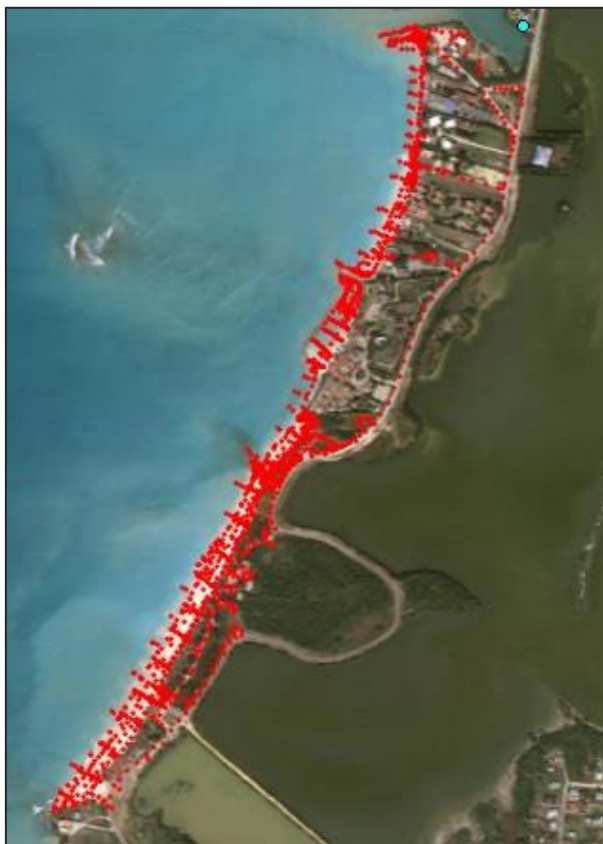


Figura 15: Puntos de levantamiento medidos en la zona de estudio.

Los elementos destacados identificados en la zona de estudio y sus inmediaciones, como cables submarinos, tuberías de descarga de combustible, construcciones y estructuras de defensa costera, se muestran en el Planos No. 1, y en mayor detalle, en el Plano No. 1A. Una representación gráfica de la elevación de los distintos elementos del terreno respecto al nivel medio del mar, puede apreciarse en el Plano No. 2.

Como resultado pueden apreciarse claras diferencias entre el Norte de la playa, altamente antropizado y su zona Sur que aún conserva en parte sus dunas, aun cuando en su extremo Sur se hayan también ocupadas por construcciones. Entre los elementos antrópicos en Runaway Bay Beach, destacan:

- 1 esollera a modo de rompeolas.
- 2 esolleras a modo de espigones.
- 185 m de estructuras rocosas de revestimiento, para la defensa de cimientos y terrenos, subdivididos en 3 sectores.
- 25 construcciones ocupantes de la duna o en primera línea de costa.
- 23 construcciones situadas en la segunda línea de costa.
- 12 construcciones situadas en la tercera línea de costa.
- Cercas y muros para la delimitación de propiedades.
- Importantes áreas objeto de rellenos técnico para la nivelación del terreno.
- Un vial principal pavimentado y varios secundarios en parte pavimentados.

Con base en estos y otros elementos, es posible subdividir Runaway Bay Beach en 4 sectores, de utilidad para su estudio y diseño de estrategias de actuación (Plano 1A).

IV.3 Sedimentología.

Se colectaron nueve muestras de arena en la playa de Runaway Bay. Según los resultados de los análisis de laboratorio, 7 de las 9 muestras de arena clasificaron como arena fina. Sólo la muestra de arena tomada en la estación norte (RBB9) fue clasificada como arena gruesa; elementos a considerar durante el diseño de la solución.

Los resultados del análisis granulométrico de las muestras de arena de la playa se resumen en las Tablas 4 y 5 y en el Anexo I.

Los resultados del análisis de composición de las muestras de arena, tomadas en la playa de Runaway Bay, se muestran en la Tabla 6.

Tabla 4: Runaway Bay. Distribución por muestra, por tamiz.

Muestras Runaway Bay Beach	Rangos de Tamices							
	>4	4-2	2-1	1-0.5	0.5-0.25	0.25-0.125	0.125-0.063	< 0.063
RBB 1	0	0	0	0.2	17.5	68.7	13.5	0
RBB 2	0	0.2	0.6	1.2	11.4	74.4	12.2	0
RBB 3	0	0	0	0.2	42.6	55	2	0
RBB 4	0	0.2	1.7	7.4	24.8	58.8	6.9	0
RBB 5	0.3	0.6	1.7	7	68.7	18.7	2.8	0
RBB 6	0	0	0.5	2.4	12.5	69.7	14.9	0
RBB 7	0	0	0.1	0.3	9.8	61.6	28.1	0
RBB 8	0	0	0.7	2.7	16.7	73.6	6.2	0
RBB 9	1.6	10.1	22.7	19.7	32.8	10.9	2	0
MT Norte	1.60	10.10	22.70	19.70	32.80	10.90	2.00	0.00
MT Centro	0.00	0.07	0.20	0.53	23.83	66.03	9.23	0.00
MT Sur	0.06	0.16	0.94	3.96	26.50	56.48	11.78	0.00

Tabla 5: Runaway Bay. Estadísticos fundamentales y clasificación de acuerdo al tamaño del grano.

Muestras Runaway Bay Beach	Percentiles		M		Estadísticos			Clasificación
	D50	D90	(mm)	(Ø)	Desv. Stand. (Ø)	Asimetría	Kurtosis	
RBB 1	0.181	0.339	0.182	2.455	0.561	-0.090	3.357	Arena Fina
RBB 2	0.178	0.307	0.182	2.457	0.606	-1.499	10.127	Arena Fina
RBB 3	0.229	0.426	0.235	2.089	0.535	-0.009	1.934	Arena Fina
RBB 4	0.208	0.491	0.231	2.113	0.806	-1.052	4.600	Arena Fina
RBB 5	0.333	0.498	0.328	1.609	0.726	-0.849	8.388	Arena Media
RBB 6	0.177	0.337	0.182	2.460	0.642	-0.970	5.987	Arena Fina
RBB 7	0.160	0.254	0.157	2.673	0.606	-0.305	3.575	Arena Fina
RBB 8	0.189	0.380	0.200	2.319	0.606	-1.380	6.926	Arena Fina
RBB 9	0.580	2.251	0.647	0.629	1.306	-0.176	2.361	Arena Gruesa
MT Norte	0.580	2.251	0.647	0.629	1.306	-0.176	2.361	Arena Gruesa
MT Centro	0.192	0.383	0.198	2.334	0.594	-0.512	4.969	Arena Fina
MT Sur	0.200	0.440	0.212	2.235	0.772	-0.884	5.289	Arena Fina

Tabla 6: Resultados del análisis de composición de la arena de Runaway Bay.

Composición de las Muestras de Arena de Runaway Bay Beach						
Muestras de Arena	Algas Calcáreas (%)	Moluscos (%)	Foraminíferos (%)	Bioclastos (%)	Inorgánicos (%)	Otros Grupos (%)
RB 1	70.8	17.7	2.7	7.5	0.5	0.7
RB 2	74.3	13.4	2.0	7.9	2.0	0.3
RB 3	65.3	21.0	4.2	7.7	1.0	0.8
RB 4	70.7	14.2	4.2	5.6	5.0	0.3
RB 5	71.4	14.6	4.2	4.8	4.1	0.8
RB 6	73.6	15.5	2.4	5.1	2.9	0.5
RB 7	72.9	12.4	4.7	5.9	3.1	1.0
RB 8	78.2	10.8	2.0	4.1	4.1	0.8
RB 9	68.4	15.5	3.0	4.6	7.8	0.6

Imágenes al microscopio de granos seleccionados según su composición, partes de las muestras de arena tomadas en Runaway Bay, se muestran en las Fotos 14 a la 17.



Foto 14: Granos de arena biogénica bajo el microscopio. Muestra tomada en Runaway Bay. Restos esqueléticos de algas halimeda.

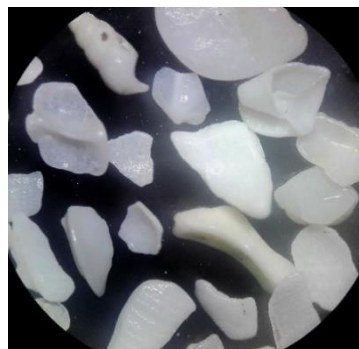


Foto 15: Granos de arena biogénica bajo el microscopio. Muestra tomada en Runaway Bay: Restos de conchas de moluscos.



Foto 16 Granos de arena biogénica bajo el microscopio. Muestra tomada en Runaway Bay. Restos esqueléticos de foraminíferos.



Foto 17: Granos de arena inorgánica bajo el microscopio. Muestra tomada en Runaway Bay. Diminutos granos de cuarcita, e incluso materiales ferrosos, procedentes de la abrasión del acantilado y salientes rocosos adyacentes.

Los resultados permiten determinar que las muestras de arena tomadas en Runaway Bay son mayoritariamente biogénicas, con un pequeño porcentaje de restos de origen mineral y terrígeno. El grupo de restos de algas calcáreas ("halimeda") es mayoritario en las nueve muestras analizadas, seguido de restos de moluscos, bioclastos no identificados y foraminíferos, apareciendo en menor medida restos inorgánicos. Otros grupos incluyen organismos que por su abundancia no son representativos en las muestras, como espículas de esponjas, anélidos, briozoos, etc.

En las nueve muestras analizadas, la arena tiene un color beige claro, sólo la RB 9 es algo más oscura por tener mayor número de granos de origen terrígeno. Los granos son pulidos y con bordes sub-redondeados, por estar expuestos a la meteorización y al oleaje.

IV.4 Batimetría.

El estudio batimétrico consistió en la medición de 86 líneas de sondeo, perpendiculares a la costa y medidas cada 50 m, hasta profundidades cercanas a los 20 m (Fig. 16).

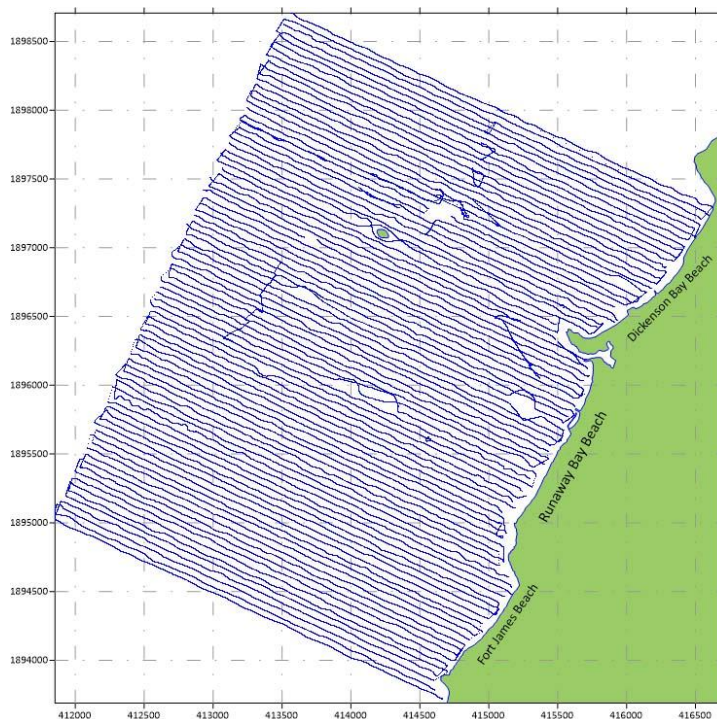


Figura 16: Líneas de sondeo y puntos medidos durante el levantamiento batimétrico.

El área total de estudio alcanzó los 12,8 km², extendiéndose desde el extremo SW de la playa de Fort Bay, situada al sur de Runaway Bay, hasta el extremo NE de la playa de Dickenson Bay, situada al norte de Runaway. Hacia el mar, se extendió hasta una distancia de 3,1 km de la costa, abarcando la zona en la que se identificó la existencia de una acumulación de sedimentos arenosos, con potencial para ser utilizada como zona de préstamo para la aplicación de alimentación artificial de arena, en caso de que fuera necesario.

Durante los estudios, se observó que el talud submarino presenta zonas irregulares que se registraron en los perfiles batimétricos. Se observó, además, la existencia de zonas poco profundas en las que aparecen cuerpos rocosos en forma de arrecifes, que emergen con la marea baja, lo que en algunos casos obligó a desviar la trayectoria del bote o a medir las líneas de sondeo de manera discontinua.

Una representación gráfica de las profundidades de la superficie del fondo marino respecto al nivel medio del mar, en el frente de costa de la playa de Runaway Bay, puede apreciarse en el Plano No. 3.

IV.5 Sectorización y Elementos Destacados.

El Plano 1A permite apreciar en mayor detalle los elementos destacables en la playa, así como una propuesta de sectorización de la misma, que será empleada en el presente estudio.

Los sectores propuestos se enumeran del 1 al 4 de Sur a Norte:

- **Sector 1:** Es el menos antropizado y más extenso. Puede subdividirse, a su vez, en tres tramos: el extremo Sur, más acumulativo debido, presumiblemente, a la deriva litoral habitual a pesar de hallarse la duna ocupada por construcciones; la zona central, donde se encuentran los sectores de duna mejor conservados, si bien, debe señalarse un alto grado de cobertura de especies vegetales invasoras; y la zona Norte, donde se estrecha la franja de Sol y es notable cierto número de afloramientos rocosos.
- **Sector 2:** Completamente “protegido” por estructuras rocosas a modo de rompeolas y revestimientos. Inicia al Sur, con las primeras estructuras rocosas, y termina en la escollera a modo de espigón y muelle, situada al Norte.
- **Sector 3:** Playa arenosa apoyada al Sur, en la escollera construida a modo de espigón y muelle, que se extiende hacia el Norte hasta encontrar una costa sin arena y protegida por estructuras rocosas. Se conservan algunos sectores de duna, pero en gran medida esta se haya antropizada.
- **Sector 4:** Extremo Norte donde la playa emergida se ha perdido casi en su totalidad. Altamente antropizado. Las estructuras en primera línea se encuentran directamente expuestas a la acción del mar. Limita al Norte con la escollera en el extremo septentrional de la playa, el canal de acceso a Marina Bay y el saliente rocoso de Corbison Point.

El perfil tipo y las características fundamentales de los 4 sectores en que se ha subdividido la playa para el presente estudio, se muestran a continuación en las Tablas 7 a la 12, así como en los Planos 2A, 2B y 2C, y es parte de la información resumida en el Plano 8. Se incluye la representación del perfil de equilibrio teórico calculado en función del método citado en III.6.1.

En general el perfil de equilibrio se encuentra ligeramente por encima del perfil medido, denotando cierto déficit de sedimentos, hasta ser interceptado por el afloramiento de la terraza rocosa a profundidades de 3 m a 5 m. En el caso del Sector 2, esta diferencia es más marcada, como resultado del efecto de socavamiento del oleaje al impactar la estructura rompeolas. Algo similar sucede en la zona central del Sector 1 (1B), probablemente relacionado con los frecuentes afloramientos de la terraza rocosa. Se trata de elementos que deben ser considerados en el diseño de la solución.

Tabla 7: Sector 1. Perfil 1A. Características fundamentales. Perfil de equilibrio (en rojo).

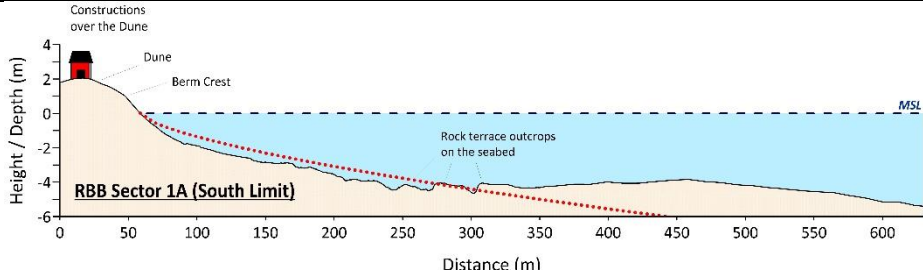
SECTOR 1					
Perfil 1A. Playa con duna ocupada por estructuras.					
Coordenadas de Referencia					
Este		Norte		Altura	
415306.697		1895058.772		1.801	
					
					
Características de los sedimentos:					
Muestra	Perfil	Tamaño del Grano			Descripción Macroscópica
		Md (mm)	ϕ	Clasificación	
RBB 8	1A	0.200	2.319	Arena Fina Moderadamente Bien Clasificada	Arena biogénica. Color beige claro. Composición: Algas Calcáreas, Moluscos y algunos materiales inorgánicos.
Descripción:					
Perfil bien desarrollado, de arena fina, bien clasificada, aproximadamente 30 m de ancho de la franja de Sol y duna casi totalmente ocupada por construcciones rígidas.					
Berma bien marcada y anteplaya con pendiente algo más pronunciada que el resto de la playa. Zona de baño extensa y con fondo de arena. Pendiente del perfil sumergido poco pronunciada con algunos afloramientos de la terraza rocosa.					

Tabla 8: Sector 1. Perfil 1B. Características fundamentales. Perfil de equilibrio (en rojo).

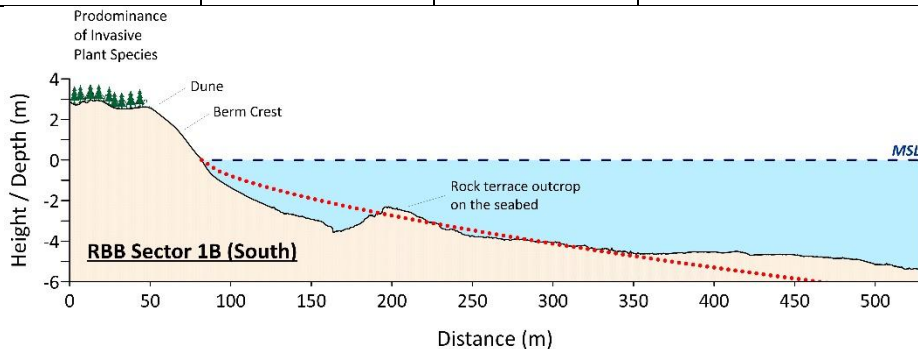
SECTOR 1					
Perfil 1B. Playa con duna ocupada por especies de plantas invasoras.					
Coordenadas de Referencia					
Este	Norte	Altura			
415484.060	1895301.833	2.888			
					
					
Características de los sedimentos:					
Muestra	Perfil	Tamaño del Grano			Descripción Macroscópica
		Md (mm)	ϕ	Clasificación	
RBB 6	1B	0.182	2.460	Arena Fina Moderadamente Bien Clasificada	Arena biogénica. Color beige claro. Composición: Algas Calcáreas, Moluscos y algunos materiales inorgánicos.
Descripción:					
Perfil bien desarrollado, de arena fina, bien clasificada, aproximadamente 30 m de ancho de la franja de Sol y duna casi totalmente ocupada por especies vegetales invasoras.					
Berma bien marcada y anteplaya con pendiente relativamente pronunciada. Zona de baño extensa y con fondo de arena. Pendiente del perfil sumergido algo más pronunciada que en el resto de la playa, con algunos afloramientos de rocas.					

Tabla 9: Sector 1. Perfil 1C. Características fundamentales. Perfil de equilibrio (en rojo).

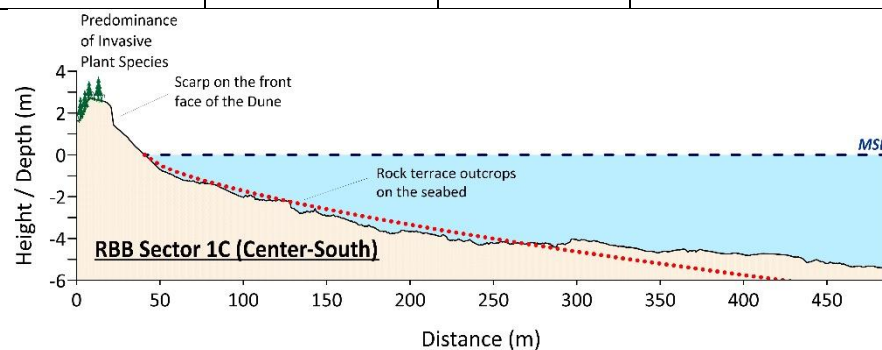
SECTOR 1					
Perfil 1C. Playa afloramientos rocosos y duna escarpada y ocupada por plantas invasoras.					
Coordenadas de Referencia					
Este		Norte		Altura	
415561.920		1895527.554		1.624	
					
					
Características de los sedimentos:					
Muestra	Perfil	Tamaño del Grano			Descripción Macroscópica
		Md (mm)	φ	Clasificación	
RBB 4	1C	0.231	2.113	Arena Fina Moderadamente Clasificada	Arena biogénica. Color beige claro. Composición: Algas Calcáreas, Moluscos y algunos materiales inorgánicos.
Descripción:					
Perfil poco desarrollado, duna escarpada en su cara frontal y casi totalmente ocupada por especies vegetales invasoras. Arena fina y bien clasificada. Aproximadamente 20 m de ancho de la franja de Sol.					
Anteplaya de pendiente suave con recurrentes afloramientos rocosos. Zona de baño extensa y con fondo mayormente arenoso. Pendiente del perfil sumergido algo más pronunciada que en el resto de la playa, con algunos afloramientos de rocas.					

Tabla 10: Sector 2. Perfil Tipo. Características fundamentales. Perfil de equilibrio (en rojo).

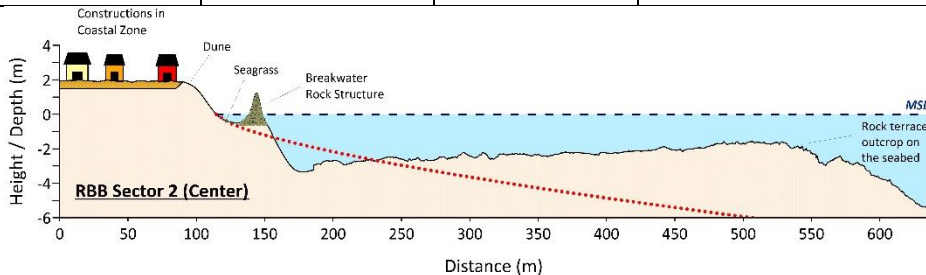
SECTOR 2					
Perfil 2. Playa encerrada por escolleras.					
Coordenadas de Referencia					
Este	Norte	Altura			
415717.347	1895659.822	1.947			
					
					
Características de los sedimentos:					
Muestra	Perfil	Tamaño del Grano			Descripción Macroscópica
		Md (mm)	φ	Clasificación	
Media de RBB 1, 2 y 3	2	0.198	2.334	Arena Fina Moderadamente Bien Clasificada	Arena biogénica. Color beige claro. Composición: Algas Calcáreas, Moluscos y algunos materiales inorgánicos.
Descripción:					
Perfil altamente antropizado. Estructuras rocosas de defensa costera a modo de rompeolas o apoyadas en la cara frontal de la duna, y un espigón en su extremo Norte. Construcciones en duna y postduna. Playa abrigada por estructuras que no permiten un adecuado flujo del agua, de modo que se aprecia eutrofización, crecimiento de pastos marinos y rigidización en el fondo. Fondo marino con afloramientos rocosos que condicionan la morfología del relieve.					

Tabla 11: Sector 3. Perfil Tipo. Características fundamentales. Perfil de equilibrio (en rojo).

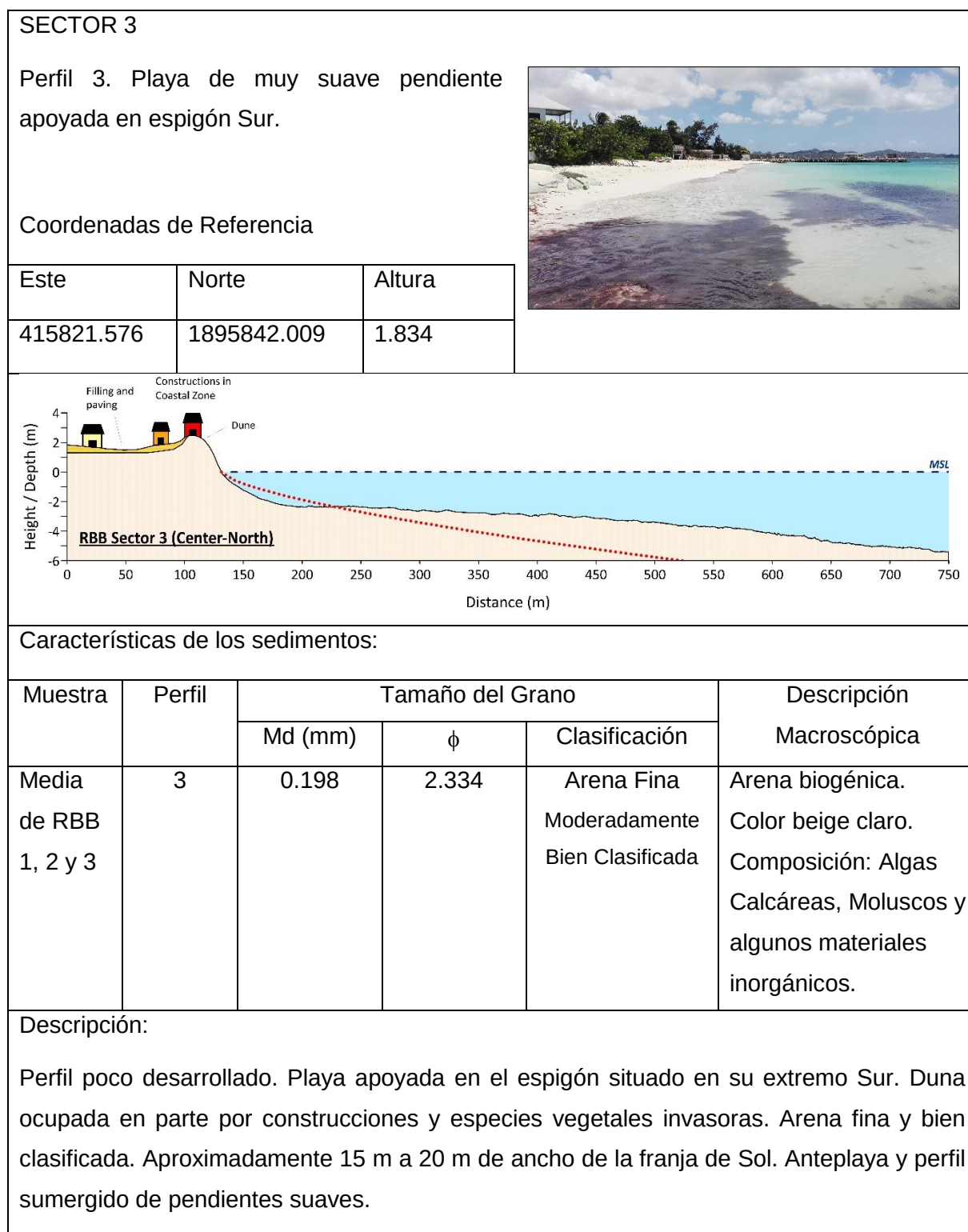
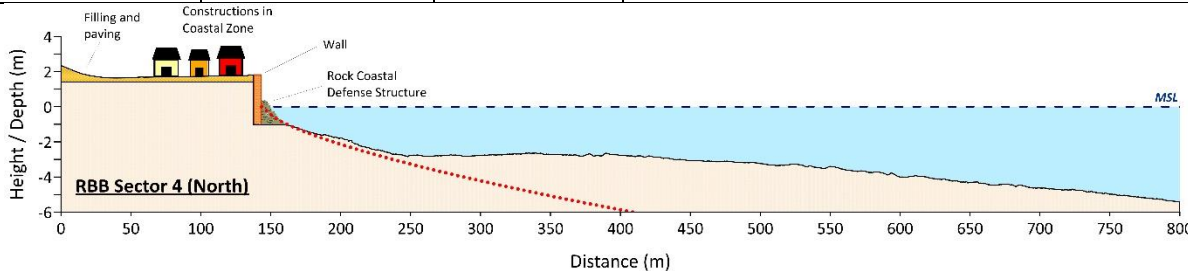


Tabla 12: Sector 4. Perfil Tipo. Características fundamentales. Perfil de equilibrio (en rojo).

SECTOR 4					
Perfil 4. Antigua playa, perdida por los efectos de la erosión.					
Coordenadas de Referencia					
Este	Norte	Altura			
415906.069	1896087.861	2.346			
					
					
Características de los sedimentos:					
Muestra	Perfil	Tamaño del Grano			Descripción Macroscópica
		Md (mm)	ϕ	Clasificación	
RBB 9	4	0.647	0.629	Arena Gruesa Mal Clasificada	Arena biogénica. Color beige oscuro. Composición: Algas Calcáreas, Moluscos y algunos materiales inorgánicos.
Descripción:					
Antigua playa, altamente antropizada ocupando totalmente su área de duna por construcciones y un muro, delante del cual, fue necesario más tarde, apoyar una estructura rocosa de defensa. Posee arena sólo en su zona de baño, y un pequeño vestigio de área de Sol hacia el Norte, donde limita con una escollera rocosa a la que sigue el Canal de Acceso a Marina Bay.					

V. RÉGIMEN CLIMÁTICO E HIDRODINÁMICO

V.1 Factores meteorológicos generadores de viento y oleaje.

Por su ubicación, el clima de Antigua y Barbuda es regido mayormente por la influencia del Anticiclón Subtropical del Atlántico Norte y los vientos del Este generados por su circulación periférica meridional, denominados Alisios.

Durante el invierno en el hemisferio Norte, puede apreciarse cierta influencia del extremo Sur de sucesivas vaguadas, restos de sistemas frontales que afectan el territorio continental de América del Norte, el Golfo de México y el Caribe Occidental, y los subsiguientes Anticiclones Continentales Migratorios, ya a punto de fusionarse con el referido Anticiclón Subtropical del Atlántico Norte. Estas situaciones pueden dar lugar a un ligero cambio en el rumbo del viento y/o el oleaje incidente, hacia el NE, así como a cierto incremento en sus respectivas intensidades.

Otros factores con incidencia en el clima son los sistemas de convergencia en el flujo anticiclónico, como las Ondas Tropicales, de interés fundamentalmente por sus aportes de precipitaciones, y por tratarse de un factor meteorológico que puede dar lugar a procesos de ciclogénesis en el Océano Atlántico.

Las brisas locales pueden tener cierta influencia en el régimen de vientos, pero la exposición directa de Antigua a las ondas de oleaje generadas en el Océano Atlántico, hace que no posean gran relevancia al momento de describir el clima marino.

Por último, aunque con menor representación en la climatología, los Ciclones Tropicales son de gran interés por la magnitud de la energía de los procesos que desencadenan, incluyendo los que se desarrollan en la zona litoral.

En resumen, se trata de un régimen climático e hidrodinámico caracterizado casi exclusivamente por la influencia de los vientos Alisios y las olas generadas por estos y procedentes del océano abierto; el cual se ve ocasionalmente alterado por el impacto directo o la influencia lejana, de los Ciclones Tropicales, en función de su intensidad y trayectoria, durante los meses de la Temporada Cíclica en el Atlántico Norte (Fig. 17).

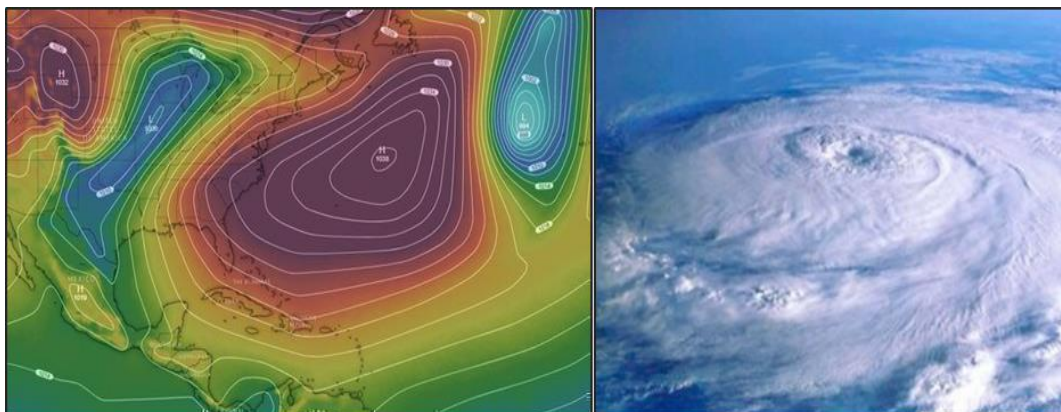


Figura 17: Los vientos Alisios, característicos de la circulación periférica meridional del Anticiclón Subtropical del Atlántico Norte, y los vientos generados por los ciclones tropicales, son los factores meteorológicos de mayor interés para la generación del oleaje incidente en la zona de estudio.

V.2 Régimen de Vientos.

El análisis de la serie de viento se realizó a partir de los datos medidos en la Estación Meteorológica 9761115, situada en tierra, en la costa Oeste de Barbuda (Ver III.4).

El inicio de la serie data de mediados de 2011 y su anemómetro quedó inhabilitado en septiembre de 2017, al paso del poderoso huracán Irma, por tanto, la información analizada corresponde a la serie del lustro 2012-2016, mínimo de tiempo que permite una caracterización preliminar del comportamiento del viento desde el punto de vista climatológico.

El análisis de la serie de viento permitió comprobar la elevada persistencia de los rumbos del Este (Este 41.4%, ENE 21.5% y ESE 16.9 %, acumulando entre ellos el 79.8 % de los registros) con velocidades bajas a moderadas, salvo durante la afectación de un ciclón tropical, según su intensidad y trayectoria (Fig. 18 y 19).

Se realizó, además, el análisis probabilístico de la serie de viento mediante su ajuste a una función de máximos de Gumbel (Fig. 20). La velocidad correspondiente al 50% de probabilidad durante el período estudiado fue de 3.93 m/s (14.2 km/h).

Dados los rumbos y rangos de velocidad predominantes no cabe esperar que el transporte eólico resulte determinante en la dinámica litoral de la zona de estudio.

De otra parte, el estudio del ciclo anual permite comprobar igualmente, que el predominio de los rumbos del Este, con velocidad baja a moderada, persiste durante todo el año, si bien es apreciable un cierto reforzamiento de la influencia de los Alisios durante los meses de abril a junio (Fig. 21 y 22).

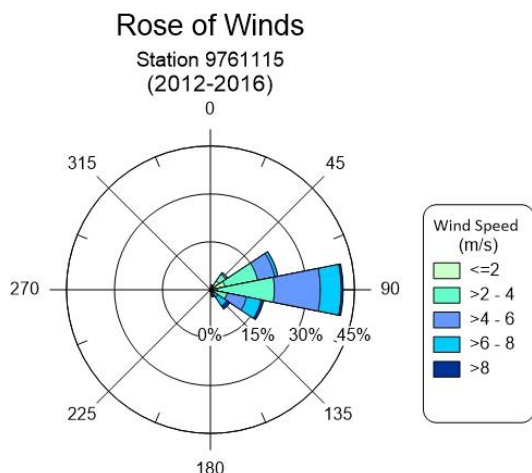


Figura 18: Rosa de los Vientos. Estación 9761115 (2012-2016).

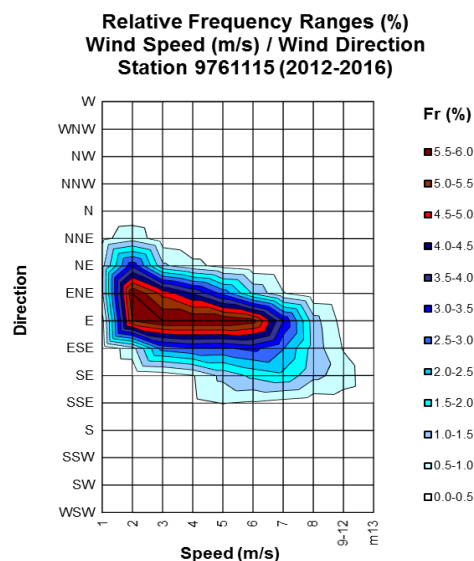


Figura 19: Rangos de frecuencias relativas (%): Viento. Velocidad (m/s) vs Dirección (2012-2016).

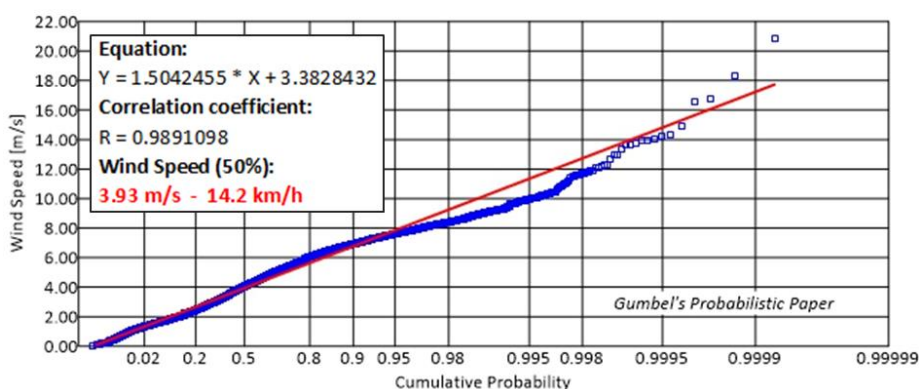


Figura 20: Ajuste de la serie de Velocidad del Viento (m/s) a una función probabilística de Gumbel.

El comportamiento del viento durante el ciclo diurno, denota una cierta influencia de las condiciones locales, que en la estación analizada, situada en Barbuda, se traduce en mayores velocidades durante la tarde y componentes más hacia el primer cuadrante durante la noche y madrugada, y hacia el segundo, durante la tarde (Fig. 23 y 24).

Si bien de esto se deduce que, aunque limitada, existe cierta influencia de las circulaciones locales en el régimen de viento, no debe esperarse que el patrón sea exactamente el mismo en Runaway Bay Beach, dada la ubicación de la estación.

En cualquier caso, puesto que el oleaje incidente en Antigua es generado, fundamentalmente, en aguas abiertas en el Océano Atlántico, las circulaciones locales del viento no tendrán un marcado interés para el estudio del comportamiento del oleaje incidente en la zona de estudio, así como en las corrientes y el transporte de sedimentos inducido por estas en la zona litoral.

50

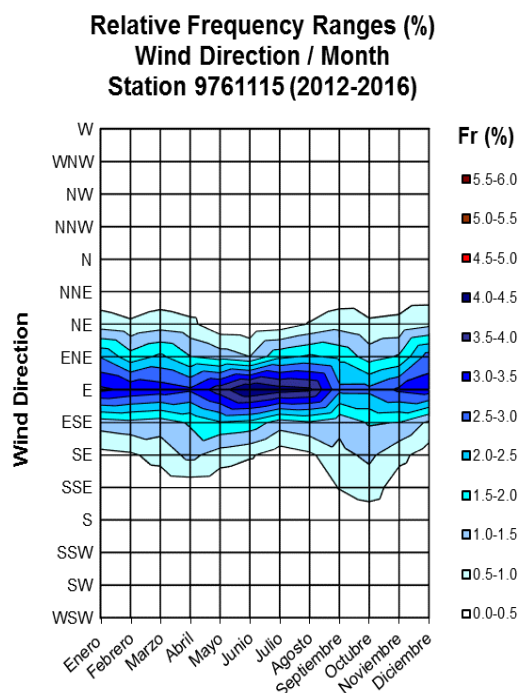


Figura 21: Rangos de frecuencias relativas (%): Viento. Dirección vs Mes del año. Estación 9761115 (2012-2016).

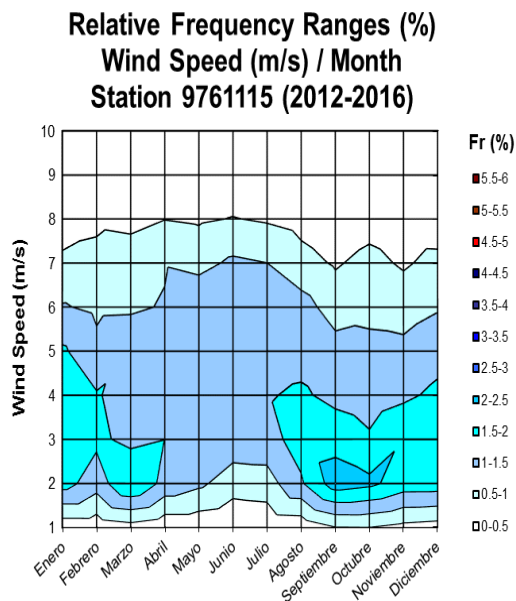


Figura 22: Rangos de frecuencias relativas (%): Viento. Velocidad (m/s) vs Mes del año. Estación 9761115 (2012-2016).

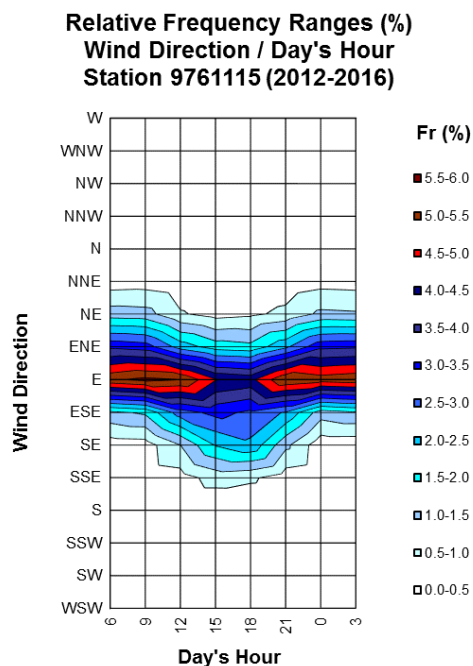


Figura 23: Rangos de frecuencias relativas (%): Viento. Dirección vs Hora del Día. Estación 9761115 (2012-2016).

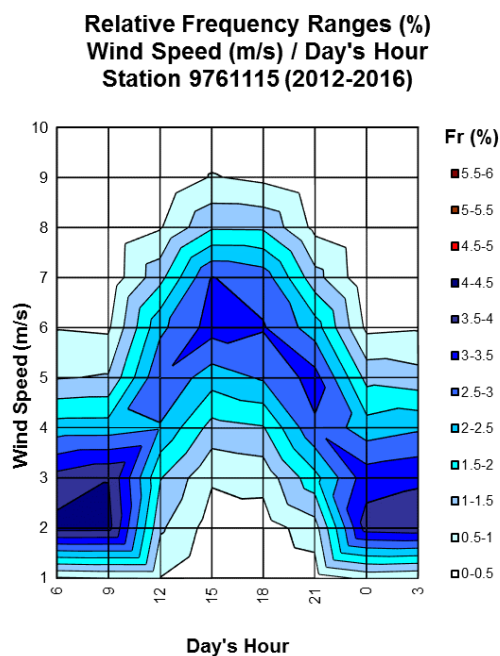


Figura 24: Rangos de frecuencias relativas (%): Viento. Velocidad (m/s) vs Hora del Día. Estación 9761115 (2012-2016).

V.3 Régimen de Oleaje.

El análisis de la serie de oleaje se realizó a partir de los datos medidos en la Boya Oceanográfica 41040, situada en Océano Atlántico, unos 900 km al ESE de la zona de estudio, habiendo sido seleccionada como la más representativa del oleaje incidente en Antigua, entre las opciones disponibles (Ver III.4).

El inicio de la serie data de mediados de 2005, si bien la dirección de la componente dominante del oleaje sólo se registró con regularidad desde mediados de 2013, por tanto, la información analizada corresponde a la serie de 16 años 2006-2021, reducida al período 2014-2021 para la composición de la rosa de oleaje.

El análisis de los datos del período 2014-2021, permitió comprobar la elevada persistencia de los rumbos del Este (Este 39.4%, ENE 19.4% y ESE 12.9%, acumulando entre ellos el 71.7% de los registros). El 67.6% de los registros, corresponden a valores de Altura Significativa de la Ola (Hs) en el rango de 1.0 m a 2.0 m (Fig. 25).

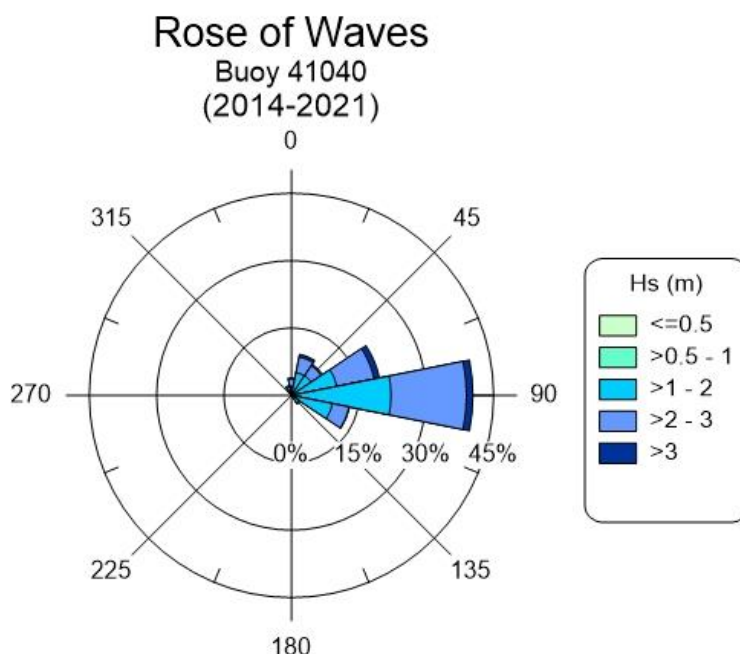


Figura 25: Rosa de Oleaje. Boya Oceanográfica 41040 (2014-2021).

Se realizó, además, el análisis probabilístico de las series de Altura Significativa (Hs) y Período Pico de la Ola (Tp), para el período 2006-2021, mediante su ajuste a una función de máximos de Gumbel (Fig. 26 y 27).

Los valores correspondientes al 50% de probabilidad durante el período estudiado (2006-2021) fueron Hs = 1.91 m y Tp = 8.78 s.

En tanto, los valores superados sólo 12 horas al año durante el período estudiado (2006-2021) fueron $H_s = 4.48$ m y $T_p = 18.83$ s.

Dado el bajo nivel de disipación de la energía del oleaje en las aguas profundas del océano abierto, pese a la distancia de más de 900 km entre la zona de estudio y la boya oceanográfica 41040, estos valores serán considerados como representativos del Régimen Medio del oleaje incidente desde aguas profundas, empleando la modelación numérica para simular su propagación y transformación hasta la zona de estudio.

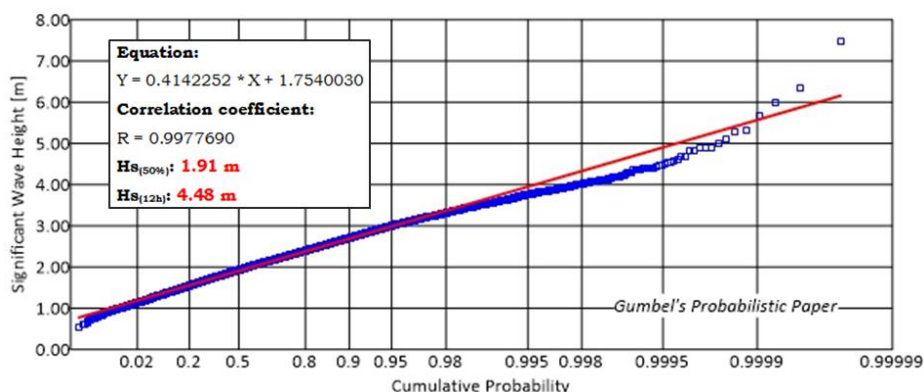


Figura 26: Altura de la Ola Significante (m) ajustada a una función probabilística de Gumbel.

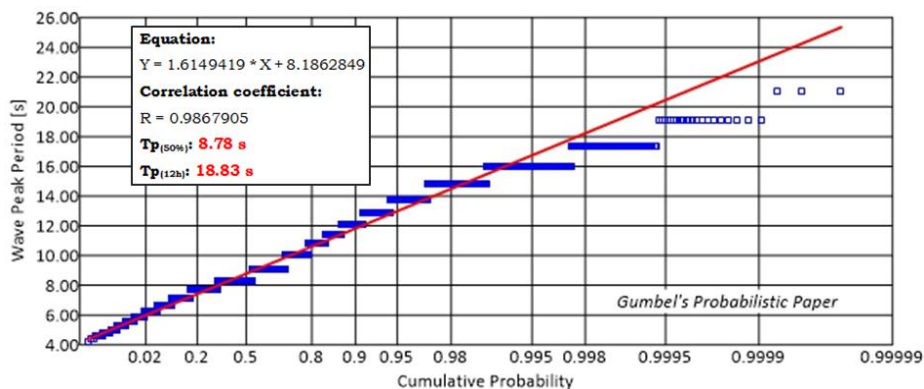


Figura 27: Período Pico de la Ola (s) ajustada a una función probabilística de Gumbel.

V.4 Ciclones Tropicales.

El análisis del Régimen Extremo del oleaje incidente, se realizó a partir del estudio de la serie cronológica de Ciclones Tropicales del Atlantic Reanalyze Project (NOAA) para el período 1950-2021 aplicando la metodología referida en el epígrafe III.4.

Durante este período las trayectorias de 74 ciclones tropicales (Tabla 13) cruzaron por el polígono definido de aproximadamente 100 millas náuticas en torno a la zona de estudio, aportando a la serie 246 registros de vientos máximos sostenidos.

Tabla 13: Ciclones Tropicales que probablemente han afectado la zona de estudio entre 1950 y 2021.

CICLONES TROPICALES 1950-2021 (15.48°LN - 18.81°LN / 60.12° LW - 63.59° LW)											
Año	Nombre	Cat	Año	Nombre	Cat	Año	Nombre	Cat	Año	Nombre	Cat
1950	BAKER	H2	1974	CARMEN	TD	1995	SEBASTIEN	TD	2010	GASTON	TD
1950	DOG	H4	1974	UNNAMED	TD	1996	BERTHA	H1	2011	IRENE	TS
1954	ALICE	H1	1975	ELOISE	TD	1996	HORTENSE	TS	2011	MARÍA	TS
1955	IONE	TS	1979	CLAUDETTE	TS	1997	ERIKA	H1	2011	OPHELIA	TD
1956	BETSY	H2	1979	DAVID	H4	1998	BONNIE	TS	2012	ISAAC	TS
1959	EDITH	TS	1979	FREDERIC	TS	1998	GEORGES	H3	2012	RAFAEL	TS
1960	DONNA	H3	1981	FLOYD	TD	1999	JOSÉ	H2	2014	GONZALO	H1
1961	FRANCES	TS	1981	GERT	TS	1999	LENNY	H3	2015	DANNY	TS
1962	DAISY	TS	1981	UNNAMED	TD	2000	CHRIS	TD	2015	ERIKA	TS
1963	HELENA	TS	1983	UNNAMED	TD	2000	DEBBY	H1	2017	IRMA	H5
1964	CLEO	H4	1984	ARTHUR	TD	2000	HELENE	TD	2017	JOSÉ	H4
1965	BETSY	TS	1987	UNNAMED	TD	2004	JEANNE	TS	2017	MARÍA	H5
1966	FAITH	TS	1988	CHRIS	TD	2006	CHRIS	TS	2018	BERYL	TS
1966	INEZ	H3	1989	DEAN	H1	2007	INGRID	TD	2019	DORIAN	TS
1969	UNNAMED	TD	1989	HUGO	H4	2007	NOEL	TD	2020	LAURA	TS
1969	ANNA	TS	1990	KLAUS	H1	2007	OLGA	TS	2021	FRED	TD
1969	INGA	TD	1995	IRIS	TS	2009	ERIKA	TS	2021	GRACE	TD
1971	DORIA	TD	1995	LUIS	H4	2010	EARL	H3			
1973	CHRISTINE	TS	1995	MARILYN	H1	2010	FIONA	TS			

Se realizó, el análisis probabilístico de la serie de vientos máximos sostenidos mediante su ajuste a una función de máximos de Gumbel (Fig. 28).

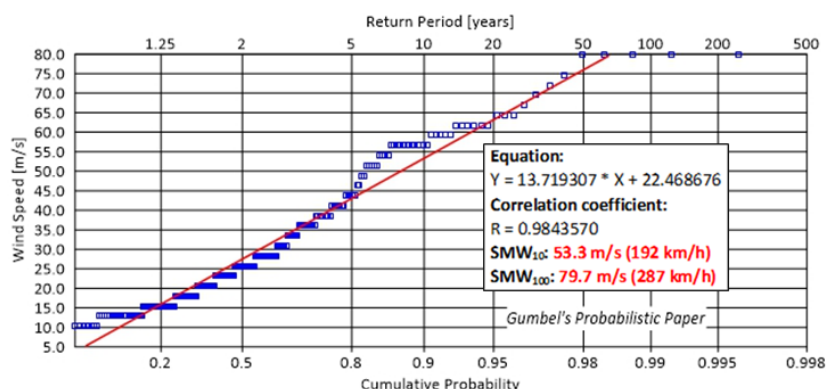


Figura 28: Serie de Vientos máximos sostenidos (m/s) ajustada a una función probabilística de Gumbel.

Los valores correspondientes a Períodos de Retorno de 10 y 100 años para la serie analizada (1950-2021) fueron $SWS_{10} = 192$ km/h y $SWS_{100} = 287$ km/h.

De manera análoga se obtuvieron los Períodos de Retorno correspondientes a las distintas categorías de huracanes definidas en la escala Saffir-Simpson (Tabla 14). Estos valores se muestran como información relevante, si bien los correspondientes a períodos de retorno de 10 y 100 años serán los empleados para la parametrización de las situaciones a simular.

Tabla 14: Período de Retorno del impacto de un Ciclón Tropical a Antigua de acuerdo a su intensidad.

Clasificación	Rango de VMS	Prob Ac.	Tr
Tormenta Tropical	63 - 118 km/h	0.2378	1-2 Años
Huracán Cat 1	119 - 153 km/h	0.6299	2-3 Años
Huracán Cat 2	154 - 177 km/h	0.7965	4-5 Años
Huracán Cat 3	178 - 209 km/h	0.8694	7-8 Años
Huracán Cat 4	210 - 250 km/h	0.9294	14 Años
Huracán Cat 5	251 - - km/h	0.9686	32 Años

V.5 Definición de Situaciones a Simular.

De acuerdo a los resultados antes expuestos, se definieron las situaciones a simular, para obtener una descripción cuantitativa y gráfica del comportamiento del oleaje incidente en la playa de Runaway Bay, las corrientes litorales inducidas por las olas, y el transporte litoral de sedimentos generado a su vez por estas últimas.

El diseño de las simulaciones enfrentó la dificultad de tratarse de una playa al abrigo de las ondas provenientes de los rumbos característicos del régimen habitual de oleajes en aguas profundas. Esto no significa, que tales rumbos no tengan incidencia en los procesos en la playa, sino que el oleaje arriba a esta luego de pasar por diversos procesos de transformación que deben ser considerados por el modelo a emplear.

En particular son de interés, la disipación de la energía de la ola por fricción con el fondo, la refracción que modifica la dirección del avance del frente de ondas en busca de la perpendicular a las isobatas, y la difracción al incidir sobre salientes, bajos rocosos o

arrecifales, o afloramientos de cabezos rocosos, y que se traduce en la propagación de ondas radiales entorno al punto de difracción.

A la malla se le introdujeron valores propios de oleajes estimados para profundidades indefinidas, lo cual, en cualquier caso, se traduciría en una sobreestimación de los resultados finales, lo que se consideró preferible.

Se emplearon mallas que abarcan un área extensa de propagación hasta la playa, permitiendo al modelo estabilizar sus resultados (Ver III.5.2).

Con todas las consideraciones anteriores, y tomando en cuenta además la orientación de la línea de costa y los posibles rumbos con incidencia en la dinámica litoral de la playa, se definieron las siguientes situaciones a simular:

- Régimen Medio (Rumbo NNE): Equivalente al 50% de probabilidad acumulada, resultante del ajuste a una función probabilística de máximos de Gumbel, de las Series de Altura Significativa (Hs) y Período Pico (Pp) de la Ola, según registros de la boya oceanográfica 41040.
- Evento del Año (Rumbo NNE): Valor de Hs con probabilidad de ser superado sólo 12 horas al año. No se apreció correspondencia con el Pp superado sólo 12 horas al año, por lo que, para este caso, se empleó igualmente el Pp correspondiente al 50% de probabilidad acumulada.
- Huracán Categoría 3 (SWS=192 km/h) (Rumbos NNE, N, NW, W y SW): Evento con Período de Retorno equivalente a 10 años, obtenido a partir del ajuste probabilístico a una función de máximos de Gumbel, de la serie de Vientos Máximos Sostenidos estimados o medidos para un ciclón tropical, a su paso por el polígono definido, enmarcado en el entorno de 100 millas náuticas de distancia a la zona de estudio.
- Huracán Categoría 5 (SWS=287 km/h) (Rumbos NNE, N, NW, W y SW): Evento con Período de Retorno equivalente a 100 años, obtenido mediante procedimiento análogo a partir de la misma serie.

Aplicando la metodología propuesta por Sverdrup, Munk and Bretschneider, referida en el Shore Protection Manual (1984) y descrita en el epígrafe III.4.3, se calculó la altura de la ola generada por un huracán con la intensidad referida, e incidente en aguas profundas. Se consideró la altura de la ola en función de las posibles trayectorias condicionantes de los rumbos definidos a simular.

La selección del modelo Mopla del Sistema de Modelado Costero, desarrollado por la Universidad de Cantabria (ver epígrafe III.4), respondió a su capacidad para simular los procesos antes referidos. Los parámetros introducidos en cada situación a simular se muestran en la Tabla 15.

Tabla 15: Situaciones a simular. Entrada de datos de oleaje en aguas de profundidad indefinida.

Entrada de datos de oleaje al Mopla											
Evento(s)	Rumbo	Duración	Hs (m)	Ts (seg)	Fr Pico	Fr Máx	GAMA	Comp fr	Comp dir	Amp Marea	Dispersión
Régimen Medio	NNE	12 horas	1.91	8.78	0.11	0.25	3.30	16.00	15.00	0.30	16.00
Evento del Año	NNE	12 horas	4.48	8.78	0.11	0.25	3.30	12.00	11.00	0.30	12.00
CT (Tr 10 Años)	N y NW	12 horas	5.71	9.23	0.11	0.25	3.30	12.00	11.00	0.30	12.00
CT (Tr 100 Años)	N y NW	12 horas	8.51	11.26	0.09	0.20	5.00	10.00	9.00	0.30	10.00
CT (Tr 10 Años)	W y SW	12 horas	8.57	11.30	0.09	0.20	3.30	10.00	9.00	0.30	10.00
CT (Tr 100 Años)	W y SW	12 horas	12.76	13.79	0.07	0.17	5.00	8.00	7.00	0.30	8.00

V.6 Régimen Medio.

V.6.1 Simulación de Oleaje.

El Régimen Medio responde sólo a oleaje incidente del NNE sobre las mallas encadenadas diseñadas al efecto.

En la práctica, el Régimen Medio resulta de ondas de oleaje que se desarrollan bajo la influencia de los vientos Alisios en aguas del Océano Atlántico, e inciden sobre la plataforma insular de Antigua y Barbuda procedentes del Este. En su tránsito sobre la plataforma, al Norte de Antigua, estas ondas de oleaje sufren importantes transformaciones como resultado de la fricción con el fondo, y procesos de refracción, difracción, e incluso reflexión del oleaje. Una vez que arriban al extremo NW de Antigua, la refracción y difracción favorecen un giro que hace incidir las olas desde rumbos del NNE, sobre las mallas encadenadas.

La transformación del oleaje continúa de manera análoga hasta hacer que las olas incidan sobre la zona de rompiente procedentes del NW, tras disipar buena parte de su energía inicial, con alturas inferiores a 1.0 m, siendo aún menores en el extremo Norte de la playa, abrigado por bajos y cabezos rocosos (Fig. 29).

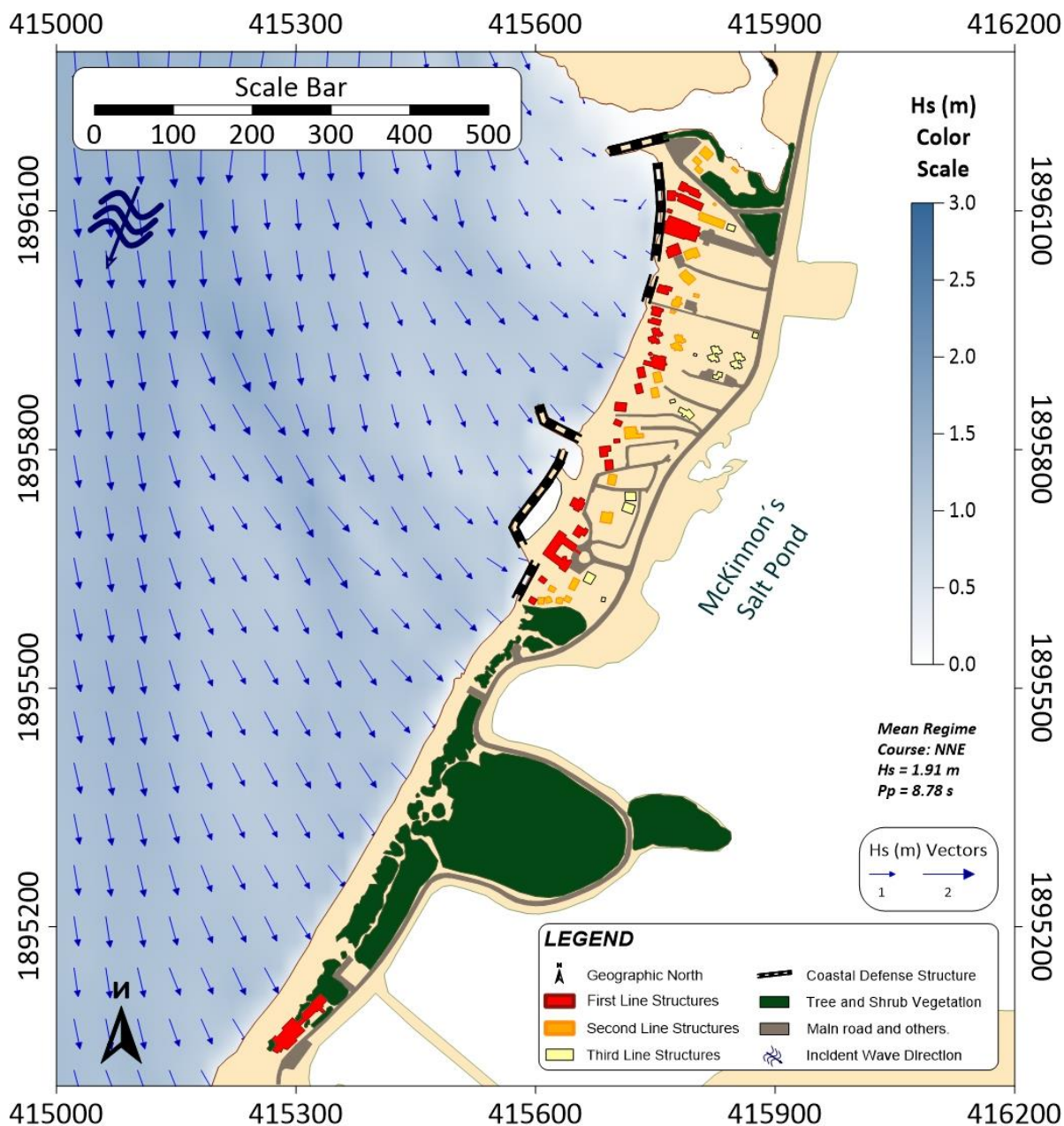


Figura 29: Régimen Medio (NNE). Vectores de Altura de la Ola.

V.6.2 Corrientes Litorales.

La representación gráfica de los resultados obtenidos en la modelación numérica de las corrientes litorales, se muestran en la Figura 30.

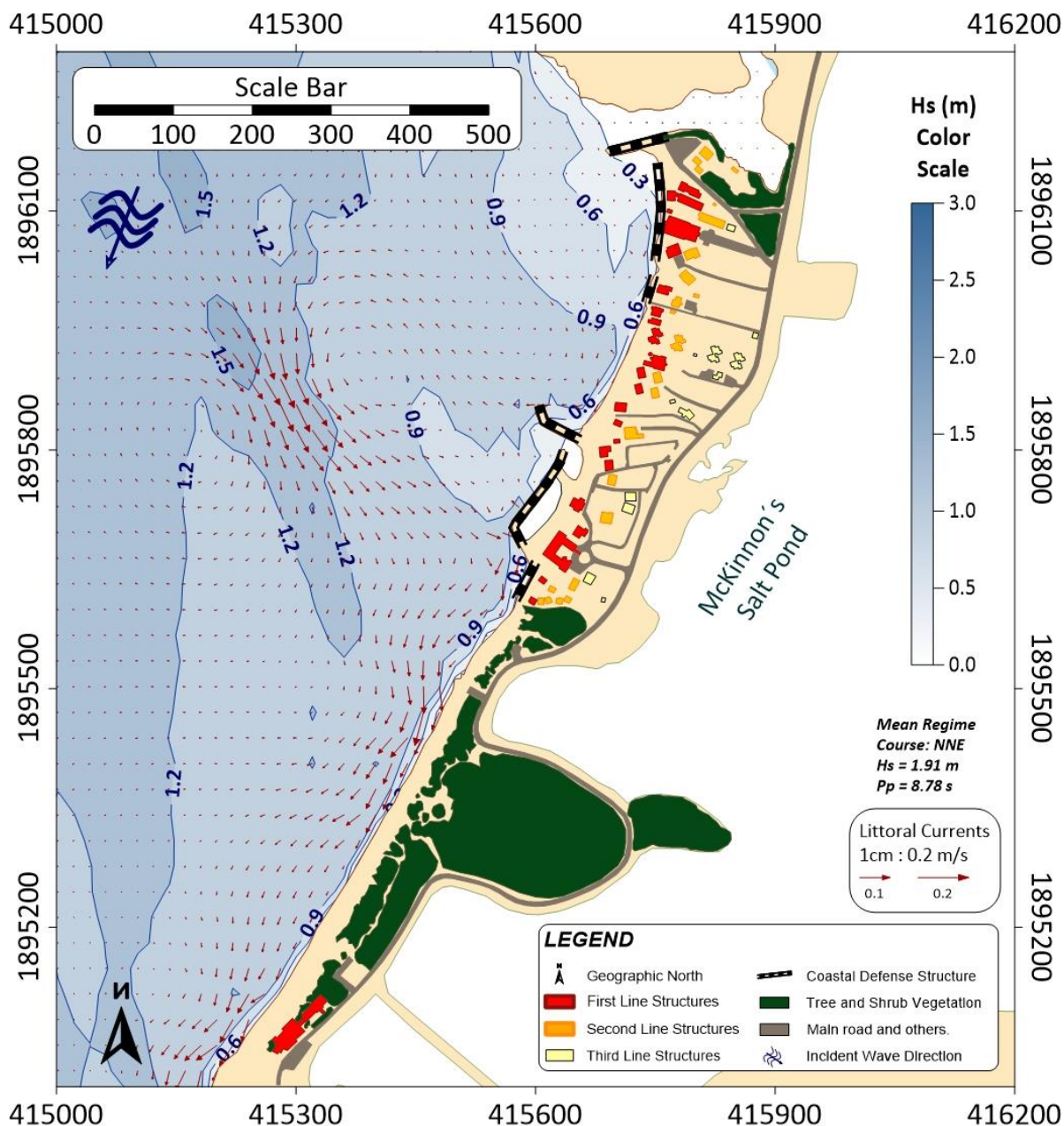


Figura 30: Régimen Medio (NNE). Vectores de Corrientes y Contornos de Altura de la Ola.

La incidencia ligeramente oblicua de las olas sobre la playa, genera un long-shore bien definido en todo el Sector 1 (al sur de las escolleras), con corrientes de baja intensidad del NE al SW, las cuales, con variaciones en su magnitud, persisten durante casi todo el año.

La reflexión del oleaje incidente sobre el rompeolas genera corrientes de retorno que, de incrementarse ante el impacto de eventos extremos, podrían socavar la estructura en caso de no haber sido correctamente emplazada.

La poca energía de las olas incidentes en los sectores 3 y 4 (al Norte de las escolleras), muy abrigados de estos rumbos por bajos y cabezos rocosos, se traduce en el desarrollo casi nulo de las corrientes litorales.

Estos resultados se corresponden con lo observado en el terreno, donde no se apreciaba que el muelle central estuviese interrumpiendo el transporte litoral de manera significativa, en tanto, eran notables, inmediatamente al Sur de las escolleras, las evidencias de erosión; y de acumulación, en el extremo Sur de la playa.

V.6.3 Transporte de Sedimentos.

La Figura 31, muestra una representación gráfica de la salida del modelo EROS, que intenta estimar cuantitativamente la magnitud del transporte de sedimentos por las corrientes litorales y las variaciones en la superficie del fondo.

En correspondencia con los resultados obtenidos para el oleaje y las corrientes litorales, se aprecia una dinámica litoral más activa en el Sector 1 de la playa. El transporte litoral de sedimentos se produce allí del NE al SW, fundamentalmente, sin que resulte muy representativo en lo inmediato, aunque marcando una tendencia apreciable como resultado de la persistencia de esta situación durante casi todo el año, con momentos de mayor o menor intensidad.

La línea en amarillo muestra, asimismo, que, en determinado momento, este régimen es capaz de desplazar arena hacia la barra sumergida, fortaleciéndola, de modo que la misma se convierte en otro elemento de disipación de la energía del oleaje incidente.

Estos resultados deben ser analizados recordando que el modelo asume que todo el fondo marino está compuesto por sedimentos susceptibles de ser transportados, cuando en realidad en el lugar existen bajos y cabezos rocosos, como el situado frente a las estructuras de defensa costera en el centro de la playa, donde el modelo estima variaciones del fondo que en la práctica resultan imposibles.

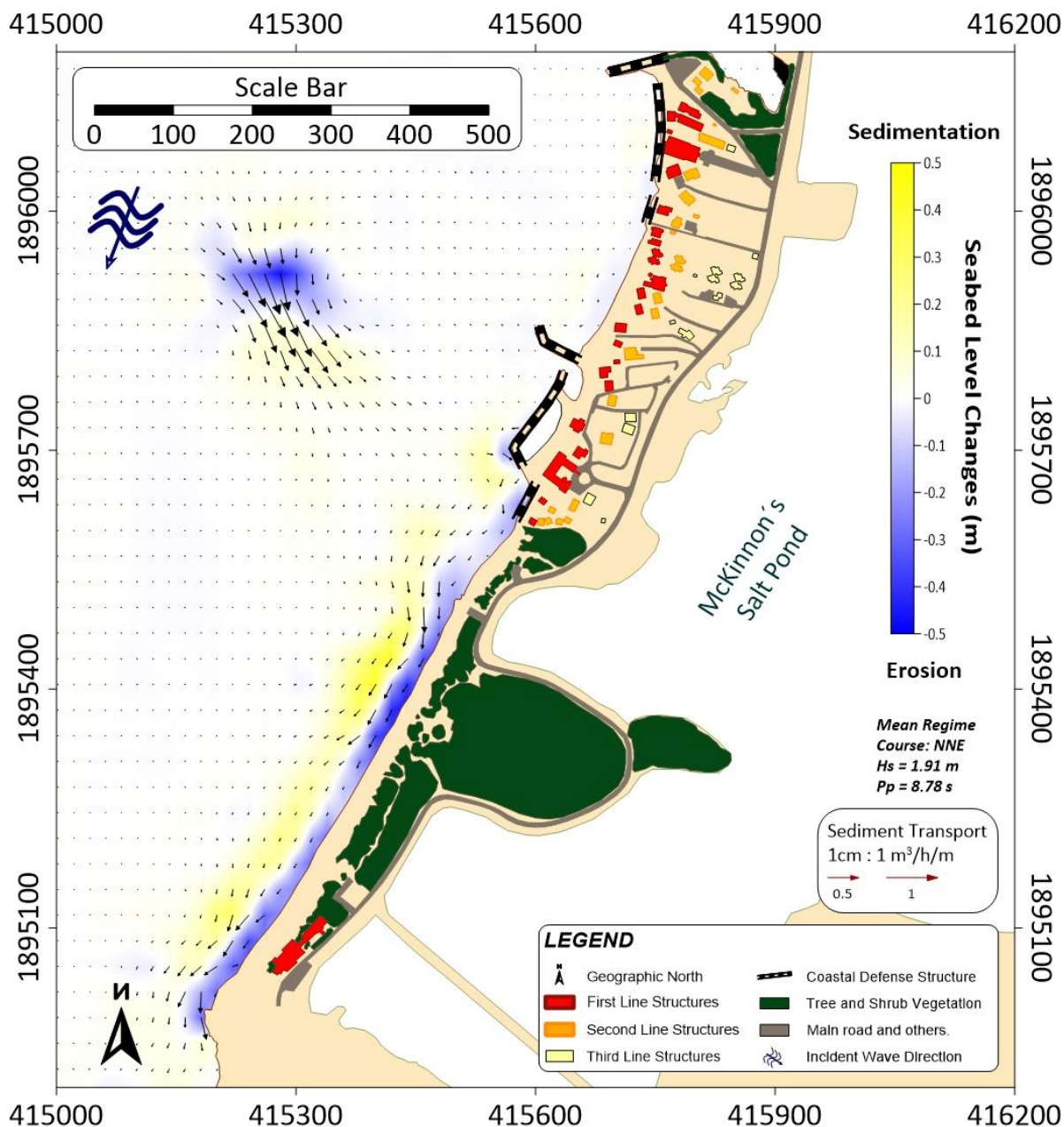


Figura 31: Régimen Medio (NNE). Vectores de Transporte y Contornos de Variación del Fondo.

V.7 Régimen Extremal.

Como se ha visto, en la zona de estudio, existe una muy elevada persistencia del Régimen Habitual de oleaje. Esta sólo se ve alterada en momentos de mayor intensidad de los vientos Alisios y al paso de Ciclones Tropicales.

Por este motivo se realizaron simulaciones correspondientes al evento con probabilidad de ser superado sólo 12 horas al año, asumiendo rumbo similar al predominante durante casi todo el año (NNE en la malla); y para el paso de ciclones tropicales con períodos de retorno de 10 y 100 años, para rumbos N, NW, W y SW.

A modo de ejemplo, en el presente epígrafe se mostrarán resultados correspondientes a la simulación del impacto de un ciclón tropical con período de retorno de 10 años, de acuerdo a su intensidad, para los rumbos NW, W y SW.

En los Anexos III y IV pueden encontrarse los resultados de las salidas correspondientes a cada evento y rumbo simulado.

V.7.1 Simulación de Oleaje.

De acuerdo a sus trayectorias, los Ciclones Tropicales pueden hacer incidir el oleaje sobre la zona de estudio, desde varios rumbos entre el NNE y el SW.

Siendo el radio de vientos máximos de un ciclón tropical, como regla general, menor en su sector Oeste, esto condicionará la altura máxima de las olas. Dada la situación geográfica y orientación de la línea de costa de Runaway Bay Beach, se asume que los rumbos Norte y NW son generados en el sector Oeste de Ciclones Tropicales cuyas trayectorias pasan por el Norte de Antigua, por lo que la altura de las olas es menor. Por el contrario, se asume que los rumbos W y SW son generados en el sector Este de Ciclones Tropicales cuyas trayectorias pasan por el Sur de Antigua en dirección SE-NW, por lo que la altura de las olas es mayor.

Los resultados obtenidos a partir de la simulación del caso Ciclón Tropical con Período de Retorno equivalente a 10 años, para los rumbos incidentes en la malla del NW, W y SW, se muestran en las Figuras 32, 33 y 34.

Es notable que los distintos obstáculos y la pendiente suave del perfil, logran disipar gran parte de la energía del oleaje incidente, incluso para el caso de los rumbos más perpendiculares a la orientación de la línea de costa.

El oleaje arriba con mayor energía a la zona central y Sur de la playa. Mientras en el sector 1 se alcanzan alturas de hasta 1.8 m en la zona de rompiente, en la parte Norte, apenas superan 1.2 m.

El rumbo sufre ciertas variaciones como resultado de procesos de refracción y difracción, este último, particularmente notable como resultado de la interacción de las olas con el bajo rocoso en la zona central.

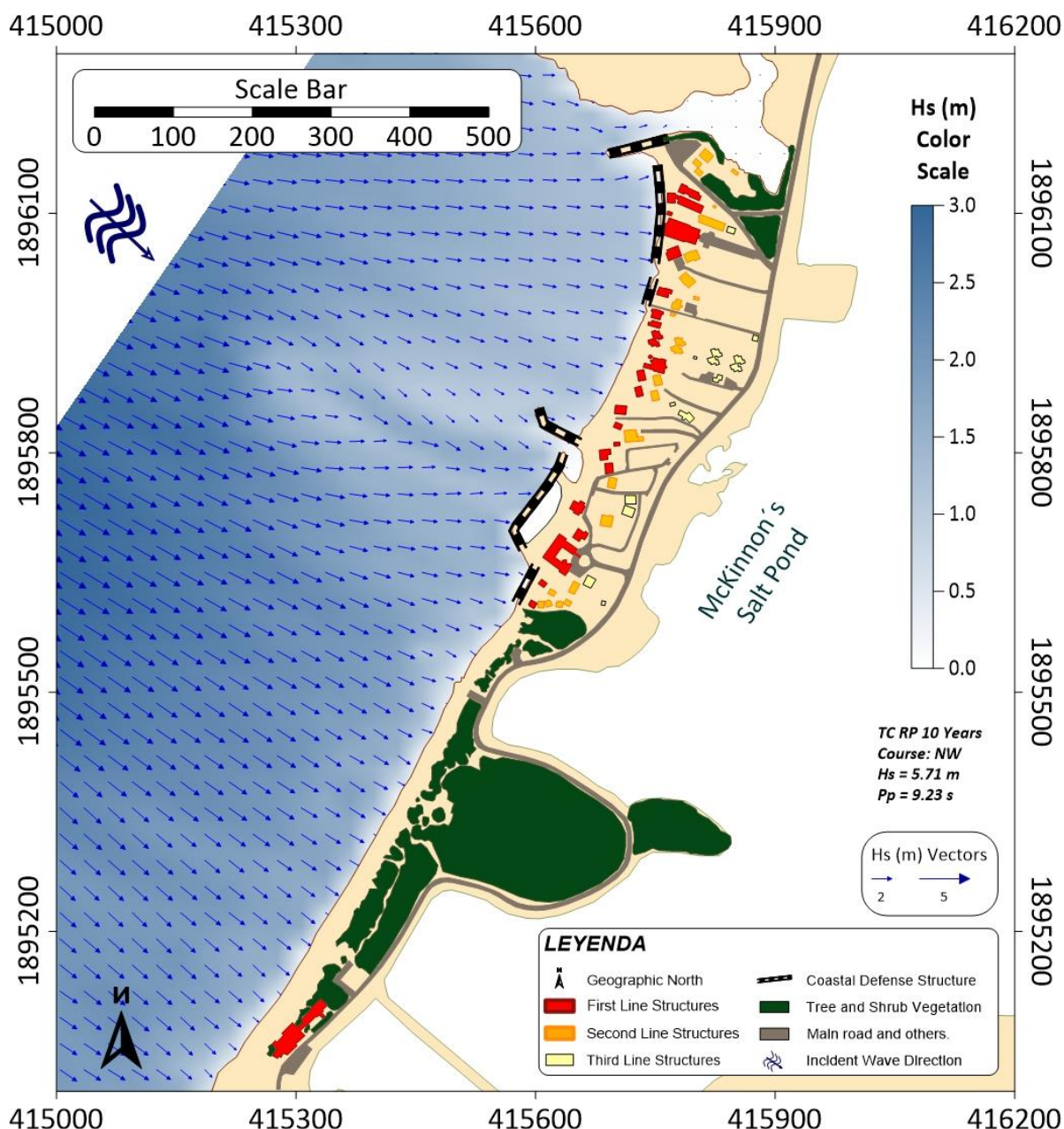


Figura 32: Ciclón Tropical (NW. Tr: 10 Años). Vectores de Altura de la Ola.

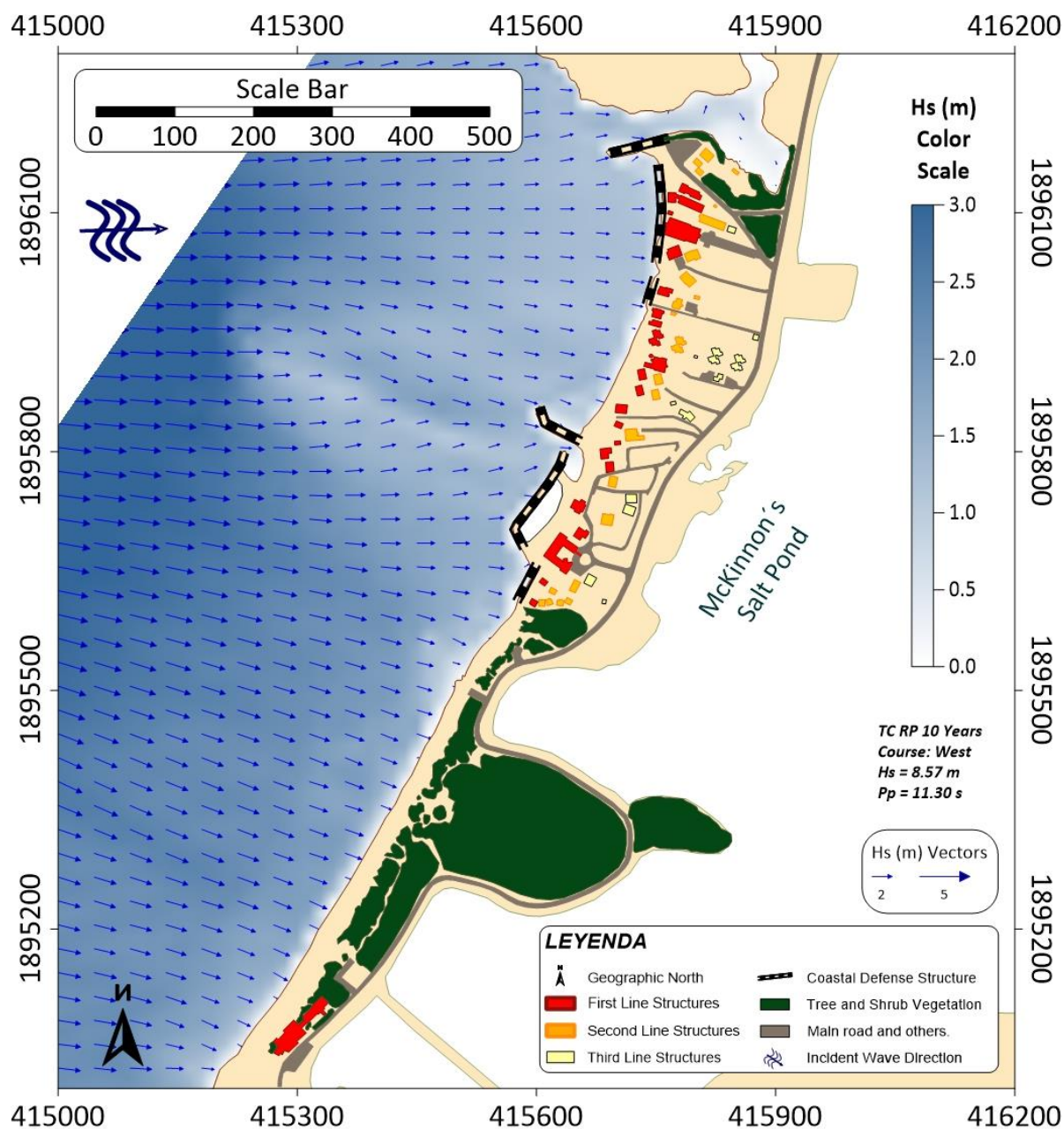


Figura 33: Ciclón Tropical (W. Tr: 10 Años). Vectores de Altura de la Ola.

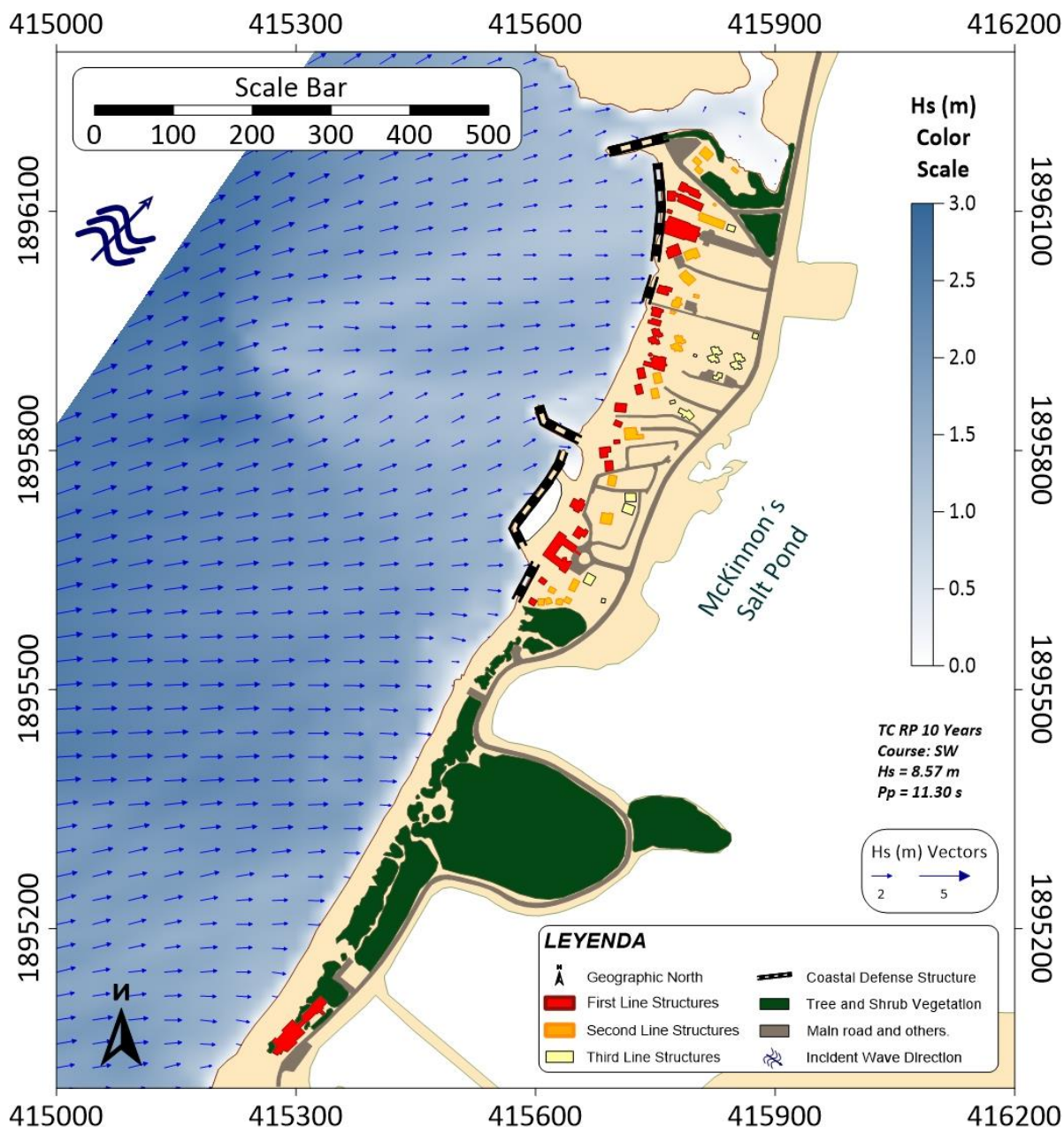


Figura 34: Ciclón Tropical (SW. Tr: 10 Años). Vectores de Altura de la Ola.

V.7.2 Corrientes Litorales.

Las representaciones gráficas de los resultados obtenidos en la modelación numérica de las corrientes litorales para los rumbos simulados, se muestran en la Figura 35, 36 y 37.

Las salidas del modelo indican que la incidencia más perpendicular de estos rumbos, y la mayor energía de las olas, favorecen la formación de celdas de circulación con corrientes de

retorno, particularmente apreciables para todos los rumbos, en el extremo Norte del Sector 1 (inmediatamente al Sur de las escolleras en la zona central). El rumbo SW propicia la inversión del sentido del long shore, en tanto favorece, además, la aparición de corrientes de retorno en el extremo Norte de la playa (Sector 4). Es conocido que este tipo de corrientes, ante eventos de mayor energía como los simulados, pueden producirse con mayor intensidad en zonas aledañas a estructuras rocosas perpendiculares a la línea de costa.

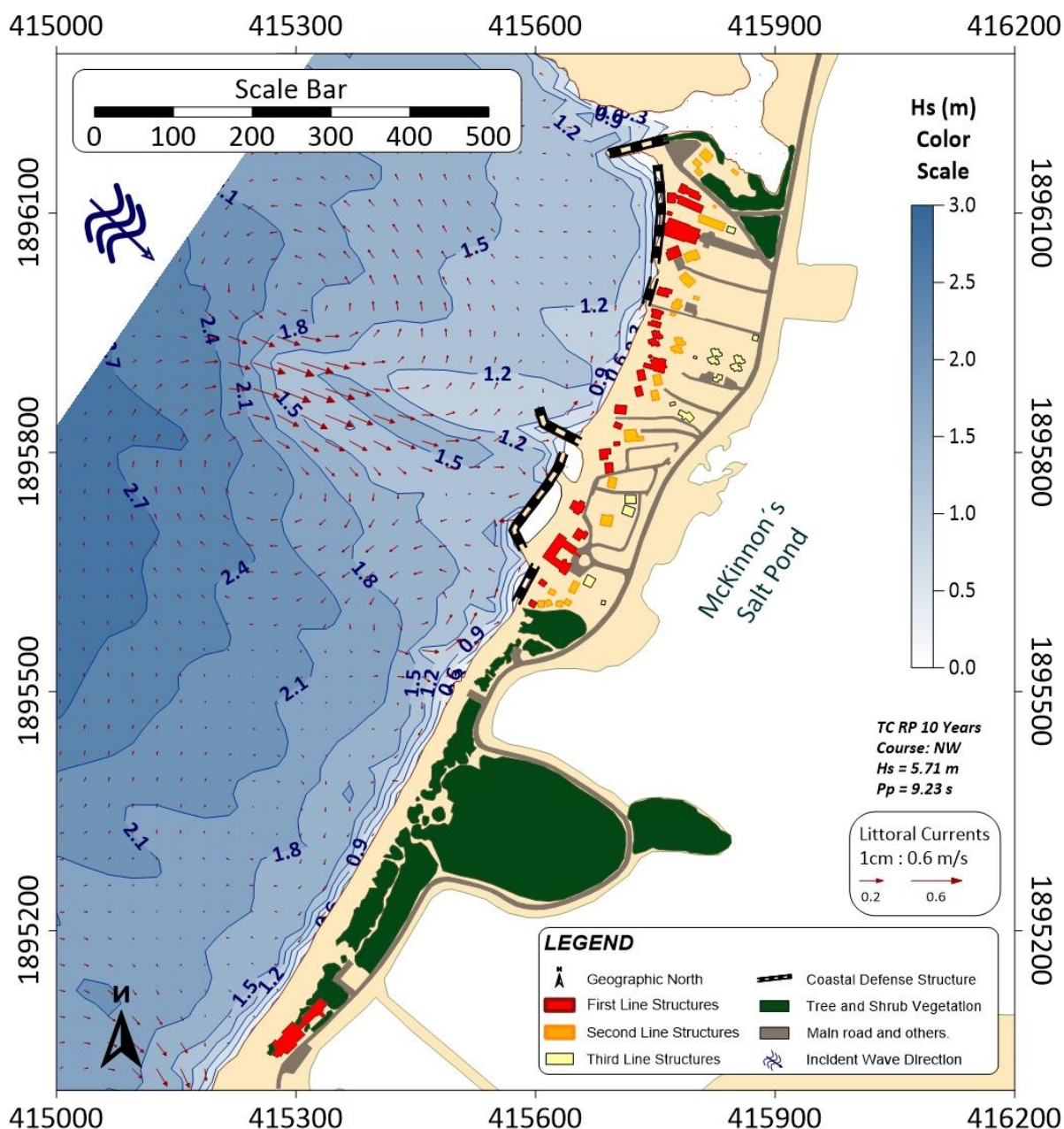


Figura 35: Ciclón Tropical (NW. Tr: 10 Años). Vectores de Corrientes y Contornos de Altura de la Ola.

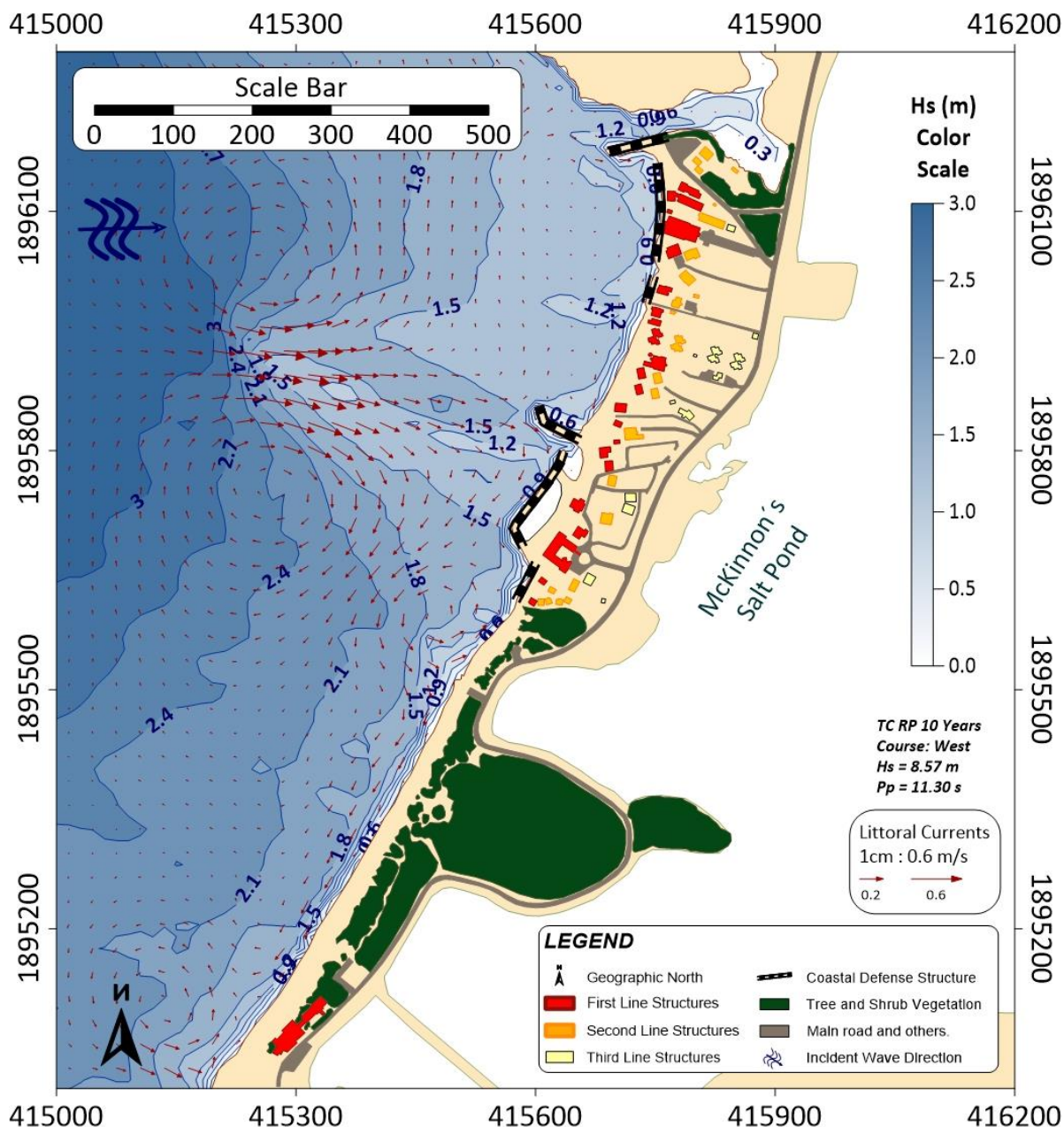


Figura 36: Ciclón Tropical (W. Tr: 10 Años). Vectores de Corrientes y Contornos de Altura de la Ola.

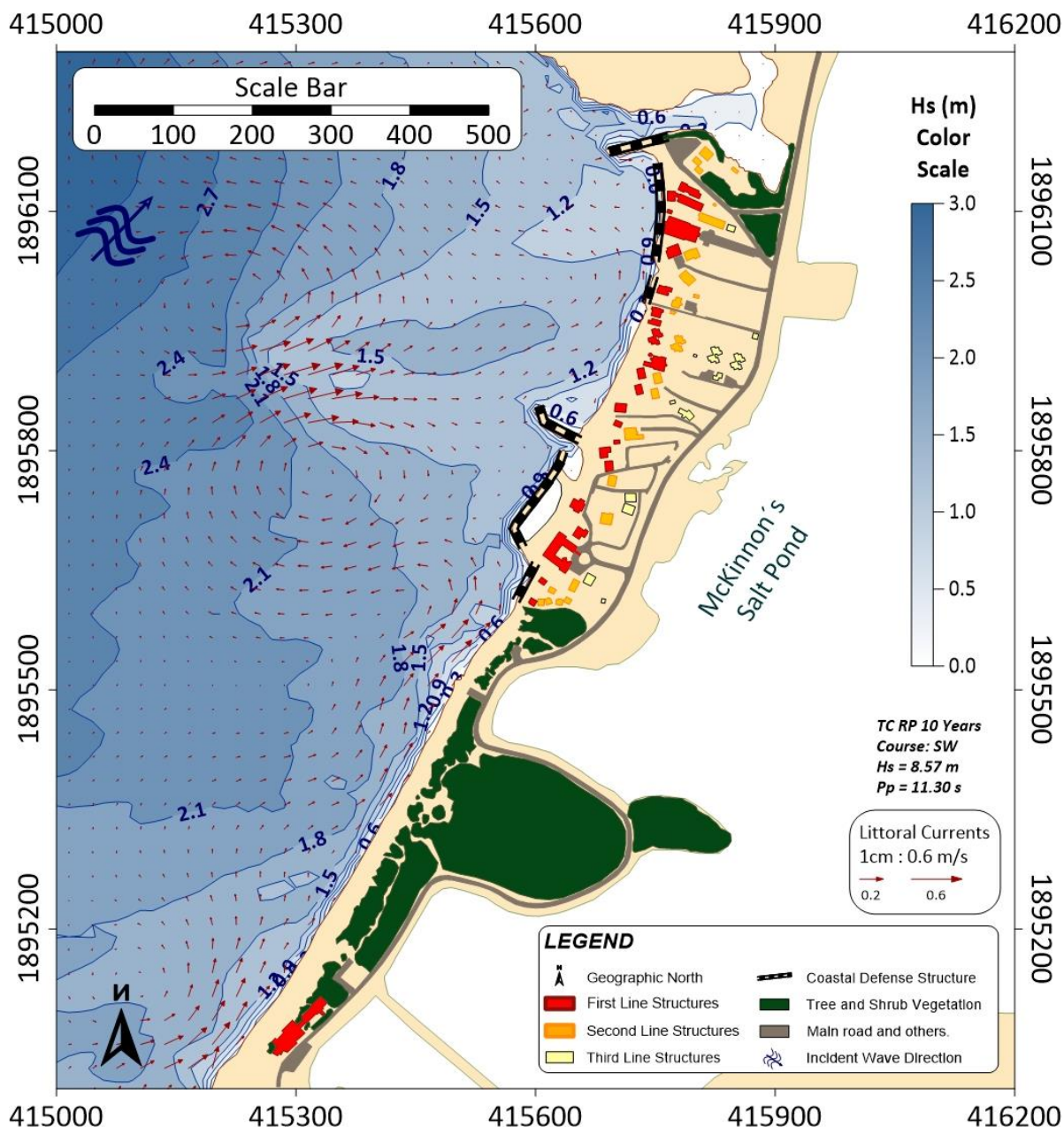


Figura 37: Ciclón Tropical (SW. Tr: 10 Años). Vectores de Corrientes y Contornos de Altura de la Ola.

V.7.3 Transporte de Sedimentos.

Las Figuras 38, 39 y 40, muestran una representación gráfica de la salida del modelo EROS, que intenta estimar cuantitativamente la magnitud del transporte de sedimentos por las corrientes litorales y las variaciones en la superficie del fondo.

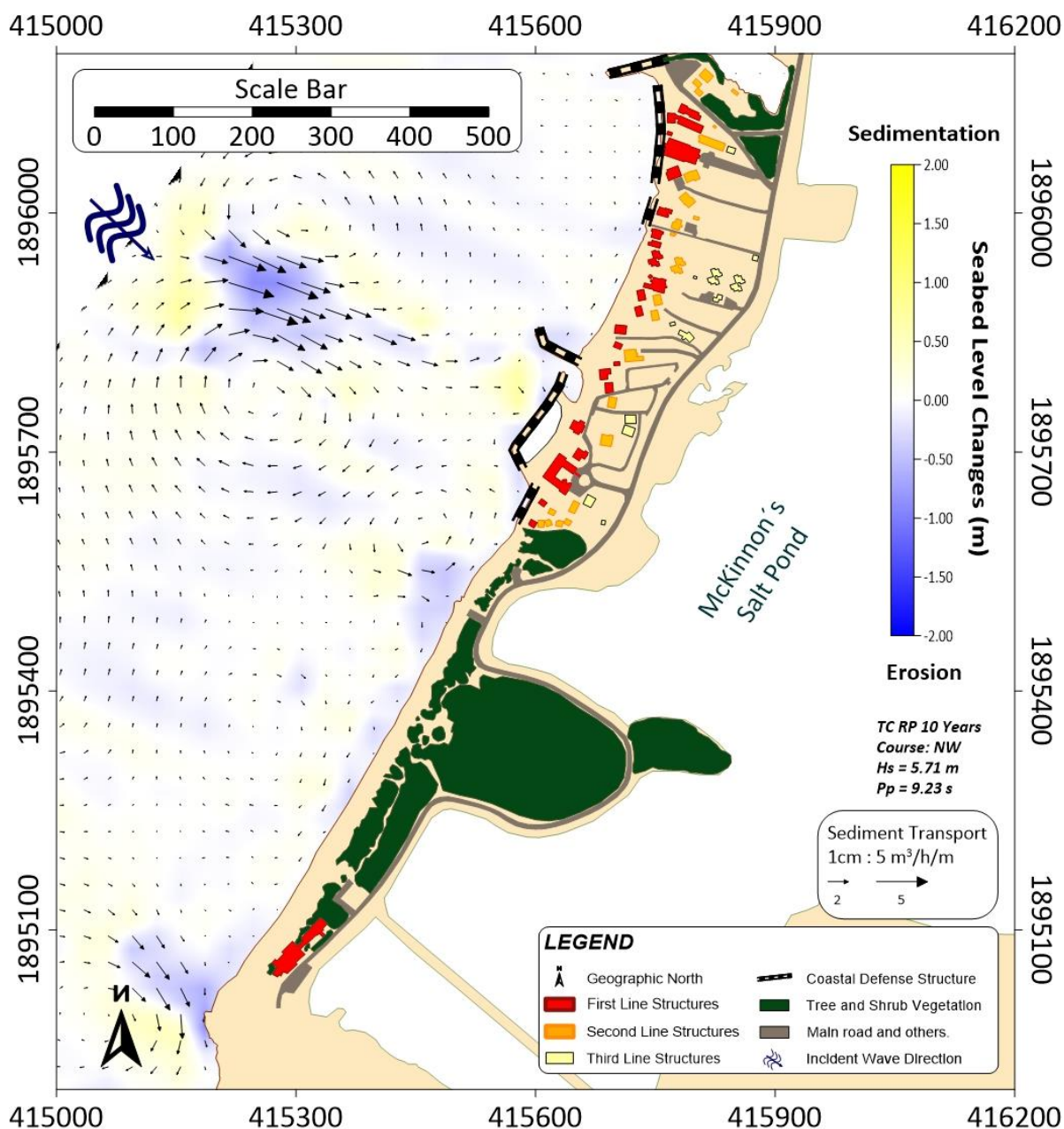


Figura 38: Ciclón Tropical (NW. Tr: 10 Años). Vectores de Transporte y Contornos de Variación del Fondo.

