

**INFORME FINAL CONTRATO INTERADMINISTRATIVO No. 23001300 H3 SUSCRITO
ENTRE LA AERONÁUTICA CIVIL y MINISTERIO DE DEFENSA NACIONAL
DIRECCION GENERAL MARÍTIMA -DIMAR**

COMPONENTE I

INFORME TÉCNICO DE CARACTERIZACIÓN OCEANOGRÁFICA.

COMPONENTE II

INFORMACIÓN HIDROGRÁFICA

COMPONENTE III

CARACTERIZACIÓN LITORAL



Ministerio de Defensa Nacional
Dirección General Marítima
Autoridad Marítima Colombiana



Dirección General Marítima
Autoridad Marítima Colombiana
— Centro de Investigaciones Oceanográficas—
e Hidrográficas del Caribe

“Consolidemos nuestro país marítimo”

Dirección ,
Conmutador (+57) 601 220 0490.
Línea Anticorrupción y Antisoborno 01 8000 911 670
Línea de Atención al Ciudadano 01 8000 115 966
Bogotá (+57) 601 328 6800
dimar@dimar.mil.co - www.dimar.mil.co

COMPONENTE I

**CARACTERIZACIÓN OCEANOGRÁFICA Y CLIMATOLÓGICA EN EL ÁREA
CORRESPONDIENTE AL SECTOR BAHÍA HONDA**

**REALIZAR LA CARACTERIZACIÓN OCEANOGRÁFICA, CLIMATOLÓGICA,
HIDROGRÁFICA Y LITORAL EN EL ÁREA CORRESPONDIENTE AL SECTOR DE BAHÍA
HONDA EN EL DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA.**

Contrato Interadministrativo No. 23001300 H3, suscrito entre **LA AERONAÚTICA CIVIL y
MINISTERIO DE DEFENSA NACIONAL – DIRECCION GENERAL MARÍTIMA -DIMAR**



Ministerio de Defensa Nacional
Dirección General Marítima
Autoridad Marítima Colombiana



Dirección General Marítima
Autoridad Marítima Colombiana
— Centro de Investigaciones Oceanográficas—
e Hidrográficas del Caribe

“Consolidemos nuestro país marítimo”

Dirección ,
Conmutador (+57) 601 220 0490.
Línea Anticorrupción y Antisoborno 01 8000 911 670
Línea de Atención al Ciudadano 01 8000 115 966
Bogotá (+57) 601 328 6800
dimar@dimar.mil.co - www.dimar.mil.co

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Bahía Honda.....	6
Figura 2. Línea de costa y puntos de información batimétrica disponible.....	10
Figura 3. Disposición de la información de marea sobre el dominio digital.....	13
Figura 4: Modelo topo batimétrico y malla de cómputo.	15
Figura 5: Esquema de propagación del punto de oleaje de Wave Watch III.....	16
Figura 6. Distribución espacial de los datos de viento ERA5. En el recuadro rojo se encuentra señalado el punto seleccionado para realizar la climatología.....	18
Figura 7. Puntos para validación (triángulos blancos).	19
Figura 8. Separación de componentes astronómicos y meteorológicos mediante T tide..	20
Figura 9. Comparación series de tiempo de marea modelada por MOHID y medida en Puerto Bolívar.	20
Figura 10. Serie de tiempo para la corriente de marea junto a su ubicación en el dominio de trabajo. Punto 1.	21
Figura 11. Serie de tiempo para la corriente de marea junto a su ubicación en el dominio de trabajo. Punto 2.	22
Figura 12. Serie de tiempo para la corriente de marea junto a su ubicación en el dominio de trabajo. Punto 3.	22
Figura 13. Máximos valores de corriente dentro del dominio del dominio de trabajo desde el 1 de diciembre de 2023 hasta el 31 de diciembre de 2024.	23
Figura 14. Marea punto 1.....	23
Figura 15. Marea punto 2.....	24
Figura 16. Marea punto 3.....	24
Figura 17. Serie temporal de la altura de ola significativa, período pico y dirección del oleaje para el Punto 1 (P1).....	27
Figura 18. Función de distribución acumulada (CDF) para la variable altura de ola significativa (Hs) y para la variable de Período Pico (Tp) para el Punto 1 (P1).....	27
Figura 19. Histogramas de la altura de ola significativa, período pico y dirección media del oleaje (PDF). Punto 1 (P1).	28
Figura 20: Rosa direccional de altura de ola significativa y período pico. Punto 1 (P1).....	29
Figura 21. Función CDF de la variable altura de ola significativa con mejor ajuste a función de ajuste de valores extremos. Punto 1 (P1).	30
Figura 22. Función PDF de la variable altura de ola significativa con mejor ajuste a función de ajuste de valores extremos. Punto 1 (P1).	31
Figura 23. Gráfica del período de retorno frente a la altura de ola significativa. Punto 1 (P1).	32
Figura 24. Dirección del viento en la zona de Bahía Honda a partir de 40 años de datos de Era5.	36
Figura 25. Media mensual multianual de la velocidad del viento desde 1980 a 2019.....	40
Figura 26. Serie de velocidad del viento de 40 años.....	38
Figura 27. Histograma de frecuencia de velocidad del viento.	40
Figura 28. Régimen medio de la velocidad del viento	40



Lista de Tablas

Tabla 1. Características dominio digital.	10
Tabla 2. Configuración modulo MODEL.....	11
Tabla 3. Constituyentes de marea extraídos de FES2014.	12
<i>Tabla 4: Estadísticos básicos de la serie de Wave Watch III.....</i>	<i>14</i>
<i>Tabla 5: Coordenadas del punto de oleaje utilizado para realizar la caracterización del oleaje y puntos de reconstrucción.....</i>	<i>16</i>
Tabla 6. Puntos para series de tiempo.....	21
Tabla 7: Estadísticos básicos del P1 de reconstrucción del oleaje.....	34
Tabla 8: Estadísticos básicos del P2 de reconstrucción del oleaje.....	35
Tabla 9. Estadísticos básicos del viento en un punto cercano a Bahía Honda.....	36



Dirección General Marítima
Autoridad Marítima Colombiana
— Centro de Investigaciones Oceanográficas—
e Hidrográficas del Caribe

“Consolidemos nuestro país marítimo”

Dirección ,
Conmutador (+57) 601 220 0490.
Línea Anticorrupción y Antisoborno 01 8000 911 670
Línea de Atención al Ciudadano 01 8000 115 966
Bogotá (+57) 601 328 6800
dimar@dimar.mil.co - www.dimar.mil.co

INTRODUCCIÓN

El Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe (CIOH), realizó una caracterización oceanográfica, climatológica, hidrográfica y litoral en la zona de Bahía Honda (La Guajira), de acuerdo con solicitud realizada por la Aeronáutica Civil.

El componente oceanográfico del servicio comprende la caracterización del oleaje, las corrientes por marea y la climatología del viento, lo cual fue desarrollado por la Sección de Oceanografía y Meteorología Operacional.

En este sentido, el presente documento contiene la descripción general de las actividades de mediciones realizadas, así como la presentación y análisis de los resultados, además de algunos aspectos meteorológicos y oceanográficos de la zona de estudio.

OBJETIVO GENERAL

Elaborar la caracterización oceanográfica, hidrográfica, sedimentológica del área correspondiente al sector de Bahía Honda, basada en la información recolectada por el Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar las corrientes de marea para el año 2024 en la zona de interés.
- Generar el clima marítimo del oleaje para la zona de interés y analizar las condiciones del viento en un punto cercano.



Dirección General Marítima
Autoridad Marítima Colombiana
— Centro de Investigaciones Oceanográficas —
e Hidrográficas del Caribe

“Consolidemos nuestro país marítimo”

Dirección ,
Conmutador (+57) 601 220 0490.
Línea Anticorrupción y Antisoborno 01 8000 911 670
Línea de Atención al Ciudadano 01 8000 115 966
Bogotá (+57) 601 328 6800
dimar@dimar.mil.co - www.dimar.mil.co

ÁREA DE ESTUDIO

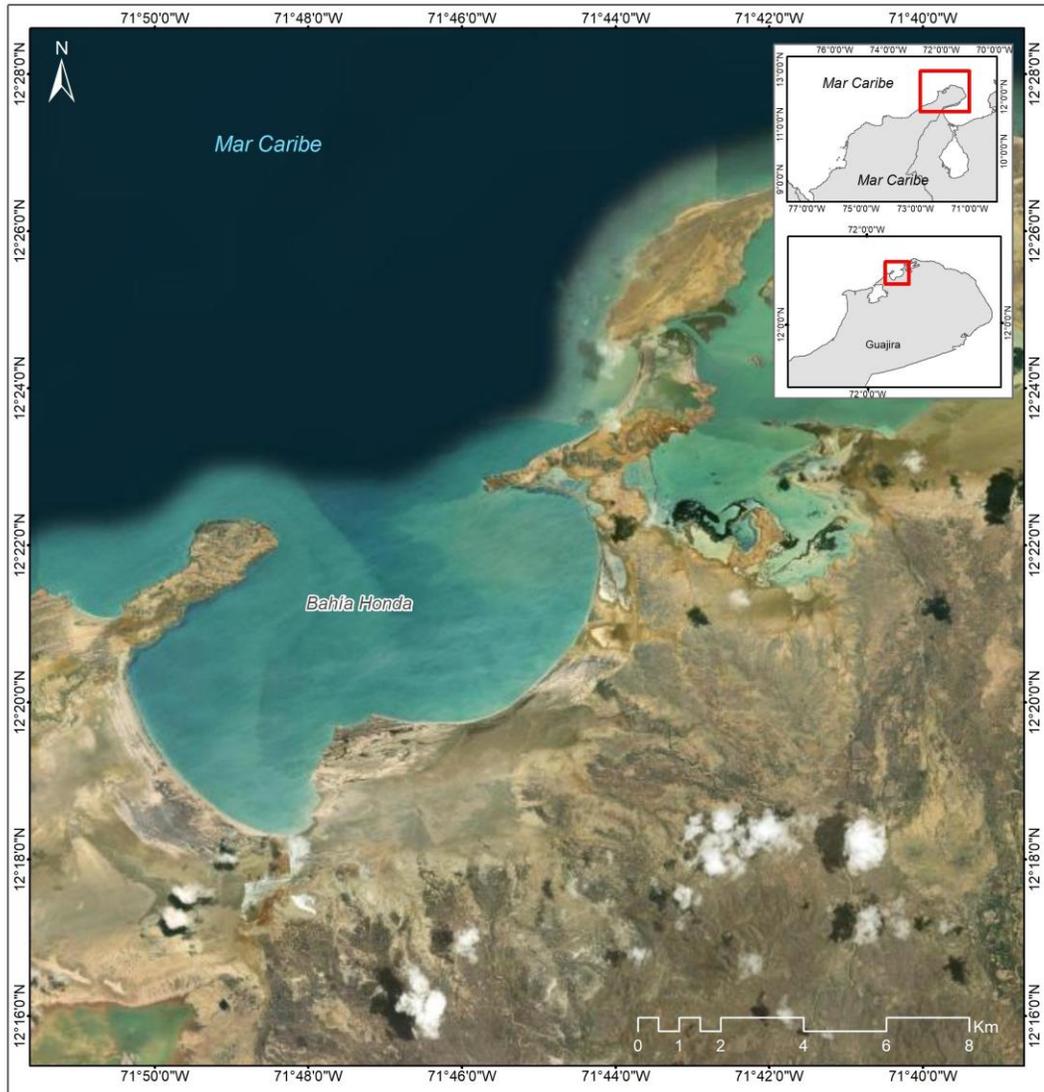


Figura 1. Bahía Honda

Bahía Honda se encuentra localizada al norte del Caribe colombiano, concretamente en la región denominada Alta Guajira (Figura 1). El clima en esta zona se caracteriza por ser árido, seco, de alta radiación solar y altas temperaturas, con un promedio anual de 29°C y con máximas de 39°C.



Dirección General Marítima
 Autoridad Marítima Colombiana
 – Centro de Investigaciones Oceanográficas –
 e Hidrográficas del Caribe

“Consolidemos nuestro país marítimo”

Dirección ,
 Conmutador (+57) 601 220 0490.
 Línea Anticorrupción y Antisoborno 01 8000 911 670
 Línea de Atención al Ciudadano 01 8000 115 966
 Bogotá (+57) 601 328 6800
 dimar@dimar.mil.co - www.dimar.mil.co

Por su parte, la presencia de los vientos alisios del noreste ocurre casi durante todo el año, siendo determinantes para la ocurrencia de las épocas climáticas de esta zona, presentándose una época lluviosa cuando los vientos disminuyen y una época seca cuando los vientos aumentan su intensidad. Cabe aclarar que en esta región las precipitaciones son escasas, con valores que no superan los 500 mm/año (IGAC, 1996), (Andrade, 2000).

En general, el comportamiento del clima en la región está modulado principalmente por la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), la cual es un cinturón de bajas presiones que controla los regímenes de precipitación y vientos. En la estación seca (diciembre a junio) o de viento, la ZCIT está en una posición más ecuatorial (0-5° S) y los alisios del norte dominan el área. Desde julio, la ZCIT se mueve a una posición latitudinal más septentrional, hasta 10-12° N, propiciando las precipitaciones (Aparicio, 2003).

Por otro lado, si bien para los meses de junio a noviembre es frecuente la presencia de huracanes en la región Caribe, su afectación sobre las costas colombianas no es significativa y La Guajira es impactada solo por los coletazos de éstos. Por el contrario, son más pronunciados sobre estas costas los efectos de los mares de leva, los cuales generan altos oleajes y vientos fuertes. (Andrade, 2000).

El oleaje característico es de leve a moderado durante casi todo el año. En época seca el oleaje presenta dirección perpendicular a la línea de costa (Noroeste), y en época húmeda tiene dirección Noroeste a Suroeste (Javelaud, 1987).

En cuanto a las corrientes superficiales resaltan las corrientes Caribe y la contracorriente Colombia: la primera viaja en sentido Este a Oeste, con velocidades entre 57 a 81 cm/s en época seca y de 40 a 60 cm/s para la época húmeda cuando los vientos alisios atenúan; y la segunda se genera cuando la corriente Caribe choca con la plataforma de Nicaragua, la cual le invierte la dirección, tomando el sentido Oeste-Este. En la época húmeda la contracorriente Colombia bordea la costa alcanzando a llegar hasta el Cabo de la Vela.

Surgencia

En general, una surgencia es el movimiento ascendente en la columna de agua de parcelas de agua de menor temperatura y ricas en nutrientes, que enriquecen la capa superficial y enfrían la región costera, incrementando la producción biológica. La surgencia en inmediaciones de la



península de La Guajira es de carácter estacional, con ocurrencia anual y delimitada a la cuenca sur del Caribe. Los eventos de surgencia, están caracterizados por temperaturas entre 25,1 y 26,3°C, con concentraciones de clorofila-a entre 0,21 y 1,4 mg/l y velocidades del viento entre 2 y 10 m/s. (Petùs, García-Valencia, Thomas, & Cessaraccio, 2007a).

Los eventos de surgencia en la región dependen directamente de la intensidad de los vientos alisios, los cuales como se mencionó anteriormente, se rigen por la ubicación de la ZCIT. En este sentido, de diciembre a marzo cuando la ZCIT se ubica en su posición más meridional (0 - 5°S), y los vientos alisios del norte dominan sobre la cuenca Caribe, ocurre la mayor intensidad de vientos en La Guajira (8 a 10 m/s), con dirección norte-sur; lo que trae como consecuencia el afloramiento de las aguas (surgencia) para este periodo. Adicionalmente, la extensión de la surgencia va desde la costa colombiana hasta el centro de la cuenca, lo que serían unos 400 km aproximadamente. De abril a mayo, cuando la intensidad de los vientos alisios disminuye, lo hace también surgencia, haciéndose poco perceptible. El resto del año hay presencia de ésta, aunque poco significativa en comparación con el periodo de diciembre a marzo. A pesar de que en meses como julio se reanudan los vientos alisios, exhiben una dirección más occidental, influyendo en sentido menos paralelo a la costa y en consecuencia hay menos afloramiento de las aguas respecto a principio de año (Mejía, 2022).

DATOS y MÉTODOS

Teniendo en cuenta que para Bahía Honda es muy poca la información medida en campo, se hace necesario la aplicación de modelación numérica para el desarrollo de los objetivos establecidos. De este modo, mediante el uso de modelos matemáticos ampliamente reconocidos y validados se simulan las condiciones oceanográficas de la zona y se generan datos de interés, tanto en espacio como en tiempo, a fin de caracterizar adecuadamente el área objetivo.