En correspondencia con los resultados obtenidos para el oleaje y las corrientes litorales en los casos simulados de oleaje extremo, se aprecia igualmente una dinámica litoral más activa en el Sector 1 de la playa, donde se fortalecen las barras arenosas sumergidas, en tanto se produce el transporte mar adentro por las corrientes de retorno en algunos sectores, y también hacia el SW en el extremo suroccidental de la playa.

El sentido del transporte litoral depende del rumbo incidente y las corrientes litorales que resulten de este, siendo del NE al SW para los rumbos del Oeste y el Cuarto Cuadrante, y en sentido inverso para el rumbo SW.

Estos resultados deben ser analizados recordando la baja representación de estos eventos en la climatología del lugar, y el hecho de que el modelo asume que todo el fondo marino está compuesto por sedimentos susceptibles de ser transportados.

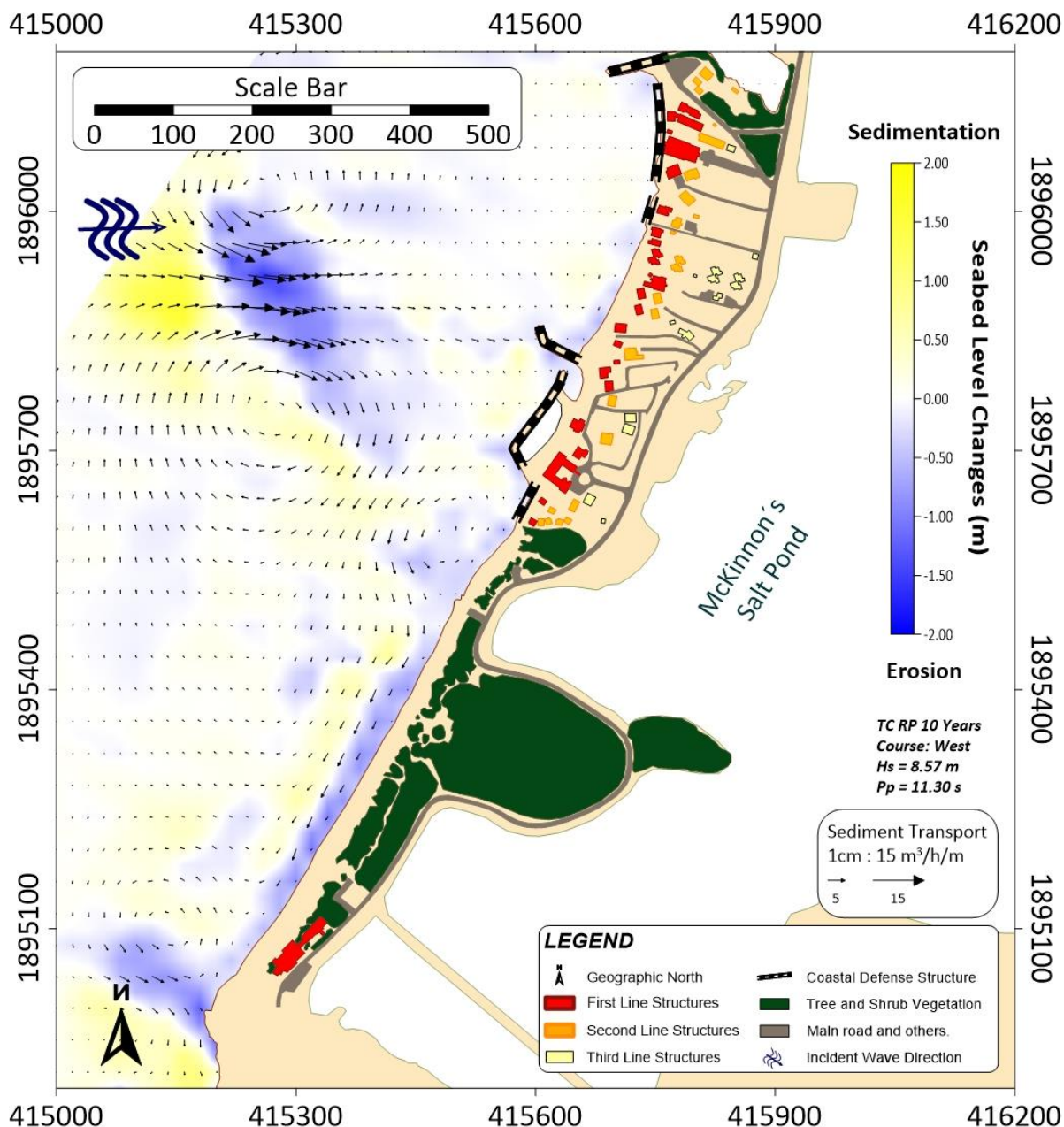


Figura 39: Ciclón Tropical (W. Tr: 10 Años). Vectores de Transporte y Contornos de Variación del Fondo.

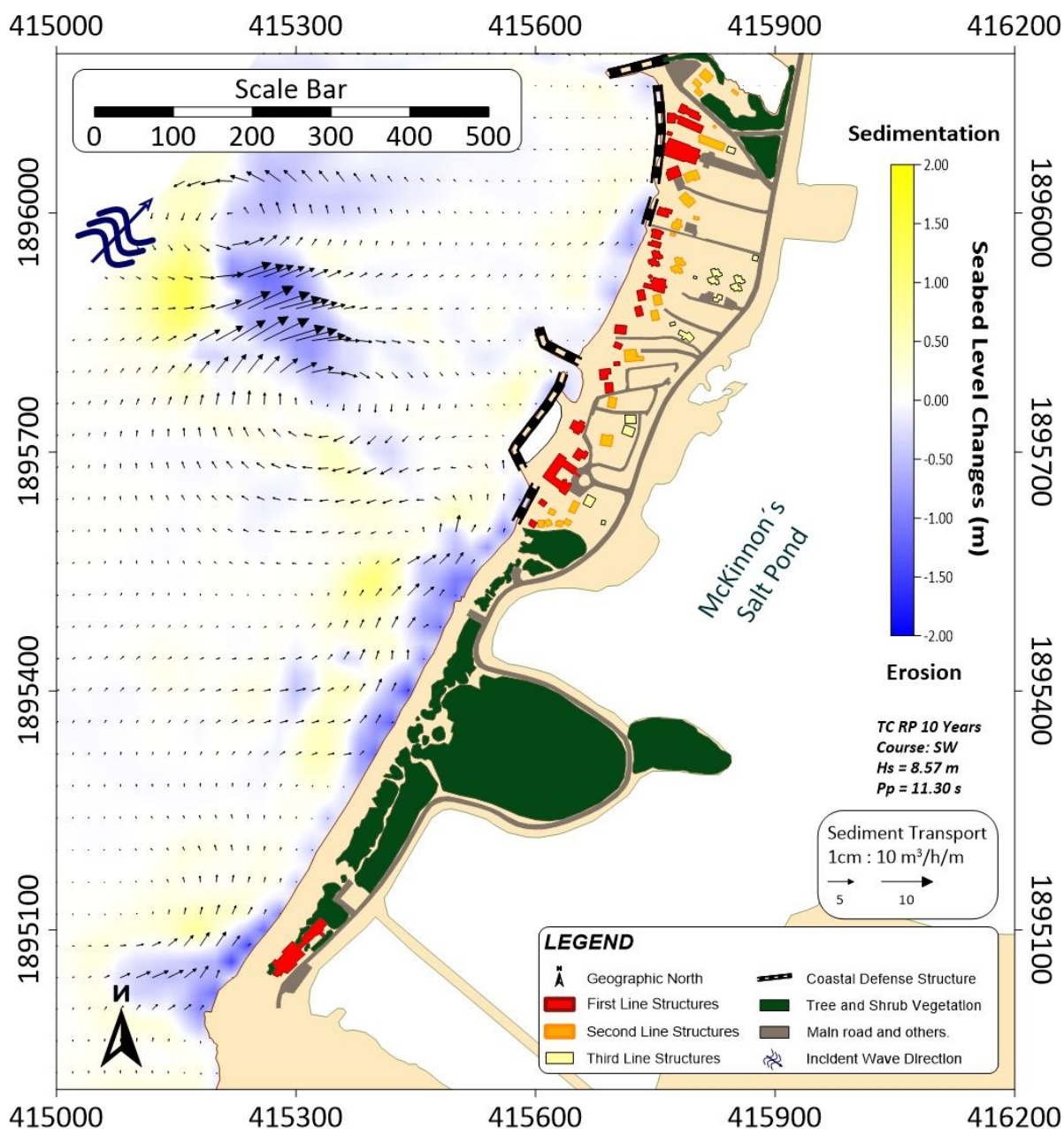


Figura 40: Ciclón Tropical (SW. Tr: 10 Años). Vectores de Transporte y Contornos de Variación del Fondo.

V.8 El Cambio Climático como causa de procesos de erosión.

Sucesivos informes del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC), desde 1990, han reunido resultados relevantes de investigaciones realizadas en torno al Cambio Climático; evidencias, origen, evolución, pronóstico e implicaciones.

El Cambio Climático sería inducido por el incremento en la temperatura media en la superficie del planeta, proceso denominado Calentamiento Global, que tiene su origen en el sobredimensionamiento del Efecto Invernadero como resultado de las emisiones de gases de efecto invernadero por la actividad industrial, el transporte, entre otras fuentes.

Este proceso implica, a su vez, un incremento en el nivel medio del mar, resultante de la expansión térmica del agua, y el derretimiento de los glaciares. De hecho, el incremento medido, directa o indirectamente, de la temperatura media superficial y el nivel medio del mar, así como la disminución de la superficie ocupada por glaciares, constituyen tres de las más claras evidencias del avance del Cambio Climático.

En su VI Reporte (2022), el IPCC señala que: “La tasa de aumento del nivel medio del mar a nivel mundial fue de 1,35 mm por año (0,78-1,92 mm por año, rango muy probable) durante el período 1901-1990, más rápido que durante cualquier otro siglo en al menos 3000 años (confianza alta). El incremento del nivel medio del mar se ha acelerado a 3,25 mm por año (2,88-3,61 mm por año, rango muy probable) durante 1993-2018 (confianza alta).”

Los pronósticos largo plazo, apuntan a una gradual aceleración del incremento del nivel medio del mar en los próximos años, alcanzando el entorno de 15 cm a 25 cm para 2050 y 40 cm a 75 cm para 2100, según el escenario proyectado, respecto a 2020 (Fig. 41).

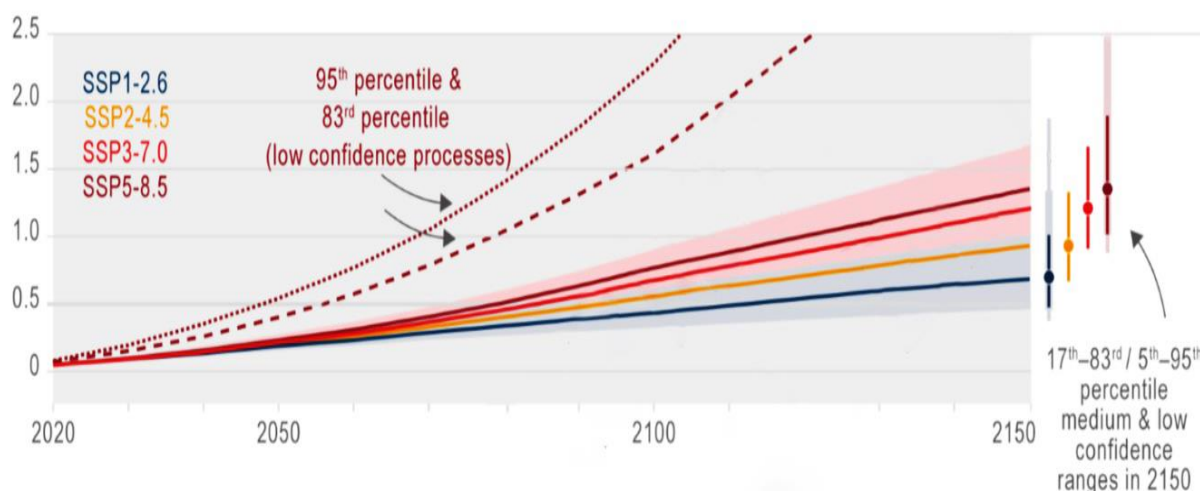


Figura 41: Incremento del nivel medio del mar proyectado para 4 escenarios hasta el 2150 (IPCC, 2022).

El VI Reporte del IPCC, además, relaciona el incremento en la erosión costera, particularmente en costas abrigadas, como evidencia de los primeros impactos del incremento del nivel medio del mar inducido por el Cambio Climático. Se trata de procesos estudiados también desde la morfodinámica de las playas: los modelos de Bruun (1962) y Dean y

Maurmeyer (1983) relacionan el incremento del nivel del mar con el retroceso de la línea de costa en las playas.

La Regla de Bruun establece una relación directa entre el retroceso de la línea de costa (R) en un perfil de playa y el incremento del nivel medio del mar (S), que dependerá a su vez de la altura de la berma (B), la profundidad de cierre (h_*) y la longitud del perfil (L) (Fig. 42).

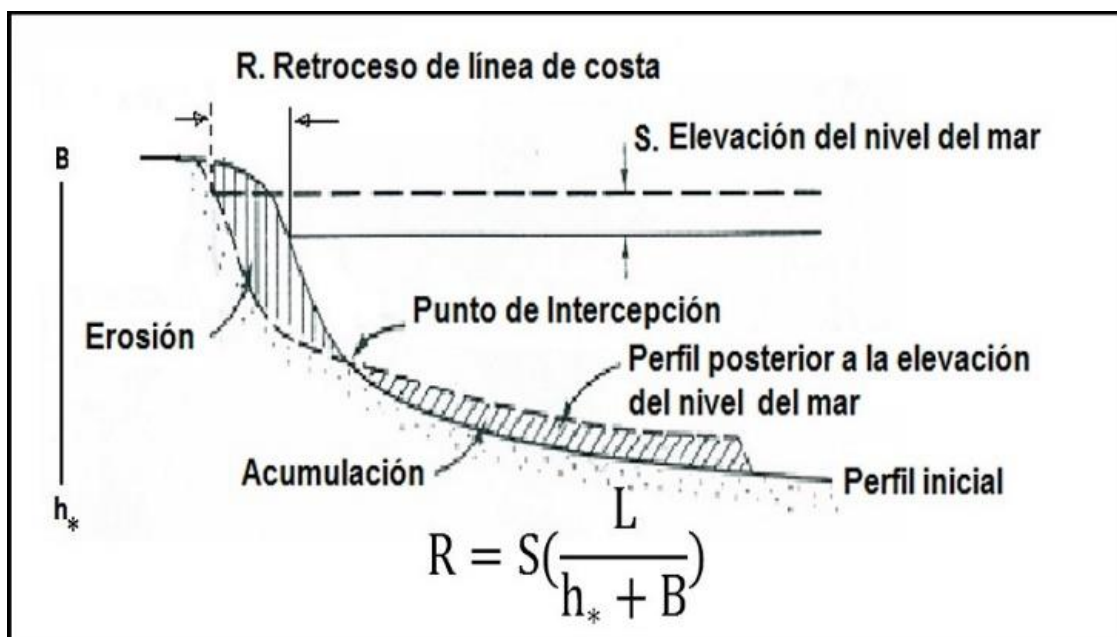


Figura 42: Regla de Bruun (1962).

Dean and Maurmeyer (1983) propusieron un modelo con similares implicaciones, a partir del estudio de islas barreras. Estos autores prevén que el incremento del nivel del mar favorecerá el traspaso de arena hacia la postduna, como parte de un proceso de reconfiguración del perfil que parte igualmente de una relación directa entre el incremento del nivel medio del mar y el retroceso de la línea de costa, dependiendo además, de la longitud total del perfil (suma del perfil sumergido hasta la profundidad de cierre (L_0), el perfil emergido (W), y el perfil en postduna (L_L) hasta el máximo avance de la arena hacia tierra), y las profundidades de cierre en el mar (h_*) y la laguna costera (h_L) (Fig. 43).

$$R = S \frac{(L_0 + W + L_L)}{(h_* - h_L)}$$

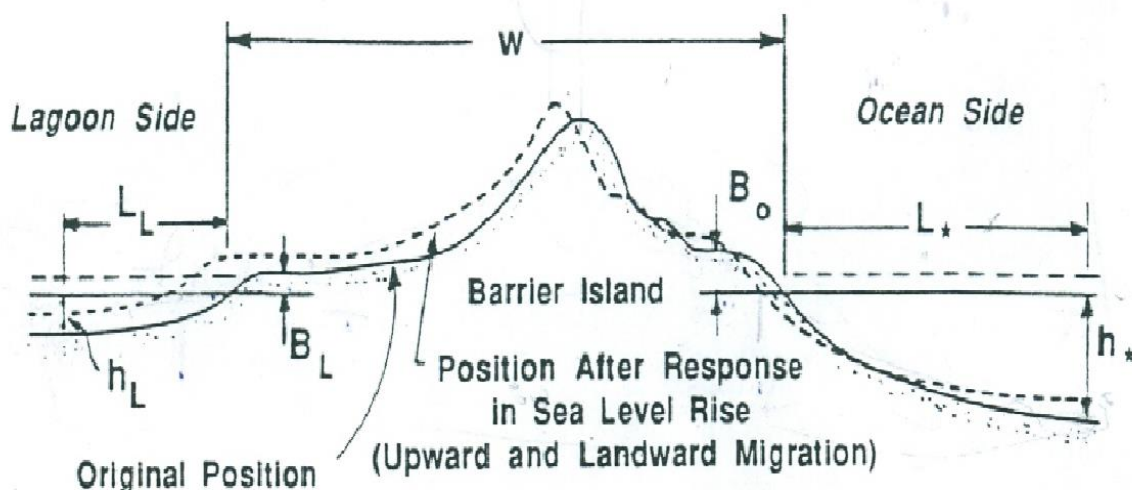


Figura 43: Respuesta del perfil de equilibrio en islas barras (Dean y Maurmeyer, 1983).

La elevación proyectada del nivel medio del mar, hace prever el incremento y aceleración de los procesos erosivos en las playas a mediano y largo plazo, por lo que su manejo debe prever, igualmente, el monitoreo de su evolución morfodinámica y la concepción de estrategias que permitan actuar proactivamente en función del escenario que se manifieste.

V.9 Resumen de resultados y funcionamiento dinámico.

La playa de Runaway Bay, se sitúa en la costa Oeste de Antigua, su frente de playa se orienta del NNW al SSW con azimut de 28°, y se halla a sotavento y sotamar de la isla, considerando el régimen de vientos y oleajes predominantes. Es parte de un subsistema costero que también integran las playas de Dickenson Bay y Fort Bay, limitando al Norte con las aguas que separan a Antigua de Barbuda, y al Sur, con el Puerto de Saint Johns.

En función de su morfología, y grado y tipo de antropización, la playa de Runaway Bay puede subdividirse, para su mejor estudio, en 4 sectores (Plano 1A).

Los sectores 2 y 4 cuentan con estructuras de defensa costera, elevados niveles de antropización y exhiben la playa de peor calidad.

El Sector 3 se apoya en un muelle de escolleras situado inmediatamente al Sur y conserva un área de Sol estrecha, y la duna ocupada por construcciones.

El Sector 1, en el centro y Sur de la playa, es el mejor conservado, si bien su duna está ocupada por construcciones en su extremo meridional, y por especies vegetales invasoras en el resto. En el Norte muestra evidencias de erosión y de acumulación en el extremo Sur.

Referencias dadas por monitoreos realizadas desde 1995, e investigaciones previas, dan cuenta de la pérdida de la playa en el sector Norte, a mediados de la última década del pasado siglo, como resultado del impacto del huracán Luis, tras haberse acelerado la antropización del lugar, así como de un gradual proceso erosivo que se ha sostenido desde entonces.

Otras referencias han permitido apreciar el avance en la construcción de obras de defensa costera por iniciativa privada, a lo largo de las dos primeras décadas del siglo XXI, las cuales han tenido como principal objetivo la defensa de las propiedades, y no la preservación de la playa.

El Régimen Medio de Vientos, dada su velocidad y rumbo no permite prever que el transporte eólico de sedimentos tenga una participación importante en la dinámica de la zona de estudio, lo que se corresponde con las observaciones en el campo.

La ubicación de la playa a Sotamar del régimen predominante de olas del Este, y la existencia de una plataforma insular relativamente extensa, hacen que predominen procesos de disipación de la energía de la ola, por contacto con el fondo, y así como de refracción y difracción de las olas, antes de su arribo a la zona de estudio.

Tras estos complejos procesos de transformación del oleaje propio del régimen predominante, la playa es alcanzada por las olas que inciden de manera oblicua desde el NW.

En este escenario:

- Se establece un long shore de baja intensidad, pero gran persistencia, del NNE al SSW a lo largo de todo el Sector 1, que se expresa en la tendencia erosiva que manifiesta su límite Norte, y acumulativa en su límite Sur.
- Predominan procesos de reflexión del oleaje ante la estructura rompeolas del sector 2, lo que en conjunto con la influencia del bajo rocoso situado enfrente, y los procesos de difracción del oleaje que genera, dan lugar a ligeras corrientes de retorno.
- Los sectores 3 y 4 son alcanzados por olas de menor energía, las cuales apenas generan corrientes en la zona litoral, lo que se corresponde con las observaciones en el campo, donde no se registraron acumulaciones destacables apoyadas en el muelle-escollera situado en el límite entre los sectores 2 y 3.

Los estudios sedimentológicos y dinámicos permiten identificar los bosques de algas halimedas observados en el fondo marino en profundidades de 5 m a 15 m, como los

responsables de los principales aportes de sedimentos al sistema costero y en particular a la playa de Runaway Bay.

En menor medida, existen también aportes derivados de la abrasión de los acantilados adyacentes a las playas de Dickenson Bay y Runaway Bay.

Ante el impacto de oleajes generados al paso de ciclones tropicales se establecen varias celdas de circulación y se aprecian puntos con tendencia a la aparición de corrientes de retorno, particularmente en el límite Norte del Sector 1, inmediatamente al Sur de las estructuras rompeolas, y el extremo Norte del Sector 4.

Estos últimos elementos propician egresos de sedimentos que explican la permanencia de zonas críticas en la playa, en sectores donde se producen corrientes de retorno potenciadas por el carácter reflejante de las estructuras de defensa, y otras construcciones, expuestas a la acción de las olas de tormenta.

Las simulaciones permiten apreciar que los rumbos del Oeste al NNE favorecen el transporte de arena más allá del extremo Sur de Runaway Bay, pasando al frente de la costa acantilada, rumbo a la playa de Fort Bay. Este transporte de sedimentos continúa incluso más al Sur, hasta su deposición gradual en el canal del Puerto de Saint Johns, objeto de dragados periódicos.

En tanto, el rumbo del SW produce una inversión en el sentido del long shore en la playa, aunque debe recordarse que el régimen predominante de los vientos y oleajes en la zona de estudio, tiene una muy elevada persistencia a lo largo del año, y se caracteriza por vientos y oleajes del Este que inciden en la malla del NNE, en tanto, los restantes rumbos simulados se manifiestan fundamentalmente al paso de Ciclones Tropicales, capaces de generar grandes transformaciones en la playa, aunque de muy baja frecuencia anual.

Se trata de una dinámica compleja, con varias posibilidades según el rumbo incidente y la intensidad del oleaje. Se ha tratado de resumir, en sus elementos más relevantes, en el siguiente diagrama, que contrapone la circulación ante el impacto de rumbos de componente Norte (tras los referidos procesos de transformación de las olas provenientes del océano abierto), característicos del régimen habitual y altamente predominante a lo largo del año; a la circulación que propician las olas de tormenta generadas por ciclones tropicales que se desplacen relativamente cerca del Sur de la isla con rumbos hacia el NW o el Norte (Fig. 44).

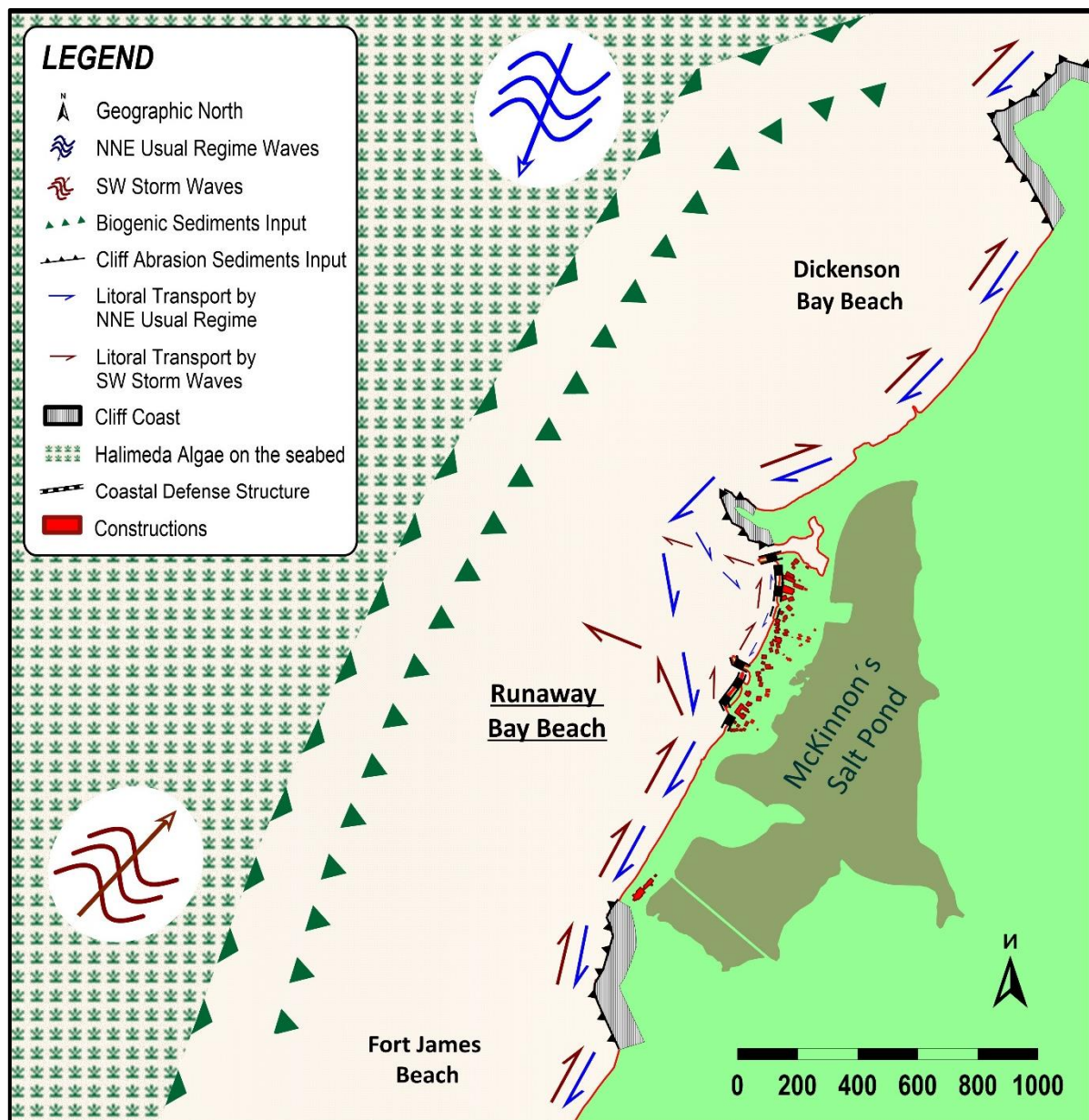


Figura 44: Esquema de funcionamiento dinámico del Sistema Costero integrado por las playas de Dickenson Bay, Fort Bay, y Runaway Bay, con énfasis en esta última, ante rumbos que inciden en el área de componente Norte, y olas de tormenta del SW.

V.9.1 Causas del Proceso Erosivo.

Con base en los estudios referidos y los resultados obtenidos es posible determinar que la playa de Runaway Bay sufrió un intenso proceso erosivo en la última década del pasado siglo que superó su capacidad de resiliencia, lo que se tradujo en la pérdida de la totalidad del sector Norte (4).

Desde entonces se ha mantenido un proceso de erosión moderada, de mayor intensidad en puntos señalados, el cual se acelera al paso de eventos generadores de oleaje de mayor energía, fundamentalmente, Ciclones Tropicales.

Se identificaron como causas del proceso erosivo las siguientes (parte de la información resumida en el Plano 8):

- De origen antrópico:
 - Ocupación de la Duna por estructuras rígidas que intensifican los procesos de reflexión de las olas de tormenta favoreciendo la aparición de corrientes de retorno y el transporte off-shore de los sedimentos.
 - Ocupación de la Zona Costera por escolleras que interrumpen el transporte litoral de sedimentos y favorecen, puntualmente, la generación, o intensificación, de las corrientes de retorno.
 - Aplicación de capas de relleno técnico con distintos materiales, sobre la duna, favoreciendo la rigidización del suelo, y de la propia duna, y en parte, contribuyendo a la reflexión de las olas de tormenta.
 - Dragado del Canal de acceso a Marina Bay, que contribuye a interrumpir el transporte de arena desde Dickenson Bay.
- De origen natural:
 - Marejadas generadas por Ciclones Tropicales en un nuevo Período Activo iniciado en 1994, en la cuenca del Atlántico Norte.
 - Bajos y Cabezos Rocosos, causantes de procesos de difracción del oleaje, que favorecen la generación de corrientes de retorno en determinadas zonas de la playa.
 - Elevación del nivel medio del mar, inducida por el Cambio Climático.

Adicionalmente, debe señalarse la ocupación de la duna del Sector 1 por plantas invasoras, cuyo posible efecto debería evaluarse a más largo plazo.

VI. ESTRATEGIA DE REHABILITACIÓN Y MANEJO

El IPCC (2022) analiza algunas de las posibles estrategias de adaptación, en la zona costera, ante el incremento del nivel del mar proyectado (Fig. 45).

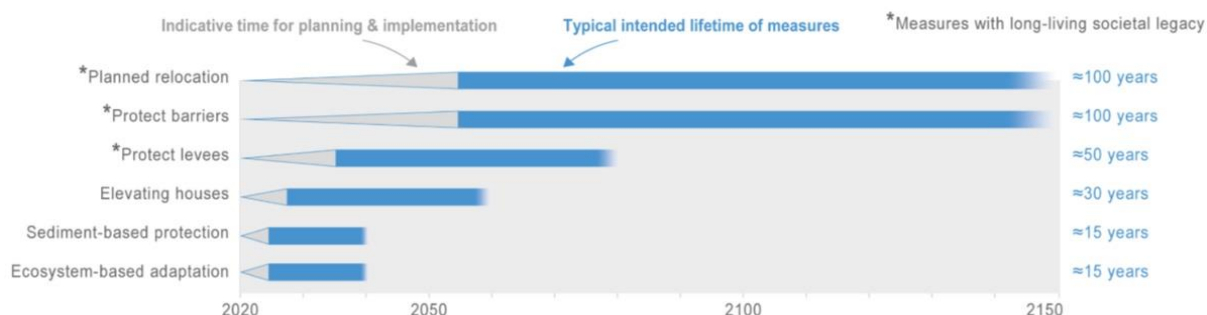


Figura 45: Posibles estrategias de adaptación, en la zona costera, ante el incremento del nivel del mar. Momento recomendado para su implementación y durabilidad estimada (IPCC, 2022).

Para el momento actual recomienda medidas de adaptación basadas en el ecosistema, o la ejecución de obras de protección basadas en los sedimentos, como la aplicación de la alimentación artificial de arena para la recuperación de playas y dunas.

A más largo plazo recomienda la ejecución de otras actuaciones de ingeniería. Sin embargo, cualquier análisis de estrategia debe partir de las características de la zona costera en cuestión, incluyendo la identificación de las causas del proceso erosivo, y garantizar en lo posible, la recuperación y preservación de sus valores naturales, así como la disponibilidad de financiamiento y tecnología, entre otros elementos de análisis.

En su artículo “Medidas de Protección Costera – Pequeños Estados Insulares en Desarrollo frente al Incremento del Nivel del Mar”, Wong (2018), resume las distintas actuaciones que se han ensayado en estos países, para la defensa de las costas frente a la erosión.

Wong (2018) resume las características topográficas de la zona costera y tipos de soluciones más aplicadas, y propuestas para 35 países identificados como Pequeños Estados Insulares en Desarrollo (PEID). Sus apuntes sobre Antigua y Barbuda se muestran en la Tabla 16.

En el caso de Runaway Bay, como se ha descrito, efectivamente, se ha ensayado el diseño y ejecución de estructuras de defensa costera, que parecen haber sido concebidas, exclusivamente para la protección de las propiedades a su resguardo, sin tomar en cuenta un enfoque integral que incluya la recuperación y preservación de la playa, el cual tendría también mayores probabilidades de éxito en la preservación de las propiedades referidas.

Tabla 16: Características topográficas existentes, y medidas de adaptación propuestas. Antigua y Barbuda Tomado de Wong (2018).

*ABE: Adaptación Basada en Ecosistemas.

País	Elementos Destacados	Medidas de Adaptación Existentes	Propuesta de Medidas de Adaptación	Comments on ABE* and other aspects
Antigua y Barbuda	Litología Mixta Arrecifes Playas Dunas Pasto Marino Manglar	Defensas Costeras Conservación de Corales y Manglares	Defensas contra penetración del mar Elevación de Diques Proyectos relacionados con ecosistemas costeros	Diseño deficiente de medidas existentes. Recomienda ABE

Tras describir los tipos de soluciones aplicadas, Wong (2018) elaboró la primera clasificación de tecnologías de protección costera para los PEID (Tabla 17).

Tabla 17: Propuesta de clasificación de las tecnologías de protección costera para los PEID (Wong, 2018).

Clasif	Tecnología de Protección	Uso en PEID
A	Estructuras Rígidas Rompeolas y Espigones	Costoso; Zonas críticas donde no es posible retirarse; opción para los PEID con más recursos
B	Estructuras Blandas Vertimientos de Arena Bolsas contenedoras de arena	Corto plazo; para usos específicos; útil en costas de uso turístico
C	Estructuras Híbridas Costas vivas	Al alcance de PEID pero generalmente limitado a costas de baja energía; requieren una adecuada investigación para su diseño. Normalmente adecuadas para los PEID. Pueden combinarse con estructuras híbridas.
D	ABE Manglares Arrecifes de Coral Dunas	
E	Elevación del Terreno Rellenos	Costoso, pero más permanente que la categoría A
F	Flotantes Estructuras sobre pilotes Construcciones anfibias Islas flotantes	Podrían considerarse más seriamente en función de la llegada de nuevas tecnologías
G	Imitación de la Naturaleza Ingeniería ambiental	Requieren investigación previa
H	Nuevas ideas innovadoras	Se debe permanecer actualizado en función del surgimiento de nuevas ideas y tecnologías

Respecto a las propuestas de Wong, para su aplicación en Antigua y Barbuda, dado que, por su ubicación, los peligros naturales asociados al impacto de ciclones tropicales, y los efectos del Cambio Climático a mediano y largo plazo, constituyen las principales preocupaciones para este país, resultan lógicas, en términos generales. Sin embargo, un análisis a mayor detalle, permite apreciar que existen diferentes estrategias de manejo con probabilidades de éxito, en función del tipo de costa y su exposición directa o no, a las ondas de oleaje que se generan y propagan por el océano abierto.

Para el caso que nos ocupa, una playa arenosa con diferentes grados de antropización y tipos de actuación que permiten subdividirla en 4 sectores para su estudio y diseño de estrategias; y atendiendo a los resultados expuestos y resumidos en V.9, y las causas de la erosión identificadas en V.9.1, tendrían mayores probabilidades de éxito las alternativas ingenieriles agrupadas en las clasificaciones B y D (Tabla 18).

Tabla 18: Medidas propuestas para la playa de Runaway Bay (tabla incluida parcialmente en el Plano 8).

Playa Runaway Bay	Elementos Significativos	Medidas Existentes	Medidas Propuestas	Comentarios
Sector 1	Suave Pendiente Duna escarpada cubierta por plantas invasoras Aflor. Rocosos (Norte) Construcciones sobre la duna (Sur)		Alimentación Artificial Recuperación de Dunas Reforestación de Dunas Eliminación de especies invasoras sobre la duna	Analizar posibilidad de remover o proteger los cimientos de las estructuras sobre la duna en el extremo Sur
Sector 2	Pendiente abrupta al pie del rompeolas Deterioro de calidad amb. en zona confinada Construcciones sobre la duna Bajos y Cabezos	Escolleras a modo de espigones, rompeolas y recubrimiento	Eliminación de escolleras Alimentación Artificial Recuperación de Dunas Reforestación de Dunas Protección de cimientos de construcciones	De no ser posible remover las escolleras, se recomienda evaluar la condición de sus cimientos
Sector 3	Suave Pendiente Duna ocupada por construcciones y plantas invasoras Aflor. Rocosos (Norte) Bajos y Cabezos	Escollera a modo de espigón de fin de playa	Alimentación Artificial Recuperación de Dunas Reforestación de Dunas Eliminación de especies invasoras sobre la duna	Analizar posibilidad de remover o proteger los cimientos de las estructuras sobre la duna
Sector 4	Pequeña area de arena gruesa al Norte En general se perdió la playa emergida Duna ocupada por construcciones Bajos y Cabezos	Escollera a modo de espigón de fin de playa Protección con rocas y muro de concreto	Eliminación de muros o uso como nucleo de duna Alimentación Artificial Recuperación de Dunas Reforestación de Dunas Protección de cimientos de construcciones	Si se elimina el muro, analizar opciones de reconfigurar desplazar la duna hacia tierra o proteger los cimientos de las estructuras vulnerables

VI.1 Medidas a corto y mediano plazo.

Si bien es siempre lo más recomendable recuperar y preservar las condiciones naturales de la playa, se entiende que a corto plazo no será factible la aplicación de un programa de demoliciones bajo indemnización que elimine las instalaciones que actualmente ocupan la duna de la playa en perjuicio de su estabilidad, y cada vez más vulnerables a la acción del mar como resultado del proceso de erosión al que ellas mismas contribuyen.

De tal modo, es preciso recurrir, en lo inmediato, al diseño de acciones que, a una misma vez, contribuyan a la recuperación de la playa, y a la protección de las instalaciones ocupantes de la duna.

Se propone entonces de manera inmediata, la ejecución de un proyecto integral de alimentación artificial de arena, que incluya la recuperación o potenciación de la duna en aquellos sectores donde resulte posible, además de la eliminación de las plantas invasoras y reforestación con especies propias de las playas en la región del caribe, con un enfoque funcional.

Este tipo de acciones, ejecutadas de manera conjunta, han demostrado una elevada eficacia, puesto que mediante su aplicación las playas son diseñadas como obras civiles 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 (parte de la información incluida en el Plano 8):

- **Morfológicas:** conformando un perfil bien desarrollado y completo, con la presencia de los distintos elementos morfológicos que lo conforman (fundamentalmente barras sumergidas, bermas y dunas, por demás reforestadas con las especies propias de playas del Caribe), y un incremento notable del ancho de la franja de Sol.
- **Estéticas:** avanzando en la restitución gradual de los valores estéticos y paisajísticos naturales del ecosistema original, mediante la rehabilitación, tanto del perfil arenoso, como de la vegetación costera correspondiente.
- **Funcionales:** concibiendo para la playa recuperada un doble valor de uso:
 - *Recreativo y Turístico:* a cuyo acondicionamiento contribuirá el logro de los preceptos antes referidos, relativos a la conformación de un perfil con Área de Sol y Capacidad de Carga adecuadas, y una imagen natural atractiva.
 - *Obra Civil de 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 barras sumergidas y bermas potentes, y dunas con reservas de arena y cotas de diseño adecuadas, todo para garantizar una eficiente disipación de la energía de las olas propias de fuertes marejadas generadas por eventos meteorológicos extremos.

El diseño de la reforestación, de acuerdo al tipo de plantas a emplear y su distribución en el perfil, cumplirá también funciones propias de estabilización de las dunas arenosas, evitando su deflación, e incluso contribuyendo a su acreción reteniendo la arena puesta en suspensión por la acción del viento, así como conformando una barrera eficaz frente a la intrusión hacia tierra del aerosol salino, lo que permite atenuar su acción corrosiva sobre estructuras y equipos con componentes metálicos.

La recuperación de los valores estéticos y paisajísticos naturales de la playa tiene un impacto ambiental positivo y brinda un valor agregado para hacerla atractiva y potenciar su uso turístico y recreativo.

Siendo factible el empleo de este tipo de soluciones, recurrir a otras más invasivas como la construcción de estructuras rígidas de defensa costera, va en desmedro de la consecución de este propósito, y por sí solas, aún no serían capaces de restituir el déficit de sedimentos acumulado por la playa como resultado del proceso erosivo sufrido hasta hoy.

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

VI.1.1 Sector 2. Requerimiento de definiciones previas.

Será preciso definir con anterioridad, el modo de actuar en el Sector 2, donde se encuentran estructuras de protección costera cuya construcción se debe a la iniciativa privada, y que impedirían la ejecución de las acciones propuestas a corto plazo en esta área.

Para la recuperación y el manejo integral de la playa, es recomendable la retirada de estas estructuras.

De una parte, los espigones interrumpen el transporte longitudinal de sedimentos y el rompeolas dificulta la llegada a la playa de este sector, de los nuevos aportes provenientes de las zonas de producción, fundamentalmente situadas en el perfil sumergido. Además, de conjunto, la excesiva disminución de la energía del oleaje incidente en condiciones habituales, ha propiciado una deficiente circulación de las aguas favoreciendo su eutrofización, la proliferación del pasto marino en la zona de baño y la rigidización de perfil sumergido.

Sin embargo, de otra parte, estas estructuras cumplen una cierta función de protección de la propiedad privada a su abrigo ante los eventos más extremos.

El vertimiento de arena propuesto, permitiría conformar una playa con el volumen de arena suficiente para disipar la energía de las olas ante el evento de diseño. En tanto, la potenciación y reforestación de la duna, sumado al uso de bolsas de material geotextil rellenas de arena, o de los elementos de rocas del actual rompeolas, para la protección de los cimientos de las construcciones ante los eventos más extremos, se complementarían para sustituir la función que hoy cumple el rompeolas.

Ante los casos más extremos, donde impacten olas de gran altura y la surgencia de huracán genere una la elevación del nivel del mar superior a las cotas de diseño, no será posible evitar eventos de penetración del mar y afectaciones a la propiedad, ni por las actuales estructuras, ni por la solución propuesta.

En cambio, la estrategia propuesta tiene la ventaja de devolver sus valores naturales y valor de uso social, a la playa, creando, además, las condiciones adecuadas para su posible uso con fines turísticos.

Finalmente, en caso de no remover las estructuras de defensa en el Sector 2, no sería posible actuar en el mismo, y se ejecutarían, de manera aislada, las acciones propuestas para los sectores 1, 3 y 4. En tal escenario, se recomienda, además, que se realice una evaluación y monitoreo del estado de los cimientos del rompeolas, vulnerables a la acción de socavación del mar, de acuerdo a la pendiente del perfil sumergido medido durante el levantamiento batimétrico en el lugar.

VI.1.2 Acciones a corto y mediano plazo.

Resumiendo, las acciones a ejecutar a corto o mediano plazo, a la mayor brevedad en la medida de lo posible, serían:

- Negociación entre autoridades y propietarios, sobre la estrategia a seguir en el Sector 2, en relación a las estructuras de defensa costera allí emplazadas (inmediato).
- Negociación entre autoridades y propietarios, para la definición de las estructuras a proteger mediante la colocación de sacos de material geotextil o elementos de las escolleras a retirar (si aplica), según corresponda, ya sea apoyados en los cimientos, o como núcleo de la duna a conformar (inmediato).
- Vertimiento de arena a lo largo de toda la playa, o en los sectores 1, 3 y 4, en caso de optarse por no actuar en el sector 2 (a la mayor brevedad tras concluir negociaciones).
- Reconformación o potenciación de la duna en los sectores beneficiados por el vertimiento de arena (de conjunto con el vertimiento de arena).
- Eliminación de plantas invasoras sobre la duna y postduna (mediano plazo).
- Reforestación de la duna y postduna (tras eliminación de invasoras).
- Protección de los cimientos de las estructuras definidas, ante eventos de erosión extrema, mediante el uso de sacos de material geotextil rellenos de arena, o elementos de las escolleras a retirar (si aplica), según corresponda (mediano plazo).

El orden cronológico de las acciones propuestas puede variar en función de las posibilidades reales. El diseño de las actuaciones propuestas se expone en el capítulo siguiente.

VI.2 Medidas a largo plazo.

La estrategia a largo plazo estará, necesariamente, ligada a la efectividad prevista, y posteriormente comprobada mediante el monitoreo, de las medidas a ejecutar a corto y mediano plazo.

Esta estrategia estará signada entonces por el ritmo esperado, y posteriormente verificado, del retroceso de la línea de costa, relacionado a su vez, con el período de retorno de los eventos de extremos capaces de generar los principales eventos de erosión en la playa, y con la elevación del nivel del mar, inducida por el Cambio Climático Global.

El enfoque de las estrategias de los Pequeños Estados Insulares en Desarrollo (PEID) para el enfrentamiento al Cambio Climático, es esencialmente adaptativo.

Para muchos países, la adaptación pasa, esencialmente, por el diseño de estrategias para una gradual retirada de las zonas más vulnerables, ajustada al ritmo previsible de la elevación del nivel del mar y al monitoreo del retroceso de la línea de costa.

Sin embargo, Wong (2018) reconoce que la retirada, como estrategia de adaptación, no es posible en muchos Pequeños Estados Insulares en Desarrollo (PEID) debido a su pequeño tamaño, a la limitación de sus tierras y a su naturaleza de baja altitud. Esta es, en general, la situación de Antigua y Barbuda.

Como se ha referido, el incremento del nivel medio del mar, genera por sí mismo, un requerimiento adicional de sedimentos para mantener el equilibrio dinámico del perfil de la playa y evitar que se produzca un retroceso de la línea de costa. La plataforma insular de Antigua y Barbuda, probablemente albergue y continúe produciendo, los volúmenes de arena suficientes para mantener este balance, pero, en las actuales condiciones, resulta muy poco probable que la dinámica litoral favorezca el necesario transporte de estos volúmenes de sedimentos desde las zonas de producción hacia la playa de Runaway Bay, por lo que la aplicación periódica de la alimentación artificial de arena, parece ser el elemento esencial de la estrategia de manejo a largo plazo, para el enfrentamiento a los efectos de la erosión en la zona de estudio.

Con base en todo lo anterior, y dado que se ha determinado que la erosión en Runaway Bay Beach, resulta de la combinación de causas antrópicas y naturales, incluyendo posibles efectos del Cambio Climático, los elementos esenciales de la estrategia de manejo a largo plazo, serían (parte de la información incluida en el Plano 8):

- Creación del marco institucional y legal que promueva y garantice la implementación de estrategias y acciones, encaminadas a la gradual restitución de las condiciones naturales de la playa, eliminando los elementos antrópicos que contribuyen a su erosión.
- 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.
- Aplicación periódica de la Alimentación Artificial de Arena, para restituir, de manera casi instantánea, el déficit en el aporte del volumen de sedimentos requerido por la playa para alcanzar el equilibrio dinámico.
- Otras acciones como las encaminadas al mantenimiento y protección de la duna y su cobertura vegetal, o de las obras de protección de los cimientos de las construcciones que se conserven en la zona, serán igualmente evaluadas, diseñadas y ejecutadas según corresponda.

Wong (2018), destaca el positivo ejemplo de Barbados, que ha creado una Unidad de Manejo de la Zona Costera cuyo trabajo incluye el diseño y ejecución de medidas de ingeniería duras y blandas, para la protección, estabilidad y mejora de las playas.

La implementación del Programa de Manejo Integrado Costero de la playa de Varadero, en Cuba (Fig. 46), es también un ejemplo a destacar en el área, así como el Programa Nacional de Inversiones para la Recuperación de las Playas, con que cuenta este país, como parte del Plan del Estado Cubano para el Enfrentamiento al Cambio Climático. Todo esto estuvo antecedido por la implementación del Decreto Ley 212, de la Gestión de la Zona Costera, el cual fue redactado en consulta con la comunidad científica cubana y tomando referencias de legislaciones foráneas a la vanguardia en su momento en estos temas.



Figura 46: Componentes del Manejo Integrado de la Playa de Varadero, asumido por la Oficina local de Manejo Integrado Costero perteneciente al Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente de Cuba.

VII. DISEÑO DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA

VII.1 Alimentación Artificial de Arena.

En las últimas décadas del siglo XX comenzó a generalizarse la aplicación de la alimentación artificial de arena, 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 arena, que entre 1983 y 1987 beneficiaron 47.5 km de costas, con el vertido de 9 224 600 m³ 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 arena (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 arena. Se estimaba entonces que estos trabajos habían superado el orden de los 300 millones de m³ 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 m³ de arena entre 1977 y 1982. La aplicación de esta técnica en Miami ha continuado: de hecho, en mayo de 2022 inició un nuevo proyecto para el vertido de unos 600 000 m³ de arena en 3 500 m de playa.

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 m³, entre 1987 y 2020, destacando el proyecto ejecutado en el verano de 1998, por 1 087 000 m³ 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 ocupantes de la duna que contribuían a la erosión de la playa; la retirada de las casuarinas existentes en la zona costera; la reconfiguración y reforestación de varios kilómetros de dunas; y la construcción de pasarelas rústicas de acceso a la playa para garantizar 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 m³ 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 oportunidad.

En la playa de Cancún, en México, destaca el vertimiento de más de 5.2 millones de m³ 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 m³ de arena a verter en su conjunto, para la recuperación de las playas Cancún y del Carmen, otras de la Riviera Maya y la isla de Cozumel.

Juanes et al., (2012) reportan la ejecución de cuatro proyectos en 2006, por 1 300 000 m³ de arena, en las playas Long Beach, Dorada, Cabarete y Juan Dolio, en República Dominicana.

Como fue argumentado en el capítulo precedente, la aplicación de la alimentación artificial de arena a la playa de Runaway Bay Beach, tiene como objetivo, restituir, de manera casi instantánea, el déficit de sedimentos que ha acumulado la playa como resultado del proceso erosivo que ha enfrentado, devolviéndole sus valores naturales; garantizando que cuente con los volúmenes de arena necesarios para disipar la energía de las olas generadas por eventos meteorológicos extremos, cumpliendo función como obra de defensa costera; y potenciando su valor de uso para la recreación y el turismo.

Con tal fin fue preciso definir una zona de préstamo con el volumen de arena necesario y características de la arena compatibles con la arena nativa de la playa, y calcular los parámetros de diseño del proyecto, así como prever la tecnología a emplear y estimar los costos de la ejecución.

VII.1.1 Zona de Préstamo.

Sobre la base de los trabajos realizados antes del inicio del trabajo de campo, se habían definido varias zonas a lo largo del litoral, desde la bahía de Dickenson hasta las "Sandy Islands", que debían ser exploradas con el fin de seleccionar las más adecuadas para ser utilizadas como zona de préstamo para un posible proyecto de restauración de la playa mediante la aplicación de alimentación artificial de arena.

Tras la exploración inicial, se definió un polígono con área de 130,000.0 m² y perímetro de 1465.7 m. La zona de préstamo propuesta se encuentra más allá de la profundidad de cierre calculada para el perfil activo de la playa de Runaway Bay o las adyacentes, de modo que su dragado no afectará la estabilidad de estas playas y el vertido constituirá un aporte de nuevos sedimentos al perfil, y no una redistribución de los sedimentos en el propio perfil.

Asimismo, la zona de préstamo cuenta con la profundidad requerida para el empleo de dragas de succión en marcha con capacidad para almacenar importantes volúmenes de arena, y se encuentra a una distancia idónea, de la zona de actuación, para garantizar la factibilidad económica de la ejecución del proyecto.

Las coordenadas de los vértices del polígono que delimita la zona de préstamo propuesta y su ubicación se muestran en la Tabla 19 y la Figura 47.

Se completó el reconocimiento del polígono definido, incluyendo, el levantamiento batimétrico (Planos 3 y 4) y 66 estaciones de buceo.

El levantamiento batimétrico y el reconocimiento mediante buceo permitieron comprobar que se trata de un área con fondo arenoso, de batimetría regular, con suave pendiente, profundidades de 11.0 m a 15.0 m bajo el nivel medio del mar, y sin obstáculos como cabezos rocosos o arrecifes de coral.

Tabla 19: Coordenadas de los vértices del polígono que delimita la zona de préstamo.

CUENCA "GREAT SISTER" COORDENADAS DE LOS VÉRTICES				
Vértices	Antigua 1943 (BWIG)		WGS - 84	
	X	Y	Lat.	Long.
1	413788.255	1897156.264	17.16140	-61.87252
2	413504.843	1897361.636	17.16326	-61.87519
3	413482.545	1897501.288	17.16452	-61.87539
4	413901.503	1897568.181	17.16513	-61.87145
5	414022.965	1897480.164	17.16433	-61.87031
6	413788.255	1897156.264	17.16140	-61.87252

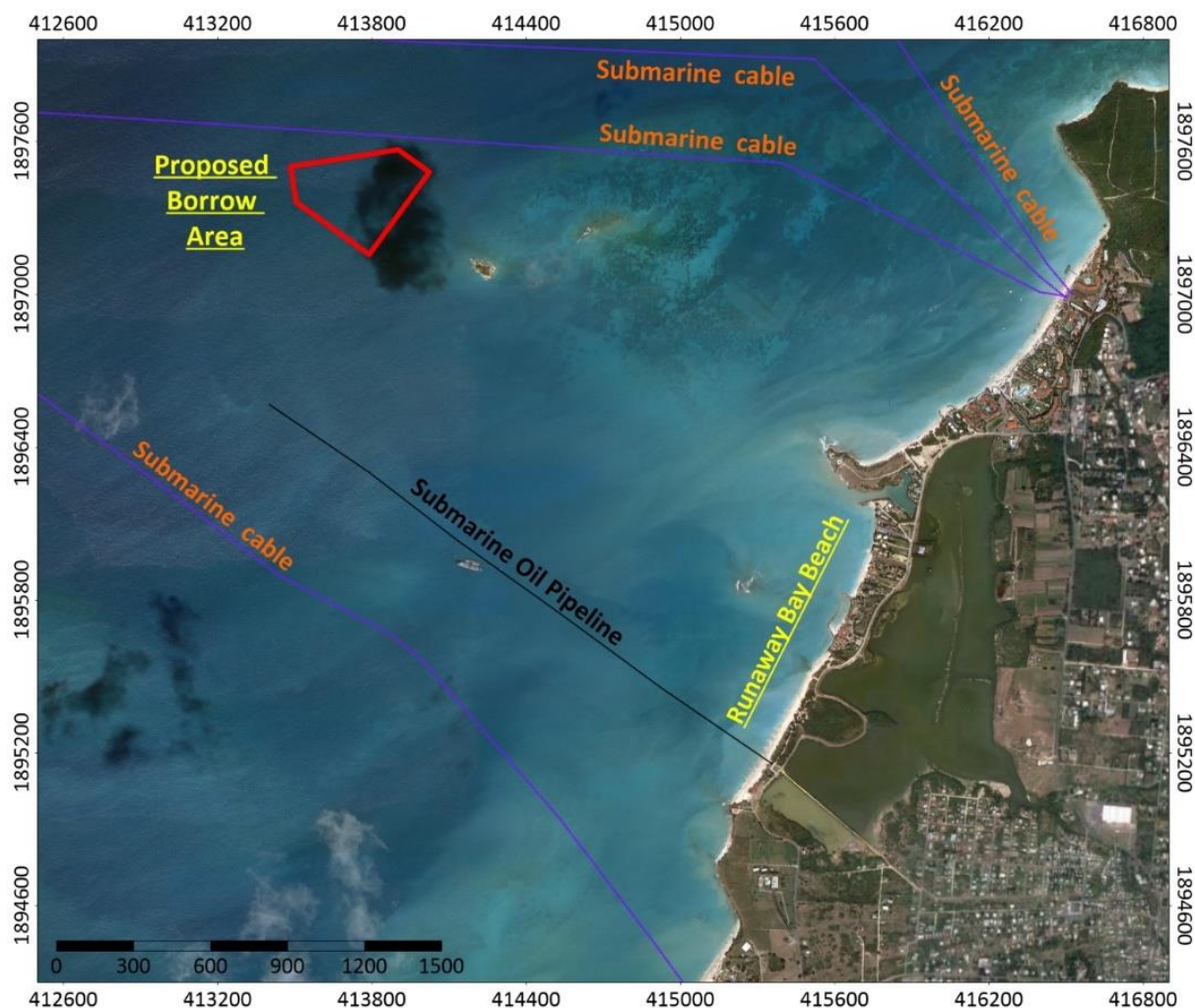


Figura 47: Ubicación relativa de la playa de Runaway Bay, y la zona de préstamo propuesta, así como algunos obstáculos en el lecho marino que deben tenerse en cuenta durante la ejecución del proyecto.

En cada estación de inmersión se midió el espesor de la capa de arena, obteniendo 1,65 m de material con características adecuadas para su uso en la recuperación de la playa, en una primera evaluación. La Tabla No. 20 muestra el volumen del recurso mineral identificado y medido en el bloque de recursos Great Sister, estimado a partir de los espesores medidos.

Tabla 20: Recurso Mineral Identificado y Medido en la Zona de Préstamo.

ZONA DE PRÉSTAMO	Área (m ²)	Espesor (m)	Volumen (m ³)
Cuenca Great Sister Recurso Mineral Identificado y Medido	130 000	1.65	214 500

VII.1.2 Caracterización de la Biota Marina.

Se realizaron seis transeptos de buceo en la zona de préstamo propuesta, dirigidos por MSc. Linnet Busutil, bióloga marina del "Instituto de Ciencias del Mar" de Cuba.

La especialista pudo comprobar el predominio de fondos arenosos blandos con baja biodiversidad, colonizados en parte por macroalgas, principalmente del tipo halimeda, cuya especie es productora de sedimentos biogénicos como los encontrados en el sitio según los resultados preliminares del análisis de composición de las muestras de arena.

El resto del equipo confirmó las observaciones de la especialista durante las estaciones de buceo realizadas en toda la cuenca, espaciadas cada 50 m.

El estado saludable de las poblaciones encontradas a pesar de la alta turbidez del agua, permite presumir una elevada capacidad de adaptación, y un impacto mínimo de las obras de dragado, más aún, considerando su carácter puntual en el espacio y el tiempo.

VII.1.3 Caracterización del Recurso.

El análisis granulométrico realizado a las 64 muestras colectadas en la zona de préstamo, demostró que predomina la arena gruesa, particularmente en su límite Sur. En el Plano No. 5 se representa la distribución de la granulometría dentro de la zona de préstamo, y el resultado de los análisis de laboratorio, en las Tablas 21 y 22 (Anexo II).

Los análisis de composición, realizados a 6 muestras distribuidas dentro de la zona de préstamo confirmaron el origen biogénico de la arena (Tabla No. 23).

En la zona de préstamo propuesta, la cuenca "Great Sister", la arena es 100% biogénica, de color gris claro, con predominio del grupo de restos de algas calcáreas, seguido de restos de moluscos, bioclastos no identificados y foraminíferos. Ninguna de las muestras analizadas, incluía restos de origen mineral o terrígeno. En "Otros Grupos" se contabilizaron, anélidos, restos de molares de cangrejo, espículas de esponja, y otros muy poco representativos.

En el grupo de Bioclastos no identificados, entre el 50% y el 60% resultaron ser conglomerados, granos formados por otros más pequeños unidos por una matriz calcárea. Por ello, los porcentajes de este grupo parecen relativamente elevados.

En general, los granos de arena aparecen poco pulidos, con bordes angulosos y sin brillo, con abundancia de aportes recientes, lo que indica una baja madurez sedimentaria.

Tabla 21: Zona de préstamo. Distribución por muestra, por tamiz.

Muestras Zona de Préstamo	Rangos de Tamices							
	>4	4-2	2-1	1-0.5	0.5- 0.25	0.25- 0.125	0.125- 0.063	< 0.063
109	6	9.2	14.5	20.6	25.2	16.3	4.6	3.4
110	1.7	5.9	11.4	21.3	34.3	19.5	2.9	2.8
111	13.1	11.1	16.1	21.2	23	10.7	3	1.7
112	4.4	5.9	13.2	23.3	32.5	17.1	1.9	1.4
113	9.8	13.2	20.5	24.4	20.3	8.6	1.5	1.5
209	1.9	8.2	13.9	22.8	31.8	16.9	2.8	1.6
210	6.7	15.3	21.7	27.6	19.8	6.6	1.8	0.3
211	12.8	12.3	17.5	23.9	23.4	7.2	1.9	0.9
212	5.1	10.9	18.9	25.7	28.2	9.3	1.1	0.6
213	14.1	13.8	21.4	26.6	18.4	4.2	0.9	0.5
214	13.4	15	23.5	28.4	16.4	2.5	0.5	0.1
309	3.3	4.4	11.4	22.8	34.5	17.6	3.2	2.6
310	1.7	3.8	12.2	22.4	36.1	21.2	1.1	0.8
311	1.9	3.8	11.5	23.7	39.5	17	1.4	0.9
312	2.2	6	13.9	27.5	24.5	12.4	1.7	1.5
313	1.2	5.1	16.7	33.2	34.3	7.2	0.9	1.1
314	2	5.9	18.6	34.8	29.8	5.9	1.4	1.5
315	2.3	8.1	23	34.1	26.1	4.9	0.4	0.8
409	7.8	9.9	15.7	29.8	30	5.3	0.7	0.6
410	4.9	8.9	17.4	34.4	28.1	4.6	0.9	0.6
411	13.7	15.3	20.7	28.4	17.7	2.5	1.2	0.4
412	14.5	12.7	21	33.7	16.1	1.3	0.3	0.3
413	9.8	10.3	22.7	34.7	19.2	1.9	0.8	0.4
414	10.2	14.6	25.1	31.4	15.8	1.6	0.8	0.4
415	18.1	18	25.7	24.8	10.6	1.6	0.9	0.3
416	4.8	14.1	30.4	33.2	15.1	1.4	0.4	0.5
509	1.1	3	9.6	23.2	39.3	17.5	3.2	2.8
510	2.3	5.1	16.7	34.2	31.6	7.2	1.2	1.5
511	10.1	11.1	21.6	33.4	19.9	2.4	0.9	0.4
513	0.00	20.90	13.60	21.10	30.20	12.40	0.90	0.50
514	1.6	5.2	21	39.4	25.4	3.2	2.1	2
515	1.2	7.6	20.8	38.3	26.3	3.5	1	1.2
516	9.6	13.3	25.4	32.4	16.1	2	0.9	0.1
517	10.5	12.8	25.1	32.4	16.3	1.8	0.6	0.4
609	1.8	8.4	17.2	30.5	28.8	9.2	2.6	1.3
610	17.1	13.1	21.3	30	14.7	2.4	0.9	0.2
611	5.7	10.2	22.4	38.7	18.9	2.2	1.1	0.6
612	9.8	13.4	26.4	35.1	12.7	1.3	0.8	0.2
613	8.3	10.8	25	39.7	14.3	1	0.6	0.2
614	12.5	11.7	25.1	35.3	12.3	1.4	1.2	0.2
616	1.8	6.1	18.6	40.1	27.4	4	0.7	1.2
617	9.1	16	28.6	32.5	11.4	1.2	0.6	0.4
709	1.7	5.1	17	37.8	28.6	6.5	1.6	1.5
710	2.8	6.4	16.6	36.3	27.4	6.1	1.9	2
711	2.6	6.2	17.4	39.7	27.4	4.2	0.9	1.3
712	10.7	18.5	29.8	29.6	9	1.2	0.9	0.2
713	1.1	4.2	9.8	25.7	36.9	13.7	4.8	3.8
714	6.3	8	19.2	37.8	22.1	4	1.3	1.1
715	1.5	4.8	16.3	36.8	31.6	5.5	1.4	2
716	9.2	12.6	33.8	36.9	6.6	0.5	0.2	0.1
717	3.7	6.6	26.1	50.3	12.4	0.3	0.1	0.3
809	33.8	19.9	21.8	15.8	6.4	1.7	0.6	0.1
810	22.4	25.5	23.8	15.8	7.4	2.7	1.8	0.4
811	21.6	17.6	25	25.4	8.2	1.3	0.5	0.2
812	4.5	11.5	28.8	30.8	15.6	4.9	2.1	1.7
813	8.8	10.2	18.9	28.6	20.6	7.3	3.5	2
814	19.4	19.2	23.3	22.8	10	2.7	2.3	0.4
815	6.6	10.9	27	38.5	12.9	2.4	0.7	0.8
816	2.6	13.1	30.3	40	11.2	1.3	0.7	0.6
817	3.5	11.4	40.5	40.3	3.8	0.1	0.1	0.2
1110	9.6	18.9	29	24.7	11.4	3.3	2.3	0.7
1111	10.5	11.9	16.8	24.5	25.3	8.2	1.7	0.9
1112	7.4	9.1	13.2	20.7	27	15.7	3.5	3.1
1211	6.4	7.1	16.6	25.4	24.7	12.2	3.7	3.7
MT GS NW	6.25	9.31	17.07	25.44	26.66	11.11	2.01	1.47
MT GS Centro	6.85	10.45	21.31	33.87	21.22	4.09	1.16	0.88
MT GS SW	13.69	15.48	26.60	28.67	10.68	2.71	1.37	0.71

Tabla 22: Zona de Préstamo. Estadísticos fundamentales y clasificación de acuerdo al tamaño del grano.

Muestras Zona de Préstamo	Percentiles		M		Estadísticos			Clasificación
	D50	D90	(mm)	(Ø)	Desv. Stand. (Ø)	Asimetría	Kurtosis	
109	0.5068	2.96	0.558	0.843	1.672	-0.103	2.592	Arena Gruesa
110	0.4118	1.73	0.451	1.149	1.383	-0.225	3.227	Arena Media
111	0.7294	4.72	0.798	0.325	1.718	-0.015	2.361	Arena Gruesa
112	0.4685	2.08	0.536	0.899	1.419	-0.412	3.136	Arena Gruesa
113	0.8338	3.96	0.861	0.216	1.568	0.115	2.670	Arena Gruesa
209	0.4668	2.02	0.520	0.944	1.393	-0.203	2.898	Arena Gruesa
210	0.8558	3.45	0.888	0.171	1.414	0.054	2.617	Arena Gruesa
211	0.8080	4.66	0.892	0.165	1.595	-0.034	2.438	Arena Gruesa
212	0.6673	2.93	0.725	0.465	1.391	-0.199	2.713	Arena Gruesa
213	0.9832	4.90	1.071	-0.099	1.480	0.030	2.517	Arena Muy Gruesa
214	1.0608	4.77	1.153	-0.205	1.368	-0.073	2.386	Arena Muy Gruesa
309	0.4258	1.74	0.468	1.096	1.408	-0.309	3.423	Arena Media
310	0.4162	1.55	0.465	1.105	1.228	-0.526	3.393	Arena Media
311	0.4273	1.55	0.478	1.066	1.211	-0.508	3.678	Arena Media
312	0.5636	1.92	0.570	0.811	1.344	-0.052	3.216	Arena Gruesa
313	0.5709	1.72	0.593	0.753	1.142	-0.035	3.815	Arena Gruesa
314	0.6268	1.85	0.636	0.654	1.215	0.116	3.917	Arena Gruesa
315	0.7158	2.07	0.736	0.442	1.175	0.004	3.539	Arena Gruesa
409	0.6813	3.43	0.778	0.362	1.382	-0.369	2.890	Arena Gruesa
410	0.6861	2.69	0.745	0.425	1.269	-0.284	3.320	Arena Gruesa
411	0.9939	4.83	1.106	-0.146	1.444	0.042	2.586	Arena Muy Gruesa
412	0.9646	4.96	1.142	-0.192	1.354	-0.191	2.544	Arena Muy Gruesa
413	0.8678	3.95	0.971	0.042	1.311	-0.193	3.040	Arena Gruesa
414	0.9989	4.06	1.087	-0.120	1.315	0.012	2.966	Arena Muy Gruesa
415	1.3747	5.45	1.398	-0.483	1.392	0.276	2.769	Arena Muy Gruesa
416	0.9865	3.10	1.014	-0.020	1.163	0.130	3.583	Arena Muy Gruesa
509	0.3979	1.31	0.417	1.263	1.250	-0.117	3.766	Arena Media
510	0.5928	1.80	0.608	0.718	1.218	-0.009	3.931	Arena Gruesa
511	0.8630	4.03	0.967	0.048	1.344	-0.168	2.910	Arena Gruesa
513	0.2000	0.00	1.363	-0.447	1.408	-0.007	2.288	Arena Muy Gruesa
514	0.6773	1.80	0.660	0.599	1.200	0.491	4.525	Arena Gruesa
515	0.6919	1.92	0.700	0.515	1.142	0.248	4.125	Arena Gruesa
516	0.9663	3.92	1.055	-0.077	1.288	-0.106	2.795	Arena Muy Gruesa
517	0.9674	4.14	1.064	-0.090	1.309	-0.069	2.955	Arena Muy Gruesa
609	0.5997	2.04	0.612	0.708	1.313	0.056	3.206	Arena Gruesa
610	1.0552	5.34	1.198	-0.260	1.436	-0.016	2.435	Arena Muy Gruesa
611	0.8124	2.99	0.876	0.190	1.234	-0.053	3.626	Arena Gruesa
612	0.9951	3.96	1.104	-0.143	1.248	-0.078	3.068	Arena Muy Gruesa
613	0.9029	3.59	1.019	-0.027	1.192	-0.269	3.262	Arena Muy Gruesa
614	0.9893	4.60	1.123	-0.167	1.313	-0.064	3.001	Arena Muy Gruesa
616	0.6667	1.85	0.678	0.561	1.130	0.100	4.324	Arena Gruesa
617	1.0965	3.85	1.156	-0.209	1.235	0.102	3.318	Arena Muy Gruesa
709	0.6196	1.76	0.615	0.701	1.190	0.168	4.075	Arena Gruesa
710	0.6330	1.94	0.635	0.655	1.290	0.151	3.924	Arena Gruesa
711	0.6617	1.91	0.678	0.561	1.177	0.028	4.264	Arena Gruesa
712	1.2343	4.19	1.267	-0.341	1.244	0.197	3.201	Arena Muy Gruesa
713	0.4206	1.43	0.428	1.223	1.338	0.063	3.511	Arena Media
714	0.7403	2.91	0.789	0.342	1.315	-0.058	3.650	Arena Gruesa
715	0.5974	1.71	0.597	0.744	1.187	0.235	4.321	Arena Gruesa
716	1.1228	3.83	1.215	-0.281	1.087	-0.285	3.246	Arena Muy Gruesa
717	0.8302	2.07	0.907	0.140	0.961	-0.433	4.742	Arena Gruesa
809	2.2711	6.52	2.012	-1.009	1.406	0.677	2.810	Grava Fina
810	1.8868	5.87	1.652	-0.725	1.479	0.791	3.356	Arena Muy Gruesa
811	1.4866	5.81	1.538	-0.621	1.363	0.237	2.579	Arena Muy Gruesa
812	0.8906	2.87	0.852	0.231	1.375	0.501	3.700	Arena Gruesa
813	0.7467	3.69	0.769	0.379	1.583	0.130	2.898	Arena Gruesa
814	1.4227	5.59	1.375	-0.459	1.517	0.484	2.891	Arena Muy Gruesa
815	0.9074	3.23	0.971	0.043	1.228	0.134	3.944	Arena Gruesa
816	0.9347	2.71	0.973	0.039	1.083	0.351	4.496	Arena Gruesa
817	1.0978	2.70	1.139	-0.188	0.887	-0.167	4.727	Arena Muy Gruesa
1110	1.1978	3.94	1.133	-0.180	1.419	0.511	3.336	Arena Muy Gruesa
1111	0.7388	4.14	0.822	0.282	1.556	-0.115	2.509	Arena Gruesa
1112	0.5093	3.29	0.584	0.777	1.672	-0.167	2.631	Arena Gruesa
1211	0.5826	2.82	0.595	0.749	1.619	0.026	2.892	Arena Gruesa
MT GS NW	0.629	3.041	0.677	0.563	1.497	-0.122	2.830	Arena Gruesa
MT GS Centro	0.798	3.275	0.855	0.226	1.339	-0.021	3.329	Arena Gruesa
MT GS SW	1.164	4.824	1.195	-0.257	1.413	0.319	3.209	Arena Muy Gruesa

Tabla 23: Resultados del análisis de composición de la arena de la cuenca Great Sister.

Composición de las Muestras de Arena de la Cuenca Great Sister						
Muestras de Arena	Algas Calcáreas (%)	Moluscos (%)	Foraminíferos (%)	Bioclastos (%)	Inorgánicos (%)	Otros Grupos (%)
112	70.8	16.1	2.2	9.8	0.0	1.2
310	73.2	14.8	4.0	7.0	0.0	1.0
412	65.0	18.3	4.7	11.0	0.0	1.0
515	70.4	16.5	4.6	7.8	0.0	0.8
710	67.4	17.0	5.3	9.0	0.0	1.3
815	70.2	14.1	5.1	10.0	0.0	0.6

VII.1.4 Idoneidad de la arena a emplear.

Por sus propiedades físicas y composición, la arena de la zona de préstamo resulta adecuada para su uso en la aplicación de la alimentación artificial de arena para la recuperación de Runaway Bay Beach.

La principal diferencia está enmarcada en el tamaño medio del grano, sin embargo, un mayor tamaño eleva la estabilidad de la playa al ser necesario el impacto de olas de mayor energía para poner el grano de arena en suspensión. No obstante, se ha subdividido el área de modo que sea posible definir zonas de dragado específicas, de acuerdo al sector de la playa a beneficiar (Tabla 24).

Tabla 24: Granulometría de las muestras tipo de los sectores de la cuenca Great Sister y los correspondientes a beneficiar por el vertimiento de arena en Runaway Bay Beach.

Playa Runaway Bay					Cuenca Great Sister				
Sector	M (mm)	M (φ)	Stand Dev (φ)	Clasificación	Sector	M (mm)	M (φ)	Stand Dev (φ)	Clasificación
1	0.212	2.235	0.772	Arena Fina	NW	0.677	0.563	1.497	Arena Gruesa
2 and 3	0.198	2.334	0.594	Arena Fina	NW	0.677	0.563	1.497	Arena Gruesa
4	0.647	0.629	1.306	Arena Gruesa	Centro	0.855	0.226	1.339	Arena Gruesa

Se asocia un mayor tamaño del grano de arena a una mayor velocidad de caída, y por tanto, mayor estabilidad de la playa. Sin embargo, Miklen (1968), observaba que los granos de arena compuestos por sedimentos biogénicos, según su forma, a partir de cierto tamaño, no necesariamente registraban un incremento proporcional en su velocidad de caída (Fig. 48).

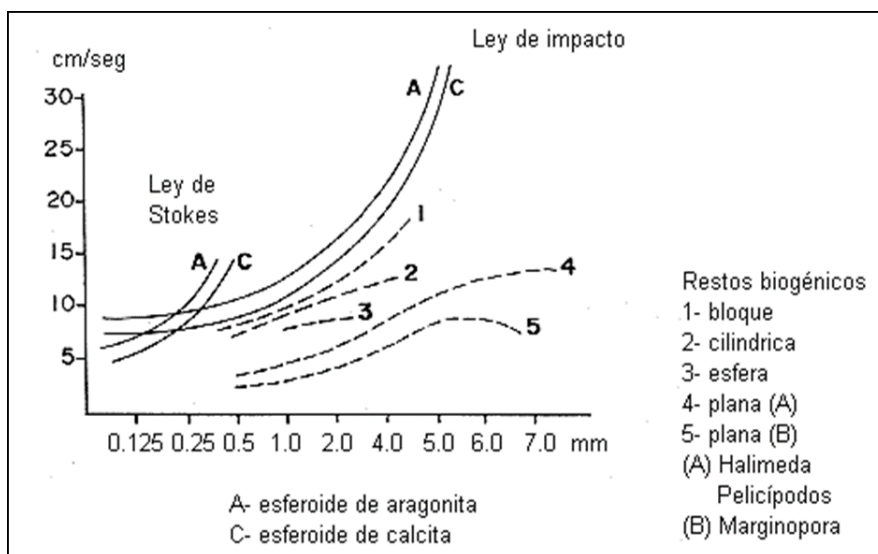


Figura 48: Comportamiento de la velocidad de caída para partículas biogénicas de formas variadas. Miklen, (1968), en Stoddart, (1978).

Medviediev y Juanes (1981), realizaron un experimento con trampas para capturar sedimentos en suspensión en la playa de Varadero, de arena predominantemente biogénica. La columna de trampas estuvo situada a 4 metros de profundidad durante 4 días y fueron muestreados los horizontes de 20, 80, 100, y 200 cm desde el fondo. Como se aprecia en la Figura 49, el porcentaje en peso de la fracción 0,5-1.0 resultó mayor según aumentó la separación del fondo.

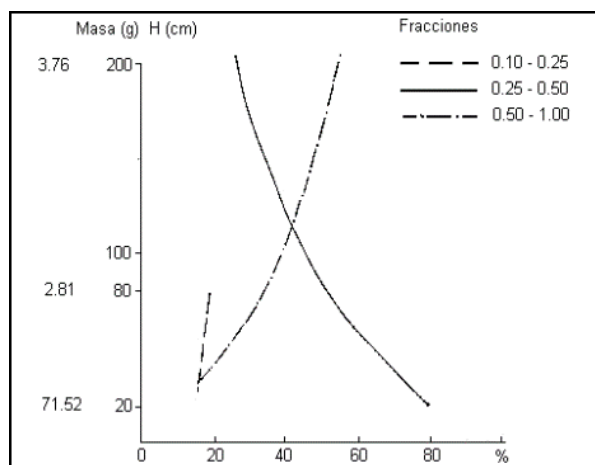


Figura 49: Ejemplo de la distribución de las fracciones de arena en un experimento con trampas de sedimentos en suspensión. Medviediev y Juanes, (1981).

Estos resultados se asocian a la porosidad y forma, muchas veces aplanada, de los granos de arena biogénica, que a partir de determinado tamaño, favorecen su puesta y permanencia en suspensión, contrario a lo que sucedería con granos de otro origen y forma esferoidal.

Por otra parte, la menor dureza de la calcita, particularmente de los granos de arena conformados por restos de algas halimedes (componente de cerca del 70% de la arena en la zona de préstamo), permiten prever cierto fraccionamiento del grano durante el dragado y vertido, proceso que continuará bajo la acción del oleaje en la zona de lavado de la playa.

Estos elementos condujeron a proponer el empleo de la cuenca Great Sister, como zona de préstamo, pese a las diferencias con la granulometría de la arena nativa de la playa.

Asimismo, se reserva para su empleo en última instancia, el recurso depositado en los últimos 50m del límite SE de la cuenca, el cual clasifica como arena muy gruesa, más susceptible de ser puesta en suspensión según las investigaciones consultadas.

VII.1.5 Cálculo del Factor de Sobre Relleno.

La metodología propuesta por James (1975) en el Shore Protection Manual (1984), permite calcular el factor R_A , a partir del ploteo de los parámetros calculados para las abscisas y las ordenadas y su representación gráfica en el ábaco obtenido por este autor. R_A es el valor por el cual debe ser multiplicado el volumen de relleno previamente obtenido, con el objetivo de compensar las pérdidas previsibles atendiendo a las diferencias entre el tamaño medio del grano de la arena nativa y la arena vertida.

Los valores de la abscisa y la ordenada para ubicar en el ábaco de James (1975), se calcularon según la metodología expuesta en III.5.3.

Los valores del diámetro medio $M (\phi)$ y de la desviación estándar $\sigma (\phi)$ para las arenas tanto del préstamo como de la playa fueron tomados de los resultados expuestos en la Tabla 24.

Los resultados y el ploteo de los parámetros se muestran en la Tabla 25 y la Figura 50.

Tabla 25: Cálculo del Factor de sobre relleno R_A a partir del ábaco de James (1975). Partiendo de lo expuesto en la Tabla 24, para los sectores 1, 2 y 3 de la playa, se calculó R_A asumiendo el sector Norte de la cuenca Great Sister, como zona de préstamo; para el sector 4 se trabajó con los datos correspondientes a la zona central de la cuenca Great Sister.

Sector	M (mm)	M (ϕ)	Desv Stand (ϕ)	Clasif.	Abscisa	Ordenada	R_A
1	0.212	2.235	0.772	<i>Fine Sand</i>	-2.17	1.94	1.02
2 y 3	0.198	2.334	0.594	<i>Fine Sand</i>	-2.98	2.52	1.04
4	0.647	0.629	1.306	<i>Coarse Sand</i>	-0.31	1.03	1.00
NW	0.677	0.563	1.497	<i>Coarse Sand</i>			
Centro	0.855	0.226	1.339	<i>Coarse Sand</i>			

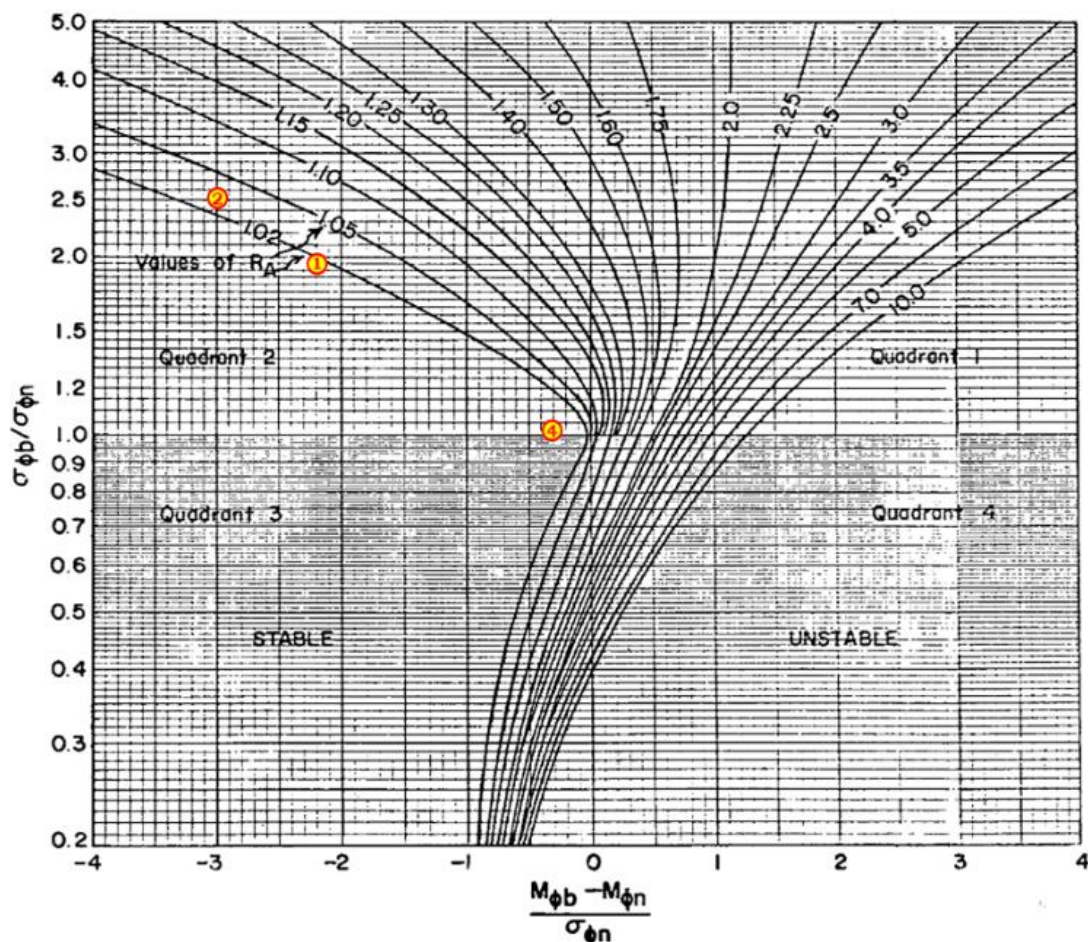


Figura 50: Ploteo en el ábaco de James (1975) de los parámetros correspondientes a los sectores 1, 2-3 (2) y 4, de Runaway Bay Beach.

El ploteo en el ábaco muestra un corrimiento hacia los cuadrantes que permiten pronosticar la estabilidad del perfil regenerado, por lo que se obtienen valores de R_A en el entorno de 1.0.

VII.1.6 Aplicación del Método de Dean.

Las coordenadas que limitan los sectores en que se ha dividido Runaway Bay Beach para su estudio, y también para el diseño de las actuaciones a ejecutar, se muestran en la Tabla No. 26 (Plano No. 1A). Se trata de 4 tramos contiguos que en su conjunto suman 1300 m de frente de playa.

La Tabla No. 27 muestra los resultados de la aplicación del método propuesto por Dean (1991), y expuesto en III.5, a cada uno de los sectores en que se ha dividido la zona de vertimiento. Se incluye el volumen total a verter tras multiplicar por la longitud del frente de playa y el factor de sobre relleno que corresponde en cada caso.

Tabla 26: Coordenadas límites de los sectores de vertimientos.

Sector	Límite Sur				Límite Norte			
	Antigua 1943 (BWIG)		WGS 84		Antigua 1943 (BWIG)		WGS 84	
	X	Y	Lat	Long	X	Y	Lat	Long
1	415219.976	1895032.484	17.142194	-61.859073	415577.945	1895605.948	17.147376	-61.855703
2	415577.945	1895605.948	17.147376	-61.855703	415657.682	1895808.447	17.149206	-61.854952
3	415657.682	1895808.447	17.149206	-61.854952	415737.420	1895985.422	17.150805	-61.854201
4	415737.420	1895985.422	17.150805	-61.854201	415749.295	1896182.816	17.152590	-61.854088

Tabla 27: Resultados de la aplicación del método de Dean (1991) para el cálculo del volumen a verter en cada sector de la zona de actuación.

Sector	Long de la Playa	Prof de Cierre (m)	M (mm)	A	Ancho de Playa a Incrementar (m)	Factor de Decisión	Se interceptan perfiles actual y de diseño	Altura de la Berma (m)	Volumen por unidad (m ³ /m)	R _A	Volume Final por Unidad (m ³ /m)
1	680	7.51	0.21	0.11	30.00	0.74	SI	1.00	72.47	1.02	73.9
2	220	7.51	0.20	0.11	30.00	0.72	SI	1.00	70.54	1.04	73.4
3	200	7.51	0.20	0.11	30.00	0.72	SI	1.00	70.54	1.04	73.4
4	200	7.51	0.65	0.15	25.00	0.98	SI	1.20	124.18	1.00	124.2

VII.2 Duna de diseño.

Para el diseño de la duna se analizan dos criterios, cuyos resultados no necesariamente deben coincidir.

Desde el punto de vista geomorfodinámico, es válido reproducir el perfil de la duna tipo de la playa, extrapolando el modelo desde los sectores donde esta se conserva, hacia aquellos en los cuales se requiere su recuperación.

Desde la Ingeniería se impone un análisis de las distintas componentes del nivel del mar, ante el impacto de eventos meteorológicos extremos, cuando la duna se diseña no sólo como elemento morfodinámico del perfil de la playa, sino también como obra para la defensa de las instalaciones ubicadas tierra adentro.

En el primer caso se encuentra el tramo de duna que aún se conserva en buena parte del Sector 1 de la playa.

En el segundo caso se encuentran el extremo Sur del Sector 1, y la totalidad de los Sectores 3 y 4, los cuales cuentan con instalaciones que por su ubicación son vulnerables al impacto de eventos extremos de penetraciones del mar.

El Sector 2, estaría también en una situación similar, en caso de que se decida retirar la estructura rompeolas, tal cual se recomienda, para recuperar su playa.

Para estos últimos casos, la cota de diseño de la duna puede ser calculada en función de la posible confluencia de los máximos de surgencia ciclónica y altura de la ola en la zona de rompiente, para el evento extremo con periodo de retorno de 10 años, sumado a una pleamar de 0.30 m, superior al 99% de los registros del año (Ver III.4.2).

El cálculo de la surgencia ciclónica se realizó aplicando el método paramétrico expuesto en III.4.4. Los resultados se muestran en la Tabla 28.

Tabla 28: Surgencia del Ciclón Tropical con periodo de retorno de 2, 10 y 100 años.

Ciclón Tropical	Clasificación	Vms (km/h)	Surg (m)
<i>Tr 2 Años</i>	<i>T. Tropical</i>	99.0	0.91
<i>Tr 10 Años</i>	<i>Huracán Cat 3</i>	192.0	2.85
<i>Tr 100 Años</i>	<i>Huracán Cat 5</i>	287.0	6.10

La altura de la cota de diseño de la duna, calculada a partir de la suma de eventos antes definidos, se muestra en la Tabla 29.

Tabla 29: Cota de la duna de diseño respecto al nivel medio del mar.

Componentes	H (m)
Pleamar	0.30
H _B (CT Tr 10 Años)	1.50
SS (CT Tr 10 years)	2.85
<u>Cota de Diseño (NMM)</u>	4.65

La base de la duna fue calculada garantizando una relación de 3 m en la horizontal por 1 m en la vertical en su cara al mar, desde la cima, hasta el nivel de la berma de diseño, y pendiente de 45° hacia tierra, donde se apoyará en la duna existente. Con estos preceptos,

se ajustó a una función parabólica invertida. Este método se ha ensayado con éxito en proyectos de rehabilitación de dunas ejecutados en la playa de Varadero en los últimos años, diseñados por especialistas de GAMMA y el Centro de Servicios Ambientales de Matanzas.

El volumen medio añadido como resultado de la conformación de dunas con las dimensiones especificadas, para el caso de estudio, es de 25 m³/m.

VII.3 Volumen de Relleno.

El volumen a verter por sector de la playa, se calculó, tomando en cuenta las características y la estrategia definida en cada caso, a partir de la suma de 3 componentes:

- Volumen de relleno requerido para el avance de la línea de costa predefinido, a partir de la aplicación del método de Dean (1991) (Ver Tabla 27).
- Volumen requerido para la conformación de las dunas en los sectores dónde se propone su recuperación y redimensionamiento para fungir como obras de defensa de las estructuras situadas hacia tierra (25 m³/m).
- Volumen adicional resultante de un importante déficit de los sedimentos necesarios para garantizar el equilibrio dinámico del perfil (Ver IV.5).

En esta última componente, la diferencia entre el perfil de equilibrio medido al pie del rompeolas en el Sector 2, y el perfil de equilibrio teórico, es de 56.4 m³/m. Dada la situación de la playa y la abrupta pendiente que quedaría una vez retirado el rompeolas (en caso de que así se decida), se propone adicionar un volumen equivalente al estimado para el sector.

Dado el sentido del transporte litoral de sedimentos, se propone no beneficiar directamente los últimos 180 m de playa al Sur del Sector 1, limitando la zona de actuación a 500 m, de modo que se eleven, proporcionalmente, las densidades estimadas para los perfiles 1B y 1C.

Dado el estado de preservación del tramo central de la playa del Sector 1, y el sentido del transporte litoral en el mismo, pese a la diferencia relativamente notable entre el perfil medido y el perfil de equilibrio teórico, no se propone incrementar el volumen a verter en el perfil.

El volumen de arena a verter por sector de la playa se muestra en la Tabla No. 30. Se realizó un redondeo de las cifras estimadas para trabajar con números enteros. Los Planos 6, 6A, 7A, 7B y 7C, muestran los sectores de vertimiento, con sus densidades absolutas propuestas, así como el perfil de diseño, incluyendo la duna (parte de esta información se incluye en el resumen que se muestra en el Plano 8).

Tabla 30: Volumen de relleno por sector.

Playa Runaway Bay	Longitud	Aplicación de Met de Dean (m ³ /m)	Conformación de Dunas (m ³ /m)	Socavamiento de Rompeolas (m ³ /m)	Densidad Final (m ³ /m)	Volumen Final (m ³)
Sector 1	500	100.0	-	-	100.0	50000
Sector 2	220	75.0	25.0	55.0	155.0	34100
Sector 3	200	75.0	25.0	-	100.0	20000
Sector 4	200	125.0	25.0	-	150.0	30000
RBB	1120					134100

VII.4 Otras acciones para la protección de estructuras vulnerables.

De acuerdo a la estrategia diseñada a mediano y largo plazo, y en función de los resultados que se obtengan de la interacción entre las autoridades y los propietarios, se ha propuesto la protección de los cimientos de las estructuras que así lo requieran, en el Sector 4, y en el Sector 2, en caso de que se defina actuar en el mismo.

En el caso del Sector 2, la decisión de actuar pasa por la demolición de la estructura rompeolas, de modo que lo más recomendable será reutilizar el material rocoso extraído, en la conformación de un núcleo sólido para la duna de diseño.

El Sector 4 presenta una situación similar. De conservarse las actuales estructuras, podrían constituir un núcleo sólido para la duna a reconfigurar como parte del proyecto de vertimiento. En una estrategia a más largo plazo, que incluya la retirada de las construcciones que ocupan la duna, podría preverse el empleo del material rocoso resultante de las estructuras de defensa, para la conformación de un núcleo sólido de la duna de diseño.

Para los sectores 1 y 3, la protección de los cimientos de las construcciones que lo requieran, se definirá como resultado de una estrategia a más largo plazo, y en particular del monitoreo de la evolución de la playa. Para estos casos, se propone el uso de estructuras piramidales conformadas por sacos de material geotextil rellenos de arena, como núcleo de la duna, o apoyadas en los cimientos, siempre con su base bajo el nivel medio del mar.

Esta tecnología, desarrollada en la década de 1960, comenzó a usarse en el control de erosión de las costas holandesas del Mar del Norte, para diques que se rellenaban hidráulicamente, disminuyendo con ello el costoso acarreo de materiales de relleno. El empleo

de este tipo de material ha ganado gran popularidad en los últimos años debido a su versatilidad, su simplicidad de colocación y de llenado, su bajo costo y su bajo impacto ambiental.

Se trata de sacos de material geosintético de alta resistencia, alargados y permeables, los cuales se rellenan con una mezcla de tierra, limo o arena (20%), con agua (80%), donde queda retenida la parte granular sólida y se drena el agua, en tanto el relleno se compacta.

Los rellenos empleados suelen obtenerse generalmente de la misma zona donde son colocados, por lo que para este caso se recomienda emplear la arena de la playa.

El material geotextil, debe estar especialmente diseñado para soportar condiciones propias de un medio ambiente agresivo, como son, el agua salada, las altas temperaturas y la exposición prolongada a la luz solar y la intemperie.

Los geotextiles deberán ser tejidos, ya que estos ofrecen mayor resistencia mecánica que los geotextiles no tejidos.

Tanto el material textil utilizado para la construcción, como las costuras que unen los diferentes paños de tela, deben ser capaces de resistir los esfuerzos a los que serán sometido durante el llenado.

Se utilizarían bolsas de circunferencia media, por lo que puede admitirse que tengan dos costuras longitudinales colocadas una a cada lado, si bien se recomienda una única costura que quedará situada en la base o parte inferior, para una mayor resistencia. Asimismo, dadas sus dimensiones no resulta imprescindible que cuenten con costuras transversales a lo largo de la circunferencia, sin embargo, de ser así, estas aportarían mayor resistencia a los sacos para soportar las tensiones generadas por el peso propio al ser colocados uno sobre otro a modo de pirámide.

El material geotextil que conformará los sacos deberá tener como mínimo las propiedades que se relacionan en la Tabla No. 31.

Según Lawson (2008), desde el punto de vista ingenieril, se puede hacer una aproximación de primer orden a las dimensiones que tomará un geotubo de un diámetro determinado, una vez lleno.

Tabla 31: Requerimientos técnicos generales del material geotextil a emplear.

Propiedades	Especificación
Materia prima	Polipropileno o poliéster de alta tenacidad y elevada resistencia a la degradación química
Resistencia a la tensión nominal (longitudinal y transversal)	> 10 kN/m
Resistencia de las costuras	> 10 kN/m
Deformación a la resistencia nominal	< 10 %
Resistencia al punzonamiento	> 1 kN/m
Resistencia a rayos UV	> 20 %
Abertura aparente de poros	0.20 – 0.35 mm

El ancho (W), altura (H), el área transversal (A), el ancho de contacto de la base con el lecho (b) y cargas impuestas sobre la base de apoyo (δ), para un tubo lleno de arena apoyado sobre una base firme, pueden ser estimados en función del diámetro (D) del tubo, por las expresiones (Fig. 51):

$$H \approx 0.55D,$$

$$W \approx 1.5D,$$

$$b \approx D,$$

$$A \approx 0.6D^2,$$

$$\delta \approx 0.7\gamma D$$

Dónde: γ es la densidad del material de relleno.

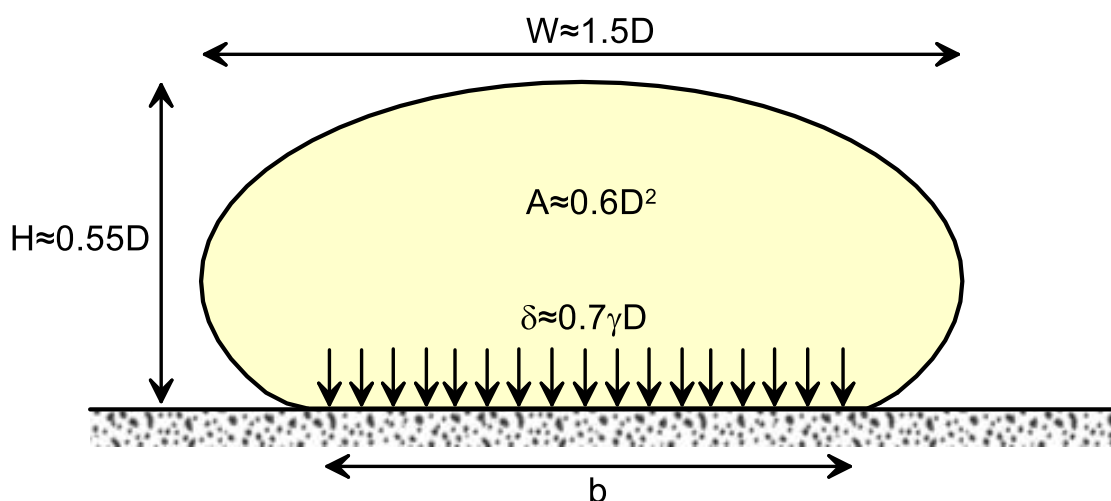


Figura 51: Sección transversal de un tubo geotextil lleno de arena mostrando las dimensiones típicas en función del diámetro D del tubo y la carga sobre el lecho, según Lawson (2008).

En el extremo occidental de la playa de Varadero, varias construcciones fueron protegidas con este tipo de estructuras en los primeros años del siglo XXI. En 2018, más de 15 años después de su colocación, tras un evento erosivo de cierta magnitud, las estructuras quedaron nuevamente expuestas mostrando un excelente grado de conservación, y ejerciendo aún su función protectora de los cimientos de las construcciones a su resguardo (Fotograma 4).



Fotograma 4: Cuatro momentos de la protección de construcciones ocupantes de la duna en el extremo occidental de la playa de Varadero, Cuba: Destrucción previa; inicio y final de la ejecución del proyecto; y exposición de las estructuras en excelente estado de conservación tras más de 15 años, y cumpliendo aún su función de preservación de los cimientos de las construcciones a su resguardo.

Partiendo de estas líneas generales y metodologías propuestas, llegado el momento, deberá realizarse el diseño particularizado de las estructuras a conformar para la protección de los cimientos de las construcciones que lo requieran.

VII.5 Restauración de la vegetación sobre la duna proyectada.

La restauración de la vegetación sobre la duna es de vital importancia para la sostenibilidad del proyecto, puesto que esta contribuye a estabilizar el perfil y favorece los procesos de deposición de la arena.

Las especies que se seleccionaron para estabilizar las dunas en aquellos sectores donde se precise su reconformación, contribuirán, también, a devolver las condiciones ecológicas mínimas para la gradual recuperación de la diversidad florística del área, una vez eliminadas las especies invasoras que hoy ocupan parte de la zona costera.

La estrategia de restauración de la vegetación de las dunas tiene en cuenta la zonación natural en las especies de plantas que refleja los distintos niveles de salinidad del sustrato que ellas toleran, donde las plantas herbáceas son las que toleran los más altos niveles de aerosol salino.

En el presente proyecto ejecutivo se incluye solamente un perfil tipo a conformar, con las densidades y métodos de siembra recomendadas para cada una de las especies a emplear. Una vez definidos los detalles y ejecutadas las primeras acciones de vertimiento y conformación de las dunas, deberá elaborarse una tarea técnica calculando el número de plantas a sembrar en cada caso.

La Tabla No. 32 muestra las especies a emplear e incluye el método y las labores de plantación que se prevé realizar en el marco del proyecto.

Tabla 32: Especies a emplear en la reforestación de las dunas a restaurar o conformar. Métodos y labores de plantación.

Especie	Método	Labores de plantación	Época de preparación del área antes de la plantación
<i>Coccoloba uvífera</i>	Hoyos de plantación	- Construcción manual de los hoyos	5 días después de conformada la duna
<i>Cordia gerascanthus</i>		- Plantación de posturas	
<i>Sabal palmetto</i>		- Pequeñas retirando las bolsas	
<i>Chrysobalanus icaco</i>		- Mantenimiento de riego por período establecido	
<i>Thrinax radiata</i>		- Mantenimiento de riego por período establecido	
<i>Pithecellobium keyense</i>	Siembra agámica	- Siembra de esquejes enraizados previamente	
<i>Scaevola plumieri</i>		- Mantenimiento de riego por período establecido	
<i>Suriana maritima</i>		- Siembra de semillas con previo tratamiento pregerminativo	
<i>Ipomoea pes-caprae</i>		- Mantenimiento de riego por período establecido	
<i>Toumefortia gnaphalodes</i>	Siembra agámica	- Siembra de raíz desnuda	
<i>Canavalia rosea</i>		- Mantenimiento de riego por período establecido	
<i>Uniola paniculata</i>	Siembra agámica	- Siembra de raíz desnuda	
		- Mantenimiento de riego por período establecido	

La Tabla No. 33 define los marcos de plantación por especie, en tanto, la Tabla No. 34 establece el área en la cual será empleada cada especie de acuerdo a sus características.

El área reforestada será beneficiada mediante riego planificado durante el primer mes tras la siembra. Durante la primera quincena el regado se realizará diariamente en el horario de la mañana o en la tarde – noche. Durante la segunda quincena se regará cada tres días.

Tabla 33: Marco de plantación por especie.

<i>Nombre científico</i>	<i>Nombre vulgar</i>	<i>Distribución</i>	<i>Método de plantación</i>	<i>Marco de plantación</i>
<i>Uniola paniculata</i>	Arroz de playa	Irregular	Macollas con raíces	5 /m ²
<i>Scaevola plumieri</i>	Icaquillo	Irregular	Esquejes enraizados	1 /10 m ²
<i>Suriana maritima</i>	Cuabilla de costa	Irregular	Esquejes enraizados	1 /10 m ²
<i>Ipomoea pes-caprae</i>	Boniato de playa	Irregular	Esquejes enraizados	10 /m ²
<i>Canavalia rosea</i>	Frijol de playa	Irregular	Semillas	5 /m ²
<i>Coccoloba uvífera</i>	Uva de calta	Irregular	Posturas	1 /2 m ²
<i>Toumefortia gnaphalodes</i>	Inciense de costa	Irregular	Esquejes enraizados	1 /10 m ²
<i>Cordia gerascanthus</i>	Varía	Irregular	Posturas	1 /20 m ²
<i>Sabal palmetto</i>	Palma sabal	Irregular	Posturas	1 /10 m ²
<i>Chrysobalanus icaco</i>	Icaco	Irregular	Posturas	1 /m ²
<i>Thrinax radiata</i>	Guano de costa	Irregular	Posturas	1 /5 m ²
<i>Pithecellobium keyense</i>	Aroma de costa	Irregular	Posturas	1 /10 m ²

Tabla 34 Especie principal y mezcla de especies para el área a restaurar.