De igual forma, cuando hay carencia de información medida, adicional a la información generada por modelación, en algunos casos se hace necesario recurrir a bases de datos globales de diferentes orígenes (mediciones in situ, satelitales, modelados), que ofrecen información de variables océano-atmosféricas con alta precisión y que son utilizados en una gran variedad de aplicaciones.



Dirección General Marítima
Autoridad Marítima Colombiana
— Centro de Investigaciones Oceanográficas —
e Hidrográficas del Caribe

“Consolidemos nuestro país marítimo”

Dirección ,
Conmutador (+57) 601 220 0490.
Línea Anticorrupción y Antisoborno 01 8000 911 670
Línea de Atención al Ciudadano 01 8000 115 966
Bogotá (+57) 601 328 6800
dimar@dimar.mil.co - www.dimar.mil.co

De acuerdo a los objetivos establecidos para el componente oceanográfico, a continuación, se describen los datos, modelos y metodología utilizados para el desarrollo de cada uno.

Caracterización de las corrientes de marea para el año 2024

Con la finalidad de establecer la dinámica mareal en el área de estudio, se utilizó la modelación numérica para obtener las corrientes de marea durante el periodo 2023-2024. Además, se realizó una caracterización de su variabilidad para el año modelado.

Modelo implementado

Para desarrollar el trabajo se utilizó el modelo hidrodinámico MOHID, un sistema de modelación de agua 2D y 3D, de superficie libre tridimensional baroclínico, basado en las ecuaciones de Navier-Stokes y con las aproximaciones de Boussinesq e hidrostática. MOHID utiliza una malla de trabajo formulada con una aproximación de volúmenes finitos con coordenada vertical sigma o cartesiana u otras que permiten una buena simulación de los efectos topográficos. En la actualidad MOHID cuenta con diferentes 'motores' de trabajo como MOHID Wáter, MOHID Land y MOHID Urban, cada uno con una especialidad en particular. El motor de trabajo utilizado para el desarrollo de la actividad es MOHID Water, el cual, permite incorporar diferentes variables como por ejemplo viento, flujos de radiación, corrientes oceánicas, oleaje, información de mareas entre otros.

Como se especifica en el objetivo, el interés principal se centra en las corrientes de marea, por ello se utiliza una imposición de la marea en el límite abierto (fronteras del dominio de trabajo) utilizando el modelo integrado de mareas FES (solución de elementos finitos) y su versión FES2014.

Modelación.



Dominio digital.

Para la construcción del dominio digital (malla o batimetría de trabajo para el modelo) se utilizó la información de batimetría suministrada por el servicio Hidrográfico Nacional y datos de línea de costa de alta resolución generados a partir de imágenes satelitales (Figura 2).

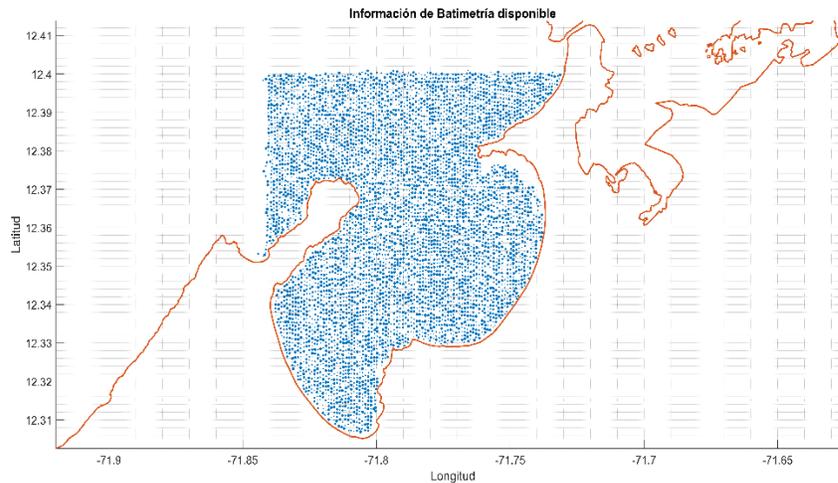


Figura 2. Línea de costa y puntos de información batimétrica disponible.

En la Tabla 1 se presentan los ítems de mayor interés en la construcción del dominio y en la Figura 2 se tiene una representación gráfica del dominio digital utilizado en la modelación.

Tabla 1. Características dominio digital.

Resolución	Malla de computo	Punto de origen
100 metros aproximadamente	105*122	71.8416°W; 12.304°N



Dirección General Marítima
 Autoridad Marítima Colombiana
 – Centro de Investigaciones Oceanográficas –
 e Hidrográficas del Caribe

“Consolidemos nuestro país marítimo”

Dirección ,
 Conmutador (+57) 601 220 0490.
 Línea Anticorrupción y Antisoborno 01 8000 911 670
 Línea de Atención al Ciudadano 01 8000 115 966
 Bogotá (+57) 601 328 6800
 dimar@dimar.mil.co - www.dimar.mil.co

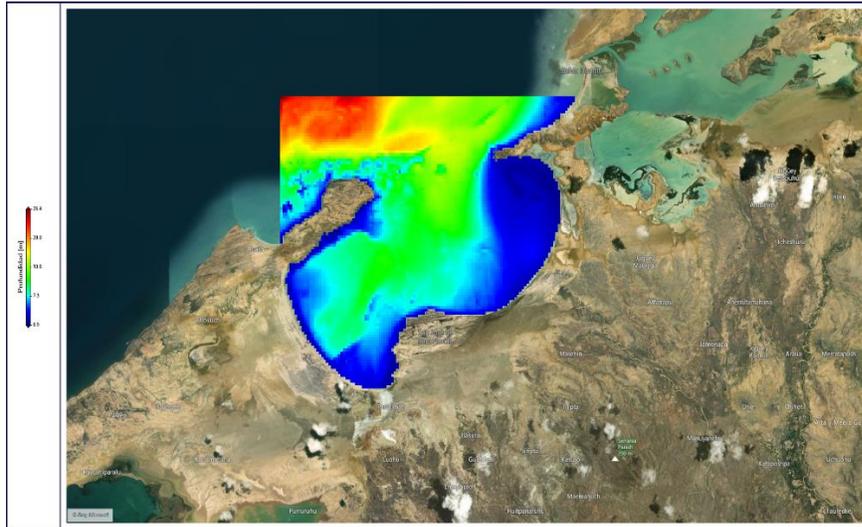


Figura 1. Dominio digital generado a partir de información batimétrica disponible.

Condiciones de frontera.

El objetivo era generar las corrientes de marea para el año 2024, con esta consideración se utilizaron los módulos MODEL, HYDRODYNAMIC y TIDE para el funcionamiento del modelo MOHID; las principales llaves del módulo MODEL e HYDRODYNAMIC se presentan en la Tabla 2, como variables de interés se tiene el periodo de tiempo modelado, el paso de tiempo en el modelo, el número de núcleos del procesador utilizados, imponer el cálculo de las ecuaciones con “Solve_Equations” (MOHID ofrece un modo de ejecución con soluciones impuestas), vincular la información mareal (TIDE) y establecer la frecuencia temporal de escritura en el archivo de salida.

Tabla 2. Configuración modulo MODEL.

Variables de ejecución (Model_1.dat)	Valores
START	2023 12 01 0 0 0
END	2024 12 31 0 0 0
VARIABLEDT	0
DT	10 y 60 segundos



Dirección General Marítima
Autoridad Marítima Colombiana
— Centro de Investigaciones Oceanográficas —
e Hidrográficas del Caribe

“Consolidemos nuestro país marítimo”

Dirección ,
Conmutador (+57) 601 220 0490.
Línea Anticorrupción y Antisoborno 01 8000 911 670
Línea de Atención al Ciudadano 01 8000 115 966
Bogotá (+57) 601 328 6800
dimar@dimar.mil.co - www.dimar.mil.co

MAXDT	120 segundos
GMTREFERENCE	0
OPENMP_NUM_THREADS	4
DT_PREDICTION_INTERVAL	60
LAGRANGIAN	0
WAVES	0
BACKTRACKING	0
STOP_ON_BATHYMETRY_CHANGE	0
WRITTEN_BY_PROPERTY_GRID	1
Variables de ejecución (Hydrodynamic_1.dat)	Valores
EVOLUTION	Solve_Equations
TIDE	1
OUTPUT_TIME	3600 segundos

Para el módulo TIDE se utilizó la información de marea de FES2014 (FES2014.hdf5, archivo reconocido por MOHID), la última versión del modelo FES; los constituyentes de marea utilizados se presentan en la Tabla 3. El modelo posiciona la información de marea en el límite abierto tal y como se presenta en la Figura 3, una vez iniciada la ejecución de la simulación la información se propaga al interior del dominio.

Tabla 3. Constituyentes de marea extraídos de FES2014.

Constituyentes de marea utilizados															
SA	SSA	MU2	NU2	MSF	2N2	J1	K1	K2	L2	M2	M3	M4	M6	M8	MF
MKS2	MM	MN4	MS4	N2	O1	P1	Q1	R2	S1	S2	S4	T2	EPS2	LDA2	



Tabla 4: Estadísticos básicos de la serie de Wave Watch III.

TABLA ESTADISTICOS BASICOS

Variable medida:Hs

direcciones(°)	prob.direccion	Hs _{50%}	Hs _{90%}	Hs _{99%}	Hs ₁₂
N	0.0017	0.9900	1.4650	2.3480	4.4700
NNE	0.0258	1.2100	1.9000	2.9827	3.5324
NE	0.1661	1.4800	2.0600	2.5900	3.1200
ENE	0.7945	1.5100	2.0400	2.4200	2.6800
E	0.0001	0.4400	0.5210	0.5300	0.5300
ESE	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
SE	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
SSE	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
S	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
SSW	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
SW	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
WSW	0.0000	0.7150	0.8500	0.8500	0.8500
W	0.0037	0.8900	1.4110	3.6102	4.5463
WNW	0.0029	1.0400	1.7200	2.5145	2.8300
NW	0.0035	0.9800	1.5800	2.5044	4.1856
NNW	0.0018	1.0200	1.3900	2.9051	4.1500

Para la reconstrucción del oleaje en un punto cercano a la costa de Bahía Honda, primero se crea un modelo Topo batimétrico y la malla de cómputo empleando el modelo DELFT-3D, mediante el módulo RGFGRID. Posteriormente se realiza una reconstrucción de todos los climas marítimos contenidos en la serie principal en un lugar cercano al área de interés, empleando el modelo numérico SWAN Cycle III version 41.45A (Figura 4).



Dirección General Marítima
Autoridad Marítima Colombiana
— Centro de Investigaciones Oceanográficas —
e Hidrográficas del Caribe

“Consolidemos nuestro país marítimo”

Dirección ,
Conmutador (+57) 601 220 0490.
Línea Anticorrupción y Antisoborno 01 8000 911 670
Línea de Atención al Ciudadano 01 8000 115 966
Bogotá (+57) 601 328 6800
dimar@dimar.mil.co - www.dimar.mil.co

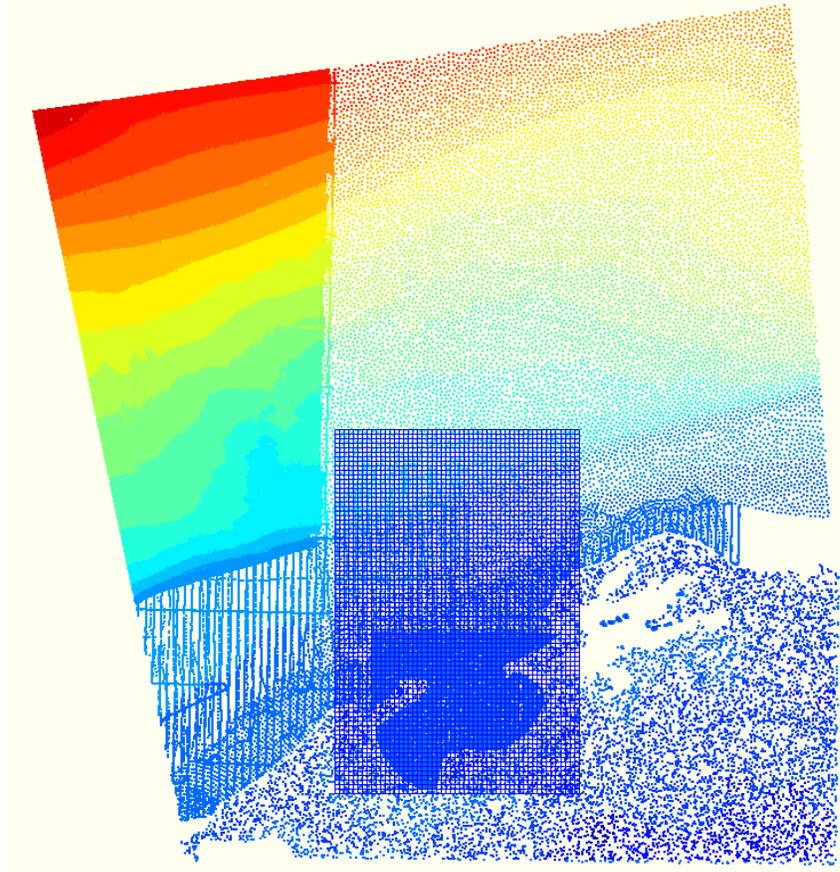


Figura 4: Modelo topo batimétrico y malla de cómputo.

Una vez reconstruida la serie de oleaje en el punto deseado (*Figura 5*), se realiza el análisis climatológico para la zona de estudio mediante un análisis a nivel cuantitativo, descriptivo y estadístico. Este se analiza con el fin de conocer el régimen medio y extremo de dicho oleaje teniendo en cuenta especialmente su direccionalidad asociada y frecuencia relativa.

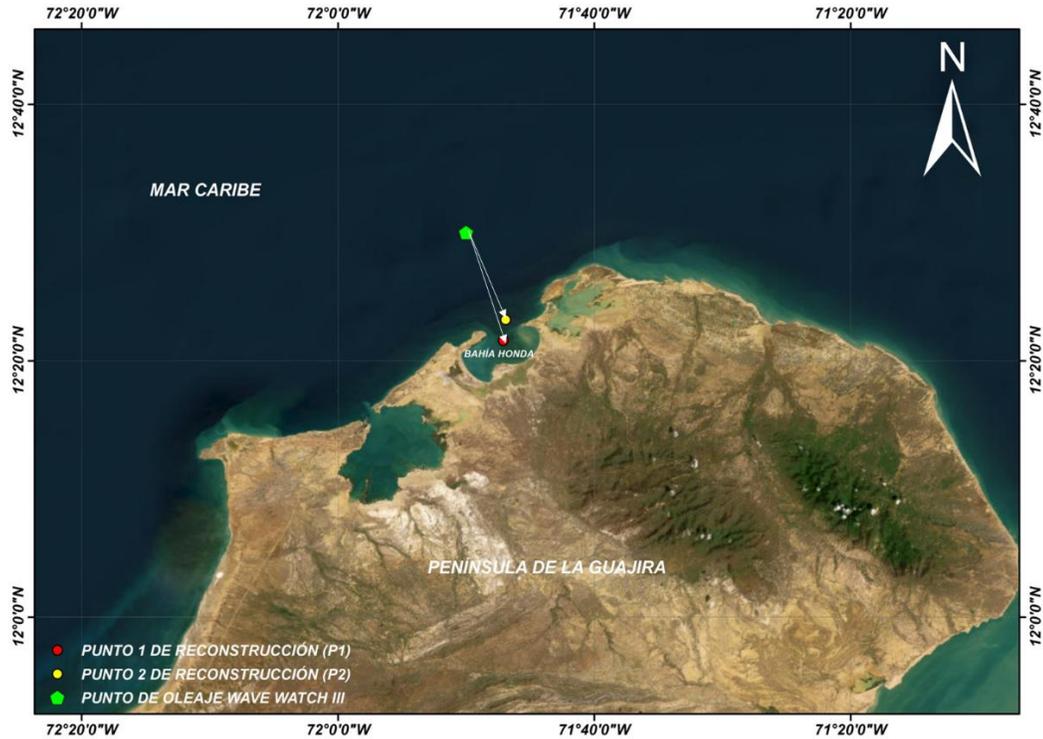


Figura 5. Esquema de propagación del punto de oleaje de Wave Watch III.