<i>Área</i>	<i>Categoría</i>	<i>Nombre científico</i>	<i>Nombre vulgar</i>
<i>Cara de la duna hacia el mar</i>	Especia principal	<i>Uniola paniculata</i>	Arroz de playa
	Mezcla de especies	<i>Scaevola plumieri</i>	Icaquillo
		<i>Suriana maritima</i>	Cuabilla de costa
<i>Cima y Cara de la duna hacia tierra</i>	Especia principal	<i>Coccoloba uvífera</i>	Uva de calta
	Mezcla de especies	<i>Suriana maritima</i>	Cuabilla de costa
		<i>Toumefortia gnaphalodes</i>	Inciense de costa
	Mezcla de especies	<i>Ipomoea pes-caprae</i>	Boniato de playa
		<i>Canavalia rosea</i>	Frijol de playa
<i>Base de la duna hacia tierra</i>	Especia principal	<i>Chrysobalanus icaco</i>	Icaco
	Mezcla de especies	<i>Sabal palmetto</i>	Palma sabal
		<i>Thrinax radiata</i>	Guano de costa
<i>Postduna</i>	Mezcla de especies	<i>Pithecellobium keyense</i>	Aroma de costa
		<i>Cordia gerascanthus</i>	Varía
	Mescla de especies	<i>Ipomoea pes-caprae</i>	Boniato de playa
		<i>Canavalia rosea</i>	Frijol de playa

VIII. MODO DE EJECUCIÓN Y TIEMPO ESTIMADO

VIII.1 Trabajos de Dragado.

Como se explica en la estrategia diseñada, el primer paso será decidir si actuar o no en el Sector 2, en función del análisis de las recomendaciones realizadas en este proyecto, por parte de las autoridades locales y los propietarios emplazados en la zona.

Se deben retirar todos los obstáculos que impidan el libre movimiento de equipos pesados en la zona de actuación, y la correcta redistribución del material durante el vertido. Esto incluye todas las sombrillas, kioscos, ranchones, equipos náuticos y demás instalaciones temporales que puedan encontrarse en la playa.

Se propone el empleo de un barco draga de succión en marcha para el dragado de la arena en la zona de préstamo y su bombeo hasta la playa (Foto 18).



Foto 18: Ejemplo de embarcación con características idóneas para la ejecución del proyecto: Barco-draga Mario Oliva Pérez (Empresa Constructora de Obras Marítimas, Cuba); eslora 92.95 m, manga 16.5 m, capacidad en cántara de 3300 m³, calado máximo 6.20 m y potencia para bombear una mezcla de 1280 kg/m³ hasta una distancia de 4500 m.

Una draga de succión en marcha extrae los sedimentos del fondo marino mientras se mantiene en movimiento. Una vez posicionada en la zona de extracción, despliega el brazo de succión hasta hacer contacto con el fondo y comienza el dragado mientras se desplaza a muy baja velocidad, que, dadas las dimensiones de la cuenca, debe ser de 2 nudos (Fig. 52).

Los oficiales al mando de la draga, de conjunto con el representante del inversionista y el proyectista, deben seleccionar las rutas de dragado que garanticen una explotación controlada del yacimiento.



Figura 52: Representación de draga de succión en marcha en operación con brazo desplegado.

La embarcación a emplear debe cumplir con las siguientes características:

- Cántara con capacidad para almacenar volumen de 2000 m³ a 3500 m³.
- Máximo calado igual o inferior a 7 m.
- Capacidad para dragar a profundidad superior a 15 m.
- Capacidad de bombear una mezcla de arena y agua de mar con densidad superior a 1000 kg/m³ a una distancia mínima de 1500 m.

Adicionalmente, se deberá contar con:

- Barco Remolcador de apoyo para maniobras.
- 1500 m de tuberías flotantes con diámetro interior en el entorno de 0.8 m.

También son necesarios otros recursos como un grupo electrógeno y luminarias suficientes para garantizar la operación durante 24 horas consecutivas, boyas de marcación, etc.

El dragado se realizará siempre al interior de la Zona de Préstamo delimitada por las coordenadas que se muestran en la Tabla 19, representadas en el Plano 6.

Se dragará en líneas rectas en dirección NW-SE, y viceversa, hacia el sector más próximo a Great Sister Cay variando a una dirección ENE-WSW hacia el sector más alejado del cayo.

Extraído el sedimento del fondo del mar es acumulado en la cántara, y una vez cargada, la draga se trasladará hasta el punto de aproximación siguiendo la ruta sugerida en el Plano 6. La Tabla 35 muestra las coordenadas del punto de aproximación de la draga, y distancia máxima a la zona de vertido (Planos 6 y 6A).

Tabla 35: Coordenadas del punto de aproximación de la draga y distancia máxima a la playa.

No.	Puntos de Aproximación				Máxima Distancia a la Playa (m)
	Antigua 1943 (BWIG)		WGS 84		
	X	Y	Lat	Long	
1	414766.2	1896050.4	17.15140	-61.86333	1030

El ciclo de dragado y bombeo termina cuando la draga se conecta a la tubería mediante la cual la arena será impulsada por procesos hidráulicos hasta la playa para la conformación del perfil final con el apoyo de medios mecánicos, de acuerdo al diseño (Fig. 53).

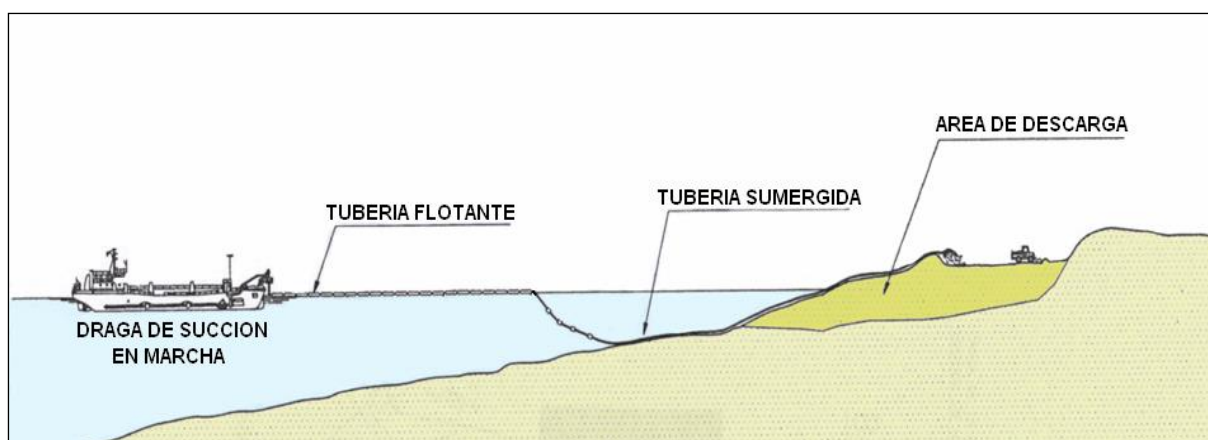


Figura 53: Representación de barco draga conectado a la tubería a través de la cual bombea una mezcla de agua y arena hasta la playa a regenerar, donde los medios mecánicos conforman el perfil.

Para el cálculo del volumen extraído, la cántara de la draga cuenta con puntos de medición mediante los cuales se obtiene el aforo y el volumen según tabla ofrecida por el fabricante y certificada por instituciones competentes. A pesar de la confianza que ofrece la certificación emitida, antes del inicio de los trabajos se realiza una verificación con la cántara vacía participando el capitán y el representante del inversionista.

Los trabajos de dragado con este tipo de equipamiento se pueden considerar como una serie de ciclos continuos de dragados sencillos. Cada ciclo consiste en diferentes fases ejecutadas sucesivamente. Las diferentes fases que comprende un ciclo de dragado se muestran en la Figura 54.

Nótese que el diagrama de la Figura 54 muestra las fases tanto para la descarga por tuberías como por abertura de la cántara. En el caso del presente proyecto solo se realizará la descarga por tuberías directamente hasta la playa (parte de toda esta información se incluye en el resumen que se muestra en el Plano 8).

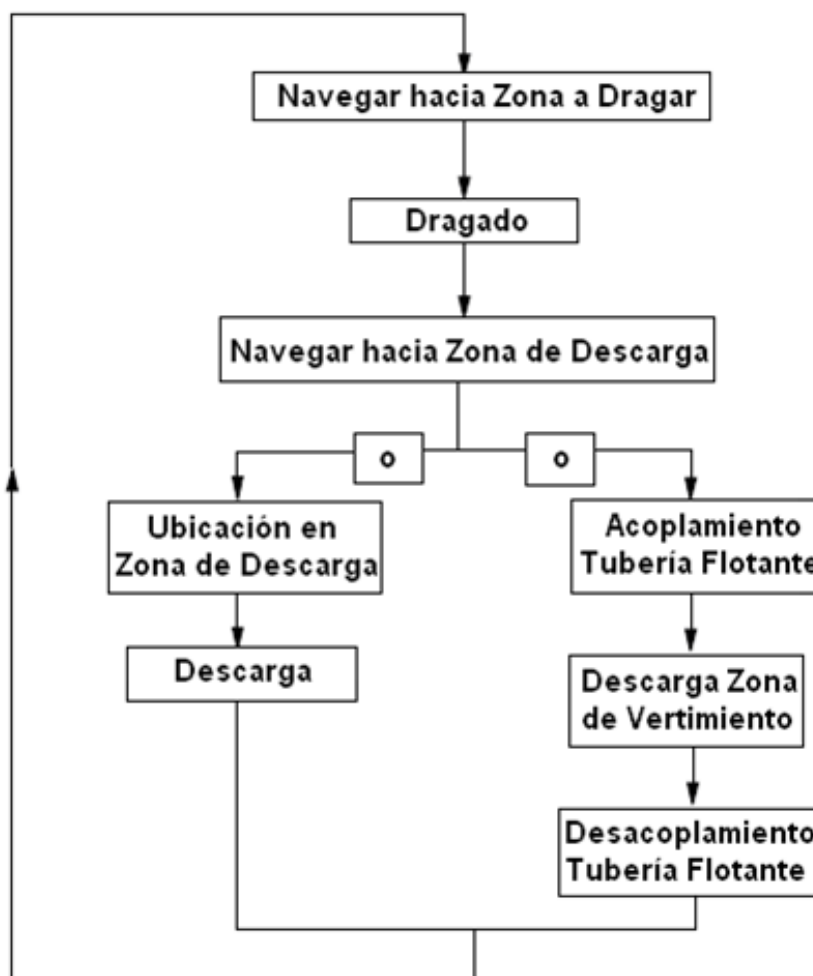


Figura 54: Fases del ciclo de dragado.

No es posible realizar una adecuada planificación de las rutas que seguirá la draga dentro del yacimiento en cada ciclo de llenado de su cántara, sin conocer las características específicas de la embarcación que asumirá la obra. Este análisis deberá realizarse de conjunto entre los representantes del ejecutor y el proyectista con anterioridad al comienzo de los trabajos.

Una draga con capacidad de cántara de 2000 m³ a 3500 m³, requiere de 30 min a 90 min de dragado continuo para una carga completa (considerando sólo el tiempo de operación). A una velocidad de 2 nudos, varía entre 1.9 km (1.0 nmi) y 5.6 km (3.0 nmi) el recorrido necesario para el completo llenado de la cántara.

Si tomamos en consideración que la zona de préstamo propuesta posee dimensiones máximas de 400 m (en dirección SW-NE) por 450 m (en dirección NW-SE), para cumplir un ciclo de dragado la embarcación necesitaría como mínimo realizar 6 giros dentro del bloque, en caso de mantener siempre la misma dirección de dragado, alternando los sentidos.

Embarcaciones con la capacidad de cántara referida, poseen esloras de 80m o más, y para la maniobra de giro requeriría una amplitud superior en dos veces y media, lo que podría superar los 200 m.

Las dimensiones relativas de la zona de préstamo y el tipo de embarcación propuestas, llevan a resaltar la importancia de una adecuada planificación del dragado, para garantizar la correcta explotación del yacimiento.

Las limitaciones en la capacidad de maniobra de la draga, y criterios de seguridad para evitar extracciones accidentales fuera del bloque definido, hacen que, en la práctica, las esquinas y bordes del yacimiento no puedan ser explotadas. Por tal motivo, suele exigirse que la reserva de arena identificada, cuente con un volumen superior, en un 25%, al demandado por el proyecto a ejecutar.

Dado que en el polígono definido en la cuenca Great Sister, se ha medido un volumen de sedimentos arenosos equivalente a 214 500 m³, en tanto, el volumen requerido para la recuperación de la playa de Runaway Bay es de 134 100 m³ de arena, quedaría una reserva de 80 400 m³, equivalente al 37.5% del total del recurso al interior del yacimiento.

Para cumplir con el vertido en la playa de los 134 100 m³ proyectados, contando con barcos dragas con el entorno de capacidad de carga definida, se deberá ejecutar entre 38 y 67 ciclos de dragado.

Se trabajará las 24 horas del día, en turnos, de forma ininterrumpida, hasta completar el volumen de arena a verter según el proyecto ejecutivo.

Una vez concluida la explotación del yacimiento se realizará su monitoreo, con carácter anual, durante los 5 años siguientes. El monitoreo consistirá en la reiteración del levantamiento batimétrico, el muestreo y análisis sedimentológico, y la medición del espesor de la capa de arena, y tendrá por objetivo evaluar la capacidad de recuperación natural de los volúmenes de recurso, en la cuenca.

VIII.2 Trabajos en tierra.

Para los trabajos en tierra, el ejecutor deberá contar, como mínimo con:

- 1 Retroexcavadora de esteras.
- 1 Buldócer o Cargador Frontal de esteras.

El acceso de las tuberías y los equipos desde tierra a la zona de actuación en el Sector 4, se realizará a través de los viales existentes en el extremo Norte de la playa. Se trabajará de manera continua por todo el litoral avanzando hacia el Sur, según se conforma la playa.

En caso de no actuarse en el Sector 2, los equipos emplearán nuevamente el vial de acceso para su retirada y accederán nuevamente a la playa por el acceso situado en el extremo Norte del Sector 1, en tanto la tubería se trasladará por mar con apoyo del remolcador.

El terreno baldío en el extremo Norte de la playa, aledaño al canal de acceso a Marina Bay, o el área de la playa del Sector 1, podrían emplearse como área de facilidades temporales para el montaje de la tubería y echarla al mar.

Los trabajos de vertimiento se iniciarán por el Sector 4 avanzando siempre del NW al SE respetando los límites (Tabla 26), densidades y volúmenes de arena calculados (Tabla 30) para cada una de las zonas de vertimiento (Planos 6A).

La longitud de cada avance de un punto de vertido al siguiente, se calculará en función del volumen medido en la cántara de la draga en cada ciclo, de modo que se conserve la densidad de vertido de diseño en el sector en cuestión.

Antes de cada vertido, los medios mecánicos en tierra posicionarán la tubería en el punto correspondiente, elevándola de 2m a 3m sobre el nivel del terreno (Foto 19). La construcción o no, de diques en herradura entorno al punto de vertido, contribuye al manejo de las densidades y debe valorarse en cada caso por los representantes del ejecutor y el proyectista en la zona de actuación.



Foto 19: Retroexcavadora colocando el extremo de la tubería en el punto de vertido.

Una vez conectada la draga a la tubería inicia el bombeo de agua para limpiar la línea, y posteriormente, de la mezcla de arena y agua (Foto 20). Durante el vertido, los medios mecánicos permanecerán listos para operar en caso de requerirse su intervención para

contribuir al drenaje del agua de la mezcla vertida, hacia el mar. Esto es particularmente necesario si se emplea una draga de mayor capacidad en su cántara.



Foto 20: Vertido de la arena.

Tras cada vertido, los medios mecánicos en tierra se encargarán de conformar el perfil de acuerdo al diseño propuesto (Foto 21) y posicionarán el extremo de la tubería en el siguiente punto de vertido. Las cotas de los elementos fundamentales del perfil a conformar en cada sector de playa se especifican en los Planos 7A, 7B y 7C.



Foto 21: Nivelado y conformación del perfil de playa por medios mecánicos.

Para el control de las cotas en el terreno, así como el de otros parámetros de diseño durante la ejecución, y como garantía de la efectividad del proyecto, es fundamental la participación de representantes del proyectista como parte de un control de autor.

VIII.3 Control de Autor.

Como garantía de calidad en la ejecución del proyecto, se recomienda la contratación del control de autor, para la supervisión del proyecto en tiempo real.

El control de autor consistirá en:

- **Levantamiento previo:** Se conformará y medirá una red de perfiles topográficos en la playa, espaciados cada 100 m. Según los resultados, de ser preciso, se realizarán ajustes al proyecto en acuerdo con el inversionista, el contratista, y el ejecutor.
- **Supervisión del proceso de dragado:** A bordo de la draga se certificará el proceso de dragado, se inspeccionará el material dragado, se medirá el volumen en cántara, y se tomará muestra de arena en cada carga, para su posterior análisis en el laboratorio.
- **Supervisión del proceso de vertido:** En la playa, se situarán los puntos de vertido garantizando las densidades de diseño por sector, y se marcarán las cotas en el terreno como guía para la conformación de los perfiles de diseño.
- **Comprobación de niveles topográficos:** Según se avance en la ejecución, se medirán los perfiles de la red previamente conformada comprobando las cotas de diseño y el volumen retenido en la playa.

VIII.4 Tiempo de ejecución estimado.

Asumiendo una capacidad de carga de la draga, similar a la del ejemplo (3300 m³), y la distancia entre las zonas de préstamo y de vertimiento seleccionadas, se estimó la cantidad de ciclos de vertidos por sector, cargando un volumen medio de 3 000 m³ de arena por ciclo. A partir de estas consideraciones se estimó el tiempo de ejecución del proyecto por sector. Los resultados de este análisis se muestran en la Tabla No. 36.

Tabla 36: Tiempo de ejecución estimado por sector asumiendo 5kn como velocidad media de traslado de la draga y un volumen medio de 3 000 m³ por viaje.

Sector	Distancia al Préstamo (km)	Volumen por Carga (m ³)	Volumen por Sector (m ³)	Total de Ciclos	Tiempo por ciclo (h)			Tiempo de Ejecución (Días)
					Carga	Navegación	Descarga	
Sector 4	1.55	3000	30000	10	2.5	0.3	1.5	1.8
Sector 3			20000	7				1.2
Sector 2			34100	11				2.1
Sector 1			50000	17				3.0

En estos cálculos se consideró una velocidad media de traslado de la draga de 5 kn, en tanto, el tiempo de carga y descarga se estimó en función de la experiencia en proyectos previos.

El tiempo estimado para la ejecución del vertimiento equivale 9 días, al cual habría que sumar los días requeridos para movilización y montaje (7), conformación final de la playa (3), desmonte y desmovilización (7), para un total estimado de 26 días.

Se consideró, igualmente, que se trabaje de manera continua durante las 24 horas del día. Particularmente durante el horario nocturno se produce una caída del viento que favorecerá el más rápido avance de los trabajos.

Adicionalmente, debe hacerse una selección adecuada del momento de ejecución del proyecto para disminuir al mínimo las paradas motivadas por condiciones de oleaje desfavorables, así como la probabilidad de que la playa sea afectada por fuertes marejadas antes de ser recuperada en su totalidad. A tal fin, y tras analizar el comportamiento del clima local, se sugieren los meses de diciembre a marzo, fuera de la Temporada Ciclónica en el Atlántico Norte, excluyendo, además, los meses de abril y mayo, durante los cuales se intensifica ligeramente la velocidad del viento.

VIII.5 Evacuación del equipamiento ante eventos extremos.

Se recomienda ejecutar los trabajos concebidos en el presente proyecto durante los meses de abril a noviembre, evitando posibles oleajes generados en el océano abierto, por la circulación periférica de Anticiclones Continentales Migratorios que siguen a los frentes fríos de la temporada invernal. En este período son más propicios abril y mayo por encontrarse fuera de la temporada ciclónica en el Atlántico Norte.

Ante el impacto inminente de algún evento extremo durante la ejecución de los trabajos se dispondrá lo siguiente:

- Interrupción temporal de la totalidad de los trabajos en mar y tierra.
- Traslado de la draga y demás embarcaciones implicadas hacia zona segura, alejándose del lugar, o buscando refugio en el interior del puerto de Saint Johns, cercano a la zona de actuación.
- Traslado de la tubería en el mar a tierra firme, fijándola a la orilla de la playa, o sobre el vial posterior. Para evitar el desarme puede valorarse sean trasladadas por mar, y fijadas a la línea de costa en aguas del puerto de Saint Johns.

- Traslado y aseguramiento de las herramientas y enseres menores, en contenedores a situar en el área otorgada para la instalación de las facilidades temporales.
- Traslado de los equipos mecánicos pesados utilizados en los trabajos en las zonas seguras, podría valorarse el vial posterior a la playa ante eventos de menor magnitud.

Las anteriores son recomendaciones que se realizan en función de las características de la zona de actuación y experiencias de proyectos previos. No obstante, el ejecutor es libre de asumirlas o no, manteniendo, en cualquier caso, responsabilidad total sobre la protección de su personal y medios técnicos.

IX. EFECTIVIDAD DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA

Según fue referido anteriormente, los trabajos de la Dra. Cambers en el monitoreo de varias playas de pequeñas islas del Mar Caribe Oriental, le permitieron estimar retrocesos de la línea de costa que variaban entre 0.27 m/año y 1.06 m/año. Específicamente, en el caso de Antigua y Barbuda, la media estimada fue de 0.85 m/año (Tabla 1), a partir del monitoreo de 30 puntos en distintas playas, de los cuales 24 registraron erosión en el período 1992-1994.

Más recientemente, James (2017), estimó un retroceso anual de la línea de costa en Runaway Bay Beach, de 1.134 m, entre 2009 y 2015.

Asumiendo que las tendencias medias anuales de la pérdida de ancho de playa, se mantendrán en el entorno de valores similares a los expuestos en este último informe, es posible calcular el tiempo que debe transcurrir para que se pierda la totalidad del ancho de playa ganado. Los resultados de tales estimaciones se muestran en la Tabla No. 37.

Tabla 37: Estimación del tiempo requerido para que se pierda el 50% o la totalidad de la arena.

Runaway Bay Beach	Volumen a verter (m ³)	Ancho de Playa Ganado (m)	Td Anual (m/año)	Pérdida 50% del Ancho Ganado (Años)	Pérdida 100% del Ancho Ganado (Años)
Sector 1	50000	30	-1.134	13.2	26.5
Sector 2	34100	30	-1.134	13.2	26.5
Sector 3	20000	30	-1.134	13.2	26.5
Sector 4	30000	25	-1.134	11.0	22.0

Sin embargo, las playas constituyen elementos muy dinámicos y se trata de una zona costera vulnerable al impacto de marejadas generadas por fuertes huracanes, cuestión que aporta incertidumbre a la estimación de la efectividad del proyecto antes realizada. Por tal motivo, es esencial la implementación de una estrategia de manejo que incluya el monitoreo periódico de la playa, y el diseño y readecuación de las estrategias de manejo en función de sus resultados.

IX.1 Pre-diseño del Monitoreo de la playa de Runaway Bay.

El monitoreo constituye un elemento esencial entre los lineamientos de la estrategia a implementar para el manejo de la playa de Runaway Bay a mediano y largo plazo.

Permite reunir información sobre la evolución morfodinámica de la playa, contribuyendo a la identificación de las causas de la erosión y la selección óptima de las alternativas de solución.

Una vez ejecutadas las acciones propuestas, e implementada la estrategia de manejo, el monitoreo se convierte en la herramienta capaz de comprobar su efectividad y corregir o perfeccionar su diseño.

Dadas las dimensiones y sectorización definidas, se propone la implementación de un Programa de Monitoreo de la Evolución Morfodinámica de la playa de Runaway Bay, a partir de la conformación de una red de 6 perfiles.

La ubicación de los perfiles a monitorear, coincidirá, preferiblemente, con los segmentos que sirvieron de guía para la obtención de las secciones transversales que se muestran en los Planos 2A, 2B, y 2C, que a su vez se emplearon como base para la concepción de los perfiles de diseño que se muestran en los Planos 7A, 7B, y 7C (Tabla No. 38).

Tabla 38: Coordenadas de los extremos de los segmentos empleados para la obtención de las secciones transversales de la playa, que fueran base para la concepción de los perfiles de diseño.

Perfil	Extremo en tierra				Extremo en el mar			
	Antigua 1943 (BWIG)		WGS 84		Antigua 1943 (BWIG)		WGS 84	
	X	Y	Lat	Long	X	Y	Lat	Long
1A	415306.697	1895058.772	17.142431	-61.858257	415002.378	1895252.137	17.144181	-61.861117
1B	415484.060	1895301.833	17.144627	-61.856588	415010.719	1895583.966	17.147181	-61.861037
1C	415561.920	1895527.554	17.146667	-61.855854	415074.952	1895812.965	17.149251	-61.860431
2	415717.347	1895659.822	17.147862	-61.854392	415094.587	1896017.857	17.151103	-61.860245
3	415821.576	1895842.009	17.149508	-61.853410	415059.274	1896141.826	17.152224	-61.860576
4	415906.069	1896087.861	17.151730	-61.852614	415046.032	1896157.322	17.152364	-61.860701

A continuación, algunos aspectos propuestos para el diseño del monitoreo:

Playa: Runaway Bay. Antigua.

Variables: Volumen de arena (m³/m).

Ancho de la franja de Sol (m).

Retroceso del escarpe activo (m).

Tamaño medio del grano de arena (mm).

Eq. Topográfico: Estación Total Topográfica (Ejemplo: Foto 1).

Eq. Laboratorio: Estufa y cápsulas de cerámica para el secado de las muestras de arena.

Balanza digital de alta precisión.

Tamizadora electrónica.

Juego de tamices acorde a la clasificación de Wentworth.

Microscopio de disección (o Estereoscopio).

Eq. de gabinete: Equipos de cómputo.

Levantamientos: Perfiles topográficos (6).

Posición de la línea de costa.

Muestreo sedimentológico (una muestra por perfil, en la anteplaya).

Frecuencia: Mensual o Trimestral.

Otros: Reunión de información complementaria relativa al comportamiento del viento y el oleaje, así como los distintos factores meteorológicos, con incidencia en la playa de Runaway Bay, especialmente en los días en que se realicen los levantamientos de campo, y en general a lo largo de todo el período del monitoreo.

Resultados: Estadísticos fundamentales para la caracterización de la dinámica de la playa y la evolución de las variables medidas, su comportamiento estacional e interanual, y sus tendencias.

Estimación de la capacidad de carga de la playa.

Análisis correlativos entre las variables medidas y el comportamiento de los agentes modeladores de la zona costera, según información disponible.

Ante todo, se recomienda la monumentación de los puntos de partida de los perfiles en tierra, asignando a cada monumento, coordenadas referidas al sistema BWIG Antigua 1943.

Los perfiles serán seleccionados de modo que sean representativos del sector de playa en el cual están enclavados, y permitan la medición de sus principales elementos morfológicos.

El levantamiento de los perfiles topográficos se realizará partiendo de los monumentos con coordenadas asignadas, hacia el mar, avanzando en cada medición, linealmente, con un mismo acimut previamente definido, respecto al Norte geográfico.

La posición de la línea de costa se determinará en función del levantamiento del punto de inflexión en el perfil de la playa, a lo largo de todo el litoral.

El volumen de arena será calculado como el área bajo la curva del perfil topográfico medido, de ahí que la unidad de medida sea m^3 por metro lineal de playa (m^3/m).

El ancho de la franja de Sol es la distancia desde el pie hacia el mar de la duna más próxima al mar, hasta el punto de inflexión.

La capacidad de carga de la playa se calcula asumiendo un área de $10m^2$ por bañista.

En los epígrafes III.1.2 y III.2, se describen los métodos y softwares a emplear para el levantamiento y procesamiento de la información de campo en los levantamientos topográficos aquí ejecutados, lo que resultará útil para la implementación del monitoreo.

El muestreo de los sedimentos arenosos, se realizarán en la anteplaya. Los sedimentos serán llevados al laboratorio para su secado, tamizado, y procesamiento estadístico, para el cual se recomienda el software estadístico Gradistat, elaborado sobre plataforma Excel.

El epígrafe III.3 refiere los métodos para el análisis en el laboratorio de las muestras de arena.

Se calcularán las variaciones del volumen de arena y ancho de la franja de Sol, a partir de sus diferencias con la medición previa, así como respecto a la media de la primera etapa, una vez transcurrido el primer año de trabajos.

Se obtendrán gráficos de perfiles topográficos y de los valores de las variables medidas. Estos permitirán el cálculo de las tendencias mensuales, trimestrales e interanuales, según sea el caso.

Para el análisis de las series temporales obtenidas a partir del monitoreo, se recomienda el uso de pruebas de hipótesis estadísticas no paramétricas como las de Mann-Kendall (1975) y Pettitt (1979). Luego de ser demostrada la posibilidad del ajuste de la serie a una distribución Normal, la prueba de Chow (1960) puede aportar información relevante en el análisis de los cambios en las tendencias a partir de determinados eventos de interés.

X. CONSIDERACIONES AMBIENTALES

La valoración preliminar del impacto ambiental que generaría la solución propuesta a corto plazo, tomó en consideración los posibles impactos, positivos y negativos, de tipo ambiental, sociocultural y económico, esperados para las fases de preparación-ejecución, funcionamiento y eventual abandono de la obra (asumido este último concepto como la no implementación de un programa de manejo integrado de la playa).

Además de los impactos positivos y negativos, se consideran posibles atenuantes y se recomienda la adopción de algunas medidas, para minimizar los impactos negativos previstos.

Las Tablas 39 y 40 resumen las previsiones al respecto.

Entre las acciones propuestas a corto plazo para la recuperación de la playa, de la actividad de dragado se derivan las principales incidencias sobre el medio ambiente. Las Directrices del CIEM para la Gestión de la Extracción de Sedimentos Marinos (2005) advierten enfáticamente que la realización de excavaciones de arena marina de forma inadecuada puede originar un daño significativo al medio ambiente marino y costero. La importancia y extensión de los impactos ambientales dependerá de numerosos factores, entre los que destacan

- Ubicación del Préstamo: El diseño del proyecto previó la selección de un área situada más allá de la profundidad de cierre del perfil activo, de modo que el dragado y vertido de la arena, se convierte en un aporte artificial de sedimentos a la playa, sin que exista peligro de que el dragado potencie su erosión.
- Naturaleza de los sedimentos: Se trata de sedimentos biogénicos en cuya composición predominan los restos esqueléticos de algas halimedas, en toda la columna hasta 1.65m. Las inmediaciones de la zona de préstamo definida se encuentran pobladas de algas halimedas, por lo que se trata de una amplia zona de producción de sedimentos que facilitará la gradual recuperación del volumen dragado, así como de las poblaciones afectadas localmente.
- Diseño, método, cuantía e intensidad de los trabajos de extracción: Se trata de una única extracción, en un plazo que no se extenderá por más de 10 días, y un área relativamente pequeña, por lo que los impactos previsibles se encuentran muy localizados en el espacio y el tiempo.

Tabla 39: Consideraciones medioambientales.

CONSIDERACIONES MEDIOAMBIENTALES				
Fase	Impactos Positivos	Impactos Negativos	Elementos Atenuentes	Medidas de Mitigación
Preparación y Ejecución	Recuperación de las condiciones naturales de la playa.	Puesta en suspensión de sedimentos finos durante el dragado.	Los impactos negativos se limitarán a la zona de dragado, siendo puntuales en el espacio y el tiempo.	Los impactos negativos pueden reducirse al mínimo exigiendo el cumplimiento de las normas técnicas establecidas para los equipos a emplear.
	Recuperación o potenciación de las dunas costeras.	Daños a poblaciones de macroalgas y moluscos en la zona de dragado.	La zona de préstamo, y sus inmediaciones, no cuentan con elevada biodiversidad.	
	Eliminación de plantas invasoras y reforestación de la duna.	Emisión de gases como resultado de la combustión	Pudo comprobarse que las poblaciones locales muestran elevada resistencia a la turbidez del agua.	Incluir el monitoreo de la recuperación del préstamo, como parte de la estrategia de manejo de la playa.
	Eliminación de estructuras rígidas que potencian las corrientes de retorno o interrumpen el transporte litoral.	Riesgo de micro-derrames de petróleo, aceite, etc., debido al uso de maquinarias. Contaminación por ruido.	Es de esperar la recuperación a corto y mediano plazo de las poblaciones afectadas en la zona de préstamo.	
Funcionamiento	Adecuado funcionamiento dinámico de la playa. Elevación de la capacidad de resiliencia de la playa ante el impacto de fuertes marejadas.	-	-	Implementar un Programa de Manejo Integrado de la playa de Runaway Bay, con énfasis en el monitoreo y ejecución y readecuación de estrategias a mediano y largo plazo.
Eventual Abandono (Sin manejo a mediano y largo plazo)	-	Gradual avance del proceso erosivo. Eventual retorno a condiciones similares a las existentes antes de la ejecución del proyecto.	Los impactos negativos previsibles se limitan sólo al deterioro de lo alcanzado con la ejecución del proyecto como resultado de la ausencia de manejo a mediano y largo plazo.	El Programa de Manejo debe ser trascendente en el tiempo y podría servir de modelo para su extensión todas las costas y playas del país.

Tabla 40: Consideraciones en el ámbito socio-económico.

CONSIDERACIONES SOCIO-ECONÓMICAS				
Fase	Impactos Positivos	Impactos Negativos	Elementos Atenuantes	Medidas de Mitigación
Preparación y Ejecución	Generación de empleos.	Mínimo riesgo para la salud de los trabajadores en el sitio, por ruido o emisión de gases. Riesgos para la seguridad de los trabajadores por el uso de maquinaria pesada.	-	Exigencia del cumplimiento de medidas y normas de protección adecuadas.
Operación	Prestaciones de la playa como obra de defensa costera, protegiendo construcciones y propiedades. Prestaciones de la playa como recurso natural para la recreación y el turismo. Apreciación de propiedades en la zona de la playa. Creación de ambiente favorables para el desarrollo de pequeños negocios de servicios turísticos, gastronómicos, etc.	Observación: El mejoramiento de las condiciones de la playa podría conducir a un uso intensivo y generar afectaciones a las dunas y a la vegetación, así como posibles focos de contaminación por desechos sólidos.	-	Implementar un Programa de Manejo Integrado de la playa de Runaway Bay, con énfasis también en la protección de las dunas y su vegetación, creación de accesos, divulgación, manejo de desechos, y distribución de los servicios. Evaluar opciones de recaudación de impuestos por la explotación de la playa, para hacer sostenible el programa de manejo.
Eventual Abandono (Sin manejo a mediano y largo plazo)	-	Gradual avance del proceso erosivo. Eventual pérdida de los valores añadidos a la playa. Incremento de la vulnerabilidad de la zona costera y las propiedades emplazadas en ella.	Los impactos negativos previsibles se limitan sólo al deterioro de lo alcanzado con la ejecución del proyecto como resultado de la ausencia de manejo a mediano y largo plazo.	El Programa de Manejo debe ser trascendente en el tiempo y podría servir de modelo para su extensión todas las costas y playas del país.

- Sensibilidad de los hábitats y de la diversidad biológica, así como de la pesca y otros usos de la zona: Pese a que la elevada turbidez del agua presente en la zona de préstamo, limita la incidencia de la luz solar sobre el fondo, las poblaciones de halimeda encontradas gozaban de buena salud, por lo que se evidencia que han sido capaces de adaptarse a estas condiciones, que puntualmente se incrementarían durante el proceso de dragado. Por lo que no se esperan daños considerables por este motivo. El área seleccionada no posee gran biodiversidad y se halla alejada de zonas arrecifales.

La identificación de los impactos positivos y negativos esperados del proyecto permite recomendar su ejecución. No obstante, se consideró útil profundizar al respecto, y avanzar en una evaluación preliminar del Impacto Ambiental, mediante la aplicación del método RIAM (del inglés Rapid Impact Assessment Matrix).

X.1 Evaluación preliminar del Impacto Ambiental.

Se construyó una matriz de evaluación preliminar de impactos, para evaluar el Impacto Ambiental derivado de la implementación de las acciones propuestas en la Tabla 18, para su ejecución a corto y mediano plazo. Este sencillo método es conocido como RIAM, por sus siglas en inglés, y se compone de los siguientes pasos:

- Identificación de impactos.
- Clasificación por componentes Físico-Química, Biológico-Ecológica, Social-Cultural, o Económico-Operacional.
- Valoración con base en base criterios de Alcance, Magnitud, Permanencia, Reversibilidad y Acumulación.
- Ponderación del Impacto y Calificación por rangos.
- Construcción de Matriz RIAM y Evaluación de Impactos.

La valoración de los criterios se realiza de acuerdo a la escala que se muestra en la Tabla 41.

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 42.

Tabla 41: Criterios de evaluación del método RIAM.

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

Tabla 42: 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).

A partir del análisis resumido en las Tablas 39 y 40, se ajustó la lista de impactos a los criterios del método RIAM, para las distintas etapas y componentes (Tablas 43 y 44).

Las Tablas No. 45 a la 48 enuncian y ponderan los impactos evaluados, destacando la etapa a la que corresponden.

De este análisis se obtuvieron las matrices correspondientes a la situación actual y cada una de las etapas analizadas (Tablas 49 a la 52), así como sus salidas gráficas (Fig. 55 a la 58).

Durante la aplicación de la metodología RIAM, se pudo identificar un total de 40 impactos ambientales. De ellos:

- Por componentes: Físico-Químico 13; Biológico-Ecológico 8; Socio-Cultural 10; y Económico-Operacional 9.
- Impactos negativos: 24. Sin embargo, 13 de ellos son propios de la condición actual, estando presentes mientras no se actúe; en tanto, tras la ejecución de las acciones propuestas a corto plazo, podrían expresarse nuevamente en el futuro 11 de ellos, ante la no implementación de un programa de manejo o su eventual abandono.
- Impactos positivos: 16. 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.

Tabla 43: 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.	Naturaleza del Impacto	Etapas	Acción	Actividad	Impacto Ambiental	Carácter	Valoración	Permanencia, Reversibilidad y Acumulación	Observación
1	FÍSICO - QUÍMICO	ACTUAL	No Actuar	Circulación de Agua Insuficiente	Rigidización del fondo en la zona de baño en Sector 2	Negativo	Bajo	Permanente, Reversible y Acumulativo	Sin Actuar, Permante y Acumulativo. Reversible actuando.
2		ACTUAL - ABANDONO	No Actuar - No implementar Manejo	Proceso Erosivo	Retroceso gradual de la línea de costa	Negativo	Moderado		
3					Pérdida de capacidad de resiliencia de la playa	Negativo	Moderado		
4		EJECUCIÓN	Alimentación Artificial de Arena (AAA)	Extracción	Alteración del terreno en zona de préstamo	Neutro	Neutro	Temporal y Reversible	Sin efectos prácticos. Reversible naturalmente.
5					Aumento de la turbidez del agua en la zona de préstamo	Negativo	Bajo	Temporal, Reversible y No Acumulativo	Aguas de elevada turbidez con algas saludables (adaptadas).
6					Daños a las zonas de producción natural de arena	Negativo	Bajo		Daño limitado al préstamo, en zona de producción extensa.
7				Todas las Tareas	Riesgo de micro-derrames de hidrocarburos	Negativo	Muy Bajo		Evitable con buenas prácticas tecnológicas.
8				Vertido	Aumento de la turbidez en el agua de la playa	Negativo	Bajo		Muy poco trascendente en el tiempo. Zona sin vida bentónica.
9				Todas las Tareas	Contaminación por emisión de gases de la combustión	Negativo	Muy Bajo	Temporal y No Acumulativo	Efecto muy limitado.
10					Contaminación por ruido	Negativo	Muy Bajo		
11		EJEC - OPERACIÓN	AAA y Acciones Complementarias (AC)	Vertido - Perfilado - Otras tareas	Recuperación de condiciones naturales de la playa	Positivo	Moderado	Temporal y Reversible	Reversible sin Programa de Manejo adecuado.
12					Elevación de capacidad de resiliencia de la playa	Positivo	Alto	Temporal, Reversible y No Acumulativo	
13		EJEC - OPER - ABAND	AC	Demolición	Eliminación de agentes erosivos antrópicos (estructuras)	Positivo	Alto	Permanente e Irreversible	Irreversible específicamente en cuanto a las estructuras.
14	BIOLÓGICO - ECOLÓGICO	ACTUAL	No Actuar	Circulación de Agua Insuficiente	Eutrofización del agua por confinamiento en Sector 2	Negativo	Bajo	Permanente, Reversible y Acumulativo	Sin Actuar, Permante y Acumulativo. Reversible actuando.
15		ACTUAL - ABANDONO	No Actuar - No implementar Manejo	Colonización de Plantas Invasoras	Daños al ecosistema por colonización de plantas invasoras	Negativo	Moderado		
16				Proceso Erosivo	Afectaciones a la vegetación por efecto de la erosión	Negativo	Bajo		
17		EJECUCIÓN	Alimentación Artificial de Arena	Extracción	Daños a la biodiversidad en la zona de préstamo	Negativo	Bajo	Temporal, Reversible y No Acumulativo	Daño limitado al préstamo. Ecosistema resiliente.
18				Extracción - Vertido	Ligero incremento de nutrientes en préstamo y playa	Negativo	Bajo		Muy bajo impacto en calidad del agua, muy limitado en el tiempo.
19		EJEC - OPERACIÓN	AC	Control de Plantas Invasoras	Eliminación de plantas invasoras sobre la duna	Positivo	Moderado	Temporal y Reversible	Reversible sin manejo a mediano y largo plazo.
20			AC	Reforestación de la Duna	Rehabilitación de la vegetación costera	Positivo	Moderado		
21			AAA y AC	Vertido - Perfilado - Otras tareas	Playa rehabilitada como barrera protectora del ecosistema	Positivo	Moderado		

Tabla 44: 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.	Naturaleza del Impacto	Etapas	Acción	Actividad	Impacto Ambiental	Carácter	Valoración	Permanencia, Reversibilidad y Acumulación	Observación
22	SOCIOLÓGICO - CULTURAL	ACTUAL - ABANDONO	No Actuar - No implementar Manejo	Proceso Erosivo	Pérdida de valor de uso turístico y recreativo de la playa	Negativo	Muy Alto	Permanente, Reversible y Acumulativo	Sin Actuar, Permante y Acumulativo. Reversible actuando.
23					Daños a construcciones en la zona costera	Negativo	Bajo		
24					Pérdida de valores estéticos naturales de la playa	Negativo	Moderado		
25		EJECUCIÓN	AAA y Acciones Complementarias	Todas las Tareas	Generación de empleo durante la ejecución	Positivo	Muy Bajo	Temporal	Durante la ejecución
26					Riesgo para la salud de trabajadores por contaminantes	Negativo	Muy Bajo		
27					Riesgo de seguridad de trabajadores por uso de maquinaria	Negativo	Muy Bajo		
28		EJEC - OPERACIÓN		Vertido - Perfilado - Otras tareas	Recuperación de valor de uso turístico y recreativo de la playa	Positivo	Alto	Temporal, Reversible y No Acumulativo	Reversible sin Programa de Manejo adecuado.
29					Playa como defensa costera para protección de construcciones	Positivo	Alto		
30					Mejoramiento estético-ambiental de la playa	Positivo	Alto		
31			OPERACIÓN	Uso y Manejo	Programa de Manejo	Generación de empleo durante el Manejo	Positivo	Muy Bajo	Temporal
32	ECONÓMICO - OPERACIONAL	ACTUAL - ABANDONO	No Actuar - No implementar Manejo	Proceso Erosivo	Afectación al potencial turístico de la playa	Negativo	Muy Alto	Permanente, Reversible y Acumulativo	Sin Actuar, Permante y Acumulativo. Reversible actuando.
33					Depreciación de propiedades en la zona de la playa	Negativo	Moderado		
34					Ambiente poco favorable para servicios afines al turismo	Negativo	Moderado		
35					Incremento del costo de mantenimiento de infraestructura	Negativo	Moderado		
36		EJECUCIÓN	AAA y Acciones Complementarias	Inversión	Elevado costo de la inversión	Negativo	Alto	Permanente y Reversible	Elevada inversión inicial. Manejo sostenible por ingresos.
37		EJEC - OPERACIÓN		Vertido - Perfilado - Otras tareas	Incremento en potencial turístico de la playa	Positivo	Alto	Temporal, Reversible y No Acumulativo	Reversible sin Programa de Manejo adecuado.
38					Apreciación de propiedades en la zona de la playa	Positivo	Moderado		
39					Creación de ambiente favorable para servicios afines al turismo	Positivo	Moderado		
40					Disminución de costos de mantenimiento de infraestructura	Positivo	Moderado		

Tabla 45: Componente Físico-Química. Evaluación de impactos por etapa.

Código	Componente Físico-Química	Puntuación				Calificación				EVALUACIÓN				
		Ac.	Ej.	Op.	Ab.	Ac.	Ej.	Op.	Ab.	A1	A2	B1	B2	B3
FQ1	Rigidización del fondo en la zona de baño en Sector 2	-16				-B				1	-2	3	2	3
FQ2	Retroceso gradual de la línea de costa	-32			-32	-C			-C	2	-2	3	2	3
FQ3	Pérdida de capacidad de resiliencia de la playa	-32			-32	-C			-C	2	-2	3	2	3
FQ4	Alteración del terreno en zona de préstamo		0				N			1	0	2	2	1
FQ5	Aumento de la turbidez del agua en la zona de préstamo		-12			-B				2	-1	2	2	2
FQ6	Daños a las zonas de producción natural de arena		-18			-B				1	-3	2	2	2
FQ7	Riesgo de micro-derrames de hidrocarburos		-6			-A				1	-1	2	2	2
FQ8	Aumento de la turbidez en el agua de la playa		-12			-B				2	-1	2	2	2
FQ9	Contaminación por emisión de gases de la combustión		-5			-A				1	-1	2	1	2
FQ10	Contaminación por ruido		-5			-A				1	-1	2	1	2
FQ11	Recuperación de condiciones naturales de la playa		30	30		C	C			2	3	2	2	1
FQ12	Elevación de capacidad de resiliencia de la playa		36	36		D	D			2	3	2	2	2
FQ13	Eliminación de agentes erosivos antrópicos (estructuras)		42	42	42	D	D	D		2	3	3	3	1

Tabla 46: Componente Biológico-Ecológica. Evaluación de impactos por etapa.

Código	Componente Biológico-Ecológica	Puntuación				Calificación				EVALUACIÓN				
		Ac.	Ej.	Op.	Ab.	Ac.	Ej.	Op.	Ab.	A1	A2	B1	B2	B3
BE1	Eutrofización del agua por confinamiento en Sector 2	-16				-B				1	-2	3	2	3
BE2	Daños al ecosistema por colonización de plantas invasoras	-32			-32	-C			-C	2	-2	3	2	3
BE3	Afectaciones a la vegetación por efecto de la erosión	-16			-16	-B			-B	2	-1	3	2	3
BE4	Daños a la biodiversidad en la zona de préstamo		-12			-B				1	-2	2	2	2
BE5	Ligero incremento de nutrientes en préstamo y playa		-12			-B				2	-1	2	2	2
BE6	Eliminación de plantas invasoras sobre la duna		20	20		C	C			2	2	2	2	1
BE7	Rehabilitación de la vegetación costera		30	30		C	C			2	3	2	2	1
BE8	Playa rehabilitada como barrera protectora del ecosistema		30	30		C	C			2	3	2	2	1

Tabla 47: Componente Socio-Cultural. Evaluación de impactos por etapa.

Código	Componente Socio-Cultural	Puntuación				Calificación				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	-72			-72	-E			-E	3	-3	3	2	3
SC2	Daños a construcciones en la zona costera	-16			-16	-B			-B	1	-2	3	2	3
SC3	Pérdida de valores estéticos naturales de la playa	-32			-32	-C			-C	2	-2	3	2	3
SC4	Generación de empleo durante la ejecución		8				A			1	2	2	1	1
SC5	Riesgo para la salud de trabajadores por contaminantes		-4				-A			1	-1	2	1	1
SC6	Riesgo de seguridad de trabajadores por uso de maquinaria		-8				-A			1	-2	2	1	1
SC7	Recuperación de valor de uso turístico y recreativo de la playa		54	54			D	D		3	3	2	2	2
SC8	Playa como defensa costera para protección de construcciones		36	36			D	D		2	3	2	2	2
SC9	Mejoramiento estético-ambiental de la playa		36	36			D	D		2	3	2	2	2
SC10	Generación de empleo durante el Manejo			8				A		1	2	2	1	1

Tabla 48: Componente Económico-Operacional. Evaluación de impactos por etapa.

Código	Componente Económico-Operacional	Puntuación				Calificación				EVALUACIÓN				
		Ac.	Ej.	Op.	Ab.	Ac.	Ej.	Op.	Ab.	A1	A2	B1	B2	B3
EO1	Afectación al potencial turístico de la playa	-72			-72	-E			-E	3	-3	3	2	3
EO2	Depreciación de propiedades en la zona de la playa	-32			-32	-C			-C	2	-2	3	2	3
EO3	Ambiente poco favorable para servicios afines al turismo	-32			-32	-C			-C	2	-2	3	2	3
EO4	Incremento del costo de mantenimiento de infraestructura	-32			-32	-C			-C	2	-2	3	2	3
EO5	Elevado costo de la inversión		-54				-D			3	-3	3	2	1
EO6	Incremento en potencial turístico de la playa		54	54			D	D		3	3	2	2	2
EO7	Apreciación de propiedades en la zona de la playa		24	24			C	C		2	2	2	2	2
EO8	Creación de ambiente favorable para servicios afines al turismo		24	24			C	C		2	2	2	2	2
EO9	Disminución de costos de mantenimiento de infraestructura		24	24			C	C		2	2	2	2	2

Se impone un análisis por Etapa.

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 moderados (Clase C), en correspondencia con la intensidad del proceso erosivo.

De Clase E se clasifican la Pérdida de valor de uso turístico y recreativo en su componente social, y la Afectación al potencial turístico de la playa, en lo económico, ambos con impacto a nivel nacional, dado que se trata de una de las playas más extensas e históricamente usadas por la población, en la isla de Antigua.

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

Tabla 49: 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
FQ	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0
BE	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0
SC	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
EO	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	2	0	7	4	0	0	0	0	0	0	0

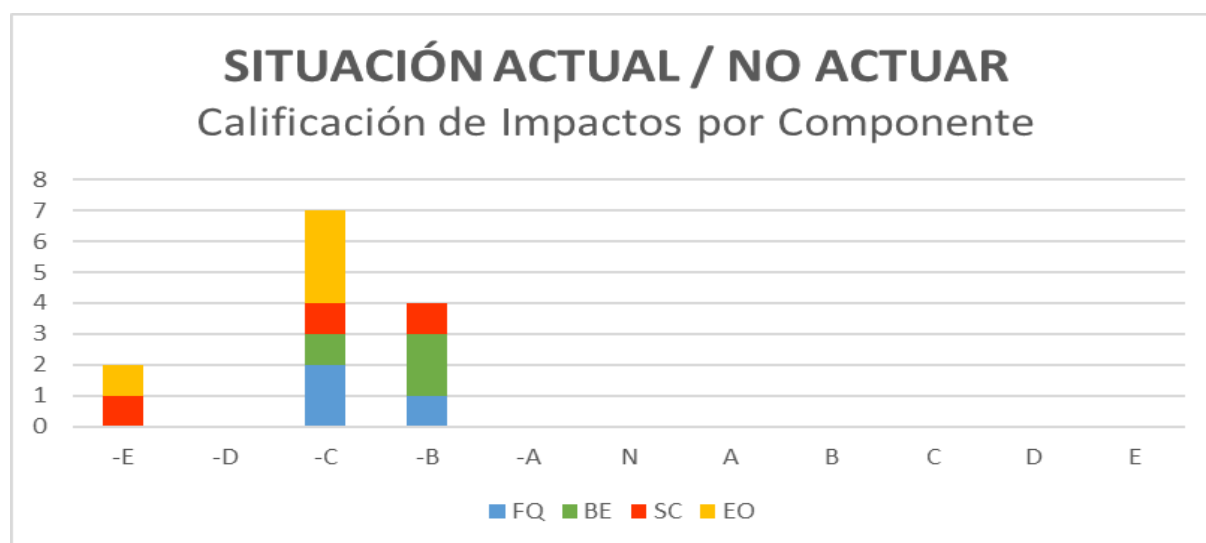


Figura 55: Salida gráfica de Matriz RIAM. Impactos por Clase. Situación Actual (Opción de No Actuar).

Etapas de Ejecución

Se trata de la Etapa con impactos previsible más repartidos. Sin embargo, los beneficios derivados de un mejoramiento de las condiciones morfológicas, estéticas y funcionales de la playa, aportan 13 impactos positivos de clase C (Moderado) y D (Alto), expresión de la buscada reversión del estado actual de la playa.

En contraposición los impactos negativos previsible de este tipo de acciones, clasifican en general como Bajos o Muy Bajos (Clases A y B), varios se deben a pequeños impactos evitables con buenas prácticas tecnológicas; salvo por el elevado costo de la inversión inicial, si bien la ejecución de obras de protección costera de otras tipologías, puede tener un costo mayor.

Tabla 50: Matriz de Impactos por Clase. Etapa de Ejecución.

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

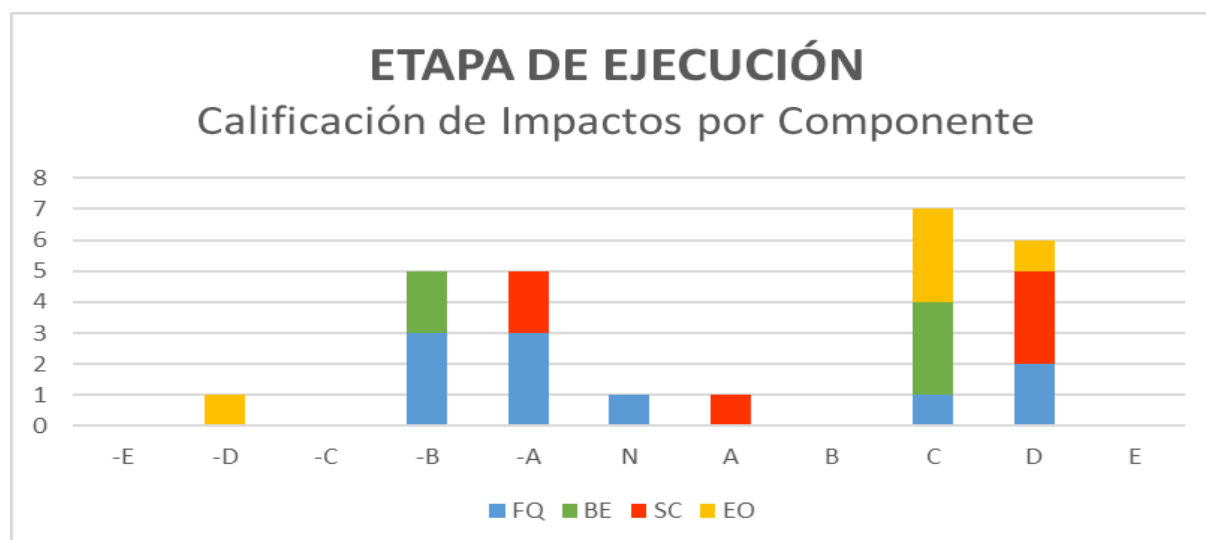


Figura 56: Salida gráfica de Matriz RIAM. Impactos por Clase. Etapa de Ejecución.

Etapas de Operación (Uso o Explotación)

Los objetivos que se lograrán a partir de la ejecución de la alimentación artificial de arena y otras acciones complementarias propuestas permitirán que, una vez concluida, los impactos previsibles 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 51: Matriz de Impactos por Clase. Situación Operación (Uso de la playa).

ETAPA DE OPERACIÓN (USO)											
Clase	-E	-D	-C	-B	-A	N	A	B	C	D	E
FQ	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0
BE	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0
SC	0	0	0	0	0	0	1	0	0	3	0
EO	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	0
T	0	0	0	0	0	0	1	0	7	6	0

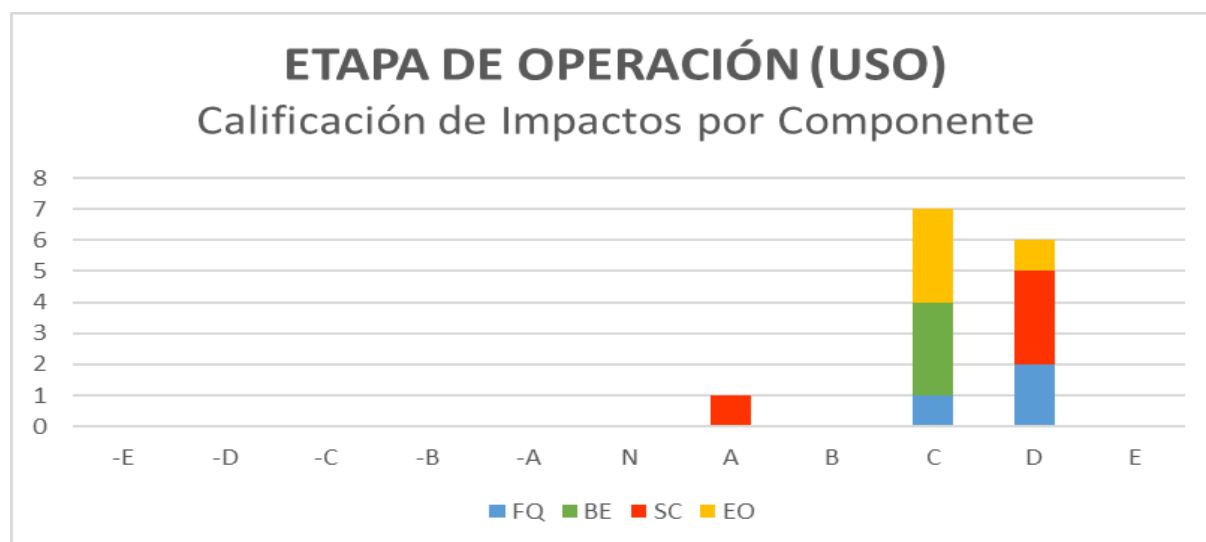


Figura 57: Salida gráfica de Matriz RIAM. Impactos por Clase. Etapa de Preparación (Uso de la playa).

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.

Apenas permanecería el beneficio de las demoliciones de construcciones situadas en la zona costera, que se hayan ejecutado, tratándose de edificaciones que han devenido agentes erosivos para la playa. A este último impacto, para los efectos del proyecto, se le ha considerado permanente.

Tabla 52: 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	1	0
BE	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
SC	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
EO	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0
T	2	0	7	2	0	0	0	0	0	1	0

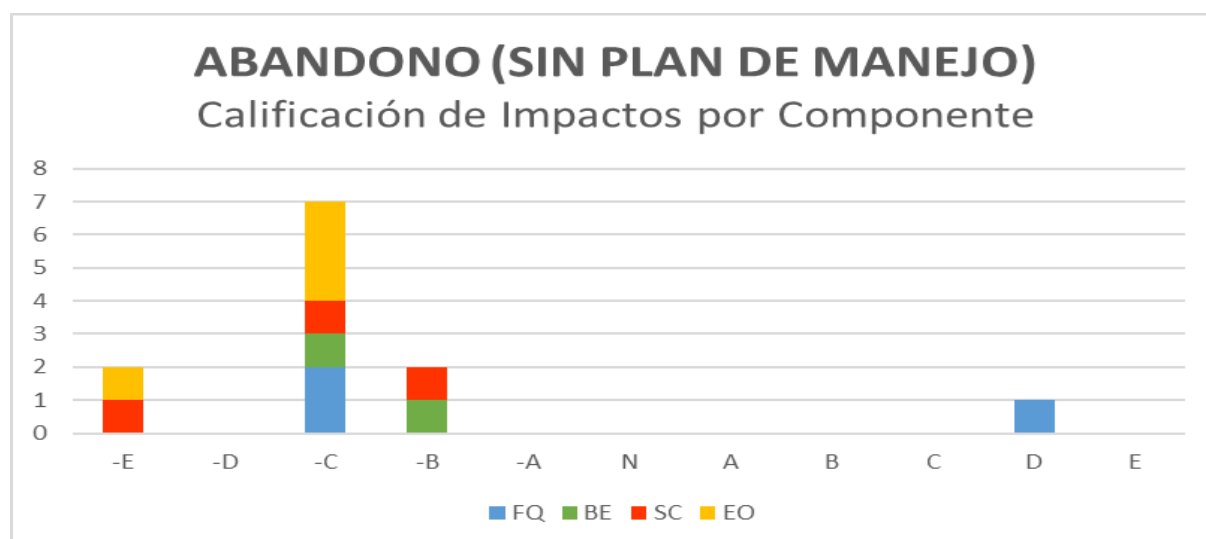


Figura 58: Salida gráfica de Matriz RIAM. Impactos por Clase. Eventual Abandono (No implementación o abandono del Plan de Manejo de la Playa a mediano y largo plazo).

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 Runaway Bay 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.

XI. COSTO ESTIMADO

El presupuesto estimado para la ejecución del vertimiento de arena en la playa de Runaway Bay, se muestra en la Tabla 53, y ha sido elaborado sobre la base de la experiencia en obras similares realizadas en Cuba y en el área del Caribe, por lo que los cálculos son preliminares, reflejando las partidas que comúnmente se tienen en cuenta en las hojas de costos elaboradas por las empresas ejecutoras, lo que permite tener un orden de magnitud del costo de la obra. Para cálculos más precisos, se requiere una licitación.

Tabla 53: Costo estimado del dragado y vertimiento de la arena en la playa de Runaway Bay.

ESTIMATED COSTS SHEET (RUNAWAY BAY BEACH)				
ITEM	UNIT	UNIT PRICE	QUANTITY	AMOUNT
DIRECT EXPENSES				
Dredging, filling and shaping of design profiles	USD/m ³	\$10.00	134,100.00	\$1,341,000.00
Dredge mobilization and demobilization (included)			30%	\$402,300.00
GENERAL EXPENSES				
Profit			5%	\$67,050.00
Administrative expenses			3%	\$40,230.00
Insurance and sureties			2%	\$26,820.00
Workers liquidation			1.5%	\$20,115.00
Pension and retirement			1.5%	\$20,115.00
Author supervision and control			5%	\$67,050.00
Contingencies and other expenses			1%	\$13,410.00
GRAND TOTAL				\$1,595,790.00

Para la elaboración de esta tabla se tomó en cuenta la información disponible, respecto al costo de ejecución de proyectos similares y licitaciones presentadas en la región, y que se muestra en la Tabla 54. Debe considerarse que estos precios fluctúan en función de la variación del precio del combustible, así como del valor de las divisas, entre otros elementos.

Es aún más complejo determinar el costo de movilización pues dependerá de dónde tenga situados sus medios y fuerzas el ejecutor, al momento de iniciar la obra.

Inversiones Gamma S.A. está en condiciones de brindar asistencia técnica al respecto.

Tabla 54: Ejemplos de costo global por metro cúbico (m³) vertida de arena, de proyectos de alimentación artificial de arena ejecutados en los años recientes en la región del Caribe. Se incluye el % que representa el costo de movilización, en aquellos proyectos en los que se cuenta con la información.

Playa	Volumen (m ³)	País	Año	Movilización (% del Total)	Precio Global / m ³
Varadero	1,087,000	Cuba	1998		\$4.59
4 Playas	1,300,000	Rep. Dominicana	2006		\$13.84
Cancún	2,700,000	México	2006		\$6.40
Cancún - Cozumel - Del Carmen	7,000,000	México	2009		\$9.43
Varadero - Holguín	834,500	Cuba	2012	33.65%	€ 9.79
El Paso - Flamenco	630,000	Cuba	2016	29.20%	€ 11.42
Dunas	150,000	Cuba	2017		€ 9.51
Playa Larga	267,500	Cuba	2018		€ 9.38

XII. BIBLIOGRAFÍA

Albuquerque, K. and McElroy, J.L.: Antigua and Barbuda: A Legacy of Environmental Degradation, Policy Failure, and Coastal Decline. United States Agency for International Development. July 1995.

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

Avello, O y Pavlidis, Y.: Sedimentos de la Plataforma Cubana. Serie Oceanológica No. 30. A.C. de Cuba. 1975.

Baldwin, J.: Tourism development, wetland degradation and beach erosion in Antigua, West Indies. Department of Geography, University of Oregon. USA. 2000.

Bruun, P. (1954) "Coastal erosion and development of beach profiles". U.S. Army Beach Erosion Board Technical Memorandum No. 44. Beach erosion board. U.S. Army Corps of Engineer, Washington DC.

CARIBSAVE, 2012: The CARIBSAVE Climate Change Risk Atlas (CCCRA). Climate Change Risks Profile for Antigua and Barbuda. UKaid. AusAID.

Coastal Engineering Manual. "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. 1995.

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

Coastal Engineering Manual (2002). Part V, "Chapter 4: Beach fill design". U.S. Army Engineer Coastal and Hydraulic Laboratory.

Coastal Engineering Research Center (ed). Shore Protection Manual. U.S.A. 1984.

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

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

Dean, R. G. (1991). "Beach response to sea level change". University of Florida. 1991.

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

Dvorstiak, J., Rossik, B., Polomsky, P., Valko, P., Adasek, S., Mihalik, F., López, A. y Armas, B. Instrucciones Técnicas de los Trabajos Topográficos. Editorial Pueblo y Educación. Cuba. 1983.

García, C., "Actuaciones para el control de la erosión en playas biogénicas. El caso de la playa de Varadero". Tesis de Doctorado. Instituto de Oceanología, 2005.

GIOC, 2000 (Universidad de Cantabria (UC), Dirección General de Costas del Ministerio de Medio Ambiente (España), Grupo de Ingeniería Oceanográfica y de Costas (GIOC): Documento de Referencia. Master en Ciencias y Tecnologías para la Gestión de la Costa.

Hallermeier, R.J. "Fall velocity of beach sands". Coastal Engineering Technical Note, CETN-II-4, Coastal Engineering Research Center. U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS. 1981(a).

Hallermeier, R.J. "Seaward limits of significant sand transport by waves: An annual zonation for seasonal profiles". Coastal Technical Aid No. 81-2, Coastal Engineering Research Center. U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS. 1981 (b).

IOM, 2021: Migration, Environment, Disaster and Climate Change Data in the Eastern Caribbean. Antigua and Barbuda Country Analysis. International Organization for Migration.

IPCC, 2022: Climate Change 2022. Impacts, Adaptation and Vulnerability. Summary for policymakers. World Meteorological Organization. United Nations Environment Programme. Intergovernmental Panel on Climate Change.

James, P.: Analysis of beaches changes in Antigua and Barbuda (2009-2015). Fisheries Division. Ministry of Agriculture, Lands, Fisheries and Barbudas Affairs. Antigua and Barbuda. Febrero de 2017.

Juanes, J. L.: La Erosión en las Playas de Cuba. Alternativas para su Control. Tesis de Doctorado. Cuba. 1996.

Kiknadze, A. G.: El litoral cubano y los problemas con respecto a su defensa. (Informe inédito en idioma original Ruso). Inst. de Oceanología-INTUR. 1990.

Leonard, L. A., Dixon, K. L., and Pilkey, D. H.: "A comparison of beach replenishment on the U.S. Atlantic, Pacific and Gulf coast". Journal of Coastal Research, Special Issue. (6), 127-140, 1990.

Manual on Artificial Beach Nourishment. 1987. Delft Hydraulics.

MOPU: Ministerio de Obras Públicas y Transporte de España (ed). Actuaciones en la Costa, España, 1988.

National Office of Disaster Services (NODS), 2016: Country Document for Disaster Risk Reduction: Antigua and Barbuda, 2016.

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

UNEP, 2003: Diagnóstico de los procesos de erosión en las playas arenosas del Caribe. United Nations Environment Programme. Agencia de Medio Ambiente. Cuba. Colectivo de autores. La Habana. Marzo de 2003.

UNESCO, 2000: Wise practices for coping with beach erosion. Antigua and Barbuda. Fisheries Division. Ministry of Agriculture, Lands, Fisheries and Barbudas Affairs. Antigua and Barbuda. Development Control Authority. Antigua and Barbuda. University of Puerto Rico. Sea Grant College Program. Caribbean Development Bank. 2000.

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.

XIII. LISTA DE PLANOS

Plano No. 1: Plano General.

Plano No. 1A: Plano General de la playa de Runaway Bay.

Plano No. 2: Plano Topográfico.

Plano No. 2A: Perfiles Tipo Sector 1 (1A y 1B).

Plano No. 2B: Perfiles Tipo Sectores 1 (1C) y 2.

Plano No. 2C: Perfiles Tipo Sectores 3 y 4.

Plano No. 3: Plano Batimétrico.

Plano No. 4: Plano Batimétrico de la Cuenca Great Sister.

Plano No. 5: Granulometría de la arena de la Cuenca Great Sister.

Plano No. 6: Puntos de Aproximación y Sectores de Vertimiento.

Plano No. 6A: Densidad de Vertimiento por Sector.

Plano No. 7A: Perfiles de Diseño Sector 1 (1A y 1B).

Plano No. 7B: Perfiles de Diseño Sectores 1 (1C) y 2.

Plano No. 7C: Perfiles de Diseño Sectores 3 y 4.

Plano No. 8: Resumen de Proyecto.

XIV. ANEXOS

ANEXO I

Runaway Bay Beach. Resultados del Análisis Granulométrico.

ANEXO II

Cuenca Great Sister. Resultados del Análisis Granulométrico.

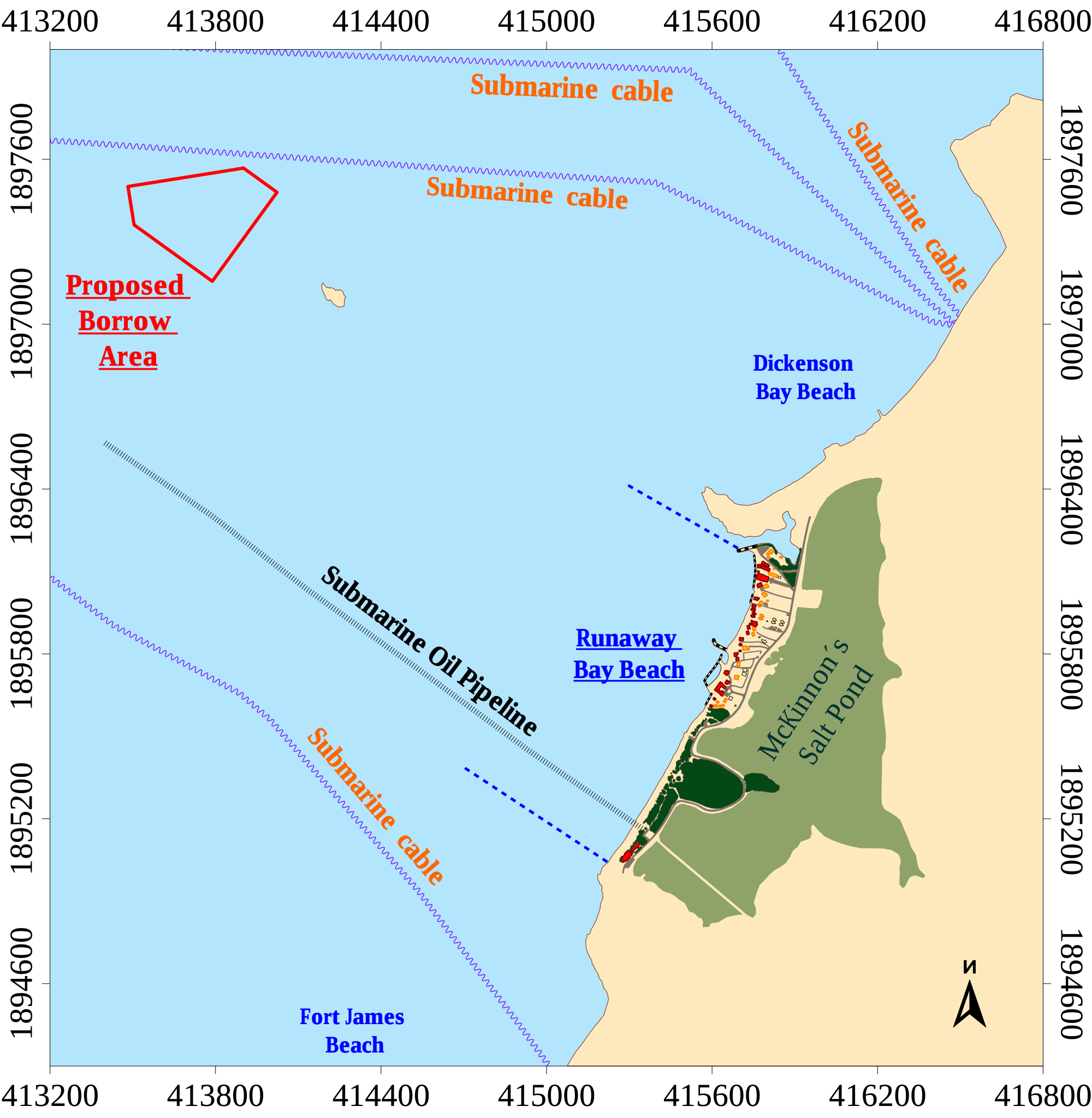
ANEXO III

Resultados de las Simulaciones Numéricas. Modelos OLUCA-SP y COPLA-SP. Altura de la Ola e Intensidad de las Corrientes Litorales.

ANEXO IV

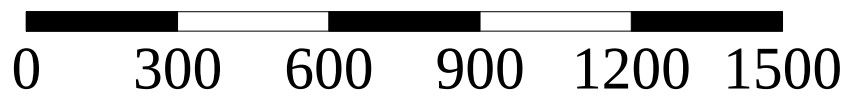
Resultados de las Simulaciones Numéricas. Modelo EROS-SP. Transporte Litoral de Sedimentos y Variación del Fondo.

PLANOS



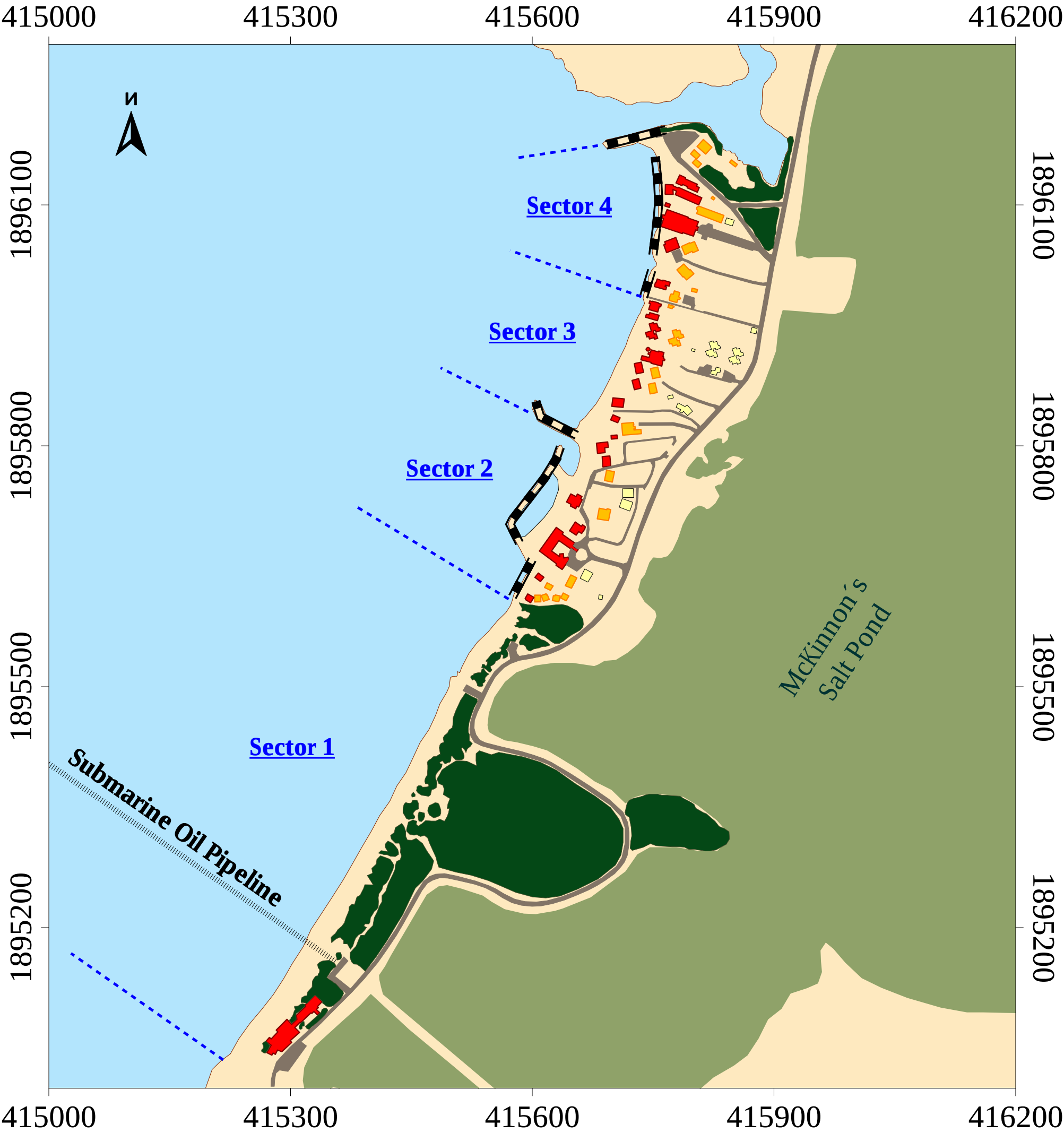
LEGEND

-  Geographic North
-  Proposed Borrow Area Delimitation
-  Runaway Bay Beach Limits
-  Submarine Cables
-  Submarine Oil Pipeline
-  Coastal Defense Structure
-  First Line Structures
-  Second Line Structures
-  Third Line Structures
-  Tree and Shrub Vegetation
-  Main road and others.



Transverse Mercator Projection
Antigua 1943 Datum
British West Indies Grid Coordinates System

		MINISTRY OF SCIENCE, TECHNOLOGY AND ENVIRONMENT OF CUBA	
PROJECT LEADER: BSc. Pavel Morales Díaz		EXECUTIVE PROJECT: Runaway Bay Beach, Antigua and Barbuda. Manage and Recovery.	
MADE BY: BSc. Pavel Morales Díaz			
REVIEWED BY: MSc. Leonel I. Peña Fuentes		TITLE: GENERAL PLAN	
DATE: June 2022			
		SCALE: 1:15 000	PLAN: 1

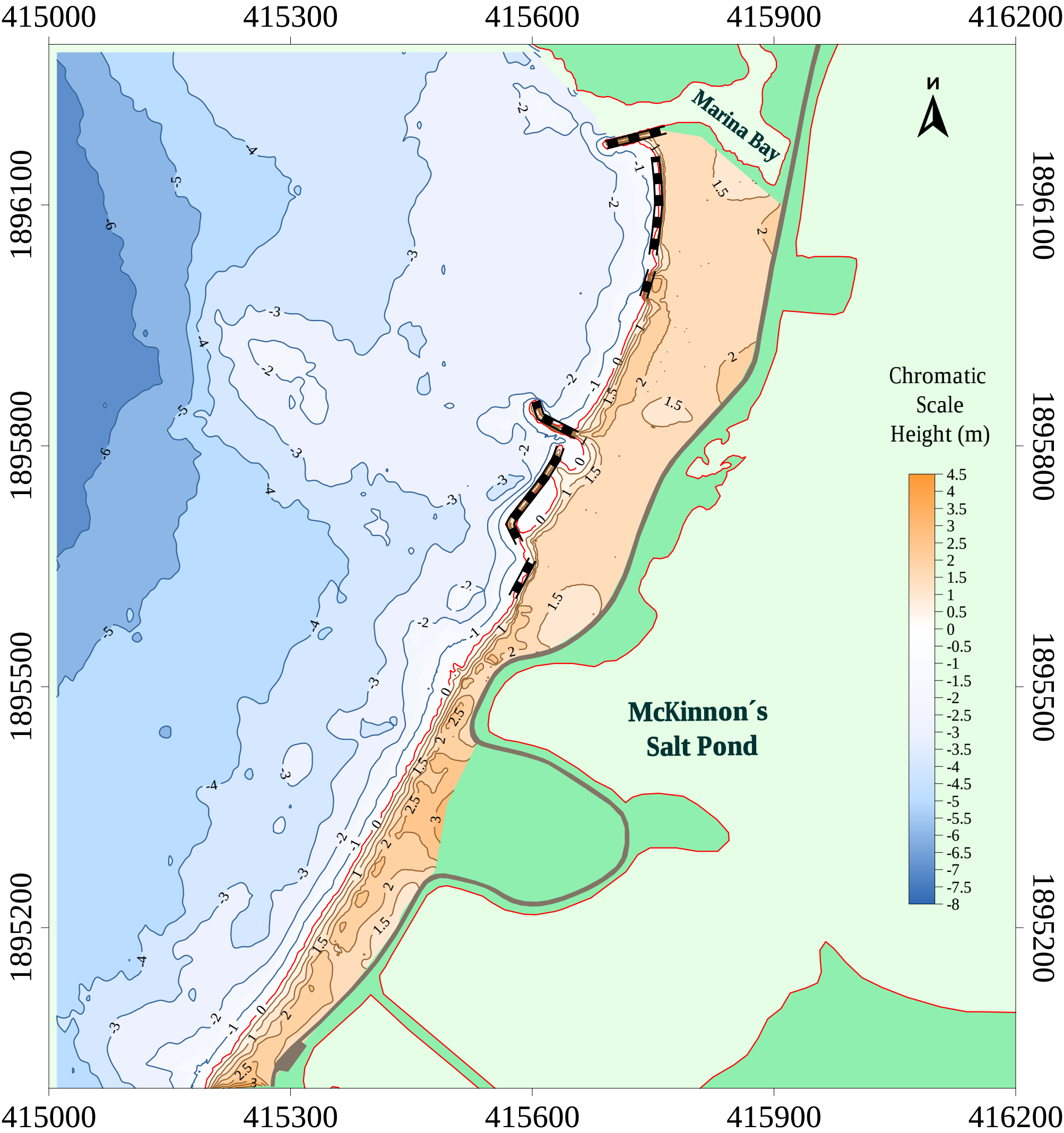


LEGEND

-  Geographic North
-  Sectors Limits
-  Submarine Oil Pipeline
-  Coastal Defense Structure
-  First Line Structures
-  Second Line Structures
-  Third Line Structures
-  Tree and Shrub Vegetation
-  Main road and others.

Transverse Mercator Projection
Antigua 1943 Datum
British West Indies Grid Coordinates System

		MINISTRY OF SCIENCE, TECHNOLOGY AND ENVIRONMENT OF CUBA	
PROJECT LEADER: BSc. Pavel Morales Díaz		EXECUTIVE PROJECT: Runaway Bay Beach, Antigua and Barbuda. Manage and Recovery.	
MADE BY: BSc. Pavel Morales Díaz			
REVIEWED BY: MSc. Leonel I. Peña Fuentes		TITLE: Runaway Bay Beach General Plan	
DATE: June 2022			
		SCALE: 1:5 000	PLAN: 1A



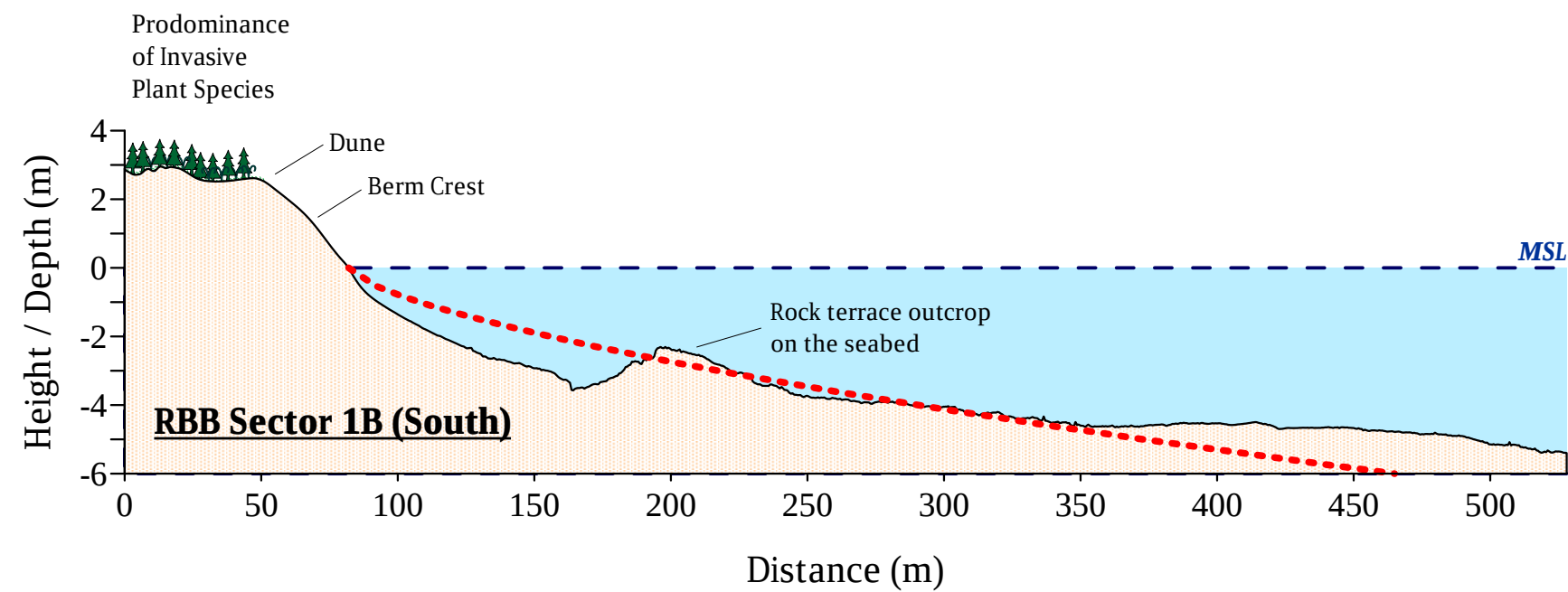
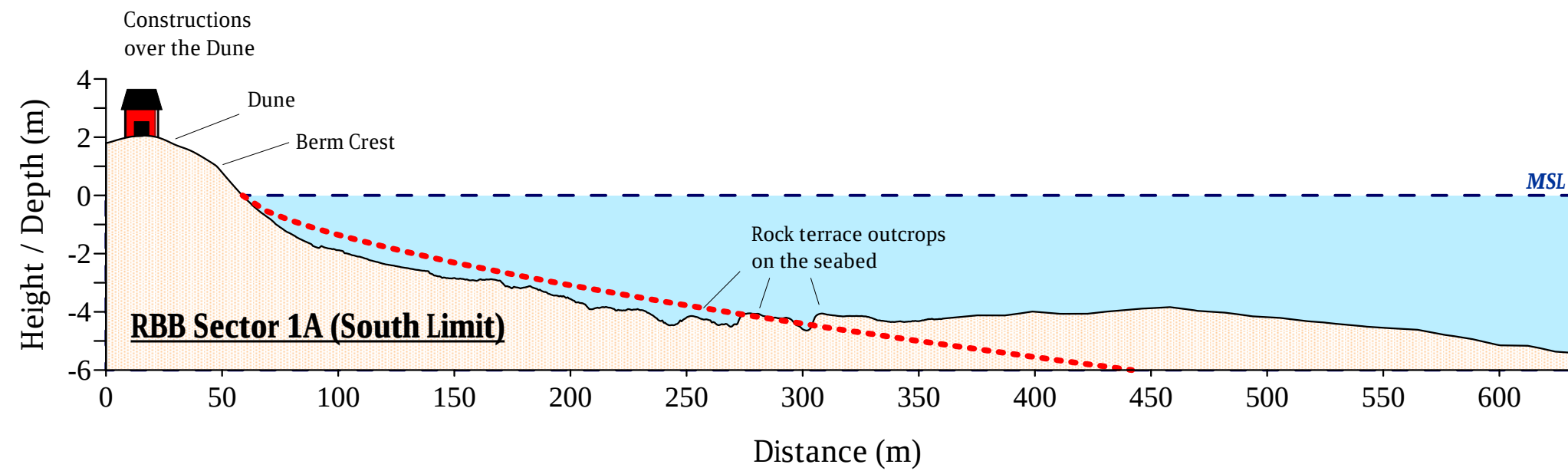
Transverse Mercator Projection
Antigua 1943 Datum
British West Indies Grid Coordinates System
Height in meters referred to mean sea level

LEGEND

- Geographic North
- Coastal Line
- Isohypses
- Isobaths
- Main Road
- No Data
- Coastal Defense Structures

Isohypses every 0.5 m
Isobaths every 1.0 m

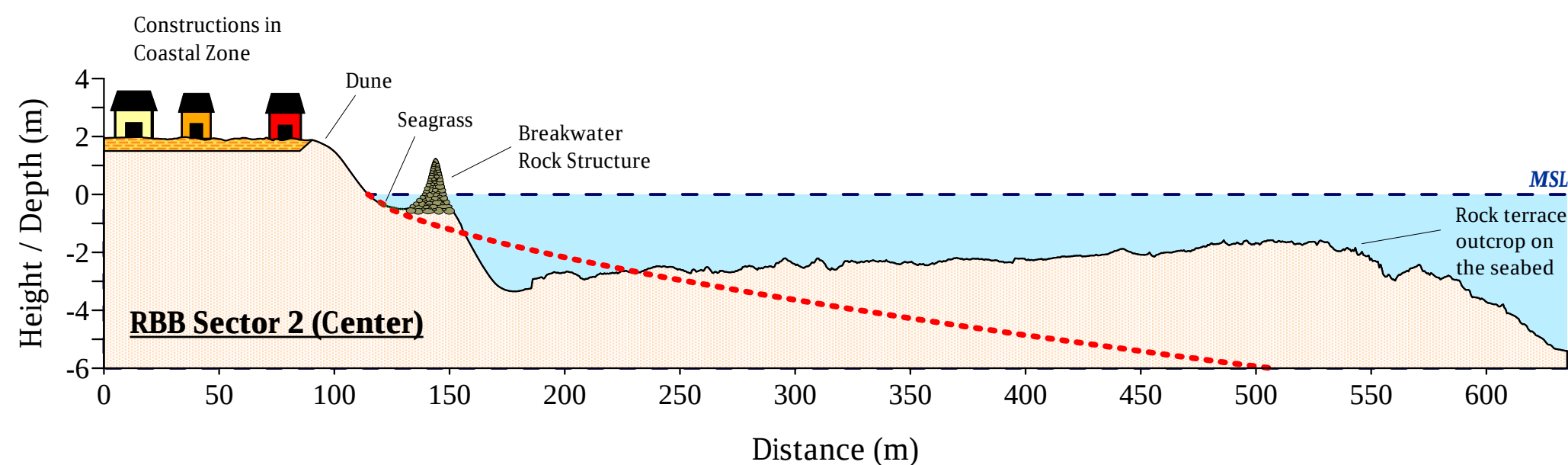
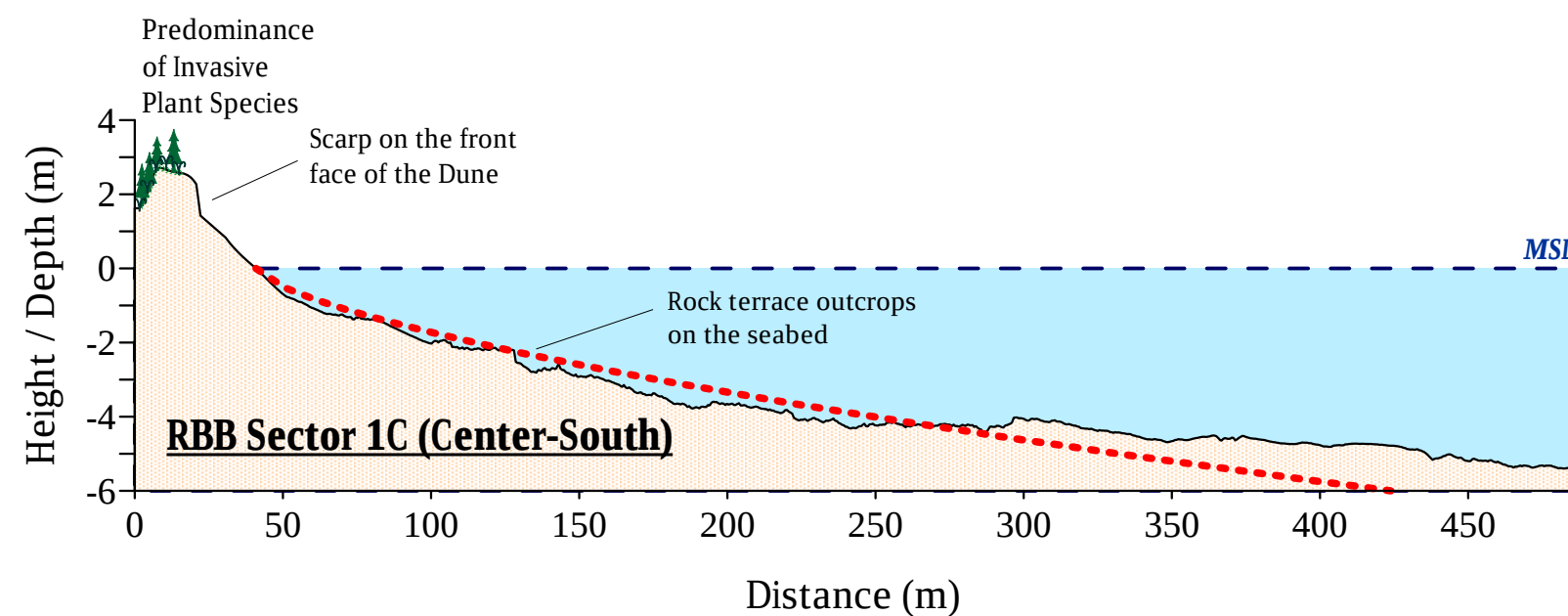
Y GAMMA TECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE PROJECT LEADER: BSc. Pavel Morales Díaz MADE BY: BSc. Pavel Morales Díaz REVIEWED BY: MSc. Leonel I. Peña Fuentes DATE: June 2022	MINISTRY OF SCIENCE, TECHNOLOGY AND ENVIRONMENT OF CUBA EXECUTIVE PROJECT: Runaway Bay Beach, Antigua and Barbuda. Manage and Recovery. TITLE: Runaway Bay Beach Topographic Plan	SCALE: 1:5 000 PLAN: 2



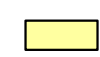
LEGEND

-  Predominance of Invasive Plant Species
-  First Line Structures
-  Equilibrium Profile

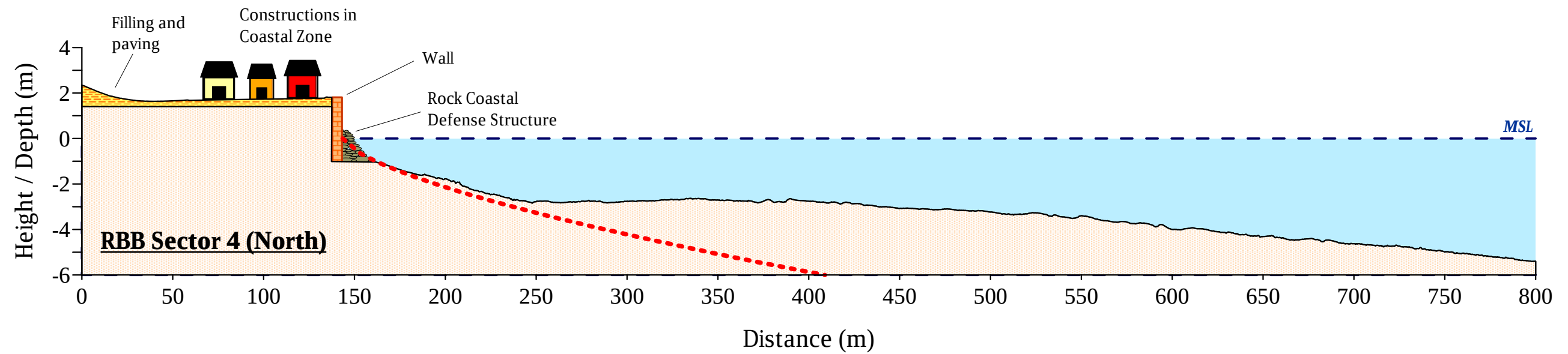
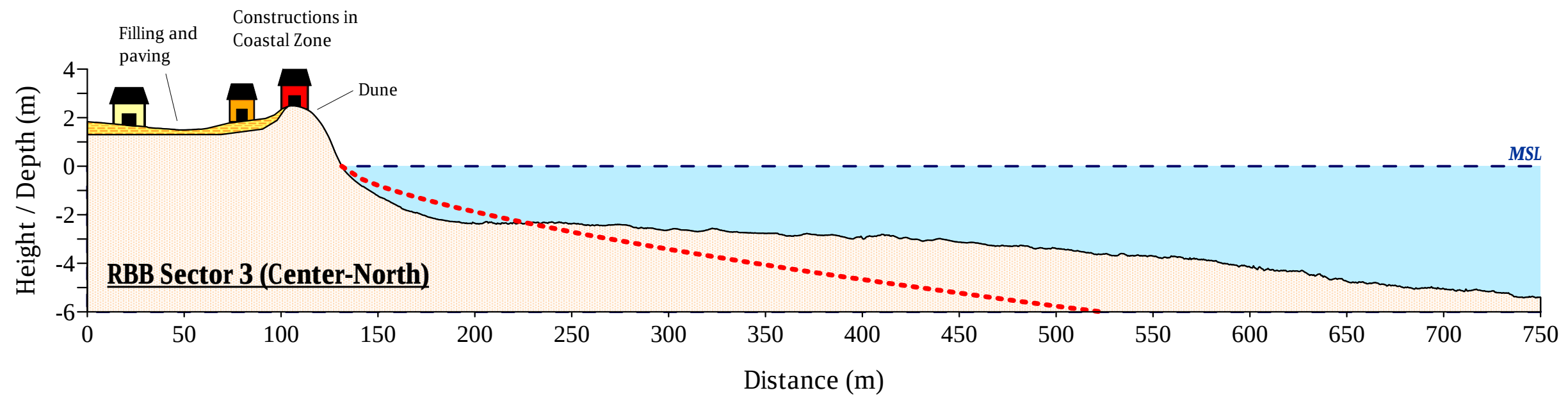
		MINISTRY OF SCIENCE, TECHNOLOGY AND ENVIRONMENT OF CUBA	
PROJECT LEADER: BSc. Pavel Morales Díaz		EXECUTIVE PROJECT: Runaway Bay Beach, Antigua and Barbuda. Manage and Recovery.	
MADE BY: BSc. Pavel Morales Díaz			
REVIEWED BY: MSc. Leonel I. Peña Fuentes		TITLE: Runaway Bay Beach Type Profiles Sector 1	
DATE: June 2022			
		SCALE: X 1: 200 Y 1: 2 500	PLAN: 2A



LEGEND

-  Technical filling and paving areas
-  Rock Coastal Defense Structure
-  First Line Structures
-  Second Line Structures
-  Third Line Structures
-  Predominance of Invasive Plant Species
-  Seagrass
-  Equilibrium Profile

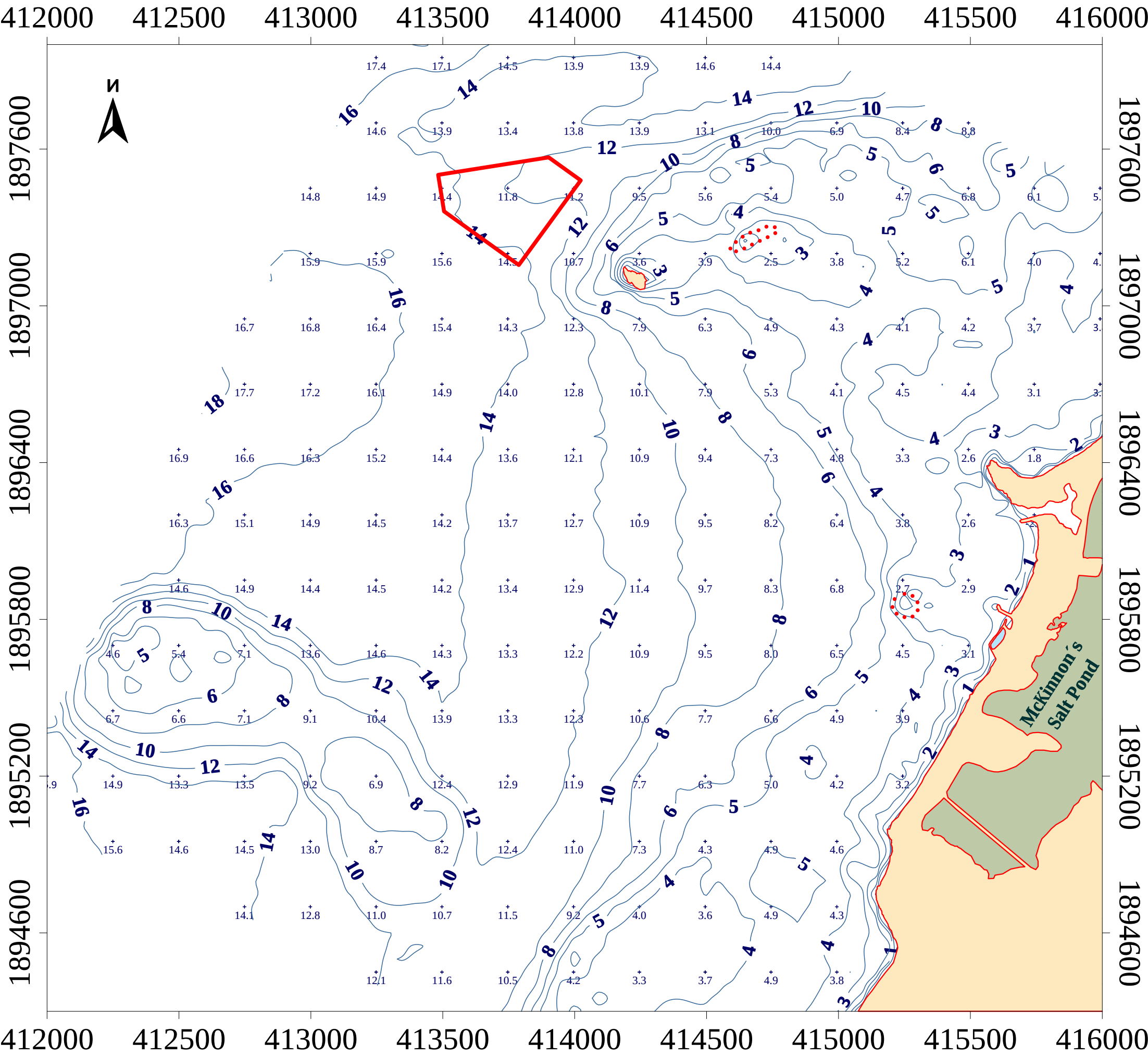
 TECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE		MINISTRY OF SCIENCE, TECHNOLOGY AND ENVIRONMENT OF CUBA	
PROJECT LEADER: BSc. Pavel Morales Díaz		EXECUTIVE PROJECT: Runaway Bay Beach, Antigua and Barbuda. Manage and Recovery.	
MADE BY: BSc. Pavel Morales Díaz			
REVIEWED BY: MSc. Leonel I. Peña Fuentes		TITLE: Runaway Bay Beach Type Profile Sectors 1(C) and 2	
DATE: June 2022		SCALE: X 1: 200 Y 1: 2 500	PLAN: 2B



LEGEND

-  Technical filling and paving areas
-  Rock Coastal Defense Structure
-  First Line Structures
-  Second Line Structures
-  Third Line Structures
-  Wall
-  Equilibrium Profile

		MINISTRY OF SCIENCE, TECHNOLOGY AND ENVIRONMENT OF CUBA	
PROJECT LEADER: BSc. Pavel Morales Díaz		EXECUTIVE PROJECT: Runaway Bay Beach, Antigua and Barbuda. Manage and Recovery.	
MADE BY: BSc. Pavel Morales Díaz			
REVIEWED BY: MSc. Leonel I. Peña Fuentes		TITLE: Runaway Bay Beach Type Profile Sectors 3 and 4	
DATE: June 2022		SCALE: X 1: 200 Y 1: 2 500	PLAN: 2C