Tabla 5. Coordenadas del punto de oleaje utilizado para realizar la caracterización del oleaje y puntos de reconstrucción.

PUNTOS	LATITUD (°)	LONGITUD (°)
PUNTO OLEAJE WAVE WATCH III	12.5000	-71.8333
PUNTO RECONSTRUCCIÓN 1 (P1)	12.3595	-71.7847
PUNTO RECONSTRUCCIÓN 2 (P2)	12.3864	-71.7819

Se utilizaron una serie de gráficos estadísticos y probabilísticos en los cuales se presentan las características generales de las tres variables principales que constituyen el oleaje: altura de ola significativa (H_s), período pico (T_p) y dirección media del oleaje (θ).



Condiciones de viento

Datos

El análisis climatológico del viento se realizó con los datos de ERA 5, la reanálisis de quinta generación de El Centro Europeo de Previsiones Meteorológicas a Plazo Medio (CEPMPM) para el clima global, el cual tiene disponibilidad de datos desde el año 1940, a una resolución espacial de 0.25 grados. Combina datos modelados y observaciones a lo largo del planeta en una base de datos global completa y consistente, utilizando las leyes de la física; proceso llamado asimilación de datos. Incluye modelos atmosféricos, de tierra-superficie y de oleaje.

La familia de datos ERA5 tiene 3 grandes conjuntos de reanálisis, con una resolución temporal de hasta 1 hora:

- ERA5: Cubre el periodo de 1950 a la fecha, estando divididos en 2 periodos: 1950 a 1978 (ERA5 Preliminary) y 1979 a la fecha.
- ERA5-Land: Set especial, únicamente disponible para superficies continentales.
- ERA5.1: Reprocesado de ERA5, con mejoras en la estratósfera baja, que cubre sólo el periodo 2000 a 2006.

Para este estudio se obtuvo la serie horaria para las componentes U y V del viento a 10 metros, con una extensión temporal de 40 años (de 1980 a 2019). Estos datos se encuentran disponibles en el portal de almacenamiento de datos climáticos de Copernicus: <https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/dataset/reanalysis-era5-single-levels?tab=form>.

Metodología análisis viento

Inicialmente se descargaron los datos con la cobertura de la Figura 6, de donde se extrajo el punto mas cercano a la zona de estudio para realizar el análisis climático ($-71.75 W^{\circ}$; $12.5N^{\circ}$).



Posteriormente la serie fue sometida a análisis estadísticos propios de las climatologías como: Dirección, velocidad, variación mensual y anual, y régimen medio.

Todos los procedimientos anteriores fueron realizados con la ayuda de algunas herramientas informáticas como el software Matlab y ArcGis.

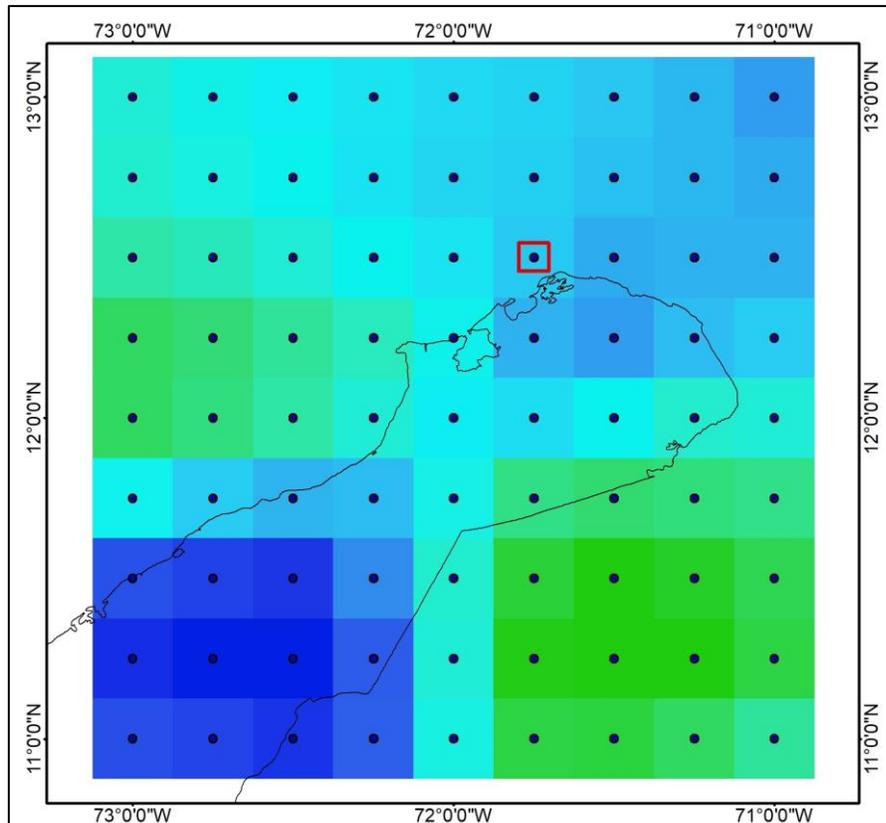


Figura 6. Distribución espacial de los datos de viento ERA5. En el recuadro rojo se encuentra señalado el punto seleccionado para realizar la climatología.

RESULTADOS

Caracterización de las corrientes de marea para el año 2024



Dirección General Marítima
 Autoridad Marítima Colombiana
 – Centro de Investigaciones Oceanográficas –
 e Hidrográficas del Caribe

“Consolidemos nuestro país marítimo”

Dirección ,
 Conmutador (+57) 601 220 0490.
 Línea Anticorrupción y Antisoborno 01 8000 911 670
 Línea de Atención al Ciudadano 01 8000 115 966
 Bogotá (+57) 601 328 6800
 dimar@dimar.mil.co - www.dimar.mil.co

Simulación 1, validación.

Antes de ejecutar una simulación para el año 2024, se realizó una modelación para validar si la configuración elegida en el modelo era apropiada. Para esta tarea se generaron los cambios periódicos en el nivel del mar (marea) para el periodo de tiempo comprendido entre el 1 de enero de 2023 y el 1 de marzo de 2023 considerando la información de los ítems 1 y 2. Para validar estos resultados se utilizaron datos de la estación mareográfica ubicada en Puerto Bolívar en las coordenadas 12.2558°S; 71.9719°W, dado que no fue posible realizar mediciones in situ en el área de estudio. En la Figura 7 se presenta la ubicación de los puntos de trabajo.

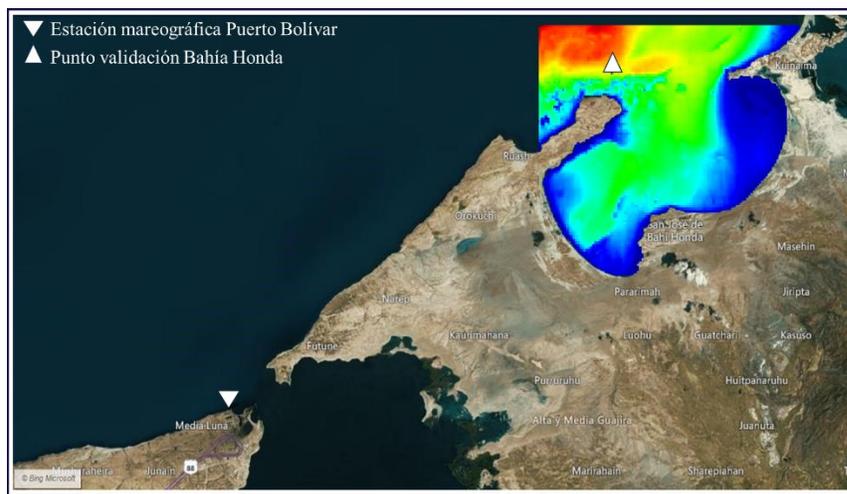


Figura 7. Puntos para validación (triángulos blancos).

La información recopilada por la estación mareográfica entrega datos del nivel del mar, abarcando tanto el aporte astronómico como el meteorológico; con el propósito de comparar la información in situ con los datos modelados se hace una separación de estas dos componentes; ya que en el modelo solo se considera el aporte astronómico y se excluye la contribución meteorológica. Para realizar esta separación se aplicó un análisis armónico de marea astronómica mediante la Toolbox T_tide; los resultados obtenidos se presentan en la Figura 8, donde la línea azul corresponde a los datos de marea utilizables en el proceso de validación, la línea naranja indica el componente meteorológico en la información medida por la estación (también denominado residuo meteorológico).

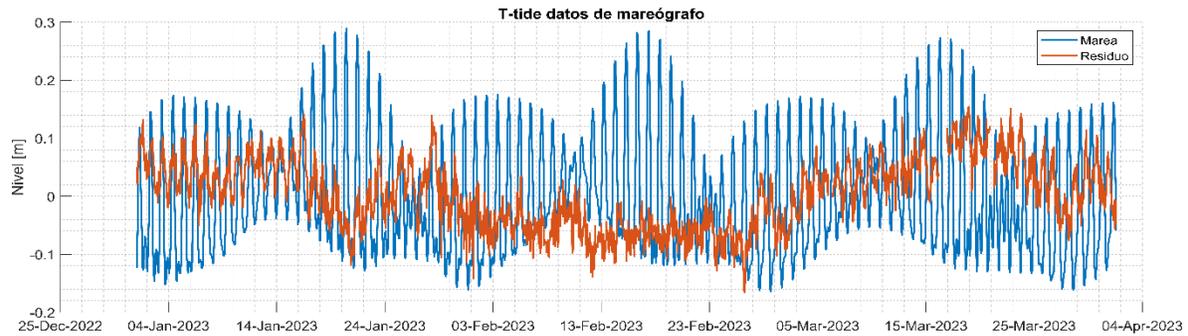


Figura 8. Separación de componentes astronómicos y meteorológicos mediante T tide.

Una vez separada la información de marea, se analizó la ventana de tiempo de los datos, para extraer los instantes de tiempo equivalentes en ambas series y poder aplicar métricas estadísticas comparativas; el resultado de la validación se presenta en la Figura 9, donde la línea azul corresponde a la información obtenida con el modelo MOHID, la línea naranja representa la serie de tiempo filtrada de la estación mareográfica. El error cuadrático medio indica una variación en los datos de aproximadamente 0.0364 m (3.64 cm) con una correlación de hasta el 93.64% en los mismos. A pesar de la separación entre los puntos utilizados para la validación, las métricas indican que la configuración utilizada en el modelo puede representar apropiadamente las variables de interés en la zona de estudio.

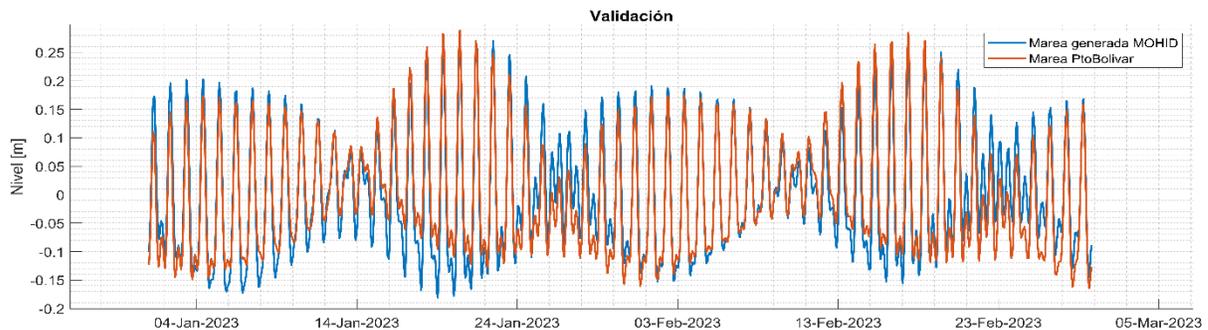


Figura 9. Comparación series de tiempo de marea modelada por MOHID y medida en Puerto Bolívar.

Simulación 2, resultados pronostico 2024.

Una vez finalizada la etapa de validación se realizó la simulación de pronóstico para el año 2024 (se toma en cuenta el mes de diciembre de 2023), considerando lo expuesto anteriormente; se opta por definir el paso de tiempo en 10 segundos, para cumplir apropiadamente con la condición



Dirección General Marítima
Autoridad Marítima Colombiana
— Centro de Investigaciones Oceanográficas —
e Hidrográficas del Caribe

“Consolidemos nuestro país marítimo”

Dirección ,
Conmutador (+57) 601 220 0490.
Línea Anticorrupción y Antisoborno 01 8000 911 670
Línea de Atención al Ciudadano 01 8000 115 966
Bogotá (+57) 601 328 6800
dimar@dimar.mil.co - www.dimar.mil.co

de convergencia de Courant-Friedrichs Lewy (CFL), que puede ser comúnmente conocido como el número de Courant el cual se recomienda sea menor a 4 (se pueden tener números de Courant de mayor valor siempre y cuando se tenga un monitoreo sobre la simulación). Finalmente se tienen 2 resultados: las corrientes de marea y la marea. Para la corriente se presentan las series de tiempo en tres puntos diferentes dentro del dominio de trabajo (Tabla 6), estos resultados se pueden observar en las Figura 10, 9 y 10.

Tabla 6. Puntos para series de tiempo.

Puntos	Ubicación geográfica
Punto 1	71.8112°W; 12.3803°N
Punto 2	71.7846°W; 12.3629°N
Punto 3	71.7770°W; 12.3913°N

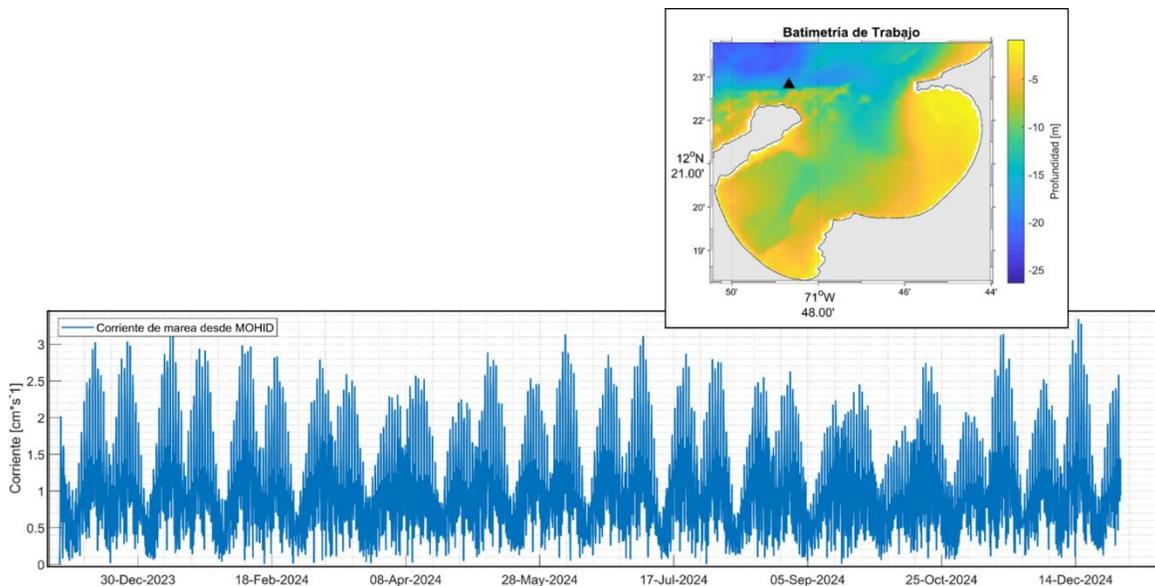


Figura 10. Serie de tiempo para la corriente de marea junto a su ubicación en el dominio de trabajo. Punto 1.



Dirección General Marítima
Autoridad Marítima Colombiana
— Centro de Investigaciones Oceanográficas —
e Hidrográficas del Caribe

“Consolidemos nuestro país marítimo”

Dirección ,
Conmutador (+57) 601 220 0490.
Línea Anticorrupción y Antisoborno 01 8000 911 670
Línea de Atención al Ciudadano 01 8000 115 966
Bogotá (+57) 601 328 6800
dimar@dimar.mil.co - www.dimar.mil.co

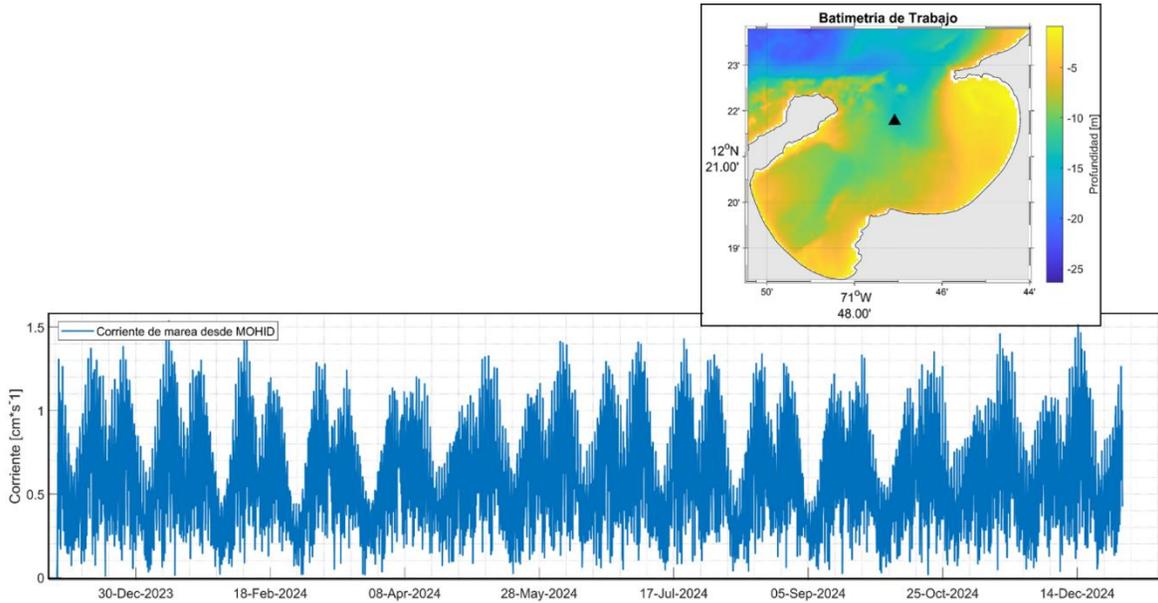


Figura 11. Serie de tiempo para la corriente de marea junto a su ubicación en el dominio de trabajo. Punto 2.

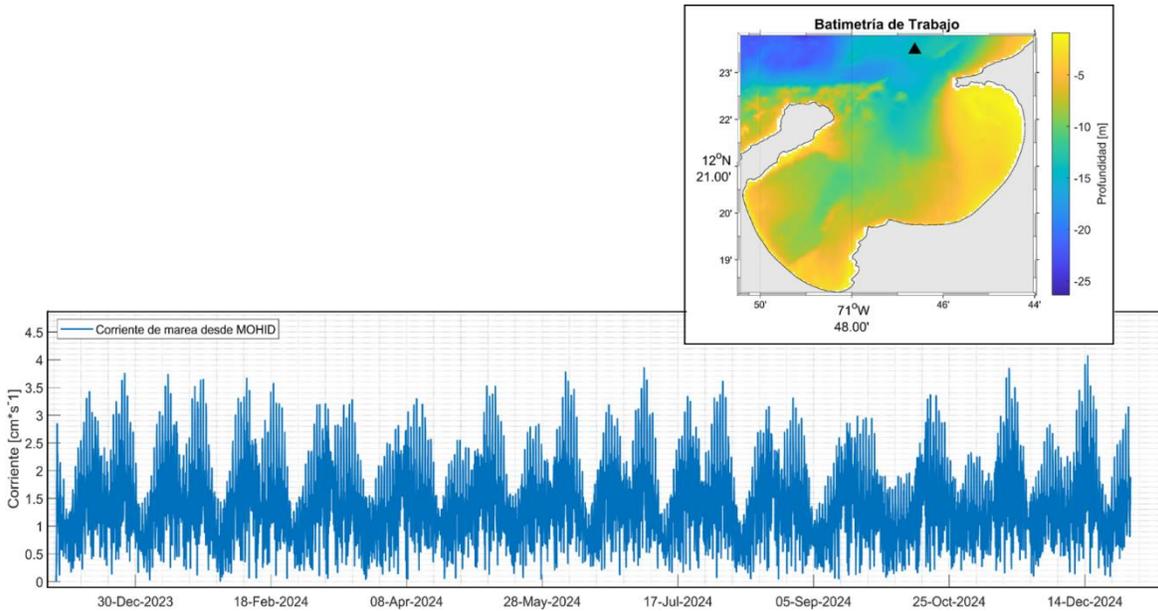


Figura 12. Serie de tiempo para la corriente de marea junto a su ubicación en el dominio de trabajo. Punto 3.

Como se puede observar en las series temporales de los puntos 1, 2 y 3 los valores de corriente son considerablemente bajos; en ninguno de los casos se superan los 5 cm/s, lo cual, indicaría una baja incidencia de esta variable dentro de las condiciones de la zona. Para corroborar esta



Dirección General Marítima
Autoridad Marítima Colombiana
— Centro de Investigaciones Oceanográficas —
e Hidrográficas del Caribe

“Consolidemos nuestro país marítimo”

Dirección ,
Conmutador (+57) 601 220 0490.
Línea Anticorrupción y Antisoborno 01 8000 911 670
Línea de Atención al Ciudadano 01 8000 115 966
Bogotá (+57) 601 328 6800
dimar@dimar.mil.co - www.dimar.mil.co

consideración, se seleccionó el valor de corriente máximo en el área de estudio a lo largo del periodo de tiempo modelado; la serie temporal resultante se presenta en la Figura 13 y muestra claramente que la velocidad máxima que se puede percibir no será superior a los 8.2290 cm/s. Para finalizar se presenta el comportamiento mareal para los puntos 1, 2 y 3 en las Figura 14, 13 y 14.

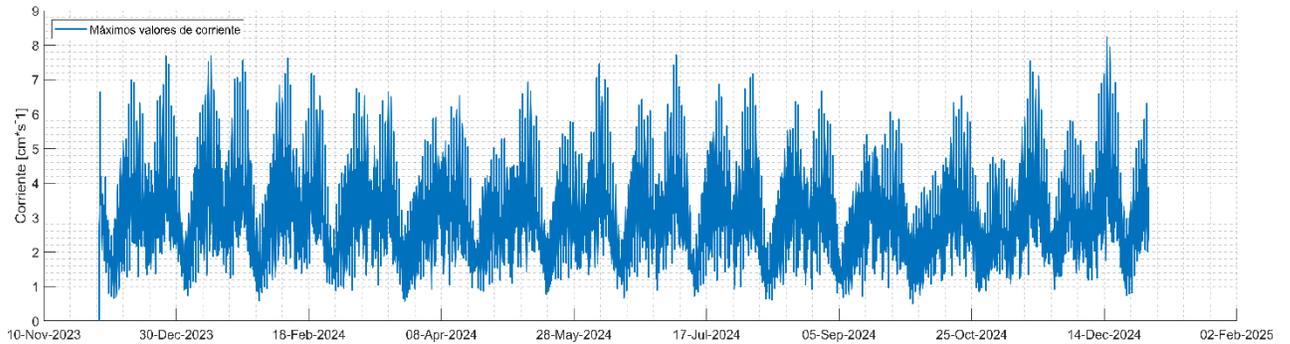


Figura 13. Máximos valores de corriente dentro del dominio del dominio de trabajo desde el 1 de diciembre de 2023 hasta el 31 de diciembre de 2024.

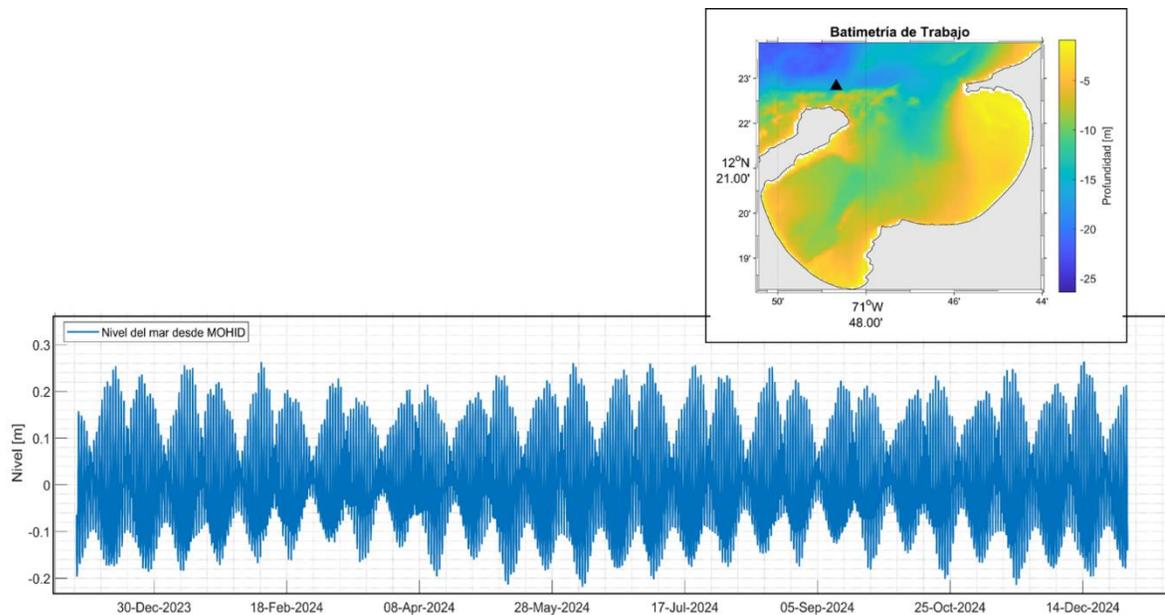


Figura 14. Marea punto 1.



Dirección General Marítima
Autoridad Marítima Colombiana
— Centro de Investigaciones Oceanográficas —
e Hidrográficas del Caribe

“Consolidemos nuestro país marítimo”

Dirección ,
Comutador (+57) 601 220 0490.
Línea Anticorrupción y Antisoborno 01 8000 911 670
Línea de Atención al Ciudadano 01 8000 115 966
Bogotá (+57) 601 328 6800
dimar@dimar.mil.co - www.dimar.mil.co

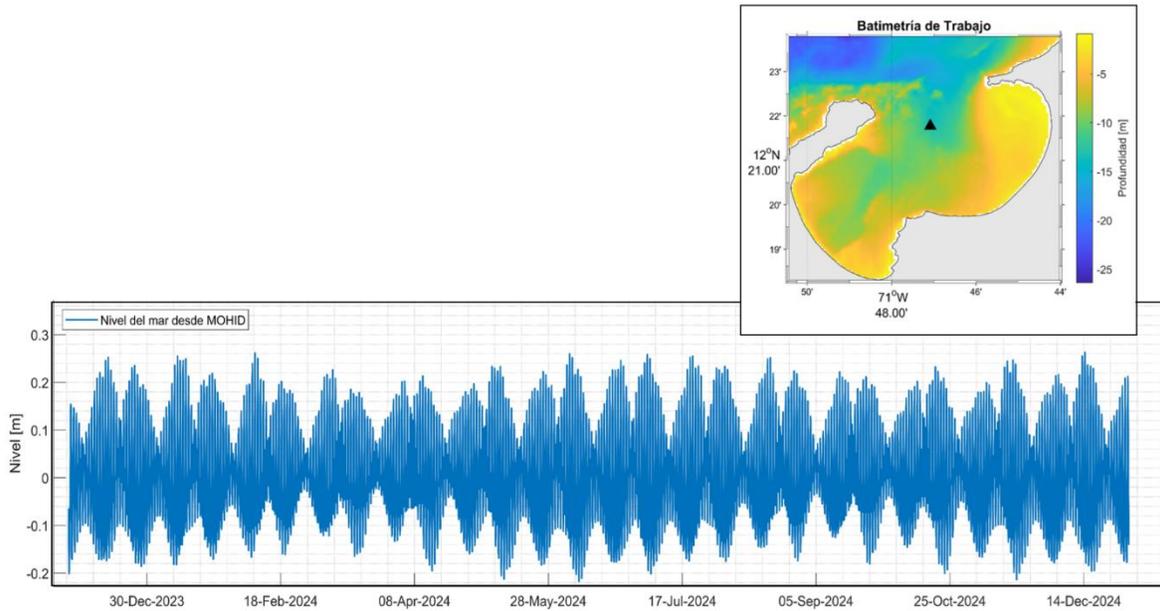


Figura 15. Marea punto 2.

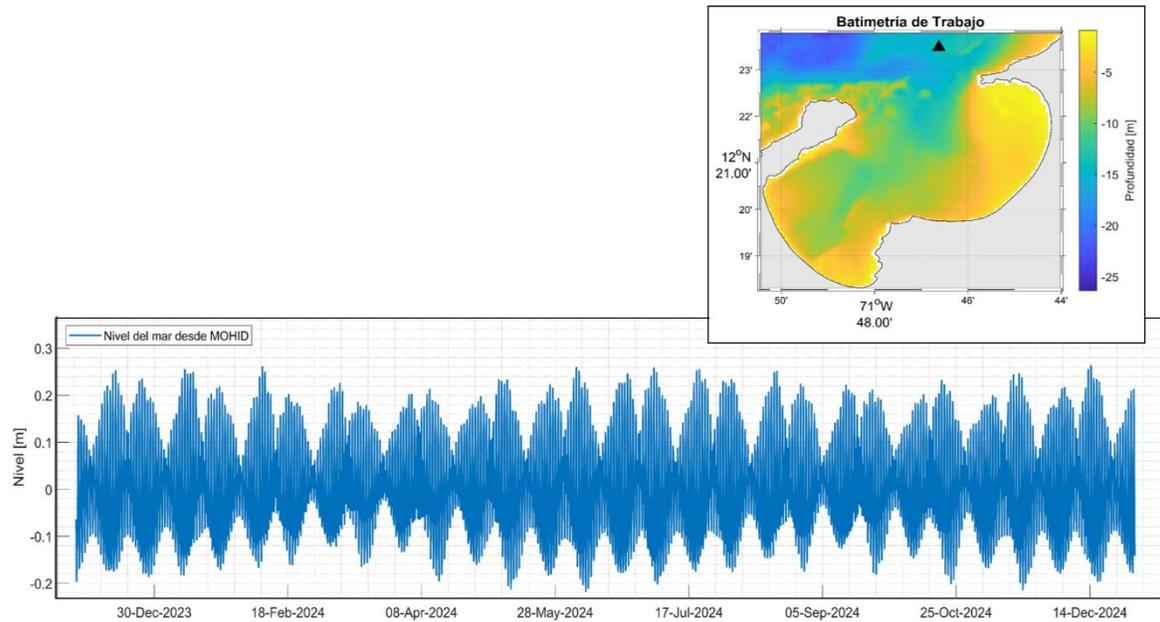


Figura 16. Marea punto 3.