LEGEND

-  Geographic North
-  Coastal Line
-  Rock heads
-  Isobaths
-  Proposed Borrow Area

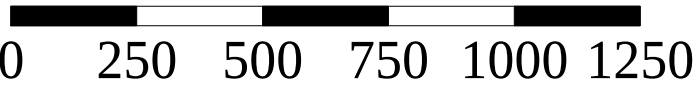
*Transverse Mercator
Projection*

Antigua 1943 Datum

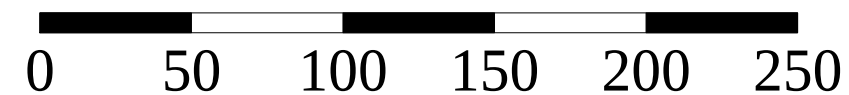
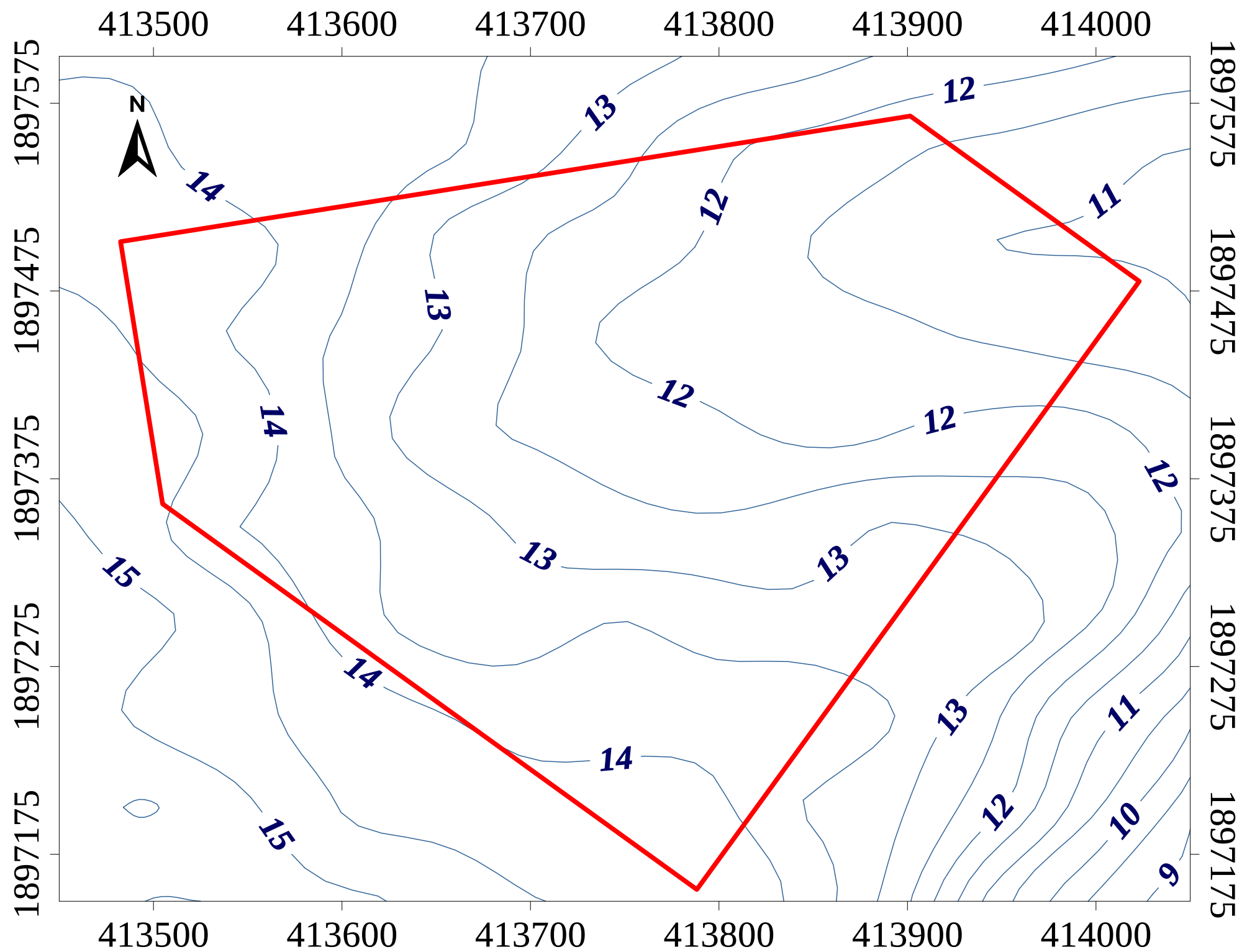
*British West Indies Grid
Coordinates System*

*Depht in meters referred
to mean sea level*

Isobaths every 1.0 m



		MINISTRY OF SCIENCE, TECHNOLOGY AND ENVIRONMENT OF CUBA			
PROJECT LEADER: BSc. Pavel Morales Díaz		EXECUTIVE PROJECT: Runaway Bay Beach, Antigua and Barbuda. Manage and Recovery.			
MADE BY: BSc. Pavel Morales Díaz					
REVIEWED BY: MSc. Leonel I. Peña Fuentes		TITLE: Runaway Bay Beach Bathymetric Plan			
DATE:	June 2022	SCALE:	1:15 000	PLAN:	3

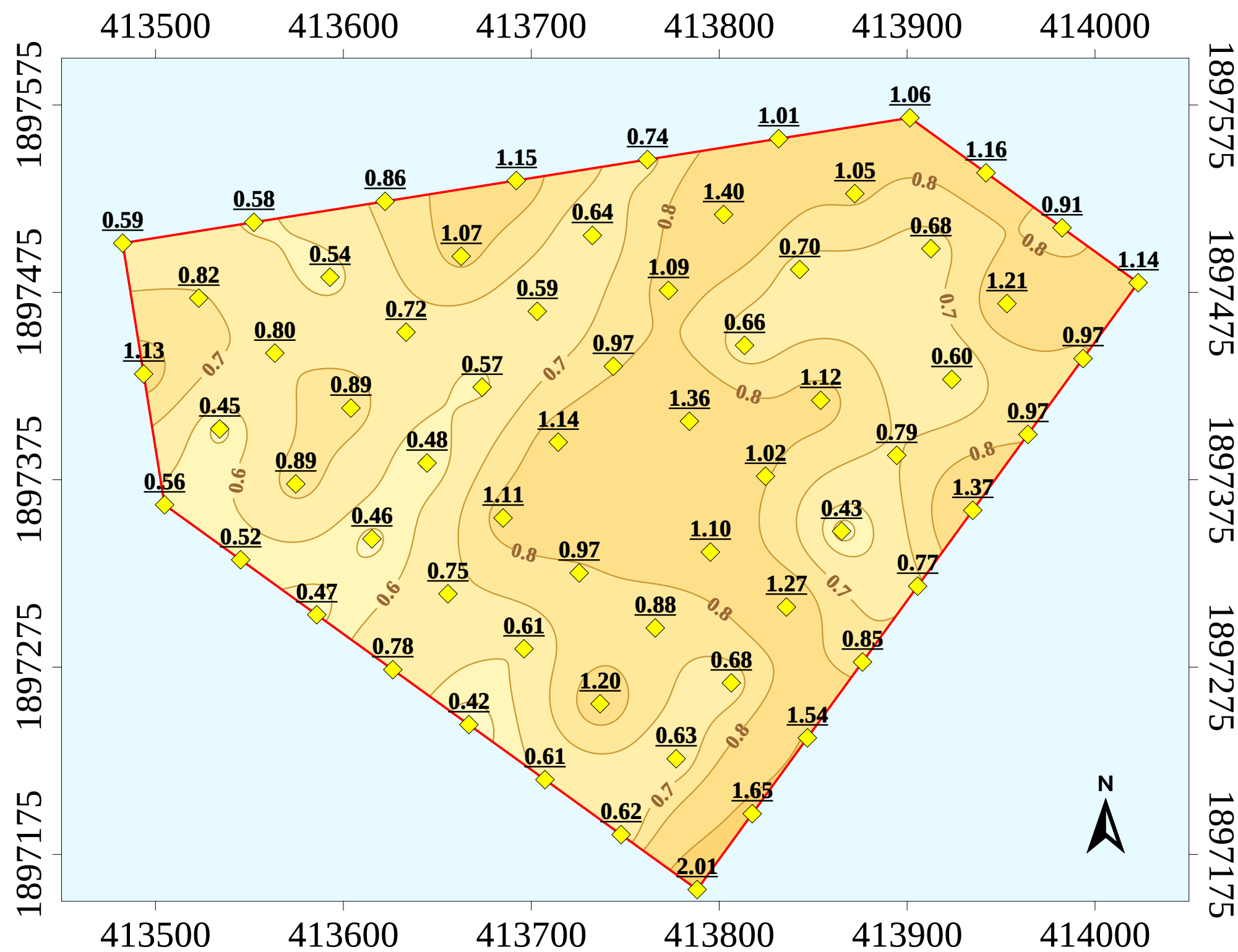


LEGEND

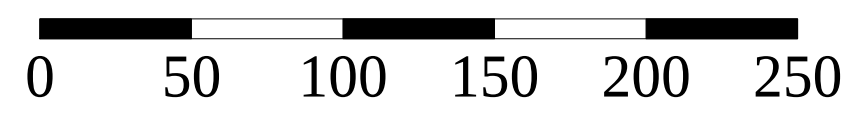
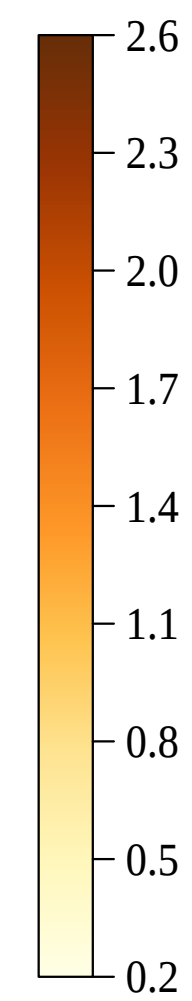
-  Geographic North
-  Isobaths
-  Delimitation

*Transverse Mercator Projection
Antigua 1943 Datum
British West Indies Grid Coordinates System
Depht in meters referred to mean sea level
Isobaths every 0.5 m*

		MINISTRY OF SCIENCE, TECHNOLOGY AND ENVIRONMENT OF CUBA	
PROJECT LEADER: BSc. Pavel Morales Díaz		EXECUTIVE PROJECT: Runaway Bay Beach, Antigua and Barbuda. Manage and Recovery.	
MADE BY: BSc. Pavel Morales Díaz			
REVIEWED BY: MSc. Leonel I. Peña Fuentes		TITLE: Great Sister Basin Bathymetric Survey	
DATE: June 2022		SCALE: 1:2 500	PLAN: 4



**Chromatic Scale
Grain Size (mm)**



LEGEND

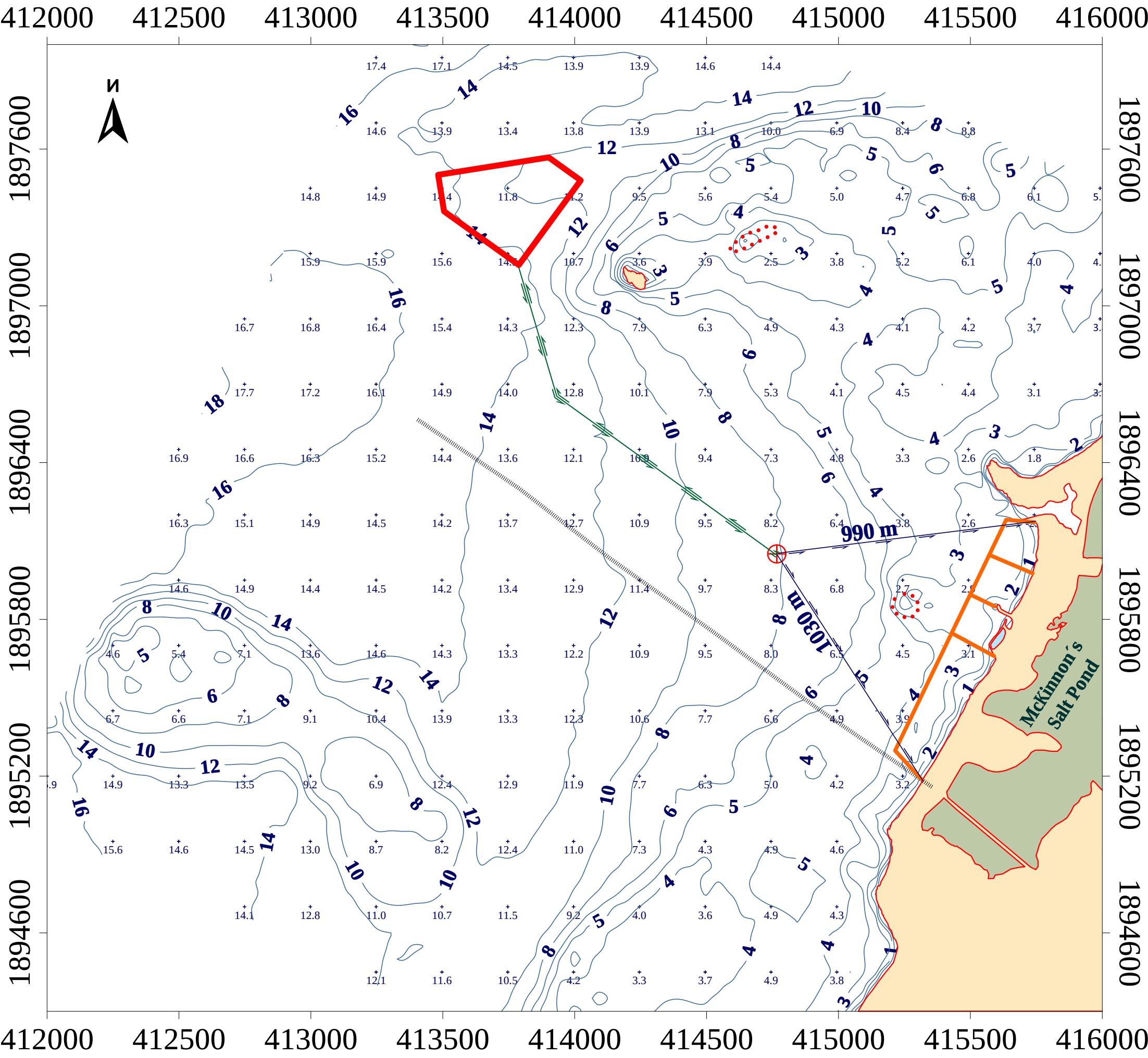
-  Geographic North
-  Isolines of equal grain size
-  Sampling Stations
-  Delimitation

Transverse Mercator Projection
Antigua 1943 Datum
British West Indies Grid Coordinates System

Grain Size in millimeters

Isolines of equal grain size every 0.2 mm

		MINISTRY OF SCIENCE, TECHNOLOGY AND ENVIRONMENT OF CUBA	
PROJECT LEADER: BSc. Pavel Morales Díaz		EXECUTIVE PROJECT: Runaway Bay Beach, Antigua and Barbuda. Manage and Recovery.	
MADE BY: BSc. Pavel Morales Díaz			
REVIEWED BY: MSc. Leonel I. Peña Fuentes		TITLE: Great Sister Basin Grain Size Analysis Results	
DATE: June 2022		SCALE: 1:2 500	PLAN: 5



LEGEND

- Geographic North
- Coastal Line
- Rock heads
- Isobaths
- Proposed Borrow Area
- Approach Points
- Recomend Approach Path
- Sectors Limits
- Distance between Approach Points and Discharge Sectors
- Submarine Oil Pipeline

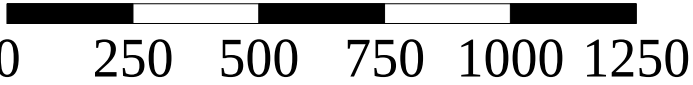
*Transverse Mercator
Projection*

Antigua 1943 Datum

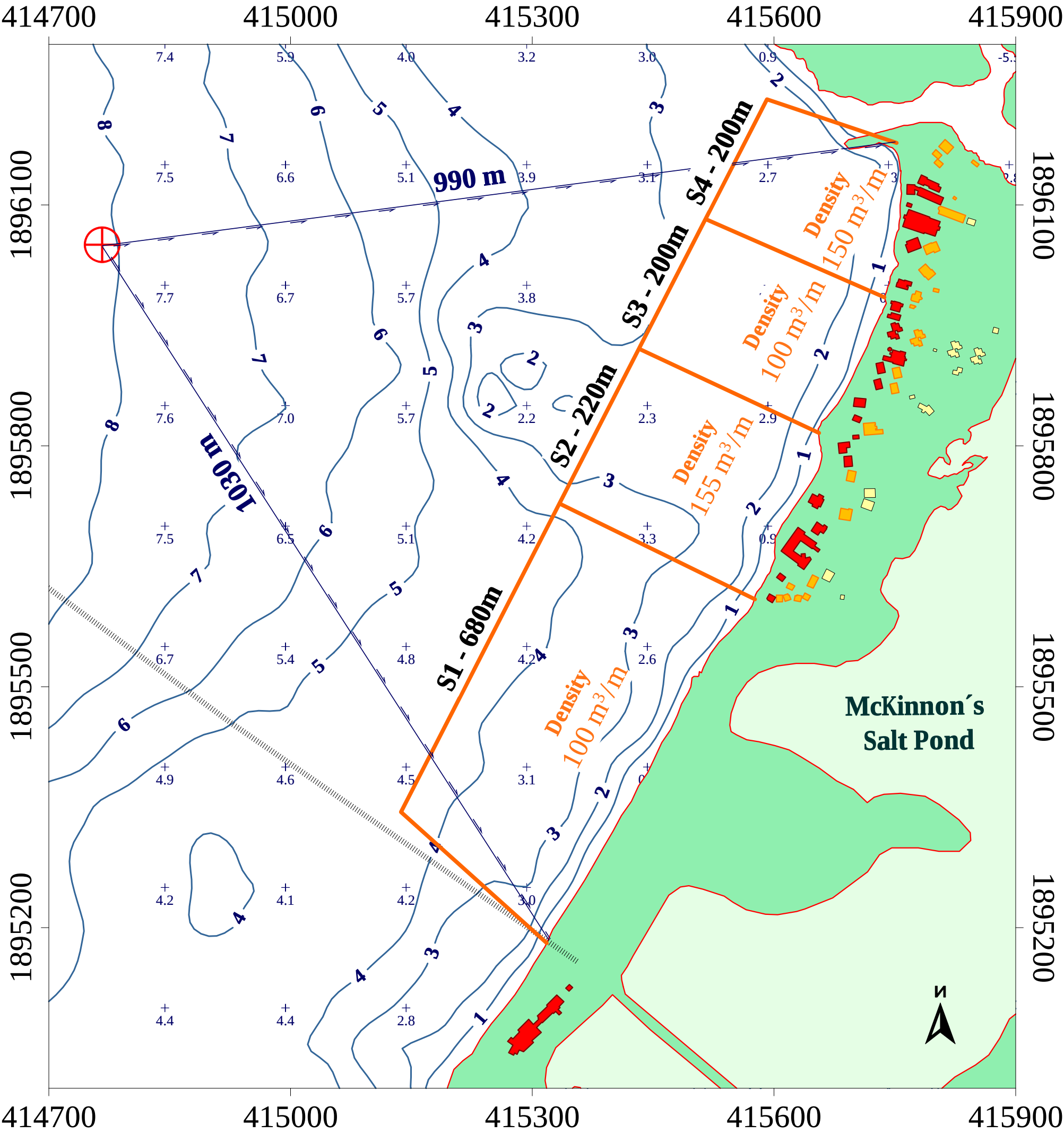
*British West Indies Grid
Coordinates System*

*Depht in meters referred
to mean sea level*

Isobaths every 1.0 m



		MINISTRY OF SCIENCE, TECHNOLOGY AND ENVIRONMENT OF CUBA	
PROJECT LEADER: BSc. Pavel Morales Díaz		EXECUTIVE PROJECT: Runaway Bay Beach, Antigua and Barbuda. Manage and Recovery.	
MADE BY: BSc. Pavel Morales Díaz			
REVIEWED BY: MSc. Leonel I. Peña Fuentes		TITLE: Runaway Bay Beach Approach Points and Discharge Sectors	
DATE: June 2022		SCALE: 1:15 000	PLAN: 6



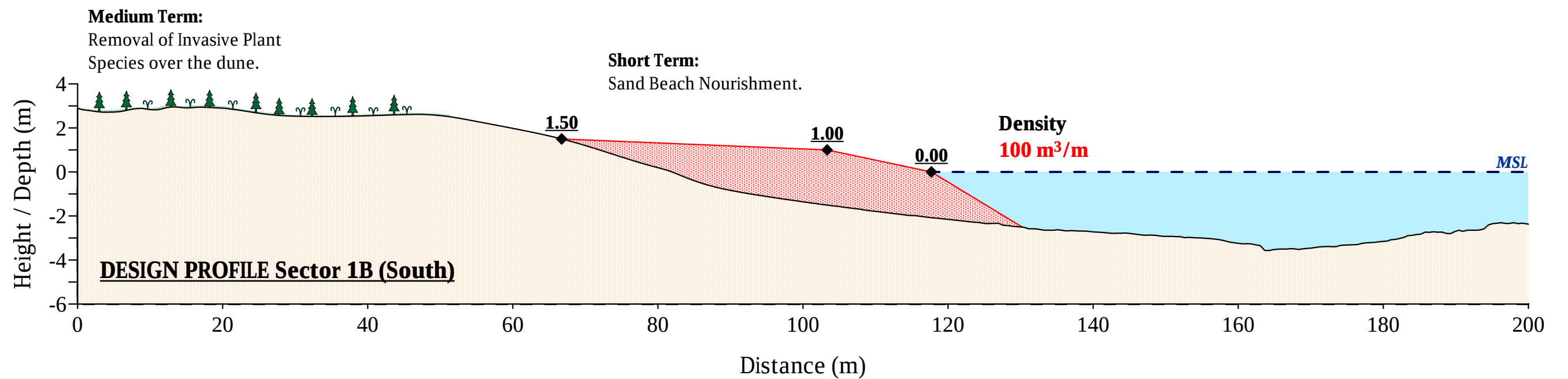
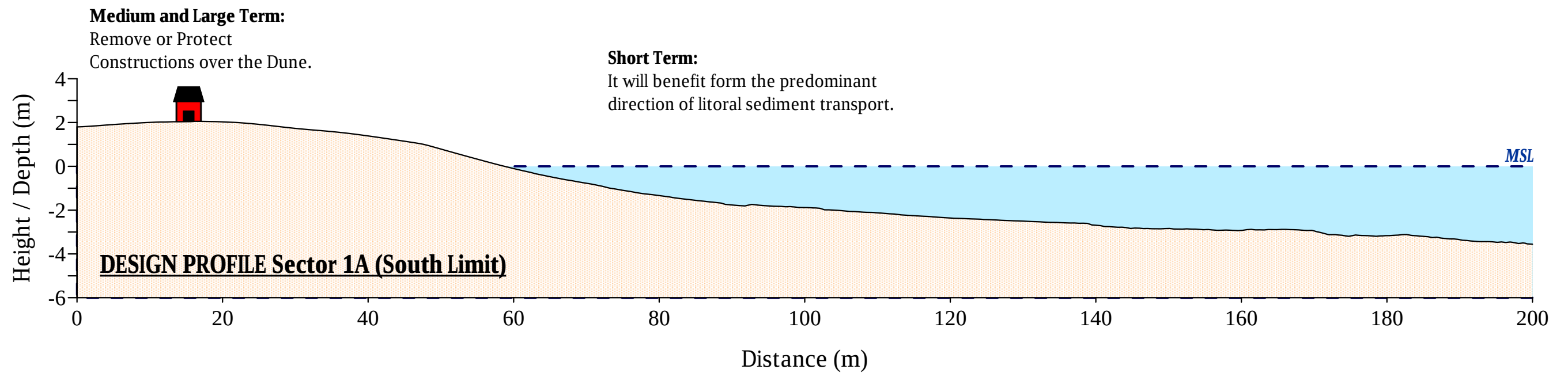
LEGEND

-  Geographic North
-  Coastal Line
-  Isobaths
-  First Line Structures
-  Second Line Structures
-  Third Line Structures
-  Proposed Borrow Area
-  Approach Points
-  Sectors Limits
-  Distance between Approach Points and Discharge Sectors
-  Submarine Oil Pipeline



Transverse Mercator Projection
Antigua 1943 Datum
British West Indies Grid Coordinates System
Height in meters referred to mean sea level
Isobaths every 1.0 m

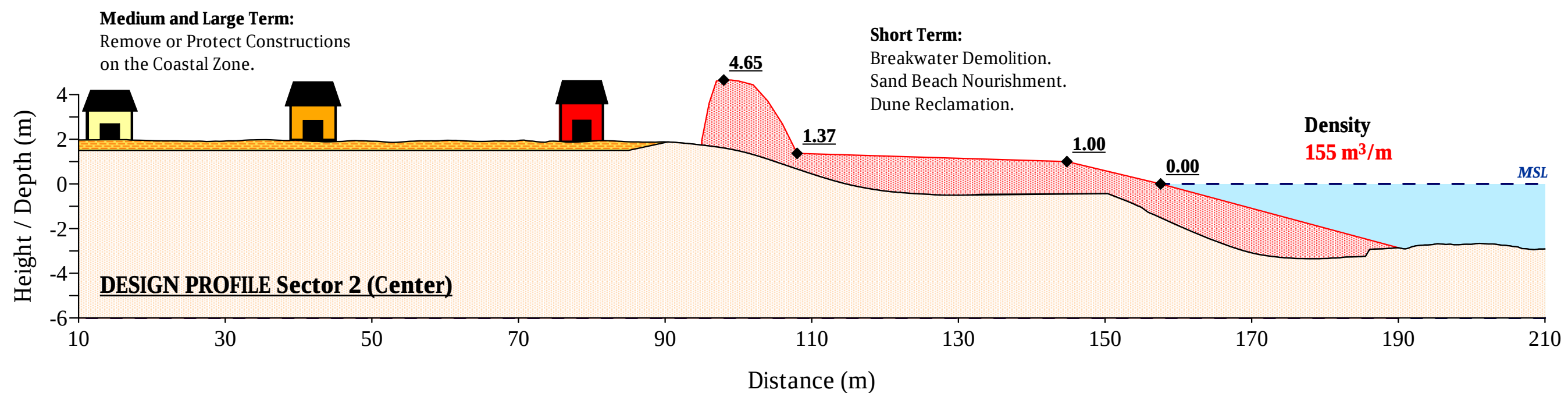
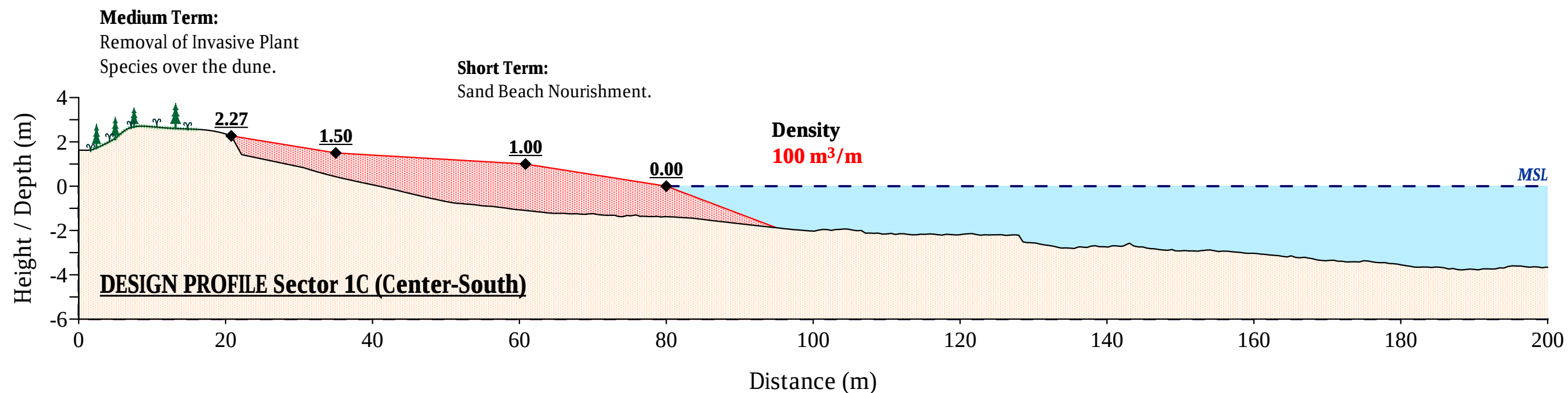
 TECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE		MINISTRY OF SCIENCE, TECHNOLOGY AND ENVIRONMENT OF CUBA	
PROJECT LEADER: BSc. Pavel Morales Díaz		EXECUTIVE PROJECT: Runaway Bay Beach, Antigua and Barbuda. Manage and Recovery.	
MADE BY: BSc. Pavel Morales Díaz			
REVIEWED BY: MSc. Leonel I. Peña Fuentes		TITLE: Runaway Bay Beach Nourishment Density by Sector	
DATE: June 2022		SCALE: 1:5 000	PLAN: 6A



LEGEND

-  Predominance of Invasive Plant Species
-  First Line Structures
-  Design Profile

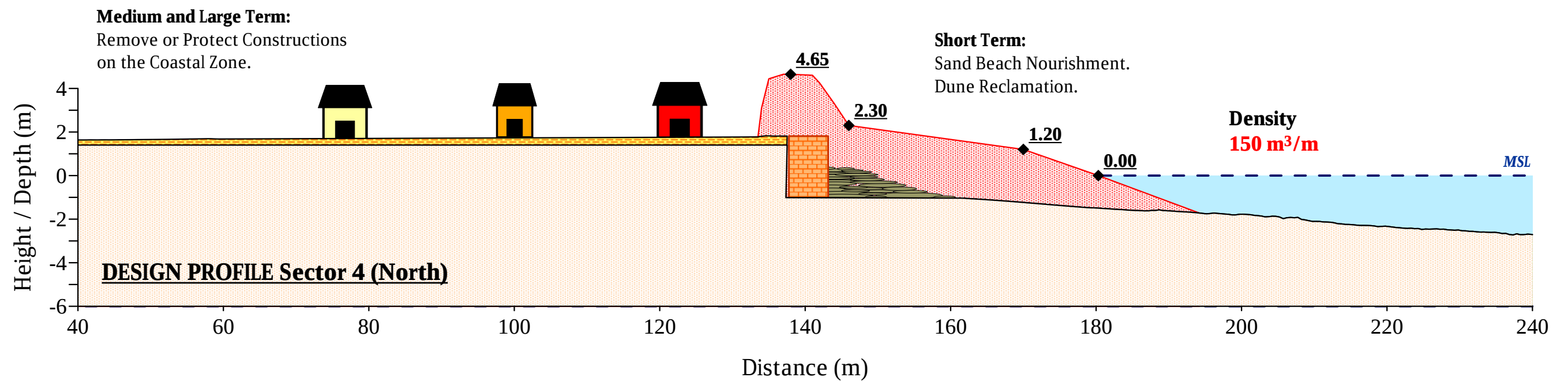
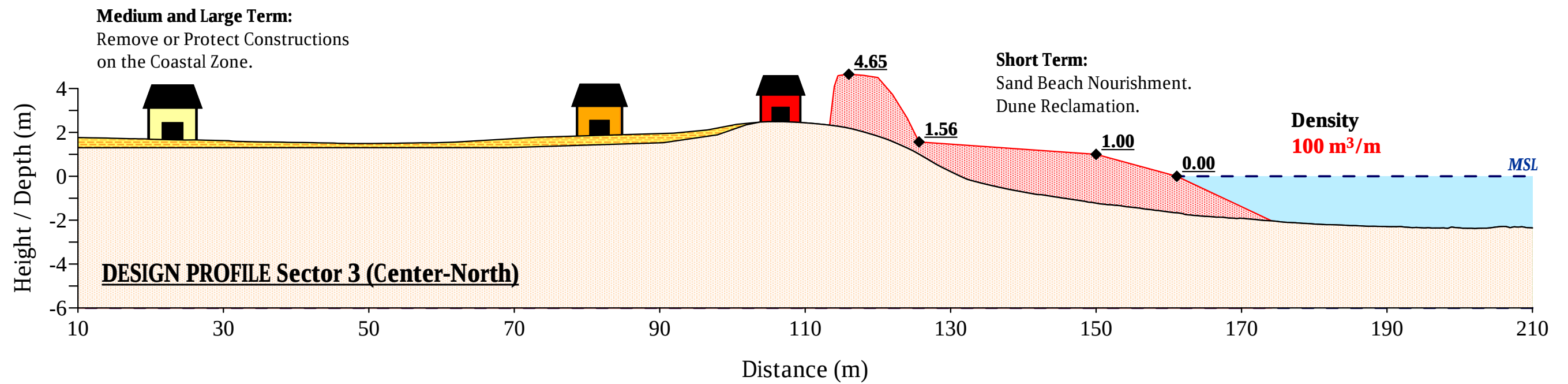
		MINISTRY OF SCIENCE, TECHNOLOGY AND ENVIRONMENT OF CUBA	
PROJECT LEADER: BSc. Pavel Morales Díaz		EXECUTIVE PROJECT: Runaway Bay Beach, Antigua and Barbuda. Manage and Recovery.	
MADE BY: BSc. Pavel Morales Díaz			
REVIEWED BY: MSc. Leonel I. Peña Fuentes		TITLE: Runaway Bay Beach Design Profiles Sectors 1(A) and 1(B)	
DATE: June 2022		SCALE: X 1: 600 Y 1: 200	PLAN: 7A



LEGEND

-  Technical filling and paving areas
-  Design Profile
-  First Line Structures
-  Second Line Structures
-  Third Line Structures
-  Predominance of Invasive Plant Species

		MINISTRY OF SCIENCE, TECHNOLOGY AND ENVIRONMENT OF CUBA	
PROJECT LEADER: BSc. Pavel Morales Díaz		EXECUTIVE PROJECT: Runaway Bay Beach, Antigua and Barbuda. Manage and Recovery.	
MADE BY: BSc. Pavel Morales Díaz			
REVIEWED BY: MSc. Leonel I. Peña Fuentes		TITLE: Runaway Bay Beach Design Profiles Sectors 1(C) and 2	
DATE: June 2022		SCALE: X 1: 600 Y 1: 200	PLAN: 7B



LEGEND

-  Design Profile
-  Technical filling and paving areas
-  Rock Coastal Defense Structure
-  First Line Structures
-  Second Line Structures
-  Third Line Structures
-  Wall

		MINISTRY OF SCIENCE, TECHNOLOGY AND ENVIRONMENT OF CUBA	
PROJECT LEADER: BSc. Pavel Morales Díaz		EXECUTIVE PROJECT: Runaway Bay Beach, Antigua and Barbuda. Manage and Recovery.	
MADE BY: BSc. Pavel Morales Díaz			
REVIEWED BY: MSc. Leonel I. Peña Fuentes		TITLE: Runaway Bay Beach Design Profile Sectors 3 and 4	
DATE: June 2022		SCALE: X 1: 600 Y 1: 200	PLAN: 7C

ANEXO I

Runaway Bay Beach

Resultados del Análisis Granulométrico

SIEVING ERROR: 0.0%

SAMPLE STATISTICSSAMPLE IDENTITY: **MS RB CENTER**

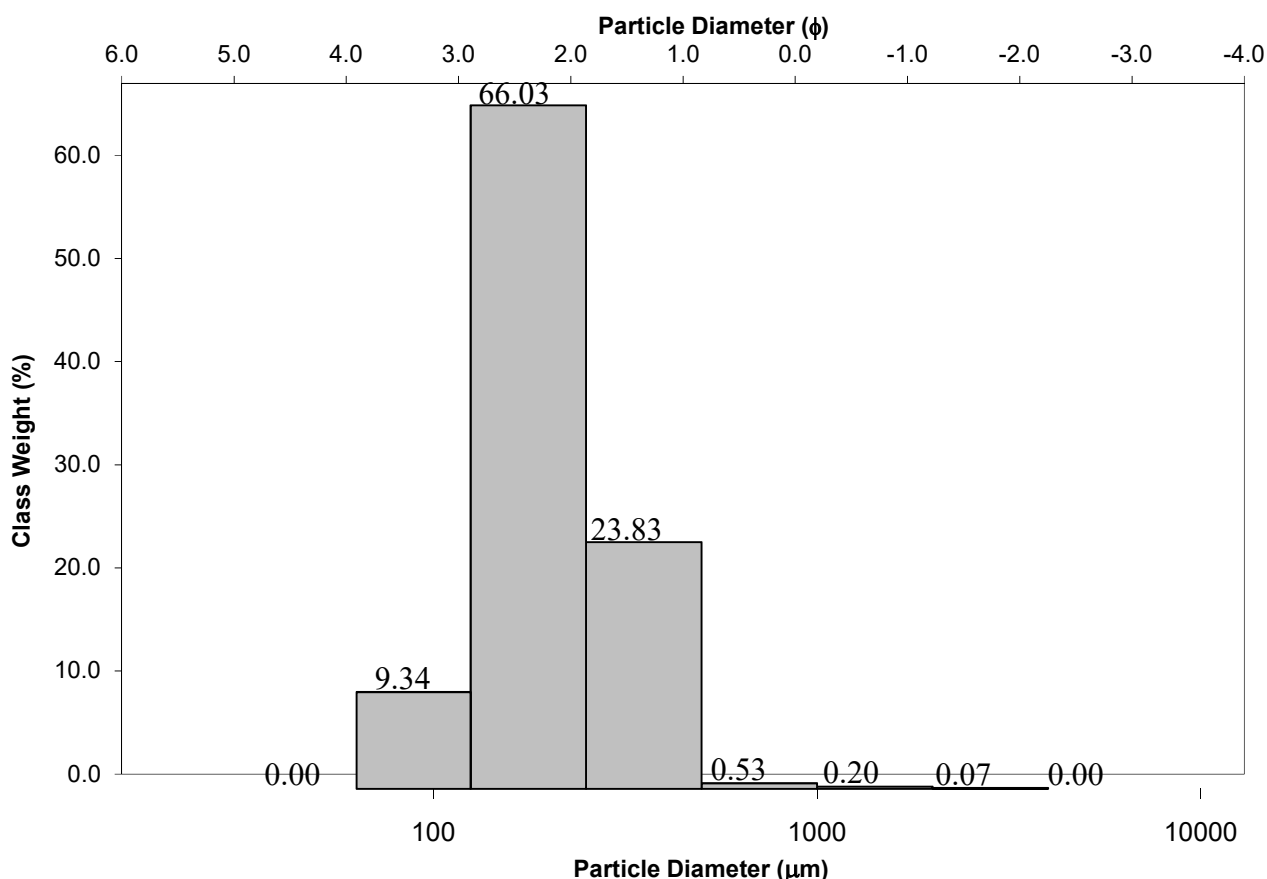
ANALYST & DATE: GAMMA, 6/10/2022

SAMPLE TYPE: Unimodal, Moderately Well Sorted

TEXTURAL GROUP: Slightly Gravelly Sand

SEDIMENT NAME: Slightly Very Fine Gravelly Fine Sand

	μm	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	187.5	2.500	GRAVEL: 0.1%	COARSE SAND: 0.5%		
MODE 2:			SAND: 99.9%	MEDIUM SAND: 23.9%		
MODE 3:			MUD: 0.0%	FINE SAND: 66.1%		
D ₁₀ :	126.0	1.386		V FINE SAND: 9.2%		
MEDIAN or D ₅₀ :	191.7	2.383	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 0.0%		
D ₉₀ :	382.7	2.989	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D ₉₀ / D ₁₀):	3.038	2.157	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
(D ₉₀ - D ₁₀):	256.7	1.603	FINE GRAVEL: 0.0%	FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ / D ₂₅):	1.689	1.377	V FINE GRAVEL: 0.1%	V FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ - D ₂₅):	101.6	0.756	V COARSE SAND: 0.2%	CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN ($\bar{x}$):	231.1	198.3	2.334	202.2	2.306	Fine Sand
SORTING (σ):	133.1	1.509	0.594	1.580	0.660	Moderately Well Sorted
SKEWNESS (Sk):	8.239	0.512	-0.512	0.122	-0.122	Coarse Skewed
KURTOSIS (K):	143.3	4.969	4.969	1.234	1.234	Leptokurtic

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

SIEVING ERROR: 0.0%

SAMPLE STATISTICSSAMPLE IDENTITY: **MS RB NORTH**

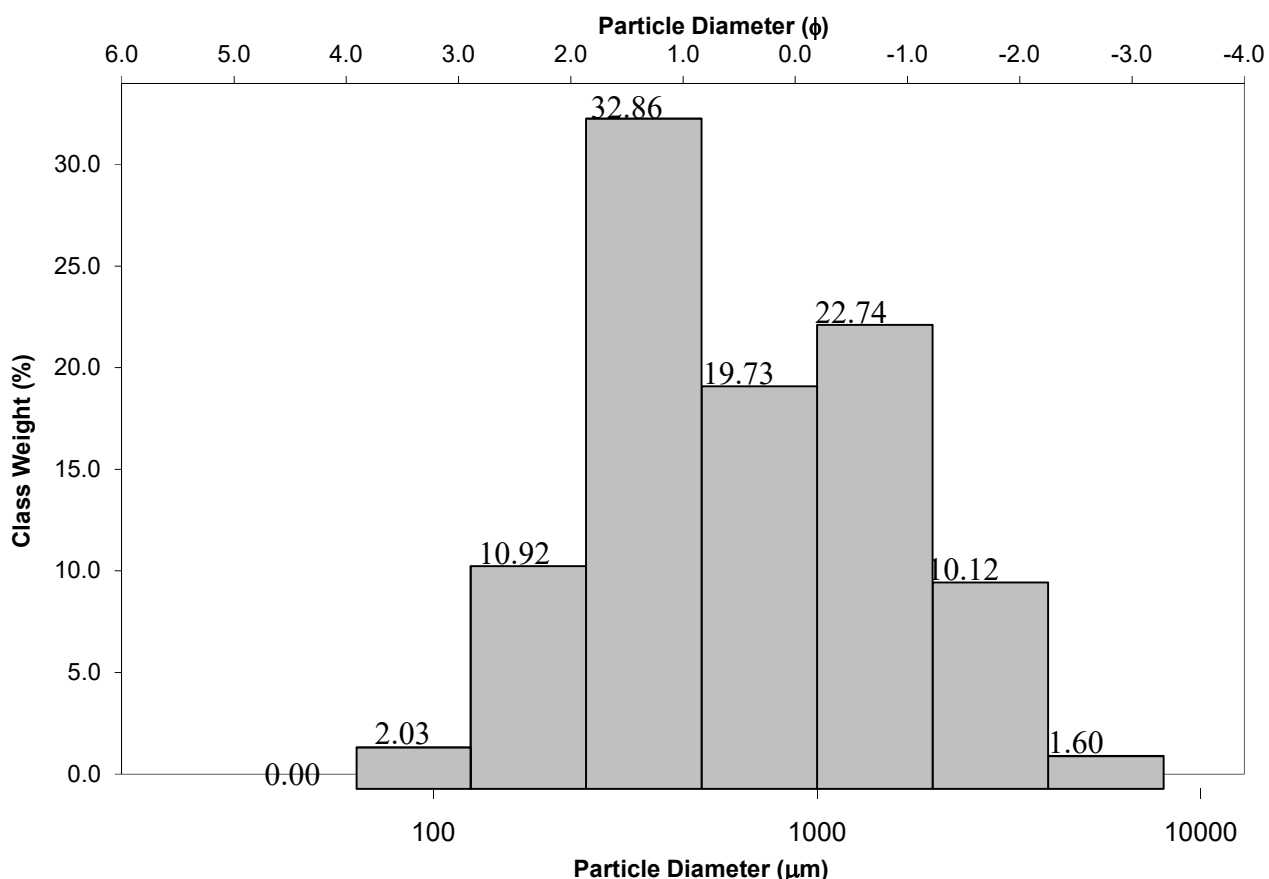
ANALYST & DATE: GAMMA, 6/10/2022

SAMPLE TYPE: Bimodal, Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand

SEDIMENT NAME: Very Fine Gravelly Medium Sand

	μm	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	375.0	1.500	GRAVEL: 11.7%	COARSE SAND: 19.7%		
MODE 2:	1500.0	-0.500	SAND: 88.3%	MEDIUM SAND: 32.9%		
MODE 3:			MUD: 0.0%	FINE SAND: 10.9%		
D ₁₀ :	207.6	-1.170		V FINE SAND: 2.0%		
MEDIAN or D ₅₀ :	579.6	0.787	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 0.0%		
D ₉₀ :	2250.6	2.268	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D ₉₀ / D ₁₀):	10.84	-1.938	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
(D ₉₀ - D ₁₀):	2042.9	3.438	FINE GRAVEL: 1.6%	FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ / D ₂₅):	4.138	-3.922	V FINE GRAVEL: 10.1%	V FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ - D ₂₅):	1012.0	2.049	V COARSE SAND: 22.7%	CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN ($\bar{x}$):	1034.6	646.6	0.629	647.5	0.627	Coarse Sand
SORTING (σ):	1044.3	2.472	1.306	2.540	1.345	Poorly Sorted
SKEWNESS (Sk):	2.258	0.176	-0.176	0.146	-0.146	Coarse Skewed
KURTOSIS (K):	9.587	2.361	2.361	0.878	0.878	Platykurtic

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

SIEVING ERROR: 0.0%

SAMPLE STATISTICSSAMPLE IDENTITY: **MS RB SOUTH**

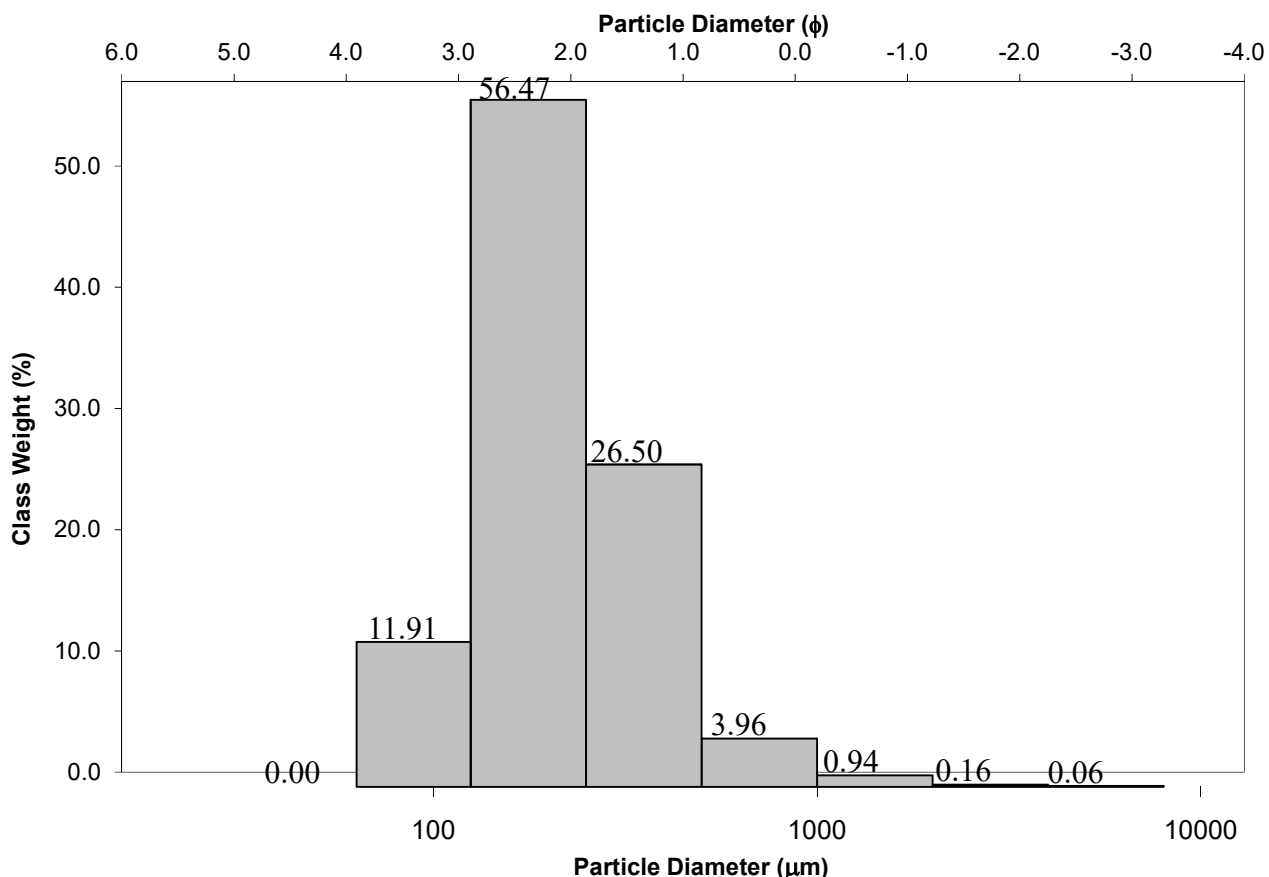
ANALYST & DATE: GAMMA, 6/10/2022

SAMPLE TYPE: Unimodal, Moderately Sorted

TEXTURAL GROUP: Slightly Gravelly Sand

SEDIMENT NAME: Slightly Very Fine Gravelly Fine Sand

	μm	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	187.5	2.500	GRAVEL: 0.2%	COARSE SAND: 4.0%		
MODE 2:			SAND: 99.8%	MEDIUM SAND: 26.5%		
MODE 3:			MUD: 0.0%	FINE SAND: 56.5%		
D ₁₀ :	112.6	1.184		V FINE SAND: 11.8%		
MEDIAN or D ₅₀ :	199.7	2.324	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 0.0%		
D ₉₀ :	440.2	3.150	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D ₉₀ / D ₁₀):	3.909	2.661	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
(D ₉₀ - D ₁₀):	327.6	1.967	FINE GRAVEL: 0.1%	FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ / D ₂₅):	2.024	1.582	V FINE GRAVEL: 0.2%	V FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ - D ₂₅):	150.5	1.017	V COARSE SAND: 0.9%	CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN ($\bar{x}$):	268.9	212.4	2.235	214.6	2.220	Fine Sand
SORTING (σ):	255.9	1.707	0.772	1.709	0.773	Moderately Sorted
SKEWNESS (Sk):	9.975	0.884	-0.884	0.125	-0.125	Coarse Skewed
KURTOSIS (K):	177.6	5.289	5.289	1.048	1.048	Mesokurtic

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

SIEVING ERROR: 0.0%

SAMPLE STATISTICSSAMPLE IDENTITY: **RB 1**

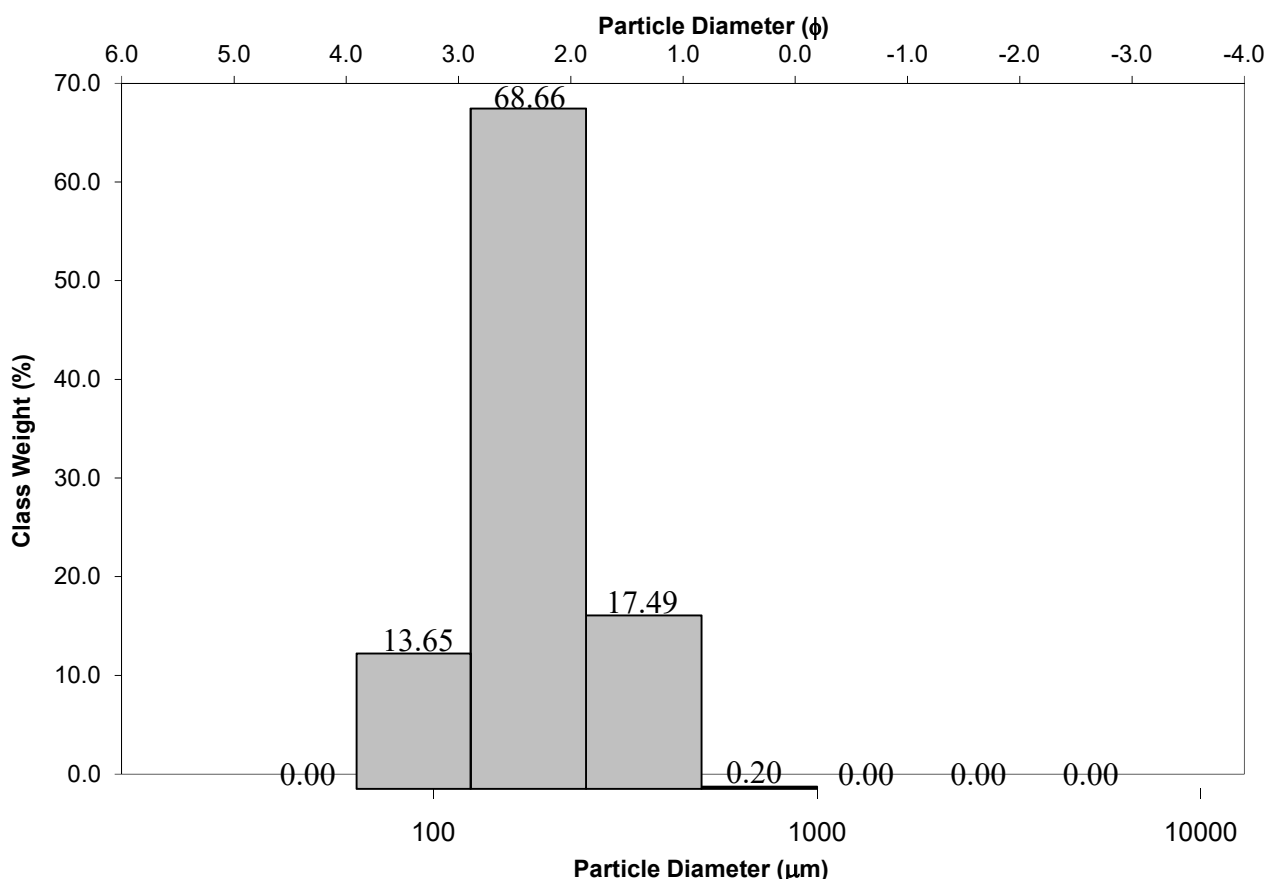
ANALYST & DATE: GAMMA, 6/10/2022

SAMPLE TYPE: Unimodal, Moderately Well Sorted

TEXTURAL GROUP: Sand

SEDIMENT NAME: Moderately Well Sorted Fine Sand

	μm	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	187.5	2.500	GRAVEL: 0.0%	COARSE SAND: 0.2%		
MODE 2:			SAND: 100.0%	MEDIUM SAND: 17.5%		
MODE 3:			MUD: 0.0%	FINE SAND: 68.8%		
D ₁₀ :	104.6	1.559		V FINE SAND: 13.5%		
MEDIAN or D ₅₀ :	180.6	2.469	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 0.0%		
D ₉₀ :	339.3	3.257	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D ₉₀ / D ₁₀):	3.244	2.089	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
(D ₉₀ - D ₁₀):	234.7	1.698	FINE GRAVEL: 0.0%	FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ / D ₂₅):	1.655	1.345	V FINE GRAVEL: 0.0%	V FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ - D ₂₅):	91.96	0.727	V COARSE SAND: 0.0%	CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN ($\bar{x}$):	208.8	182.4	2.455	183.6	2.445	Fine Sand
SORTING (σ):	86.71	1.475	0.561	1.538	0.621	Moderately Well Sorted
SKEWNESS (Sk):	1.395	0.090	-0.090	0.043	-0.043	Symmetrical
KURTOSIS (K):	5.819	3.357	3.357	1.324	1.324	Leptokurtic

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

SIEVING ERROR: 0.0%

SAMPLE STATISTICSSAMPLE IDENTITY: **RB 2**

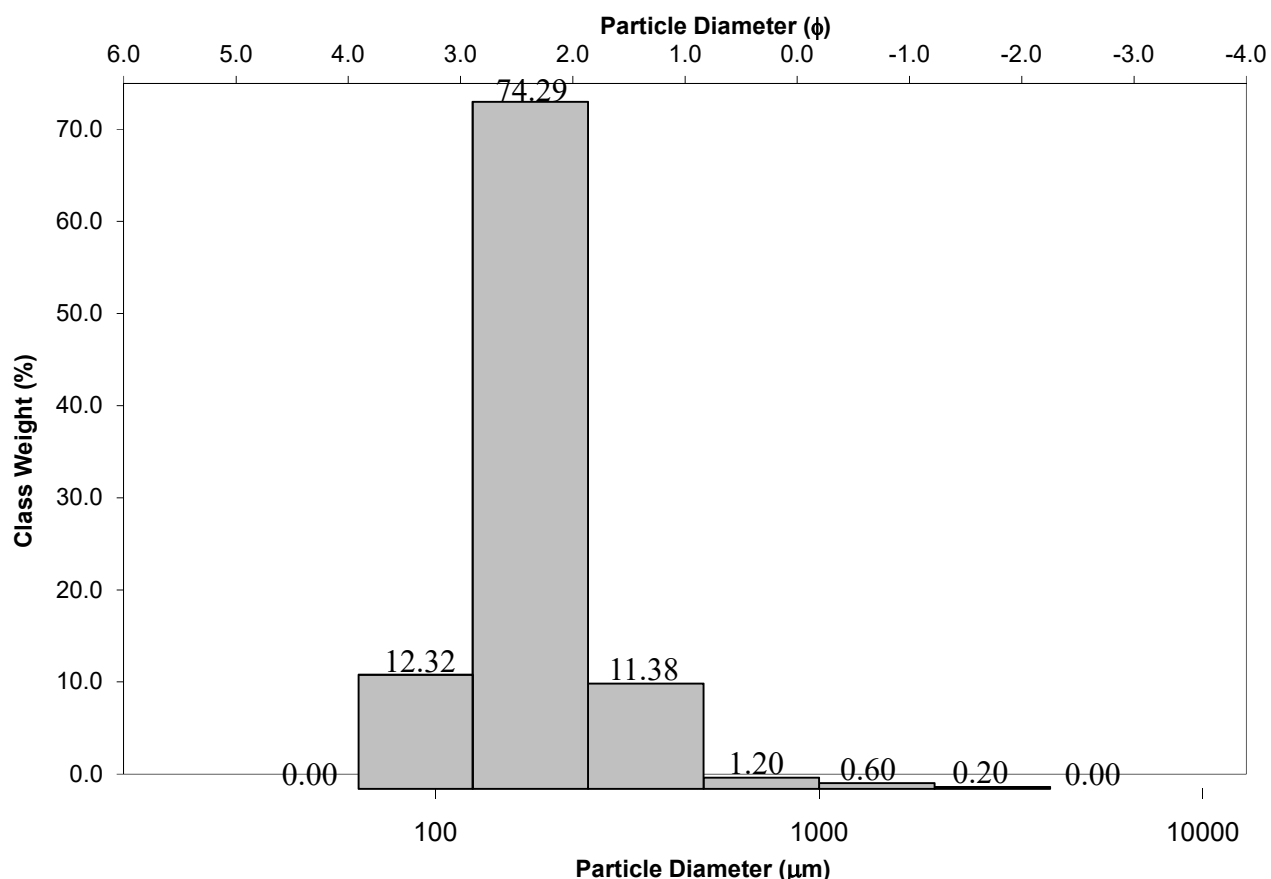
ANALYST & DATE: GAMMA, 6/10/2022

SAMPLE TYPE: Unimodal, Moderately Well Sorted

TEXTURAL GROUP: Slightly Gravelly Sand

SEDIMENT NAME: Slightly Very Fine Gravelly Fine Sand

	μm	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	187.5	2.500	GRAVEL: 0.2%	COARSE SAND: 1.2%		
MODE 2:			SAND: 99.8%	MEDIUM SAND: 11.4%		
MODE 3:			MUD: 0.0%	FINE SAND: 74.4%		
D ₁₀ :	110.5	1.702		V FINE SAND: 12.2%		
MEDIAN or D ₅₀ :	177.8	2.492	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 0.0%		
D ₉₀ :	307.4	3.178	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D ₉₀ / D ₁₀):	2.783	1.868	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
(D ₉₀ - D ₁₀):	196.9	1.477	FINE GRAVEL: 0.0%	FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ / D ₂₅):	1.593	1.312	V FINE GRAVEL: 0.2%	V FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ - D ₂₅):	83.56	0.672	V COARSE SAND: 0.6%	CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN ($\bar{x}$):	217.7	182.1	2.457	177.8	2.492	Fine Sand
SORTING (σ):	184.7	1.522	0.606	1.495	0.580	Moderately Well Sorted
SKEWNESS (Sk):	9.162	1.499	-1.499	0.030	-0.030	Symmetrical
KURTOSIS (K):	117.8	10.13	10.13	1.415	1.415	Leptokurtic

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

SIEVING ERROR: 0.0%

SAMPLE STATISTICSSAMPLE IDENTITY: **RB 3**

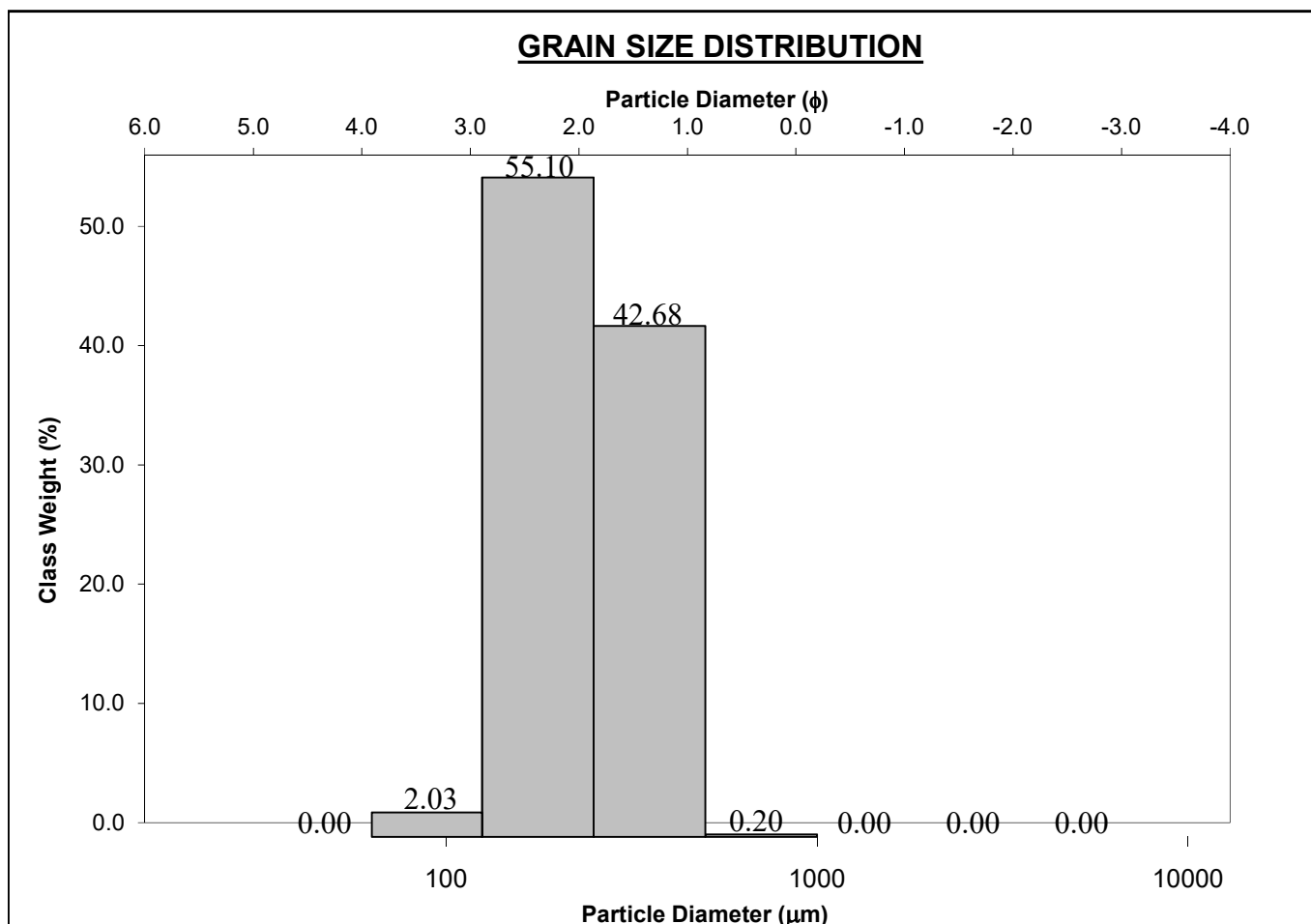
ANALYST & DATE: GAMMA, 6/10/2022

SAMPLE TYPE: Unimodal, Moderately Well Sorted

TEXTURAL GROUP: Sand

SEDIMENT NAME: Moderately Well Sorted Fine Sand

	μm	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	187.5	2.500	GRAVEL: 0.0%	COARSE SAND: 0.2%		
MODE 2:			SAND: 100.0%	MEDIUM SAND: 42.7%		
MODE 3:			MUD: 0.0%	FINE SAND: 55.1%		
D ₁₀ :	138.2	1.230		V FINE SAND: 2.0%		
MEDIAN or D ₅₀ :	228.6	2.129	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 0.0%		
D ₉₀ :	426.4	2.855	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D ₉₀ / D ₁₀):	3.085	2.322	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
(D ₉₀ - D ₁₀):	288.2	1.625	FINE GRAVEL: 0.0%	FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ / D ₂₅):	2.002	1.634	V FINE GRAVEL: 0.0%	V FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ - D ₂₅):	167.3	1.002	V COARSE SAND: 0.0%	CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN ($\bar{x}$):	266.8	235.0	2.089	236.2	2.082	Fine Sand
SORTING (σ):	97.62	1.449	0.535	1.539	0.622	Moderately Well Sorted
SKEWNESS (Sk):	0.418	0.009	-0.009	0.106	-0.106	Coarse Skewed
KURTOSIS (K):	2.284	1.934	1.934	0.750	0.750	Platykurtic



SIEVING ERROR: 0.0%

SAMPLE STATISTICSSAMPLE IDENTITY: **RB 4**

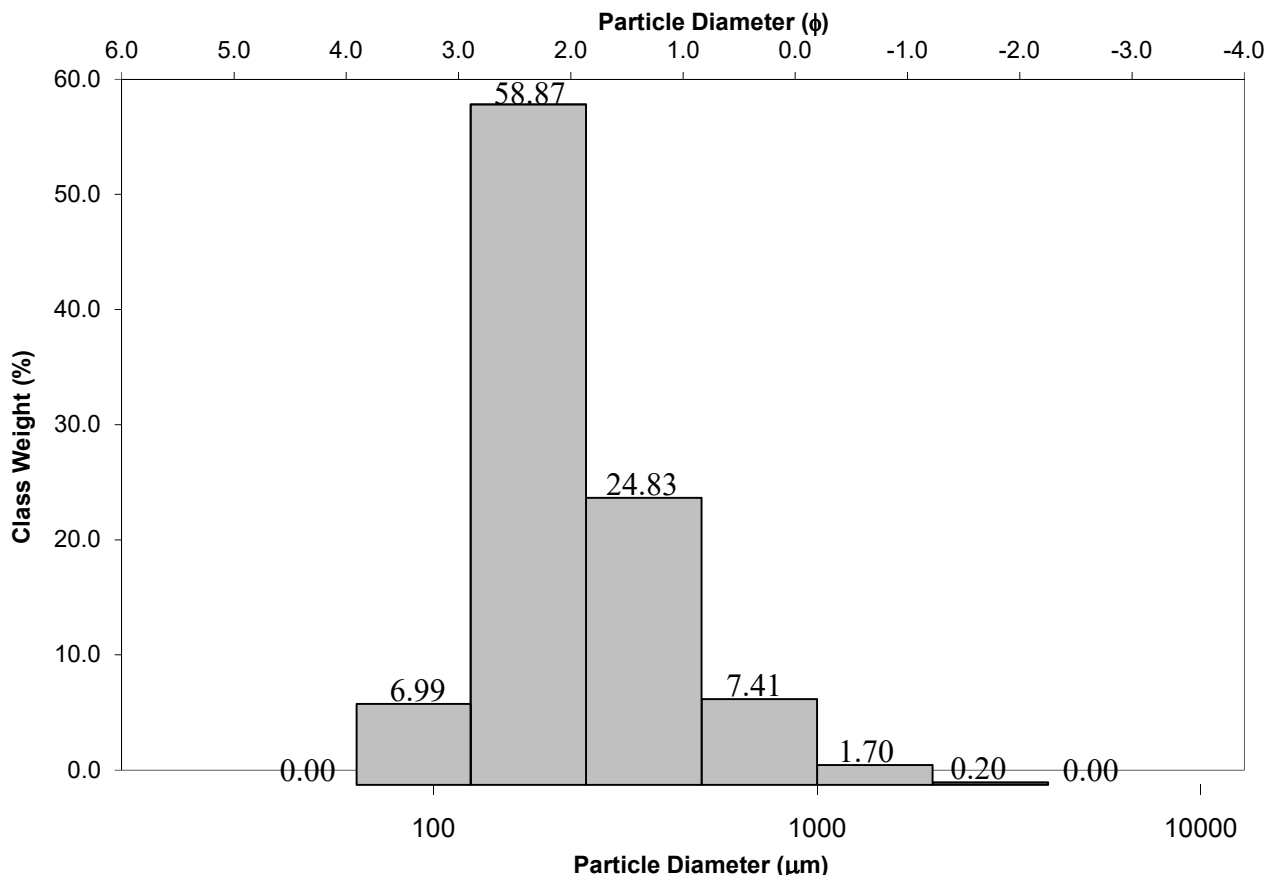
ANALYST & DATE: GAMMA, 6/10/2022

SAMPLE TYPE: Unimodal, Moderately Sorted

TEXTURAL GROUP: Slightly Gravelly Sand

SEDIMENT NAME: Slightly Very Fine Gravelly Fine Sand

	μm	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	187.5	2.500	GRAVEL: 0.2%	COARSE SAND: 7.4%		
MODE 2:			SAND: 99.8%	MEDIUM SAND: 24.8%		
MODE 3:			MUD: 0.0%	FINE SAND: 58.9%		
D ₁₀ :	129.6	1.027		V FINE SAND: 6.9%		
MEDIAN or D ₅₀ :	207.5	2.269	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 0.0%		
D ₉₀ :	490.6	2.948	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D ₉₀ / D ₁₀):	3.785	2.869	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
(D ₉₀ - D ₁₀):	361.0	1.920	FINE GRAVEL: 0.0%	FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ / D ₂₅):	2.088	1.651	V FINE GRAVEL: 0.2%	V FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ - D ₂₅):	168.2	1.062	V COARSE SAND: 1.7%	CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN ($\bar{x}$):	297.3	231.2	2.113	228.8	2.128	Fine Sand
SORTING (σ):	256.8	1.748	0.806	1.774	0.827	Moderately Sorted
SKEWNESS (Sk):	4.420	1.052	-1.052	0.282	-0.282	Coarse Skewed
KURTOSIS (K):	33.56	4.600	4.600	1.102	1.102	Mesokurtic

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

SIEVING ERROR: 0.0%

SAMPLE STATISTICSSAMPLE IDENTITY: **RB 5**

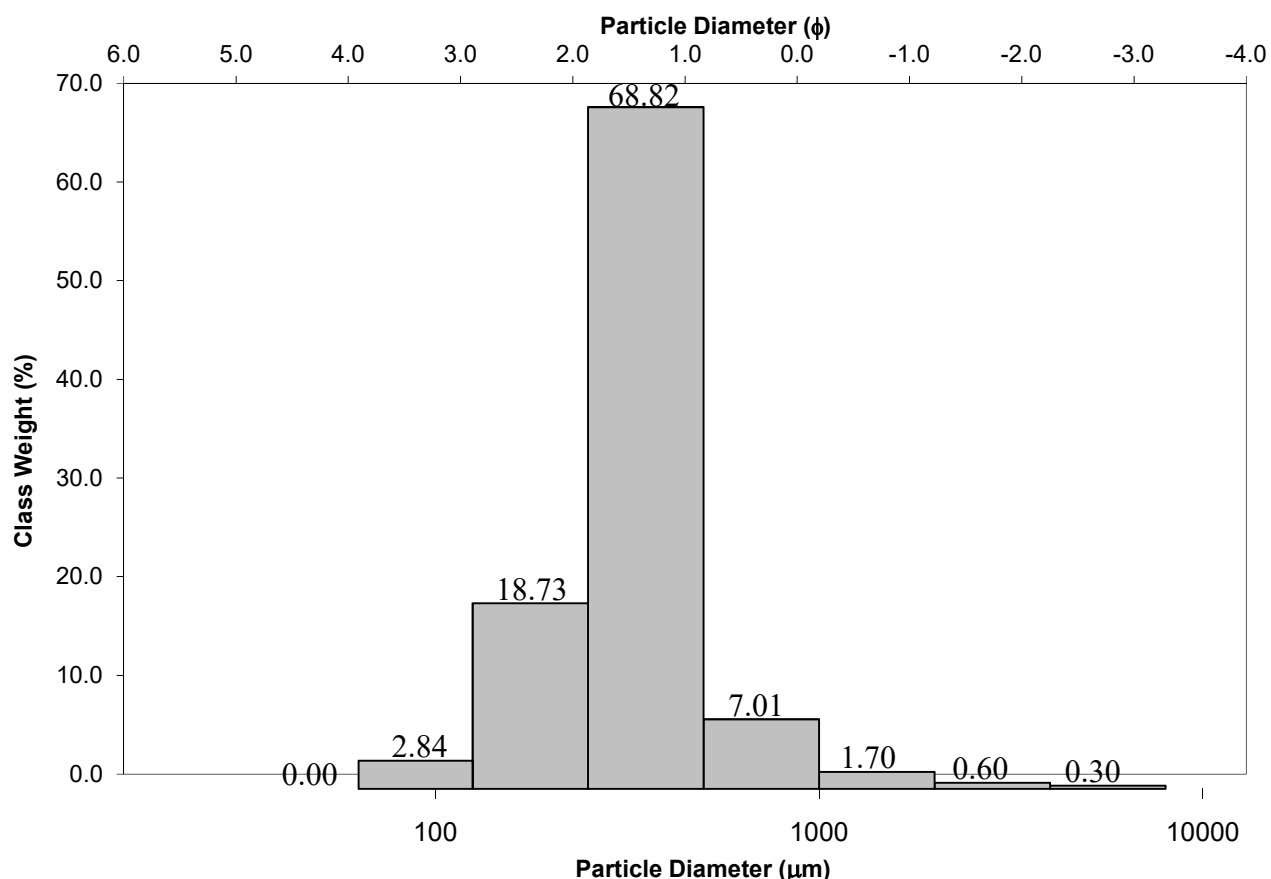
ANALYST & DATE: GAMMA, 6/10/2022

SAMPLE TYPE: Unimodal, Moderately Well Sorted

TEXTURAL GROUP: Slightly Gravelly Sand

SEDIMENT NAME: Slightly Very Fine Gravelly Medium Sand

	μm	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	375.0	1.500	GRAVEL: 0.9%	COARSE SAND: 7.0%		
MODE 2:			SAND: 99.1%	MEDIUM SAND: 68.8%		
MODE 3:			MUD: 0.0%	FINE SAND: 18.7%		
D ₁₀ :	163.1	1.006		V FINE SAND: 2.8%		
MEDIAN or D ₅₀ :	333.0	1.587	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 0.0%		
D ₉₀ :	498.1	2.616	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D ₉₀ / D ₁₀):	3.054	2.602	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
(D ₉₀ - D ₁₀):	335.0	1.611	FINE GRAVEL: 0.3%	FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ / D ₂₅):	1.654	1.594	V FINE GRAVEL: 0.6%	V FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ - D ₂₅):	169.4	0.726	V COARSE SAND: 1.7%	CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN ($\bar{x}$):	410.1	327.8	1.609	316.8	1.658	Medium Sand
SORTING (σ):	419.0	1.654	0.726	1.609	0.686	Moderately Well Sorted
SKEWNESS (Sk):	8.856	0.849	-0.849	-0.100	0.100	Symmetrical
KURTOSIS (K):	104.9	8.388	8.388	1.434	1.434	Leptokurtic

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

SIEVING ERROR: 0.0%

SAMPLE STATISTICSSAMPLE IDENTITY: **RB 6**

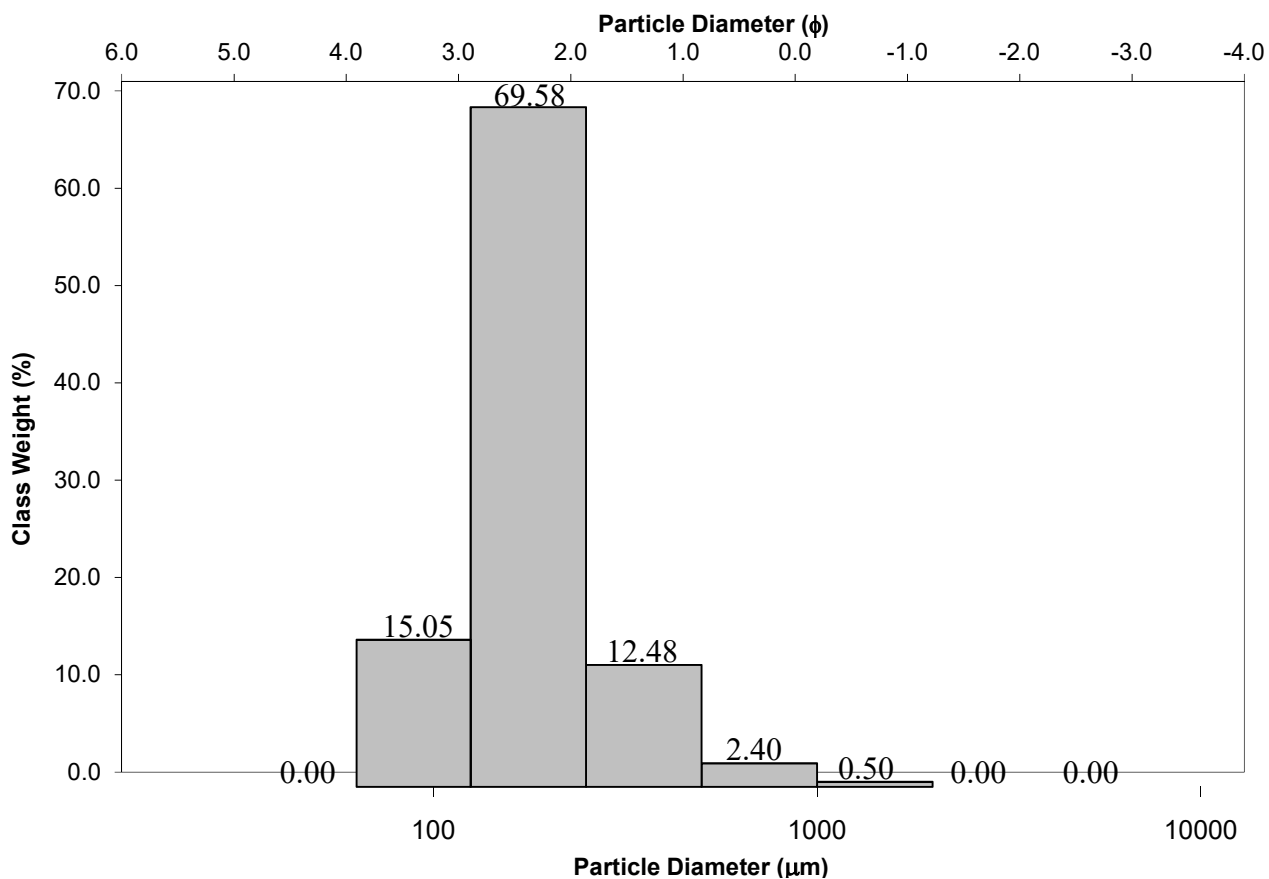
ANALYST & DATE: GAMMA, 6/10/2022

SAMPLE TYPE: Unimodal, Moderately Well Sorted

TEXTURAL GROUP: Sand

SEDIMENT NAME: Moderately Well Sorted Fine Sand

	μm	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	187.5	2.500	GRAVEL: 0.0%	COARSE SAND: 2.4%		
MODE 2:			SAND: 100.0%	MEDIUM SAND: 12.5%		
MODE 3:			MUD: 0.0%	FINE SAND: 69.7%		
D ₁₀ :	99.78	1.568		V FINE SAND: 14.9%		
MEDIAN or D ₅₀ :	177.2	2.496	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 0.0%		
D ₉₀ :	337.3	3.325	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D ₉₀ / D ₁₀):	3.380	2.121	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
(D ₉₀ - D ₁₀):	237.5	1.757	FINE GRAVEL: 0.0%	FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ / D ₂₅):	1.644	1.336	V FINE GRAVEL: 0.0%	V FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ - D ₂₅):	89.03	0.717	V COARSE SAND: 0.5%	CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN ($\bar{x}$):	217.1	181.7	2.460	177.2	2.496	Fine Sand
SORTING (σ):	145.0	1.560	0.642	1.538	0.621	Moderately Well Sorted
SKEWNESS (Sk):	4.718	0.970	-0.970	0.034	-0.034	Symmetrical
KURTOSIS (K):	35.26	5.987	5.987	1.422	1.422	Leptokurtic

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

SIEVING ERROR: 0.0%

SAMPLE STATISTICSSAMPLE IDENTITY: **RB 7**

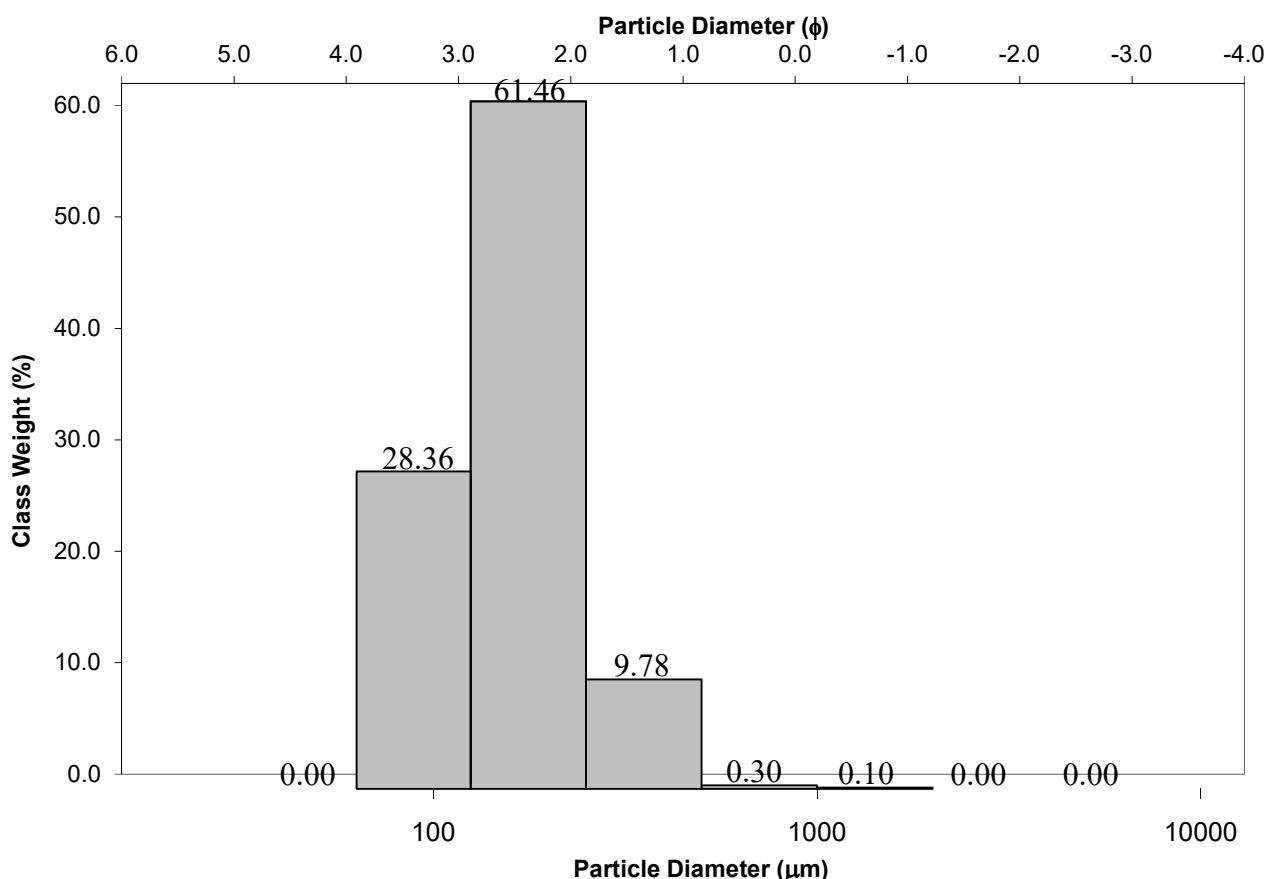
ANALYST & DATE: GAMMA, 6/10/2022

SAMPLE TYPE: Unimodal, Moderately Well Sorted

TEXTURAL GROUP: Sand

SEDIMENT NAME: Moderately Well Sorted Fine Sand

	μm	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	187.5	2.500	GRAVEL: 0.0%	COARSE SAND: 0.3%		
MODE 2:			SAND: 100.0%	MEDIUM SAND: 9.8%		
MODE 3:			MUD: 0.0%	FINE SAND: 61.7%		
D ₁₀ :	80.38	1.979		V FINE SAND: 28.1%		
MEDIAN or D ₅₀ :	159.8	2.645	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 0.0%		
D ₉₀ :	253.7	3.637	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D ₉₀ / D ₁₀):	3.157	1.838	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
(D ₉₀ - D ₁₀):	173.4	1.659	FINE GRAVEL: 0.0%	FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ / D ₂₅):	1.828	1.388	V FINE GRAVEL: 0.0%	V FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ - D ₂₅):	95.88	0.870	V COARSE SAND: 0.1%	CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN ($\bar{x}$):	182.6	156.8	2.673	151.6	2.722	Fine Sand
SORTING (σ):	92.51	1.522	0.606	1.611	0.688	Moderately Well Sorted
SKEWNESS (Sk):	4.219	0.305	-0.305	-0.084	0.084	Symmetrical
KURTOSIS (K):	47.49	3.575	3.575	1.104	1.104	Mesokurtic

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

SIEVING ERROR: 0.0%

SAMPLE STATISTICSSAMPLE IDENTITY: **RB 8**

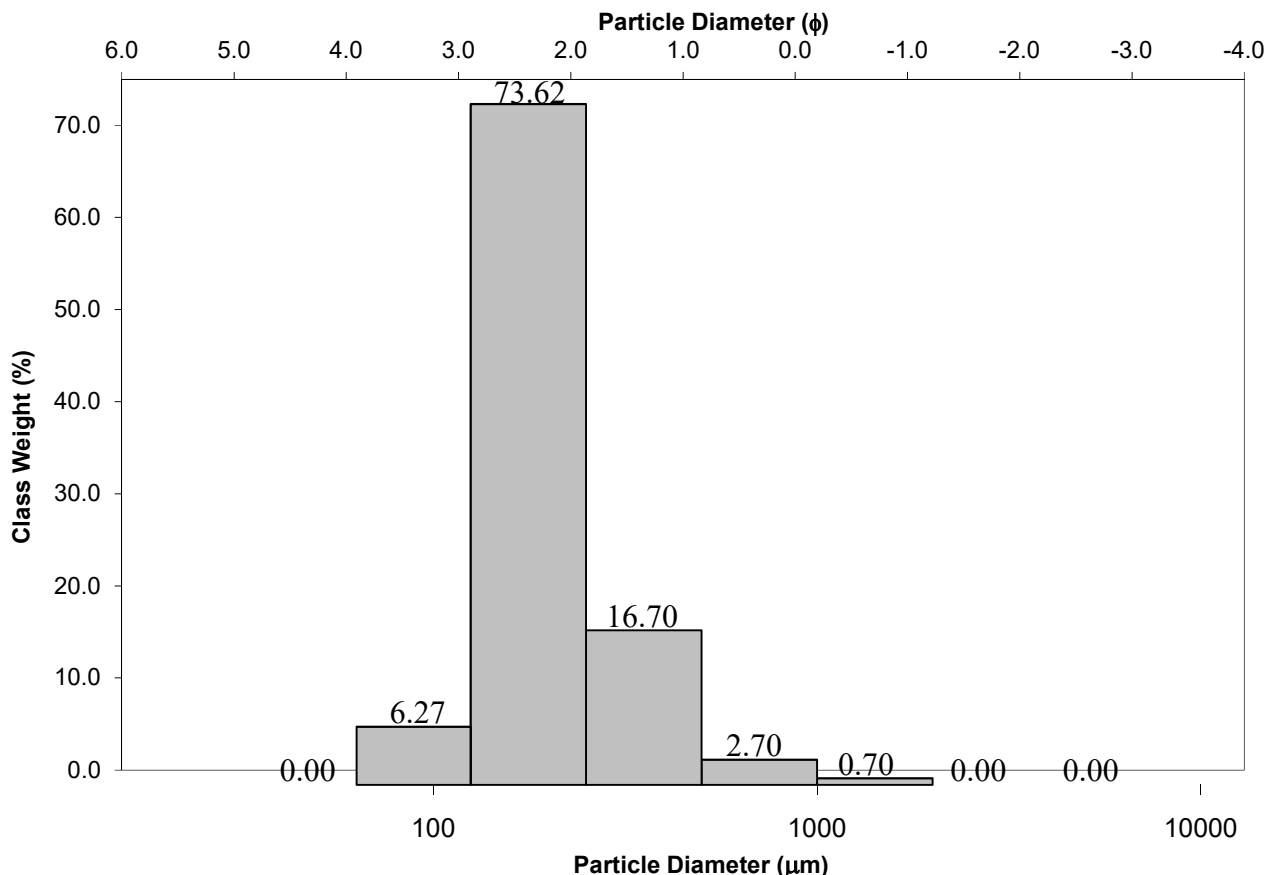
ANALYST & DATE: GAMMA, 6/10/2022

SAMPLE TYPE: Unimodal, Moderately Well Sorted

TEXTURAL GROUP: Sand

SEDIMENT NAME: Moderately Well Sorted Fine Sand

	μm	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	187.5	2.500	GRAVEL: 0.0%	COARSE SAND: 2.7%		
MODE 2:			SAND: 100.0%	MEDIUM SAND: 16.7%		
MODE 3:			MUD: 0.0%	FINE SAND: 73.7%		
D ₁₀ :	129.5	1.395		V FINE SAND: 6.2%		
MEDIAN or D ₅₀ :	188.7	2.406	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 0.0%		
D ₉₀ :	380.3	2.949	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D ₉₀ / D ₁₀):	2.936	2.114	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
(D ₉₀ - D ₁₀):	250.8	1.554	FINE GRAVEL: 0.0%	FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ / D ₂₅):	1.601	1.328	V FINE GRAVEL: 0.0%	V FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ - D ₂₅):	89.60	0.679	V COARSE SAND: 0.7%	CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN ($\bar{x}$):	237.4	200.3	2.319	197.2	2.342	Fine Sand
SORTING (σ):	156.7	1.522	0.606	1.512	0.596	Moderately Well Sorted
SKEWNESS (Sk):	4.655	1.380	-1.380	0.210	-0.210	Coarse Skewed
KURTOSIS (K):	32.79	6.926	6.926	1.266	1.266	Leptokurtic

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

SIEVING ERROR: 0.0%

SAMPLE STATISTICSSAMPLE IDENTITY: **RB 9**

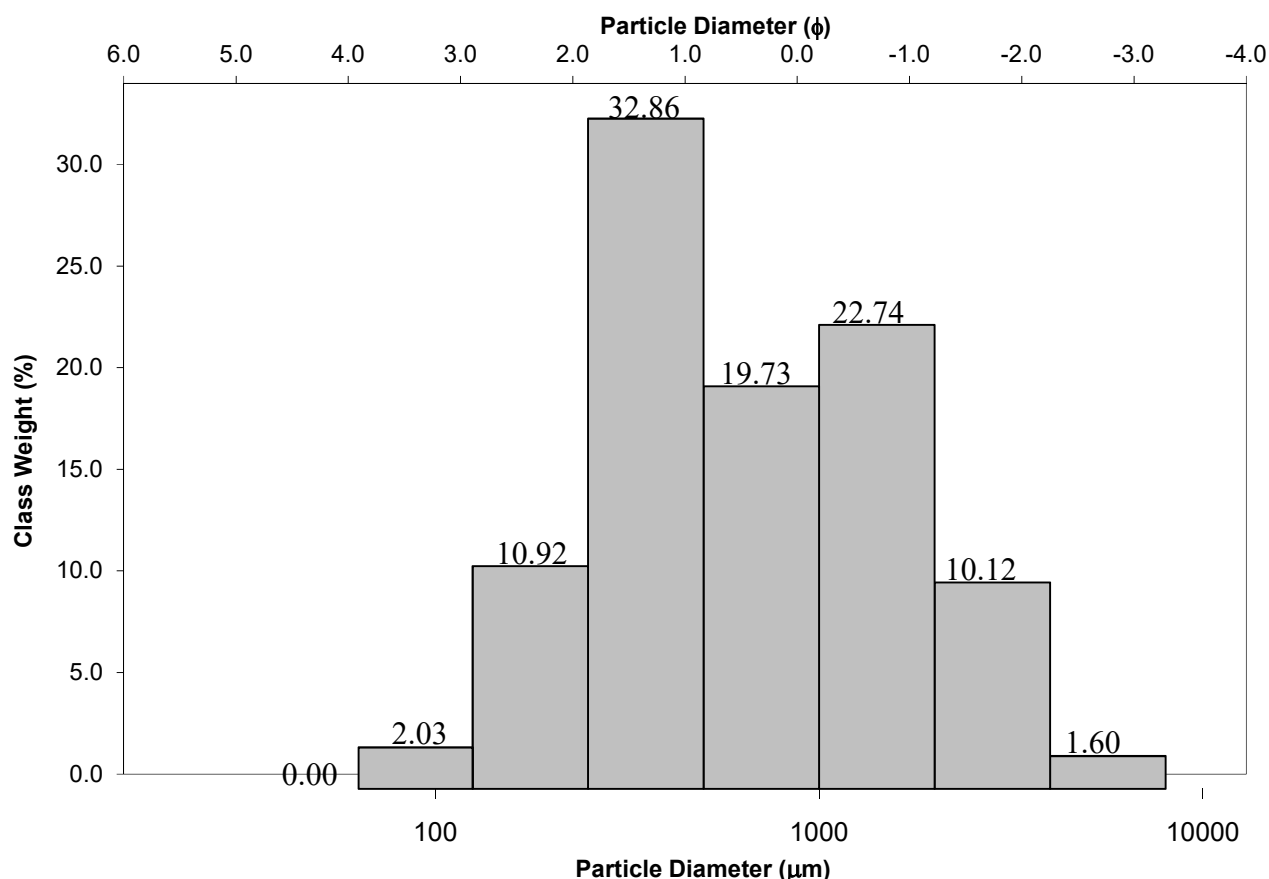
ANALYST & DATE: GAMMA, 6/10/2022

SAMPLE TYPE: Bimodal, Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand

SEDIMENT NAME: Very Fine Gravelly Medium Sand

	μm	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	375.0	1.500	GRAVEL: 11.7%	COARSE SAND: 19.7%		
MODE 2:	1500.0	-0.500	SAND: 88.3%	MEDIUM SAND: 32.9%		
MODE 3:			MUD: 0.0%	FINE SAND: 10.9%		
D ₁₀ :	207.6	-1.170		V FINE SAND: 2.0%		
MEDIAN or D ₅₀ :	579.6	0.787	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 0.0%		
D ₉₀ :	2250.6	2.268	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D ₉₀ / D ₁₀):	10.84	-1.938	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
(D ₉₀ - D ₁₀):	2042.9	3.438	FINE GRAVEL: 1.6%	FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ / D ₂₅):	4.138	-3.922	V FINE GRAVEL: 10.1%	V FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ - D ₂₅):	1012.0	2.049	V COARSE SAND: 22.7%	CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN ($\bar{x}$):	1034.6	646.6	0.629	647.5	0.627	Coarse Sand
SORTING (σ):	1044.3	2.472	1.306	2.540	1.345	Poorly Sorted
SKEWNESS (Sk):	2.258	0.176	-0.176	0.146	-0.146	Coarse Skewed
KURTOSIS (K):	9.587	2.361	2.361	0.878	0.878	Platykurtic

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

ANEXO II

Cuenca Great Sister

Resultados del Análisis Granulométrico

SIEVING ERROR: 0.0%

SAMPLE STATISTICSSAMPLE IDENTITY: **109**

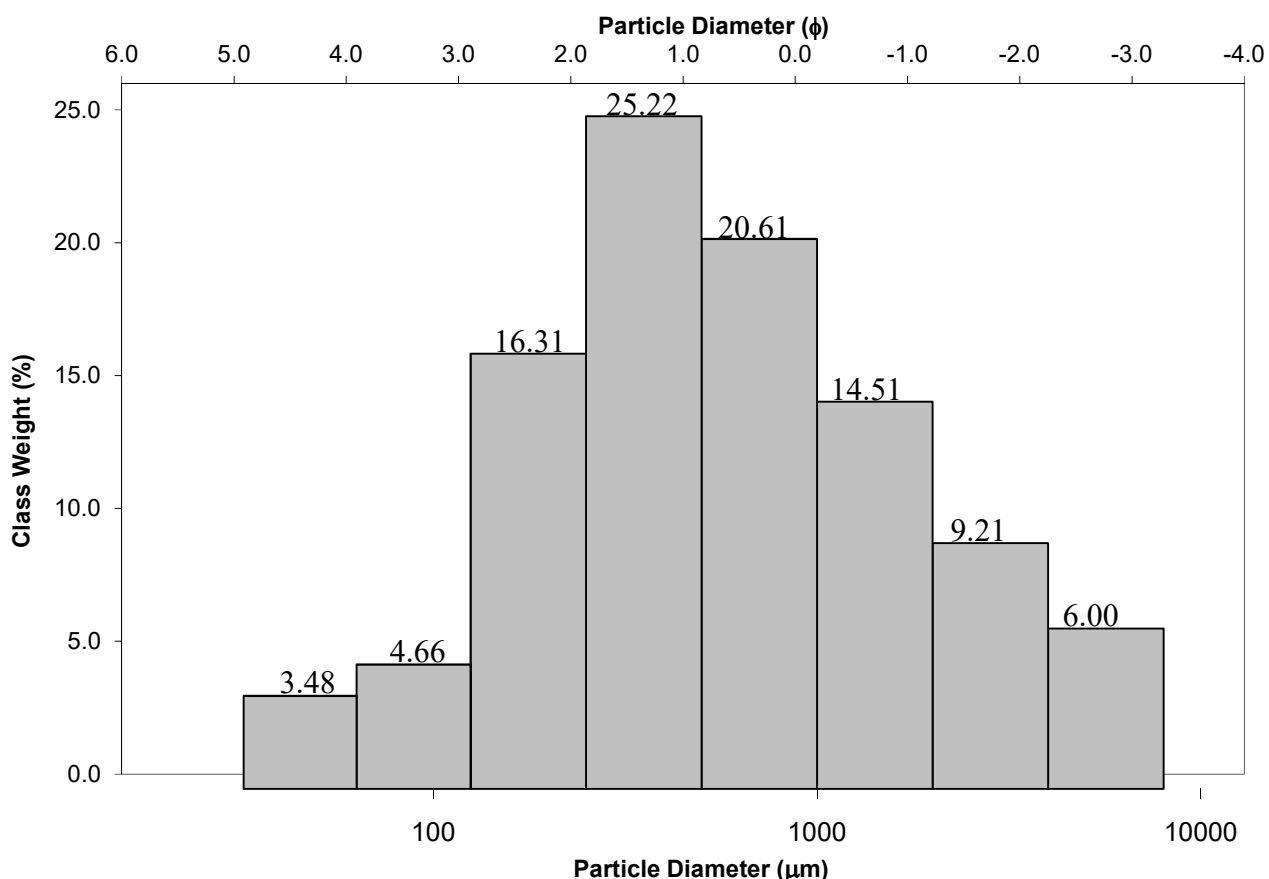
ANALYST & DATE: GAMMA, 6/10/2022

SAMPLE TYPE: Unimodal, Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand

SEDIMENT NAME: Very Fine Gravelly Medium Sand

	μm	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	375.0	1.500	GRAVEL: 15.2%	COARSE SAND: 20.6%		
MODE 2:			SAND: 81.4%	MEDIUM SAND: 25.3%		
MODE 3:			MUD: 3.4%	FINE SAND: 16.3%		
D_{10} :	136.0	-1.567		V FINE SAND: 4.6%		
MEDIAN or D_{50} :	506.8	0.981	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 3.4%		
D_{90} :	2963.7	2.879	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D_{90} / D_{10}) :	21.79	-1.837	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
$(D_{90} - D_{10})$:	2827.7	4.446	FINE GRAVEL: 6.0%	FINE SILT: 0.0%		
(D_{75} / D_{25}) :	4.931	-6.027	V FINE GRAVEL: 9.2%	V FINE SILT: 0.0%		
$(D_{75} - D_{25})$:	1000.4	2.302	V COARSE SAND: 14.5%	CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN ($\bar{x}$):	1141.3	557.6	0.843	555.5	0.848	Coarse Sand
SORTING (σ):	1475.2	3.187	1.672	3.353	1.746	Poorly Sorted
SKEWNESS (Sk):	2.221	0.103	-0.103	0.099	-0.099	Symmetrical
KURTOSIS (K):	7.377	2.592	2.592	1.035	1.035	Mesokurtic

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

SIEVING ERROR: 0.0%

SAMPLE STATISTICSSAMPLE IDENTITY: **110**

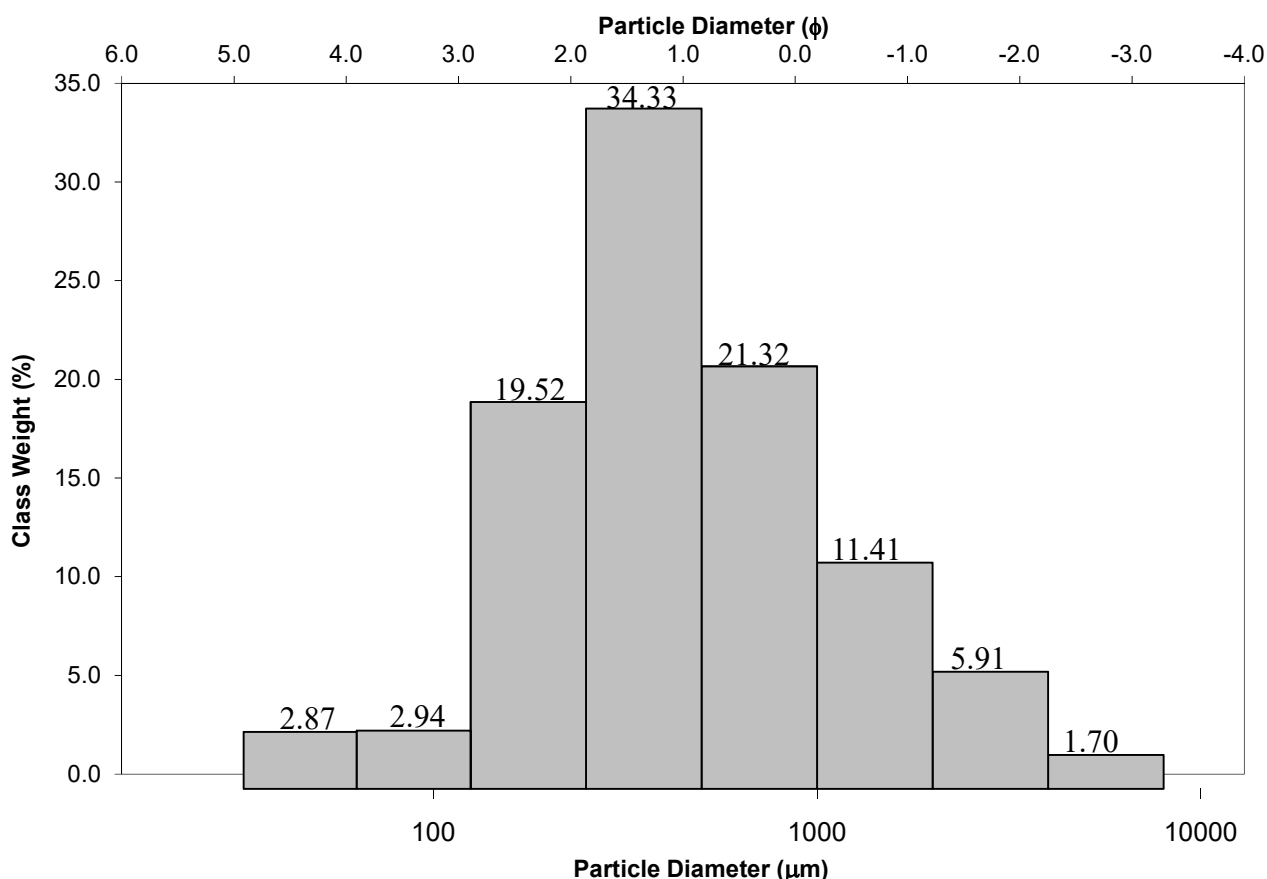
ANALYST & DATE: GAMMA, 6/10/2022

SAMPLE TYPE: Unimodal, Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand

SEDIMENT NAME: Very Fine Gravelly Medium Sand

	μm	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	375.0	1.500	GRAVEL: 7.6%	COARSE SAND: 21.3%		
MODE 2:			SAND: 89.6%	MEDIUM SAND: 34.4%		
MODE 3:			MUD: 2.8%	FINE SAND: 19.5%		
D ₁₀ :	145.5	-0.791		V FINE SAND: 2.9%		
MEDIAN or D ₅₀ :	411.8	1.280	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 2.8%		
D ₉₀ :	1730.5	2.781	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D ₉₀ / D ₁₀):	11.89	-3.514	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
(D ₉₀ - D ₁₀):	1585.0	3.572	FINE GRAVEL: 1.7%	FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ / D ₂₅):	3.325	7.206	V FINE GRAVEL: 5.9%	V FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ - D ₂₅):	576.2	1.733	V COARSE SAND: 11.4%	CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN ($\bar{x}$):	780.6	450.8	1.149	446.8	1.162	Medium Sand
SORTING (σ):	984.2	2.607	1.383	2.629	1.395	Poorly Sorted
SKEWNESS (Sk):	3.175	0.225	-0.225	0.145	-0.145	Coarse Skewed
KURTOSIS (K):	15.09	3.227	3.227	1.108	1.108	Mesokurtic