Dirección General Marítima
Autoridad Marítima Colombiana
— Centro de Investigaciones Oceanográficas—
e Hidrográficas del Caribe

“Consolidemos nuestro país marítimo”

Dirección ,
Comutador (+57) 601 220 0490.
Línea Anticorrupción y Antisoborno 01 8000 911 670
Línea de Atención al Ciudadano 01 8000 115 966
Bogotá (+57) 601 328 6800
dimar@dimar.mil.co - www.dimar.mil.co

Clima marítimo de Oleaje

Descripción de la reconstrucción del punto 1 de oleaje

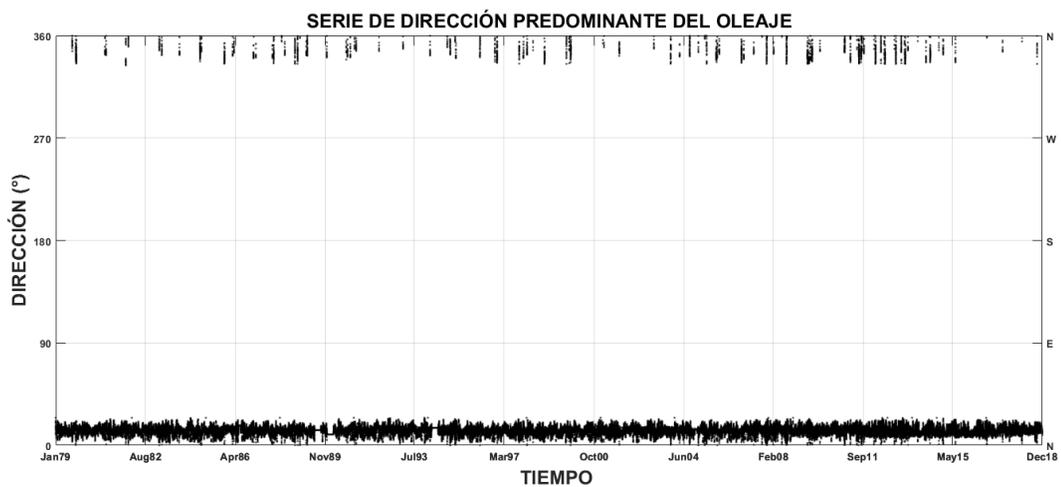
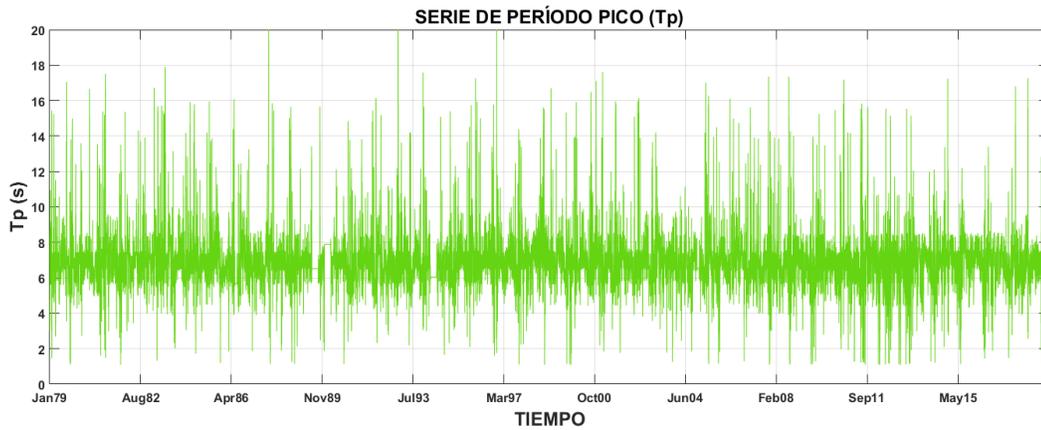
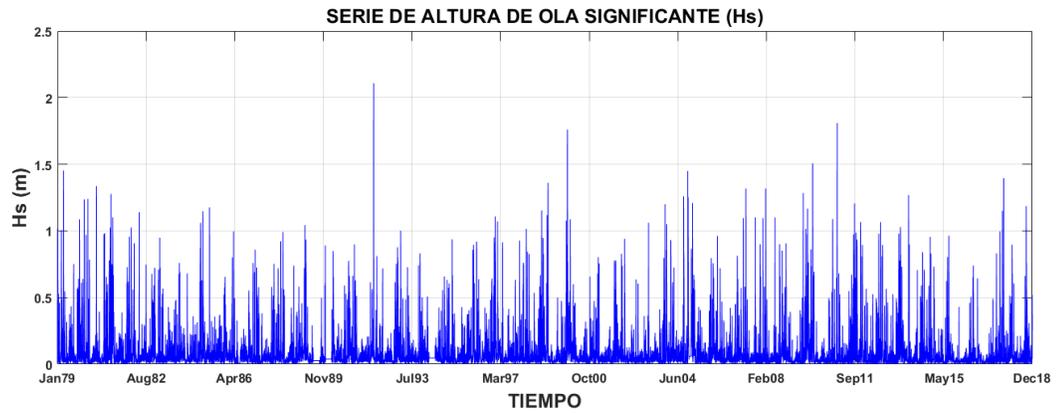
La reconstrucción de la serie de oleaje en P1 la Figura 17, muestra que la altura de ola media es de aproximadamente de 0.15 a 0.2 metros, llegando a valores de hasta aproximadamente 2 metros. En el caso del período pico, los valores más comunes están comprendidos entre los 6 y los 8 segundos, con máximos de 20 segundos aproximadamente. La dirección del oleaje predominante es el primer cuadrante, con valores en torno a los 20-25° como los más frecuentes, y en menor medida entre los 330 y 350°.



Dirección General Marítima
Autoridad Marítima Colombiana
— Centro de Investigaciones Oceanográficas —
e Hidrográficas del Caribe

“Consolidemos nuestro país marítimo”

Dirección ,
Conmutador (+57) 601 220 0490.
Línea Anticorrupción y Antisoborno 01 8000 911 670
Línea de Atención al Ciudadano 01 8000 115 966
Bogotá (+57) 601 328 6800
dimar@dimar.mil.co - www.dimar.mil.co



Dirección General Marítima
 Autoridad Marítima Colombiana
 — Centro de Investigaciones Oceanográficas —
 e Hidrográficas del Caribe

“Consolidemos nuestro país marítimo”

Dirección ,
 Conmutador (+57) 601 220 0490.
 Línea Anticorrupción y Antisoborno 01 8000 911 670
 Línea de Atención al Ciudadano 01 8000 115 966
 Bogotá (+57) 601 328 6800
 dimar@dimar.mil.co - www.dimar.mil.co

Figura 17. Serie temporal de la altura de ola significativa, período pico y dirección del oleaje para el Punto 1 (P1).

Las funciones de distribución acumulada (CDF) de la Figura 18, muestran que, en el caso de la altura de ola, el 50% de éstas van a tener valores igual o por debajo de los 0.5 metros de altura, mientras que el 50% de los períodos, estarán igual o por debajo de los 7 segundos (línea roja).

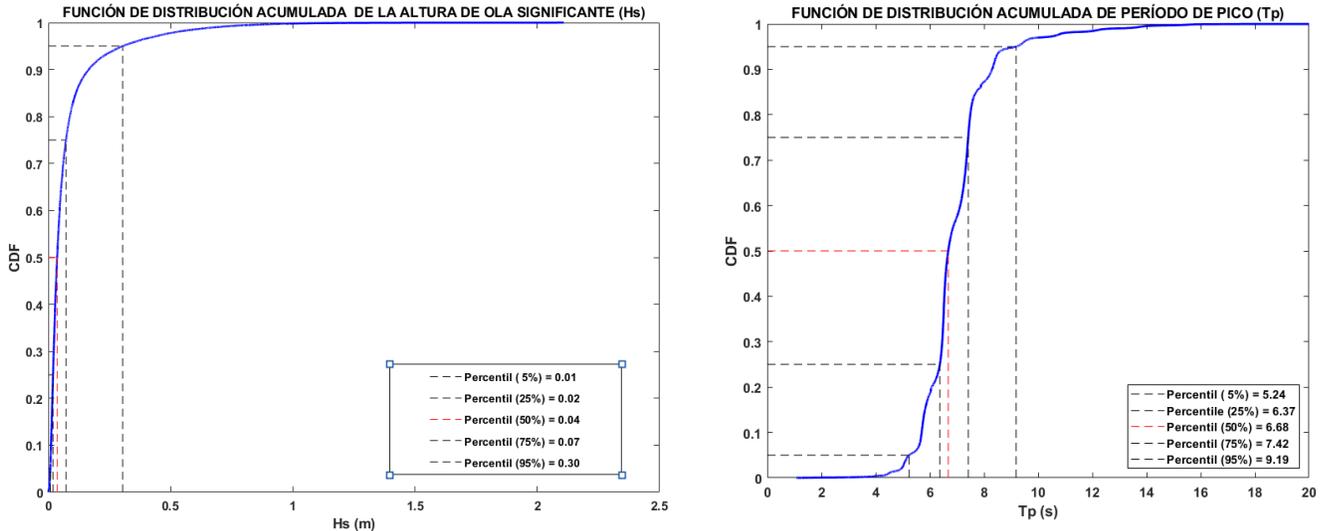


Figura 18. Función de distribución acumulada (CDF) para la variable altura de ola significativa (Hs) y para la variable de Período Pico (Tp) para el Punto 1 (P1).

Al observar la Figura 19, correspondiente a los histogramas de la altura de ola Significante (Hs), período de pico (Tp) y dirección media del oleaje (Dir°), se observa que los oleajes más frecuentes tienen una altura de ola significativa en torno a los 0.1–0.15 metros, un período de pico de 6 a 7 segundos aproximadamente y una dirección entre los 20 y los 25° como las más frecuentes.



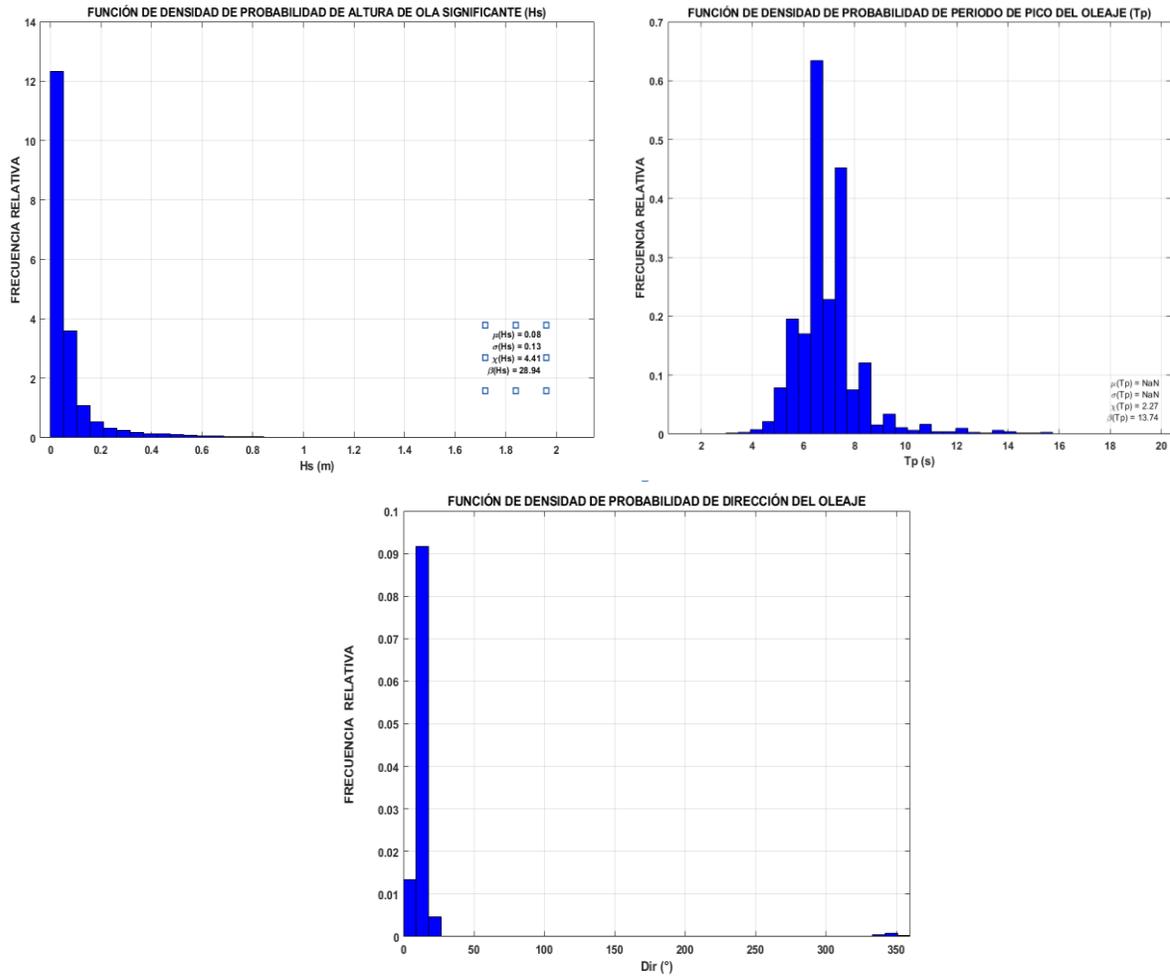


Figura 19. Histogramas de la altura de ola significativa, período pico y dirección media del oleaje (PDF). Punto 1 (P1).



Dirección General Marítima
Autoridad Marítima Colombiana
— Centro de Investigaciones Oceanográficas —
e Hidrográficas del Caribe

“Consolidemos nuestro país marítimo”

Dirección ,
Conmutador (+57) 601 220 0490.
Línea Anticorrupción y Antisoborno 01 8000 911 670
Línea de Atención al Ciudadano 01 8000 115 966
Bogotá (+57) 601 328 6800
dimar@dimar.mil.co - www.dimar.mil.co

Las rosas direccionales correspondientes a la Figura 20, confirman que la dirección predominante del oleaje son los sectores N y NNE (20-25°), con alturas de ola que pueden llegar a los 1.2 – 1.3 metros y 15 - 17 segundos de período pico (el máximo de la serie es del orden de 20 segundos).

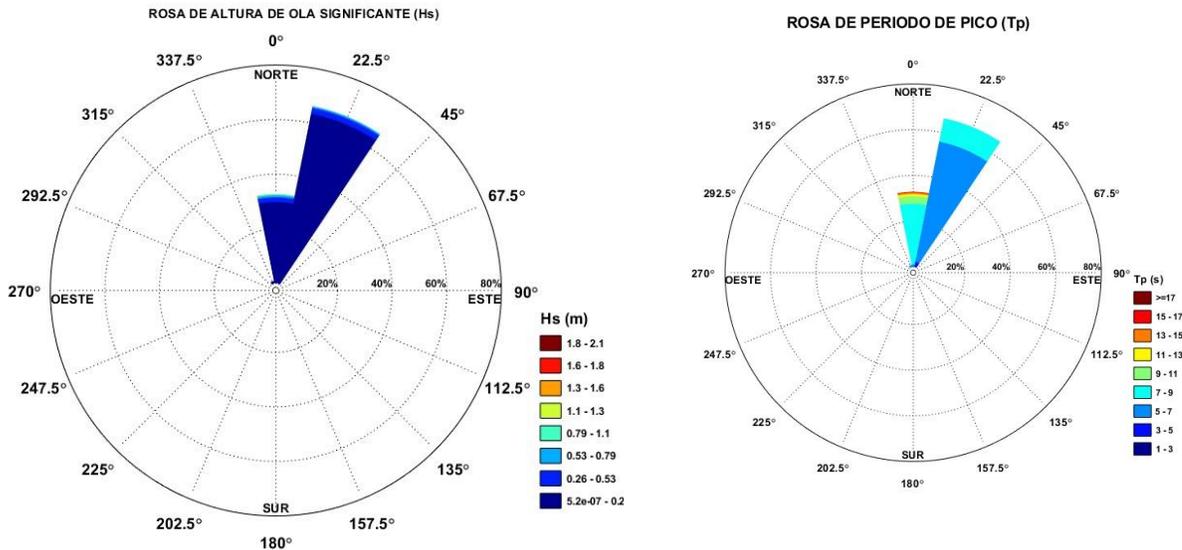


Figura 20: Rosa direccional de altura de ola significativa y período pico. Punto 1 (P1).

Régimen medio en el punto 1 de oleaje

El régimen medio es la caracterización de las variables de las que está compuesto el oleaje en condiciones normales; es decir, describe el oleaje que está asociado a eventos con alta probabilidad de suceso en la zona de estudio. Este análisis se centra en la variable altura de ola significativa.

Su comportamiento se describe a partir de la realización de un ajuste a la función de distribución acumulada (CDF) y a la función de densidad de probabilidad (PDF), con el cual se busca parametrizar el comportamiento de la altura de ola en condiciones normales. En las Figura 21 y Figura 22, correspondientes a la función de distribución acumulada y a la función de probabilidad acumulada PDF, se observa como el mejor ajuste es a la función de ajuste de valores extremos.

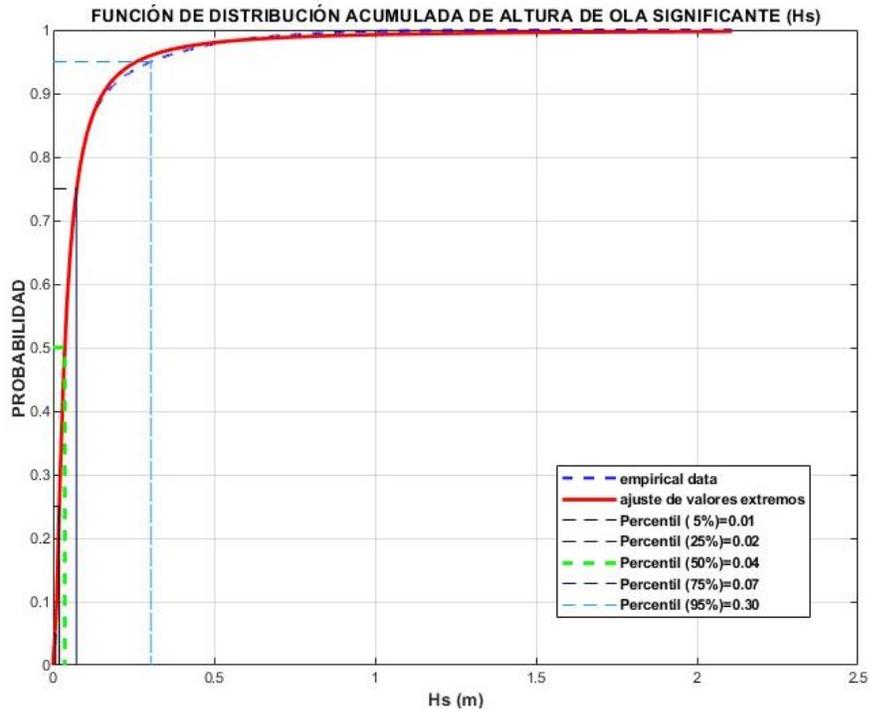


Figura 21. Función CDF de la variable altura de ola significativa con mejor ajuste a función de ajuste de valores extremos. Punto 1 (P1).



Dirección General Marítima
 Autoridad Marítima Colombiana
 – Centro de Investigaciones Oceanográficas –
 e Hidrográficas del Caribe

“Consolidemos nuestro país marítimo”

Dirección ,
 Conmutador (+57) 601 220 0490.
 Línea Anticorrupción y Antisoborno 01 8000 911 670
 Línea de Atención al Ciudadano 01 8000 115 966
 Bogotá (+57) 601 328 6800
 dimar@dimar.mil.co - www.dimar.mil.co

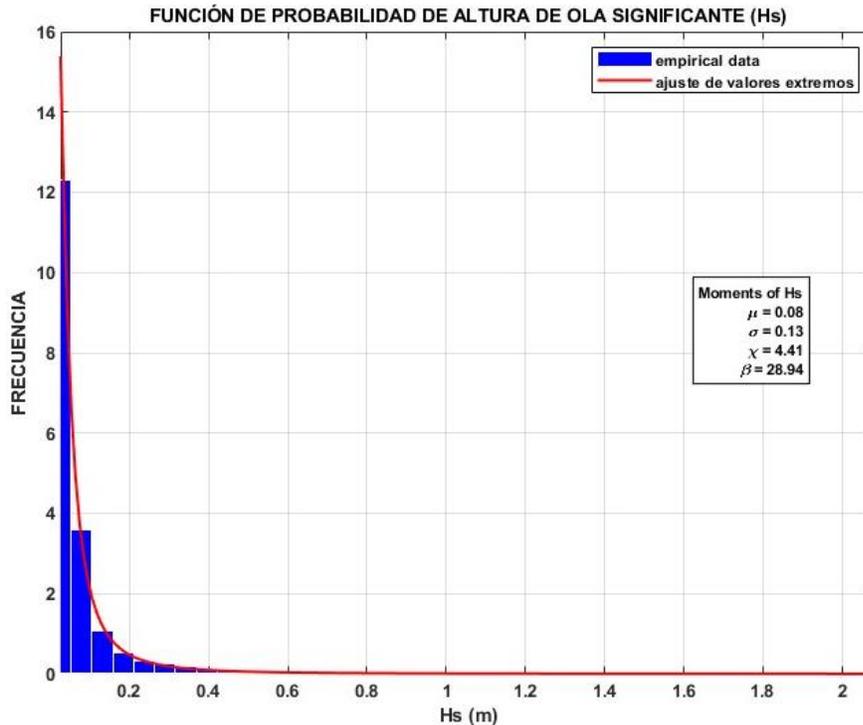


Figura 22. Función PDF de la variable altura de ola significativa con mejor ajuste a función de ajuste de valores extremos. Punto 1 (P1).

Régimen extremo en el punto 1 de reconstrucción de oleaje

El régimen extremal es la caracterización de las variables de las que está compuesto el oleaje en condiciones extremas; es decir, describe el oleaje que está asociado a eventos con escasa probabilidad de suceso en la zona de estudio, como pueden ser los huracanes. Este análisis se centra en la variable de altura de ola significativa.

En este caso, el régimen extremal fue obtenido con el método *Peak Over Threshold*(POT), en el cual se estableció como umbral de altura de ola extremal el valor de 1.1 metros (oleaje por encima del percentil 99.9%). Con todo, a partir de esta metodología, se caracterizaron y parametrizaron los valores extremos de la altura de ola.

La Figura 23 muestra como olas con alturas de 1.2 hasta 1.5 metros tienen periodos de retorno de 2 a 10 años, mientras que los que están por encima de 1.7 m se registran con periodo de retorno de alrededor de 15 años, además, los que presentan valores entre mayores a 1.8 metros



Dirección General Marítima
Autoridad Marítima Colombiana
— Centro de Investigaciones Oceanográficas—
e Hidrográficas del Caribe

“Consolidemos nuestro país marítimo”

Dirección ,
Commutador (+57) 601 220 0490.
Línea Anticorrupción y Antisoborno 01 8000 911 670
Línea de Atención al Ciudadano 01 8000 115 966
Bogotá (+57) 601 328 6800
dimar@dimar.mil.co - www.dimar.mil.co

varían su periodo de retorno de 20 a 22 años, y para valores superiores a 2 metros (siguiendo la tendencia de la línea central o las bandas de 95% de confianza) se presentan oleajes entre 50 a 60 años de periodo de retorno respectivamente.

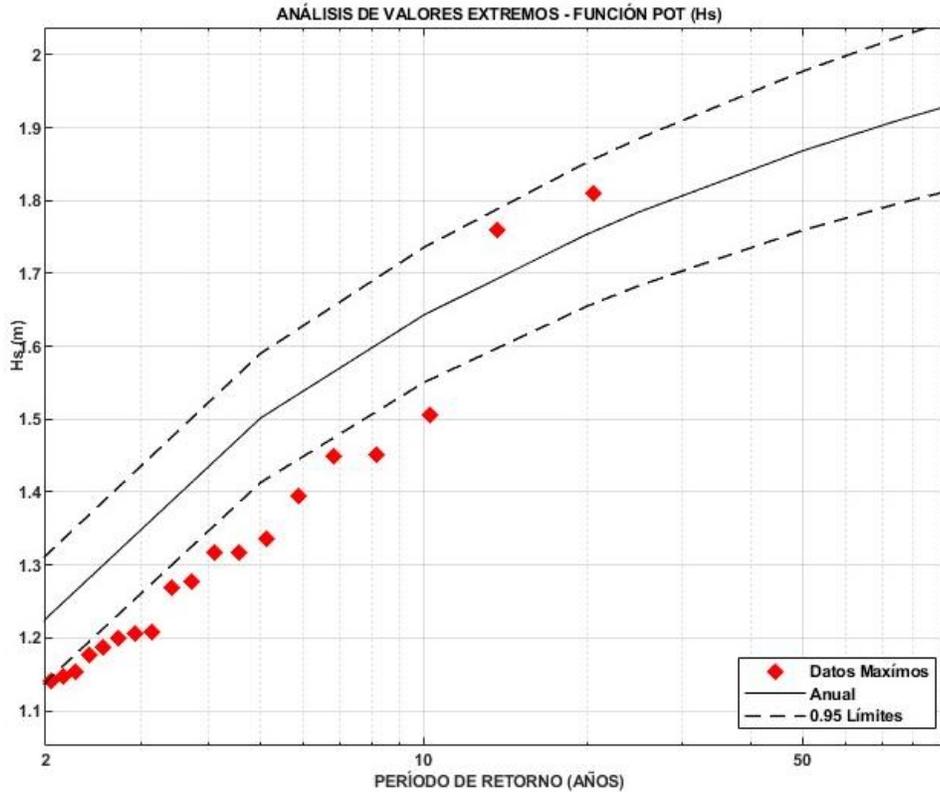


Figura 23. Gráfica del período de retorno frente a la altura de ola significativa. Punto 1 (P1).

Tabla de probabilidades de ocurrencia

Para poder utilizar y representar la información analizada en el primer punto de reconstrucción del oleaje, ésta se reorganiza y representa de tal forma que permita extraer en concreto la información que se necesita (teniendo en cuenta que este es un punto al interior de la bahía), de acuerdo con su probabilidad de ocurrencia direccional y magnitud.



Dirección General Marítima
Autoridad Marítima Colombiana
— Centro de Investigaciones Oceanográficas —
e Hidrográficas del Caribe

“Consolidemos nuestro país marítimo”

Dirección ,
Conmutador (+57) 601 220 0490.
Línea Anticorrupción y Antisoborno 01 8000 911 670
Línea de Atención al Ciudadano 01 8000 115 966
Bogotá (+57) 601 328 6800
dimar@dimar.mil.co - www.dimar.mil.co

Se utiliza la herramienta CAROL (V1.0), desarrollada por el Instituto de Hidráulica de Cantabria, la cual permite la caracterización de regímenes de oleaje mediante análisis descriptivo y estadístico de las variables introducidas. Esta herramienta toma la serie de altura de ola significativa y su dirección asociada para exportar gráficos estadísticos, entre ellos, la tabla de probabilidad de ocurrencias de carácter direccional. Esta tabla se muestra a continuación (Tabla 7), y sectoriza cada 22.5° una direccionalidad de oleaje, calculando porcentaje de ocurrencia, régimen medio y régimen extremo para cada sector.

La Tabla 8 presenta el análisis estadístico correspondiente al segundo punto de oleaje obtenido mediante la reconstrucción de la serie de Wave Watch III, este a su vez, se descarta para el resto de los análisis por estar al exterior de Bahía Honda (área de interés). La principal diferencia entre ambos puntos radica en que P2, contiene mayores alturas de ola y la probabilidad de dirección es más marcada al NNE, Esto último es importante de rescatar para alimentar con casos más energéticos cualquier caso probable de modelación a la costa, el cual no está contemplado para los alcances del presente análisis.



Tabla 7: Estadísticos básicos del P1 de reconstrucción del oleaje.

TABLA ESTADISTICOS BASICOS

Variable medida:Hs

direcciones(°)	prob.direccion	Hs _{50%}	Hs _{90%}	Hs _{99%}	Hs ₁₂
N	0.3265	0.0420	0.2433	0.8930	1.2983
NNE	0.6640	0.0331	0.1305	0.5284	0.7627
NE	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
ENE	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
E	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
ESE	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
SE	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
SSE	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
S	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
SSW	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
SW	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
WSW	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
W	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
WNW	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
NW	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
NNW	0.0095	0.0412	0.3360	0.6497	0.7916



Dirección General Marítima
Autoridad Marítima Colombiana
— Centro de Investigaciones Oceanográficas —
e Hidrográficas del Caribe

“Consolidemos nuestro país marítimo”

Dirección ,
Conmutador (+57) 601 220 0490.
Línea Anticorrupción y Antisoborno 01 8000 911 670
Línea de Atención al Ciudadano 01 8000 115 966
Bogotá (+57) 601 328 6800
dimar@dimar.mil.co - www.dimar.mil.co

Tabla 8: Estadísticos básicos del P2 de reconstrucción del oleaje.

TABLA ESTADISTICOS BASICOS

Variable medida:Hs

direcciones(°)	prob.direccion	Hs _{50%}	Hs _{90%}	Hs _{99%}	Hs ₁₂
N	0.1247	0.1005	0.5671	1.3170	1.8272
NNE	0.8642	0.0523	0.1899	0.7254	1.0460
NE	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
ENE	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
E	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
ESE	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
SE	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
SSE	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
S	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
SSW	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
SW	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
WSW	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
W	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
WNW	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
NW	0.0004	0.0000	0.0001	0.0003	0.0003
NNW	0.0107	0.0994	0.6756	1.0670	1.2539



Dirección General Marítima
Autoridad Marítima Colombiana
— Centro de Investigaciones Oceanográficas—
e Hidrográficas del Caribe

“Consolidemos nuestro país marítimo”

Dirección ,
Conmutador (+57) 601 220 0490.
Línea Anticorrupción y Antisoborno 01 8000 911 670
Línea de Atención al Ciudadano 01 8000 115 966
Bogotá (+57) 601 328 6800
dimar@dimar.mil.co - www.dimar.mil.co

Condiciones de viento

En esta sección se describen los resultados generados para dirección y velocidad del viento en las escalas de tiempo anual, mensual e interanual para un punto cercano a Bahía Honda (Figura 6).

Dirección

La dirección del viento se representa en una rosa de vientos, la cual es un diagrama que muestra la intensidad media del viento en diferentes sectores en los que divide el círculo del horizonte. Con ello se obtiene una idea clara de cuáles son las direcciones de viento más probables, además de la distribución de velocidades asociada a cada dirección.

Como se puede observar en la Figura 24, la dirección predominante de vientos es la EsteNorEste, seguida de la Este, con velocidades de hasta 10 m/s. Lo anterior se explica a la incidencia directa en la región de los vientos alisios del Este.

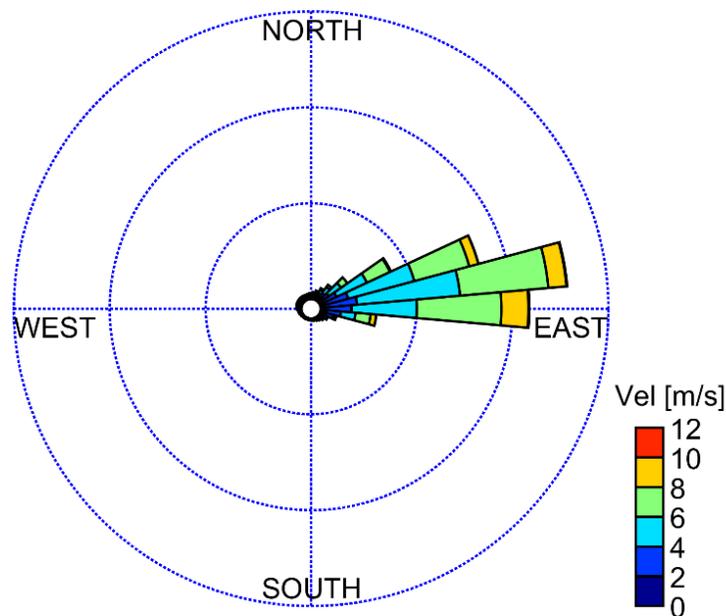


Figura 24. Dirección del viento en la zona de Bahía Honda a partir de 40 años de datos de Era5.

Tabla 9. Estadísticos básicos del viento en un punto cercano a Bahía Honda.



Dirección General Marítima
Autoridad Marítima Colombiana
— Centro de Investigaciones Oceanográficas —
e Hidrográficas del Caribe

“Consolidemos nuestro país marítimo”

Dirección ,
Conmutador (+57) 601 220 0490.
Línea Anticorrupción y Antisoborno 01 8000 911 670
Línea de Atención al Ciudadano 01 8000 115 966
Bogotá (+57) 601 328 6800
dimar@dimar.mil.co - www.dimar.mil.co

TABLA ESTADISTICOS BASICOS

Variable medida: Velocidad

direcciones(°)	prob.direccion	Velocidad _{50%}	Velocidad _{90%}	Velocidad _{99%}	Velocidad ₁₂
N	0.0147	2.4636	4.5551	6.1589	6.9074
NNE	0.0242	3.3322	5.8977	7.1302	7.6273
NE	0.0655	4.5719	6.5435	7.5318	8.0143
ENE	0.3341	5.5287	7.5039	9.0078	9.9712
E	0.4335	5.9669	8.0881	9.5374	10.3860
ESE	0.0385	2.8204	5.9595	8.3604	9.1786
SE	0.0128	1.7175	2.8514	3.7937	4.9645
SSE	0.0068	1.3059	2.2309	3.2210	5.1914
S	0.0027	1.1909	2.0832	2.9075	4.7768
SSW	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
SW	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
WSW	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
W	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
WNW	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
NW	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
NNW	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

La Tabla 9 muestra el análisis de probabilidad de incidencia del viento en el área escogida de 40 años del punto Era 5. La mayor probabilidad es del viento del Este con 43.35% y velocidades alrededor de los 6m/s, seguidas por el viento que viene del EsteNorEste con una probabilidad de ocurrencia del 33.41% y velocidades de 5.5 m/s la mayor parte del tiempo.