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

SIEVING ERROR: 0.0%

SAMPLE STATISTICSSAMPLE IDENTITY: **111**

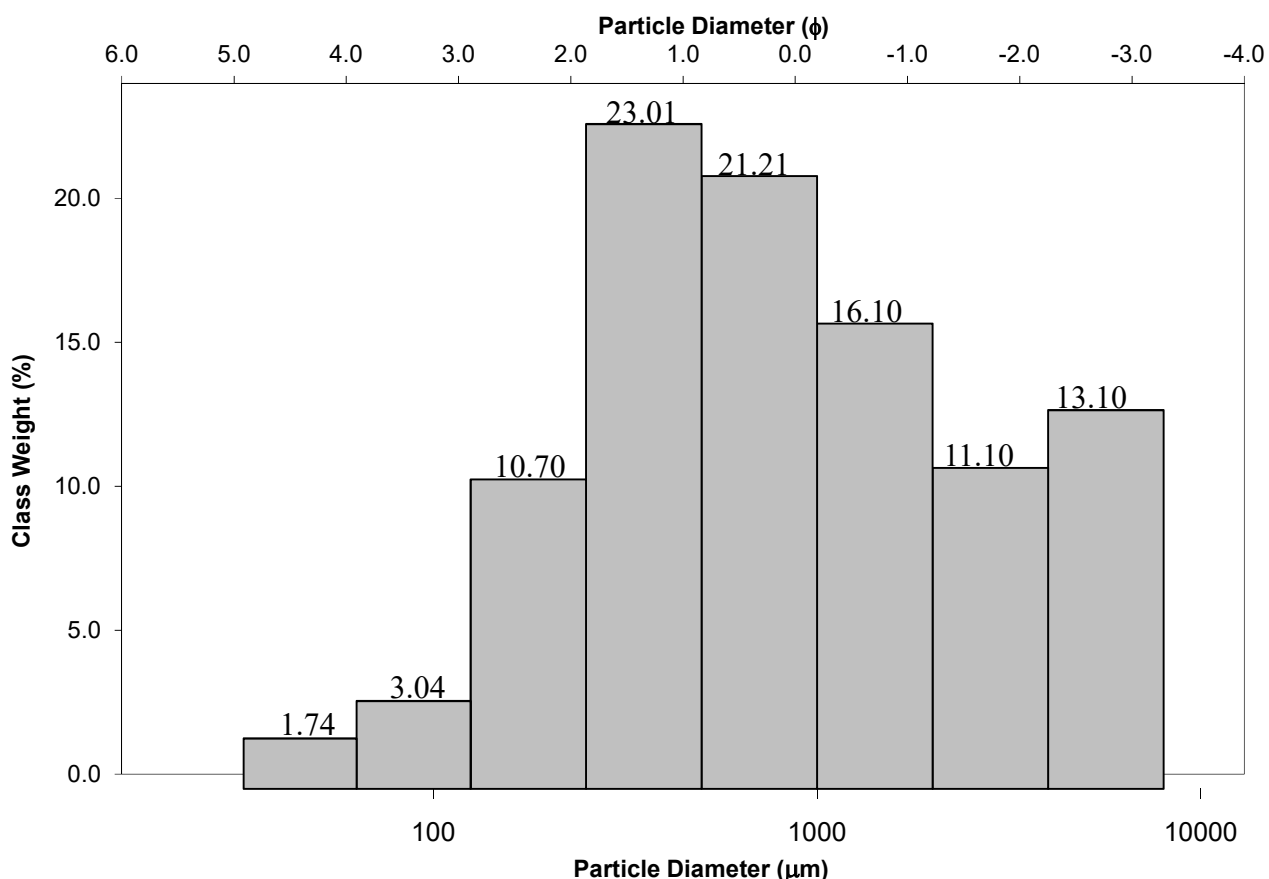
ANALYST & DATE: GAMMA, 6/10/2022

SAMPLE TYPE: Bimodal, Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand

SEDIMENT NAME: Fine Gravelly Medium Sand

	μm	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	375.0	1.500	GRAVEL: 24.2%	COARSE SAND: 21.2%		
MODE 2:	6000.0	-2.500	SAND: 74.1%	MEDIUM SAND: 23.0%		
MODE 3:			MUD: 1.7%	FINE SAND: 10.7%		
D ₁₀ :	176.1	-2.237		V FINE SAND: 3.0%		
MEDIAN or D ₅₀ :	729.4	0.455	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 1.7%		
D ₉₀ :	4715.5	2.506	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D ₉₀ / D ₁₀):	26.78	-1.120	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
(D ₉₀ - D ₁₀):	4539.4	4.743	FINE GRAVEL: 13.1%	FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ / D ₂₅):	5.798	-1.664	V FINE GRAVEL: 11.1%	V FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ - D ₂₅):	1600.7	2.536	V COARSE SAND: 16.1%	CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN ($\bar{x}$):	1631.1	798.2	0.325	852.7	0.230	Coarse Sand
SORTING (σ):	1891.8	3.290	1.718	3.424	1.776	Poorly Sorted
SKEWNESS (Sk):	1.495	0.015	-0.015	0.141	-0.141	Coarse Skewed
KURTOSIS (K):	3.873	2.361	2.361	0.904	0.904	Mesokurtic

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

SIEVING ERROR: 0.0%

SAMPLE STATISTICSSAMPLE IDENTITY: **112**

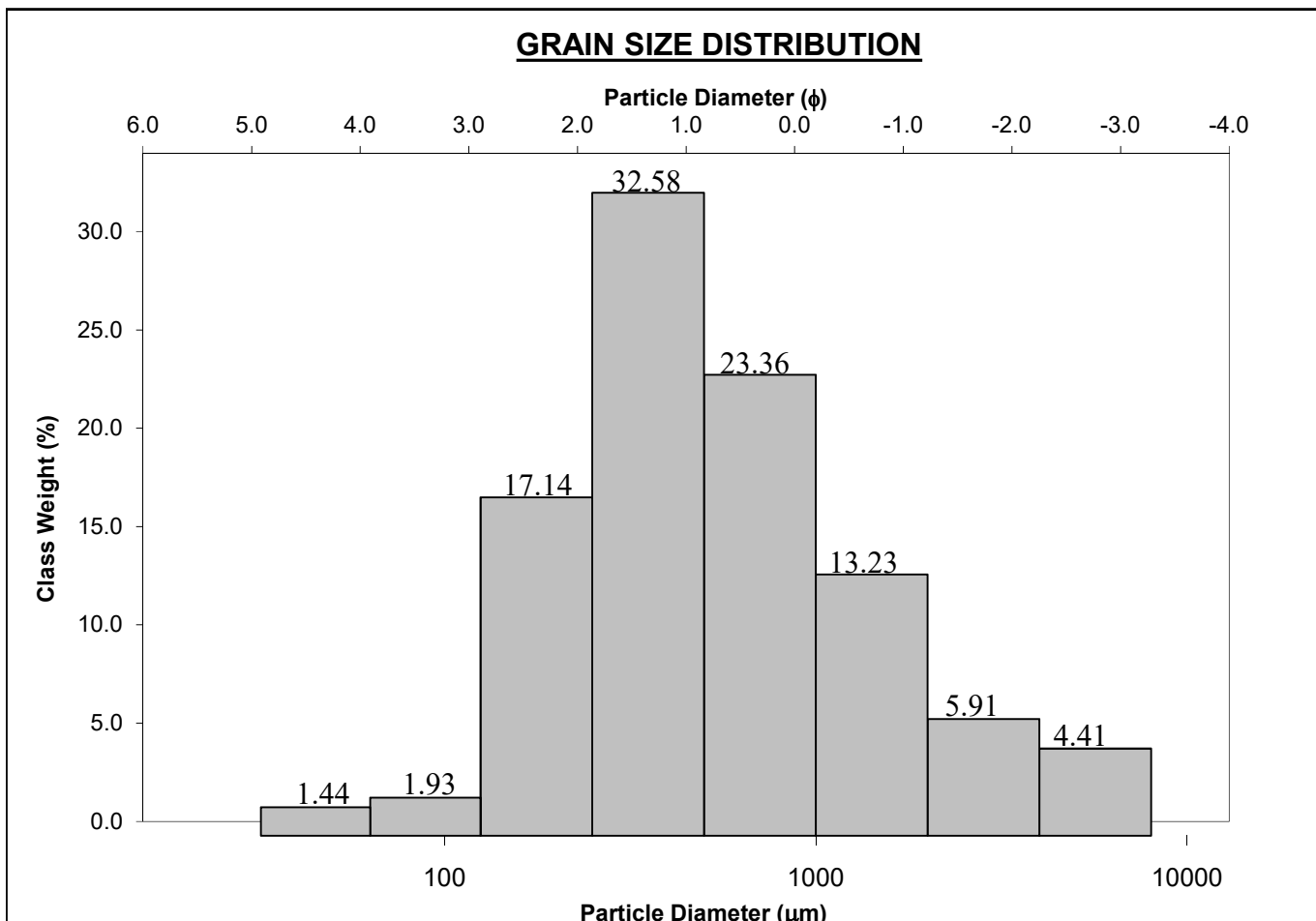
ANALYST & DATE: GAMMA, 6/10/2022

SAMPLE TYPE: Unimodal, Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand

SEDIMENT NAME: Very Fine Gravelly Medium Sand

	μm	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	375.0	1.500	GRAVEL: 10.3%	COARSE SAND: 23.4%		
MODE 2:			SAND: 88.3%	MEDIUM SAND: 32.6%		
MODE 3:			MUD: 1.4%	FINE SAND: 17.2%		
D_{10} :	163.8	-1.056		V FINE SAND: 1.9%		
MEDIAN or D_{50} :	468.5	1.094	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 1.4%		
D_{90} :	2079.1	2.610	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D_{90} / D_{10}) :	12.69	-2.472	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
$(D_{90} - D_{10})$:	1915.3	3.666	FINE GRAVEL: 4.4%	FINE SILT: 0.0%		
(D_{75} / D_{25}) :	3.481	30.43	V FINE GRAVEL: 5.9%	V FINE SILT: 0.0%		
$(D_{75} - D_{25})$:	683.2	1.800	V COARSE SAND: 13.2%	CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN ($\bar{x}$):	973.1	536.3	0.899	525.8	0.927	Coarse Sand
SORTING (σ):	1286.8	2.673	1.419	2.705	1.436	Poorly Sorted
SKEWNESS (Sk):	2.787	0.412	-0.412	0.212	-0.212	Coarse Skewed
KURTOSIS (K):	10.69	3.136	3.136	1.094	1.094	Mesokurtic



SIEVING ERROR: 0.0%

SAMPLE STATISTICSSAMPLE IDENTITY: **113**

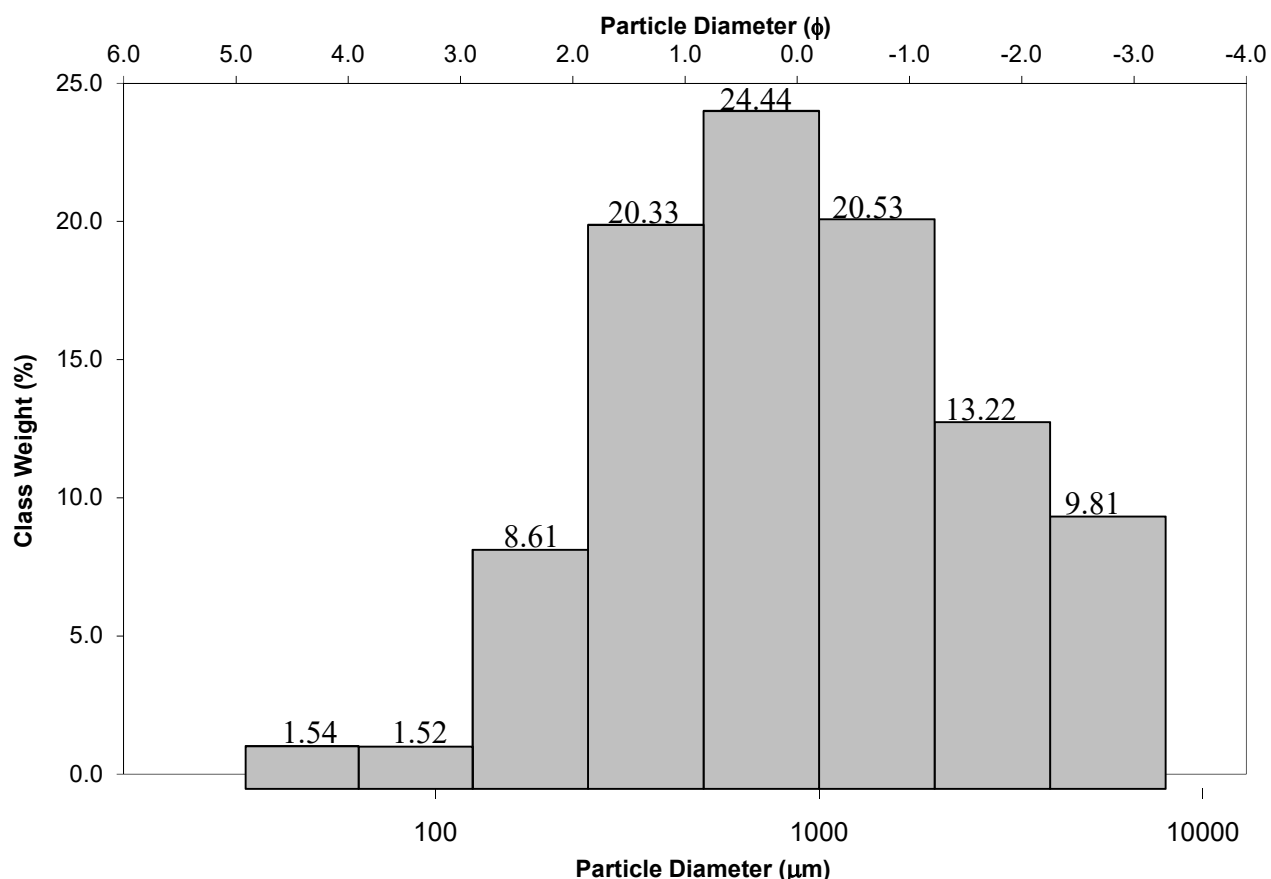
ANALYST & DATE: GAMMA, 6/10/2022

SAMPLE TYPE: Unimodal, Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand

SEDIMENT NAME: Very Fine Gravelly Coarse Sand

	μm	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	750.0	0.500	GRAVEL: 23.0%	COARSE SAND: 24.4%		
MODE 2:			SAND: 75.5%	MEDIUM SAND: 20.3%		
MODE 3:			MUD: 1.5%	FINE SAND: 8.6%		
D ₁₀ :	219.4	-1.986		V FINE SAND: 1.5%		
MEDIAN or D ₅₀ :	833.8	0.262	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 1.5%		
D ₉₀ :	3962.4	2.188	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D ₉₀ / D ₁₀):	18.06	-1.102	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
(D ₉₀ - D ₁₀):	3743.0	4.175	FINE GRAVEL: 9.8%	FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ / D ₂₅):	4.748	-1.483	V FINE GRAVEL: 13.2%	V FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ - D ₂₅):	1478.0	2.247	V COARSE SAND: 20.5%	CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN ($\bar{x}$):	1572.0	860.9	0.216	887.9	0.171	Coarse Sand
SORTING (σ):	1698.7	2.965	1.568	3.087	1.626	Poorly Sorted
SKEWNESS (Sk):	1.651	-0.115	0.115	0.065	-0.065	Symmetrical
KURTOSIS (K):	4.719	2.670	2.670	0.959	0.959	Mesokurtic

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

SIEVING ERROR: 0.0%

SAMPLE STATISTICSSAMPLE IDENTITY: **209**

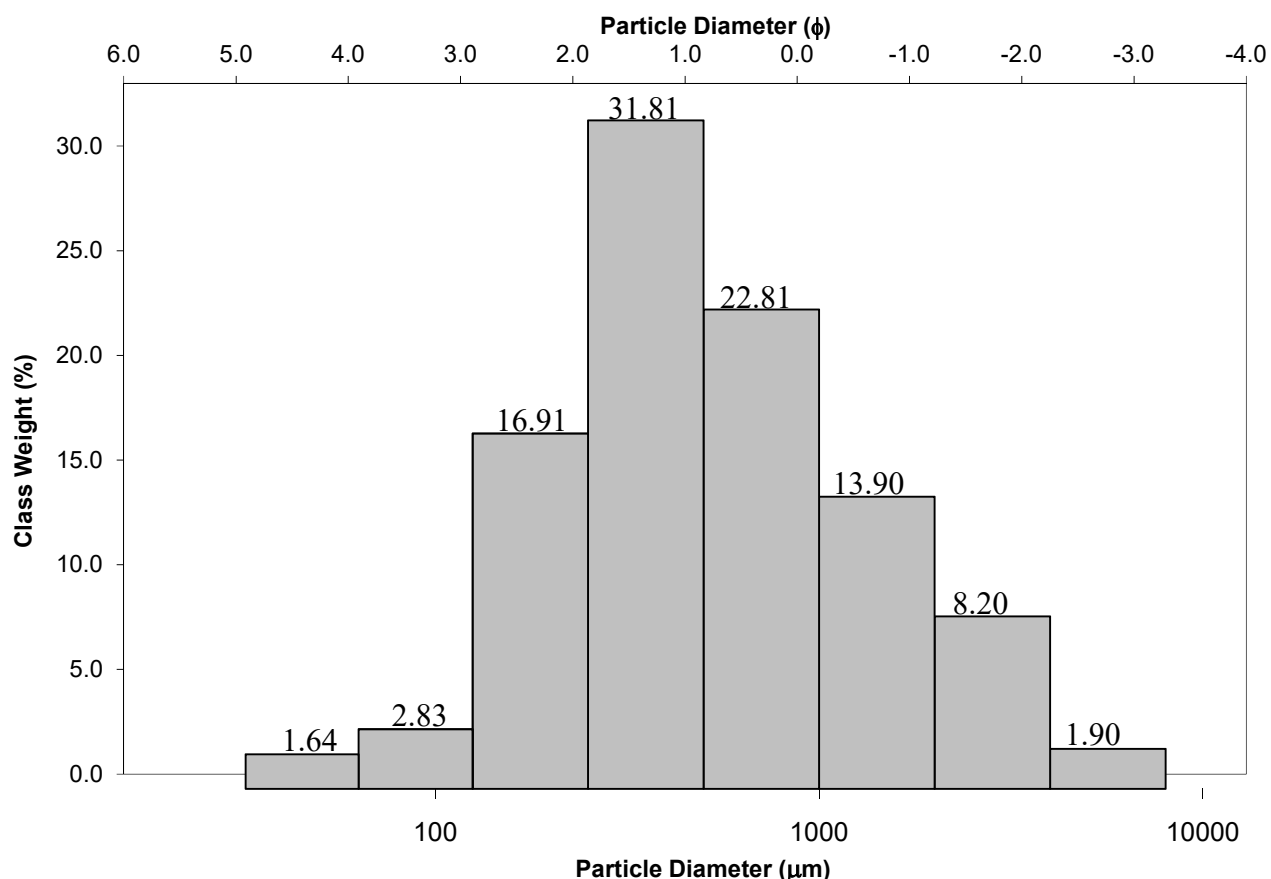
ANALYST & DATE: GAMMA, 6/10/2022

SAMPLE TYPE: Unimodal, Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand

SEDIMENT NAME: Very Fine Gravelly Medium Sand

	μm	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	375.0	1.500	GRAVEL: 10.1%	COARSE SAND: 22.8%		
MODE 2:			SAND: 88.3%	MEDIUM SAND: 31.8%		
MODE 3:			MUD: 1.6%	FINE SAND: 16.9%		
D ₁₀ :	157.2	-1.013		V FINE SAND: 2.8%		
MEDIAN or D ₅₀ :	466.8	1.099	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 1.6%		
D ₉₀ :	2018.7	2.669	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D ₉₀ / D ₁₀):	12.84	-2.634	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
(D ₉₀ - D ₁₀):	1861.5	3.683	FINE GRAVEL: 1.9%	FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ / D ₂₅):	3.584	44.07	V FINE GRAVEL: 8.2%	V FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ - D ₂₅):	699.9	1.842	V COARSE SAND: 13.9%	CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN ($\bar{x}$):	894.7	519.8	0.944	519.2	0.946	Coarse Sand
SORTING (σ):	1056.1	2.627	1.393	2.672	1.418	Poorly Sorted
SKEWNESS (Sk):	2.715	0.203	-0.203	0.173	-0.173	Coarse Skewed
KURTOSIS (K):	11.77	2.898	2.898	1.021	1.021	Mesokurtic

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

SIEVING ERROR: 0.0%

SAMPLE STATISTICSSAMPLE IDENTITY: **210**

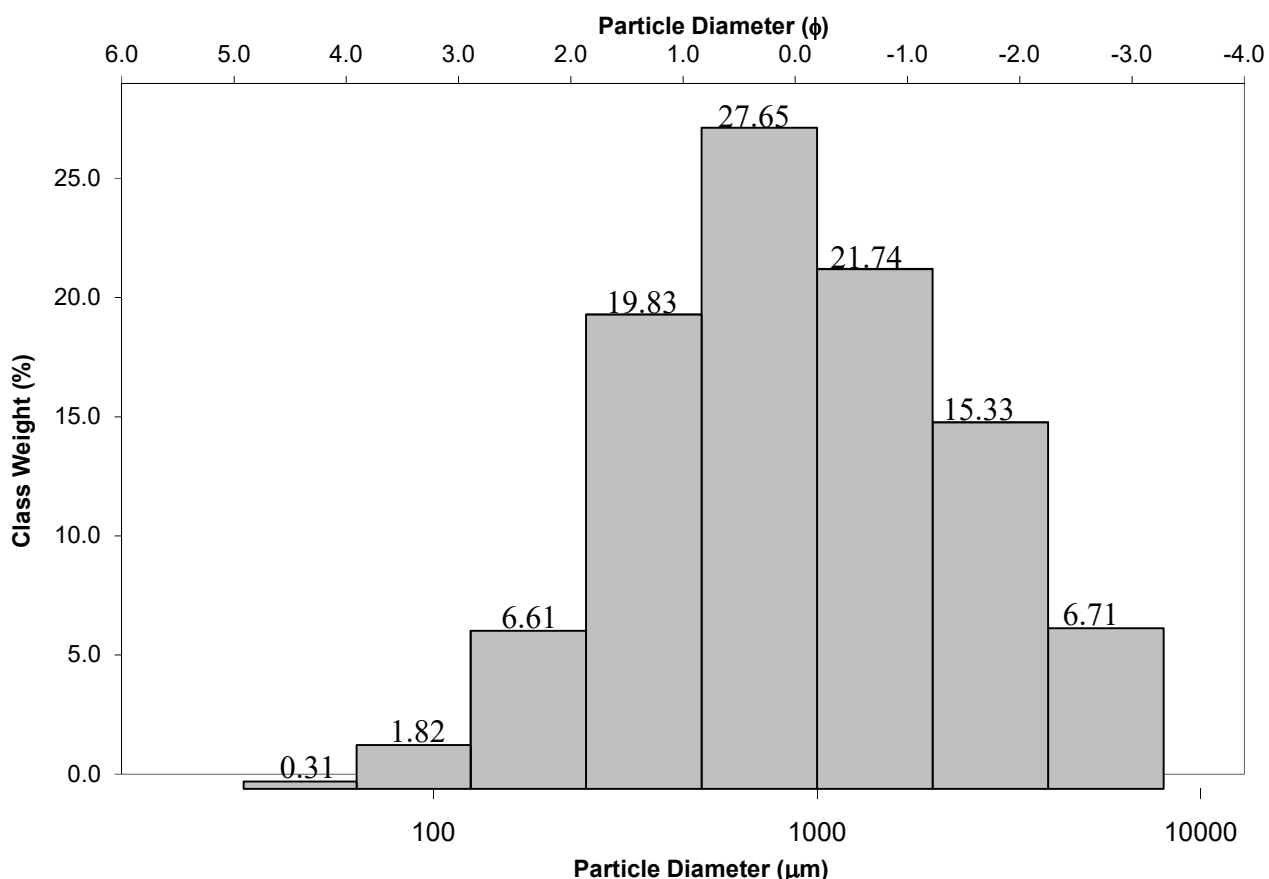
ANALYST & DATE: GAMMA, 6/10/2022

SAMPLE TYPE: Unimodal, Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand

SEDIMENT NAME: Very Fine Gravelly Coarse Sand

	μm	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	750.0	0.500	GRAVEL: 22.0%	COARSE SAND: 27.7%		
MODE 2:			SAND: 77.7%	MEDIUM SAND: 19.8%		
MODE 3:			MUD: 0.3%	FINE SAND: 6.6%		
D ₁₀ :	261.5	-1.786		V FINE SAND: 1.8%		
MEDIAN or D ₅₀ :	855.8	0.225	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 0.3%		
D ₉₀ :	3447.7	1.935	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D ₉₀ / D ₁₀):	13.19	-1.084	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
(D ₉₀ - D ₁₀):	3186.2	3.721	FINE GRAVEL: 6.7%	FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ / D ₂₅):	4.122	-1.365	V FINE GRAVEL: 15.3%	V FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ - D ₂₅):	1378.6	2.043	V COARSE SAND: 21.7%	CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN ($\bar{x}$):	1484.9	888.1	0.171	898.5	0.154	Coarse Sand
SORTING (σ):	1505.6	2.664	1.414	2.802	1.487	Poorly Sorted
SKEWNESS (Sk):	1.796	-0.054	0.054	0.050	-0.050	Symmetrical
KURTOSIS (K):	5.714	2.617	2.617	0.966	0.966	Mesokurtic

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

SIEVING ERROR: 0.0%

SAMPLE STATISTICSSAMPLE IDENTITY: **211**

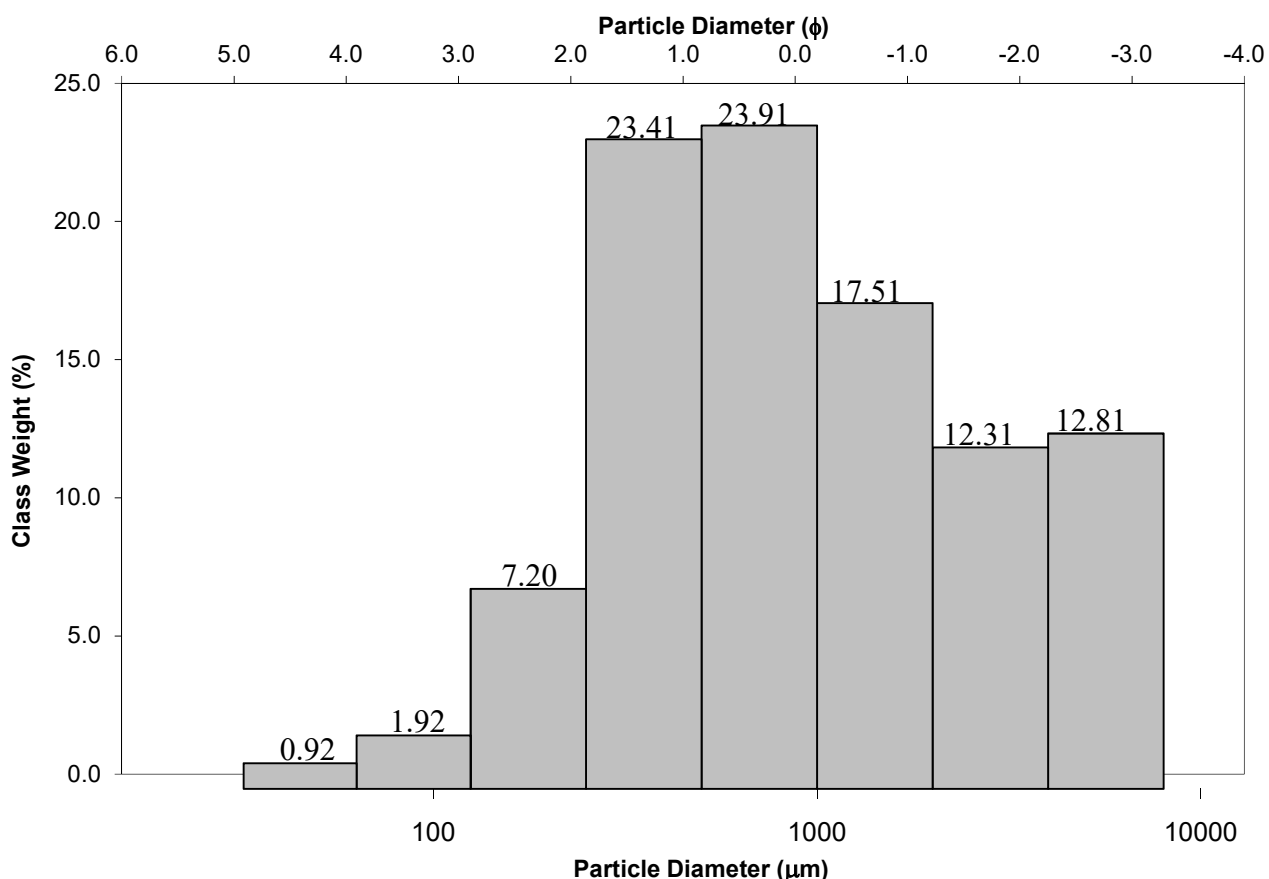
ANALYST & DATE: GAMMA, 6/10/2022

SAMPLE TYPE: Bimodal, Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand

SEDIMENT NAME: Fine Gravelly Coarse Sand

	μm	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	750.0	0.500	GRAVEL: 25.1%	COARSE SAND: 23.9%		
MODE 2:	6000.0	-2.500	SAND: 74.0%	MEDIUM SAND: 23.4%		
MODE 3:			MUD: 0.9%	FINE SAND: 7.2%		
D ₁₀ :	249.8	-2.220		V FINE SAND: 1.9%		
MEDIAN or D ₅₀ :	808.0	0.308	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 0.9%		
D ₉₀ :	4657.4	2.001	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D ₉₀ / D ₁₀):	18.65	-0.902	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
(D ₉₀ - D ₁₀):	4407.7	4.221	FINE GRAVEL: 12.8%	FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ / D ₂₅):	5.170	-1.346	V FINE GRAVEL: 12.3%	V FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ - D ₂₅):	1624.6	2.370	V COARSE SAND: 17.5%	CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN ($\bar{x}$):	1683.9	891.7	0.165	930.7	0.104	Coarse Sand
SORTING (σ):	1857.3	3.021	1.595	3.193	1.675	Poorly Sorted
SKEWNESS (Sk):	1.483	0.034	-0.034	0.138	-0.138	Coarse Skewed
KURTOSIS (K):	3.887	2.438	2.438	0.917	0.917	Mesokurtic

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

SIEVING ERROR: 0.0%

SAMPLE STATISTICSSAMPLE IDENTITY: **212**

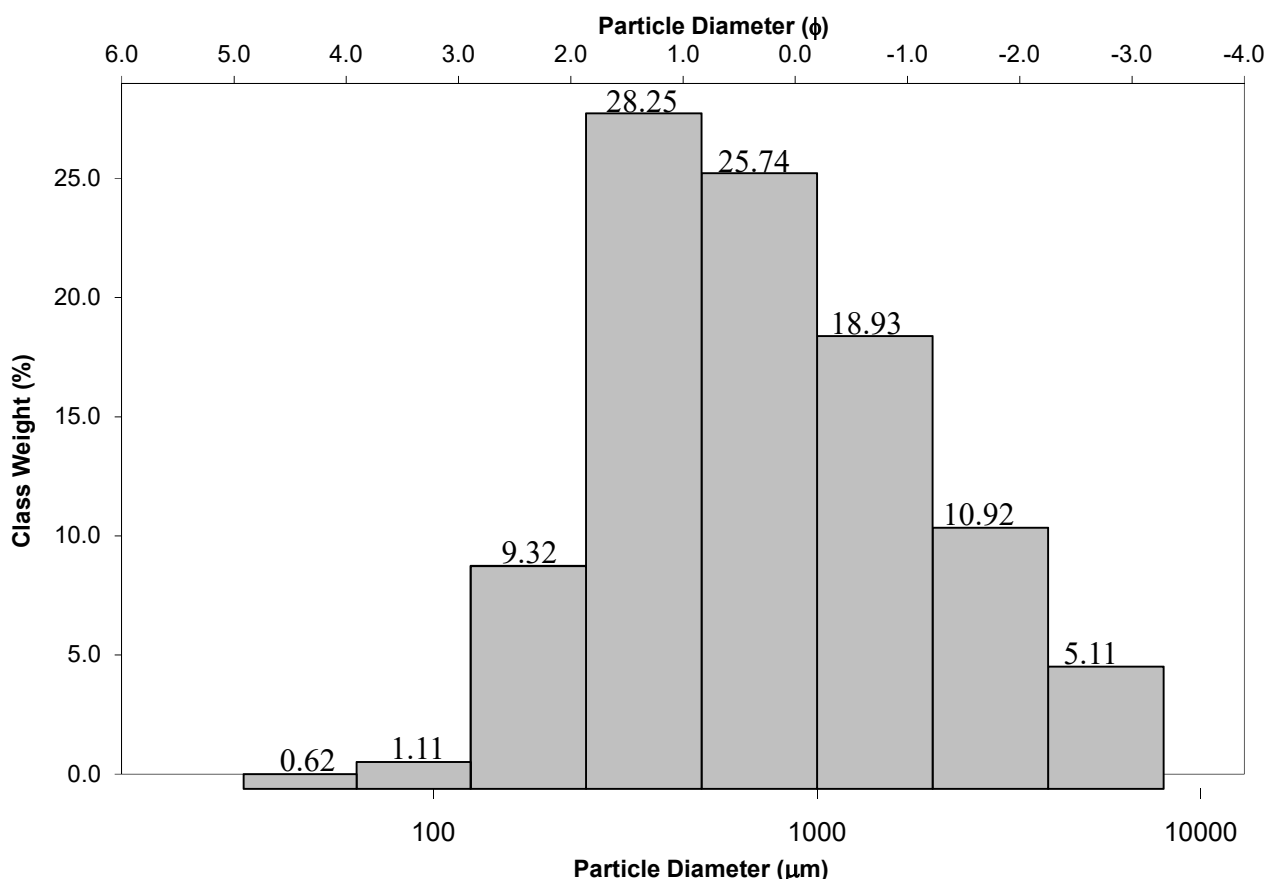
ANALYST & DATE: GAMMA, 6/10/2022

SAMPLE TYPE: Unimodal, Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand

SEDIMENT NAME: Very Fine Gravelly Medium Sand

	μm	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	375.0	1.500	GRAVEL: 16.0%	COARSE SAND: 25.8%		
MODE 2:			SAND: 83.4%	MEDIUM SAND: 28.3%		
MODE 3:			MUD: 0.6%	FINE SAND: 9.3%		
D ₁₀ :	231.7	-1.552		V FINE SAND: 1.1%		
MEDIAN or D ₅₀ :	667.3	0.584	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 0.6%		
D ₉₀ :	2932.8	2.110	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D ₉₀ / D ₁₀):	12.66	-1.359	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
(D ₉₀ - D ₁₀):	2701.1	3.662	FINE GRAVEL: 5.1%	FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ / D ₂₅):	4.089	-2.859	V FINE GRAVEL: 10.9%	V FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ - D ₂₅):	1088.1	2.032	V COARSE SAND: 18.9%	CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN ($\bar{x}$):	1236.2	724.6	0.465	722.9	0.468	Coarse Sand
SORTING (σ):	1381.5	2.622	1.391	2.665	1.414	Poorly Sorted
SKEWNESS (Sk):	2.194	0.199	-0.199	0.119	-0.119	Coarse Skewed
KURTOSIS (K):	7.602	2.713	2.713	0.942	0.942	Mesokurtic

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

SIEVING ERROR: 0.0%

SAMPLE STATISTICSSAMPLE IDENTITY: **213**

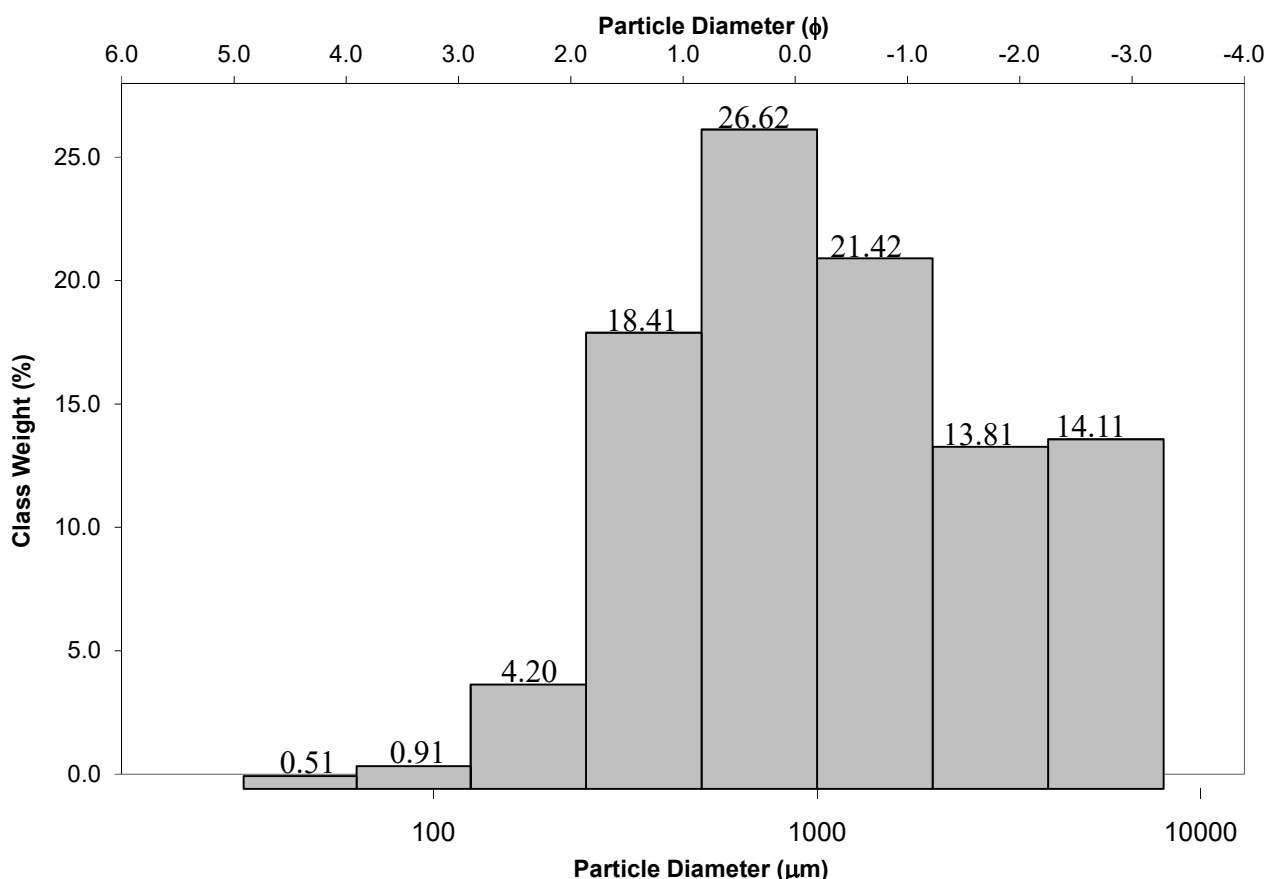
ANALYST & DATE: GAMMA, 6/10/2022

SAMPLE TYPE: Bimodal, Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand

SEDIMENT NAME: Fine Gravelly Coarse Sand

	μm	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	750.0	0.500	GRAVEL: 27.9%	COARSE SAND: 26.6%		
MODE 2:	6000.0	-2.500	SAND: 71.6%	MEDIUM SAND: 18.4%		
MODE 3:			MUD: 0.5%	FINE SAND: 4.2%		
D ₁₀ :	295.0	-2.291		V FINE SAND: 0.9%		
MEDIAN or D ₅₀ :	983.2	0.024	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 0.5%		
D ₉₀ :	4895.6	1.761	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D ₉₀ / D ₁₀):	16.60	-0.769	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
(D ₉₀ - D ₁₀):	4600.7	4.053	FINE GRAVEL: 14.1%	FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ / D ₂₅):	4.517	-0.795	V FINE GRAVEL: 13.8%	V FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ - D ₂₅):	1803.6	2.175	V COARSE SAND: 21.4%	CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN ($\bar{x}$):	1860.3	1070.9	-0.099	1097.7	-0.134	Very Coarse Sand
SORTING (σ):	1876.9	2.790	1.480	2.929	1.551	Poorly Sorted
SKEWNESS (Sk):	1.356	-0.030	0.030	0.130	-0.130	Coarse Skewed
KURTOSIS (K):	3.502	2.517	2.517	0.902	0.902	Mesokurtic

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

SIEVING ERROR: 0.0%

SAMPLE STATISTICSSAMPLE IDENTITY: **214**

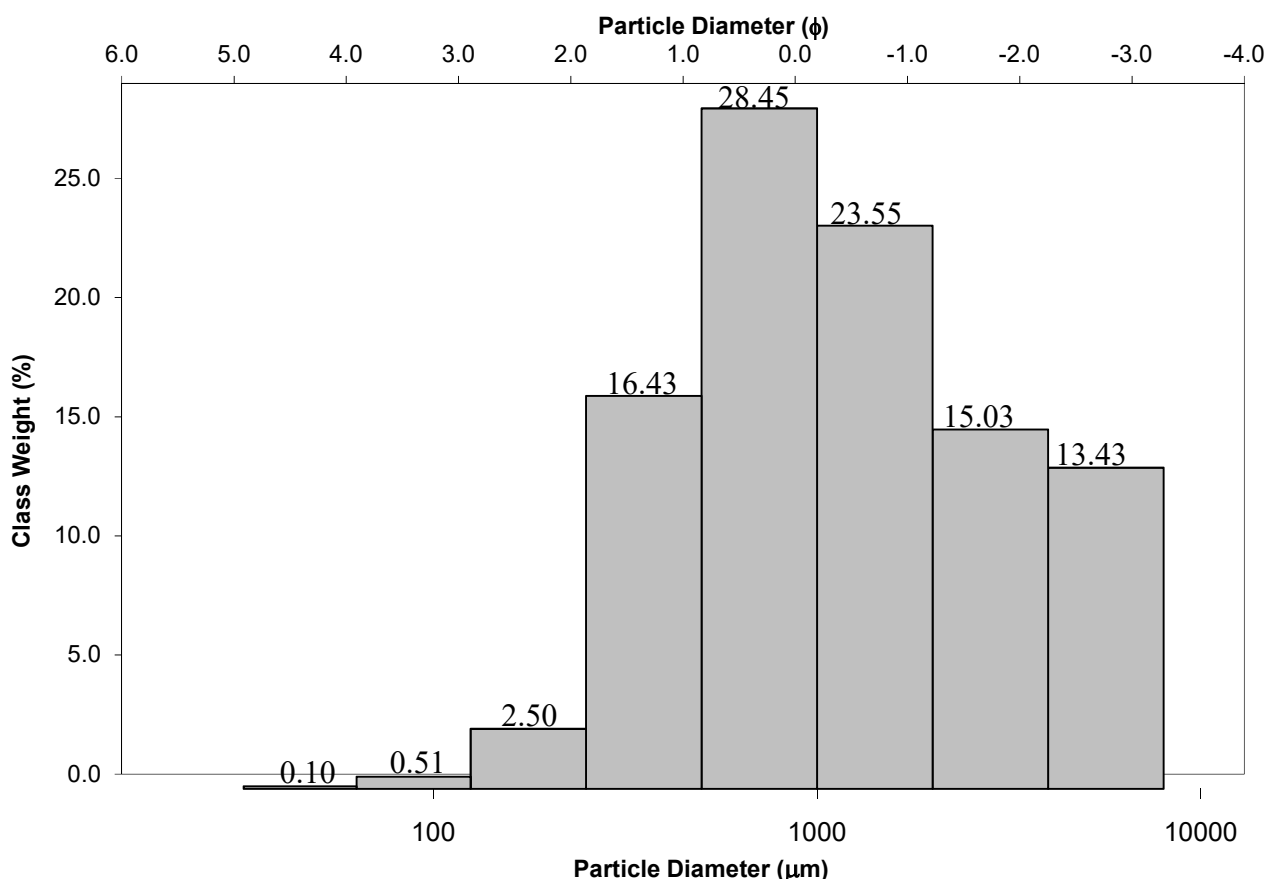
ANALYST & DATE: GAMMA, 6/10/2022

SAMPLE TYPE: Unimodal, Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand

SEDIMENT NAME: Very Fine Gravelly Coarse Sand

	μm	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	750.0	0.500	GRAVEL: 28.5%	COARSE SAND: 28.5%		
MODE 2:			SAND: 71.4%	MEDIUM SAND: 16.4%		
MODE 3:			MUD: 0.1%	FINE SAND: 2.5%		
D ₁₀ :	334.4	-2.255		V FINE SAND: 0.5%		
MEDIAN or D ₅₀ :	1060.8	-0.085	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 0.1%		
D ₉₀ :	4774.1	1.580	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D ₉₀ / D ₁₀):	14.28	-0.701	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
(D ₉₀ - D ₁₀):	4439.7	3.836	FINE GRAVEL: 13.4%	FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ / D ₂₅):	4.107	-0.657	V FINE GRAVEL: 15.0%	V FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ - D ₂₅):	1774.5	2.038	V COARSE SAND: 23.5%	CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN ($\bar{x}$):	1890.0	1153.1	-0.205	1175.2	-0.233	Very Coarse Sand
SORTING (σ):	1824.3	2.582	1.368	2.722	1.445	Poorly Sorted
SKEWNESS (Sk):	1.377	0.073	-0.073	0.136	-0.136	Coarse Skewed
KURTOSIS (K):	3.626	2.386	2.386	0.907	0.907	Mesokurtic

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

SIEVING ERROR: 0.0%

SAMPLE STATISTICSSAMPLE IDENTITY: **309**

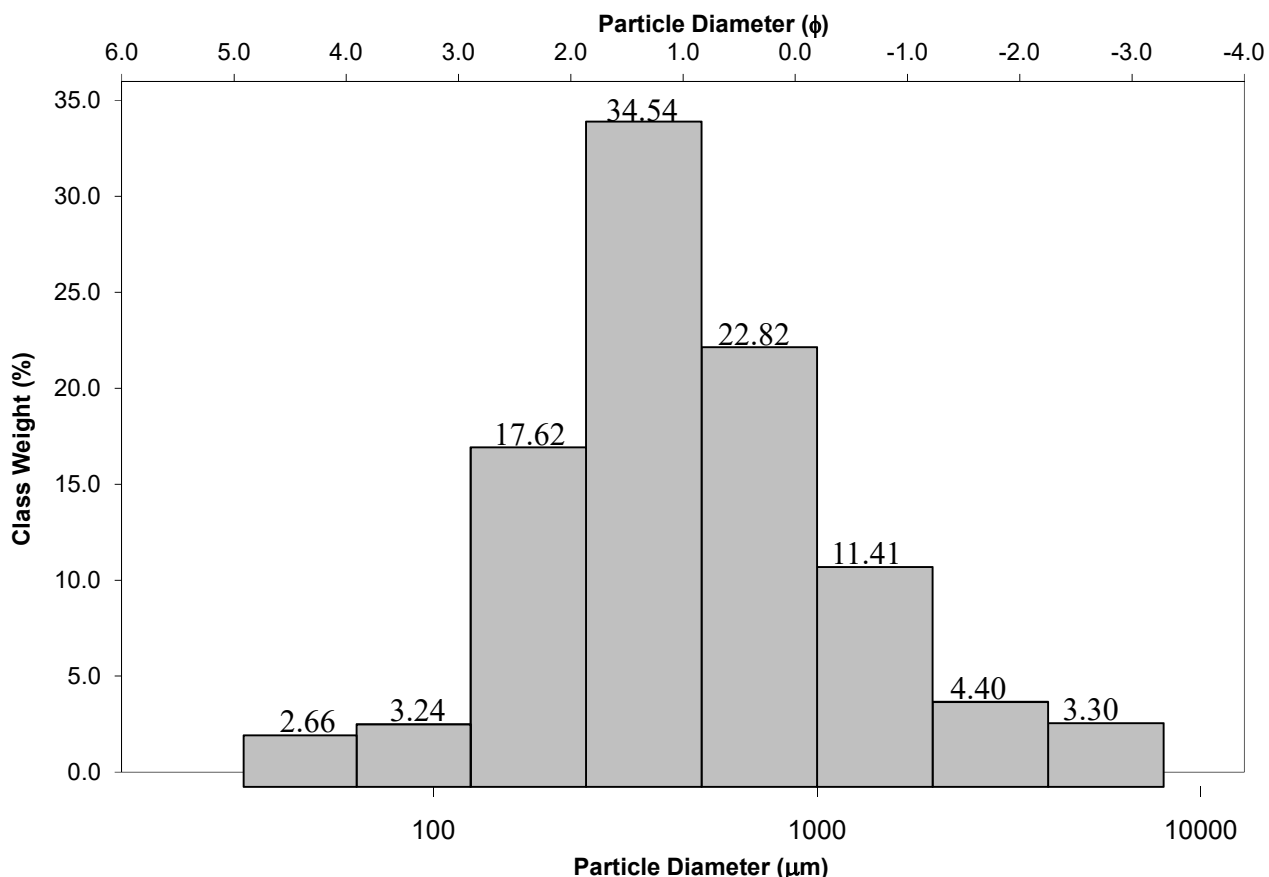
ANALYST & DATE: GAMMA, 6/10/2022

SAMPLE TYPE: Unimodal, Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand

SEDIMENT NAME: Very Fine Gravelly Medium Sand

	μm	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	375.0	1.500	GRAVEL: 7.7%	COARSE SAND: 22.8%		
MODE 2:			SAND: 89.7%	MEDIUM SAND: 34.6%		
MODE 3:			MUD: 2.6%	FINE SAND: 17.6%		
D ₁₀ :	147.4	-0.800		V FINE SAND: 3.2%		
MEDIAN or D ₅₀ :	425.8	1.232	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 2.6%		
D ₉₀ :	1741.1	2.763	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D ₉₀ / D ₁₀):	11.81	-3.453	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
(D ₉₀ - D ₁₀):	1593.7	3.563	FINE GRAVEL: 3.3%	FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ / D ₂₅):	3.246	7.620	V FINE GRAVEL: 4.4%	V FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ - D ₂₅):	579.2	1.698	V COARSE SAND: 11.4%	CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN ($\bar{x}$):	840.3	467.7	1.096	458.0	1.126	Medium Sand
SORTING (σ):	1149.7	2.654	1.408	2.660	1.412	Poorly Sorted
SKEWNESS (Sk):	3.230	0.309	-0.309	0.144	-0.144	Coarse Skewed
KURTOSIS (K):	14.02	3.423	3.423	1.174	1.174	Leptokurtic

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

SIEVING ERROR: 0.0%

SAMPLE STATISTICSSAMPLE IDENTITY: **310**

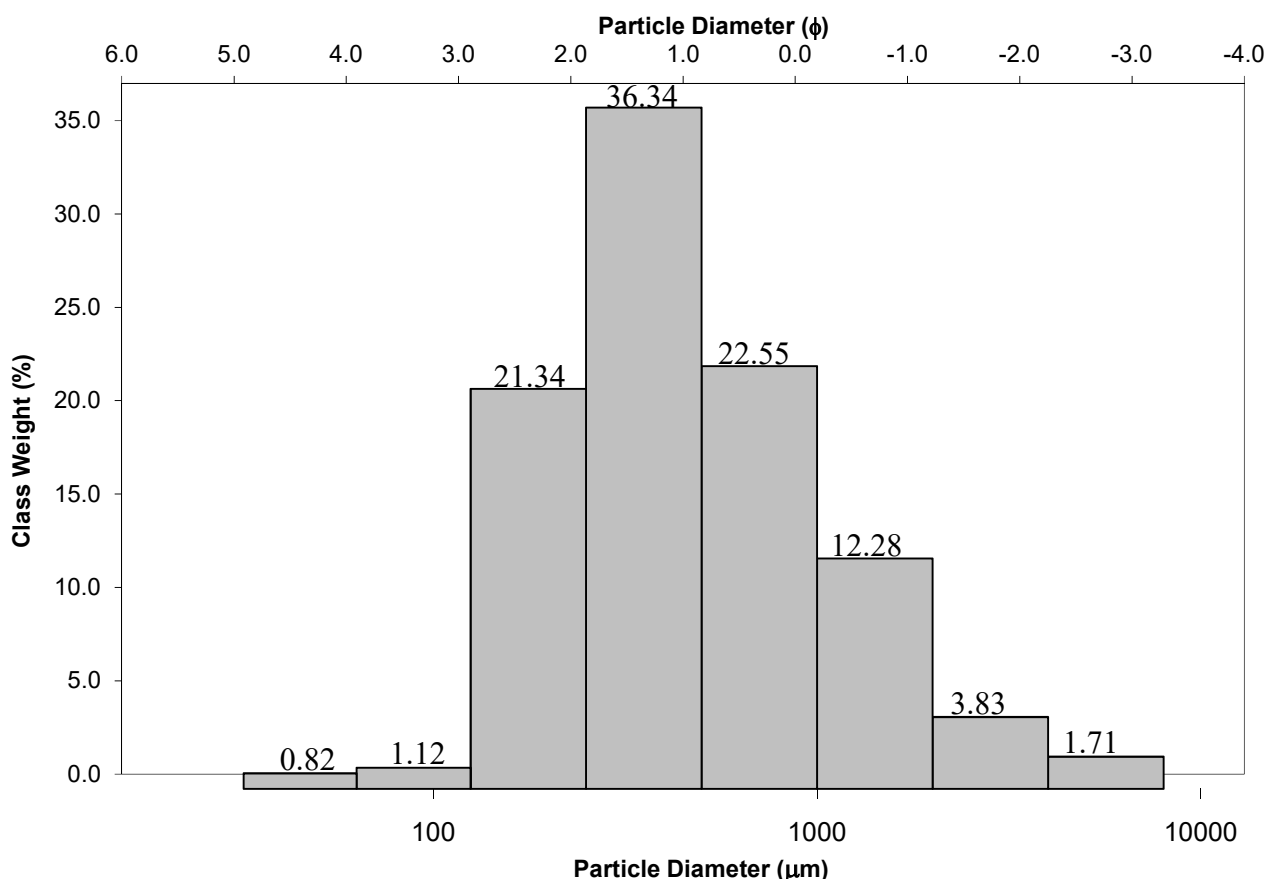
ANALYST & DATE: GAMMA, 6/10/2022

SAMPLE TYPE: Unimodal, Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand

SEDIMENT NAME: Very Fine Gravelly Medium Sand

	μm	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	375.0	1.500	GRAVEL: 5.5%	COARSE SAND: 22.6%		
MODE 2:			SAND: 93.7%	MEDIUM SAND: 36.4%		
MODE 3:			MUD: 0.8%	FINE SAND: 21.3%		
D ₁₀ :	162.5	-0.637		V FINE SAND: 1.1%		
MEDIAN or D ₅₀ :	416.2	1.265	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 0.8%		
D ₉₀ :	1555.0	2.621	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D ₉₀ / D ₁₀):	9.567	-4.116	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
(D ₉₀ - D ₁₀):	1392.4	3.258	FINE GRAVEL: 1.7%	FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ / D ₂₅):	3.104	6.137	V FINE GRAVEL: 3.8%	V FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ - D ₂₅):	543.7	1.634	V COARSE SAND: 12.3%	CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN ($\bar{x}$):	748.8	464.9	1.105	450.0	1.152	Medium Sand
SORTING (σ):	928.5	2.343	1.228	2.342	1.228	Poorly Sorted
SKEWNESS (Sk):	3.629	0.526	-0.526	0.170	-0.170	Coarse Skewed
KURTOSIS (K):	18.93	3.393	3.393	1.002	1.002	Mesokurtic

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

SIEVING ERROR: 0.0%

SAMPLE STATISTICSSAMPLE IDENTITY: **311**

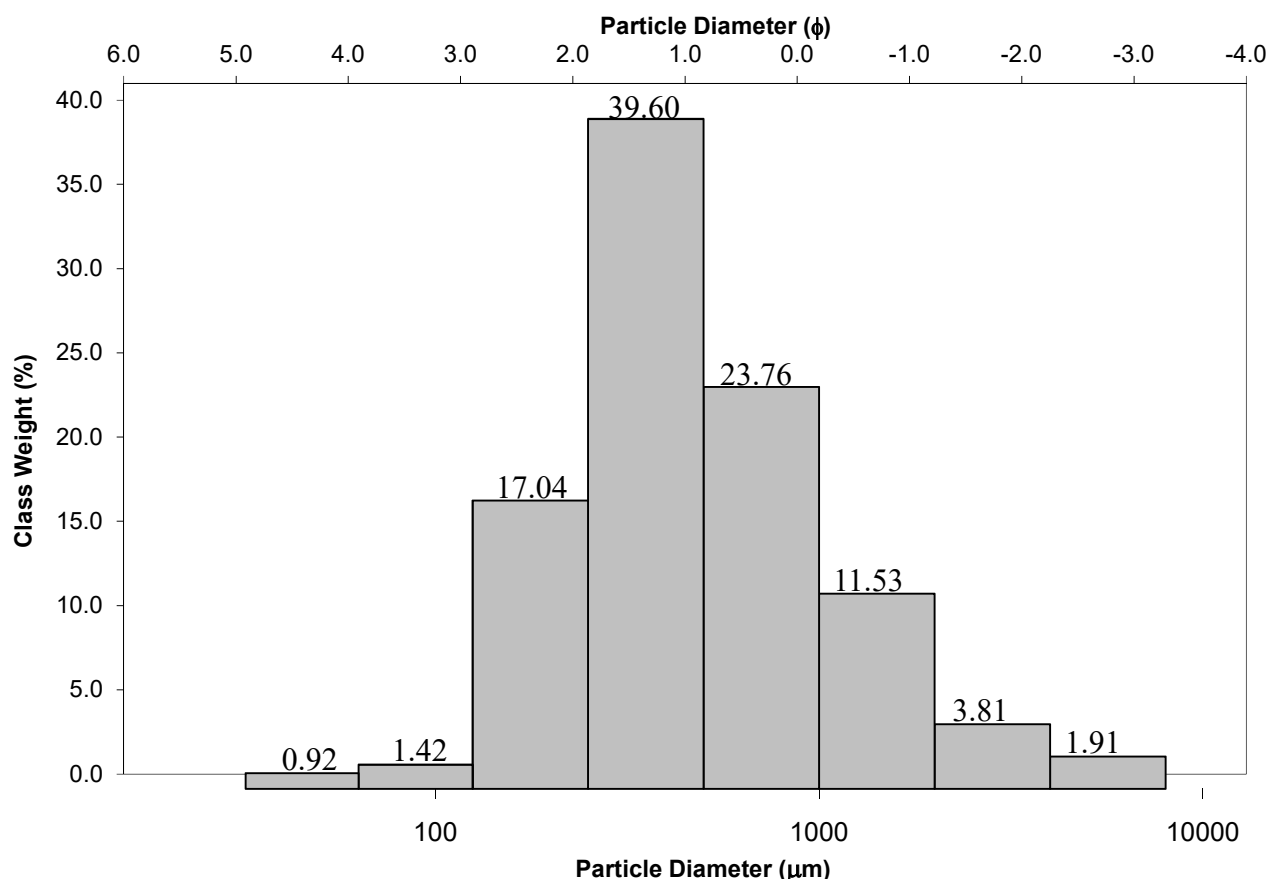
ANALYST & DATE: GAMMA, 6/10/2022

SAMPLE TYPE: Unimodal, Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand

SEDIMENT NAME: Very Fine Gravelly Medium Sand

	μm	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	375.0	1.500	GRAVEL: 5.7%	COARSE SAND: 23.8%		
MODE 2:			SAND: 93.4%	MEDIUM SAND: 39.6%		
MODE 3:			MUD: 0.9%	FINE SAND: 17.1%		
D ₁₀ :	170.9	-0.629		V FINE SAND: 1.4%		
MEDIAN or D ₅₀ :	427.3	1.227	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 0.9%		
D ₉₀ :	1546.2	2.549	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D ₉₀ / D ₁₀):	9.047	-4.054	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
(D ₉₀ - D ₁₀):	1375.3	3.178	FINE GRAVEL: 1.9%	FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ / D ₂₅):	2.891	5.699	V FINE GRAVEL: 3.8%	V FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ - D ₂₅):	521.8	1.532	V COARSE SAND: 11.5%	CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN ($\bar{x}$):	762.3	477.5	1.066	464.9	1.105	Medium Sand
SORTING (σ):	950.3	2.314	1.211	2.277	1.187	Poorly Sorted
SKEWNESS (Sk):	3.669	0.508	-0.508	0.178	-0.178	Coarse Skewed
KURTOSIS (K):	18.84	3.678	3.678	1.078	1.078	Mesokurtic

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

SIEVING ERROR: 0.0%

SAMPLE STATISTICSSAMPLE IDENTITY: **312**

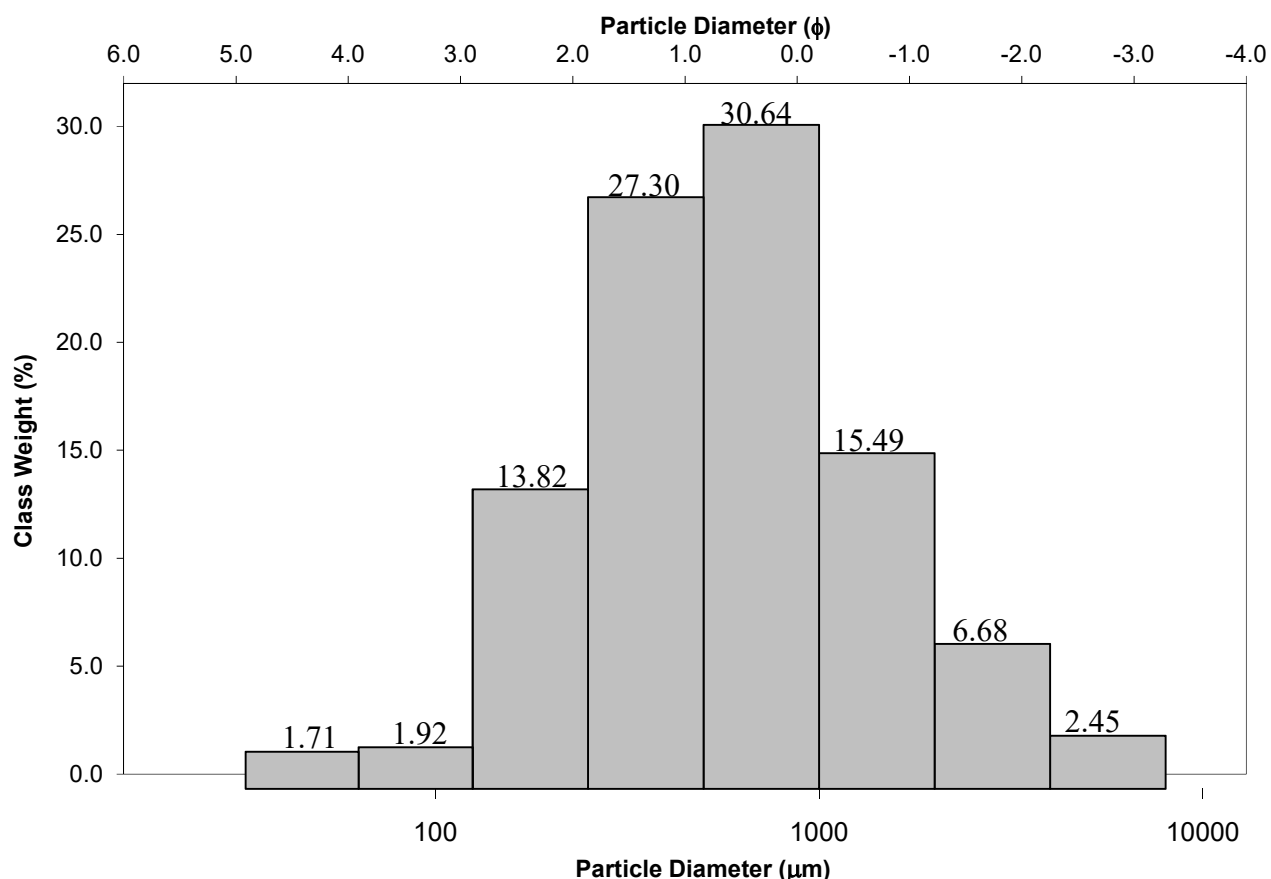
ANALYST & DATE: GAMMA, 6/10/2022

SAMPLE TYPE: Unimodal, Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand

SEDIMENT NAME: Very Fine Gravelly Coarse Sand

	μm	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	750.0	0.500	GRAVEL: 9.1%	COARSE SAND: 30.7%		
MODE 2:			SAND: 89.2%	MEDIUM SAND: 27.3%		
MODE 3:			MUD: 1.7%	FINE SAND: 13.8%		
D ₁₀ :	172.6	-0.945		V FINE SAND: 1.9%		
MEDIAN or D ₅₀ :	563.6	0.827	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 1.7%		
D ₉₀ :	1924.7	2.535	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D ₉₀ / D ₁₀):	11.15	-2.683	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
(D ₉₀ - D ₁₀):	1752.1	3.479	FINE GRAVEL: 2.5%	FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ / D ₂₅):	3.271	145.7	V FINE GRAVEL: 6.7%	V FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ - D ₂₅):	688.6	1.710	V COARSE SAND: 15.5%	CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN ($\bar{x}$):	941.1	570.2	0.811	578.3	0.790	Coarse Sand
SORTING (σ):	1078.8	2.539	1.344	2.547	1.349	Poorly Sorted
SKEWNESS (Sk):	2.909	0.052	-0.052	0.063	-0.063	Symmetrical
KURTOSIS (K):	12.83	3.216	3.216	1.082	1.082	Mesokurtic

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

SIEVING ERROR: 0.0%

SAMPLE STATISTICSSAMPLE IDENTITY: **313**

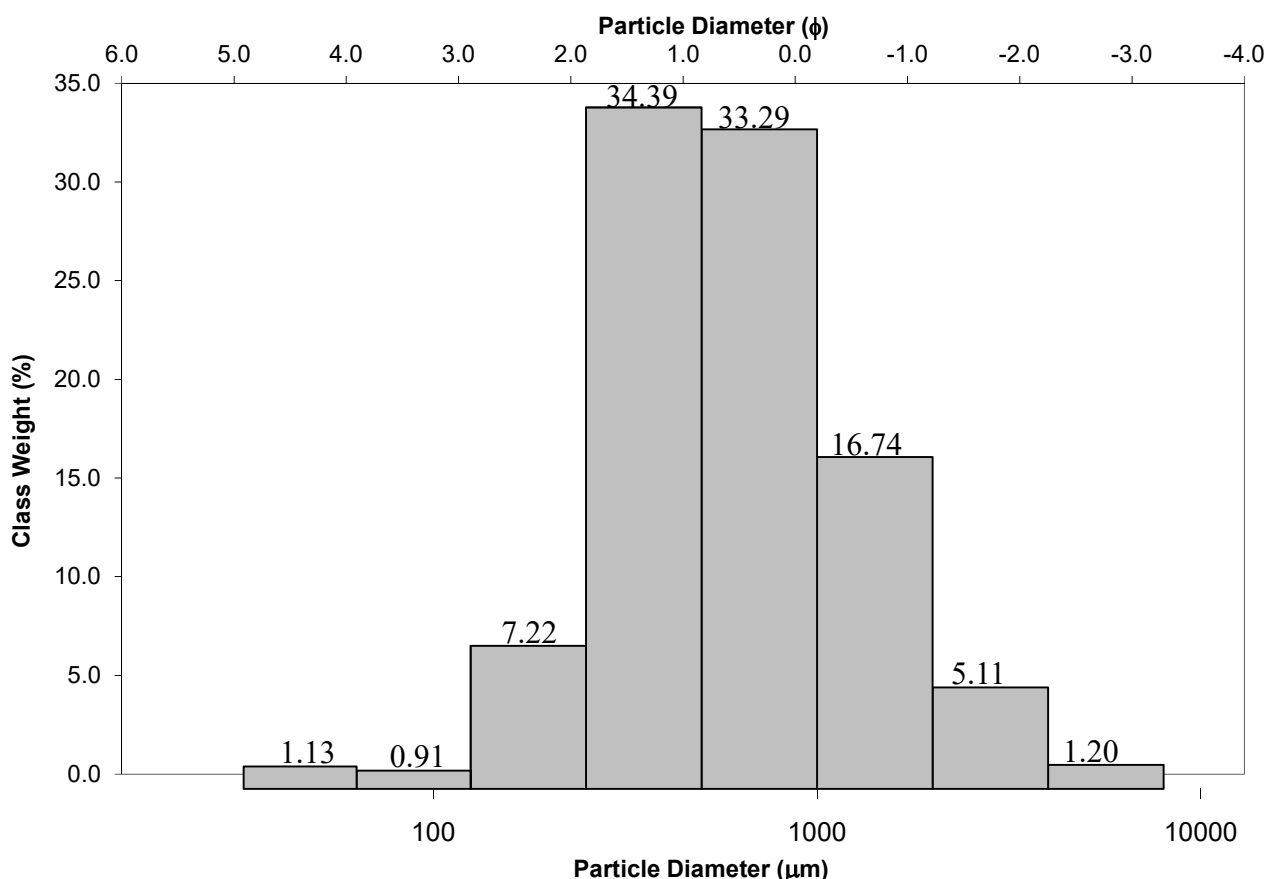
ANALYST & DATE: GAMMA, 6/10/2022

SAMPLE TYPE: Unimodal, Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand

SEDIMENT NAME: Very Fine Gravelly Medium Sand

	μm	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	375.0	1.500	GRAVEL: 6.3%	COARSE SAND: 33.3%		
MODE 2:			SAND: 92.6%	MEDIUM SAND: 34.4%		
MODE 3:			MUD: 1.1%	FINE SAND: 7.2%		
D ₁₀ :	253.9	-0.780		V FINE SAND: 0.9%		
MEDIAN or D ₅₀ :	570.9	0.809	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 1.1%		
D ₉₀ :	1717.4	1.978	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D ₉₀ / D ₁₀):	6.764	-2.535	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
(D ₉₀ - D ₁₀):	1463.5	2.758	FINE GRAVEL: 1.2%	FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ / D ₂₅):	2.796	26.59	V FINE GRAVEL: 5.1%	V FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ - D ₂₅):	617.1	1.484	V COARSE SAND: 16.8%	CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN ($\bar{x}$):	870.6	593.2	0.753	602.9	0.730	Coarse Sand
SORTING (σ):	866.6	2.207	1.142	2.202	1.139	Poorly Sorted
SKEWNESS (Sk):	3.203	0.035	-0.035	0.091	-0.091	Symmetrical
KURTOSIS (K):	16.77	3.815	3.815	1.062	1.062	Mesokurtic

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

SIEVING ERROR: 0.0%

SAMPLE STATISTICSSAMPLE IDENTITY: **314**

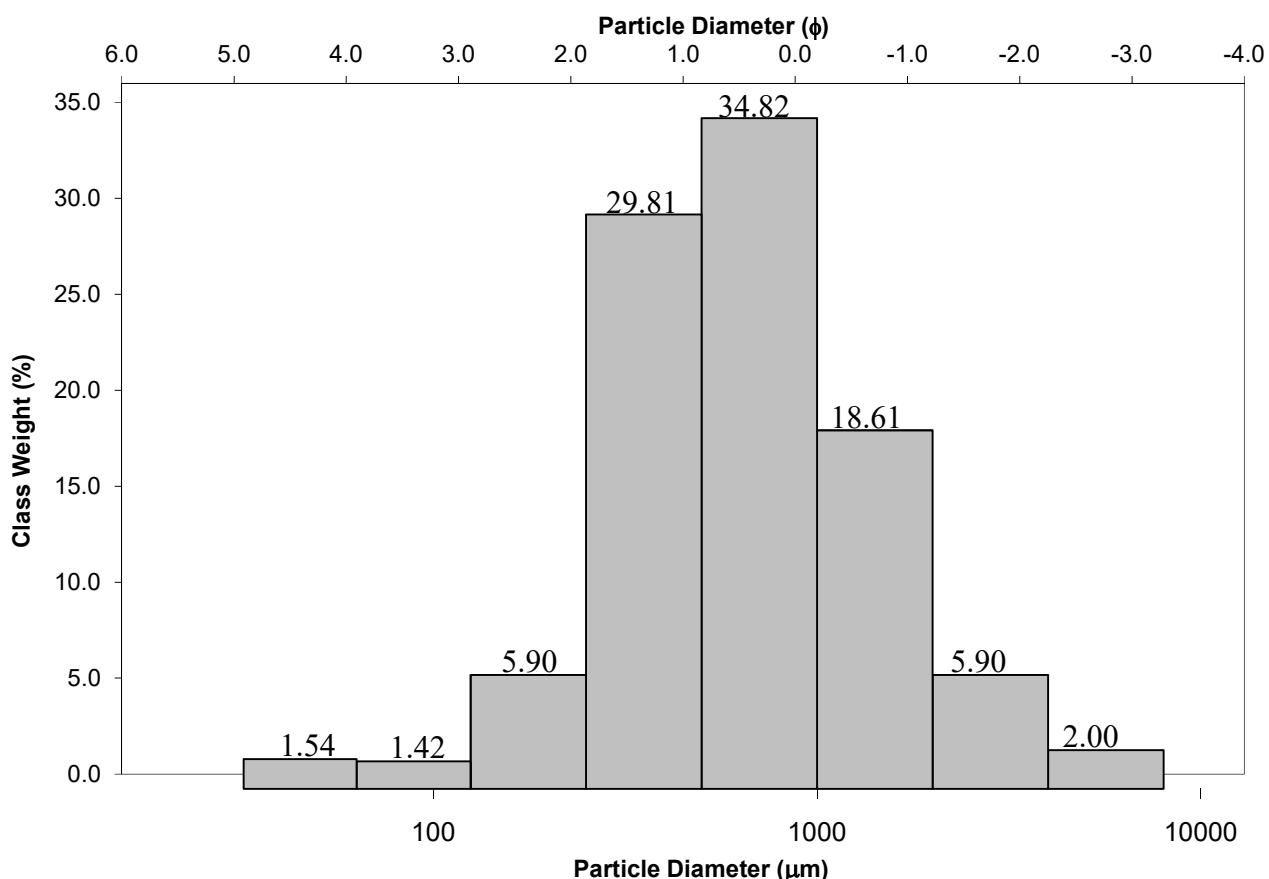
ANALYST & DATE: GAMMA, 6/10/2022

SAMPLE TYPE: Unimodal, Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand

SEDIMENT NAME: Very Fine Gravelly Coarse Sand

	μm	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	750.0	0.500	GRAVEL: 7.9%	COARSE SAND: 34.8%		
MODE 2:			SAND: 90.6%	MEDIUM SAND: 29.8%		
MODE 3:			MUD: 1.5%	FINE SAND: 5.9%		
D ₁₀ :	257.0	-0.888		V FINE SAND: 1.4%		
MEDIAN or D ₅₀ :	626.8	0.674	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 1.5%		
D ₉₀ :	1850.1	1.960	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D ₉₀ / D ₁₀):	7.199	-2.208	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
(D ₉₀ - D ₁₀):	1593.1	2.848	FINE GRAVEL: 2.0%	FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ / D ₂₅):	2.906	-17.773	V FINE GRAVEL: 5.9%	V FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ - D ₂₅):	694.3	1.539	V COARSE SAND: 18.6%	CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN ($\bar{x}$):	962.8	635.6	0.654	649.6	0.622	Coarse Sand
SORTING (σ):	992.1	2.322	1.215	2.310	1.208	Poorly Sorted
SKEWNESS (Sk):	3.046	-0.116	0.116	0.057	-0.057	Symmetrical
KURTOSIS (K):	14.45	3.917	3.917	1.102	1.102	Mesokurtic

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

SIEVING ERROR: 0.0%

SAMPLE STATISTICSSAMPLE IDENTITY: **315**

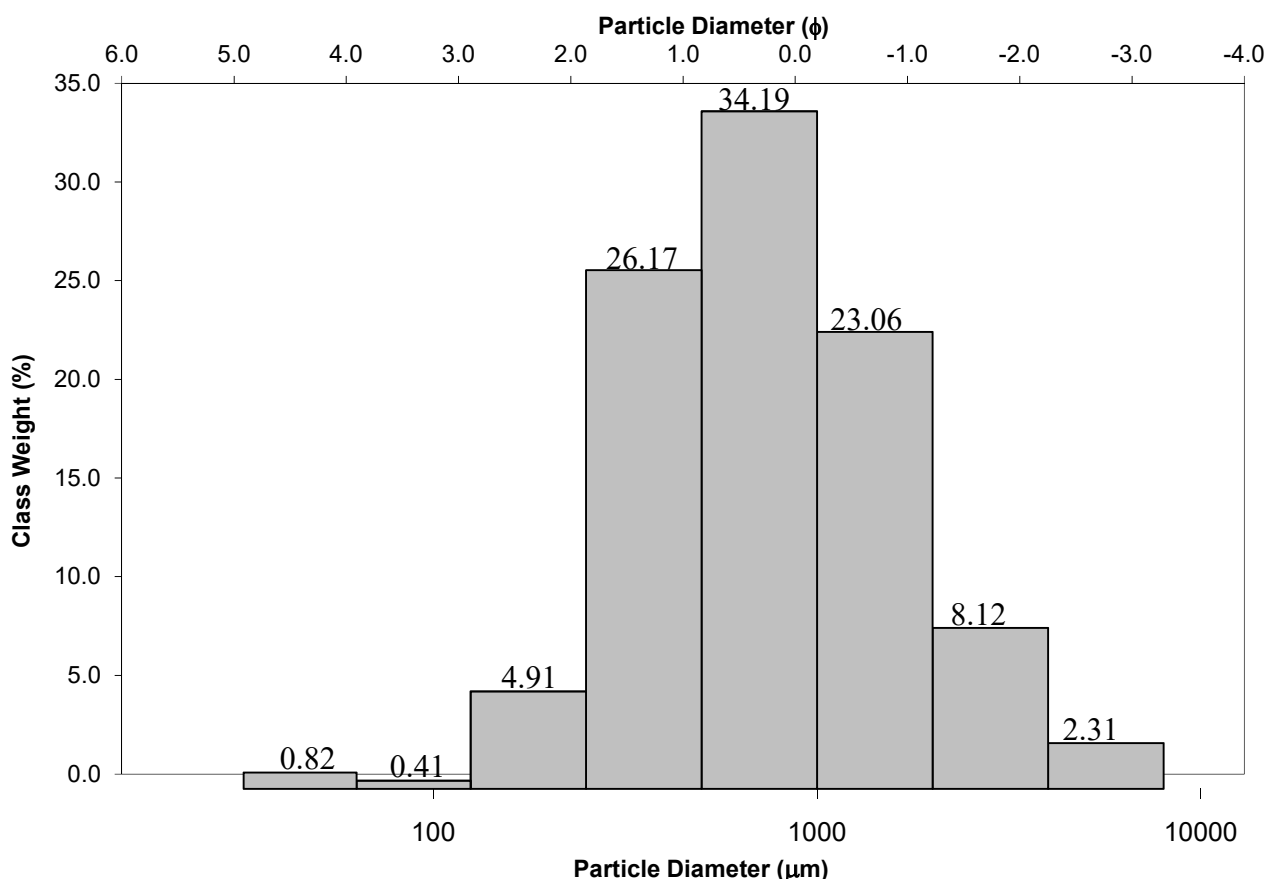
ANALYST & DATE: GAMMA, 6/10/2022

SAMPLE TYPE: Unimodal, Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand

SEDIMENT NAME: Very Fine Gravelly Coarse Sand

	μm	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	750.0	0.500	GRAVEL: 10.4%	COARSE SAND: 34.2%		
MODE 2:			SAND: 88.8%	MEDIUM SAND: 26.2%		
MODE 3:			MUD: 0.8%	FINE SAND: 4.9%		
D ₁₀ :	277.1	-1.053		V FINE SAND: 0.4%		
MEDIAN or D ₅₀ :	715.8	0.482	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 0.8%		
D ₉₀ :	2075.0	1.852	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D ₉₀ / D ₁₀):	7.489	-1.758	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
(D ₉₀ - D ₁₀):	1797.9	2.905	FINE GRAVEL: 2.3%	FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ / D ₂₅):	3.132	-3.470	V FINE GRAVEL: 8.1%	V FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ - D ₂₅):	878.8	1.647	V COARSE SAND: 23.1%	CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN ($\bar{x}$):	1092.8	736.3	0.442	732.7	0.449	Coarse Sand
SORTING (σ):	1057.1	2.258	1.175	2.275	1.186	Poorly Sorted
SKEWNESS (Sk):	2.662	-0.004	0.004	0.073	-0.073	Symmetrical
KURTOSIS (K):	11.68	3.539	3.539	0.969	0.969	Mesokurtic

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

SIEVING ERROR: 0.0%

SAMPLE STATISTICSSAMPLE IDENTITY: **409**

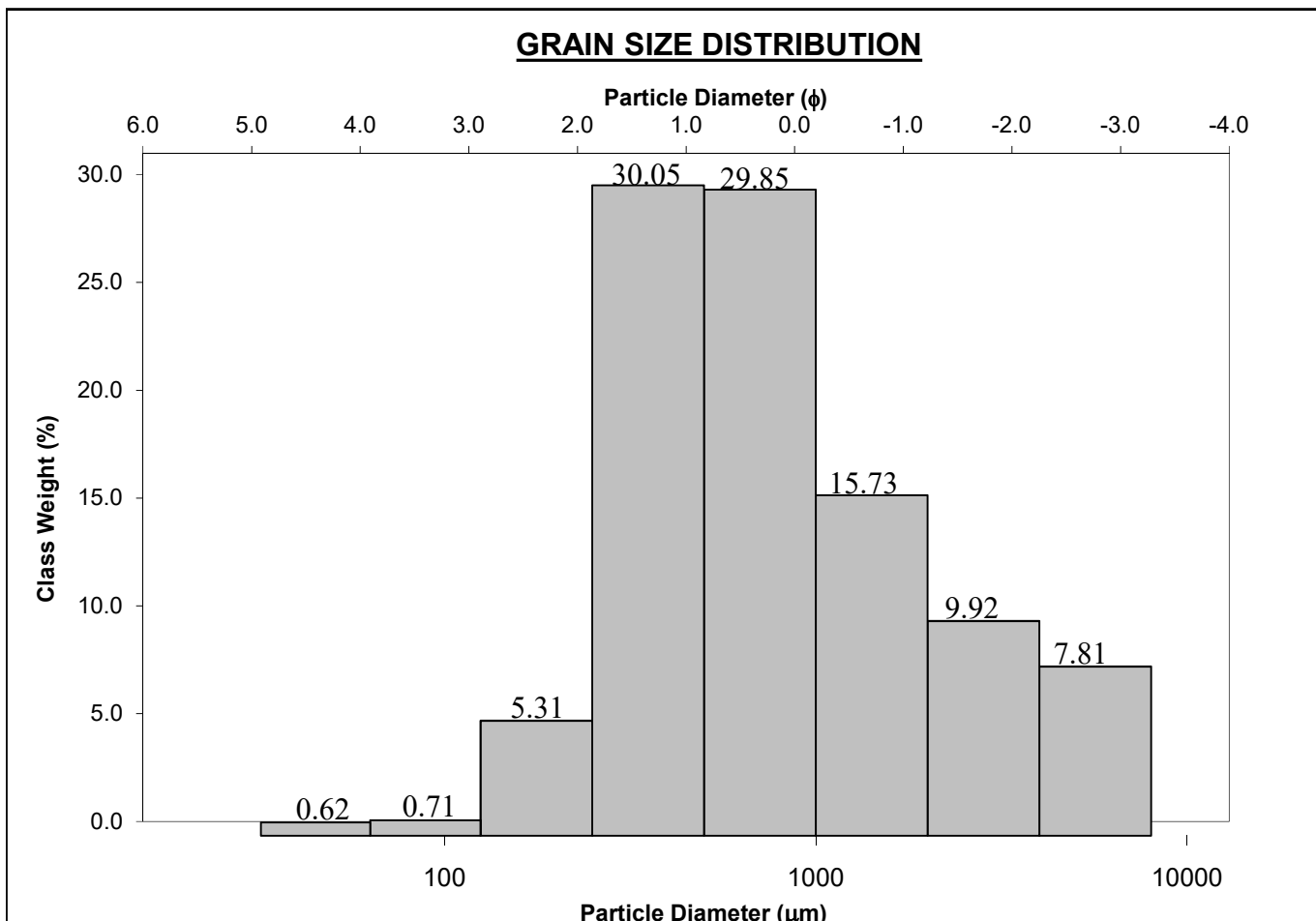
ANALYST & DATE: GAMMA, 6/10/2022

SAMPLE TYPE: Unimodal, Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand

SEDIMENT NAME: Very Fine Gravelly Medium Sand

	μm	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	375.0	1.500	GRAVEL: 17.7%	COARSE SAND: 29.9%		
MODE 2:			SAND: 81.7%	MEDIUM SAND: 30.1%		
MODE 3:			MUD: 0.6%	FINE SAND: 5.3%		
D ₁₀ :	270.3	-1.780		V FINE SAND: 0.7%		
MEDIAN or D ₅₀ :	681.3	0.554	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 0.6%		
D ₉₀ :	3433.8	1.887	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D ₉₀ / D ₁₀):	12.70	-1.060	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
(D ₉₀ - D ₁₀):	3163.5	3.667	FINE GRAVEL: 7.8%	FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ / D ₂₅):	3.801	-2.580	V FINE GRAVEL: 9.9%	V FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ - D ₂₅):	1070.2	1.927	V COARSE SAND: 15.7%	CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN ($\bar{x}$):	1350.1	778.3	0.362	781.6	0.355	Coarse Sand
SORTING (σ):	1565.2	2.606	1.382	2.680	1.422	Poorly Sorted
SKEWNESS (Sk):	2.047	0.369	-0.369	0.229	-0.229	Coarse Skewed
KURTOSIS (K):	6.284	2.890	2.890	0.992	0.992	Mesokurtic



SIEVING ERROR: 0.0%

SAMPLE STATISTICSSAMPLE IDENTITY: **410**

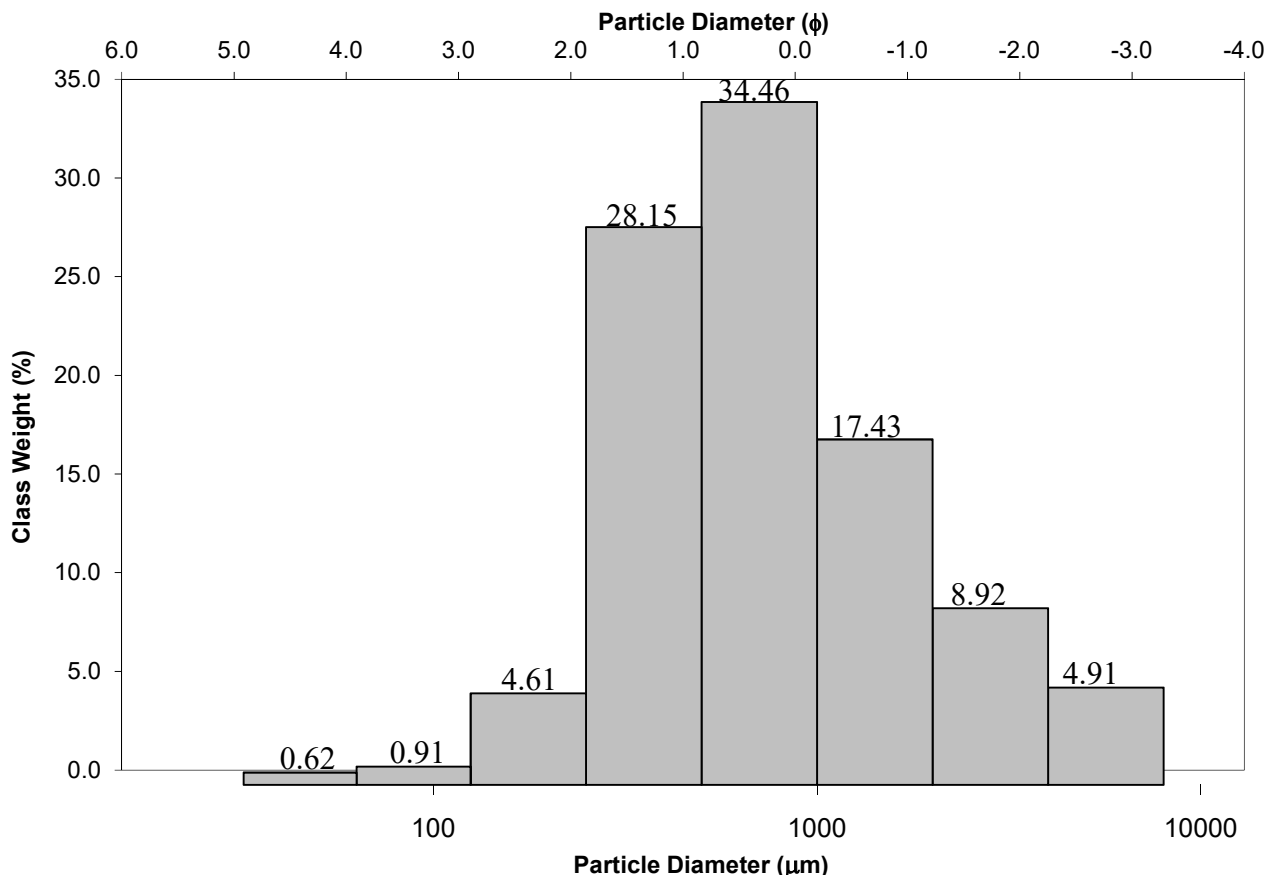
ANALYST & DATE: GAMMA, 6/10/2022

SAMPLE TYPE: Unimodal, Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand

SEDIMENT NAME: Very Fine Gravelly Coarse Sand

	μm	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	750.0	0.500	GRAVEL: 13.8%	COARSE SAND: 34.5%		
MODE 2:			SAND: 85.6%	MEDIUM SAND: 28.2%		
MODE 3:			MUD: 0.6%	FINE SAND: 4.6%		
D ₁₀ :	275.1	-1.429		V FINE SAND: 0.9%		
MEDIAN or D ₅₀ :	686.1	0.544	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 0.6%		
D ₉₀ :	2693.0	1.862	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D ₉₀ / D ₁₀):	9.789	-1.303	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
(D ₉₀ - D ₁₀):	2417.9	3.291	FINE GRAVEL: 4.9%	FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ / D ₂₅):	3.223	-3.700	V FINE GRAVEL: 8.9%	V FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ - D ₂₅):	884.7	1.688	V COARSE SAND: 17.4%	CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN ($\bar{x}$):	1197.5	745.0	0.425	737.6	0.439	Coarse Sand
SORTING (σ):	1328.0	2.409	1.269	2.415	1.272	Poorly Sorted
SKEWNESS (Sk):	2.438	0.284	-0.284	0.161	-0.161	Coarse Skewed
KURTOSIS (K):	8.770	3.320	3.320	1.027	1.027	Mesokurtic

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

SIEVING ERROR: 0.0%

SAMPLE STATISTICSSAMPLE IDENTITY: **411**

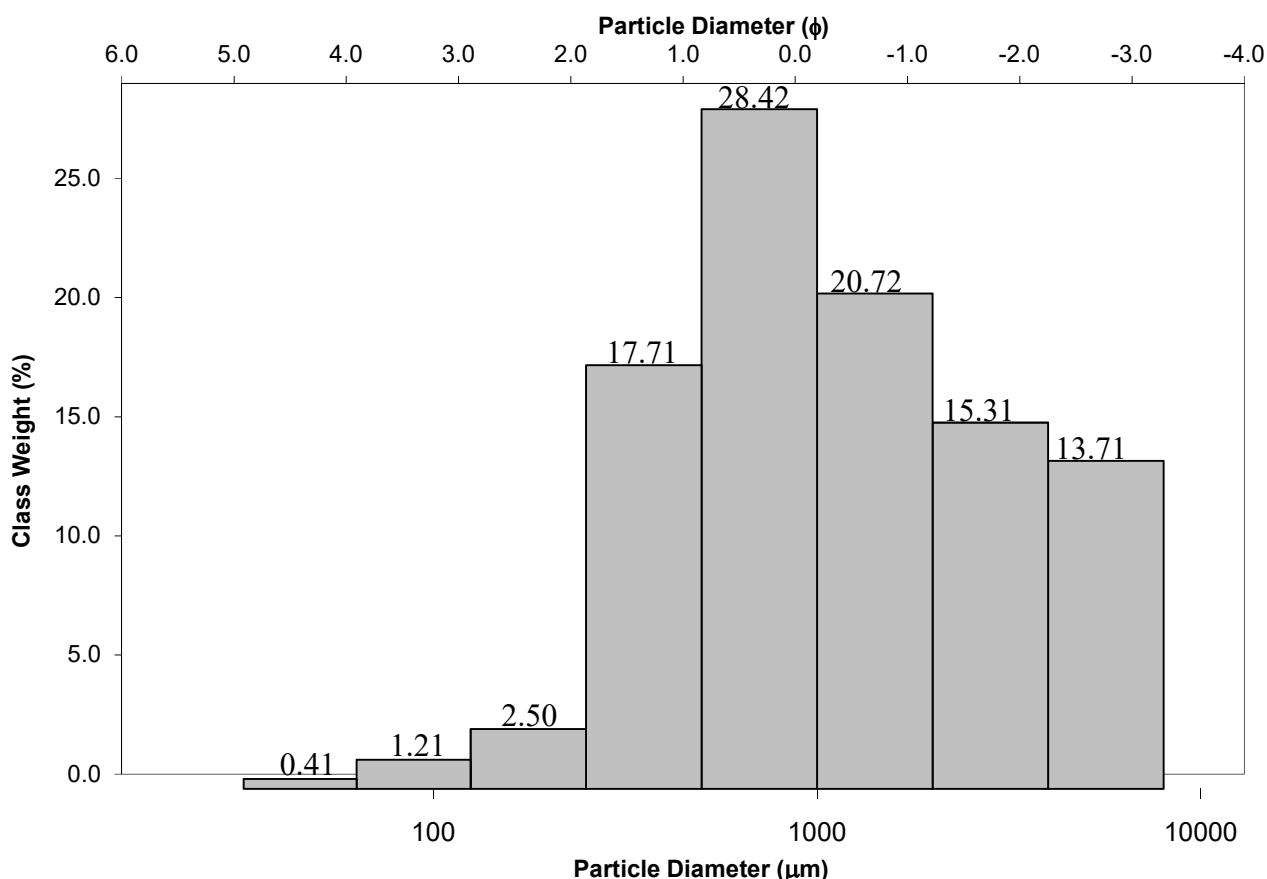
ANALYST & DATE: GAMMA, 6/10/2022

SAMPLE TYPE: Unimodal, Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand

SEDIMENT NAME: Very Fine Gravelly Coarse Sand

	μm	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	750.0	0.500	GRAVEL: 29.0%	COARSE SAND: 28.4%		
MODE 2:			SAND: 70.6%	MEDIUM SAND: 17.7%		
MODE 3:			MUD: 0.4%	FINE SAND: 2.5%		
D ₁₀ :	314.9	-2.271		V FINE SAND: 1.2%		
MEDIAN or D ₅₀ :	993.9	0.009	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 0.4%		
D ₉₀ :	4825.9	1.667	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D ₉₀ / D ₁₀):	15.33	-0.734	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
(D ₉₀ - D ₁₀):	4511.1	3.938	FINE GRAVEL: 13.7%	FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ / D ₂₅):	4.442	-0.703	V FINE GRAVEL: 15.3%	V FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ - D ₂₅):	1859.8	2.151	V COARSE SAND: 20.7%	CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN ($\bar{x}$):	1878.8	1106.3	-0.146	1125.9	-0.171	Very Coarse Sand
SORTING (σ):	1854.1	2.721	1.444	2.808	1.489	Poorly Sorted
SKEWNESS (Sk):	1.346	-0.042	0.042	0.162	-0.162	Coarse Skewed
KURTOSIS (K):	3.516	2.586	2.586	0.873	0.873	Platykurtic

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

SIEVING ERROR: 0.0%

SAMPLE STATISTICSSAMPLE IDENTITY: **412**

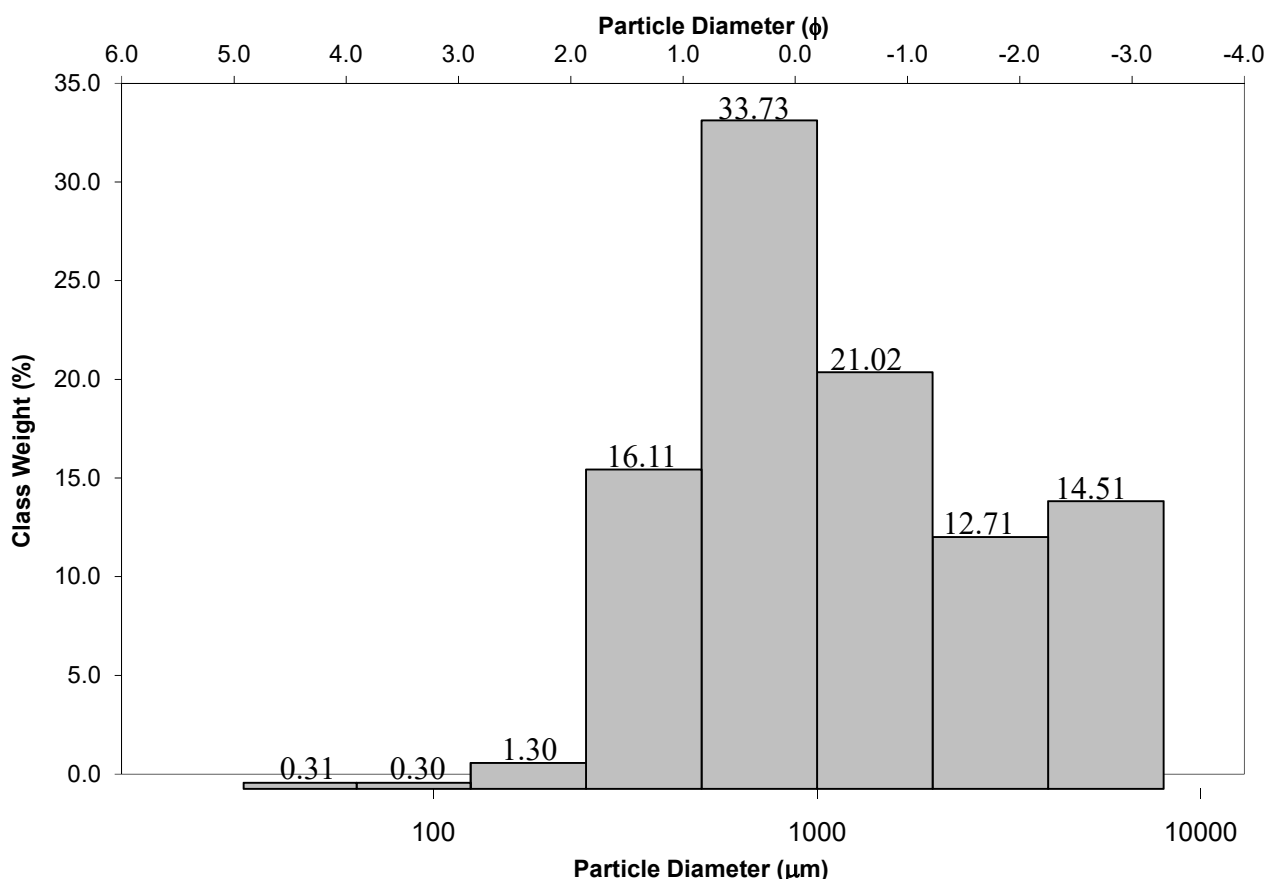
ANALYST & DATE: GAMMA, 6/10/2022

SAMPLE TYPE: Bimodal, Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand

SEDIMENT NAME: Fine Gravelly Coarse Sand

	μm	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	750.0	0.500	GRAVEL: 27.2%	COARSE SAND: 33.7%		
MODE 2:	6000.0	-2.500	SAND: 72.5%	MEDIUM SAND: 16.1%		
MODE 3:			MUD: 0.3%	FINE SAND: 1.3%		
D ₁₀ :	354.2	-2.311		V FINE SAND: 0.3%		
MEDIAN or D ₅₀ :	964.6	0.052	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 0.3%		
D ₉₀ :	4962.4	1.498	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D ₉₀ / D ₁₀):	14.01	-0.648	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
(D ₉₀ - D ₁₀):	4608.2	3.809	FINE GRAVEL: 14.5%	FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ / D ₂₅):	3.913	-0.675	V FINE GRAVEL: 12.7%	V FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ - D ₂₅):	1681.1	1.968	V COARSE SAND: 21.0%	CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN ($\bar{x}$):	1883.9	1142.2	-0.192	1177.2	-0.235	Very Coarse Sand
SORTING (σ):	1872.5	2.557	1.354	2.691	1.428	Poorly Sorted
SKEWNESS (Sk):	1.392	0.191	-0.191	0.250	-0.250	Coarse Skewed
KURTOSIS (K):	3.533	2.544	2.544	0.929	0.929	Mesokurtic

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

SIEVING ERROR: 0.0%

SAMPLE STATISTICSSAMPLE IDENTITY: **413**

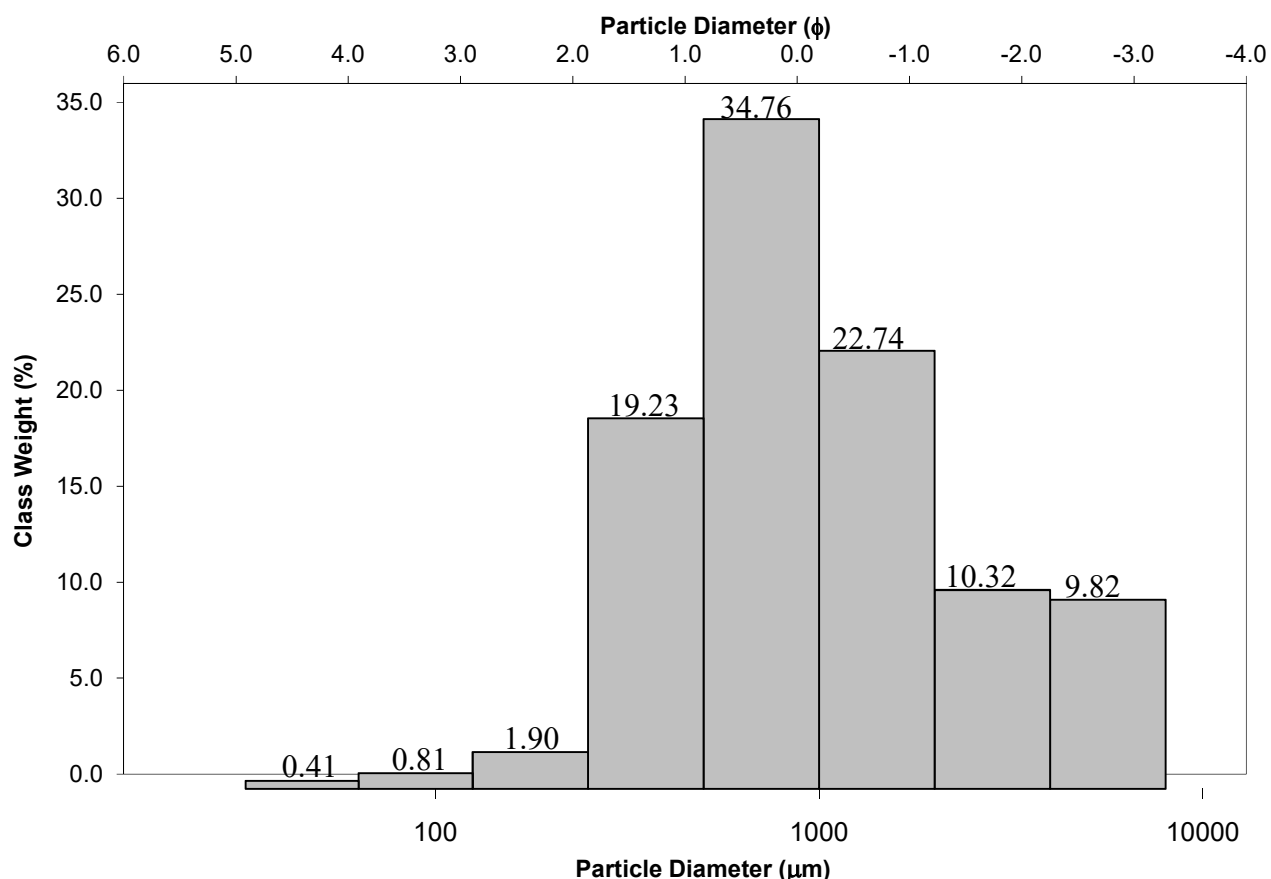
ANALYST & DATE: GAMMA, 6/10/2022

SAMPLE TYPE: Unimodal, Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand

SEDIMENT NAME: Very Fine Gravelly Coarse Sand

	μm	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	750.0	0.500	GRAVEL: 20.1%	COARSE SAND: 34.8%		
MODE 2:			SAND: 79.5%	MEDIUM SAND: 19.2%		
MODE 3:			MUD: 0.4%	FINE SAND: 1.9%		
D_{10} :	320.5	-1.983		V FINE SAND: 0.8%		
MEDIAN or D_{50} :	867.8	0.205	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 0.4%		
D_{90} :	3951.8	1.642	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D_{90} / D_{10}) :	12.33	-0.828	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
$(D_{90} - D_{10})$:	3631.4	3.624	FINE GRAVEL: 9.8%	FINE SILT: 0.0%		
(D_{75} / D_{25}) :	3.272	-1.175	V FINE GRAVEL: 10.3%	V FINE SILT: 0.0%		
$(D_{75} - D_{25})$:	1197.5	1.710	V COARSE SAND: 22.7%	CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN ($\bar{x}$):	1577.4	971.3	0.042	969.7	0.044	Coarse Sand
SORTING (σ):	1646.5	2.481	1.311	2.546	1.348	Poorly Sorted
SKEWNESS (Sk):	1.830	0.193	-0.193	0.202	-0.202	Coarse Skewed
KURTOSIS (K):	5.264	3.040	3.040	1.053	1.053	Mesokurtic

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

SIEVING ERROR: 0.0%

SAMPLE STATISTICSSAMPLE IDENTITY: **414**

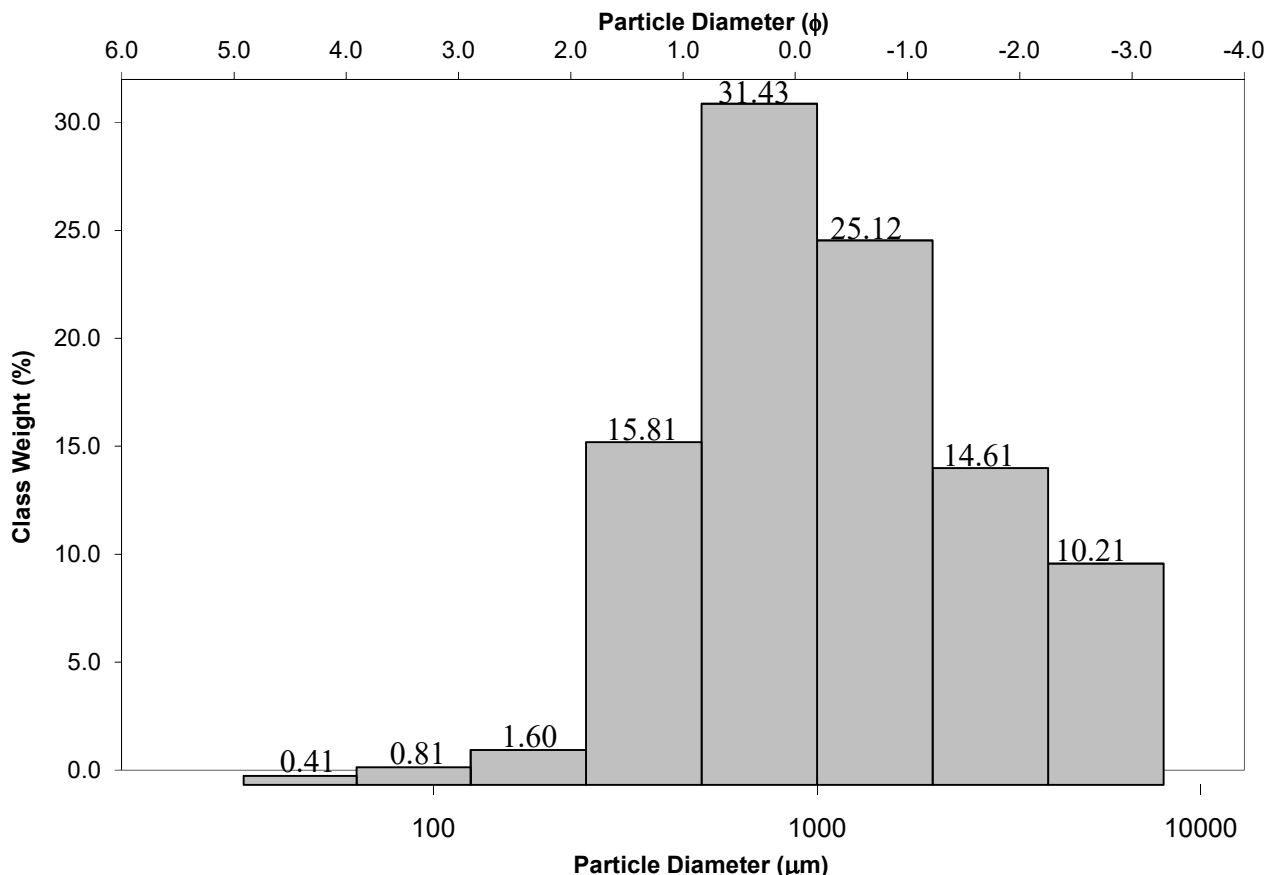
ANALYST & DATE: GAMMA, 6/10/2022

SAMPLE TYPE: Unimodal, Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand

SEDIMENT NAME: Very Fine Gravelly Coarse Sand

	μm	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	750.0	0.500	GRAVEL: 24.8%	COARSE SAND: 31.4%		
MODE 2:			SAND: 74.8%	MEDIUM SAND: 15.8%		
MODE 3:			MUD: 0.4%	FINE SAND: 1.6%		
D_{10} :	342.7	-2.021		V FINE SAND: 0.8%		
MEDIAN or D_{50} :	998.9	0.002	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 0.4%		
D_{90} :	4057.5	1.545	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D_{90} / D_{10}) :	11.84	-0.765	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
$(D_{90} - D_{10})$:	3714.8	3.566	FINE GRAVEL: 10.2%	FINE SILT: 0.0%		
(D_{75} / D_{25}) :	3.458	-0.803	V FINE GRAVEL: 14.6%	V FINE SILT: 0.0%		
$(D_{75} - D_{25})$:	1414.8	1.790	V COARSE SAND: 25.1%	CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN ($\bar{x}$):	1726.9	1086.6	-0.120	1106.2	-0.146	Very Coarse Sand
SORTING (σ):	1665.5	2.487	1.315	2.557	1.355	Poorly Sorted
SKEWNESS (Sk):	1.617	-0.012	0.012	0.154	-0.154	Coarse Skewed
KURTOSIS (K):	4.604	2.966	2.966	1.001	1.001	Mesokurtic

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

SIEVING ERROR: 0.0%

SAMPLE STATISTICSSAMPLE IDENTITY: **415**

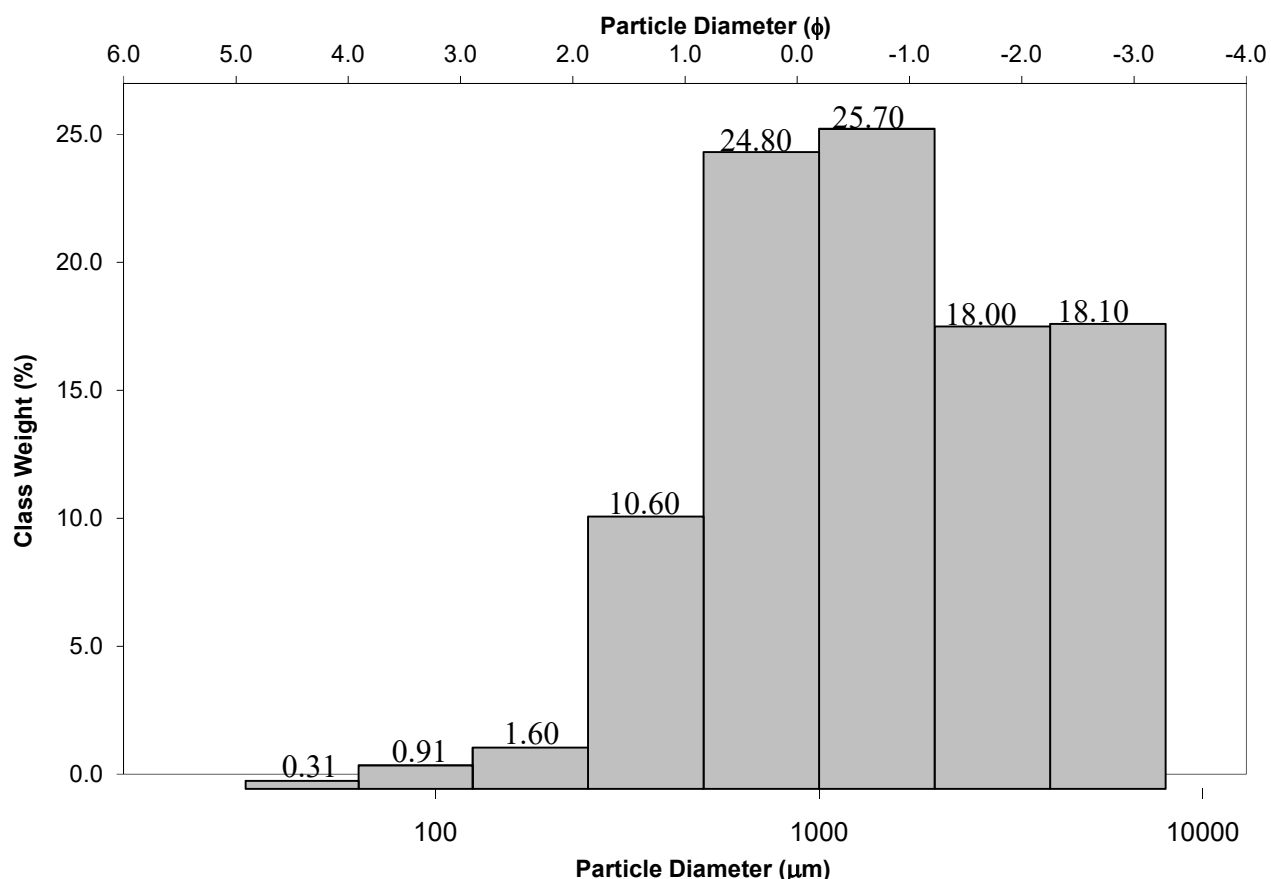
ANALYST & DATE: GAMMA, 6/10/2022

SAMPLE TYPE: Bimodal, Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Sandy Gravel

SEDIMENT NAME: Sandy Fine Gravel

	μm	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	1500.0	-0.500	GRAVEL: 36.1%	COARSE SAND: 24.8%		
MODE 2:	6000.0	-2.500	SAND: 63.6%	MEDIUM SAND: 10.6%		
MODE 3:			MUD: 0.3%	FINE SAND: 1.6%		
D_{10} :	400.3	-2.448		V FINE SAND: 0.9%		
MEDIAN or D_{50} :	1374.7	-0.459	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 0.3%		
D_{90} :	5454.8	1.321	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D_{90} / D_{10}) :	13.63	-0.540	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
$(D_{90} - D_{10})$:	5054.4	3.768	FINE GRAVEL: 18.1%	FINE SILT: 0.0%		
(D_{75} / D_{25}) :	4.435	-0.329	V FINE GRAVEL: 18.0%	V FINE SILT: 0.0%		
$(D_{75} - D_{25})$:	2375.2	2.149	V COARSE SAND: 25.7%	CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN ($\bar{x}$):	2241.2	1397.8	-0.483	1474.3	-0.560	Very Coarse Sand
SORTING (σ):	1961.2	2.624	1.392	2.708	1.437	Poorly Sorted
SKEWNESS (Sk):	1.036	-0.276	0.276	0.052	-0.052	Symmetrical
KURTOSIS (K):	2.658	2.769	2.769	0.861	0.861	Platykurtic

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

SIEVING ERROR: 0.0%

SAMPLE STATISTICSSAMPLE IDENTITY: **416**

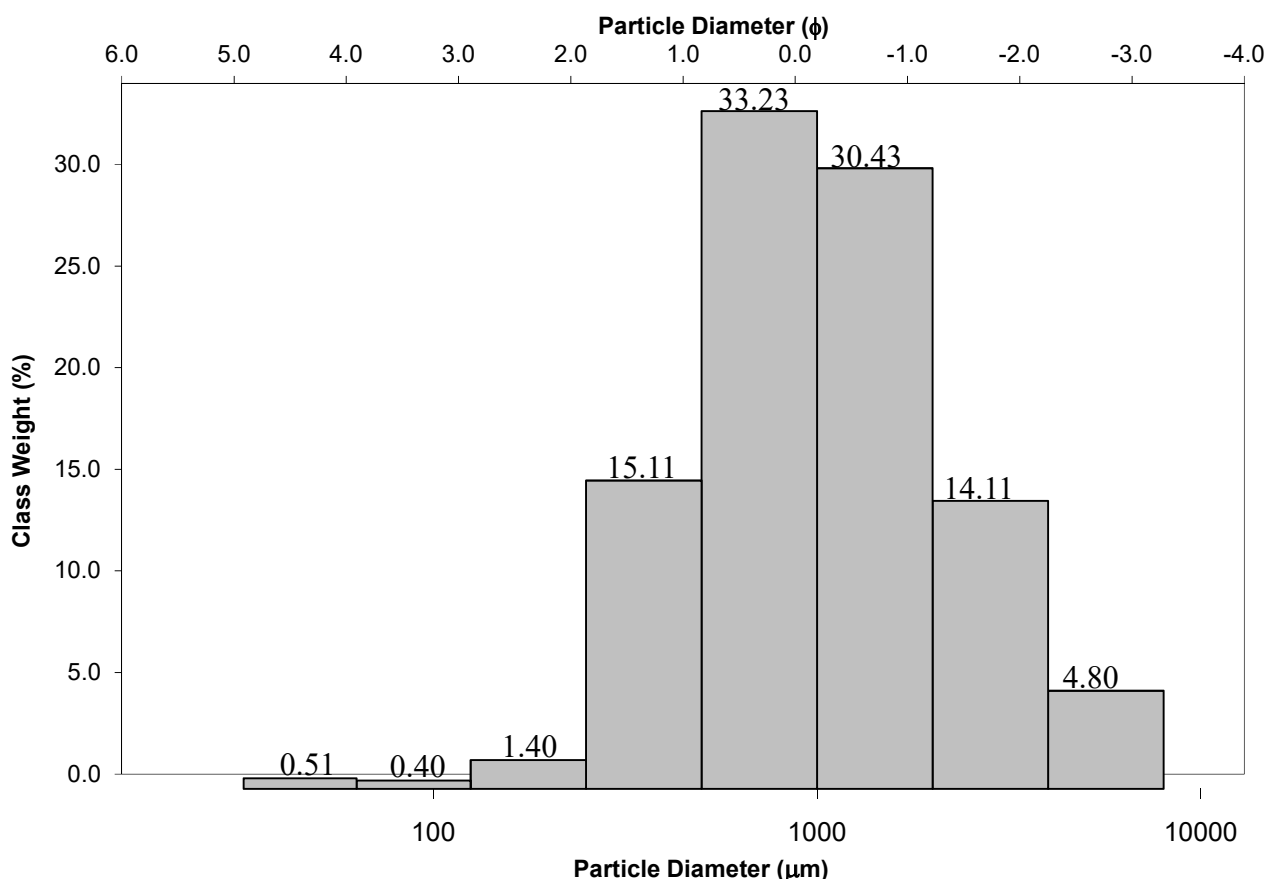
ANALYST & DATE: GAMMA, 6/10/2022

SAMPLE TYPE: Unimodal, Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand

SEDIMENT NAME: Very Fine Gravelly Coarse Sand

	μm	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	750.0	0.500	GRAVEL: 18.9%	COARSE SAND: 33.2%		
MODE 2:			SAND: 80.6%	MEDIUM SAND: 15.1%		
MODE 3:			MUD: 0.5%	FINE SAND: 1.4%		
D ₁₀ :	355.8	-1.632		V FINE SAND: 0.4%		
MEDIAN or D ₅₀ :	986.5	0.020	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 0.5%		
D ₉₀ :	3099.2	1.491	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D ₉₀ / D ₁₀):	8.710	-0.913	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
(D ₉₀ - D ₁₀):	2743.4	3.123	FINE GRAVEL: 4.8%	FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ / D ₂₅):	2.973	-0.965	V FINE GRAVEL: 14.1%	V FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ - D ₂₅):	1155.6	1.572	V COARSE SAND: 30.4%	CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN ($\bar{x}$):	1477.3	1013.7	-0.020	1021.8	-0.031	Very Coarse Sand
SORTING (σ):	1308.0	2.240	1.163	2.222	1.152	Poorly Sorted
SKEWNESS (Sk):	2.037	-0.130	0.130	0.060	-0.060	Symmetrical
KURTOSIS (K):	7.260	3.583	3.583	0.993	0.993	Mesokurtic

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

SIEVING ERROR: 0.0%

SAMPLE STATISTICSSAMPLE IDENTITY: **509**

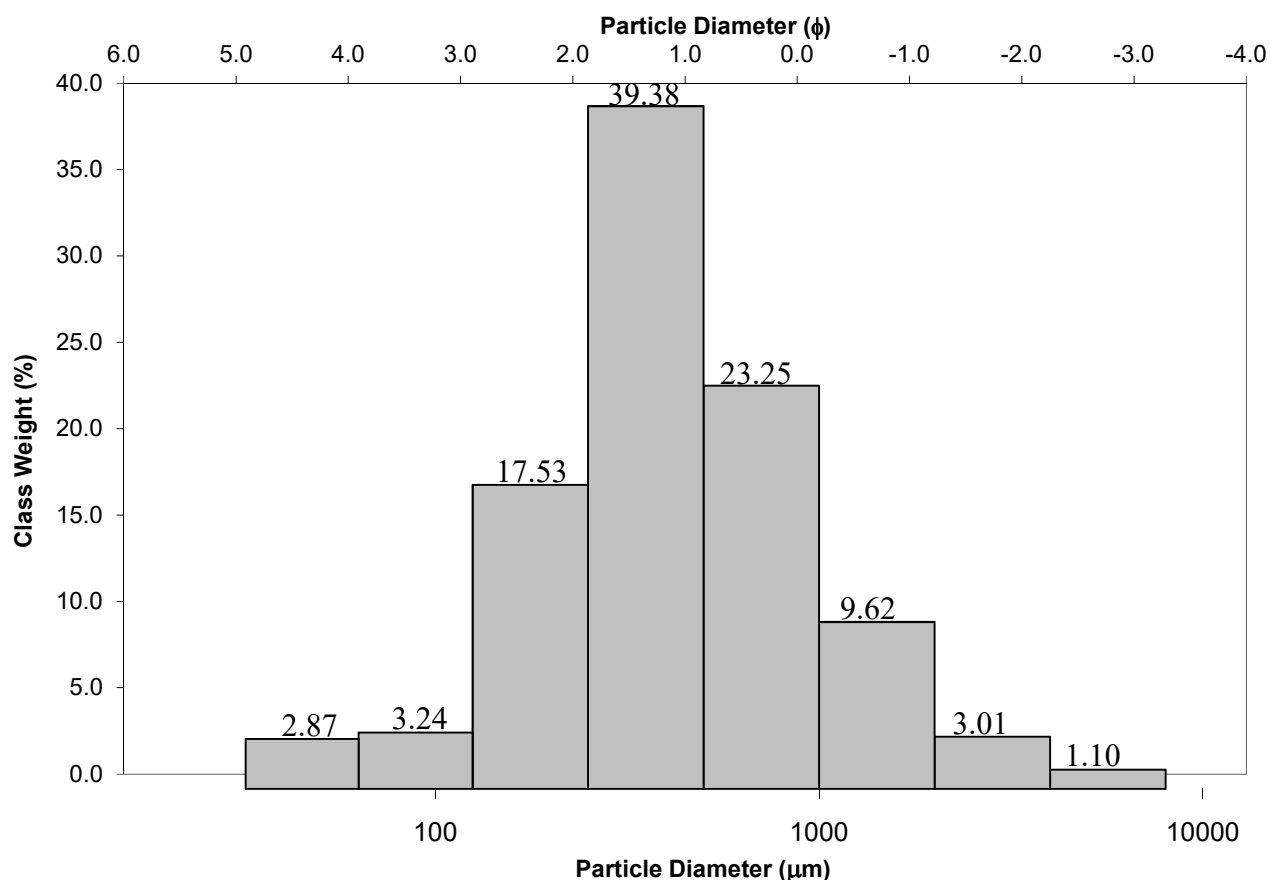
ANALYST & DATE: GAMMA, 6/10/2022

SAMPLE TYPE: Unimodal, Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Slightly Gravelly Sand

SEDIMENT NAME: Slightly Very Fine Gravelly Medium Sand

	μm	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	375.0	1.500	GRAVEL: 4.1%	COARSE SAND: 23.3%		
MODE 2:			SAND: 93.1%	MEDIUM SAND: 39.4%		
MODE 3:			MUD: 2.8%	FINE SAND: 17.6%		
D ₁₀ :	146.3	-0.389		V FINE SAND: 3.2%		
MEDIAN or D ₅₀ :	397.9	1.330	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 2.8%		
D ₉₀ :	1309.1	2.773	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D ₉₀ / D ₁₀):	8.949	-7.137	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
(D ₉₀ - D ₁₀):	1162.8	3.162	FINE GRAVEL: 1.1%	FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ / D ₂₅):	2.789	4.059	V FINE GRAVEL: 3.0%	V FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ - D ₂₅):	458.7	1.480	V COARSE SAND: 9.6%	CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN ($\bar{x}$):	660.5	416.5	1.263	410.1	1.286	Medium Sand
SORTING (σ):	800.8	2.378	1.250	2.335	1.223	Poorly Sorted
SKEWNESS (Sk):	4.055	0.117	-0.117	0.058	-0.058	Symmetrical
KURTOSIS (K):	24.16	3.766	3.766	1.169	1.169	Leptokurtic

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

SIEVING ERROR: 0.0%

SAMPLE STATISTICSSAMPLE IDENTITY: **510**

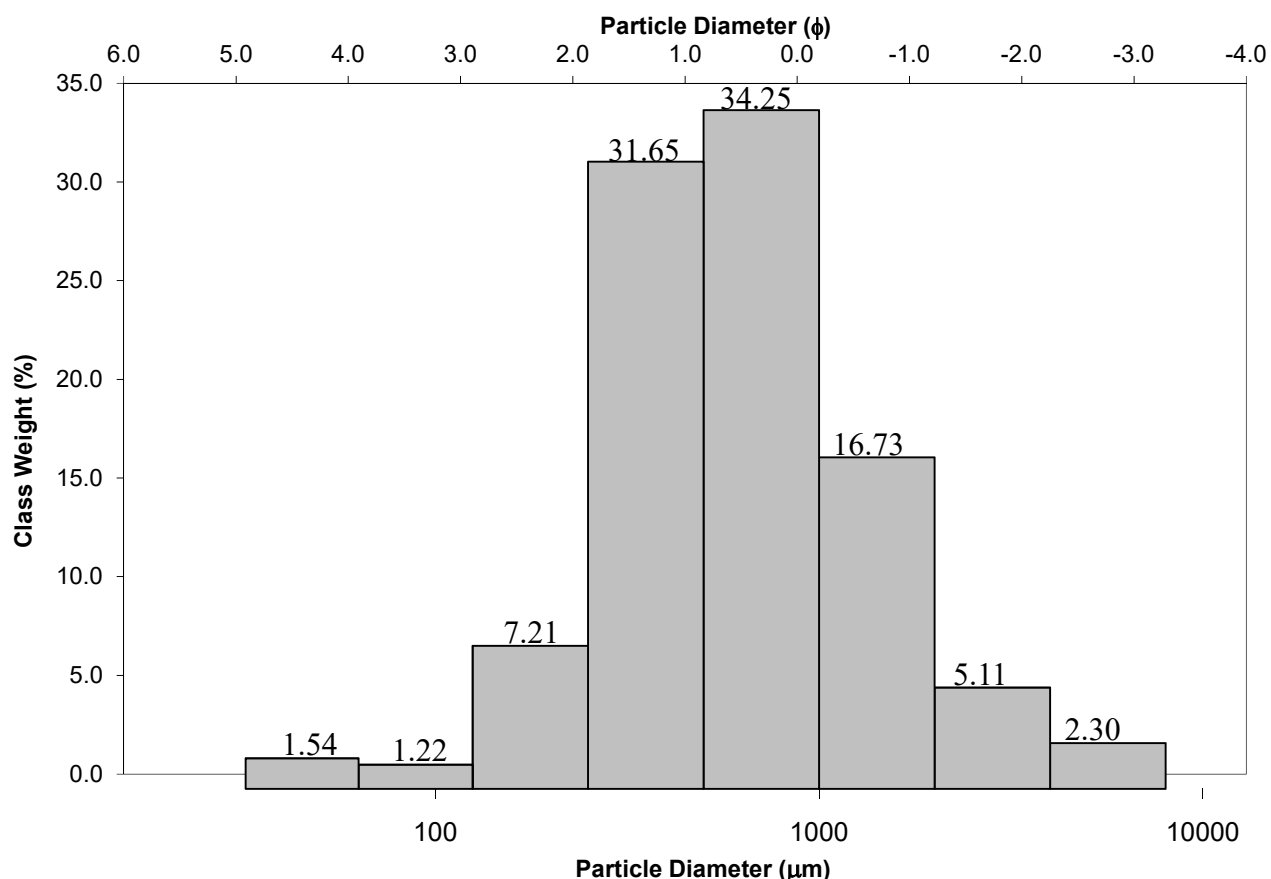
ANALYST & DATE: GAMMA, 6/10/2022

SAMPLE TYPE: Unimodal, Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand

SEDIMENT NAME: Very Fine Gravelly Coarse Sand

	μm	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	750.0	0.500	GRAVEL: 7.4%	COARSE SAND: 34.3%		
MODE 2:			SAND: 91.1%	MEDIUM SAND: 31.7%		
MODE 3:			MUD: 1.5%	FINE SAND: 7.2%		
D ₁₀ :	250.4	-0.846		V FINE SAND: 1.2%		
MEDIAN or D ₅₀ :	592.8	0.754	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 1.5%		
D ₉₀ :	1796.9	1.997	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D ₉₀ / D ₁₀):	7.175	-2.362	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
(D ₉₀ - D ₁₀):	1546.5	2.843	FINE GRAVEL: 2.3%	FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ / D ₂₅):	2.826	61.31	V FINE GRAVEL: 5.1%	V FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ - D ₂₅):	635.1	1.499	V COARSE SAND: 16.7%	CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN ($\bar{x}$):	933.7	607.9	0.718	619.1	0.692	Coarse Sand
SORTING (σ):	1017.0	2.325	1.218	2.302	1.203	Poorly Sorted
SKEWNESS (Sk):	3.207	0.009	-0.009	0.077	-0.077	Symmetrical
KURTOSIS (K):	15.15	3.931	3.931	1.136	1.136	Leptokurtic

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

SIEVING ERROR: 0.0%

SAMPLE STATISTICSSAMPLE IDENTITY: **511**

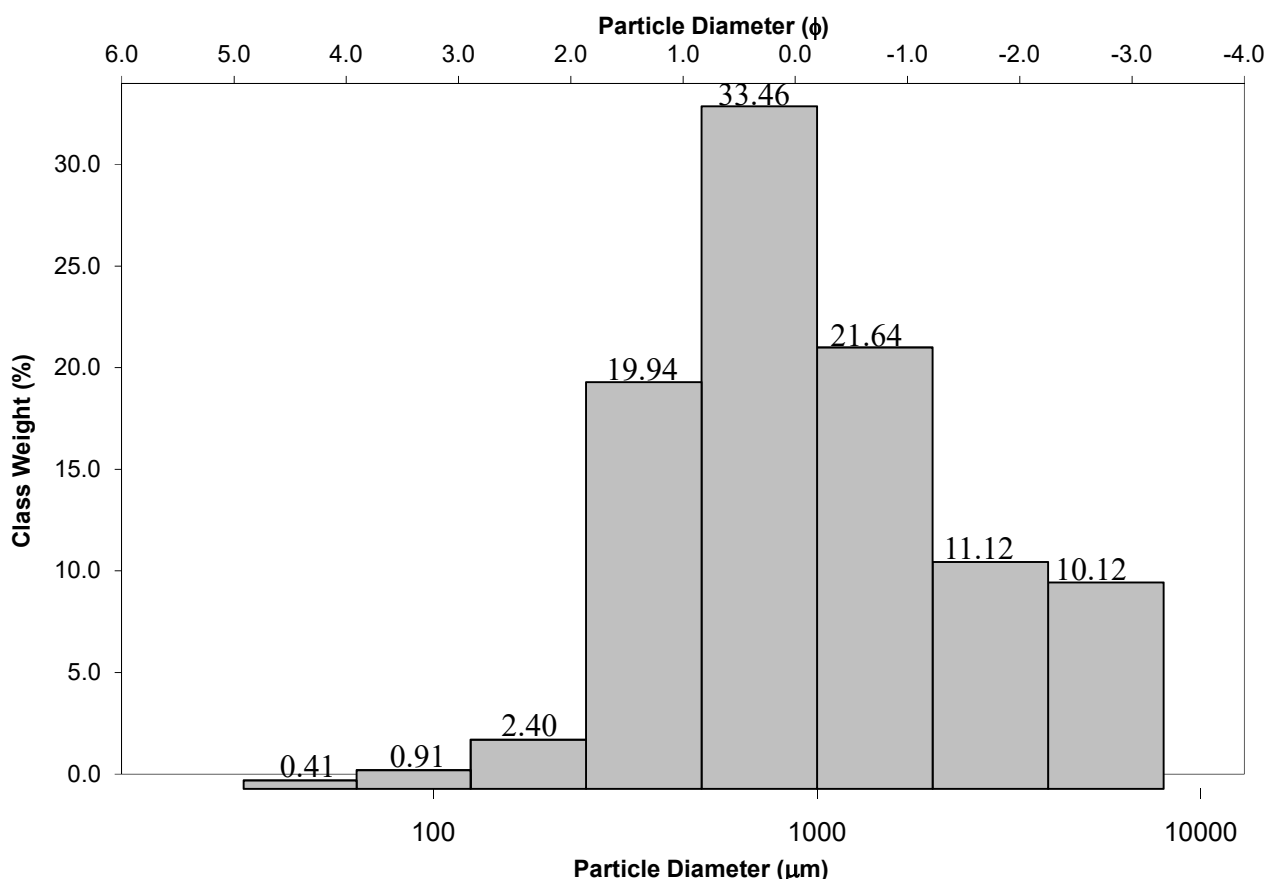
ANALYST & DATE: GAMMA, 6/10/2022

SAMPLE TYPE: Unimodal, Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand

SEDIMENT NAME: Very Fine Gravelly Coarse Sand

	μm	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	750.0	0.500	GRAVEL: 21.2%	COARSE SAND: 33.5%		
MODE 2:			SAND: 78.4%	MEDIUM SAND: 19.9%		
MODE 3:			MUD: 0.4%	FINE SAND: 2.4%		
D ₁₀ :	311.1	-2.012		V FINE SAND: 0.9%		
MEDIAN or D ₅₀ :	863.0	0.213	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 0.4%		
D ₉₀ :	4033.1	1.684	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D ₉₀ / D ₁₀):	12.96	-0.837	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
(D ₉₀ - D ₁₀):	3722.0	3.696	FINE GRAVEL: 10.1%	FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ / D ₂₅):	3.449	-1.161	V FINE GRAVEL: 11.1%	V FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ - D ₂₅):	1259.0	1.786	V COARSE SAND: 21.6%	CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN ($\bar{x}$):	1596.9	967.3	0.048	971.6	0.042	Coarse Sand
SORTING (σ):	1672.9	2.539	1.344	2.615	1.387	Poorly Sorted
SKEWNESS (Sk):	1.766	0.168	-0.168	0.202	-0.202	Coarse Skewed
KURTOSIS (K):	5.012	2.910	2.910	1.019	1.019	Mesokurtic

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

SIEVING ERROR: 0.0%

SAMPLE STATISTICSSAMPLE IDENTITY: **513**

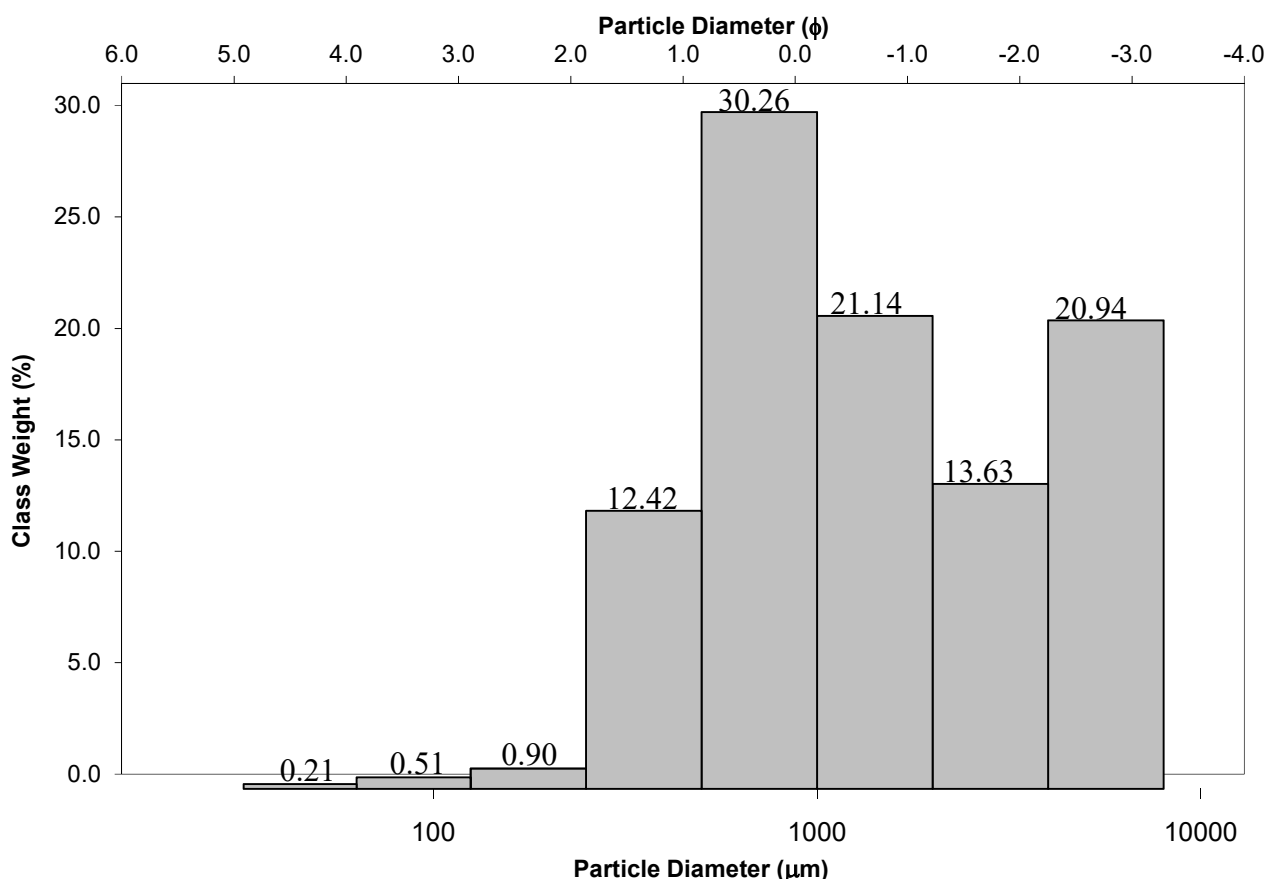
ANALYST & DATE: GAMMA, 6/10/2022

SAMPLE TYPE: Bimodal, Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Sandy Gravel

SEDIMENT NAME: Sandy Fine Gravel

	μm	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	750.0	0.500	GRAVEL: 34.6%	COARSE SAND: 30.3%		
MODE 2:	6000.0	-2.500	SAND: 65.2%	MEDIUM SAND: 12.4%		
MODE 3:			MUD: 0.2%	FINE SAND: 0.9%		
D ₁₀ :	399.4	-2.522		V FINE SAND: 0.5%		
MEDIAN or D ₅₀ :	1205.9	-0.270	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 0.2%		
D ₉₀ :	5745.7	1.324	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D ₉₀ / D ₁₀):	14.39	-0.525	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
(D ₉₀ - D ₁₀):	5346.3	3.847	FINE GRAVEL: 20.9%	FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ / D ₂₅):	5.062	-0.374	V FINE GRAVEL: 13.6%	V FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ - D ₂₅):	2611.1	2.340	V COARSE SAND: 21.1%	CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN ($\bar{x}$):	2258.3	1363.2	-0.447	1437.7	-0.524	Very Coarse Sand
SORTING (σ):	2080.7	2.653	1.408	2.775	1.473	Poorly Sorted
SKEWNESS (Sk):	0.989	0.007	-0.007	0.175	-0.175	Coarse Skewed
KURTOSIS (K):	2.380	2.288	2.288	0.786	0.786	Platykurtic

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

SIEVING ERROR: 0.0%

SAMPLE STATISTICSSAMPLE IDENTITY: **514**

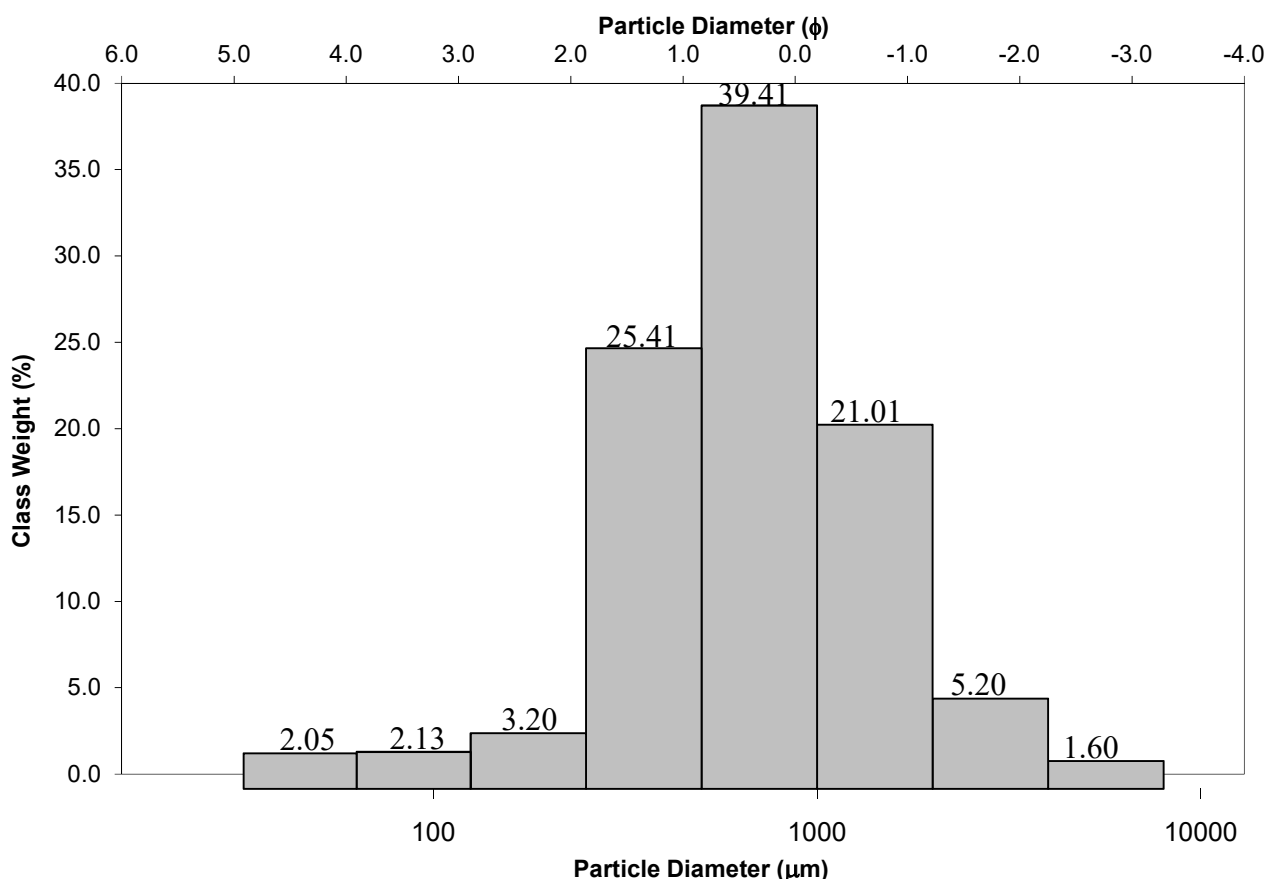
ANALYST & DATE: GAMMA, 6/10/2022

SAMPLE TYPE: Unimodal, Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand

SEDIMENT NAME: Very Fine Gravelly Coarse Sand

	μm	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	750.0	0.500	GRAVEL: 6.8%	COARSE SAND: 39.4%		
MODE 2:			SAND: 91.2%	MEDIUM SAND: 25.4%		
MODE 3:			MUD: 2.0%	FINE SAND: 3.2%		
D ₁₀ :	269.0	-0.848		V FINE SAND: 2.1%		
MEDIAN or D ₅₀ :	677.3	0.562	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 2.0%		
D ₉₀ :	1800.1	1.894	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D ₉₀ / D ₁₀):	6.691	-2.233	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
(D ₉₀ - D ₁₀):	1531.1	2.742	FINE GRAVEL: 1.6%	FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ / D ₂₅):	2.711	-9.694	V FINE GRAVEL: 5.2%	V FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ - D ₂₅):	692.8	1.439	V COARSE SAND: 21.0%	CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN ($\bar{x}$):	967.6	660.4	0.599	681.8	0.553	Coarse Sand
SORTING (σ):	916.9	2.298	1.200	2.252	1.171	Poorly Sorted
SKEWNESS (Sk):	3.124	-0.491	0.491	-0.024	0.024	Symmetrical
KURTOSIS (K):	15.92	4.525	4.525	1.159	1.159	Leptokurtic

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

SIEVING ERROR: 0.0%

SAMPLE STATISTICSSAMPLE IDENTITY: **515**

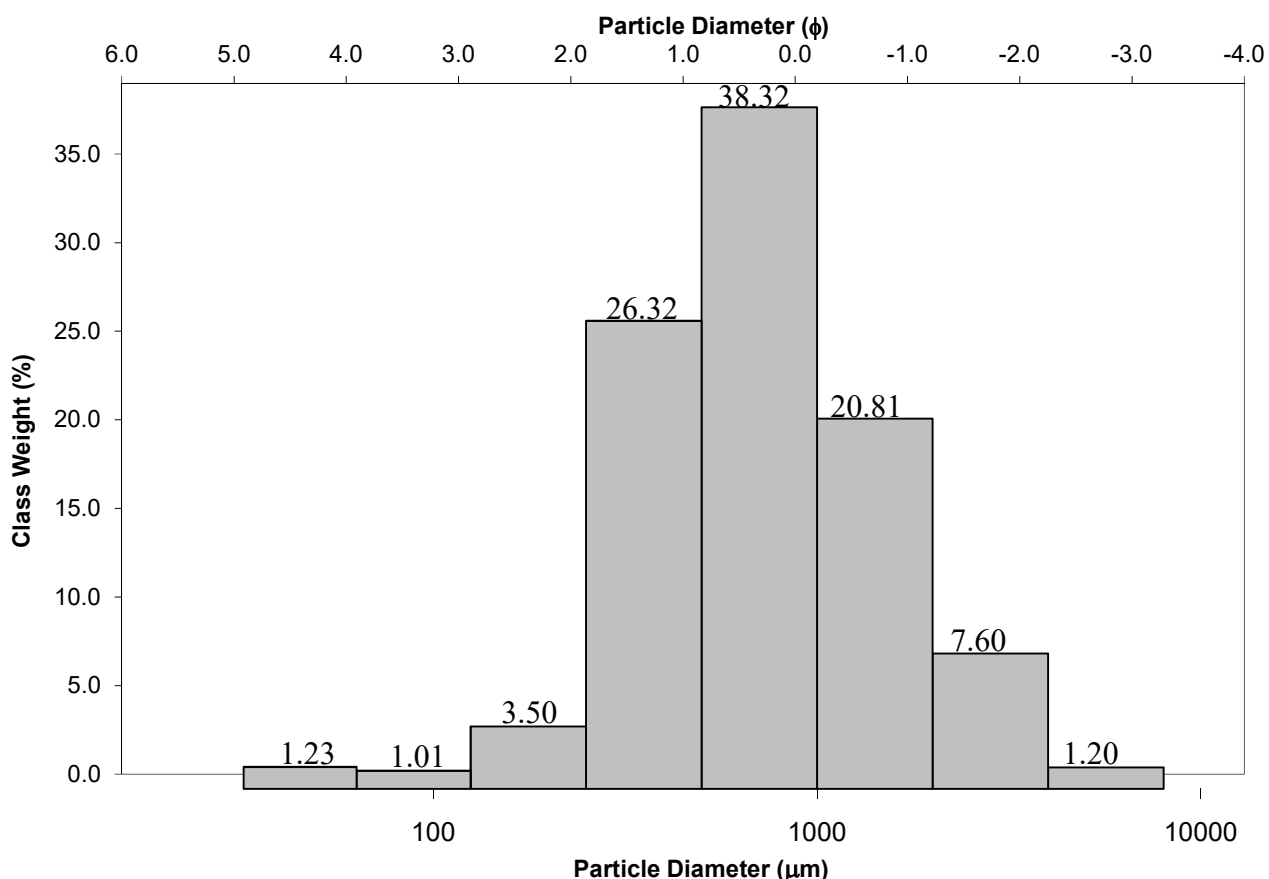
ANALYST & DATE: GAMMA, 6/10/2022

SAMPLE TYPE: Unimodal, Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand

SEDIMENT NAME: Very Fine Gravelly Coarse Sand

	μm	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	750.0	0.500	GRAVEL: 8.8%	COARSE SAND: 38.3%		
MODE 2:			SAND: 90.0%	MEDIUM SAND: 26.3%		
MODE 3:			MUD: 1.2%	FINE SAND: 3.5%		
D ₁₀ :	279.9	-0.943		V FINE SAND: 1.0%		
MEDIAN or D ₅₀ :	691.9	0.531	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 1.2%		
D ₉₀ :	1922.2	1.837	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D ₉₀ / D ₁₀):	6.867	-1.948	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
(D ₉₀ - D ₁₀):	1642.3	2.780	FINE GRAVEL: 1.2%	FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ / D ₂₅):	2.808	-5.699	V FINE GRAVEL: 7.6%	V FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ - D ₂₅):	751.1	1.489	V COARSE SAND: 20.8%	CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN ($\bar{x}$):	1007.0	699.9	0.515	709.4	0.495	Coarse Sand
SORTING (σ):	908.7	2.206	1.142	2.184	1.127	Poorly Sorted
SKEWNESS (Sk):	2.682	-0.248	0.248	0.073	-0.073	Symmetrical
KURTOSIS (K):	12.84	4.125	4.125	1.019	1.019	Mesokurtic

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

SIEVING ERROR: 0.0%

SAMPLE STATISTICSSAMPLE IDENTITY: **516**

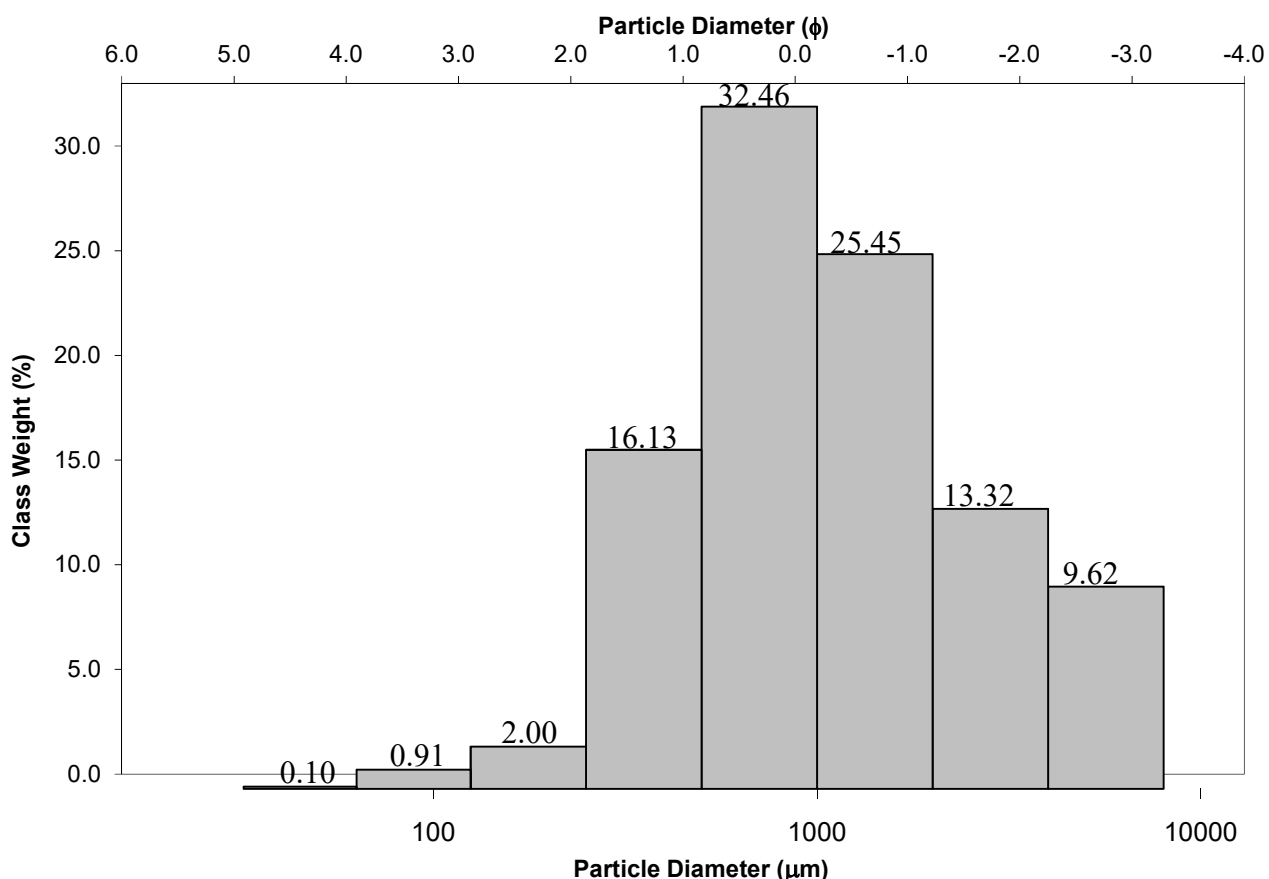
ANALYST & DATE: GAMMA, 6/10/2022

SAMPLE TYPE: Unimodal, Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand

SEDIMENT NAME: Very Fine Gravelly Coarse Sand

	μm	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	750.0	0.500	GRAVEL: 22.9%	COARSE SAND: 32.5%		
MODE 2:			SAND: 77.0%	MEDIUM SAND: 16.1%		
MODE 3:			MUD: 0.1%	FINE SAND: 2.0%		
D ₁₀ :	337.6	-1.971		V FINE SAND: 0.9%		
MEDIAN or D ₅₀ :	966.3	0.049	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 0.1%		
D ₉₀ :	3921.6	1.566	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D ₉₀ / D ₁₀):	11.61	-0.795	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
(D ₉₀ - D ₁₀):	3583.9	3.538	FINE GRAVEL: 9.6%	FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ / D ₂₅):	3.337	-0.891	V FINE GRAVEL: 13.3%	V FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ - D ₂₅):	1324.5	1.739	V COARSE SAND: 25.5%	CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN ($\bar{x}$):	1667.4	1055.0	-0.077	1066.2	-0.092	Very Coarse Sand
SORTING (σ):	1631.3	2.441	1.288	2.530	1.339	Poorly Sorted
SKEWNESS (Sk):	1.713	0.106	-0.106	0.159	-0.159	Coarse Skewed
KURTOSIS (K):	4.965	2.795	2.795	1.027	1.027	Mesokurtic

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

SIEVING ERROR: 0.0%

SAMPLE STATISTICSSAMPLE IDENTITY: **517**

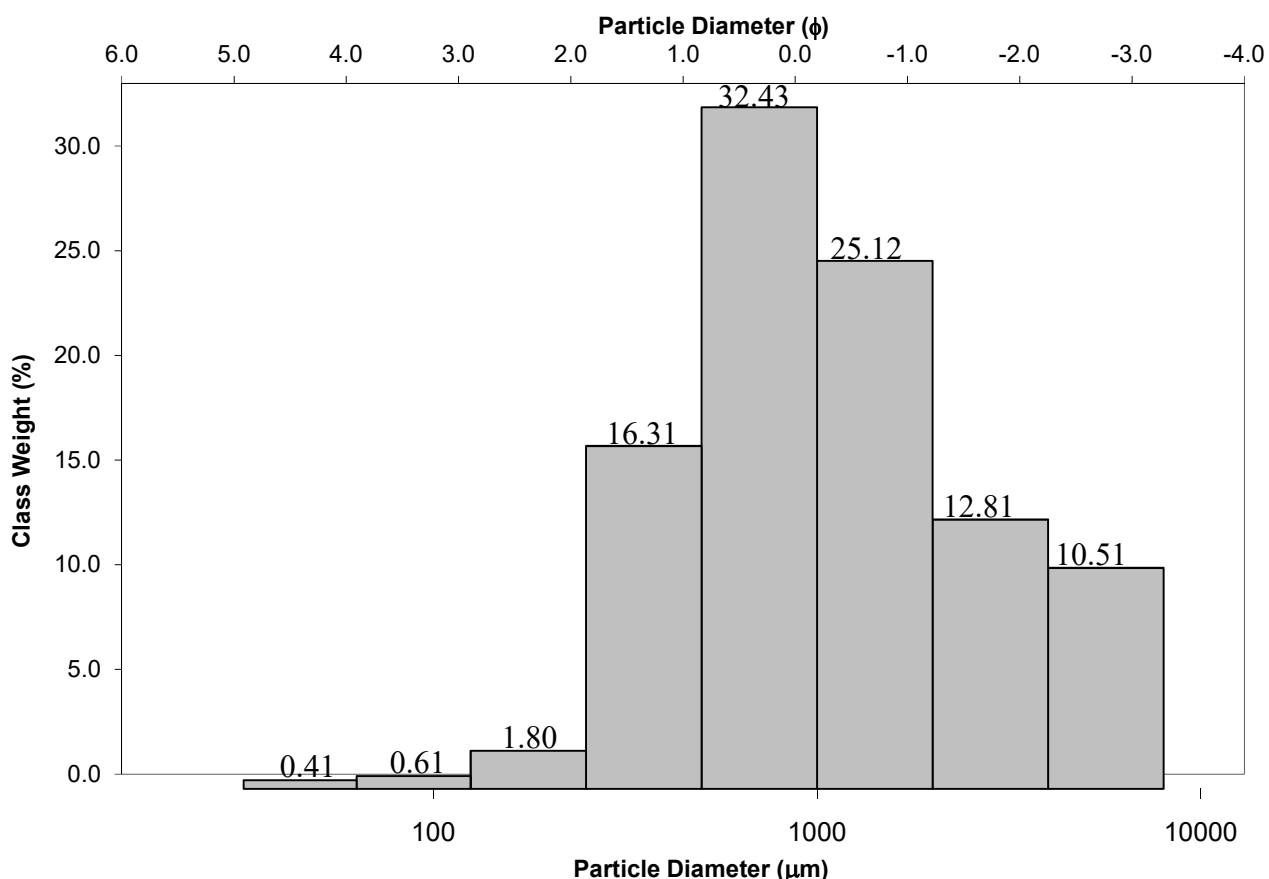
ANALYST & DATE: GAMMA, 6/10/2022

SAMPLE TYPE: Unimodal, Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand

SEDIMENT NAME: Very Fine Gravelly Coarse Sand

	μm	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	750.0	0.500	GRAVEL: 23.3%	COARSE SAND: 32.4%		
MODE 2:			SAND: 76.3%	MEDIUM SAND: 16.3%		
MODE 3:			MUD: 0.4%	FINE SAND: 1.8%		
D ₁₀ :	339.4	-2.049		V FINE SAND: 0.6%		
MEDIAN or D ₅₀ :	967.4	0.048	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 0.4%		
D ₉₀ :	4137.0	1.559	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D ₉₀ / D ₁₀):	12.19	-0.761	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
(D ₉₀ - D ₁₀):	3797.6	3.607	FINE GRAVEL: 10.5%	FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ / D ₂₅):	3.368	-0.877	V FINE GRAVEL: 12.8%	V FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ - D ₂₅):	1342.6	1.752	V COARSE SAND: 25.1%	CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN ($\bar{x}$):	1700.5	1064.2	-0.090	1079.9	-0.111	Very Coarse Sand
SORTING (σ):	1678.3	2.478	1.309	2.559	1.356	Poorly Sorted
SKEWNESS (Sk):	1.665	0.069	-0.069	0.172	-0.172	Coarse Skewed
KURTOSIS (K):	4.691	2.955	2.955	1.027	1.027	Mesokurtic

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

SIEVING ERROR: 0.0%

SAMPLE STATISTICSSAMPLE IDENTITY: **609**

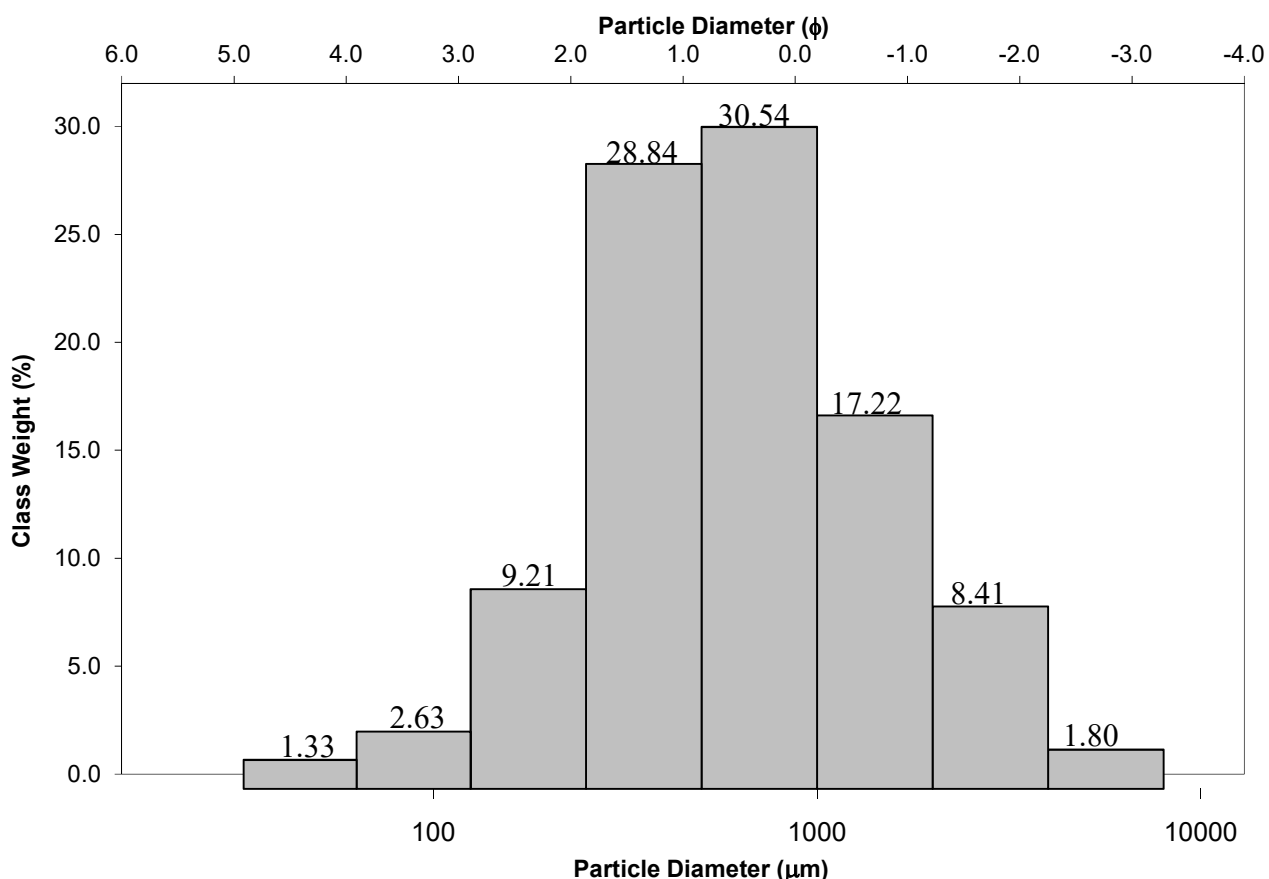
ANALYST & DATE: GAMMA, 6/10/2022

SAMPLE TYPE: Unimodal, Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand

SEDIMENT NAME: Very Fine Gravelly Coarse Sand

	μm	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	750.0	0.500	GRAVEL: 10.2%	COARSE SAND: 30.6%		
MODE 2:			SAND: 88.5%	MEDIUM SAND: 28.9%		
MODE 3:			MUD: 1.3%	FINE SAND: 9.2%		
D ₁₀ :	197.6	-1.026		V FINE SAND: 2.6%		
MEDIAN or D ₅₀ :	599.7	0.738	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 1.3%		
D ₉₀ :	2036.6	2.339	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D ₉₀ / D ₁₀):	10.31	-2.279	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
(D ₉₀ - D ₁₀):	1839.0	3.365	FINE GRAVEL: 1.8%	FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ / D ₂₅):	3.320	-11.152	V FINE GRAVEL: 8.4%	V FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ - D ₂₅):	771.3	1.731	V COARSE SAND: 17.2%	CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN ($\bar{x}$):	977.0	612.2	0.708	633.8	0.658	Coarse Sand
SORTING (σ):	1027.6	2.485	1.313	2.502	1.323	Poorly Sorted
SKEWNESS (Sk):	2.642	-0.056	0.056	0.070	-0.070	Symmetrical
KURTOSIS (K):	11.66	3.206	3.206	1.066	1.066	Mesokurtic

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

SIEVING ERROR: 0.0%

SAMPLE STATISTICSSAMPLE IDENTITY: **610**

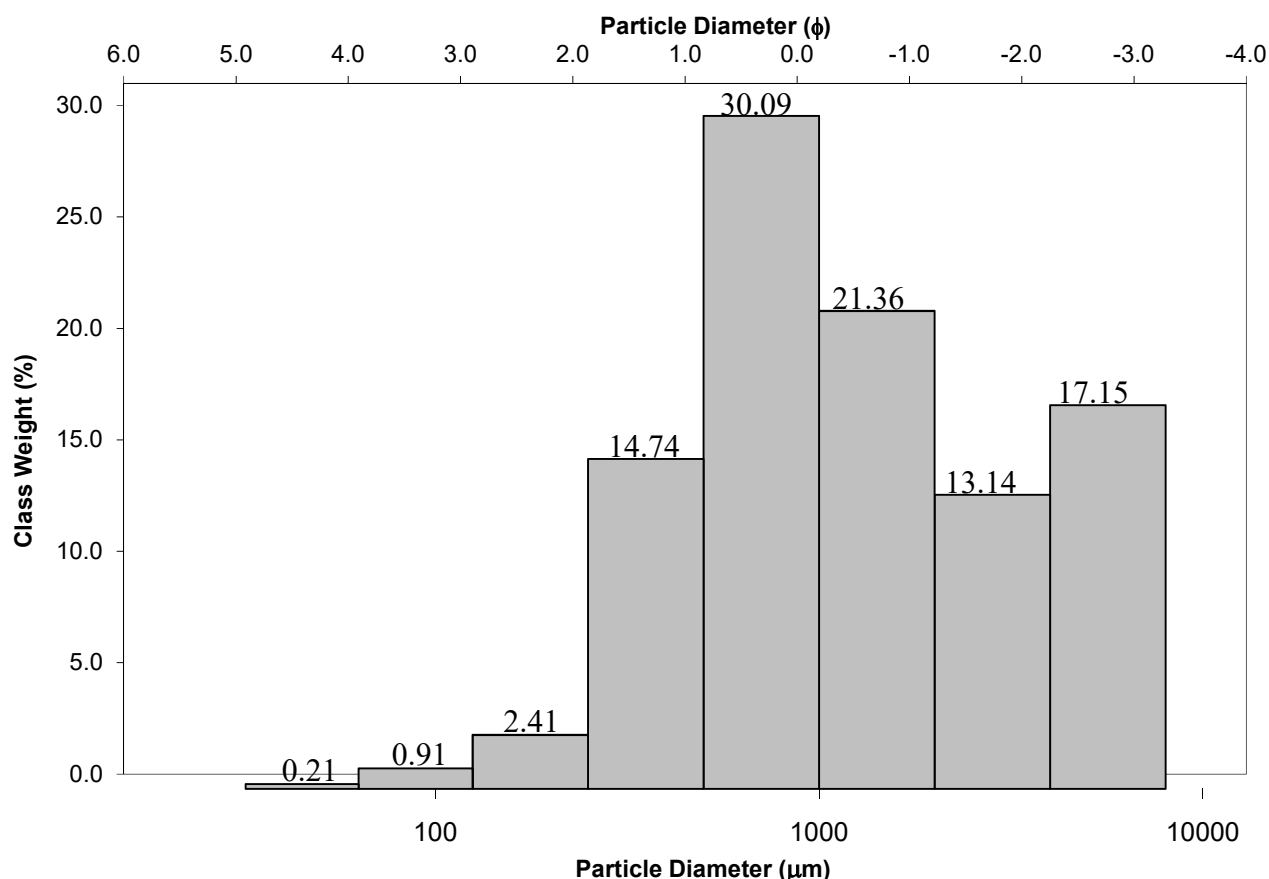
ANALYST & DATE: GAMMA, 6/10/2022

SAMPLE TYPE: Bimodal, Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Sandy Gravel

SEDIMENT NAME: Sandy Fine Gravel

	μm	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	750.0	0.500	GRAVEL: 30.3%	COARSE SAND: 30.1%		
MODE 2:	6000.0	-2.500	SAND: 69.5%	MEDIUM SAND: 14.7%		
MODE 3:			MUD: 0.2%	FINE SAND: 2.4%		
D_{10} :	339.2	-2.417		V FINE SAND: 0.9%		
MEDIAN or D_{50} :	1055.2	-0.077	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 0.2%		
D_{90} :	5340.4	1.560	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D_{90} / D_{10}) :	15.75	-0.645	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
$(D_{90} - D_{10})$:	5001.3	3.977	FINE GRAVEL: 17.2%	FINE SILT: 0.0%		
(D_{75} / D_{25}) :	4.527	-0.553	V FINE GRAVEL: 13.1%	V FINE SILT: 0.0%		
$(D_{75} - D_{25})$:	2059.9	2.179	V COARSE SAND: 21.4%	CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN ($\bar{x}$):	2030.2	1197.8	-0.260	1257.5	-0.331	Very Coarse Sand
SORTING (σ):	1976.7	2.705	1.436	2.835	1.503	Poorly Sorted
SKEWNESS (Sk):	1.202	0.016	-0.016	0.189	-0.189	Coarse Skewed
KURTOSIS (K):	2.953	2.435	2.435	0.867	0.867	Platykurtic

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

SIEVING ERROR: 0.0%

SAMPLE STATISTICSSAMPLE IDENTITY: **611**

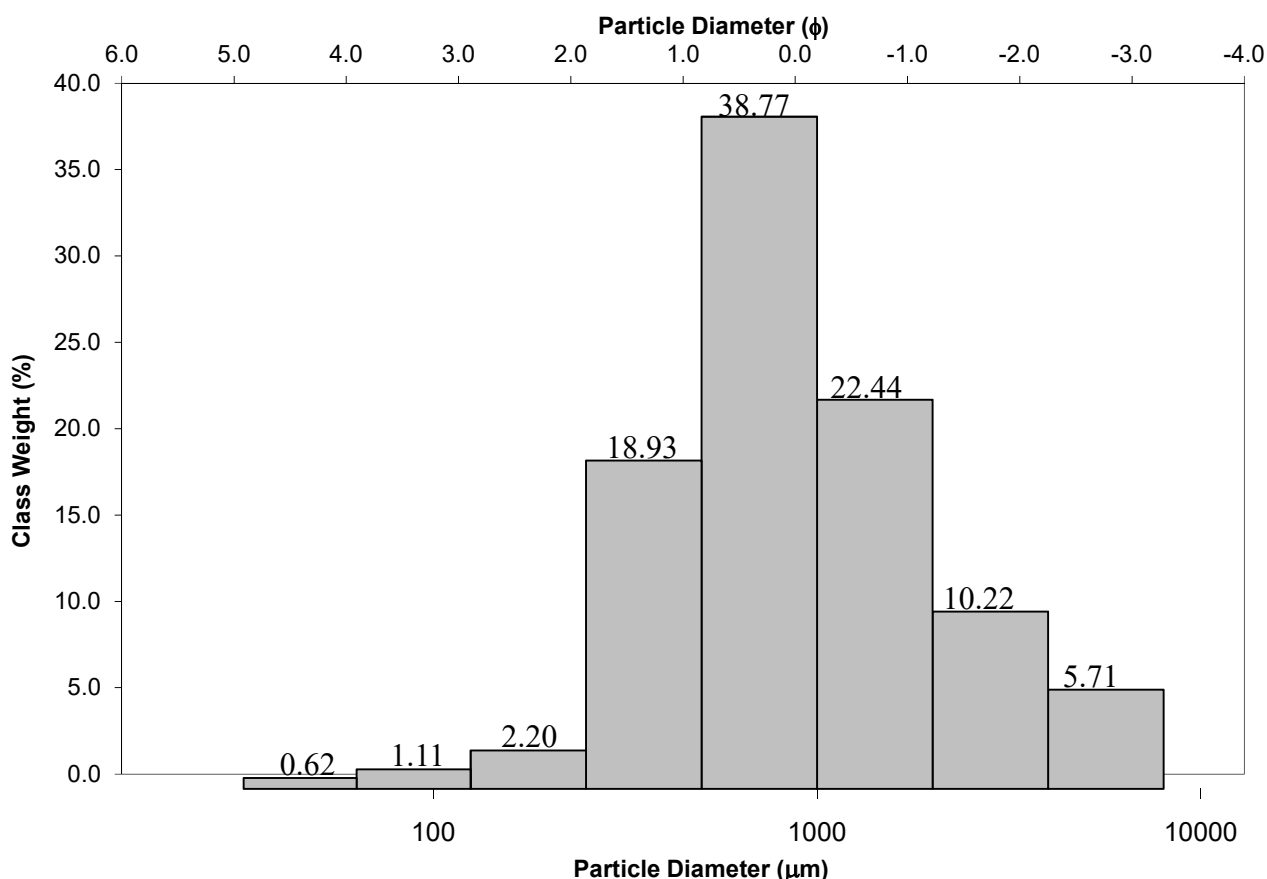
ANALYST & DATE: GAMMA, 6/10/2022

SAMPLE TYPE: Unimodal, Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand

SEDIMENT NAME: Very Fine Gravelly Coarse Sand

	μm	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	750.0	0.500	GRAVEL: 15.9%	COARSE SAND: 38.8%		
MODE 2:			SAND: 83.5%	MEDIUM SAND: 18.9%		
MODE 3:			MUD: 0.6%	FINE SAND: 2.2%		
D ₁₀ :	312.4	-1.580		V FINE SAND: 1.1%		
MEDIAN or D ₅₀ :	812.4	0.300	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 0.6%		
D ₉₀ :	2990.5	1.678	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D ₉₀ / D ₁₀):	9.571	-1.062	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
(D ₉₀ - D ₁₀):	2678.1	3.259	FINE GRAVEL: 5.7%	FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ / D ₂₅):	2.909	-1.585	V FINE GRAVEL: 10.2%	V FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ - D ₂₅):	991.9	1.540	V COARSE SAND: 22.4%	CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN ($\bar{x}$):	1353.3	876.5	0.190	857.7	0.221	Coarse Sand
SORTING (σ):	1376.7	2.352	1.234	2.307	1.206	Poorly Sorted
SKEWNESS (Sk):	2.244	0.053	-0.053	0.146	-0.146	Coarse Skewed
KURTOSIS (K):	7.709	3.626	3.626	1.082	1.082	Mesokurtic

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

SIEVING ERROR: 0.0%

SAMPLE STATISTICSSAMPLE IDENTITY: **612**

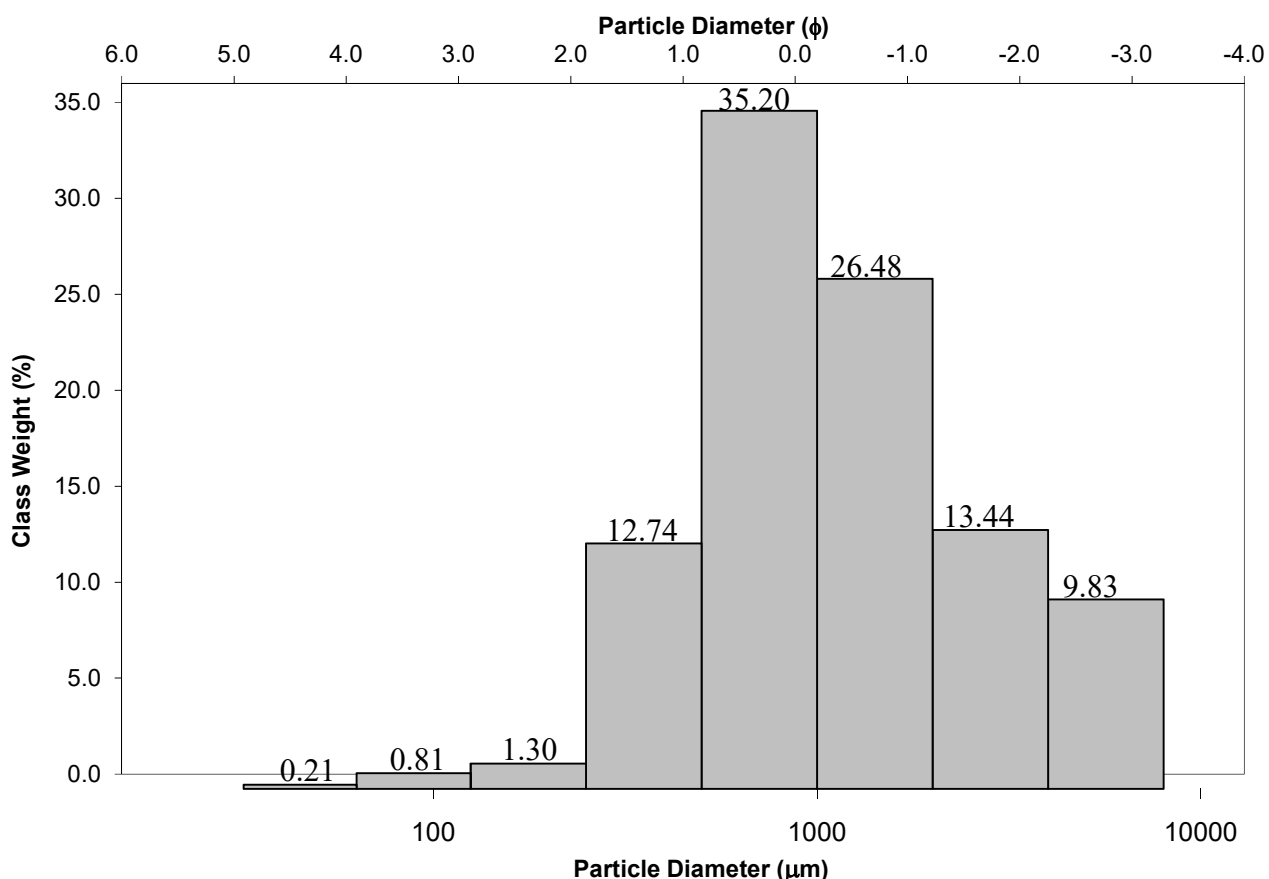
ANALYST & DATE: GAMMA, 6/10/2022

SAMPLE TYPE: Unimodal, Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand

SEDIMENT NAME: Very Fine Gravelly Coarse Sand

	μm	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	750.0	0.500	GRAVEL: 23.3%	COARSE SAND: 35.2%		
MODE 2:			SAND: 76.5%	MEDIUM SAND: 12.7%		
MODE 3:			MUD: 0.2%	FINE SAND: 1.3%		
D_{10} :	380.0	-1.987		V FINE SAND: 0.8%		
MEDIAN or D_{50} :	995.1	0.007	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 0.2%		
D_{90} :	3965.0	1.396	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D_{90} / D_{10}) :	10.44	-0.702	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
$(D_{90} - D_{10})$:	3585.0	3.383	FINE GRAVEL: 9.8%	FINE SILT: 0.0%		
(D_{75} / D_{25}) :	3.142	-0.767	V FINE GRAVEL: 13.4%	V FINE SILT: 0.0%		
$(D_{75} - D_{25})$:	1303.2	1.652	V COARSE SAND: 26.5%	CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN ($\bar{x}$):	1705.3	1104.2	-0.143	1138.4	-0.187	Very Coarse Sand
SORTING (σ):	1628.7	2.375	1.248	2.423	1.277	Poorly Sorted
SKEWNESS (Sk):	1.708	0.078	-0.078	0.200	-0.200	Coarse Skewed
KURTOSIS (K):	4.925	3.068	3.068	1.062	1.062	Mesokurtic

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

SIEVING ERROR: 0.0%

SAMPLE STATISTICSSAMPLE IDENTITY: **613**

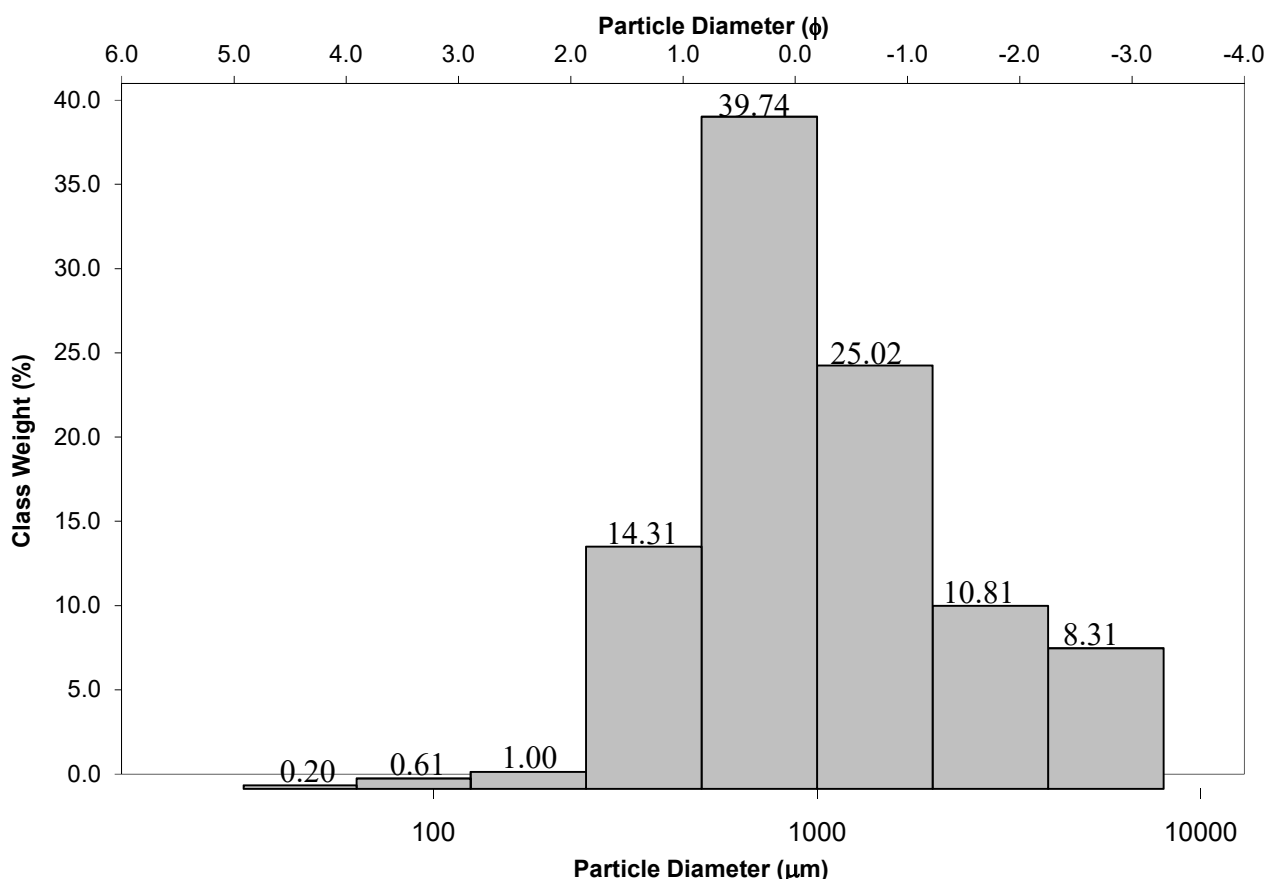
ANALYST & DATE: GAMMA, 6/10/2022

SAMPLE TYPE: Unimodal, Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand

SEDIMENT NAME: Very Fine Gravelly Coarse Sand

	μm	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	750.0	0.500	GRAVEL: 19.1%	COARSE SAND: 39.7%		
MODE 2:			SAND: 80.7%	MEDIUM SAND: 14.3%		
MODE 3:			MUD: 0.2%	FINE SAND: 1.0%		
D ₁₀ :	371.8	-1.844		V FINE SAND: 0.6%		
MEDIAN or D ₅₀ :	902.9	0.147	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 0.2%		
D ₉₀ :	3588.8	1.427	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D ₉₀ / D ₁₀):	9.652	-0.774	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
(D ₉₀ - D ₁₀):	3217.0	3.271	FINE GRAVEL: 8.3%	FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ / D ₂₅):	2.911	-1.015	V FINE GRAVEL: 10.8%	V FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ - D ₂₅):	1115.6	1.541	V COARSE SAND: 25.0%	CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN ($\bar{x}$):	1552.5	1018.6	-0.027	1031.2	-0.044	Very Coarse Sand
SORTING (σ):	1536.5	2.285	1.192	2.308	1.207	Poorly Sorted
SKEWNESS (Sk):	1.970	0.269	-0.269	0.235	-0.235	Coarse Skewed
KURTOSIS (K):	6.009	3.262	3.262	1.110	1.110	Mesokurtic

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

SIEVING ERROR: 0.0%

SAMPLE STATISTICSSAMPLE IDENTITY: **614**

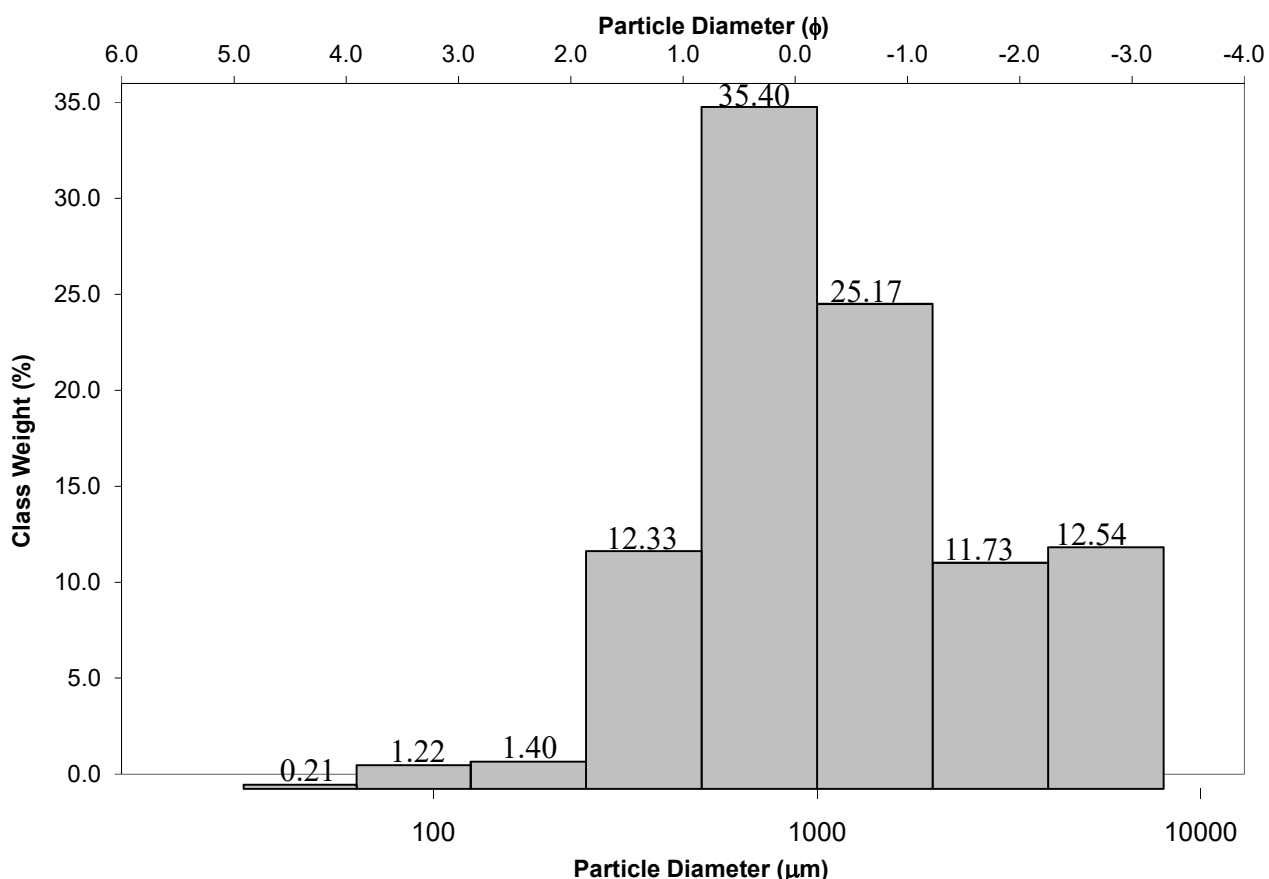
ANALYST & DATE: GAMMA, 6/10/2022

SAMPLE TYPE: Bimodal, Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand

SEDIMENT NAME: Fine Gravelly Coarse Sand

	μm	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	750.0	0.500	GRAVEL: 24.3%	COARSE SAND: 35.4%		
MODE 2:	6000.0	-2.500	SAND: 75.5%	MEDIUM SAND: 12.3%		
MODE 3:			MUD: 0.2%	FINE SAND: 1.4%		
D ₁₀ :	374.5	-2.202		V FINE SAND: 1.2%		
MEDIAN or D ₅₀ :	989.3	0.016	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 0.2%		
D ₉₀ :	4602.4	1.417	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D ₉₀ / D ₁₀):	12.29	-0.643	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
(D ₉₀ - D ₁₀):	4228.0	3.619	FINE GRAVEL: 12.5%	FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ / D ₂₅):	3.233	-0.743	V FINE GRAVEL: 11.7%	V FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ - D ₂₅):	1354.0	1.693	V COARSE SAND: 25.2%	CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN ($\bar{x}$):	1797.6	1122.8	-0.167	1179.2	-0.238	Very Coarse Sand
SORTING (σ):	1766.9	2.484	1.313	2.532	1.340	Poorly Sorted
SKEWNESS (Sk):	1.561	0.064	-0.064	0.233	-0.233	Coarse Skewed
KURTOSIS (K):	4.155	3.001	3.001	1.071	1.071	Mesokurtic

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

SIEVING ERROR: 0.0%

SAMPLE STATISTICSSAMPLE IDENTITY: **616**

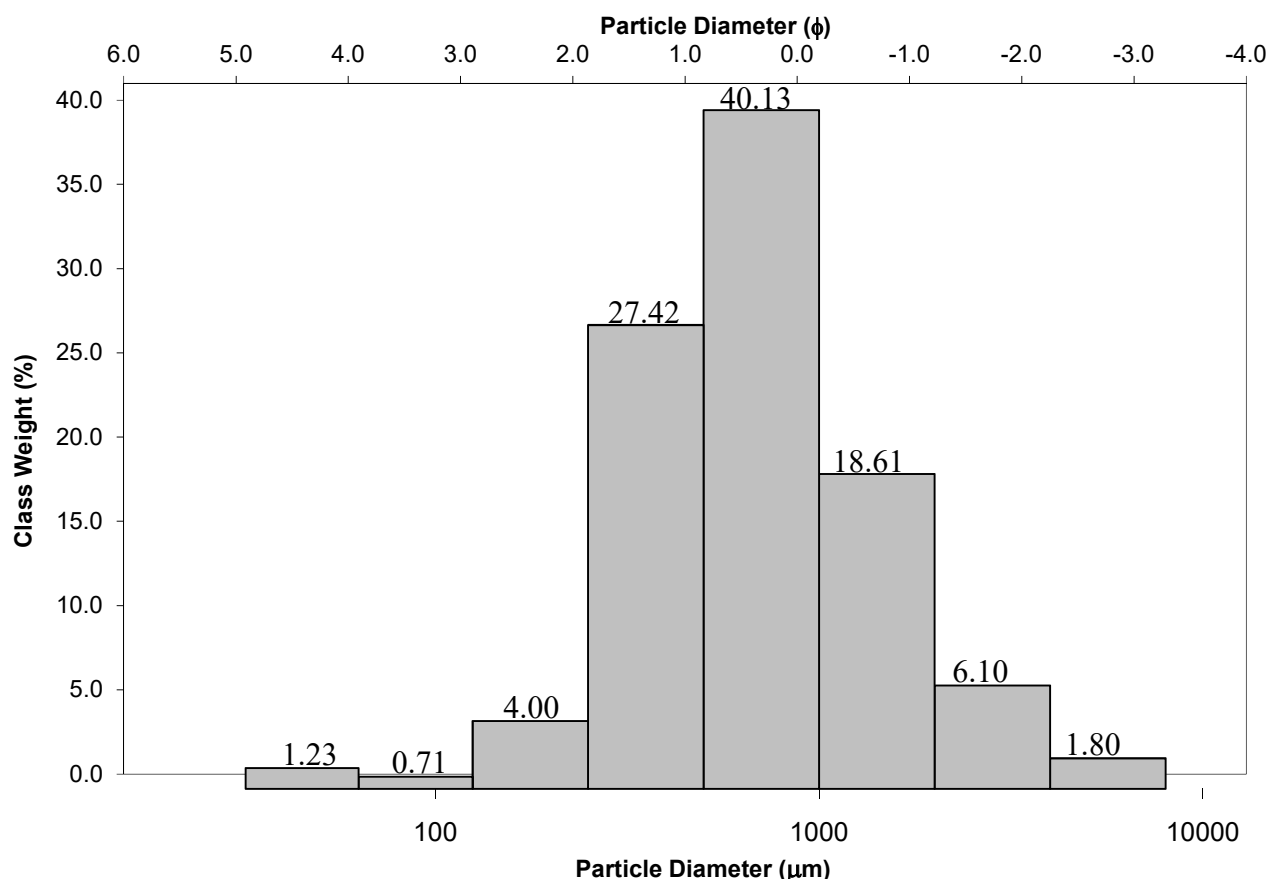
ANALYST & DATE: GAMMA, 6/10/2022

SAMPLE TYPE: Unimodal, Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand

SEDIMENT NAME: Very Fine Gravelly Coarse Sand

	μm	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	750.0	0.500	GRAVEL: 7.9%	COARSE SAND: 40.1%		
MODE 2:			SAND: 90.9%	MEDIUM SAND: 27.4%		
MODE 3:			MUD: 1.2%	FINE SAND: 4.0%		
D ₁₀ :	277.3	-0.888		V FINE SAND: 0.7%		
MEDIAN or D ₅₀ :	666.7	0.585	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 1.2%		
D ₉₀ :	1850.1	1.851	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D ₉₀ / D ₁₀):	6.673	-2.085	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
(D ₉₀ - D ₁₀):	1572.9	2.738	FINE GRAVEL: 1.8%	FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ / D ₂₅):	2.613	-15.902	V FINE GRAVEL: 6.1%	V FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ - D ₂₅):	653.4	1.386	V COARSE SAND: 18.6%	CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN ($\bar{x}$):	983.2	678.0	0.561	682.8	0.550	Coarse Sand
SORTING (σ):	957.2	2.188	1.130	2.159	1.110	Poorly Sorted
SKEWNESS (Sk):	3.078	-0.100	0.100	0.080	-0.080	Symmetrical
KURTOSIS (K):	14.90	4.324	4.324	1.095	1.095	Mesokurtic

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

SIEVING ERROR: 0.0%

SAMPLE STATISTICSSAMPLE IDENTITY: **617**

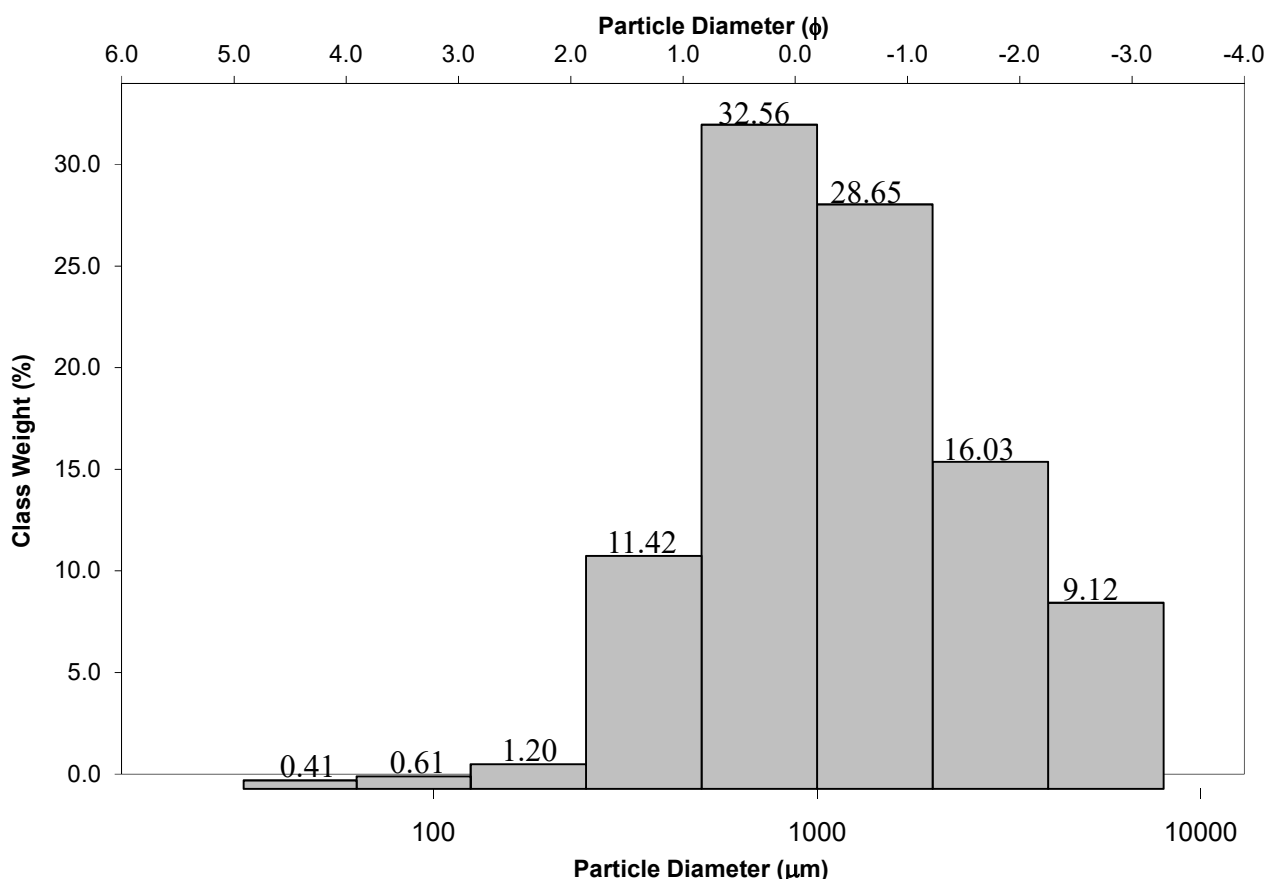
ANALYST & DATE: GAMMA, 6/10/2022

SAMPLE TYPE: Unimodal, Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand

SEDIMENT NAME: Very Fine Gravelly Coarse Sand

	μm	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	750.0	0.500	GRAVEL: 25.2%	COARSE SAND: 32.6%		
MODE 2:			SAND: 74.5%	MEDIUM SAND: 11.4%		
MODE 3:			MUD: 0.4%	FINE SAND: 1.2%		
D ₁₀ :	401.2	-1.945		V FINE SAND: 0.6%		
MEDIAN or D ₅₀ :	1096.5	-0.133	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 0.4%		
D ₉₀ :	3850.4	1.318	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D ₉₀ / D ₁₀):	9.597	-0.677	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
(D ₉₀ - D ₁₀):	3449.2	3.263	FINE GRAVEL: 9.1%	FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ / D ₂₅):	3.160	-0.645	V FINE GRAVEL: 16.0%	V FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ - D ₂₅):	1376.1	1.660	V COARSE SAND: 28.7%	CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN ($\bar{x}$):	1748.0	1155.5	-0.209	1196.5	-0.259	Very Coarse Sand
SORTING (σ):	1585.7	2.354	1.235	2.398	1.262	Poorly Sorted
SKEWNESS (Sk):	1.657	-0.102	0.102	0.127	-0.127	Coarse Skewed
KURTOSIS (K):	4.916	3.318	3.318	1.039	1.039	Mesokurtic

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

SIEVING ERROR: 0.0%

SAMPLE STATISTICSSAMPLE IDENTITY: **709**

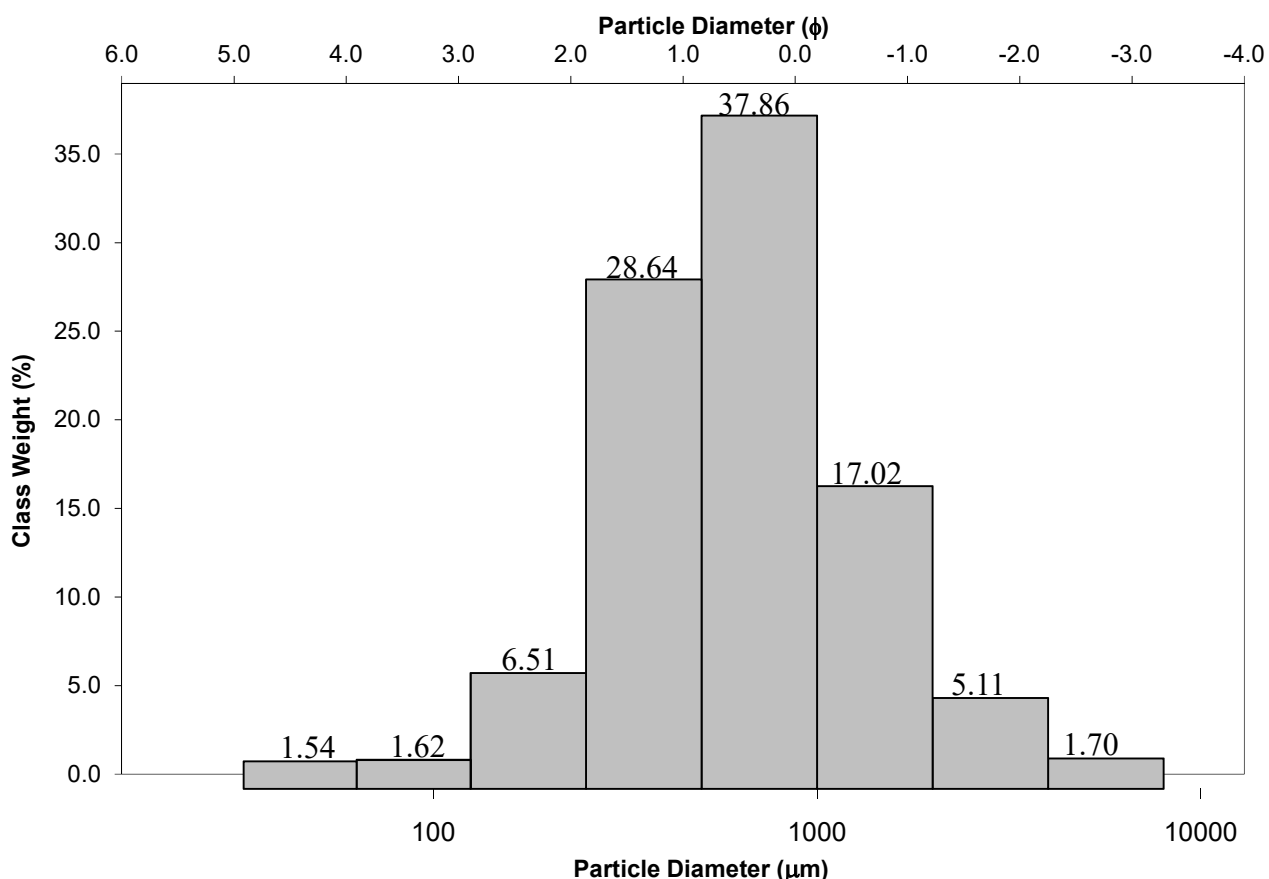
ANALYST & DATE: GAMMA, 6/10/2022

SAMPLE TYPE: Unimodal, Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand

SEDIMENT NAME: Very Fine Gravelly Coarse Sand

	μm	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	750.0	0.500	GRAVEL: 6.8%	COARSE SAND: 37.9%		
MODE 2:			SAND: 91.7%	MEDIUM SAND: 28.7%		
MODE 3:			MUD: 1.5%	FINE SAND: 6.5%		
D ₁₀ :	252.3	-0.813		V FINE SAND: 1.6%		
MEDIAN or D ₅₀ :	619.6	0.690	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 1.5%		
D ₉₀ :	1756.8	1.987	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D ₉₀ / D ₁₀):	6.963	-2.444	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
(D ₉₀ - D ₁₀):	1504.5	2.800	FINE GRAVEL: 1.7%	FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ / D ₂₅):	2.700	48.10	V FINE GRAVEL: 5.1%	V FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ - D ₂₅):	616.5	1.433	V COARSE SAND: 17.0%	CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN ($\bar{x}$):	917.0	615.2	0.701	628.9	0.669	Coarse Sand
SORTING (σ):	933.5	2.282	1.190	2.258	1.175	Poorly Sorted
SKEWNESS (Sk):	3.247	-0.168	0.168	0.018	-0.018	Symmetrical
KURTOSIS (K):	16.35	4.075	4.075	1.162	1.162	Leptokurtic