Velocidad

La Figura 26 muestra la velocidad mensual multianual para la serie de 40 años, distribuida por décadas en 4 gráficas. En estas se puede observar que de modo general resaltan dos épocas de mayores velocidades y dos de menores velocidades. Los valores medios máximos están entre los 7 y 8 m/s. La época de mayores velocidades va de junio a agosto y la de menores va de diciembre a marzo. Los periodos de menores velocidades corresponden a los meses de mayo y



octubre. Todo lo anterior se explica teniendo en cuenta la variabilidad de la Zona de Convergencia Intertropical que es la que modula los vientos en la región, como se explicó en el apartado 0.

La serie completa de 40 años (Figura 25) muestra valores promedio entre 5 y 6 m/s y máximos de hasta 12m/s. Esto se evidencia también en el Histograma de frecuencias de la Figura 27, en donde se observa que en la mayoría del tiempo analizado, las velocidades se mantienen entre 5 y 6 m/s, seguida de las velocidades entre los 7 y los 4 m/s. Las velocidades superiores a los 10 m/s son las menos frecuentes.

En cuanto al régimen medio (Figura 28), la gráfica muestra que el 80% del tiempo se presentan velocidades por debajo de los 7 m/s y el 20% por encima de esta.

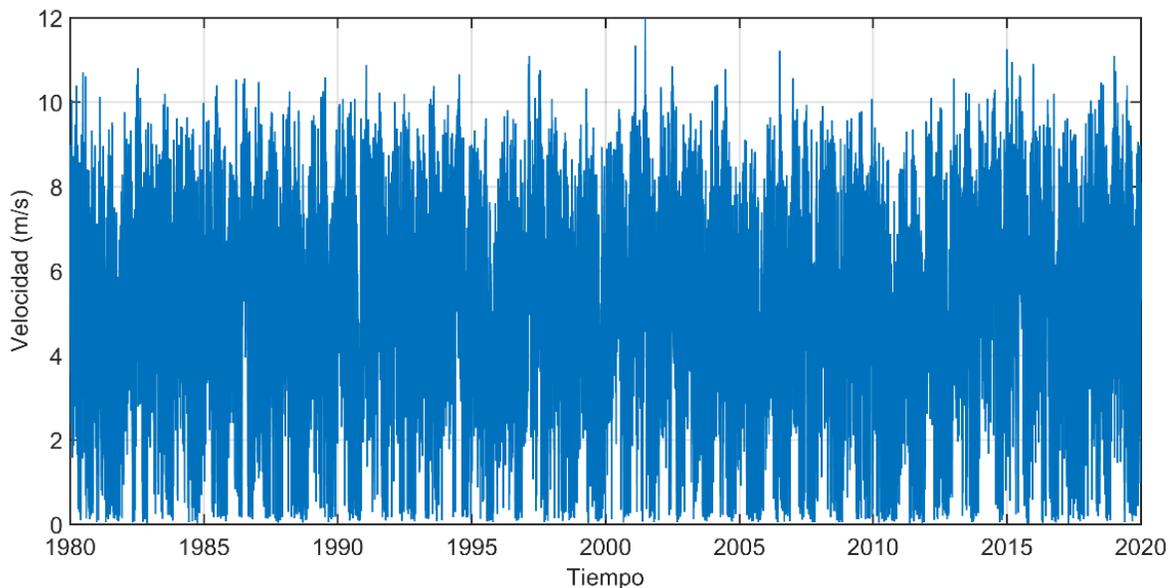


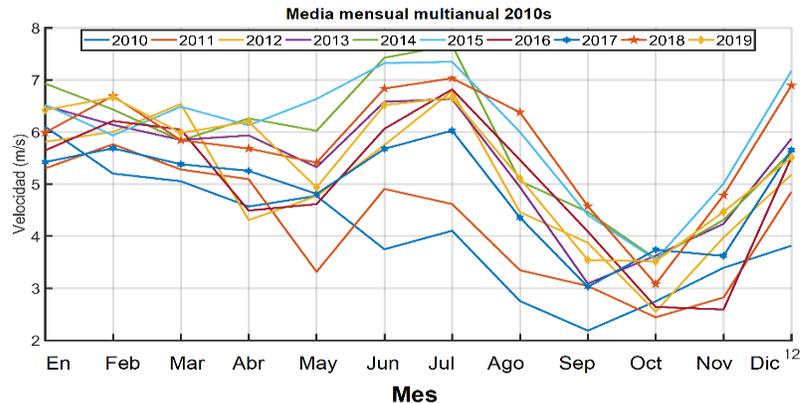
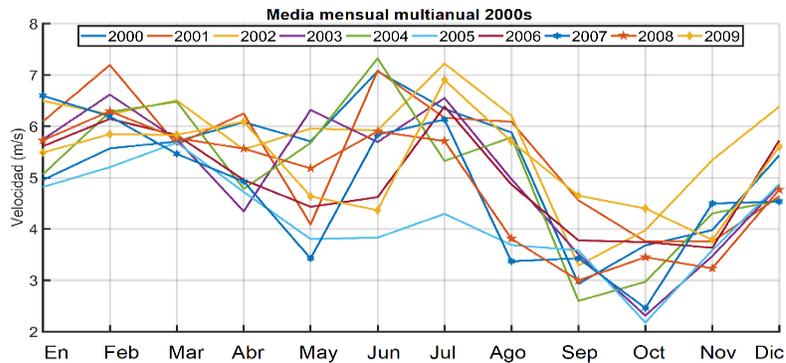
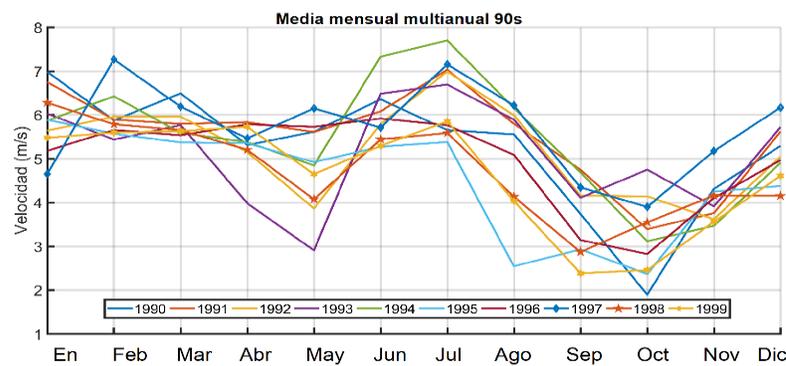
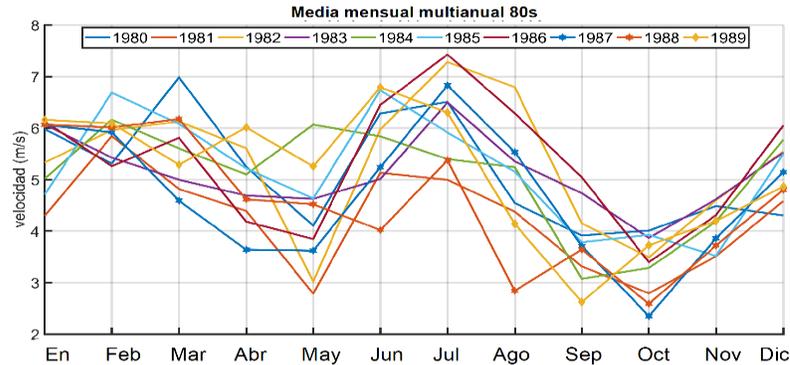
Figura 25. Serie de velocidad del viento de 40 años.



Dirección General Marítima
Autoridad Marítima Colombiana
— Centro de Investigaciones Oceanográficas —
e Hidrográficas del Caribe

“Consolidemos nuestro país marítimo”

Dirección ,
Conmutador (+57) 601 220 0490.
Línea Anticorrupción y Antisoborno 01 8000 911 670
Línea de Atención al Ciudadano 01 8000 115 966
Bogotá (+57) 601 328 6800
dimar@dimar.mil.co - www.dimar.mil.co



Dirección General Marítima
 Autoridad Marítima Colombiana
 – Centro de Investigaciones Oceanográficas –
 e Hidrográficas del Caribe

stro país marítimo”

Dirección ,
 Conmutador (+57) 601 220 0490.
 Línea Anticorrupción y Antisoborno 01 8000 911 670
 Línea de Atención al Ciudadano 01 8000 115 966
 Bogotá (+57) 601 328 6800
 dimar@dimar.mil.co - www.dimar.mil.co

Figura 26. Media mensual multianual de la velocidad del viento desde 1980 a 2019.

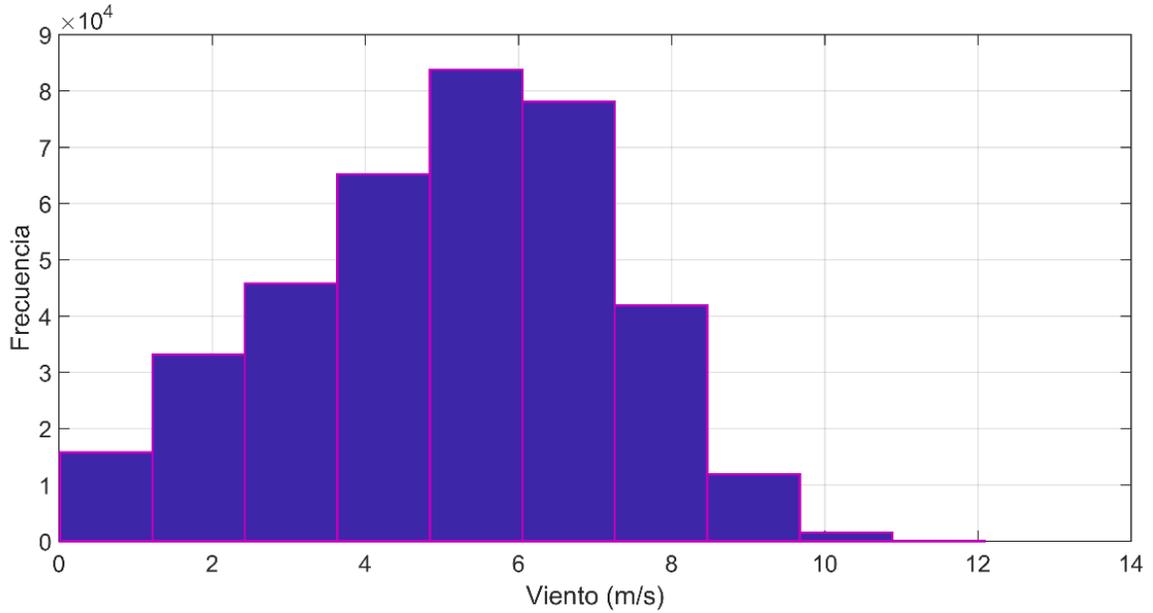


Figura 27. Histograma de frecuencia de velocidad del viento.

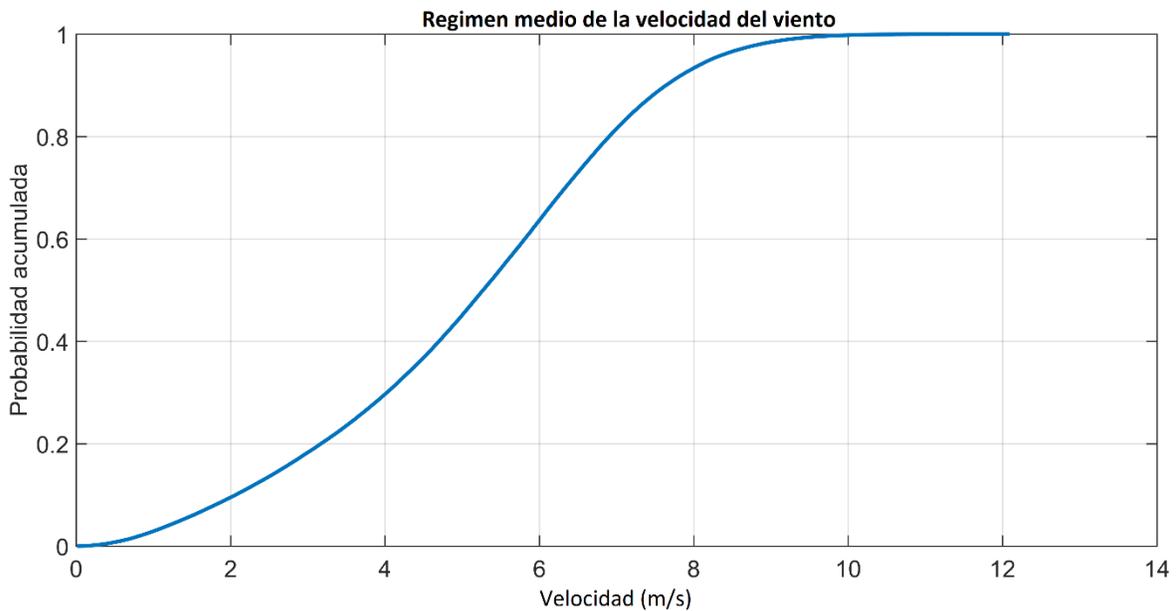


Figura 28. Régimen medio de la velocidad del viento



Dirección General Marítima
Autoridad Marítima Colombiana
— Centro de Investigaciones Oceanográficas —
e Hidrográficas del Caribe

“Consolidemos nuestro país marítimo”

Dirección ,
Conmutador (+57) 601 220 0490.
Línea Anticorrupción y Antisoborno 01 8000 911 670
Línea de Atención al Ciudadano 01 8000 115 966
Bogotá (+57) 601 328 6800
dimar@dimar.mil.co - www.dimar.mil.co

CONCLUSIONES

El análisis de corrientes por mareas realizado para el 2024, muestra que en las series temporales establecidas los valores de velocidad son considerablemente bajos; en ninguno de los casos se superan los 5 cm/s, lo cual indicaría una baja incidencia de esta variable dentro de las condiciones de la zona. La serie temporal resultante realizada para corroborar lo anterior muestra claramente que la velocidad máxima que se puede percibir no será superior a los 8.2290 cm/s.

Los resultados del clima de oleaje en la zona de interés, muestran que la altura de ola media es de aproximadamente de 0.15 a 0.2 metros, llegando a valores de hasta aproximadamente 2 metros. En el caso del período pico, los valores más comunes están comprendidos entre los 6 y los 8 segundos, con máximos de 20 segundos aproximadamente. La dirección del oleaje predominante es el primer cuadrante, con valores en torno a los 20-25° como los más frecuentes, y en menor medida entre los 330 y 350°.

Las funciones de distribución acumulada muestran que en el caso de la altura de ola, el 50% de éstas van a tener valores igual o por debajo de los 0.5 metros de altura, mientras que el 50% de los períodos, estarán igual o por debajo de los 7 segundos.

Los histogramas de la altura de ola Significante (H_s), período de pico (T_p) y dirección media del oleaje (Dir°), dejan ver que los oleajes más frecuentes tienen una altura de ola significativa en torno a los 0.1–0.15 metros, un período de pico de 6 a 7 segundos aproximadamente y una dirección entre los 20 y los 25° como las más frecuentes.

Las rosas direccionales confirman que la dirección predominante del oleaje son los sectores N y NNE (20-25°), con alturas de ola que pueden llegar a los 1.2 – 1.3 metros y 15 - 17 segundos de período pico (el máximo de la serie es del orden de 20 segundos).

En canto al régimen extremo del oleaje, los resultados indican que olas con alturas de 1.2 hasta 1.5 metros tienen periodos de retorno de 2 a 10 años, mientras que los que están por encima de 1.7 m se registran con periodo de retorno de alrededor de 15 años, además, los que presentan valores entre mayores a 1.8 metros varían su periodo de retorno de 20 a 22 años, y para valores



superiores a 2 metros se presentan oleajes entre 50 a 60 años de periodo de retorno respectivamente.

La caracterización de viento realizada evidencia que la mayor probabilidad de incidencia del viento es del Este, con 43.35% y velocidades alrededor de los 6m/s, seguidas por el viento que viene del Este Noreste con una probabilidad de ocurrencia del 33.41% y velocidades de 5.5 m/s la mayor parte del tiempo.

El análisis de velocidad mensual multianual señala que de modo general resaltan dos épocas de mayores velocidades y dos de menores velocidades. Los valores medios máximos están entre los 7 y 8 m/s. La época de mayores velocidades va de junio a agosto y la de menores va de diciembre a marzo. Los periodos de menores velocidades corresponden a los meses de mayo y octubre.