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

SIEVING ERROR: 0.0%

SAMPLE STATISTICSSAMPLE IDENTITY: **710**

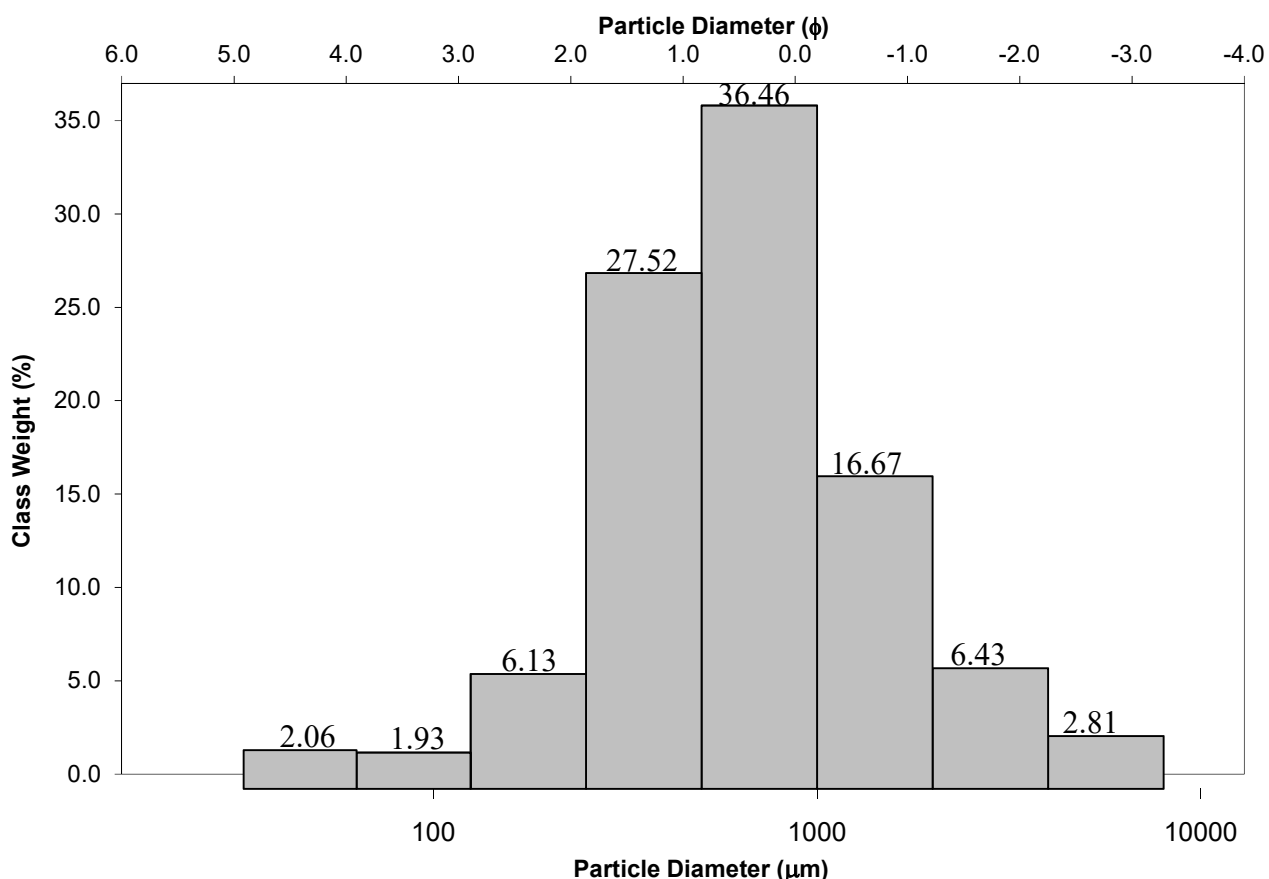
ANALYST & DATE: GAMMA, 6/10/2022

SAMPLE TYPE: Unimodal, Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand

SEDIMENT NAME: Very Fine Gravelly Coarse Sand

	μm	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	750.0	0.500	GRAVEL: 9.2%	COARSE SAND: 36.5%		
MODE 2:			SAND: 88.8%	MEDIUM SAND: 27.5%		
MODE 3:			MUD: 2.0%	FINE SAND: 6.1%		
D ₁₀ :	248.6	-0.955		V FINE SAND: 1.9%		
MEDIAN or D ₅₀ :	633.0	0.660	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 2.0%		
D ₉₀ :	1938.3	2.008	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D ₉₀ / D ₁₀):	7.798	-2.103	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
(D ₉₀ - D ₁₀):	1689.8	2.963	FINE GRAVEL: 2.8%	FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ / D ₂₅):	2.854	-26.149	V FINE GRAVEL: 6.4%	V FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ - D ₂₅):	675.2	1.513	V COARSE SAND: 16.7%	CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN ($\bar{x}$):	1003.2	635.0	0.655	652.4	0.616	Coarse Sand
SORTING (σ):	1098.8	2.445	1.290	2.419	1.274	Poorly Sorted
SKEWNESS (Sk):	2.943	-0.151	0.151	0.045	-0.045	Symmetrical
KURTOSIS (K):	12.81	3.924	3.924	1.215	1.215	Leptokurtic

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

SIEVING ERROR: 0.0%

SAMPLE STATISTICSSAMPLE IDENTITY: **711**

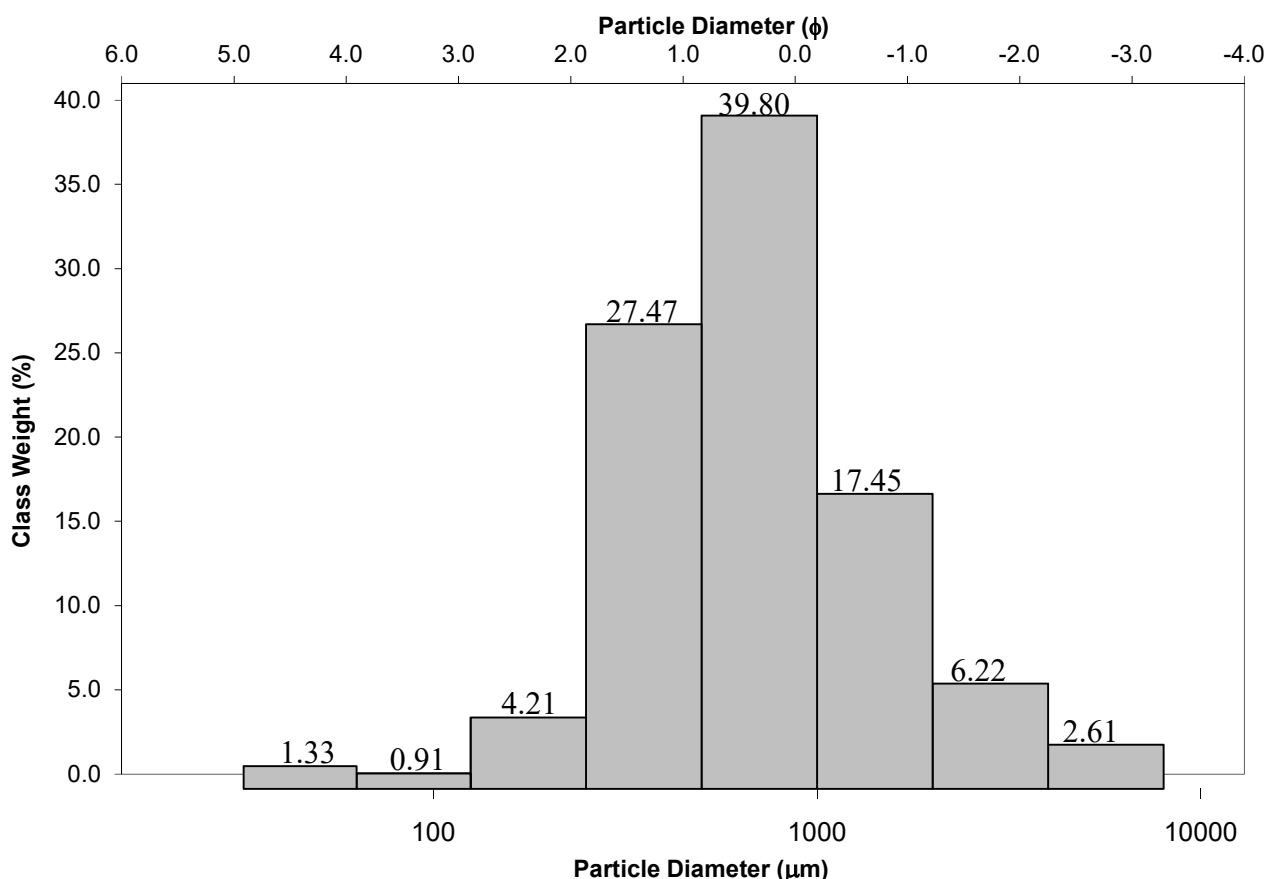
ANALYST & DATE: GAMMA, 6/10/2022

SAMPLE TYPE: Unimodal, Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand

SEDIMENT NAME: Very Fine Gravelly Coarse Sand

	μm	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	750.0	0.500	GRAVEL: 8.8%	COARSE SAND: 39.8%		
MODE 2:			SAND: 89.9%	MEDIUM SAND: 27.5%		
MODE 3:			MUD: 1.3%	FINE SAND: 4.2%		
D ₁₀ :	273.6	-0.933		V FINE SAND: 0.9%		
MEDIAN or D ₅₀ :	661.7	0.596	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 1.3%		
D ₉₀ :	1908.9	1.870	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D ₉₀ / D ₁₀):	6.976	-2.004	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
(D ₉₀ - D ₁₀):	1635.3	2.802	FINE GRAVEL: 2.6%	FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ / D ₂₅):	2.634	-18.067	V FINE GRAVEL: 6.2%	V FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ - D ₂₅):	652.7	1.397	V COARSE SAND: 17.5%	CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN ($\bar{x}$):	1015.9	677.9	0.561	681.7	0.553	Coarse Sand
SORTING (σ):	1059.9	2.261	1.177	2.233	1.159	Poorly Sorted
SKEWNESS (Sk):	3.033	-0.028	0.028	0.088	-0.088	Symmetrical
KURTOSIS (K):	13.59	4.264	4.264	1.159	1.159	Leptokurtic

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

SIEVING ERROR: 0.0%

SAMPLE STATISTICSSAMPLE IDENTITY: **712**

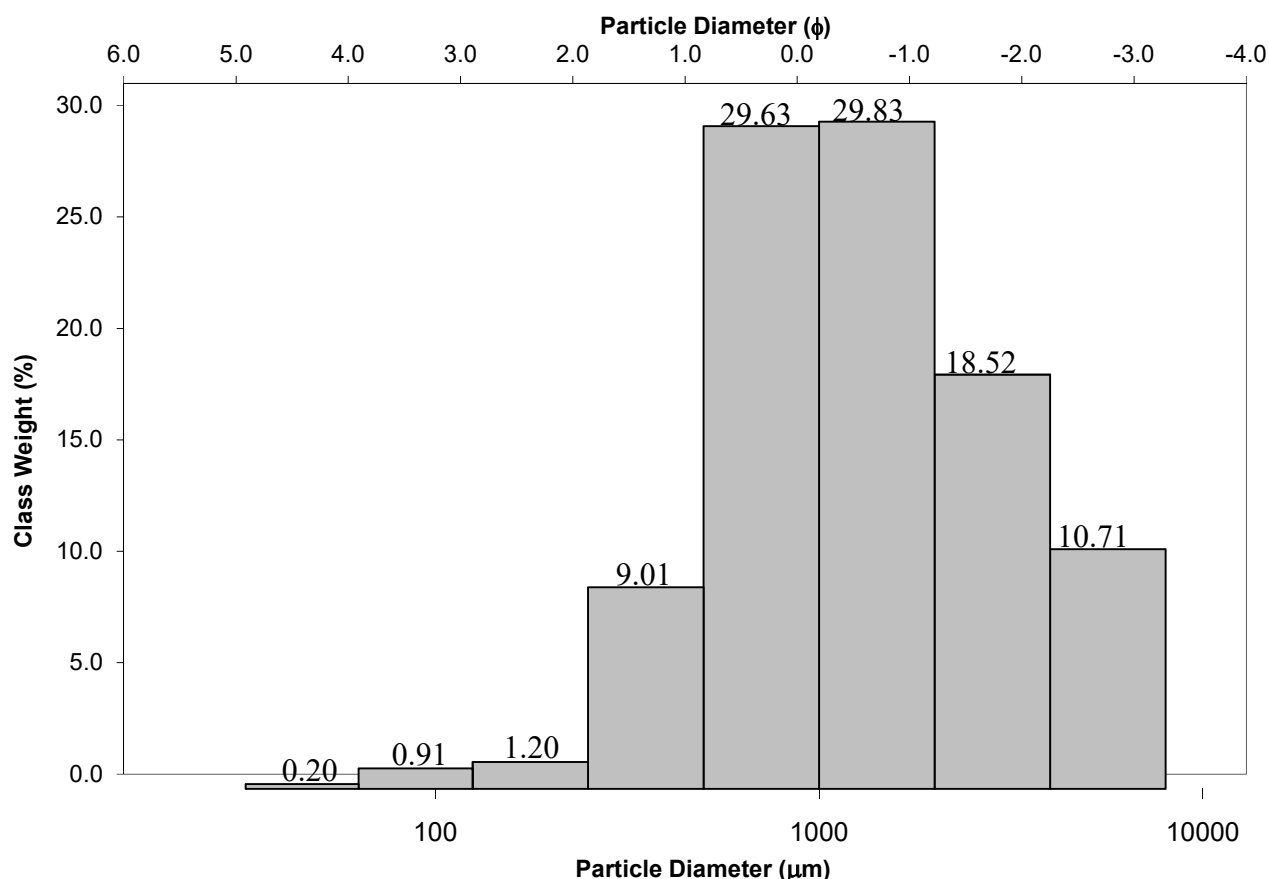
ANALYST & DATE: GAMMA, 6/10/2022

SAMPLE TYPE: Unimodal, Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand

SEDIMENT NAME: Very Fine Gravelly Very Coarse Sand

	μm	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	1500.0	-0.500	GRAVEL: 29.2%	COARSE SAND: 29.6%		
MODE 2:			SAND: 70.6%	MEDIUM SAND: 9.0%		
MODE 3:			MUD: 0.2%	FINE SAND: 1.2%		
D ₁₀ :	452.0	-2.066		V FINE SAND: 0.9%		
MEDIAN or D ₅₀ :	1234.3	-0.304	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 0.2%		
D ₉₀ :	4188.3	1.146	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D ₉₀ / D ₁₀):	9.266	-0.554	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
(D ₉₀ - D ₁₀):	3736.3	3.212	FINE GRAVEL: 10.7%	FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ / D ₂₅):	3.402	-0.438	V FINE GRAVEL: 18.5%	V FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ - D ₂₅):	1654.3	1.766	V COARSE SAND: 29.8%	CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN ($\bar{x}$):	1904.8	1266.6	-0.341	1312.3	-0.392	Very Coarse Sand
SORTING (σ):	1656.8	2.368	1.244	2.429	1.281	Poorly Sorted
SKEWNESS (Sk):	1.467	-0.197	0.197	0.078	-0.078	Symmetrical
KURTOSIS (K):	4.199	3.201	3.201	0.982	0.982	Mesokurtic

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

SIEVING ERROR: 0.0%

SAMPLE STATISTICSSAMPLE IDENTITY: **713**

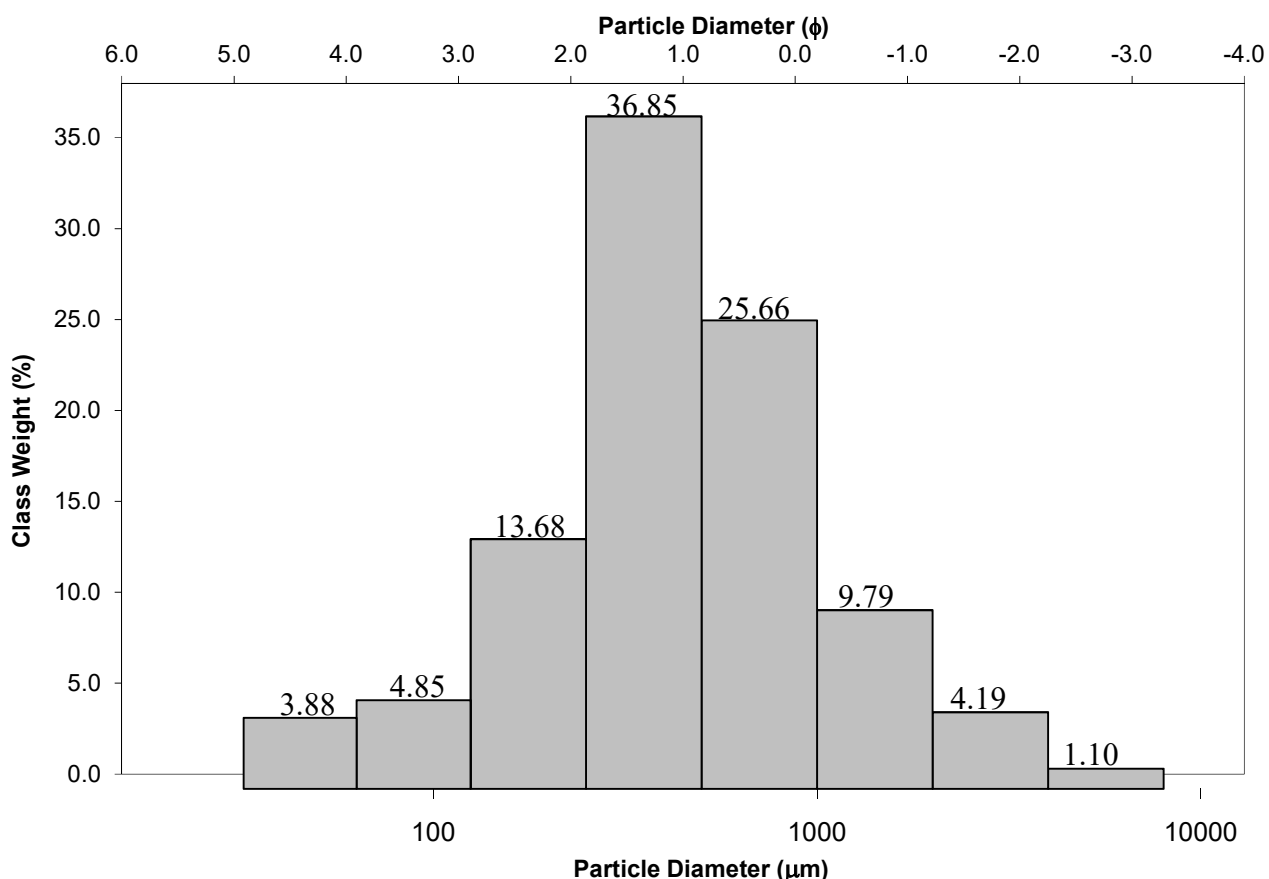
ANALYST & DATE: GAMMA, 6/10/2022

SAMPLE TYPE: Unimodal, Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand

SEDIMENT NAME: Very Fine Gravelly Medium Sand

	μm	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	375.0	1.500	GRAVEL: 5.3%	COARSE SAND: 25.7%		
MODE 2:			SAND: 90.9%	MEDIUM SAND: 36.9%		
MODE 3:			MUD: 3.8%	FINE SAND: 13.7%		
D ₁₀ :	134.2	-0.520		V FINE SAND: 4.8%		
MEDIAN or D ₅₀ :	420.6	1.249	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 3.8%		
D ₉₀ :	1434.4	2.898	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D ₉₀ / D ₁₀):	10.69	-5.568	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
(D ₉₀ - D ₁₀):	1300.2	3.418	FINE GRAVEL: 1.1%	FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ / D ₂₅):	2.911	5.002	V FINE GRAVEL: 4.2%	V FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ - D ₂₅):	502.7	1.542	V COARSE SAND: 9.8%	CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN ($\bar{x}$):	702.1	428.4	1.223	421.0	1.248	Medium Sand
SORTING (σ):	838.6	2.528	1.338	2.523	1.335	Poorly Sorted
SKEWNESS (Sk):	3.632	-0.063	0.063	-0.017	0.017	Symmetrical
KURTOSIS (K):	20.02	3.511	3.511	1.279	1.279	Leptokurtic

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

SIEVING ERROR: 0.0%

SAMPLE STATISTICSSAMPLE IDENTITY: **714**

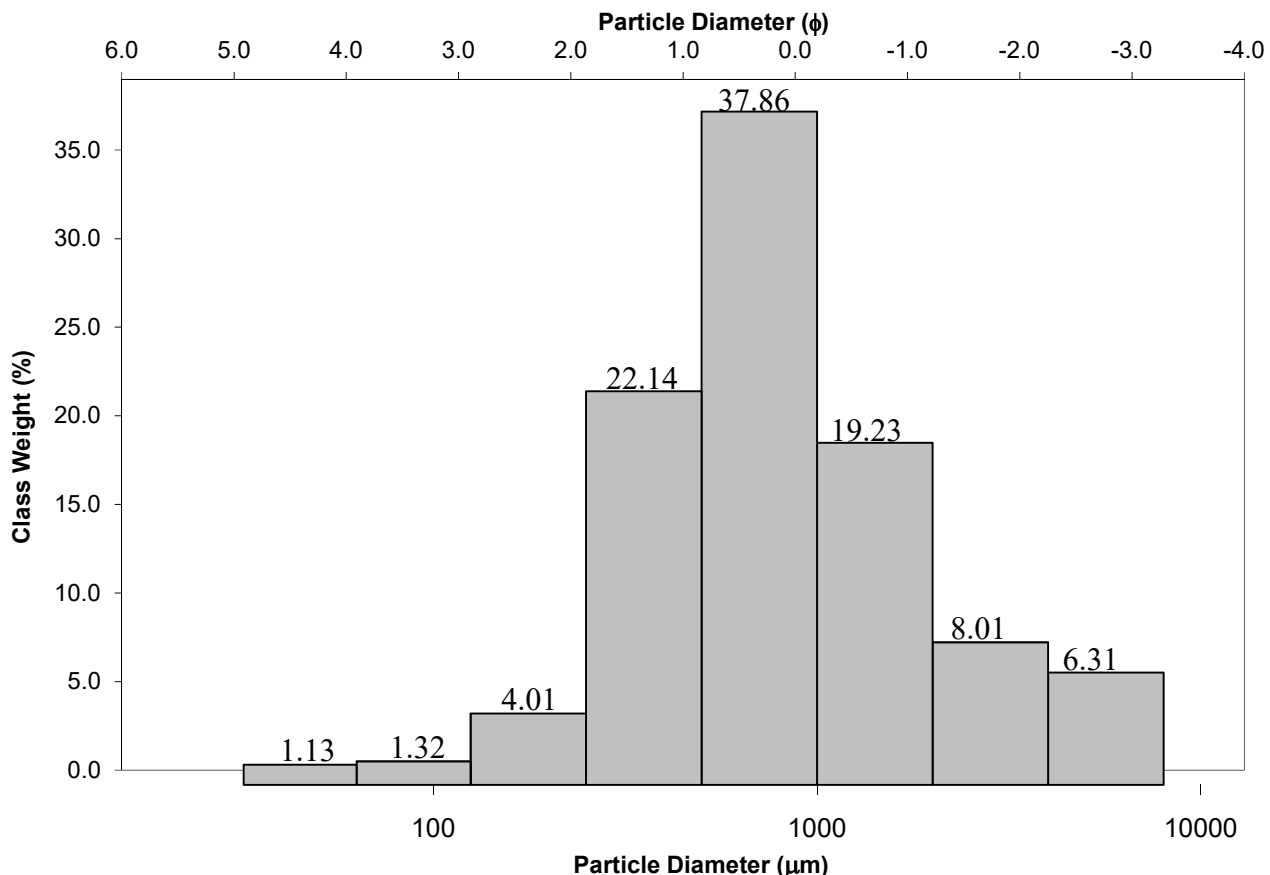
ANALYST & DATE: GAMMA, 6/10/2022

SAMPLE TYPE: Unimodal, Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand

SEDIMENT NAME: Very Fine Gravelly Coarse Sand

	μm	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	750.0	0.500	GRAVEL: 14.3%	COARSE SAND: 37.9%		
MODE 2:			SAND: 84.6%	MEDIUM SAND: 22.1%		
MODE 3:			MUD: 1.1%	FINE SAND: 4.0%		
D ₁₀ :	279.7	-1.540		V FINE SAND: 1.3%		
MEDIAN or D ₅₀ :	740.3	0.434	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 1.1%		
D ₉₀ :	2907.9	1.838	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D ₉₀ / D ₁₀):	10.40	-1.194	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
(D ₉₀ - D ₁₀):	2628.2	3.378	FINE GRAVEL: 6.3%	FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ / D ₂₅):	3.044	-2.606	V FINE GRAVEL: 8.0%	V FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ - D ₂₅):	914.3	1.606	V COARSE SAND: 19.2%	CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN ($\bar{x}$):	1284.2	788.8	0.342	777.8	0.363	Coarse Sand
SORTING (σ):	1422.5	2.488	1.315	2.481	1.311	Poorly Sorted
SKEWNESS (Sk):	2.330	0.058	-0.058	0.122	-0.122	Coarse Skewed
KURTOSIS (K):	7.866	3.650	3.650	1.164	1.164	Leptokurtic

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

SIEVING ERROR: 0.0%

SAMPLE STATISTICSSAMPLE IDENTITY: **715**

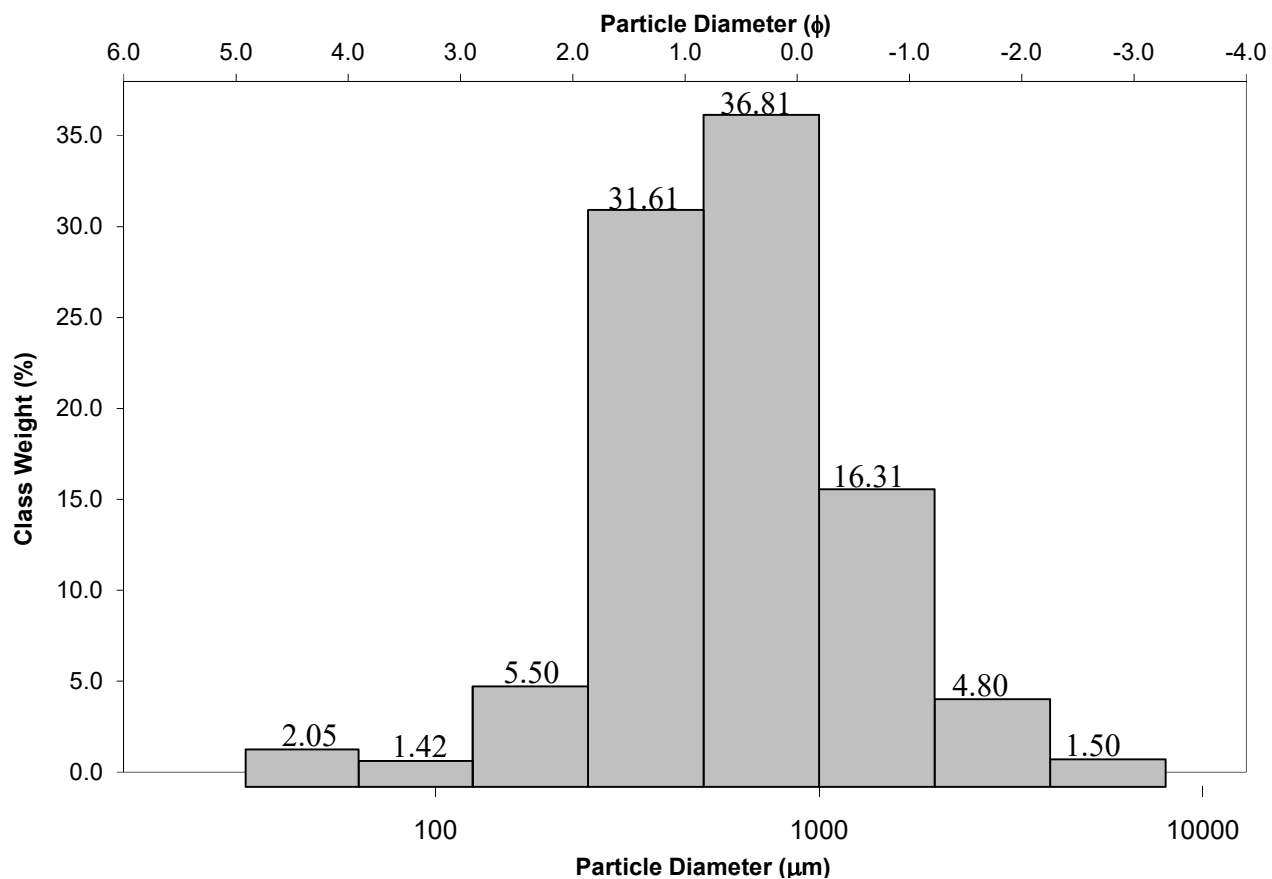
ANALYST & DATE: GAMMA, 6/10/2022

SAMPLE TYPE: Unimodal, Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand

SEDIMENT NAME: Very Fine Gravelly Coarse Sand

	μm	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	750.0	0.500	GRAVEL: 6.3%	COARSE SAND: 36.8%		
MODE 2:			SAND: 91.7%	MEDIUM SAND: 31.6%		
MODE 3:			MUD: 2.0%	FINE SAND: 5.5%		
D ₁₀ :	256.0	-0.774		V FINE SAND: 1.4%		
MEDIAN or D ₅₀ :	597.4	0.743	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 2.0%		
D ₉₀ :	1709.6	1.966	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D ₉₀ / D ₁₀):	6.677	-2.541	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
(D ₉₀ - D ₁₀):	1453.5	2.739	FINE GRAVEL: 1.5%	FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ / D ₂₅):	2.688	23.11	V FINE GRAVEL: 4.8%	V FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ - D ₂₅):	600.6	1.427	V COARSE SAND: 16.3%	CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN ($\bar{x}$):	886.5	597.2	0.744	613.7	0.704	Coarse Sand
SORTING (σ):	898.9	2.277	1.187	2.217	1.149	Poorly Sorted
SKEWNESS (Sk):	3.329	-0.235	0.235	0.033	-0.033	Symmetrical
KURTOSIS (K):	17.30	4.321	4.321	1.144	1.144	Leptokurtic

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

SIEVING ERROR: 0.0%

SAMPLE STATISTICSSAMPLE IDENTITY: **716**

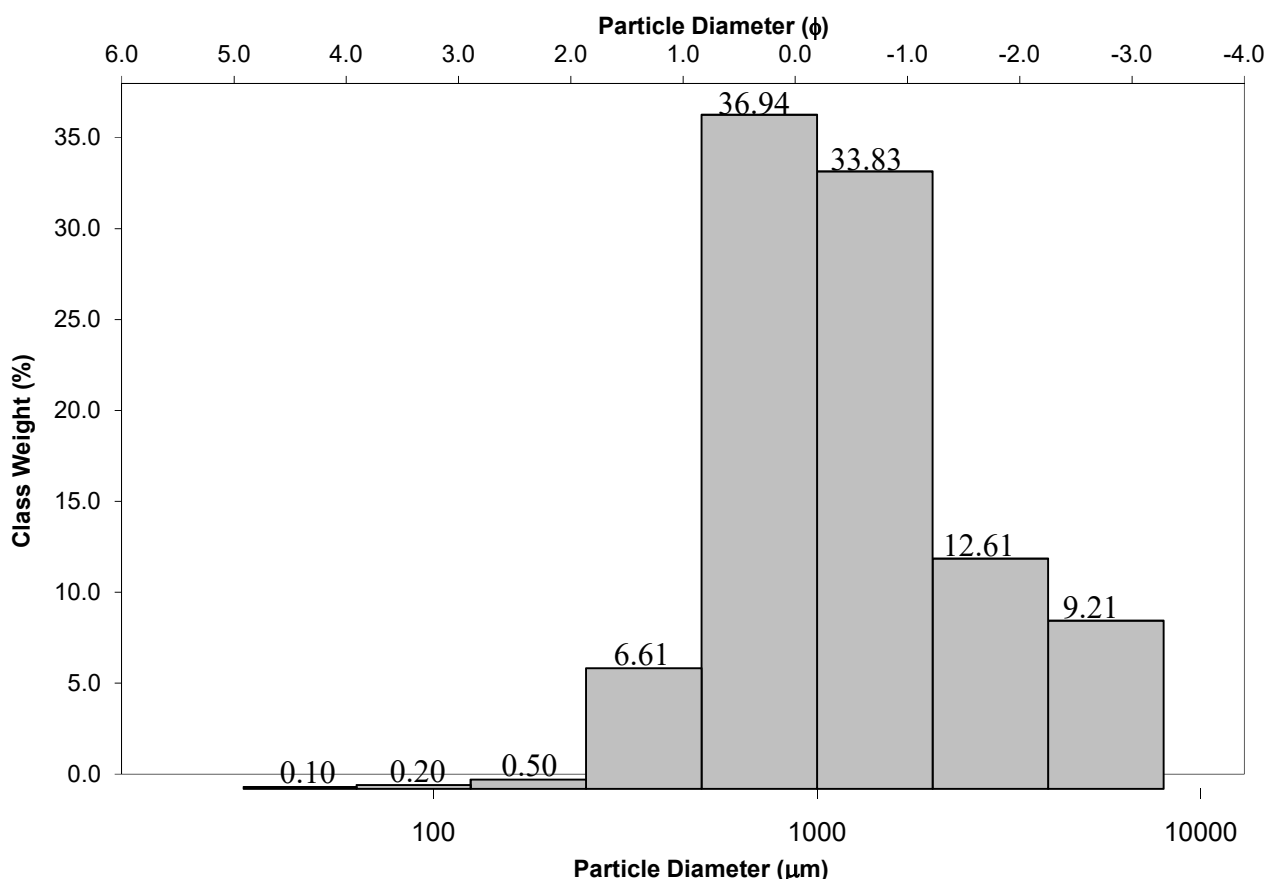
ANALYST & DATE: GAMMA, 6/10/2022

SAMPLE TYPE: Unimodal, Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand

SEDIMENT NAME: Very Fine Gravelly Coarse Sand

	μm	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	750.0	0.500	GRAVEL: 21.8%	COARSE SAND: 36.9%		
MODE 2:			SAND: 78.1%	MEDIUM SAND: 6.6%		
MODE 3:			MUD: 0.1%	FINE SAND: 0.5%		
D ₁₀ :	524.9	-1.937		V FINE SAND: 0.2%		
MEDIAN or D ₅₀ :	1122.8	-0.167	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 0.1%		
D ₉₀ :	3829.9	0.930	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D ₉₀ / D ₁₀):	7.296	-0.480	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
(D ₉₀ - D ₁₀):	3305.0	2.867	FINE GRAVEL: 9.2%	FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ / D ₂₅):	2.694	-0.578	V FINE GRAVEL: 12.6%	V FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ - D ₂₅):	1178.3	1.430	V COARSE SAND: 33.8%	CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN ($\bar{x}$):	1741.4	1214.9	-0.281	1220.2	-0.287	Very Coarse Sand
SORTING (σ):	1548.0	2.125	1.087	2.198	1.136	Poorly Sorted
SKEWNESS (Sk):	1.832	0.285	-0.285	0.180	-0.180	Coarse Skewed
KURTOSIS (K):	5.441	3.246	3.246	1.095	1.095	Mesokurtic

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

SIEVING ERROR: 0.0%

SAMPLE STATISTICSSAMPLE IDENTITY: **717**

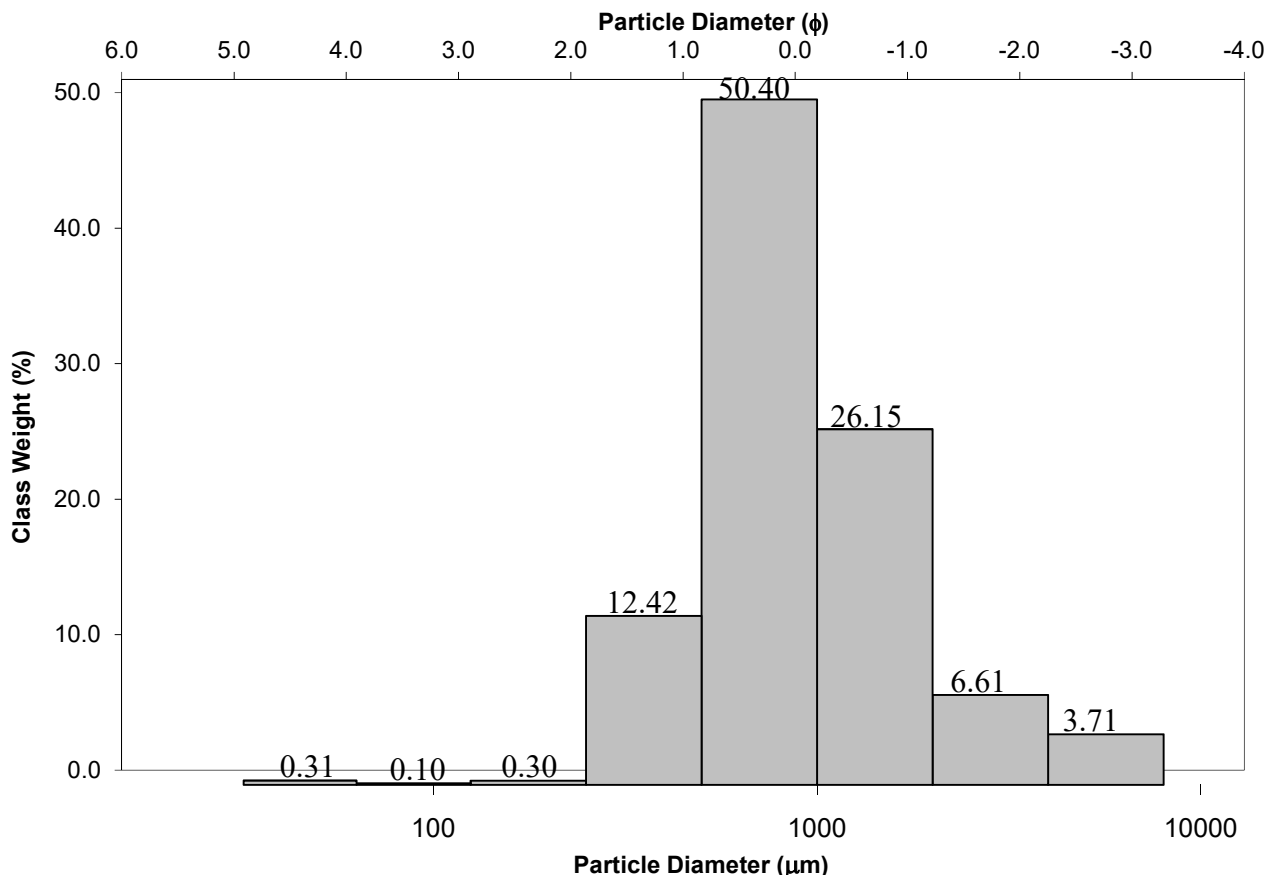
ANALYST & DATE: GAMMA, 6/10/2022

SAMPLE TYPE: Unimodal, Moderately Sorted

TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand

SEDIMENT NAME: Very Fine Gravelly Coarse Sand

	μm	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	750.0	0.500	GRAVEL: 10.3%	COARSE SAND: 50.4%		
MODE 2:			SAND: 89.4%	MEDIUM SAND: 12.4%		
MODE 3:			MUD: 0.3%	FINE SAND: 0.3%		
D ₁₀ :	420.0	-1.048		V FINE SAND: 0.1%		
MEDIAN or D ₅₀ :	830.2	0.268	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 0.3%		
D ₉₀ :	2068.4	1.252	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D ₉₀ / D ₁₀):	4.925	-1.194	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
(D ₉₀ - D ₁₀):	1648.4	2.300	FINE GRAVEL: 3.7%	FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ / D ₂₅):	2.302	-1.742	V FINE GRAVEL: 6.6%	V FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ - D ₂₅):	766.7	1.203	V COARSE SAND: 26.2%	CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN ($\bar{x}$):	1238.5	907.4	0.140	905.7	0.143	Coarse Sand
SORTING (σ):	1133.8	1.946	0.961	1.939	0.955	Moderately Sorted
SKEWNESS (Sk):	2.895	0.433	-0.433	0.208	-0.208	Coarse Skewed
KURTOSIS (K):	11.98	4.742	4.742	1.178	1.178	Leptokurtic

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

SIEVING ERROR: 0.0%

SAMPLE STATISTICSSAMPLE IDENTITY: **809**

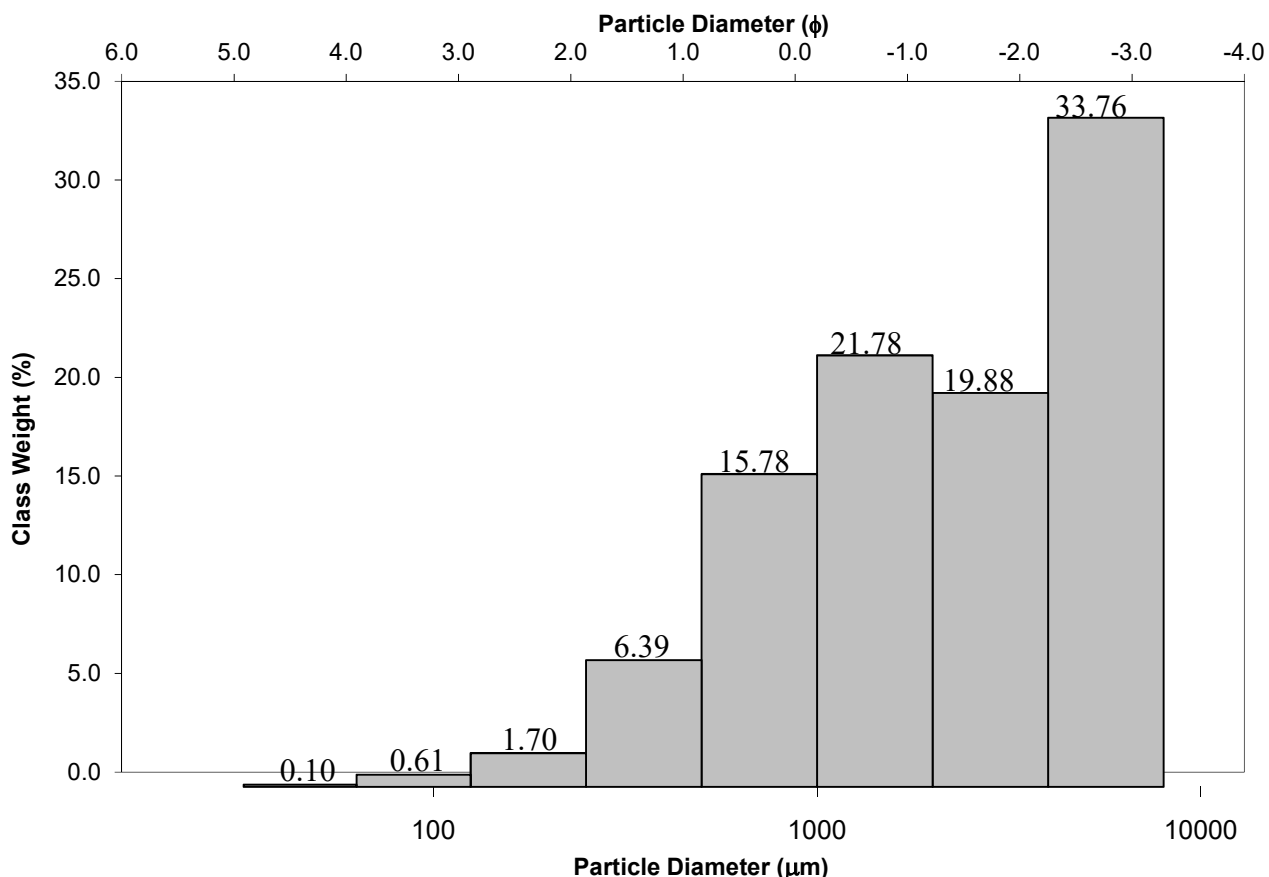
ANALYST & DATE: GAMMA, 6/10/2022

SAMPLE TYPE: Bimodal, Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Sandy Gravel

SEDIMENT NAME: Sandy Fine Gravel

	μm	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	6000.0	-2.500	GRAVEL: 53.6%	COARSE SAND: 15.8%		
MODE 2:	1500.0	-0.500	SAND: 46.3%	MEDIUM SAND: 6.4%		
MODE 3:			MUD: 0.1%	FINE SAND: 1.7%		
D ₁₀ :	527.3	-2.704		V FINE SAND: 0.6%		
MEDIAN or D ₅₀ :	2271.1	-1.183	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 0.1%		
D ₉₀ :	6515.4	0.923	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D ₉₀ / D ₁₀):	12.36	-0.342	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
(D ₉₀ - D ₁₀):	5988.1	3.627	FINE GRAVEL: 33.8%	FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ / D ₂₅):	4.724	0.009	V FINE GRAVEL: 19.9%	V FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ - D ₂₅):	3775.0	2.240	V COARSE SAND: 21.8%	CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN ($\bar{x}$):	3095.2	2011.9	-1.009	2078.3	-1.055	Very Fine Gravel
SORTING (σ):	2225.6	2.651	1.406	2.715	1.441	Poorly Sorted
SKEWNESS (Sk):	0.314	-0.677	0.677	-0.187	0.187	Fine Skewed
KURTOSIS (K):	1.447	2.810	2.810	0.813	0.813	Platykurtic

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

SIEVING ERROR: 0.0%

SAMPLE STATISTICSSAMPLE IDENTITY: **810**

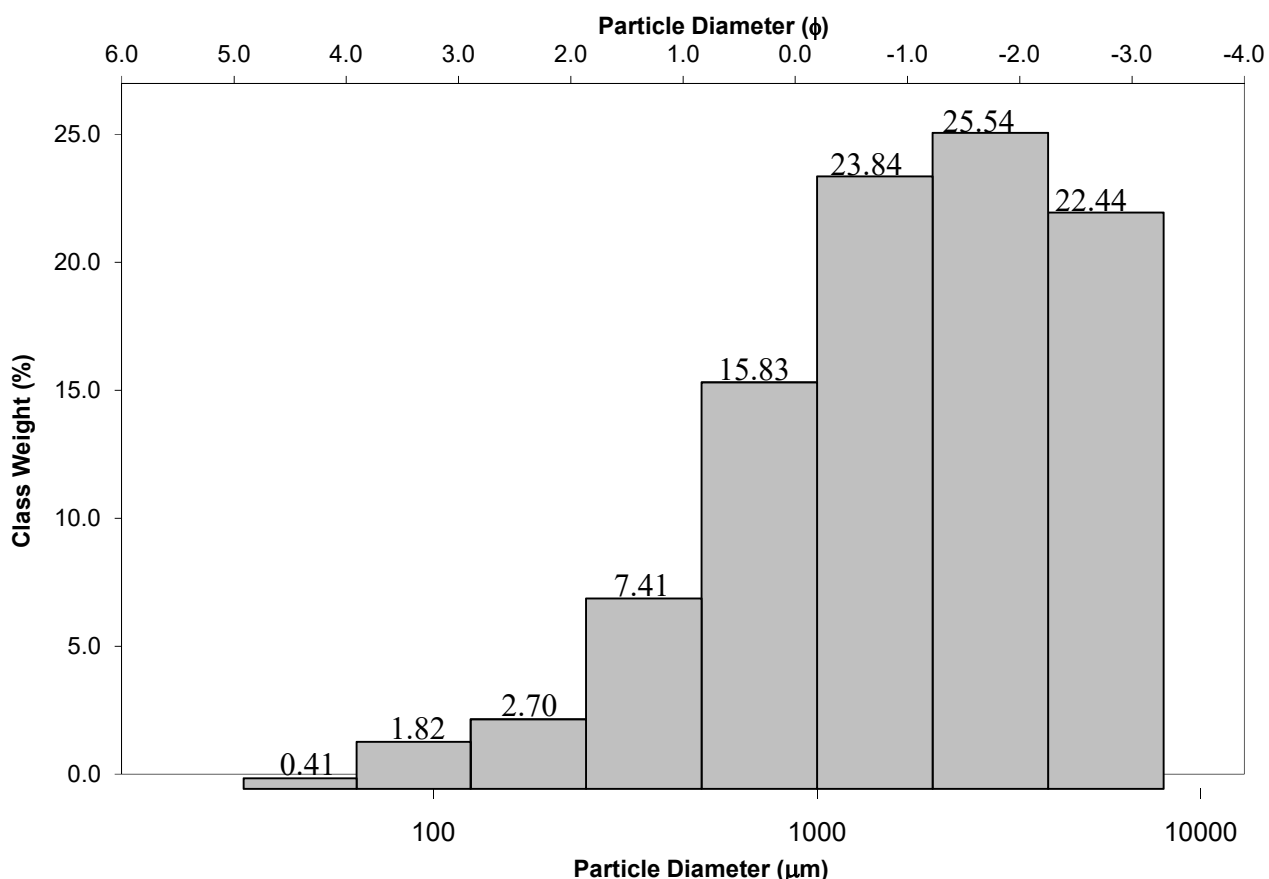
ANALYST & DATE: GAMMA, 6/10/2022

SAMPLE TYPE: Unimodal, Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Sandy Gravel

SEDIMENT NAME: Sandy Very Fine Gravel

	μm	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	3000.0	-1.500	GRAVEL: 48.0%	COARSE SAND: 15.8%		
MODE 2:			SAND: 51.6%	MEDIUM SAND: 7.4%		
MODE 3:			MUD: 0.4%	FINE SAND: 2.7%		
D ₁₀ :	402.3	-2.554		V FINE SAND: 1.8%		
MEDIAN or D ₅₀ :	1886.8	-0.916	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 0.4%		
D ₉₀ :	5874.5	1.314	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D ₉₀ / D ₁₀):	14.60	-0.514	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
(D ₉₀ - D ₁₀):	5472.2	3.868	FINE GRAVEL: 22.4%	FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ / D ₂₅):	4.285	-0.105	V FINE GRAVEL: 25.6%	V FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ - D ₂₅):	2861.2	2.099	V COARSE SAND: 23.8%	CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN ($\bar{x}$):	2624.4	1652.5	-0.725	1755.3	-0.812	Very Coarse Sand
SORTING (σ):	2032.1	2.788	1.479	2.801	1.486	Poorly Sorted
SKEWNESS (Sk):	0.676	-0.791	0.791	-0.161	0.161	Fine Skewed
KURTOSIS (K):	2.067	3.356	3.356	0.930	0.930	Mesokurtic

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

SIEVING ERROR: 0.0%

SAMPLE STATISTICSSAMPLE IDENTITY: **811**

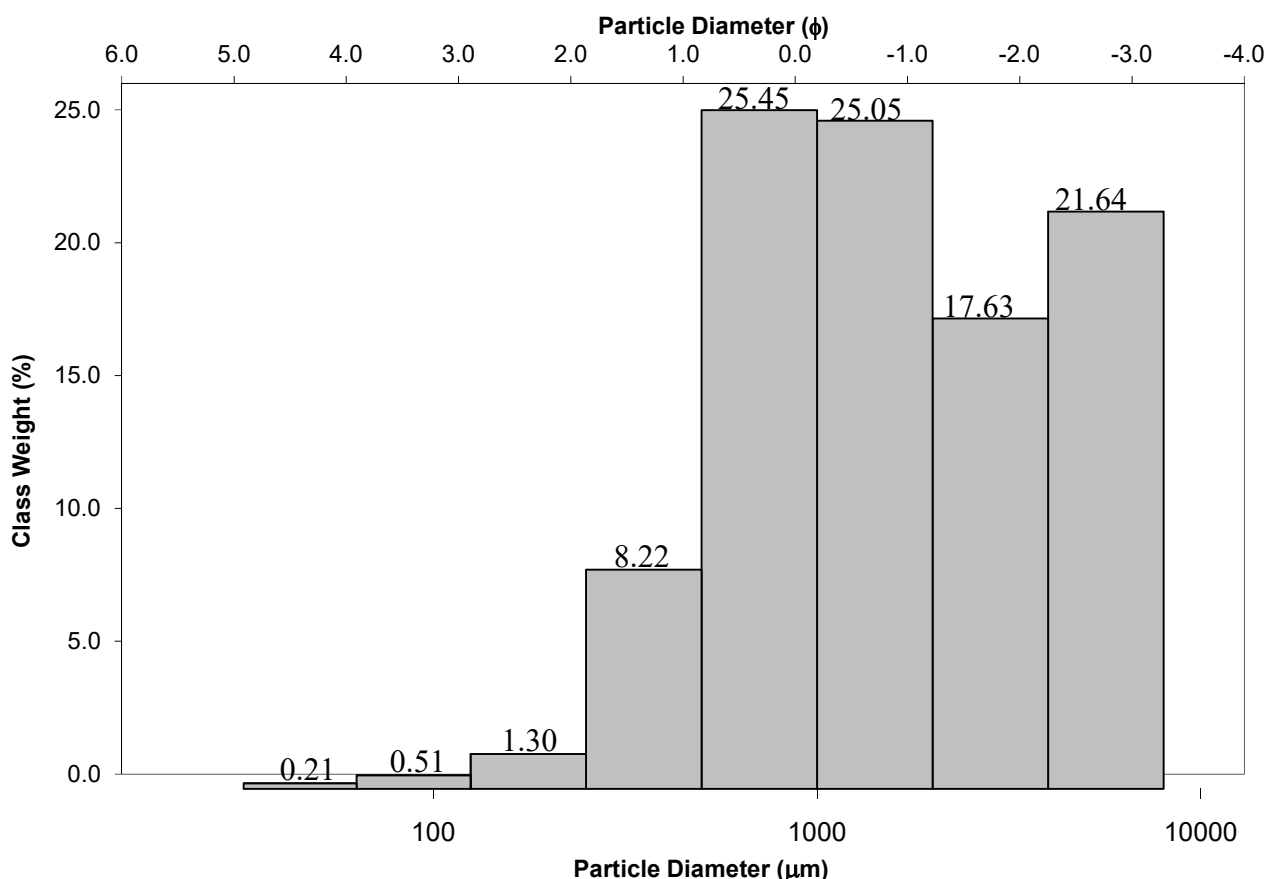
ANALYST & DATE: GAMMA, 6/10/2022

SAMPLE TYPE: Bimodal, Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Sandy Gravel

SEDIMENT NAME: Sandy Fine Gravel

	μm	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	750.0	0.500	GRAVEL: 39.3%	COARSE SAND: 25.5%		
MODE 2:	6000.0	-2.500	SAND: 60.5%	MEDIUM SAND: 8.2%		
MODE 3:			MUD: 0.2%	FINE SAND: 1.3%		
D_{10} :	490.8	-2.538		V FINE SAND: 0.5%		
MEDIAN or D_{50} :	1486.6	-0.572	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 0.2%		
D_{90} :	5807.7	1.027	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D_{90} / D_{10}) :	11.83	-0.405	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
$(D_{90} - D_{10})$:	5316.9	3.565	FINE GRAVEL: 21.6%	FINE SILT: 0.0%		
(D_{75} / D_{25}) :	4.688	-0.232	V FINE GRAVEL: 17.6%	V FINE SILT: 0.0%		
$(D_{75} - D_{25})$:	2757.8	2.229	V COARSE SAND: 25.1%	CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN ($\bar{x}$):	2428.1	1538.3	-0.621	1609.5	-0.687	Very Coarse Sand
SORTING (σ):	2049.9	2.572	1.363	2.687	1.426	Poorly Sorted
SKEWNESS (Sk):	0.876	-0.237	0.237	0.055	-0.055	Symmetrical
KURTOSIS (K):	2.235	2.579	2.579	0.810	0.810	Platykurtic

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

SIEVING ERROR: 0.0%

SAMPLE STATISTICSSAMPLE IDENTITY: **812**

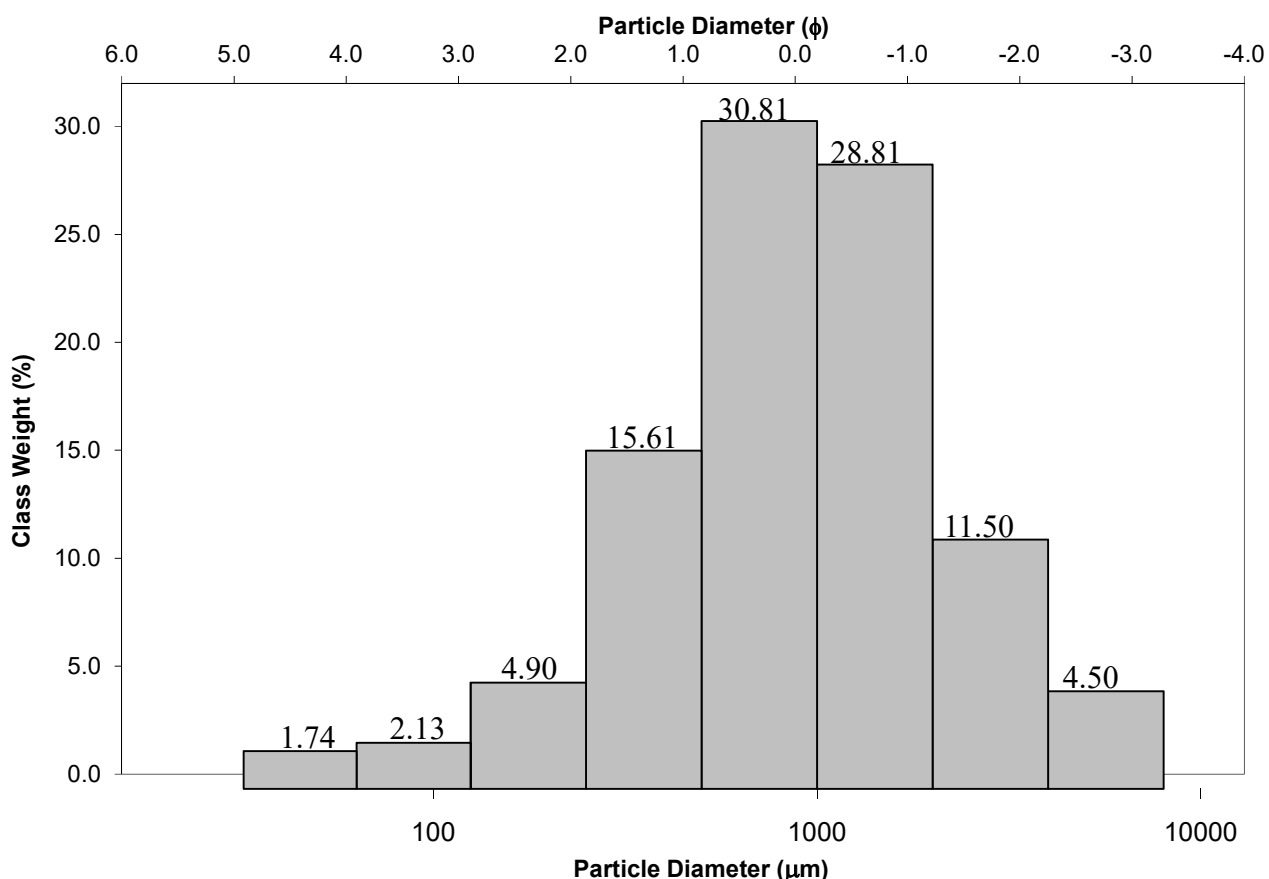
ANALYST & DATE: GAMMA, 6/10/2022

SAMPLE TYPE: Unimodal, Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand

SEDIMENT NAME: Very Fine Gravelly Coarse Sand

	μm	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	750.0	0.500	GRAVEL: 16.0%	COARSE SAND: 30.8%		
MODE 2:			SAND: 82.3%	MEDIUM SAND: 15.6%		
MODE 3:			MUD: 1.7%	FINE SAND: 4.9%		
D ₁₀ :	264.7	-1.523		V FINE SAND: 2.1%		
MEDIAN or D ₅₀ :	890.6	0.167	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 1.7%		
D ₉₀ :	2873.1	1.917	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D ₉₀ / D ₁₀):	10.85	-1.259	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
(D ₉₀ - D ₁₀):	2608.4	3.440	FINE GRAVEL: 4.5%	FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ / D ₂₅):	3.174	-1.421	V FINE GRAVEL: 11.5%	V FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ - D ₂₅):	1103.8	1.666	V COARSE SAND: 28.8%	CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN ($\bar{x}$):	1349.8	851.9	0.231	850.9	0.233	Coarse Sand
SORTING (σ):	1296.8	2.595	1.375	2.545	1.348	Poorly Sorted
SKEWNESS (Sk):	2.146	-0.501	0.501	-0.088	0.088	Symmetrical
KURTOSIS (K):	7.882	3.700	3.700	1.159	1.159	Leptokurtic

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

SIEVING ERROR: 0.0%

SAMPLE STATISTICSSAMPLE IDENTITY: **813**

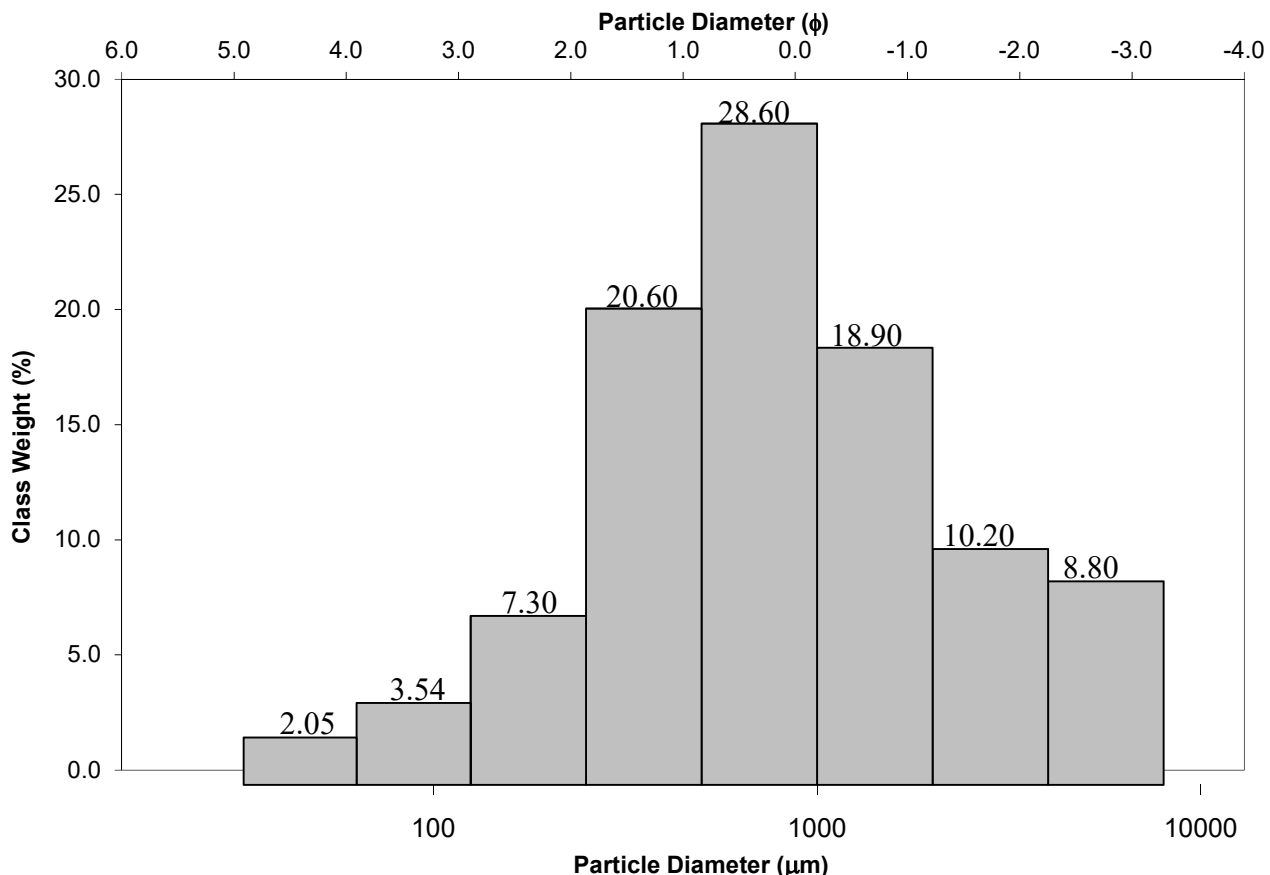
ANALYST & DATE: GAMMA, 6/10/2022

SAMPLE TYPE: Unimodal, Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand

SEDIMENT NAME: Very Fine Gravelly Coarse Sand

	μm	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	750.0	0.500	GRAVEL: 19.0%	COARSE SAND: 28.6%		
MODE 2:			SAND: 79.0%	MEDIUM SAND: 20.6%		
MODE 3:			MUD: 2.0%	FINE SAND: 7.3%		
D ₁₀ :	191.5	-1.883		V FINE SAND: 3.5%		
MEDIAN or D ₅₀ :	746.7	0.421	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 2.0%		
D ₉₀ :	3689.3	2.385	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D ₉₀ / D ₁₀):	19.27	-1.266	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
(D ₉₀ - D ₁₀):	3497.8	4.268	FINE GRAVEL: 8.8%	FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ / D ₂₅):	4.266	-2.060	V FINE GRAVEL: 10.2%	V FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ - D ₂₅):	1229.9	2.093	V COARSE SAND: 18.9%	CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN ($\bar{x}$):	1428.6	768.9	0.379	799.0	0.324	Coarse Sand
SORTING (σ):	1633.3	2.995	1.583	3.095	1.630	Poorly Sorted
SKEWNESS (Sk):	1.883	-0.130	0.130	0.059	-0.059	Symmetrical
KURTOSIS (K):	5.587	2.898	2.898	1.092	1.092	Mesokurtic

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

SIEVING ERROR: 0.0%

SAMPLE STATISTICSSAMPLE IDENTITY: **814**

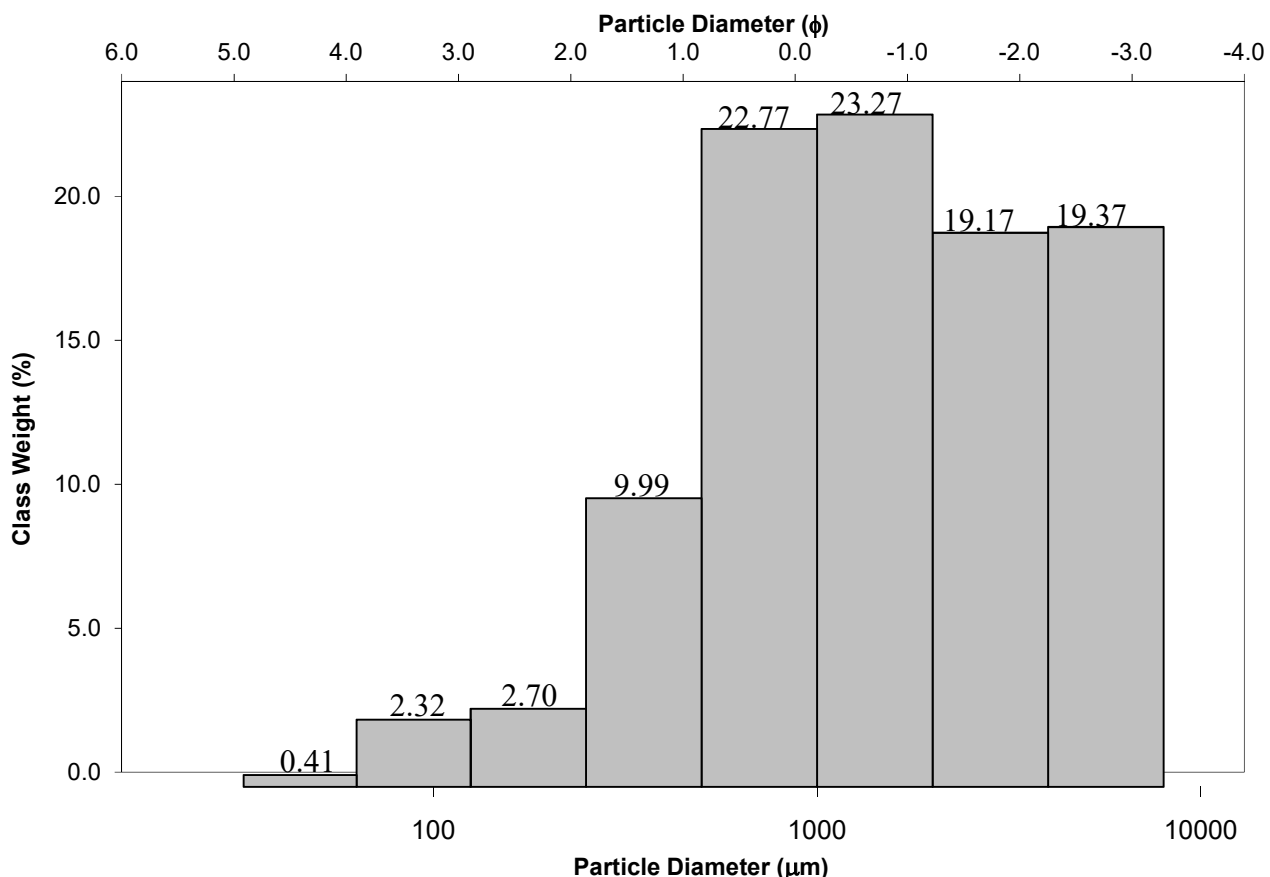
ANALYST & DATE: GAMMA, 6/10/2022

SAMPLE TYPE: Bimodal, Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Sandy Gravel

SEDIMENT NAME: Sandy Fine Gravel

	μm	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	1500.0	-0.500	GRAVEL: 38.6%	COARSE SAND: 22.8%		
MODE 2:	6000.0	-2.500	SAND: 61.0%	MEDIUM SAND: 10.0%		
MODE 3:			MUD: 0.4%	FINE SAND: 2.7%		
D ₁₀ :	344.1	-2.484		V FINE SAND: 2.3%		
MEDIAN or D ₅₀ :	1422.7	-0.509	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 0.4%		
D ₉₀ :	5594.5	1.539	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D ₉₀ / D ₁₀):	16.26	-0.620	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
(D ₉₀ - D ₁₀):	5250.4	4.023	FINE GRAVEL: 19.4%	FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ / D ₂₅):	4.873	-0.339	V FINE GRAVEL: 19.2%	V FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ - D ₂₅):	2594.9	2.285	V COARSE SAND: 23.3%	CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN ($\bar{x}$):	2303.1	1374.8	-0.459	1484.5	-0.570	Very Coarse Sand
SORTING (σ):	2016.4	2.862	1.517	2.883	1.528	Poorly Sorted
SKEWNESS (Sk):	0.929	-0.484	0.484	-0.014	0.014	Symmetrical
KURTOSIS (K):	2.434	2.891	2.891	0.877	0.877	Platykurtic

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

SIEVING ERROR: 0.0%

SAMPLE STATISTICSSAMPLE IDENTITY: **815**

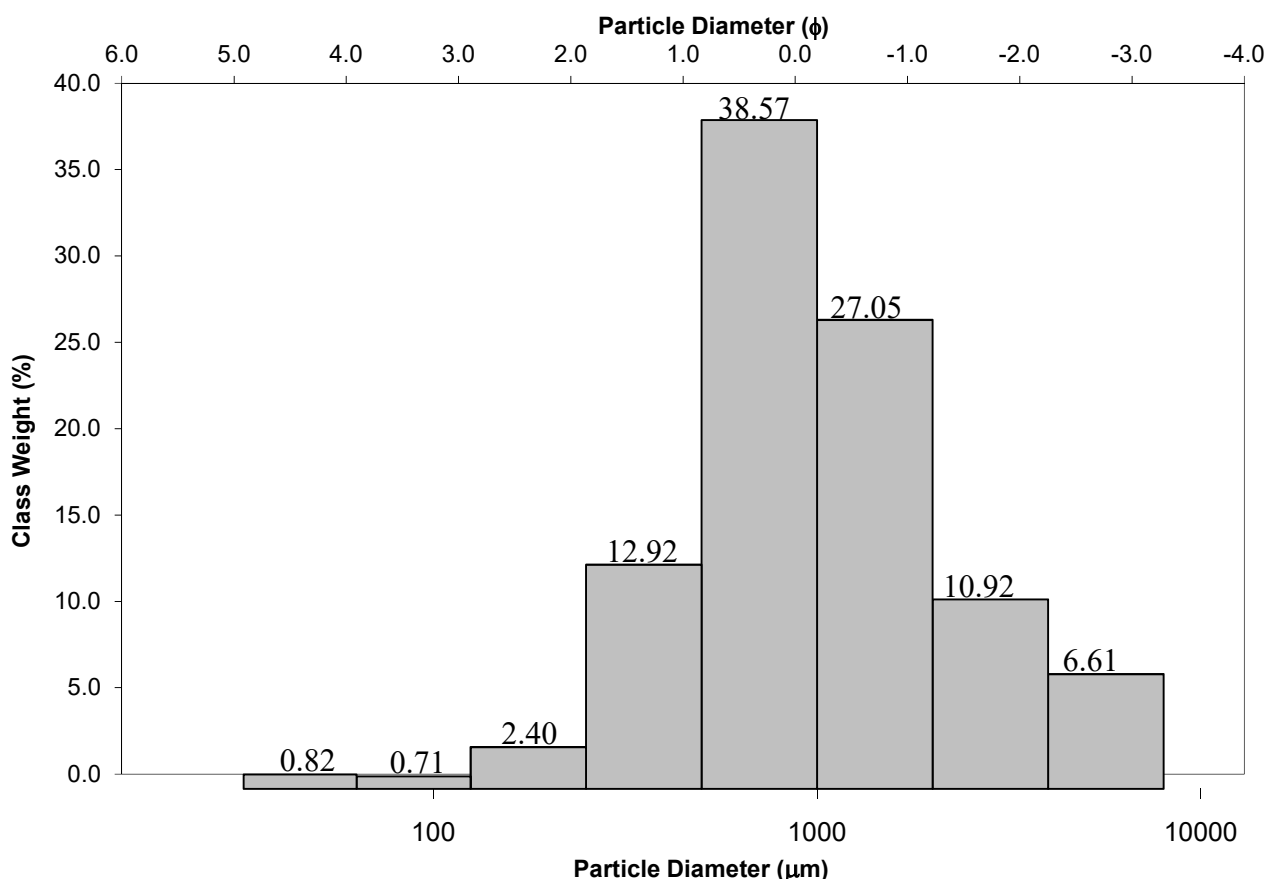
ANALYST & DATE: GAMMA, 6/10/2022

SAMPLE TYPE: Unimodal, Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand

SEDIMENT NAME: Very Fine Gravelly Coarse Sand

	μm	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	750.0	0.500	GRAVEL: 17.5%	COARSE SAND: 38.6%		
MODE 2:			SAND: 81.7%	MEDIUM SAND: 12.9%		
MODE 3:			MUD: 0.8%	FINE SAND: 2.4%		
D ₁₀ :	346.6	-1.690		V FINE SAND: 0.7%		
MEDIAN or D ₅₀ :	907.4	0.140	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 0.8%		
D ₉₀ :	3226.4	1.529	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D ₉₀ / D ₁₀):	9.309	-0.905	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
(D ₉₀ - D ₁₀):	2879.8	3.219	FINE GRAVEL: 6.6%	FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ / D ₂₅):	2.853	-1.089	V FINE GRAVEL: 10.9%	V FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ - D ₂₅):	1072.8	1.512	V COARSE SAND: 27.1%	CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN ($\bar{x}$):	1473.6	970.7	0.043	985.3	0.021	Coarse Sand
SORTING (σ):	1427.2	2.343	1.228	2.268	1.181	Poorly Sorted
SKEWNESS (Sk):	2.102	-0.134	0.134	0.154	-0.154	Coarse Skewed
KURTOSIS (K):	6.934	3.944	3.944	1.127	1.127	Leptokurtic

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

SIEVING ERROR: 0.0%

SAMPLE STATISTICSSAMPLE IDENTITY: **816**

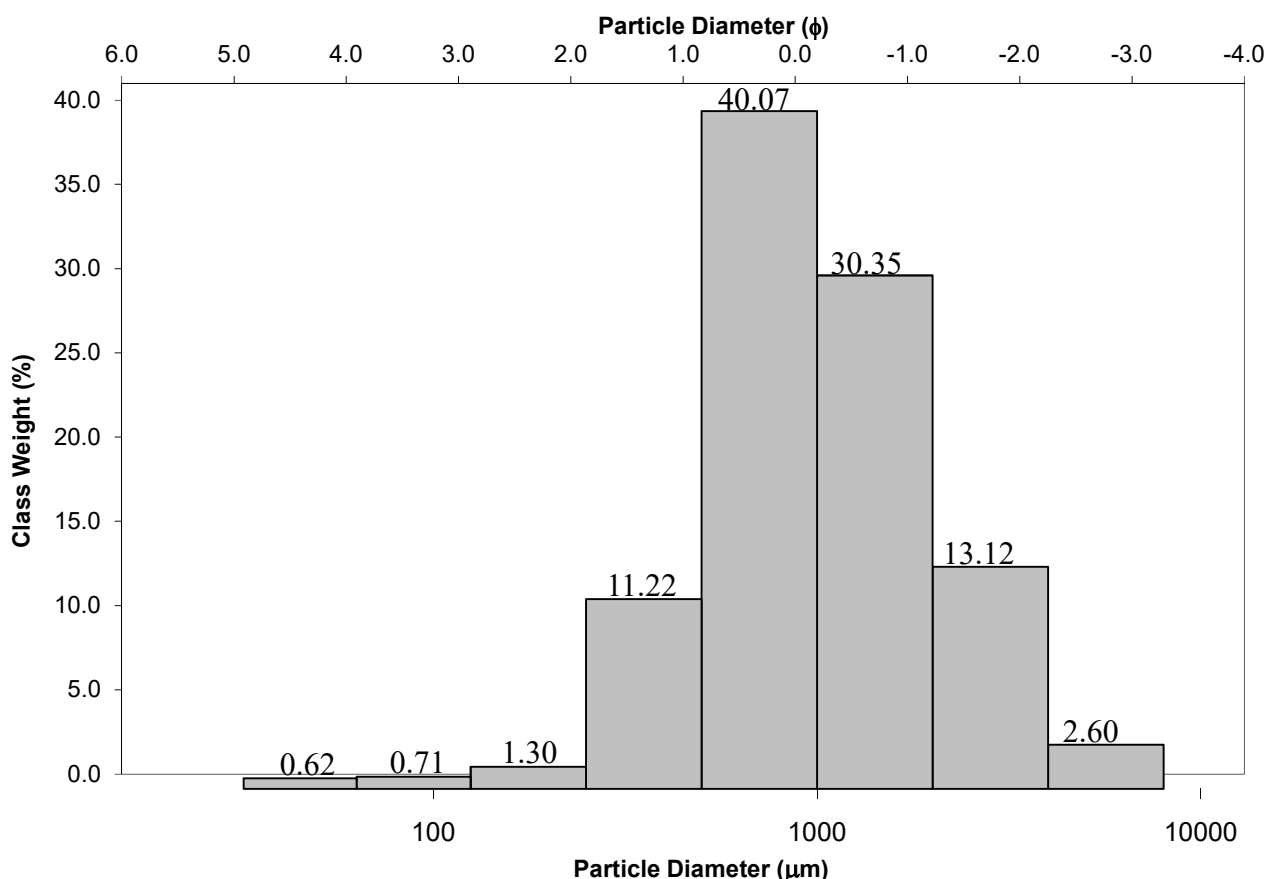
ANALYST & DATE: GAMMA, 6/10/2022

SAMPLE TYPE: Unimodal, Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand

SEDIMENT NAME: Very Fine Gravelly Coarse Sand

	μm	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	750.0	0.500	GRAVEL: 15.7%	COARSE SAND: 40.1%		
MODE 2:			SAND: 83.7%	MEDIUM SAND: 11.2%		
MODE 3:			MUD: 0.6%	FINE SAND: 1.3%		
D ₁₀ :	394.7	-1.437		V FINE SAND: 0.7%		
MEDIAN or D ₅₀ :	934.7	0.097	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 0.6%		
D ₉₀ :	2706.9	1.341	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D ₉₀ / D ₁₀):	6.858	-0.933	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
(D ₉₀ - D ₁₀):	2312.2	2.778	FINE GRAVEL: 2.6%	FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ / D ₂₅):	2.668	-1.038	V FINE GRAVEL: 13.1%	V FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ - D ₂₅):	1012.0	1.416	V COARSE SAND: 30.4%	CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN ($\bar{x}$):	1351.6	973.4	0.039	988.0	0.017	Coarse Sand
SORTING (σ):	1103.3	2.118	1.083	2.042	1.030	Poorly Sorted
SKEWNESS (Sk):	2.208	-0.351	0.351	0.093	-0.093	Symmetrical
KURTOSIS (K):	9.006	4.496	4.496	1.043	1.043	Mesokurtic

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

SIEVING ERROR: 0.0%

SAMPLE STATISTICSSAMPLE IDENTITY: **817**

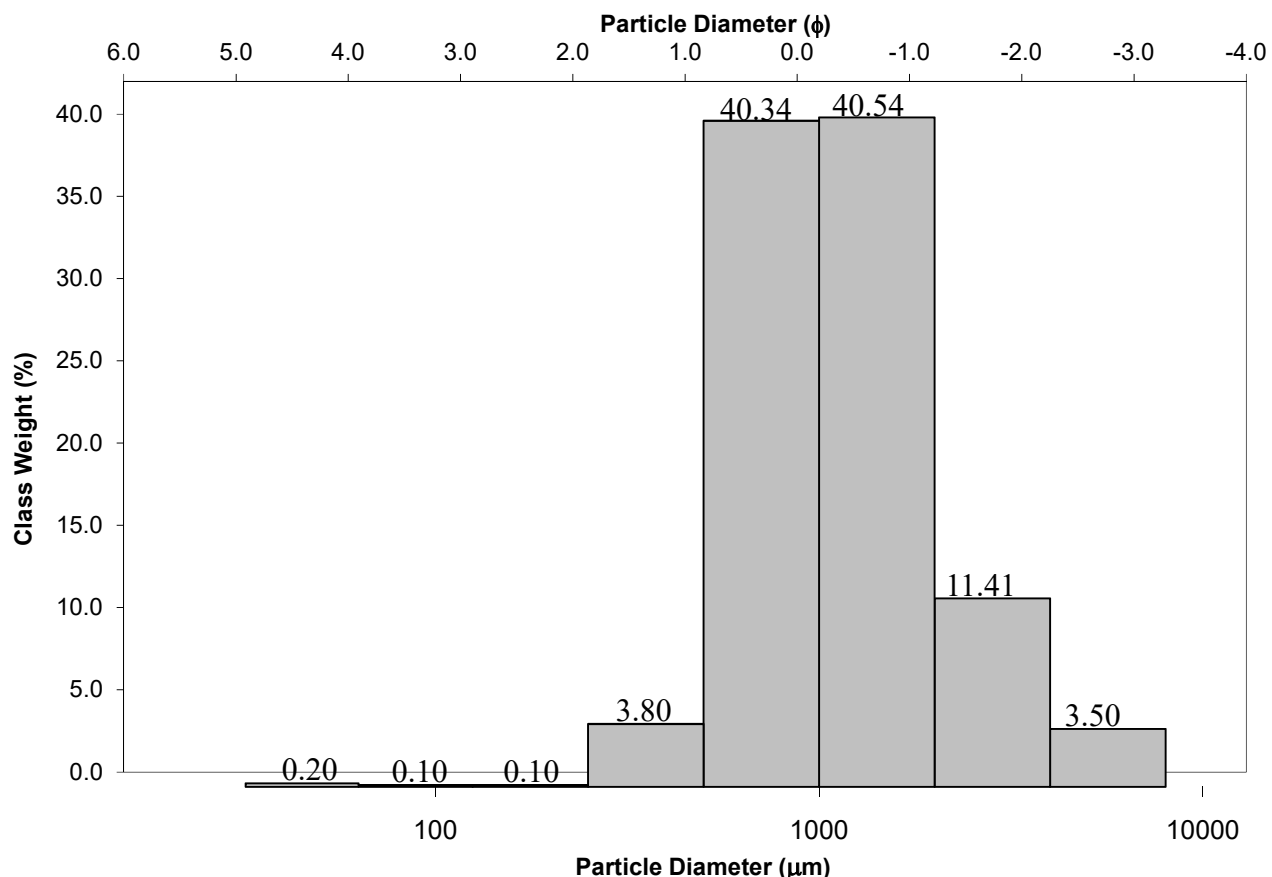
ANALYST & DATE: GAMMA, 6/10/2022

SAMPLE TYPE: Unimodal, Moderately Sorted

TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand

SEDIMENT NAME: Very Fine Gravelly Very Coarse Sand

	μm	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	1500.0	-0.500	GRAVEL: 14.9%	COARSE SAND: 40.3%		
MODE 2:			SAND: 84.9%	MEDIUM SAND: 3.8%		
MODE 3:			MUD: 0.2%	FINE SAND: 0.1%		
D ₁₀ :	552.4	-1.431		V FINE SAND: 0.1%		
MEDIAN or D ₅₀ :	1097.8	-0.135	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 0.2%		
D ₉₀ :	2695.8	0.856	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D ₉₀ / D ₁₀):	4.881	-0.599	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
(D ₉₀ - D ₁₀):	2143.4	2.287	FINE GRAVEL: 3.5%	FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ / D ₂₅):	2.355	-0.645	V FINE GRAVEL: 11.4%	V FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ - D ₂₅):	968.5	1.236	V COARSE SAND: 40.5%	CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN ($\bar{x}$):	1477.9	1139.0	-0.188	1096.9	-0.133	Very Coarse Sand
SORTING (σ):	1117.5	1.849	0.887	1.805	0.852	Moderately Sorted
SKEWNESS (Sk):	2.455	0.167	-0.167	0.108	-0.108	Coarse Skewed
KURTOSIS (K):	9.907	4.727	4.727	0.945	0.945	Mesokurtic

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

SIEVING ERROR: 0.0%

SAMPLE STATISTICSSAMPLE IDENTITY: **1110**

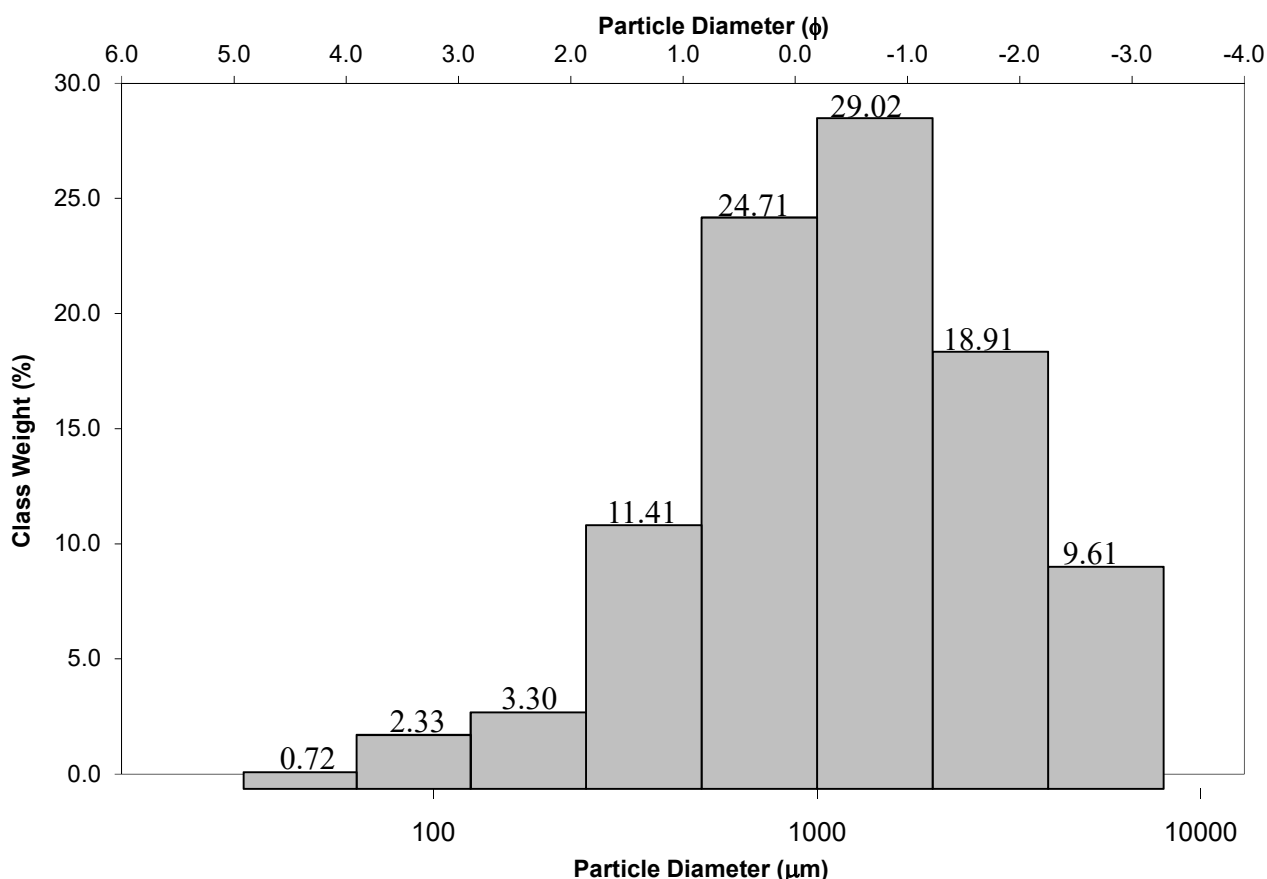
ANALYST & DATE: GAMMA, 6/10/2022

SAMPLE TYPE: Unimodal, Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand

SEDIMENT NAME: Very Fine Gravelly Very Coarse Sand

	μm	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	1500.0	-0.500	GRAVEL: 28.5%	COARSE SAND: 24.7%		
MODE 2:			SAND: 70.8%	MEDIUM SAND: 11.4%		
MODE 3:			MUD: 0.7%	FINE SAND: 3.3%		
D ₁₀ :	312.9	-1.979		V FINE SAND: 2.3%		
MEDIAN or D ₅₀ :	1197.8	-0.260	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 0.7%		
D ₉₀ :	3943.2	1.676	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D ₉₀ / D ₁₀):	12.60	-0.847	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
(D ₉₀ - D ₁₀):	3630.3	3.656	FINE GRAVEL: 9.6%	FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ / D ₂₅):	3.711	-0.595	V FINE GRAVEL: 18.9%	V FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ - D ₂₅):	1662.8	1.892	V COARSE SAND: 29.0%	CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN ($\bar{x}$):	1816.5	1132.9	-0.180	1195.3	-0.257	Very Coarse Sand
SORTING (σ):	1634.7	2.674	1.419	2.717	1.442	Poorly Sorted
SKEWNESS (Sk):	1.465	-0.511	0.511	-0.046	0.046	Symmetrical
KURTOSIS (K):	4.359	3.336	3.336	1.056	1.056	Mesokurtic

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

SIEVING ERROR: 0.0%

SAMPLE STATISTICSSAMPLE IDENTITY: **1111**

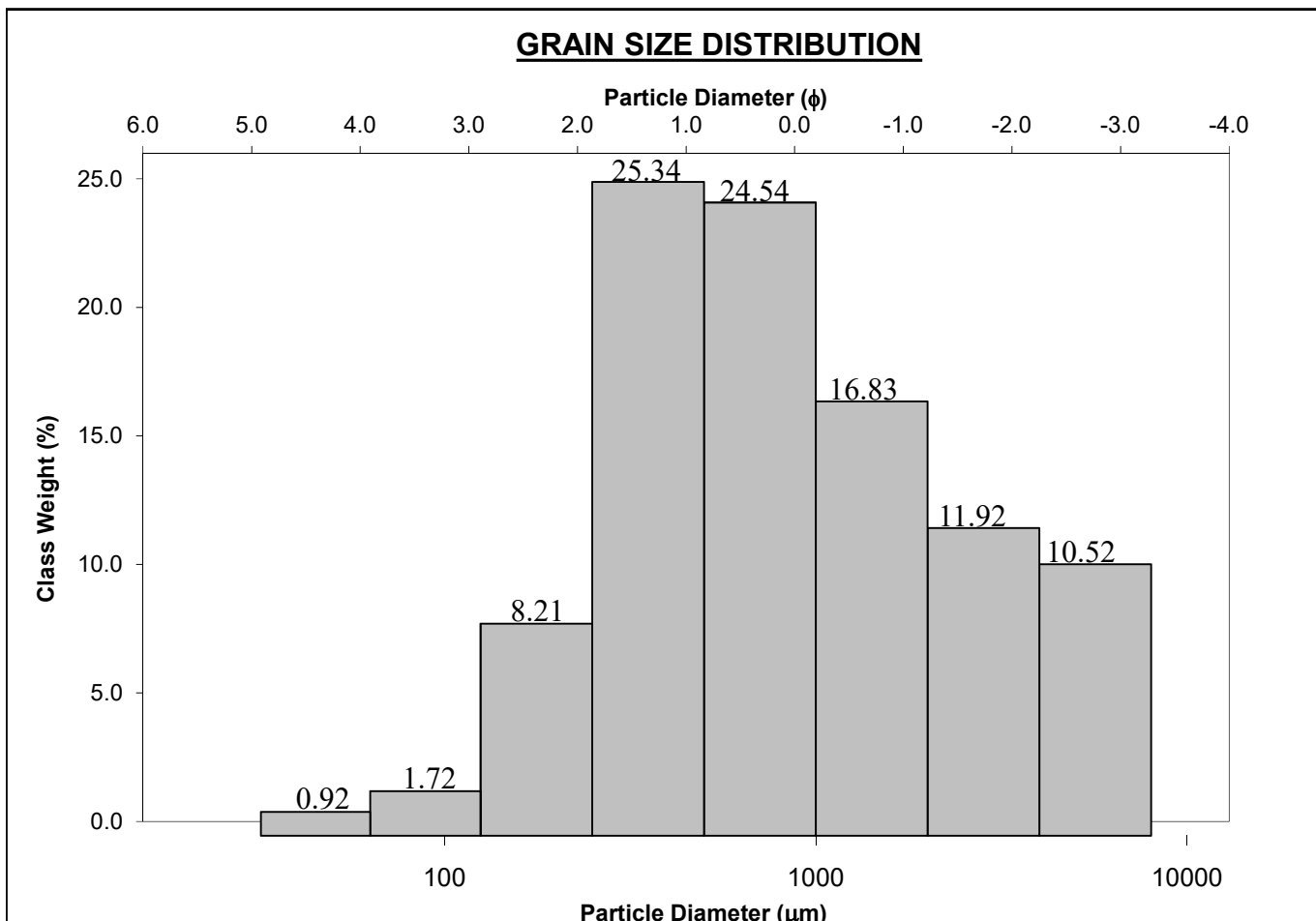
ANALYST & DATE: GAMMA, 6/10/2022

SAMPLE TYPE: Unimodal, Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand

SEDIMENT NAME: Very Fine Gravelly Medium Sand

	μm	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	375.0	1.500	GRAVEL: 22.4%	COARSE SAND: 24.5%		
MODE 2:			SAND: 76.7%	MEDIUM SAND: 25.4%		
MODE 3:			MUD: 0.9%	FINE SAND: 8.2%		
D_{10} :	233.3	-2.050		V FINE SAND: 1.7%		
MEDIAN or D_{50} :	738.8	0.437	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 0.9%		
D_{90} :	4139.7	2.100	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D_{90} / D_{10}) :	17.75	-1.025	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
$(D_{90} - D_{10})$:	3906.4	4.150	FINE GRAVEL: 10.5%	FINE SILT: 0.0%		
(D_{75} / D_{25}) :	4.887	-1.699	V FINE GRAVEL: 11.9%	V FINE SILT: 0.0%		
$(D_{75} - D_{25})$:	1431.9	2.289	V COARSE SAND: 16.8%	CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN ($\bar{x}$):	1538.1	822.3	0.282	852.2	0.231	Coarse Sand
SORTING (σ):	1746.6	2.941	1.556	3.089	1.627	Poorly Sorted
SKEWNESS (Sk):	1.673	0.115	-0.115	0.159	-0.159	Coarse Skewed
KURTOSIS (K):	4.642	2.509	2.509	0.937	0.937	Mesokurtic



SIEVING ERROR: 0.0%

SAMPLE STATISTICSSAMPLE IDENTITY: **1112**

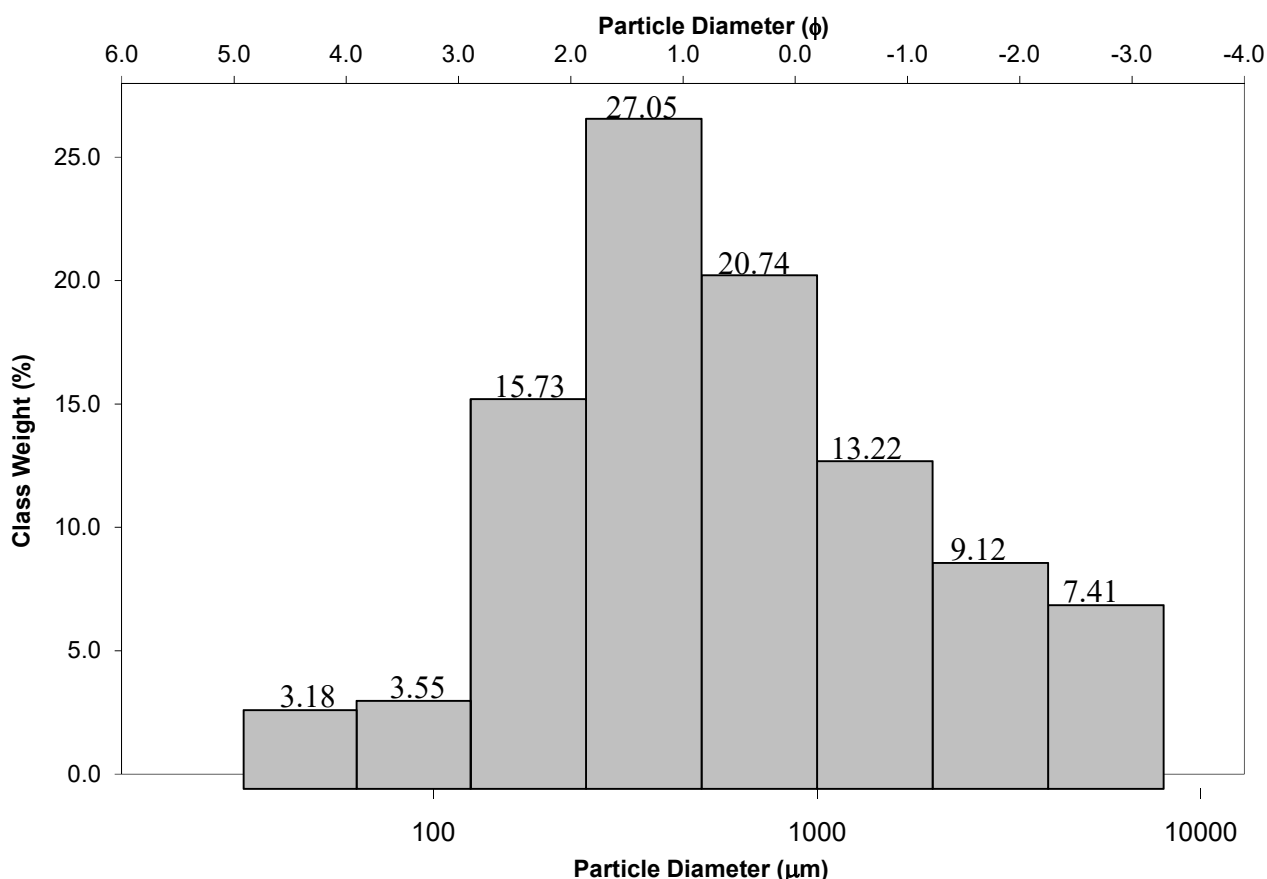
ANALYST & DATE: GAMMA, 6/10/2022

SAMPLE TYPE: Unimodal, Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand

SEDIMENT NAME: Very Fine Gravelly Medium Sand

	μm	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	375.0	1.500	GRAVEL: 16.5%	COARSE SAND: 20.8%		
MODE 2:			SAND: 80.4%	MEDIUM SAND: 27.1%		
MODE 3:			MUD: 3.1%	FINE SAND: 15.7%		
D ₁₀ :	145.1	-1.718		V FINE SAND: 3.5%		
MEDIAN or D ₅₀ :	509.3	0.973	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 3.1%		
D ₉₀ :	3288.8	2.785	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D ₉₀ / D ₁₀):	22.67	-1.622	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
(D ₉₀ - D ₁₀):	3143.8	4.503	FINE GRAVEL: 7.4%	FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ / D ₂₅):	4.805	-5.260	V FINE GRAVEL: 9.1%	V FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ - D ₂₅):	1017.5	2.265	V COARSE SAND: 13.2%	CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN ($\bar{x}$):	1209.3	583.6	0.777	585.4	0.773	Coarse Sand
SORTING (σ):	1577.9	3.187	1.672	3.346	1.742	Poorly Sorted
SKEWNESS (Sk):	2.099	0.167	-0.167	0.158	-0.158	Coarse Skewed
KURTOSIS (K):	6.527	2.631	2.631	1.047	1.047	Mesokurtic

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

SIEVING ERROR: 0.0%

SAMPLE STATISTICSSAMPLE IDENTITY: **1211**

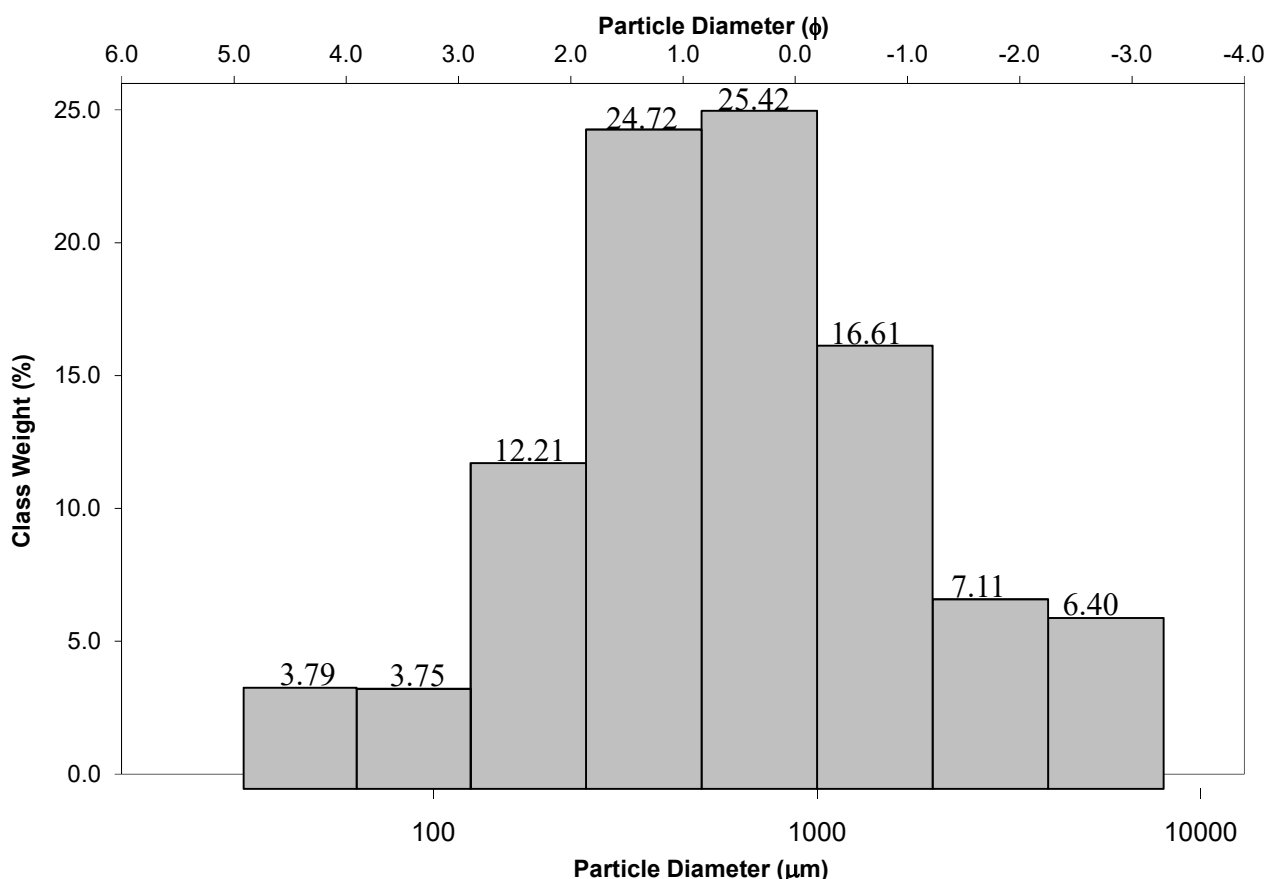
ANALYST & DATE: GAMMA, 6/10/2022

SAMPLE TYPE: Unimodal, Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand

SEDIMENT NAME: Very Fine Gravelly Coarse Sand

	μm	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	750.0	0.500	GRAVEL: 13.5%	COARSE SAND: 25.5%		
MODE 2:			SAND: 82.8%	MEDIUM SAND: 24.7%		
MODE 3:			MUD: 3.7%	FINE SAND: 12.2%		
D ₁₀ :	144.7	-1.496		V FINE SAND: 3.8%		
MEDIAN or D ₅₀ :	582.6	0.780	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 3.7%		
D ₉₀ :	2820.2	2.789	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D ₉₀ / D ₁₀):	19.49	-1.864	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
(D ₉₀ - D ₁₀):	2675.4	4.284	FINE GRAVEL: 6.4%	FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ / D ₂₅):	4.268	-5.748	V FINE GRAVEL: 7.1%	V FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ - D ₂₅):	949.4	2.094	V COARSE SAND: 16.6%	CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN ($\bar{x}$):	1159.6	594.8	0.749	597.9	0.742	Coarse Sand
SORTING (σ):	1470.1	3.072	1.619	3.195	1.676	Poorly Sorted
SKEWNESS (Sk):	2.322	-0.026	0.026	0.029	-0.029	Symmetrical
KURTOSIS (K):	7.779	2.892	2.892	1.148	1.148	Leptokurtic

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

SIEVING ERROR: 0.0%

SAMPLE STATISTICSSAMPLE IDENTITY: **MS BA Center**

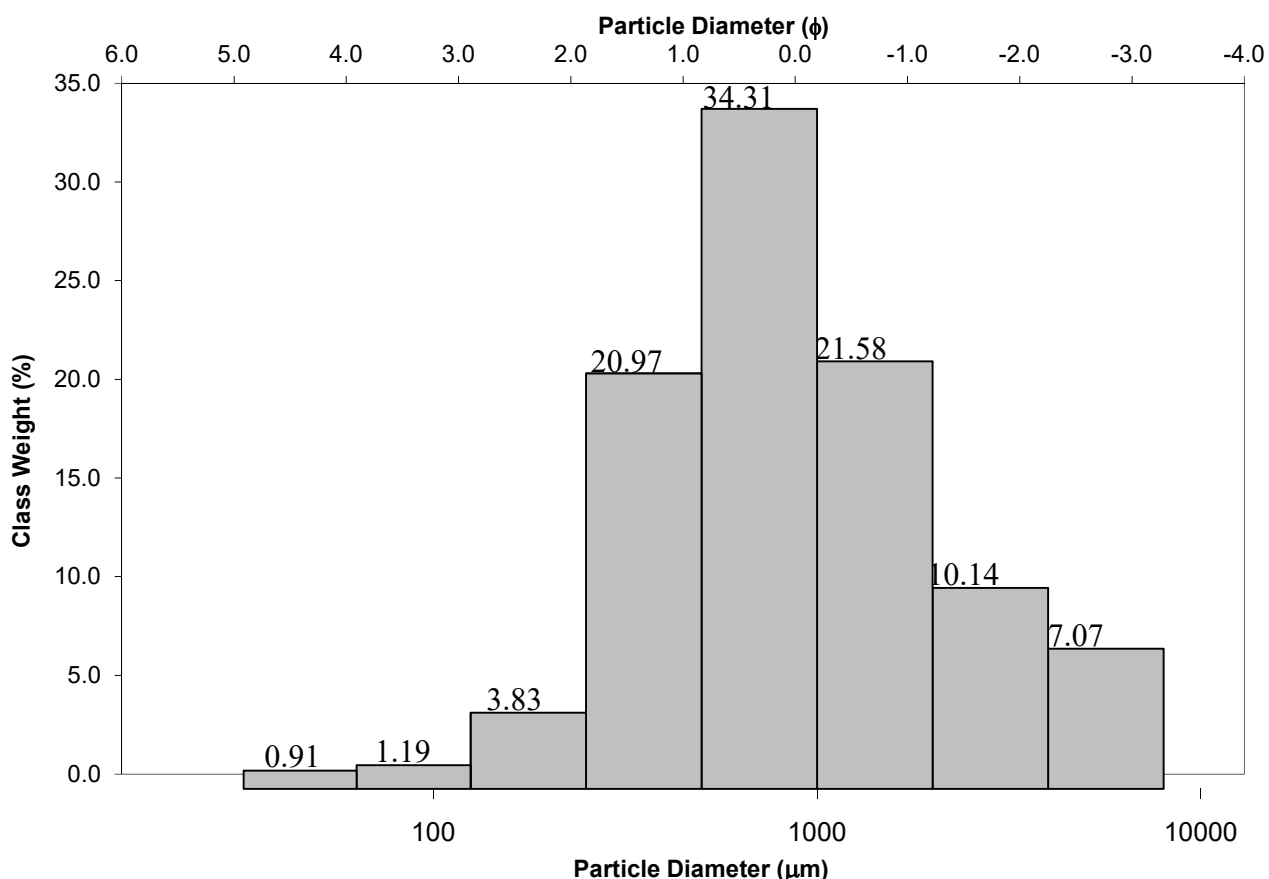
ANALYST & DATE: GAMMA, 6/10/2022

SAMPLE TYPE: Unimodal, Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand

SEDIMENT NAME: Very Fine Gravelly Coarse Sand

	μm	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	750.0	0.500	GRAVEL: 17.2%	COARSE SAND: 34.3%		
MODE 2:			SAND: 81.9%	MEDIUM SAND: 21.0%		
MODE 3:			MUD: 0.9%	FINE SAND: 3.8%		
D ₁₀ :	286.3	-1.711		V FINE SAND: 1.2%		
MEDIAN or D ₅₀ :	797.6	0.326	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 0.9%		
D ₉₀ :	3274.7	1.804	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D ₉₀ / D ₁₀):	11.44	-1.054	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
(D ₉₀ - D ₁₀):	2988.4	3.516	FINE GRAVEL: 7.1%	FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ / D ₂₅):	3.314	-1.704	V FINE GRAVEL: 10.1%	V FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ - D ₂₅):	1087.7	1.729	V COARSE SAND: 21.6%	CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN ($\bar{x}$):	1397.2	854.9	0.226	845.8	0.242	Coarse Sand
SORTING (σ):	1488.7	2.529	1.339	2.541	1.346	Poorly Sorted
SKEWNESS (Sk):	2.085	0.021	-0.021	0.127	-0.127	Coarse Skewed
KURTOSIS (K):	6.686	3.329	3.329	1.073	1.073	Mesokurtic

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

SIEVING ERROR: 0.0%

SAMPLE STATISTICSSAMPLE IDENTITY: **MS BA North**

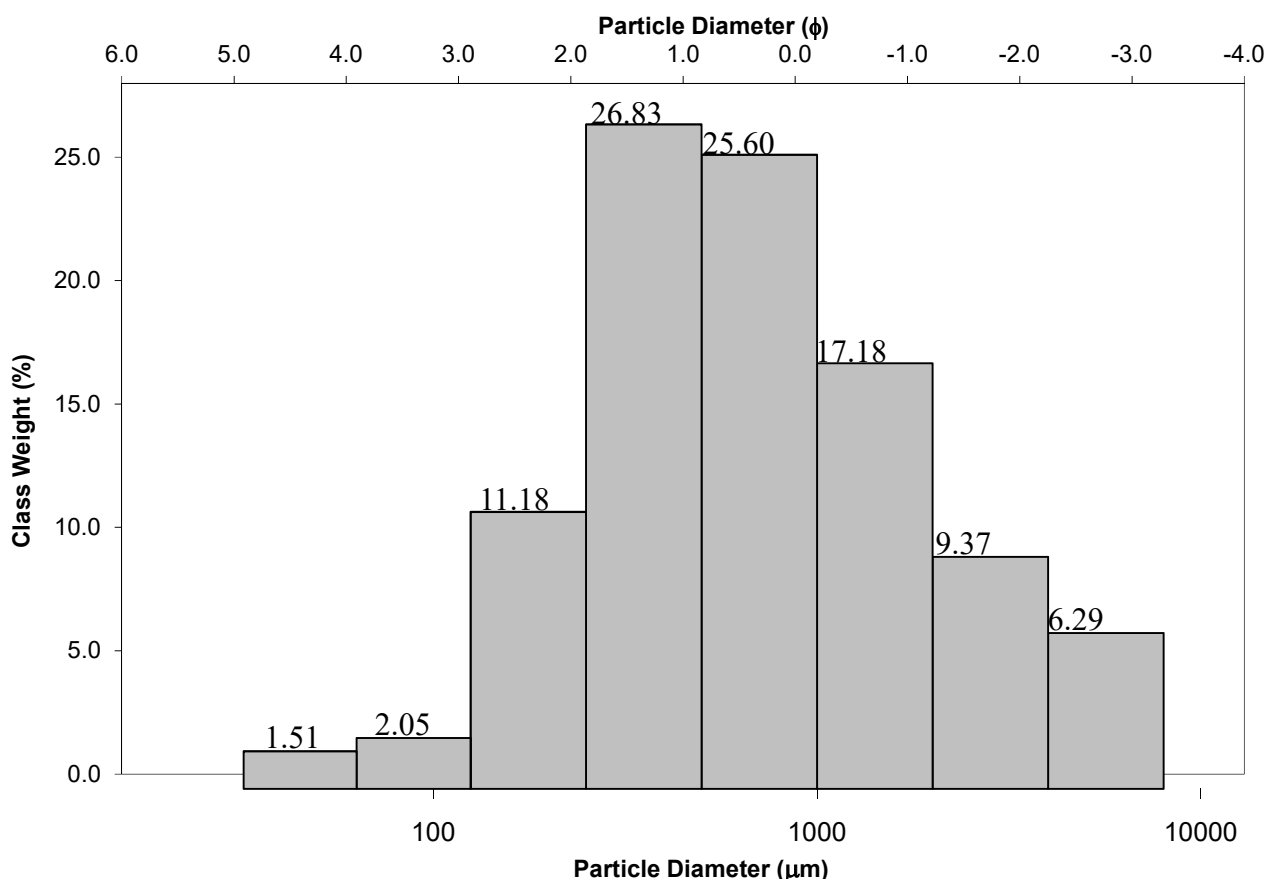
ANALYST & DATE: GAMMA, 6/10/2022

SAMPLE TYPE: Unimodal, Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand

SEDIMENT NAME: Very Fine Gravelly Medium Sand

	μm	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	375.0	1.500	GRAVEL: 15.7%	COARSE SAND: 25.6%		
MODE 2:			SAND: 82.9%	MEDIUM SAND: 26.8%		
MODE 3:			MUD: 1.5%	FINE SAND: 11.2%		
D ₁₀ :	187.0	-1.605		V FINE SAND: 2.0%		
MEDIAN or D ₅₀ :	628.8	0.669	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 1.5%		
D ₉₀ :	3040.9	2.419	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D ₉₀ / D ₁₀):	16.27	-1.508	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
(D ₉₀ - D ₁₀):	2854.0	4.024	FINE GRAVEL: 6.3%	FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ / D ₂₅):	4.207	-3.536	V FINE GRAVEL: 9.4%	V FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ - D ₂₅):	1046.4	2.073	V COARSE SAND: 17.2%	CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN ($\bar{x}$):	1232.9	676.7	0.563	684.6	0.547	Coarse Sand
SORTING (σ):	1470.2	2.822	1.497	2.831	1.501	Poorly Sorted
SKEWNESS (Sk):	2.189	0.122	-0.122	0.130	-0.130	Coarse Skewed
KURTOSIS (K):	7.227	2.830	2.830	1.003	1.003	Mesokurtic

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

SIEVING ERROR: 0.0%

SAMPLE STATISTICSSAMPLE IDENTITY: **MS BA South**

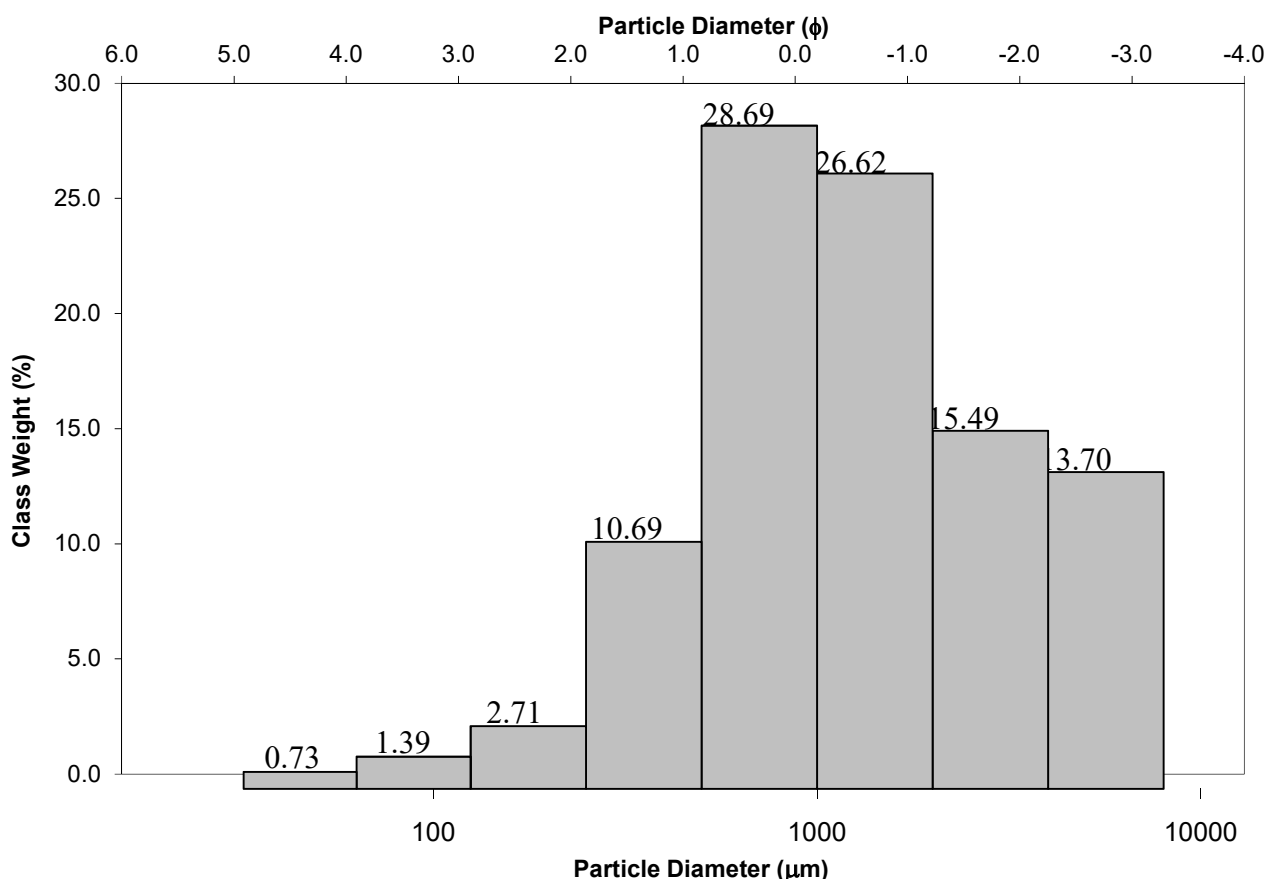
ANALYST & DATE: GAMMA, 6/10/2022

SAMPLE TYPE: Unimodal, Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand

SEDIMENT NAME: Very Fine Gravelly Coarse Sand

	μm	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	750.0	0.500	GRAVEL: 29.2%	COARSE SAND: 28.7%		
MODE 2:			SAND: 70.1%	MEDIUM SAND: 10.7%		
MODE 3:			MUD: 0.7%	FINE SAND: 2.7%		
D ₁₀ :	350.4	-2.270		V FINE SAND: 1.4%		
MEDIAN or D ₅₀ :	1163.6	-0.219	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 0.7%		
D ₉₀ :	4823.9	1.513	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D ₉₀ / D ₁₀):	13.77	-0.666	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
(D ₉₀ - D ₁₀):	4473.5	3.783	FINE GRAVEL: 13.7%	FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ / D ₂₅):	3.835	-0.526	V FINE GRAVEL: 15.5%	V FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ - D ₂₅):	1783.8	1.939	V COARSE SAND: 26.6%	CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN ($\bar{x}$):	1948.3	1194.8	-0.257	1285.9	-0.363	Very Coarse Sand
SORTING (σ):	1818.8	2.663	1.413	2.653	1.408	Poorly Sorted
SKEWNESS (Sk):	1.342	-0.319	0.319	0.100	-0.100	Symmetrical
KURTOSIS (K):	3.554	3.209	3.209	0.976	0.976	Mesokurtic

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

ANEXO III

Resultados de las Simulaciones Numéricas

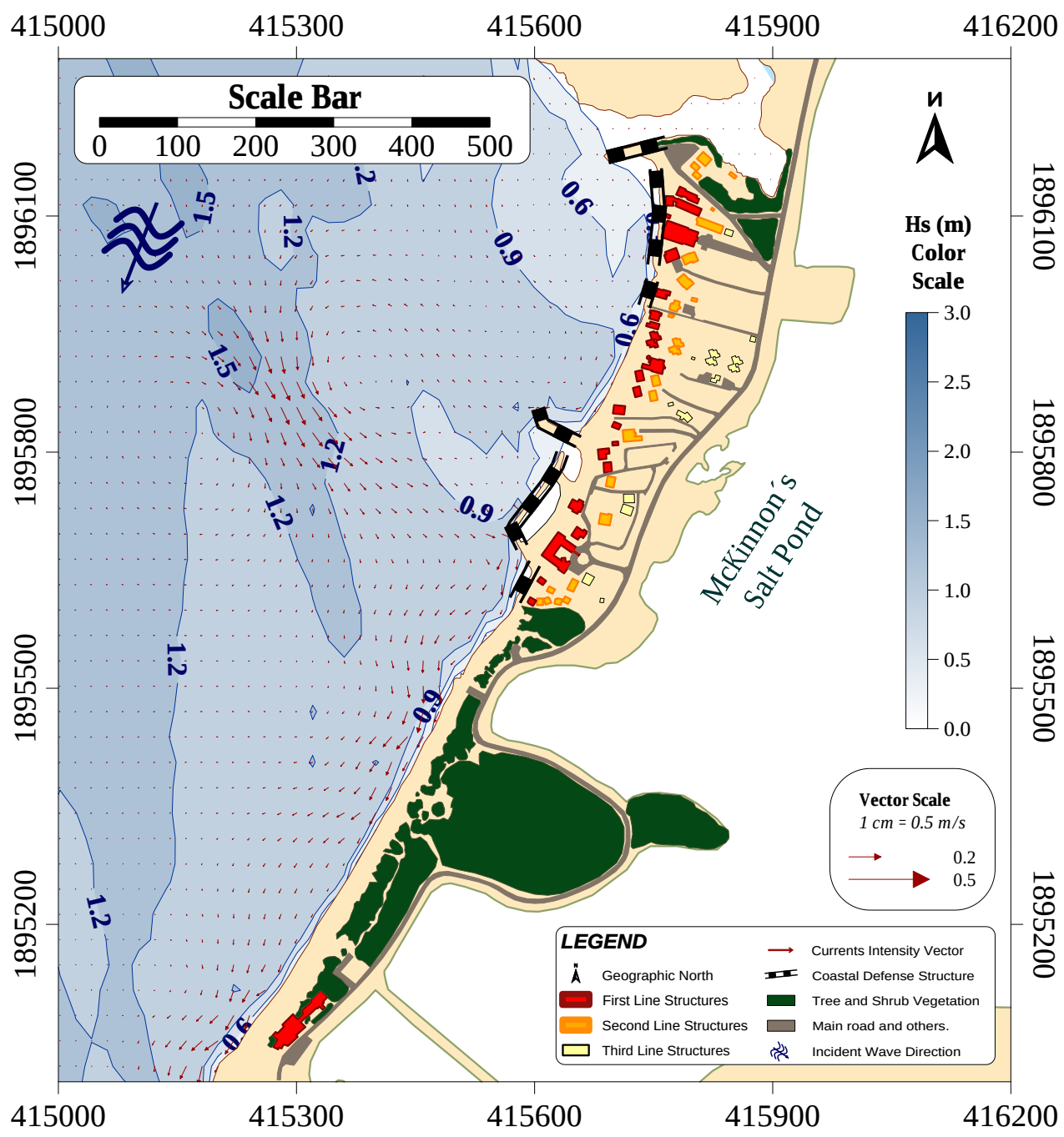
Modelos OLUCA-SP y COPLA-SP

Altura de la Ola e Intensidad de las Corrientes Litorales

Project: Runaway Bay Beach. Antigua.

Graphic: Wave Height Color Scale + Vectors of Currents

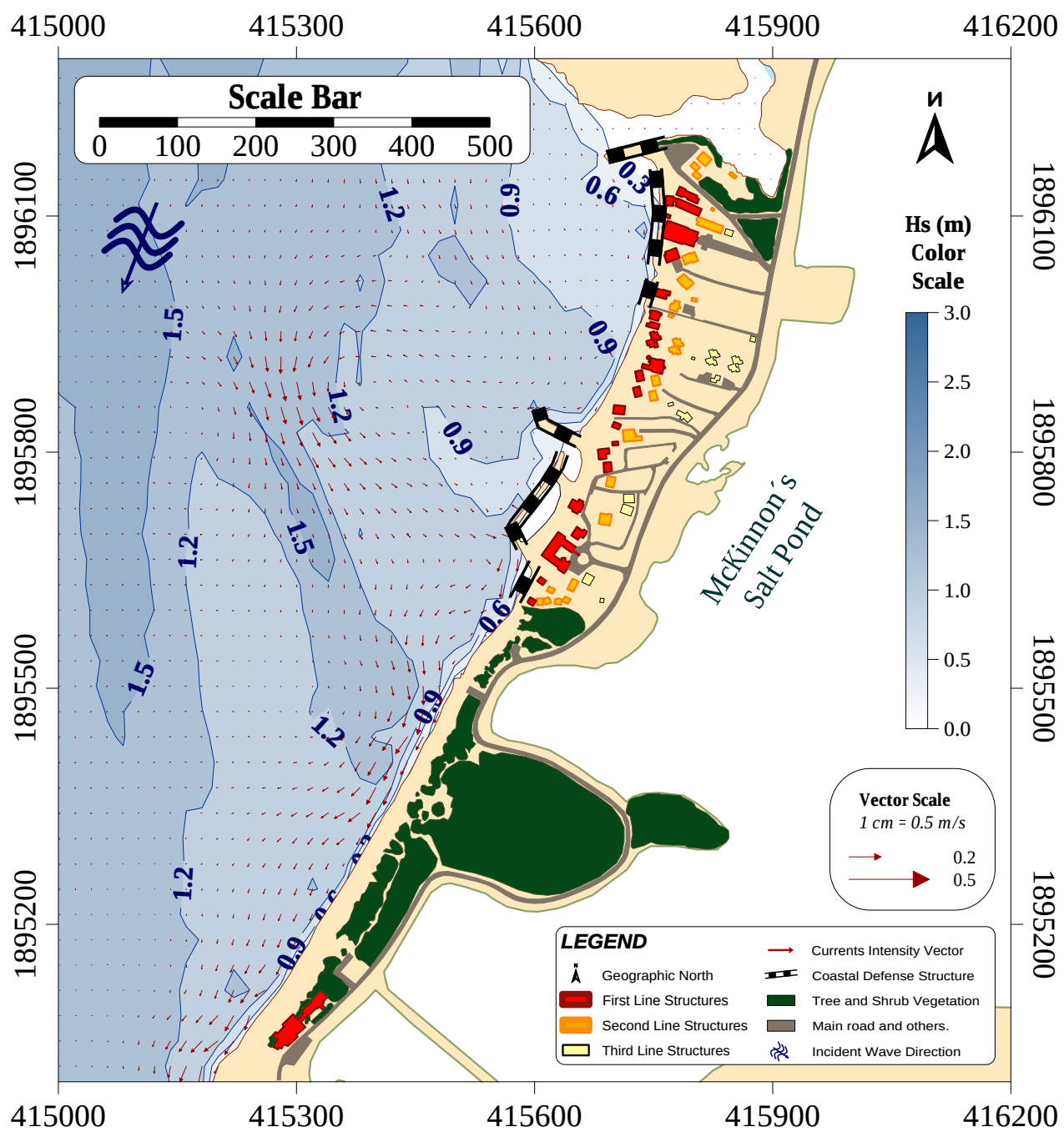
Mean Regime Course: NNE Hs = 1.91 m Pp = 8.78 s Software Developed by 			Simulation Characteristics		
			OLUCA-SP		COPLA-SP
			MOPLA-SP		
			Frecuencys Spectrum (TMA)		Rugosity of Nikuradse
			Hs: 1.91 m		Kswc: 1 m
			h: 10 m		Swirl viscosity
			fp: 0.11 Hz		e: 10 m ² /s
			g: 3.3		
			Nº Comp.: 16		
			Directional Spectrum		
			qm: -40° (N22.5E)		
			s: 16° - Nº Comp.: 15		



Project: Runaway Bay Beach. Antigua.

Graphic: Wave Height Color Scale + Vectors of Currents

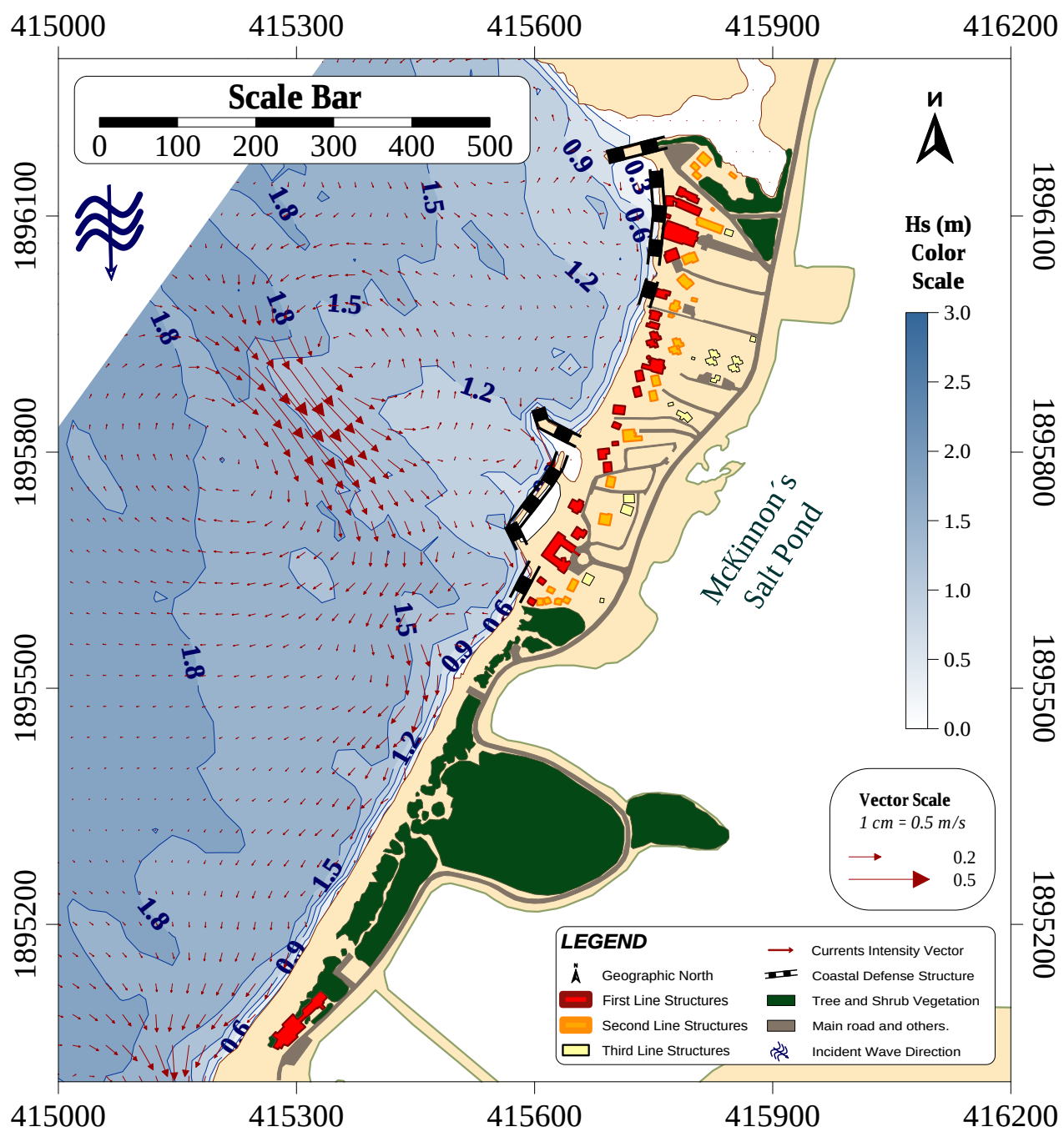
Event of the Year Course: NNE Hs = 4.48 m Pp = 8.78 s Software Developed by 			Simulation Characteristics		
			OLUCA-SP		COPLA-SP
			MOPLA-SP		
			Frecuencys Spectrum (TMA)		Rugosity of Nikuradse
			Hs: 4.48 m		Kswc: 1 m
			h: 10 m		Swirl viscosity
			fp: 0.11 Hz		e: 10 m ² /s
			g: 3.3		
			Nº Comp.: 12		
			Directional Spectrum		
			qm: -40° (N22.5E)		
			s: 12° - Nº Comp.: 11		



Project: Runaway Bay Beach. Antigua.

Graphic: Wave Height Color Scale + Vectors of Currents

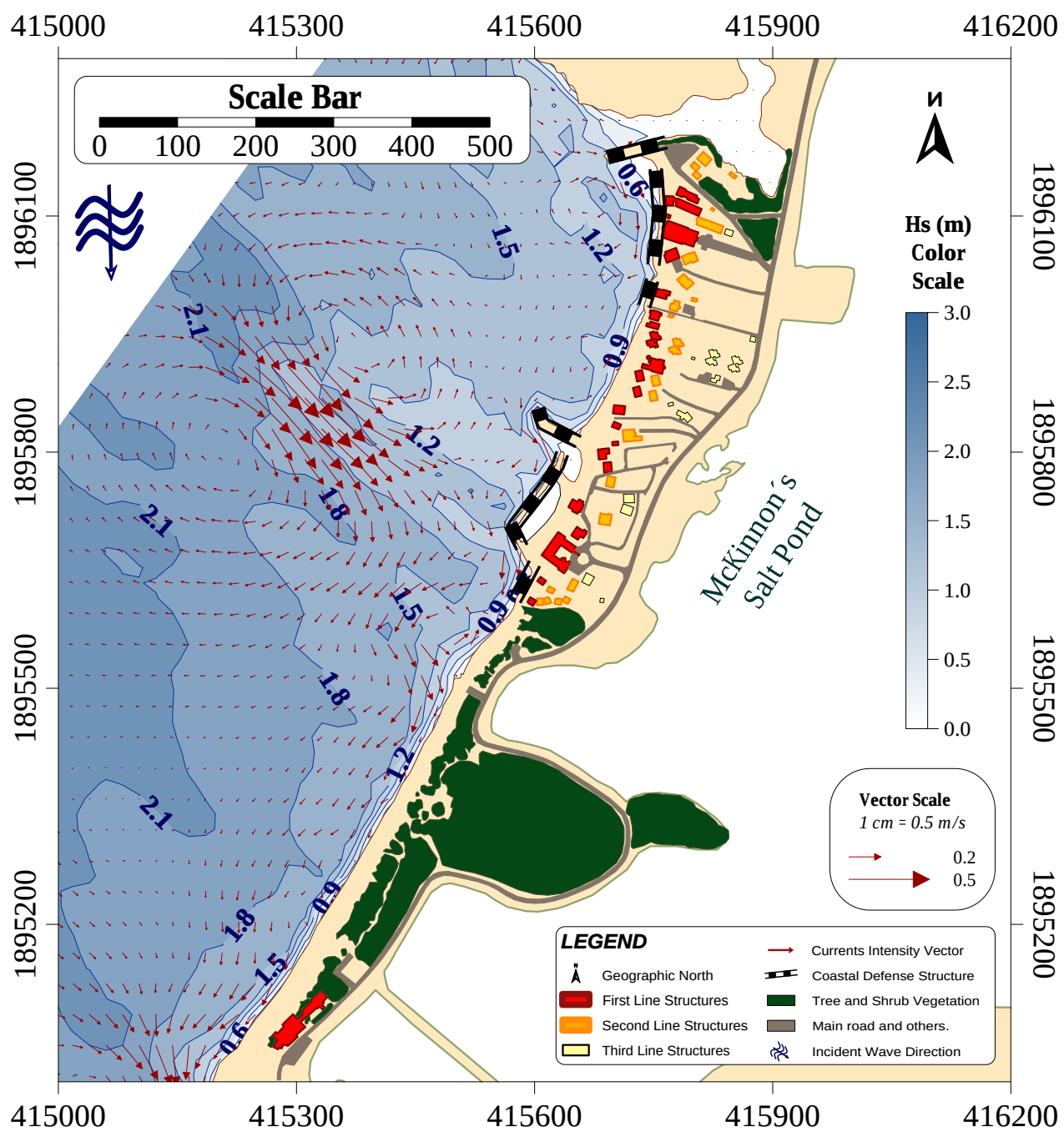
TC RP 10 Years Course: North Hs = 5.71 m Pp = 9.93 s Software Developed by  			Simulation Characteristics		
			OLUCA-SP Frecuencys Spectrum (TMA) Hs: 5.71 m h: 10 m fp: 0.11 Hz g: 3.3 Nº Comp.: 12 Directional Spectrum qm: -27.5° (N) s: 12° - Nº Comp.: 11	COPLA-SP Rugosity of Nikuradse Kswc: 1 m Swirl viscosity e: 8 m²/s	MOPLA-SP



Project: Runaway Bay Beach. Antigua.

Graphic: Wave Height Color Scale + Vectors of Currents

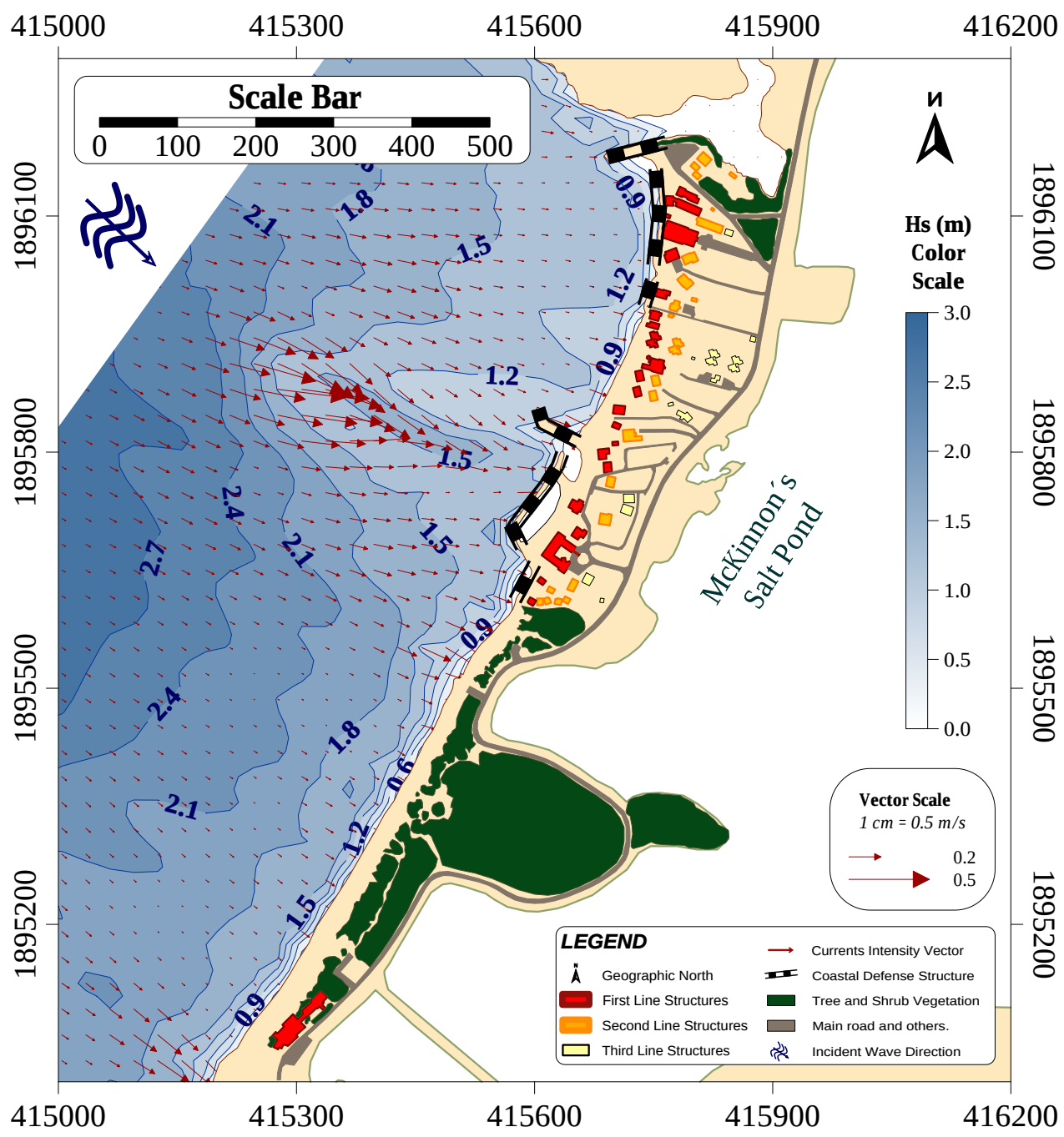
TC RP 100 Years Course: North Hs = 8.51 m Pp = 11.26 s Software Developed by 			Simulation Characteristics		
			OLUCA-SP Frecuencys Spectrum (TMA) Hs: 8.51 m h: 10 m fp: 0.09 Hz g: 5.0 Nº Comp.: 10 Directional Spectrum qm: -27.5° (N) s: 10° - Nº Comp.: 9	COPLA-SP Rugosity of Nikuradse Kswc: 1 m Swirl viscosity e: 8 m²/s	MOPLA-SP



Project: Runaway Bay Beach. Antigua.

Graphic: Wave Height Color Scale + Vectors of Currents

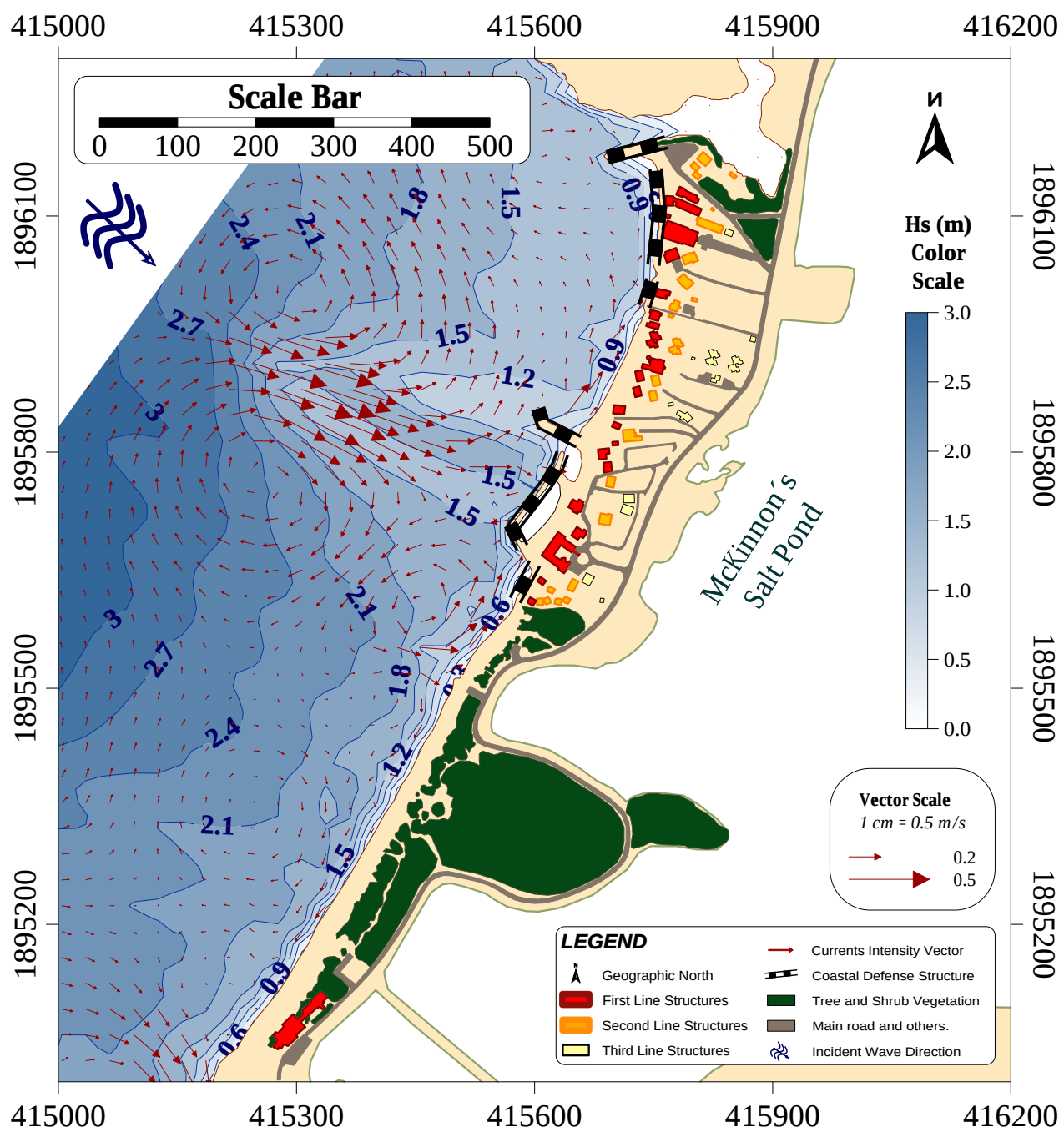
TC RP 10 Years Course: NW Hs = 5.71 m Pp = 9.93 s Software Developed by  			Simulation Characteristics		
			OLUCA-SP Frecuencys Spectrum (TMA) Hs: 5.71 m h: 10 m fp: 0.11 Hz g: 3.3 Nº Comp.: 12 Directional Spectrum qm: -12º (N45.0W) s: 12º - Nº Comp.: 11	COPLA-SP Rugosity of Nikuradse Kswc: 1 m Swirl viscosity e: 8 m²/s	MOPLA-SP



Project: Runaway Bay Beach. Antigua.

Graphic: Wave Height Color Scale + Vectors of Currents

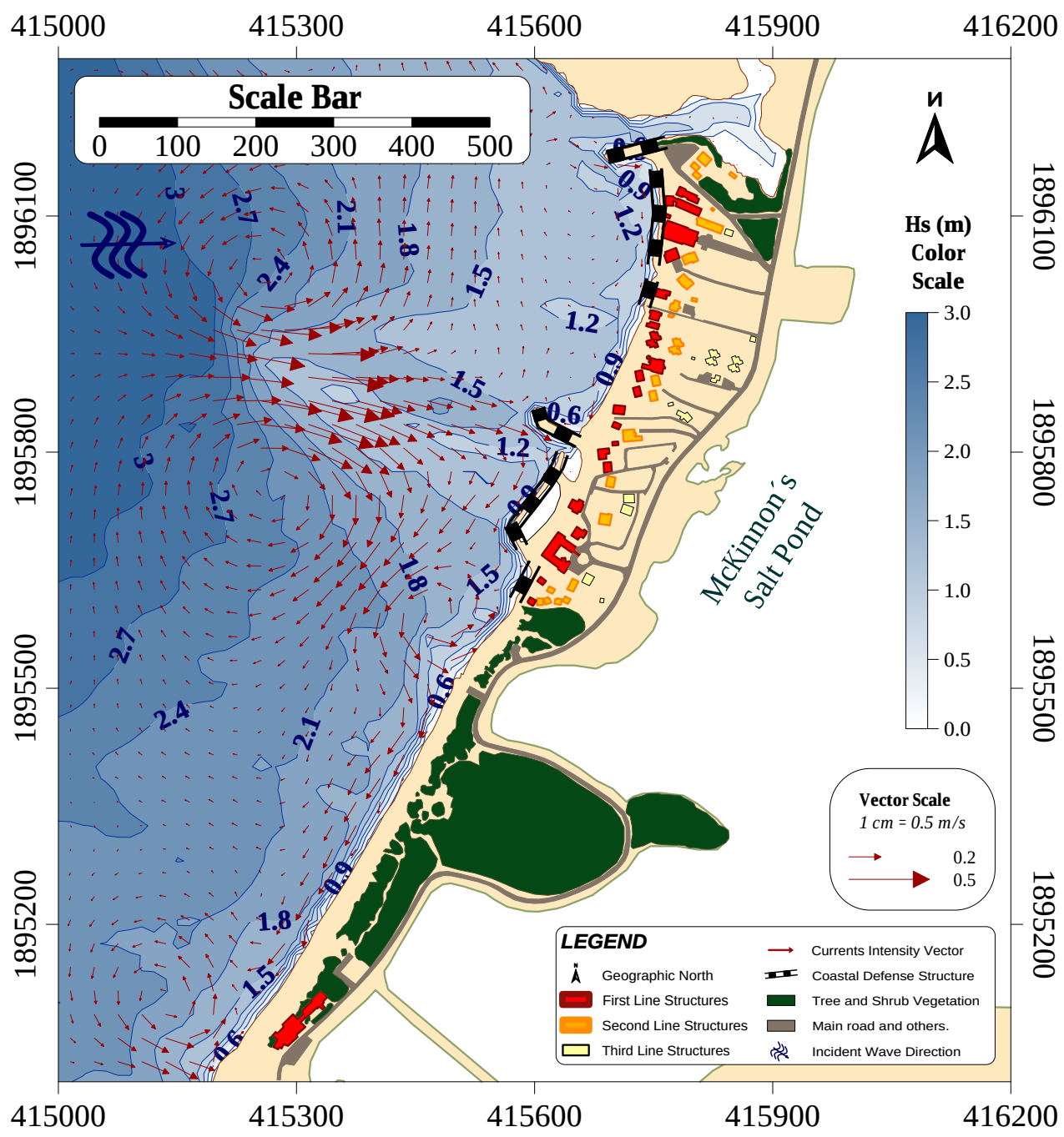
TC RP 100 Years Course: NW Hs = 8.51 m Pp = 11.26 s Software Developed by  			Simulation Characteristics		
			OLUCA-SP Frecuencys Spectrum (TMA) Hs: 8.51 m h: 10 m fp: 0.09 Hz g: 5.0 Nº Comp.: 10 Directional Spectrum qm: -10° (N45.0W) s: 10° - Nº Comp.: 9	COPLA-SP Rugosity of Nikuradse Kswc: 1 m Swirl viscosity e: 8 m²/s	MOPLA-SP



Project: Runaway Bay Beach. Antigua.

Graphic: Wave Height Color Scale + Vectors of Currents

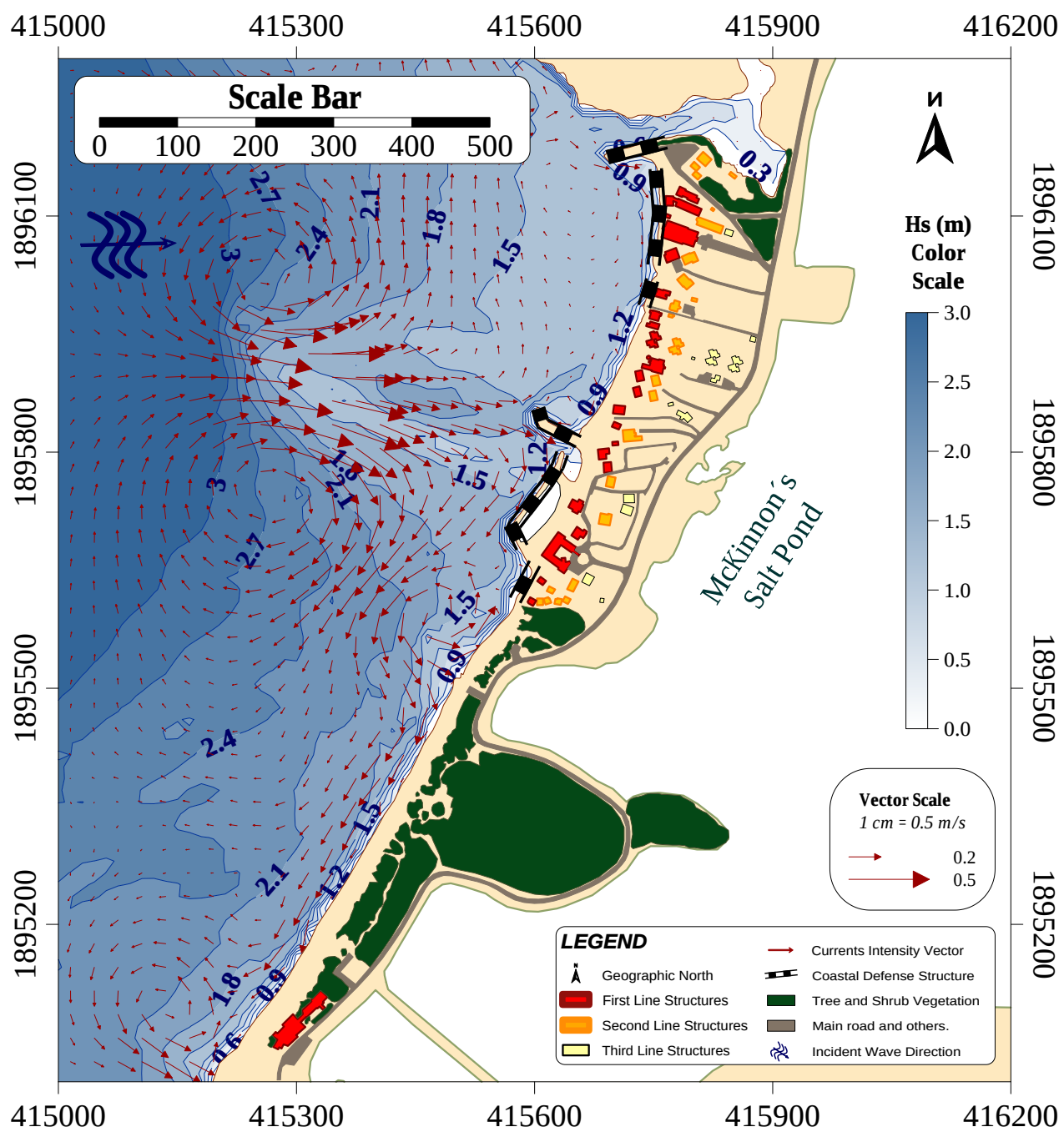
TC RP 10 Years Course: W Hs = 8.57 m Pp = 11.30 s Software developed by MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE 		Simulation Characteristics		
		OLUCA-SP Frecuencys Spectrum (TMA) Hs: 8.57 m h: 10 m fp: 0.09 Hz g: 3.3 Nº Comp.: 10 Directional Spectrum qm: 0° (W) s: 10° - Nº Comp.: 9	COPLA-SP Rugosity of Nikuradse Kswc: 1 m Swirl viscosity e: 8 m²/s	MOPLA-SP



Project: Runaway Bay Beach. Antigua.

Graphic: Wave Height Color Scale + Vectors of Currents

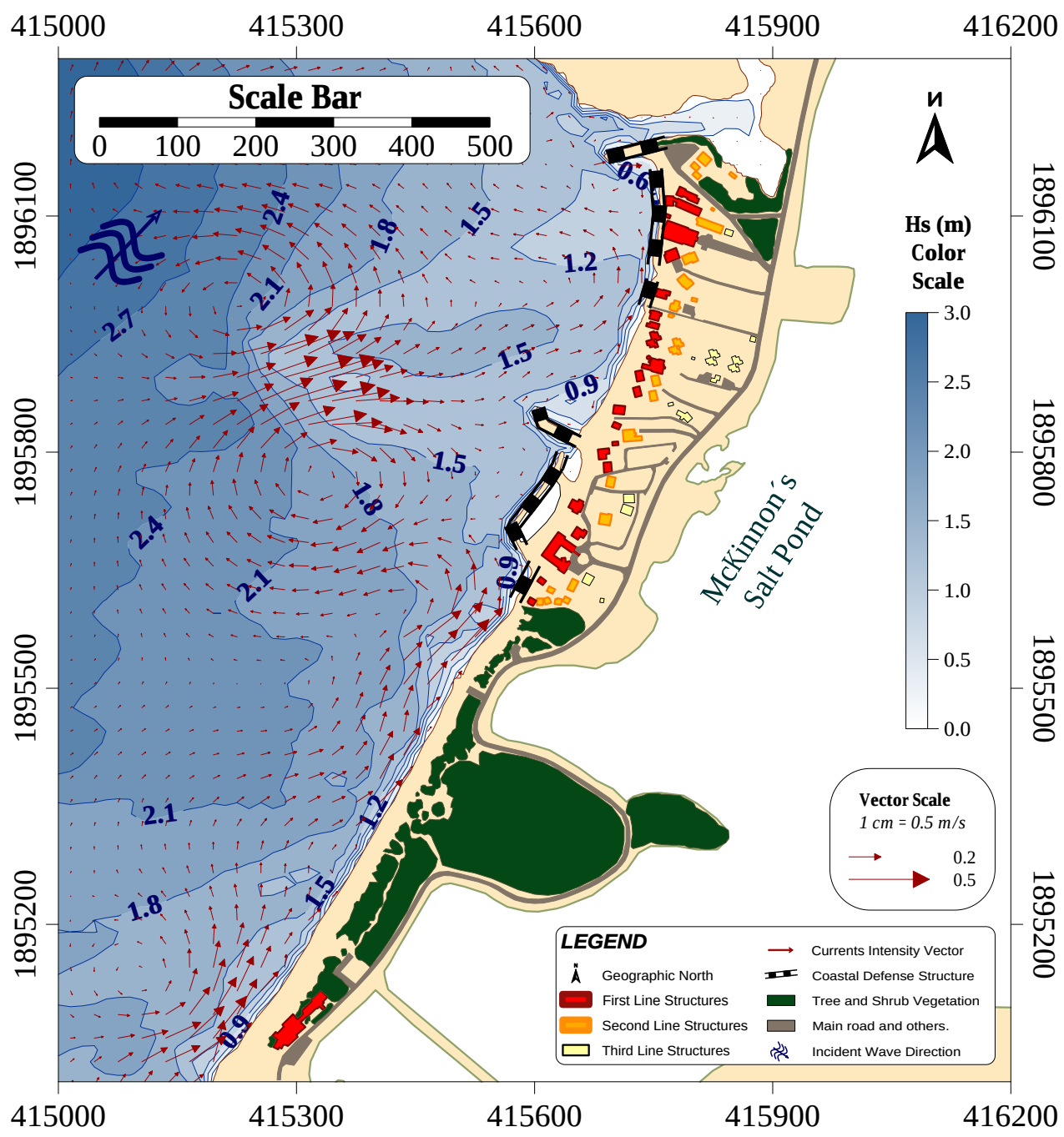
TC RP 100 Years Course: W Hs = 12.76 m Pp = 13.79 s Software developed by MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE 		Simulation Characteristics		
		OLUCA-SP Frecuencys Spectrum (TMA) Hs: 12.76 m h: 10 m fp: 0.07 Hz g: 5.0 Nº Comp.: 8 Directional Spectrum qm: 0° (W) s: 8° - Nº Comp.: 7	COPLA-SP Rugosity of Nikuradse Kswc: 1 m Swirl viscosity e: 8 m²/s	MOPLA-SP



Project: Runaway Bay Beach. Antigua.

Graphic: Wave Height Color Scale + Vectors of Currents

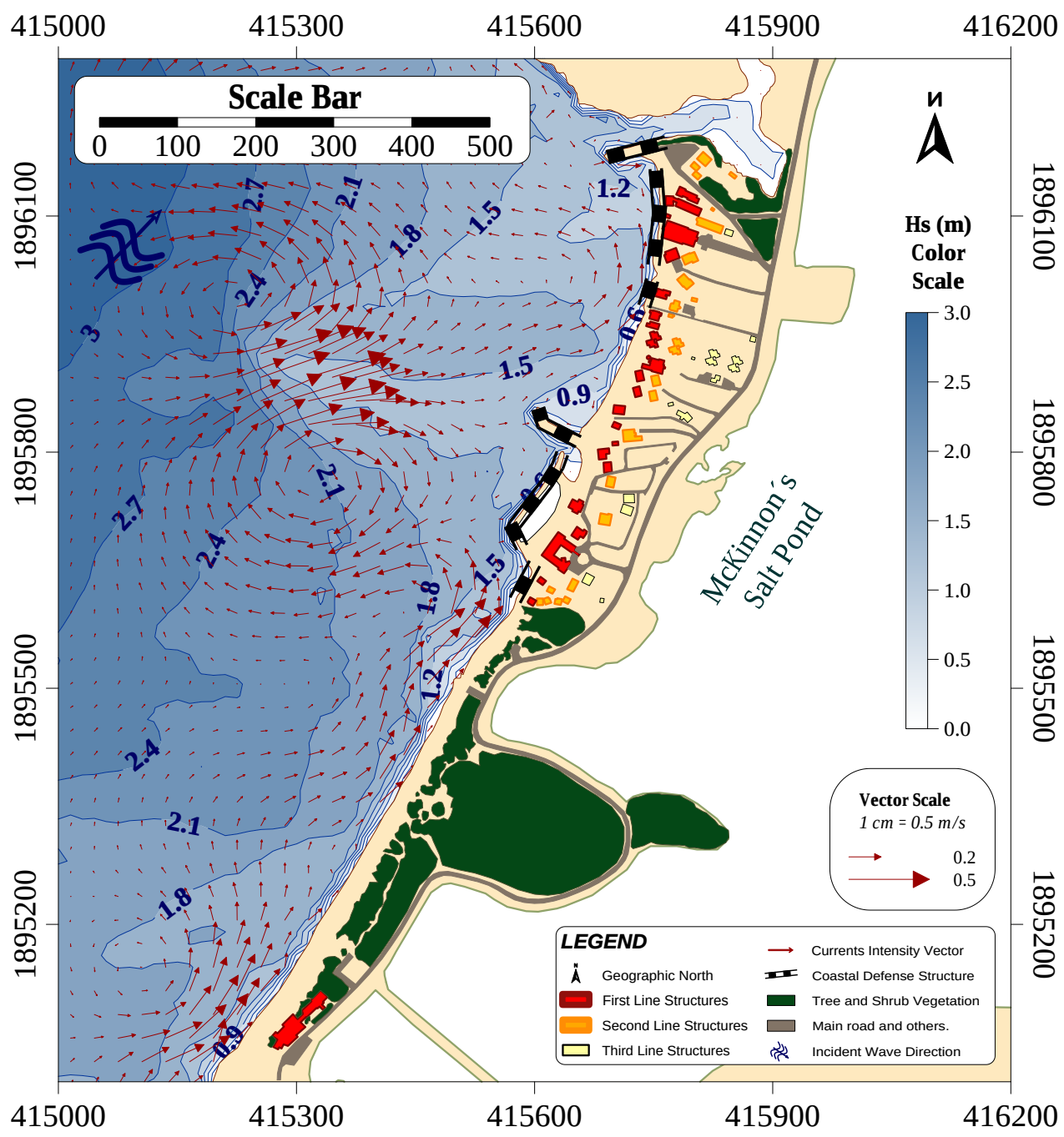
TC RP 10 Years Course: SW Hs = 8.57 m Pp = 11.30 s Software developed by 			Simulation Characteristics		
			OLUCA-SP Frecuencys Spectrum (TMA) Hs: 8.57 m h: 10 m fp: 0.09 Hz g: 3.3 Nº Comp.: 10 Directional Spectrum qm: 45° (S45.0W) s: 10° - Nº Comp.: 9	COPLA-SP Rugosity of Nikuradse Kswc: 1 m Swirl viscosity e: 8 m²/s	MOPLA-SP



Project: Runaway Bay Beach. Antigua.

Graphic: Wave Height Color Scale + Vectors of Currents

TC RP 100 Years Course: SW Hs = 12.76 m Pp = 13.79 s Software developed by MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE 		Simulation Characteristics		
		OLUCA-SP Frecuencys Spectrum (TMA) Hs: 12.76 m h: 10 m fp: 0.07 Hz g: 5.0 Nº Comp.: 8 Directional Spectrum qm: 45° (S45.0W) s: 8° - Nº Comp.: 7	COPLA-SP Rugosity of Nikuradse Kswc: 1 m Swirl viscosity e: 8 m²/s	MOPLA-SP



ANEXO IV

Resultados de las Simulaciones Numéricas

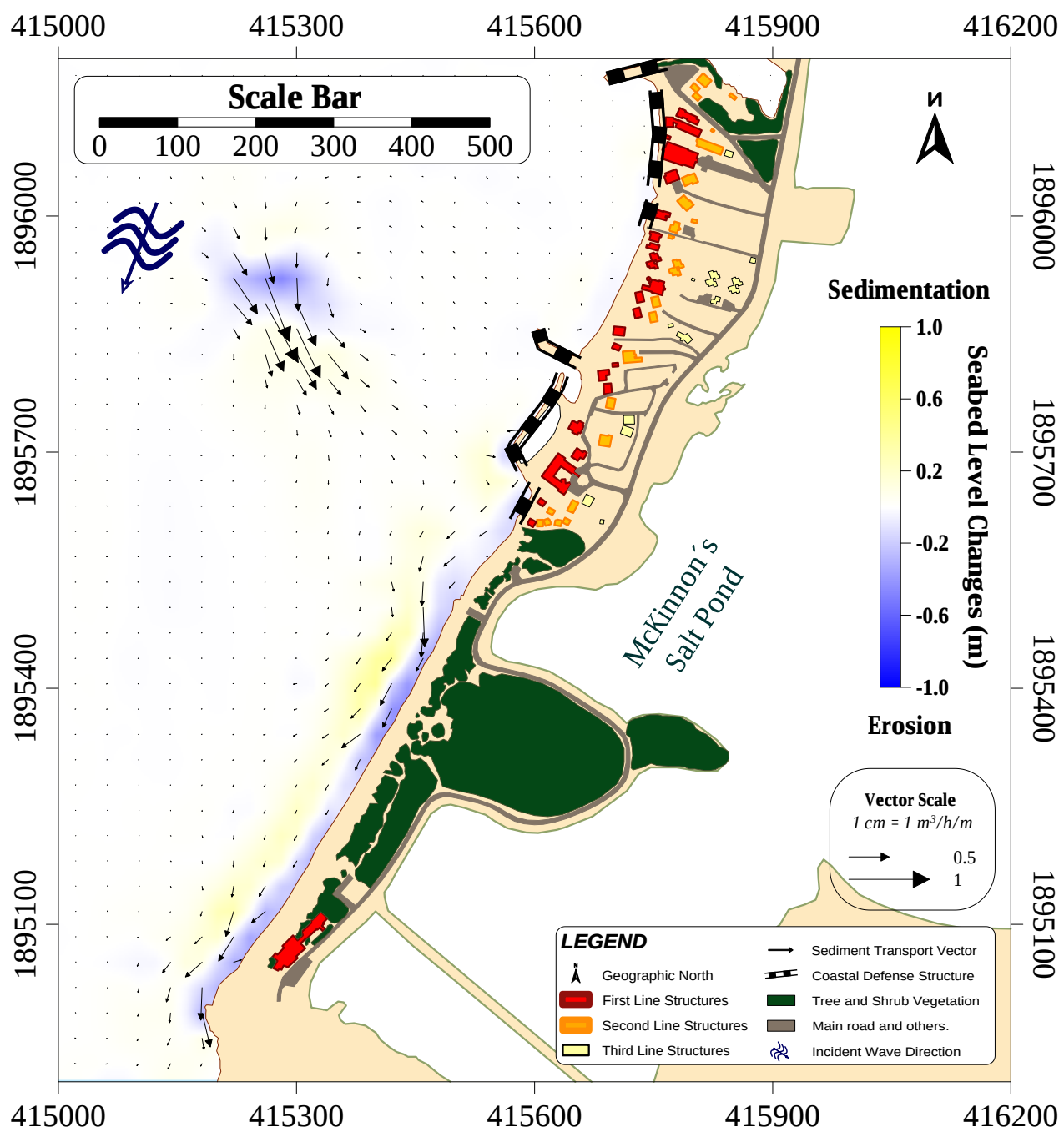
Modelo EROS-SP

Transporte Litoral de Sedimentos y Variación del Fondo

Project: Runaway Bay Beach. Antigua.

Graphic: Seabed Changes Color Scale + Vectors of Sediment Transport

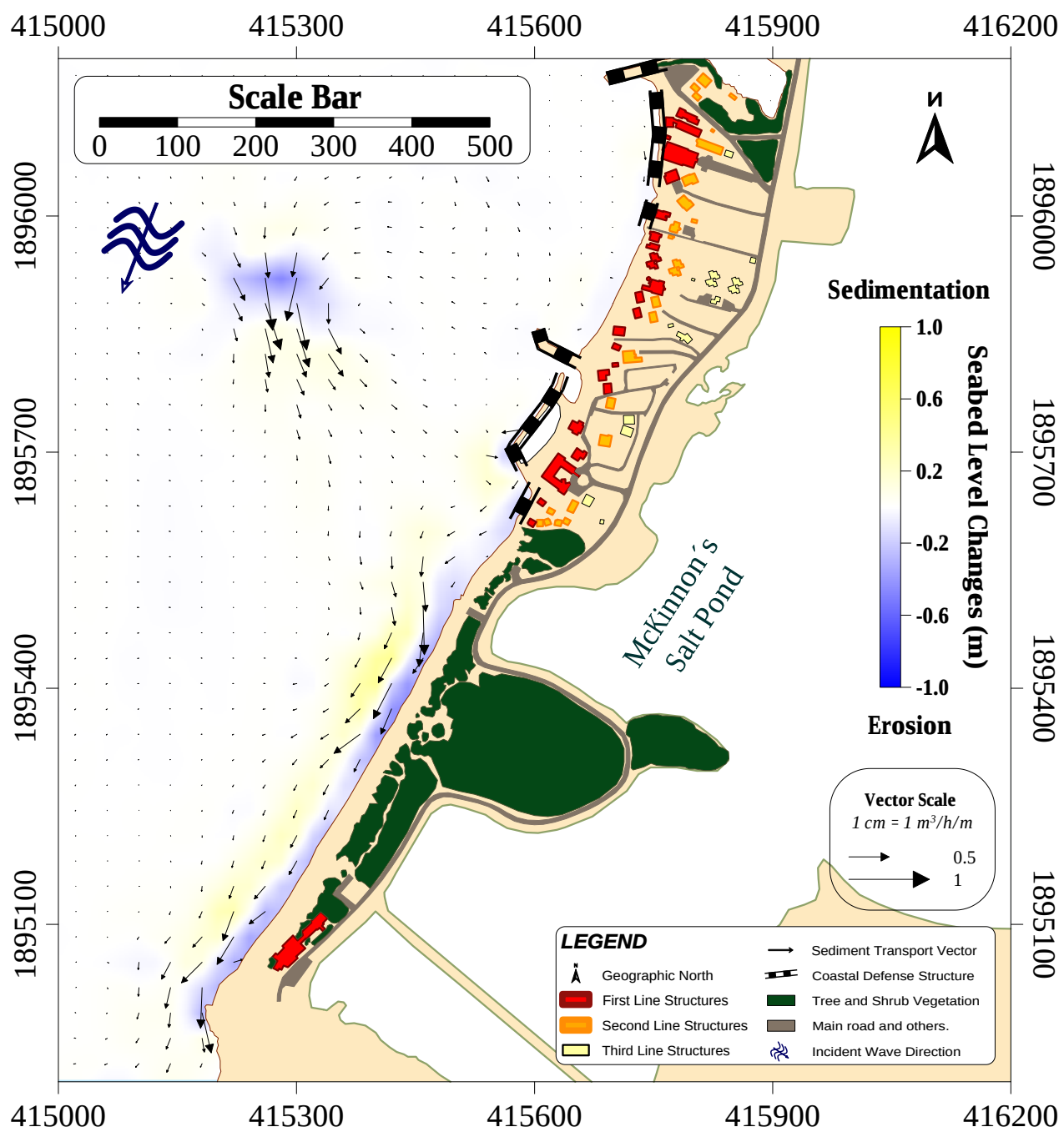
Mean Regime Course: NNE Hs = 1.91 m Pp = 8.78 s Software Developed by  			Simulation Characteristics		
OLUCA-SP Frecuencys Spectrum (TMA) Hs: 1.91 m h: 10 m fp: 0.11 Hz g: 3.3 Nº Comp.: 16 Directional Spectrum qm: -40° (N22.5E) s: 16° - Nº Comp.: 15			COPLA-SP Rugosity of Nikuradse Kswc: 1 m Swirl viscosity e: 10 m²/s		
			MOPLA-SP D₅₀: 0.25 mm Time: 12.0 h Formula: Soulsby		



Project: Runaway Bay Beach. Antigua.

Graphic: Seabed Changes Color Scale + Vectors of Sediment Transport

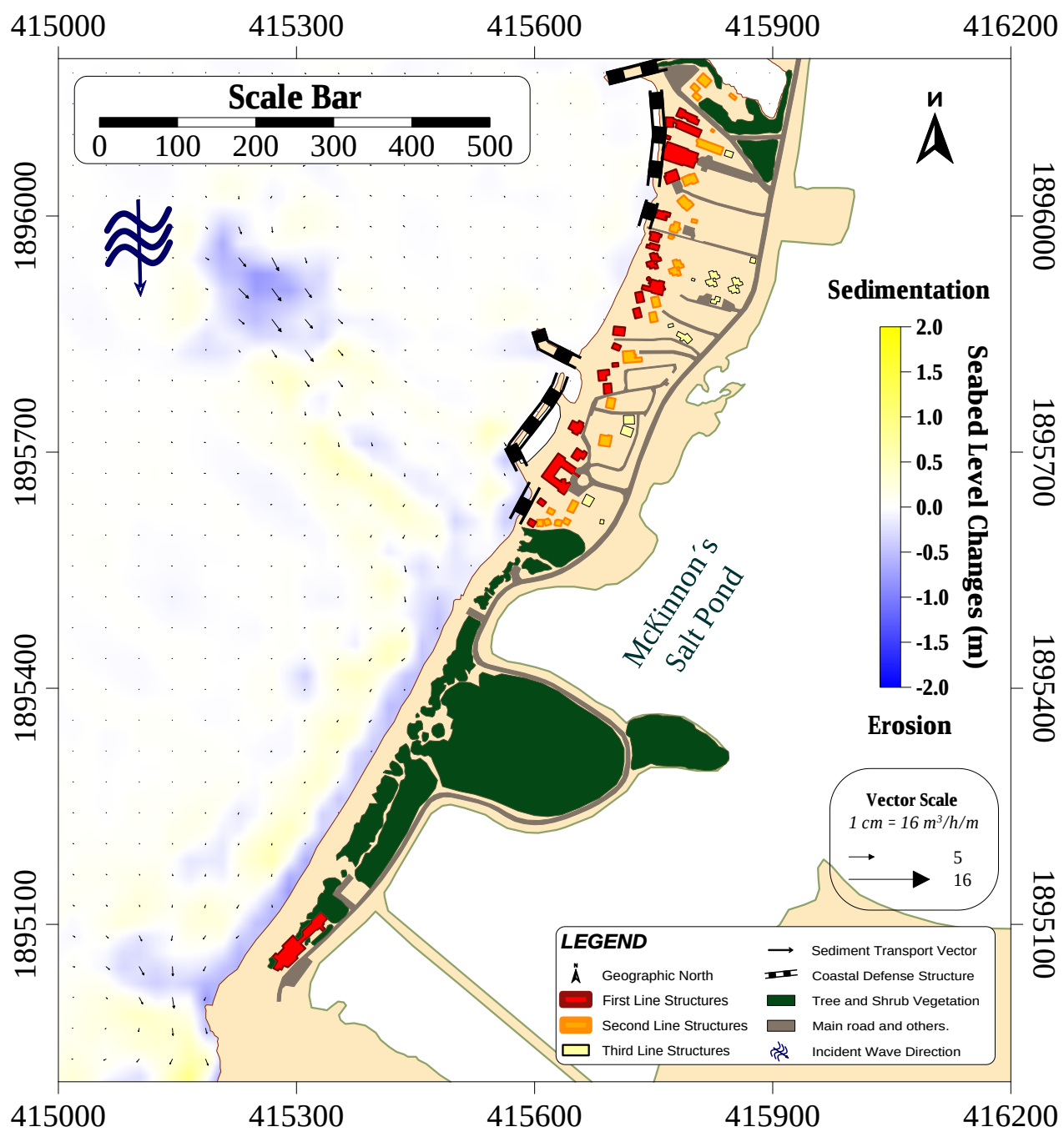
Event of the Year Course: NNE Hs = 4.48 m Pp = 8.78 s Software Developed by 			Simulation Characteristics		
OLUCA-SP Frecuencys Spectrum (TMA) Hs: 4.48 m h: 10 m fp: 0.11 Hz g: 3.3 Nº Comp.: 12 Directional Spectrum qm: -40° (N22.5E) s: 12° - Nº Comp.: 11			COPLA-SP Rugosity of Nikuradse Kswc: 1 m Swirl viscosity e: 10 m²/s		
			MOPLA-SP D₅₀: 0.25 mm Time: 12.0 h Formula: Soulsby		



Project: Runaway Bay Beach. Antigua.

Graphic: Seabed Changes Color Scale + Vectors of Sediment Transport

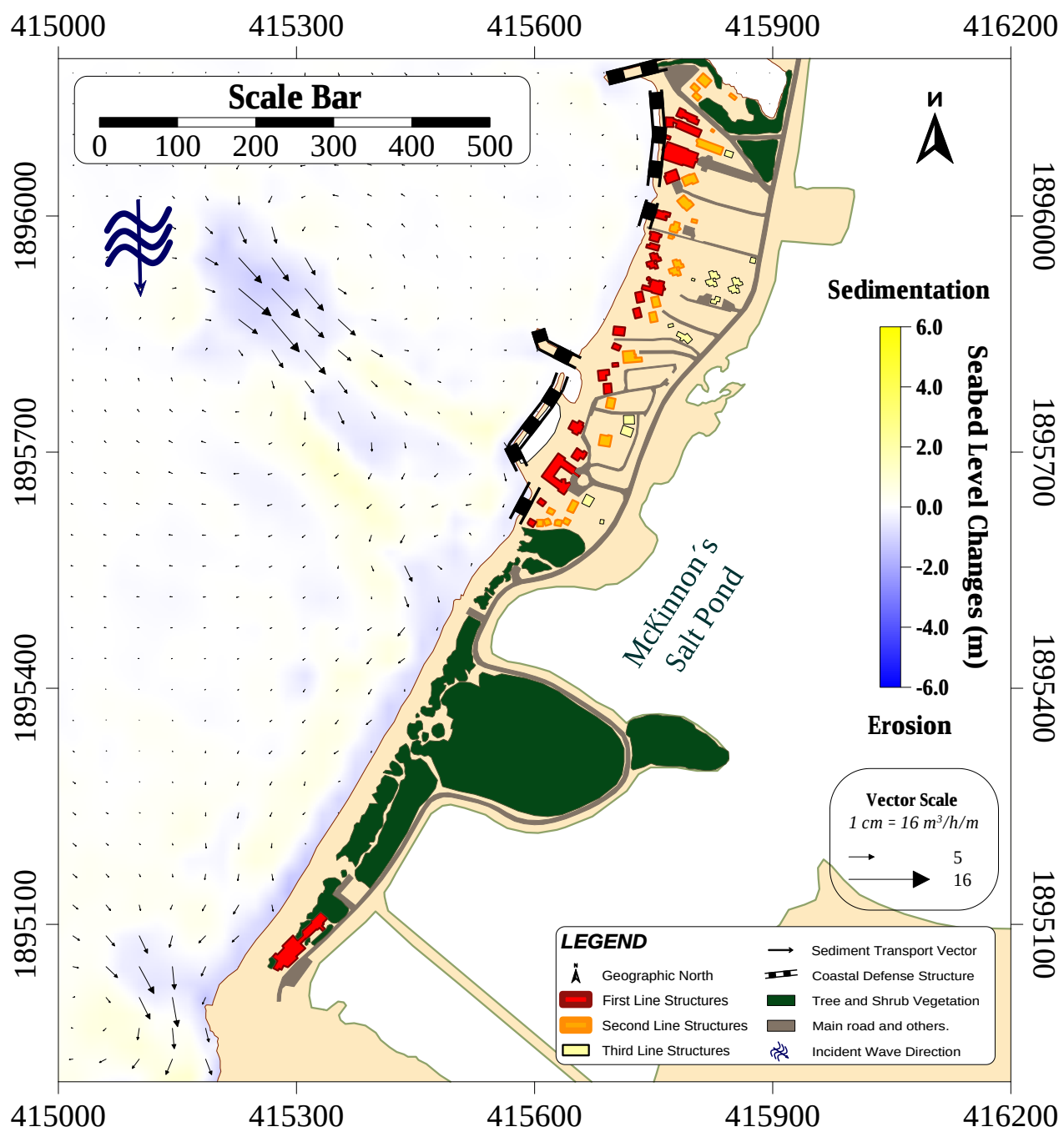
TC RP 10 Years Course: North Hs = 5.71 m Pp = 9.93 s Software Developed by 			Simulation Characteristics		
			OLUCA-SP	COPLA-SP	MOPLA-SP
			<i>Frecuencys Spectrum (TMA)</i>	<i>Rugosity of Nikuradse</i>	<i>D₅₀: 0.25 mm</i>
			<i>Hs: 5.71 m</i>	<i>K_{swc}: 1 m</i>	<i>Time: 12.0 h</i>
			<i>h: 10 m</i>	<i>Swirl viscosity</i>	<i>Formula: Soulsby</i>
			<i>fp: 0.11 Hz</i>	<i>e: 10 m²/s</i>	
			<i>g: 3.3</i>		
			<i>Nº Comp.: 12</i>		
			Directional Spectrum		
			<i>qm: -27.5° (N)</i>		
			<i>s: 12° - Nº Comp.: 11</i>		



Project: Runaway Bay Beach. Antigua.

Graphic: Seabed Changes Color Scale + Vectors of Sediment Transport

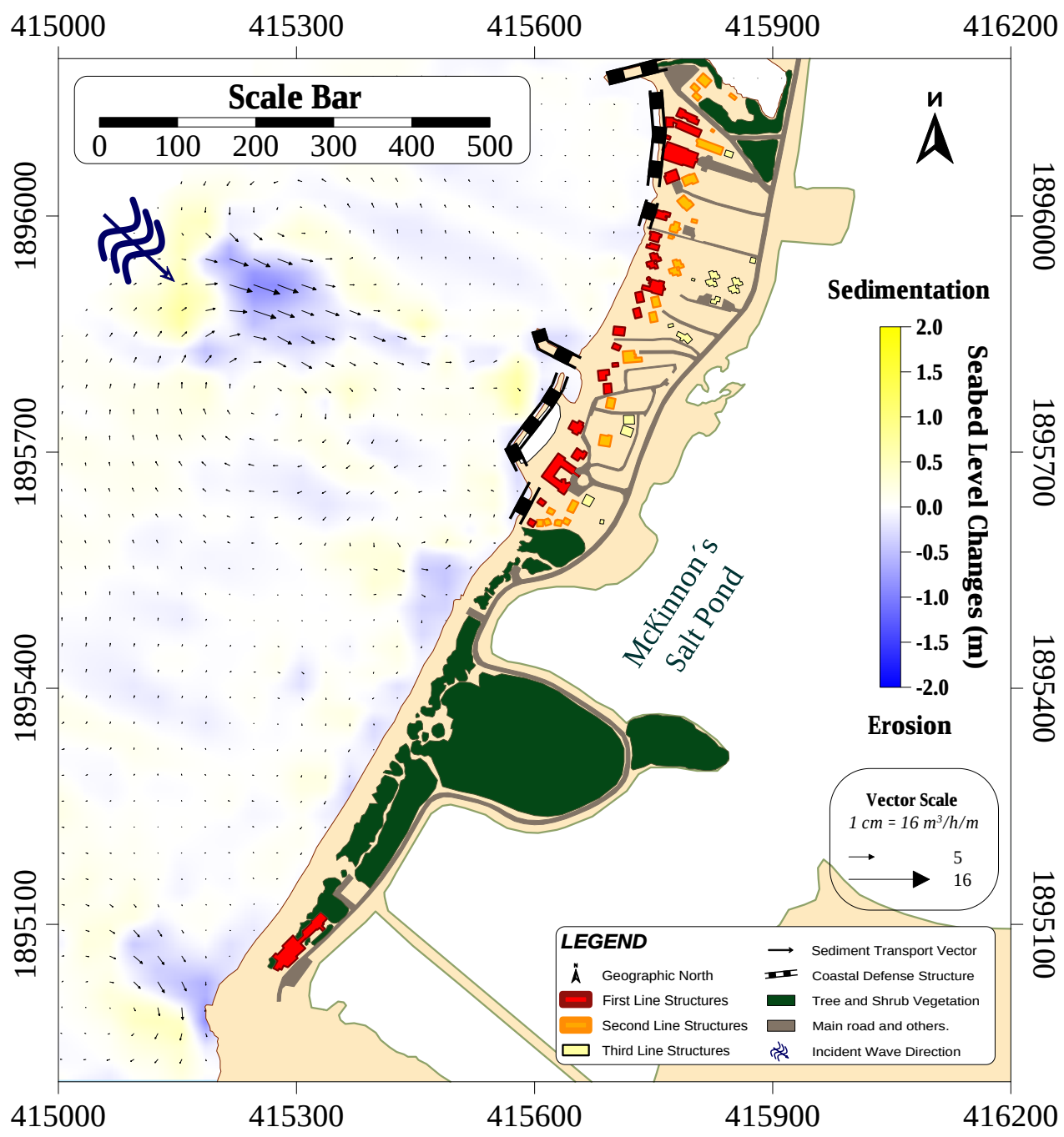
TC RP 100 Years Course: North Hs = 8.51 m Pp = 11.26 s Software Developed by 			Simulation Characteristics		
			OLUCA-SP Frecuencys Spectrum (TMA) Hs: 5.71 m h: 10 m fp: 0.11 Hz g: 3.3 Nº Comp.: 12 Espectro direccional qm: -27.5° (N) s: 12° - Nº Comp.: 11	COPLA-SP Rugosity of Nikuradse Kswc: 1 m Swirl viscosity e: 8 m²/s	MOPLA-SP D₅₀: 0.25 mm Time: 12.0 h Formula: Soulsby



Project: Runaway Bay Beach. Antigua.

Graphic: Seabed Changes Color Scale + Vectors of Sediment Transport

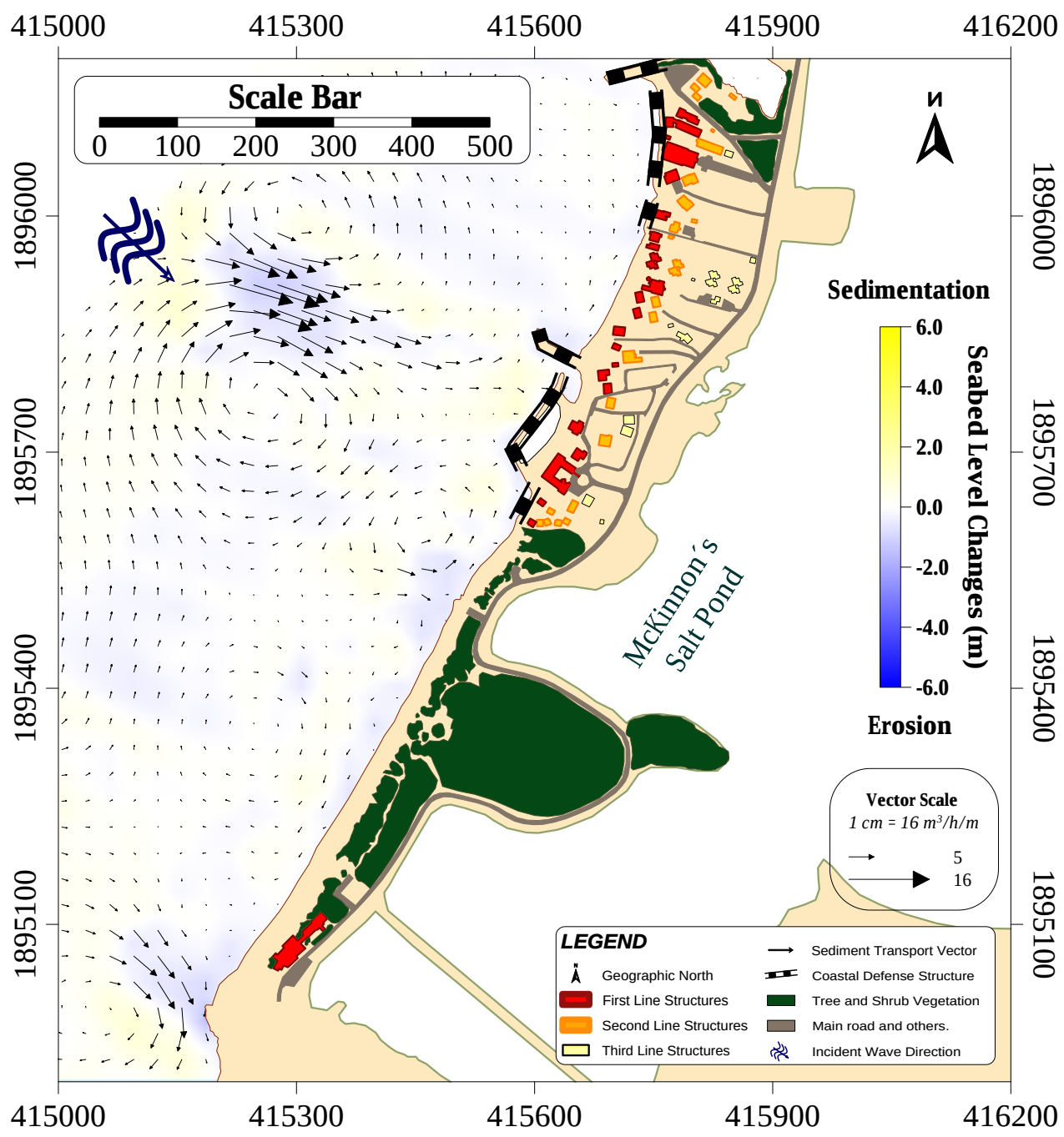
TC RP 10 Years Course: NW Hs = 5.71 m Pp = 9.93 s Software Developed by  			Simulation Characteristics		
			OLUCA-SP Frecuencys Spectrum (TMA) Hs: 5.71 m h: 10 m fp: 0.11 Hz g: 3.3 Nº Comp.: 12 Directional Spectrum qm: -12º (N45.0W) s: 12º - Nº Comp.: 11	COPLA-SP Rugosity of Nikuradse Kswc: 1 m Swirl viscosity e: 8 m²/s	MOPLA-SP D50: 0.25 mm Time: 12.0 h Formula: Soulsby



Project: Runaway Bay Beach. Antigua.

Graphic: Seabed Changes Color Scale + Vectors of Sediment Transport

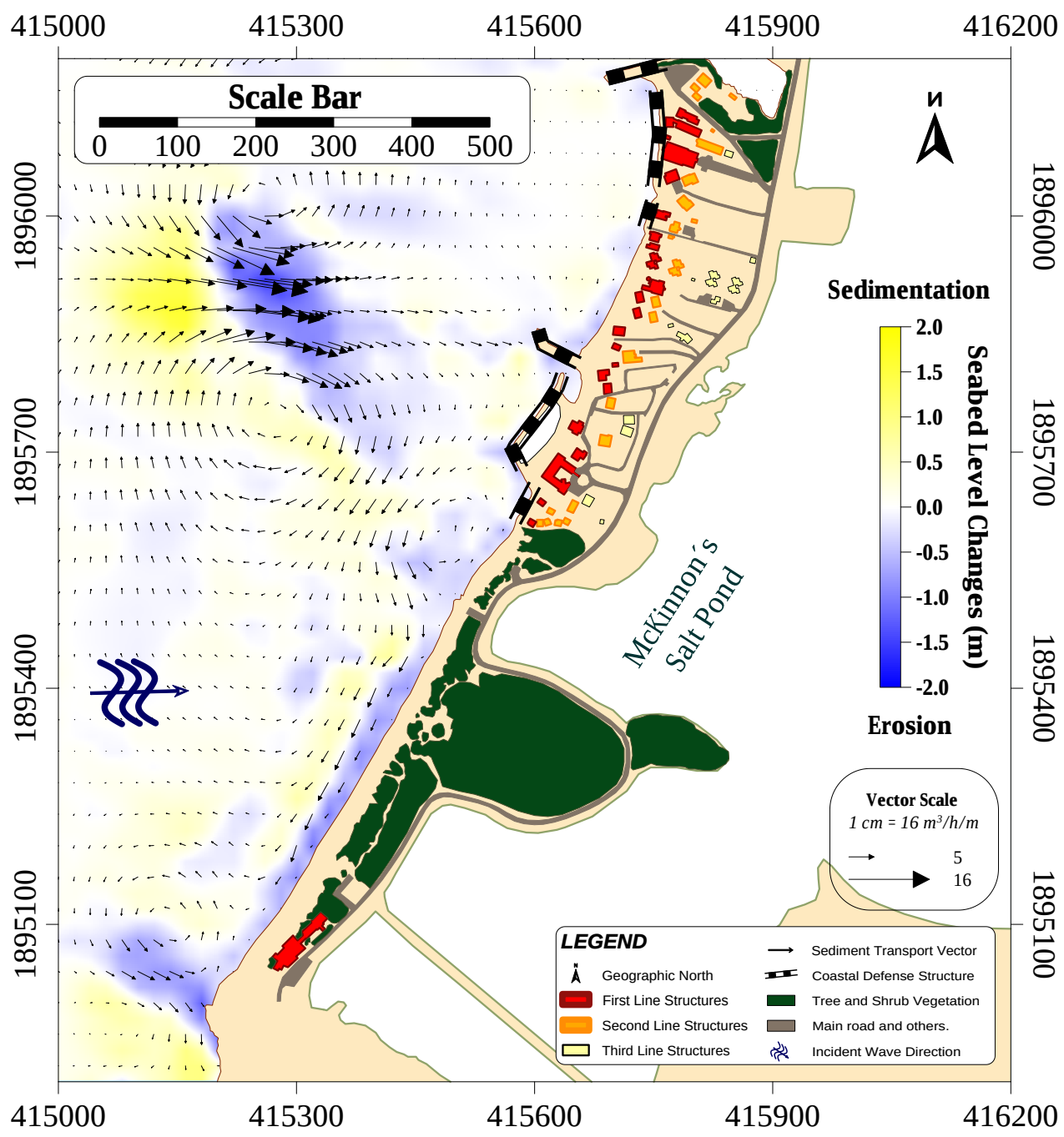
TC RP 100 Years Course: NW Hs = 8.51 m Pp = 11.26 s Software Developed by 			Simulation Characteristics		
			OLUCA-SP Frecuencys Spectrum (TMA) Hs: 8.51 m h: 10 m fp: 0.09 Hz g: 5.0 Nº Comp.: 10 Directional Spectrum qm: -10º (N45.0W) s: 10º - Nº Comp.: 9	COPLA-SP Rugosity of Nikuradse Kswc: 1 m Swirl viscosity e: 8 m²/s	MOPLA-SP D50: 0.25 mm Time: 12.0 h Formula: Soulsby



Project: Runaway Bay Beach. Antigua.

Graphic: Seabed Changes Color Scale + Vectors of Sediment Transport

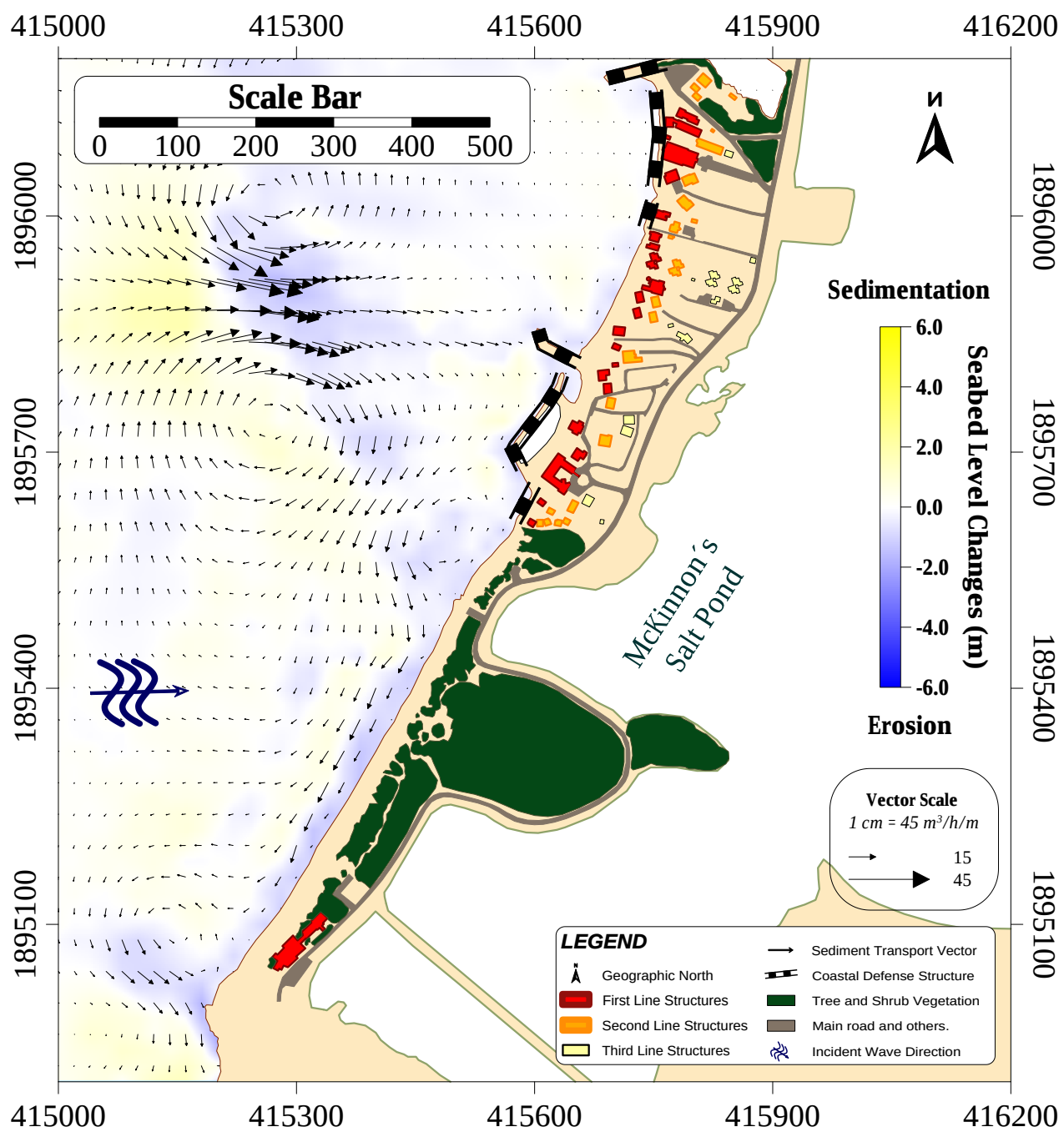
TC RP 10 Years Course: West Hs = 8.57 m Pp = 11.30 s Software Developed by 			Simulation Characteristics		
			OLUCA-SP Frecuencys Spectrum (TMA) Hs: 8.57 m h: 10 m fp: 0.09 Hz g: 3.3 Nº Comp.: 10 Directional Spectrum qm: 0º (W) s: 10º - Nº Comp.: 9	COPLA-SP Rugosity of Nikuradse Kswc: 1 m Swirl viscosity e: 8 m²/s	MOPLA-SP D50: 0.25 mm Time: 12.0 h Formula: Soulsby



Project: Runaway Bay Beach. Antigua.

Graphic: Seabed Changes Color Scale + Vectors of Sediment Transport

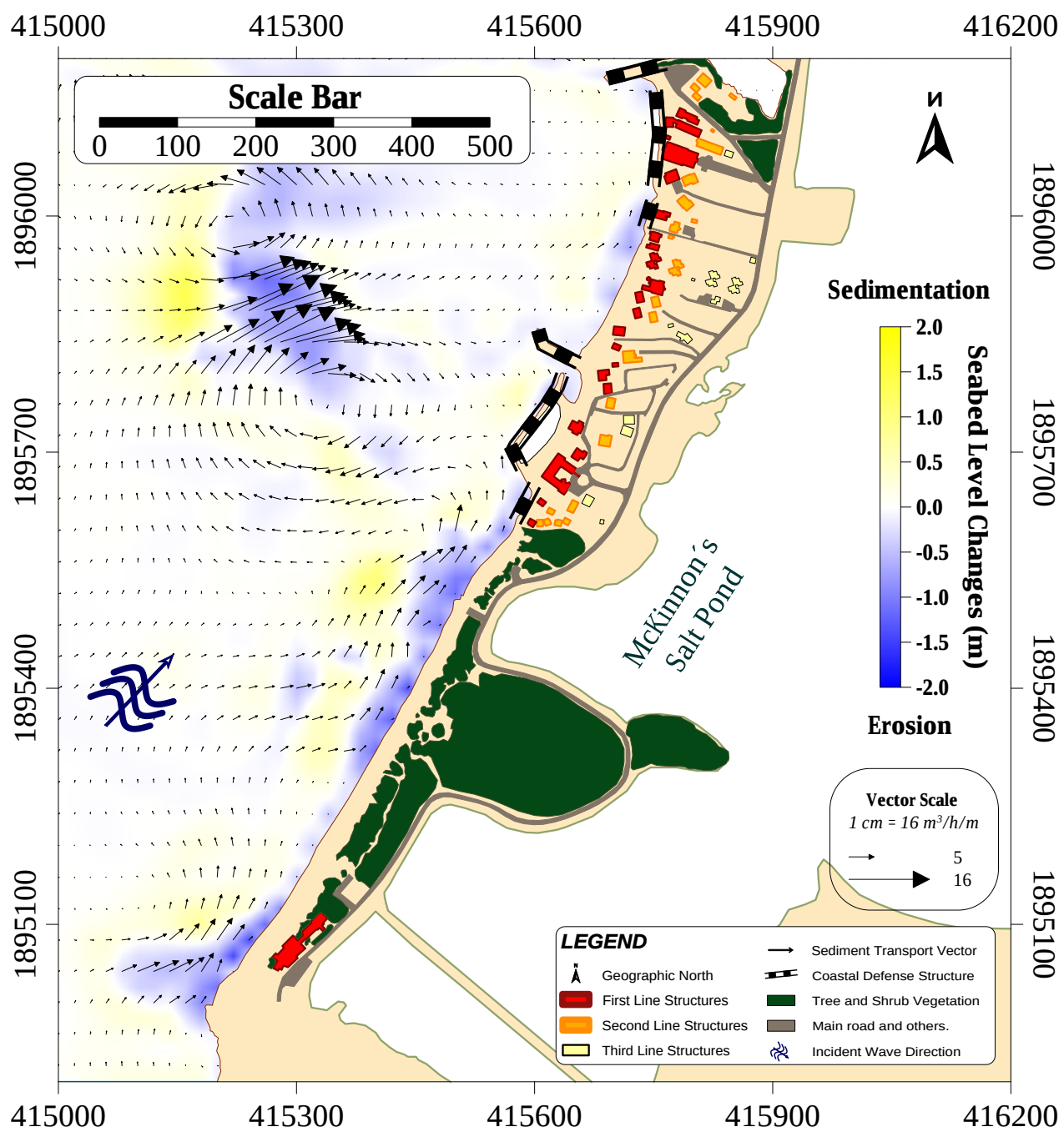
TC RP 100 Years Course: West Hs = 12.76 m Pp = 13.79 s Software Developed by  			Simulation Characteristics		
OLUCA-SP Frecuencys Spectrum (TMA) Hs: 12.76 m h: 10 m fp: 0.07 Hz g: 5.0 Nº Comp.: 8 Directional Spectrum qm: 0º (W) s: 8º - Nº Comp.: 7			COPLA-SP Rugosity of Nikuradse Kswc: 1 m Swirl viscosity e: 8 m²/s		
			MOPLA-SP D50: 0.25 mm Time: 12.0 h Formula: Soulsby		



Project: Runaway Bay Beach. Antigua.

Graphic: Seabed Changes Color Scale + Vectors of Sediment Transport

TC RP 10 Years Course: SW Hs = 8.57 m Pp = 11.30 s Software Developed by 			Simulation Characteristics		
			OLUCA-SP Frecuencys Spectrum (TMA) Hs: 8.57 m h: 10 m fp: 0.09 Hz g: 3.3 Nº Comp.: 10 Directional Spectrum qm: 45° (S45.0W) s: 10° - Nº Comp.: 9	COPLA-SP Rugosity of Nikuradse Kswc: 1 m Swirl viscosity e: 8 m²/s	MOPLA-SP D50: 0.25 mm Time: 12.0 h Formula: Soulsby



Project: Runaway Bay Beach. Antigua.

Graphic: Seabed Changes Color Scale + Vectors of Sediment Transport

TC RP 100 Years Course: SW Hs = 12.76 m Pp = 13.79 s Software Developed by  			Simulation Characteristics		
			OLUCA-SP Frecuencys Spectrum (TMA) Hs: 12.76 m h: 10 m fp: 0.07 Hz g: 5.0 Nº Comp.: 8 Directional Spectrum qm: 45° (S45.0W) s: 8° - Nº Comp.: 7	COPLA-SP Rugosity of Nikuradse Kswc: 1 m Swirl viscosity e: 8 m²/s	MOPLA-SP D₅₀: 0.25 mm Time: 12.0 h Formula: Soulsby