Por su parte, el histograma de frecuencias realizado muestra que en la mayoría del tiempo analizado las velocidades se mantienen entre 5 y 6 m/s, seguida de las velocidades entre los 7 y los 4 m/s. Las velocidades superiores a los 10 m/s son las menos frecuentes.

En cuanto al régimen medio, los resultados indican que el 80% del tiempo se presentan velocidades por debajo de los 7 m/s y el 20% por encima de esta.



Referencias

Andrade, C. (2000). Circulation and variability of the colombian basin in the Caribbean Sea. Tesis presentada para optar al título de Doctor en Filosofía en la Universidad de Gales. Menai Bridge, Gales.

Aparicio, R. (2003). *Revisión de las características oceanográficas de la plataforma nororiental de Venezuela. En: La sardina (Sardinella aurita): su medio ambiente y explotación en el oriente de Venezuela*. Paris: Freón, P. y J. Mendoza (Eds).

IGAC. (1996). *Diccionario Geográfico de Colombia, 3a ed.*

Javelaud, O. (1987). Thèse d Université, Université Bordeaux. *La sédimentation du plateau continental de la Colombie Caraïbe au cours du quaternaire terminal*. , 147.

Petùs, C., García-Valencia, C., Thomas, Y., & Cessaraccio, M. (2007a). *Caracterización preliminar del proceso de surgencia costera de La Guajira a partir de observación satelital*. Santa Marta, Colombia: Invemar y Corporación Autónoma Regional de La Guajira.



COMPONENTE II

INFORME TÉCNICO DE HIDROGRAFÍA. ADQUISICIÓN Y PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN BATIMÉTRICA MONOHAZ EN EL ÁREA DE ESTUDIO (BAHÍA HONDA)

REALIZAR LA CARACTERIZACIÓN OCEANOGRÁFICA, CLIMATOLÓGICA, HIDROGRÁFICA Y LITORAL EN EL ÁREA CORRESPONDIENTE AL SECTOR DE BAHÍA HONDA EN EL DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA.

Este informe hace parte de las obligaciones del Contrato Interadministrativo No. 23001300 H3, suscrito entre **LA AERONÁUTICA CIVIL** y **MINISTERIO DE DEFENSA NACIONAL – DIRECCION GENERAL MARÍTIMA -DIMAR**



Ministerio de Defensa Nacional
Dirección General Marítima
Autoridad Marítima Colombiana



Dirección General Marítima
Autoridad Marítima Colombiana
– Centro de Investigaciones Oceanográficas –
e Hidrográficas del Caribe

“Consolidemos nuestro país marítimo”

Dirección ,
Conmutador (+57) 601 220 0490.
Línea Anticorrupción y Antisoborno 01 8000 911 670
Línea de Atención al Ciudadano 01 8000 115 966
Bogotá (+57) 601 328 6800
dimar@dimar.mil.co - www.dimar.mil.co

Dirección General Marítima
Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del
Caribe (CIOH)
CARTAGENA 2023

TABLA DE CONTENIDO

1.	RESUMEN DEL PROYECTO	49
1.1	Introducción	49
1.2	Objetivo General (Hidrografía)	50
1.2.1	Objetivos Específicos	50
1.3	Área de Estudio	51
1.4	Plataforma y Equipos utilizados	52
1.5	Talento Humano	53
2.	RESUMEN DEL TRABAJO DE CAMPO	53
2.1	Marco Temporal	53
3.	ADQUISICIÓN DE LA INFORMACIÓN BATIMÉTRICA	53
3.1	Sistema de Referencia Geodésica	53
3.2	Posicionamiento	54
3.3	Calibración del sistema monohaz	54
3.4	Operación Sistema Monohaz	54
4.	PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN	56
4.1	Creación de la Embarcación (Vessel)	57
4.2	Creación del Nuevo Proyecto	57
4.3	Conversión de los Datos Brutos	58
4.4	Corrección por velocidad de Sonido	58
4.5	Corrección de nivel de agua	59
4.6	Mezclado de la información	60
4.7	Edición de Datos	60
4.8	Generación de la Superficie Batimétrica	60
4.9	Edición Single Beam	61
4.10	Editor de Subset	63
4.11	Finalización de la Superficie	63



4.12	Análisis Hidrográfico	65
5.	PRODUCTOS GENERADOS	68
5.1	Archivo en formato XYZ.....	68
5.2	Salida Grafica	69
5.3	Informe Técnico.....	69
6.	CONCLUSIONES	70
7.	REFERENCIAS	70



Dirección General Marítima
Autoridad Marítima Colombiana
— Centro de Investigaciones Oceanográficas —
e Hidrográficas del Caribe

“Consolidemos nuestro país marítimo”

Dirección ,
Conmutador (+57) 601 220 0490.
Línea Anticorrupción y Antisoborno 01 8000 911 670
Línea de Atención al Ciudadano 01 8000 115 966
Bogotá (+57) 601 328 6800
dimar@dimar.mil.co - www.dimar.mil.co

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Área de estudio Bahía Honda	51
Figura 2 líneas de corrida y verificación planeadas.....	55
Figura 3 Líneas de Corrida y de Verificación adquiridas	55
Figura 4. Flujo de Trabajo Procesamiento Monohaz CARIS Hips	56
Figura 5. Configuración del Vessel Lancha Tipo “Soundermax II”	57
Figura 6. Ubicación Perfiles de Velocidad de Sonido en el área de estudio	59
Figura 7. Archivo de marea observada aplicada en el procesamiento de datos monohaz tomado en la posición 12° 24’01’’ N, 071° 50’03 W.	59
Figura 8. Interfaz de HIPS para la creación de la Superficie, Shoalest Depth True Position.....	61
Figura 9. Editor de Single Beam de CARIS. En la imagen superior se aprecia los datos que fueron descartados (color gris), en la imagen inferior se aprecia los datos editados finales.....	62
Figura 10. Editor Subset, en donde se puede hacer una limpieza integral de los datos, teniendo en cuenta la configuración del fondo marino.....	63
Figura 11. Superficie General del Proyecto.....	64
Figura 12. Perfiles de Profundidad generados sobre Bahía Honda	65
Figura 13. Perfil No. 1.	66
Figura 14. Perfil No. 2.	67
Figura 15. Estructura del Archivo en Formato XYZ (resolución de 100 m), visto en un editor de texto; en las dos primeras columnas se relacionan las coordenadas planas y en la tercera columna la profundidad en metros con signo positivo.	68
Figura 16. Imagen del Plano del proyecto, escala 1: 20.000	69



LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Ficha Técnica Lancha tipo “Soundermax II”	52
Tabla 2. Talento Humano	53
Tabla 3. Posiciones Perfiles de Sonido	58
Tabla 4. Estadísticas Superficie Bahía Honda	64



Dirección General Marítima
Autoridad Marítima Colombiana
— Centro de Investigaciones Oceanográficas—
e Hidrográficas del Caribe

“Consolidemos nuestro país marítimo”

Dirección ,
Conmutador (+57) 601 220 0490.
Línea Anticorrupción y Antisoborno 01 8000 911 670
Línea de Atención al Ciudadano 01 8000 115 966
Bogotá (+57) 601 328 6800
dimar@dimar.mil.co - www.dimar.mil.co

1. RESUMEN DEL PROYECTO

1.1 Introducción

En el ámbito de la Investigación Científica, la Dirección General Marítima tiene como objetivo proyectar, desarrollar y divulgar conocimiento científico que contribuya al desarrollo sostenible del área marino - costera del país, como herramienta base para la toma de decisiones en cumplimiento de las funciones de la entidad como Autoridad Marítima Nacional.

Asimismo, de acuerdo con lo establecido en el artículo 4° del Decreto Ley 2324 de 1984, en concordancia con lo dispuesto en los decretos 1561 de 2002, 049 de 2003 y en los artículos 5° y 6° del decreto 5057 de 2009, en el cual se establecen las funciones de la Subdirección de desarrollo marítimo de la Dirección General Marítima DIMAR, entre las cuales se encuentran:

- 1) Fomentar el interés por la Oceanografía, la Hidrografía y la conservación de los litorales dentro del ámbito nacional.
- 2) Promover el desarrollo de la investigación científica marina y el aprovechamiento de los recursos del mar, estudiando y presentando propuestas relativas al Director General Marítimo.
- 3) Estudiar y ejecutar proyectos de investigación y evaluación de fenómenos oceanográficos, hidrográficos y de contaminación marina, de acuerdo con los programas de la Dirección General Marítima.
- 4) Colaborar y participar conjuntamente con organismos nacionales o extranjeros en proyectos y/o estudios de investigación y desarrollo de interés nacional en las áreas científicas de su competencia.
- 5) Suministrar asesoría técnica y científica tanto a la Dirección General Marítima, así como los servicios prestados a las demás entidades públicas o privadas que lo requieran

El Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe-CIOH, fue creado en el año 1975, como una dependencia operativa de la Dirección General Marítima, este tiene entre sus funciones:

- Elaborar proyectos de investigación para el estudio y solución de problemas y actividades marinas.
- Colaborar y participar juntamente con organismos nacionales o extranjeros en proyectos y/o estudios de investigación y desarrollo de interés nacional en las áreas científicas de su competencia.
- Implementar actividades de investigación, control de la contaminación marítima y seguridad en la navegación en las diferentes disciplinas de la Oceanografía, Hidrografía.

Con la adquisición de tecnología especializada (sistemas multihaz y monohaz portátiles) instaladas y en las plataformas menores (botes hidrográficos), se puede determinar la topografía del fondo marino. Esta información es útil para el conocimiento del medio marino y es el insumo principal para iniciar cualquier proyecto a partir de cartografía marina.



En relación con los aspectos tecnológicos, DIMAR a través de sus Centros de Investigación Oceanográfica e Hidrográfica CIOH (Caribe y Pacífico), cuenta con personal capacitado, equipos, herramientas, software, hardware, redes y medios, que permiten la adquisición, compilación, procesamiento, almacenamiento y generación de productos finales de la información técnica adquirida.

Por otra parte, la Aeronáutica Civil AEROCIVIL, es una entidad especializada de carácter técnico adscrita al Ministerio de Transporte, es la autoridad en materia aeronáutica en todo el territorio nacional y le compete regular, administrar, vigilar y controlar el uso del espacio aéreo colombiano por parte de la aviación civil, y coordinar las relaciones de esta con la aviación de Estado; desarrollando las políticas, estrategias, planes, programas y proyectos sobre la materia, contribuyendo de esta manera al mantenimiento de la seguridad y soberanía nacional.

En el marco del Plan Nacional de Desarrollo (2022-2026) la AEROCIVIL, tiene como propósito lograr un país socialmente conectado, desarrollado de manera permanente, sostenible y adecuado, bajo una Política Pública que articule los servicios prestados en las regiones, a través de un trabajo mancomunado (Estado – Aeronáutica Civil – Territorio), que aporte a la convergencia social - regional, de manera que se reduzcan las brechas socioeconómicas entre las regiones, particularmente en el Departamento de La Guajira.

El estudio está justificado en la necesidad de la AEROCIVIL, de realizar la caracterización oceanográfica, climatológica, hidrográfica y litoral en el área correspondiente al sector de Bahía Honda en el departamento de la Guajira, para permitir la operación logística marítima como apoyo a la construcción de Aeródromo que se desarrollara en el Municipio de Uribia.

1.2 Objetivo General (Hidrografía)

Realizar la caracterización hidrográfica en el área correspondiente al sector de Bahía Honda en el Departamento de la Guajira.

1.2.1 Objetivos Específicos

- a) Adquirir datos batimétricos monohaz sobre el sector de Bahía Honda en el Departamento de la Guajira.
- b) Efectuar el procesamiento de datos batimétricos monohaz sobre el sector de Bahía Honda en el Departamento de la Guajira.



Dirección General Marítima
Autoridad Marítima Colombiana
— Centro de Investigaciones Oceanográficas —
e Hidrográficas del Caribe

“Consolidemos nuestro país marítimo”

Dirección ,
Conmutador (+57) 601 220 0490.
Línea Anticorrupción y Antisoborno 01 8000 911 670
Línea de Atención al Ciudadano 01 8000 115 966
Bogotá (+57) 601 328 6800
dimar@dimar.mil.co - www.dimar.mil.co

1.4 Plataforma y Equipos utilizados

El levantamiento hidrográfico fue llevado a cabo en la lanchas casco tipo Bravo “Soundermax II” y “Soundermax VII”, mediante la utilización de las ecosondas monohaz EA 440SP Kongsberg y Odom Echotrac CVM (Ver Tabla 1).

Tabla 10. Ficha Técnica Lancha tipo “Soundermax II”

LANCHA TIPO BRAVO ARC “SOUNDERMAX II”	
	
CARACTERÍSTICAS	
Desplazamiento:	3 toneladas.
Manga: / Calado:	2.86 m / 0.4 m
Eslora: / Puntal:	9.14 m / 1.82 m
Velocidad de recolección:	5 nudos
Velocidad de desplazamiento:	15 nudos.
EQUIPOS HIDROGRÁFICOS	
Ecosonda multihaz Kongsberg EA440SP; ODOM Echotrac CVM.	Frecuencia 200 kHz, Depth Range 0.5-200 m
Sistema de posicionamiento	Trimble R 7 y R 10
Perfilador de sonido columna de agua	AML MINUS X
Software de adquisición	Hypack 2023



Dirección General Marítima
Autoridad Marítima Colombiana
— Centro de Investigaciones Oceanográficas—
e Hidrográficas del Caribe

“Consolidemos nuestro país marítimo”

Dirección ,
Conmutador (+57) 601 220 0490.
Línea Anticorrupción y Antisoborno 01 8000 911 670
Línea de Atención al Ciudadano 01 8000 115 966
Bogotá (+57) 601 328 6800
dimar@dimar.mil.co - www.dimar.mil.co

1.5 Talento Humano

El personal participante en la planeación, ejecución, procesamiento y coordinación del proyecto se relaciona en la siguiente tabla: (Ver Tabla No. 2)

Tabla 11. Talento Humano

Grado	Nombre	Cargo
CF	José Andrés Díaz Ruíz	Director del CIOH del Caribe
CC	Diana Sánchez Reyes	Jefe Sección de Hidrografía
TN	Omar Sebastián Álvarez Orduz	Jefe Área de Levantamientos
S1MHI	Juan David Santana Mejía	Jefe de Campo
MA1MHI	Hayder Ortega Garizabalo	Hidrógrafo
MA2MHI	Yeison Fernando León Franco	Hidrógrafo
MA2MHI	Darío Cano Montealegre	Hidrógrafo
MA2MHI	Edgar Antonio Rengifo Gómez	Hidrógrafo
Contratista	Dora Smith Zapata Rondón	Procesadora
Contratista	Andres Agudelo Bermúdez	Procesador
Contratista	Marisella Vega Campo	Estructuradora Económica
ASD04	Nelson Iván Benito Barrera	Estructurador Técnico

2. RESUMEN DEL TRABAJO DE CAMPO

2.1 Marco Temporal

La adquisición de datos batimétricos en campo fue desarrollada del 13 al 25 de septiembre de 2023.

3. ADQUISICIÓN DE LA INFORMACIÓN BATIMÉTRICA

3.1 Sistema de Referencia Geodésica

El levantamiento fue realizado en la proyección cartográfica UTM Zona 19 (EPSG 32619), con los siguientes parámetros geodésicos:

Datum Geodésico: WGS84

Elipsoide: WGS84
Semi-eje mayor axis (a) 6.378.137,000 metros

“Consolidemos nuestro país marítimo”

Dirección ,
Conmutador (+57) 601 220 0490.
Línea Anticorrupción y Antisoborno 01 8000 911 670
Línea de Atención al Ciudadano 01 8000 115 966
Bogotá (+57) 601 328 6800
dimar@dimar.mil.co - www.dimar.mil.co



Dirección General Marítima
Autoridad Marítima Colombiana
— Centro de Investigaciones Oceanográficas —
e Hidrográficas del Caribe

Semi-eje menor axis (b) 6.356.752,314 metros
Achatamiento 298,257223563

Proyección: Transverse Mercator
Meridiano Central 69° 00´ N
Latitud de Referencia 00° N
Factor de Escala 0.9996
Falso Este 500.000
Falso Norte 0
Unidades Metros

3.2 Posicionamiento

Para el posicionamiento a bordo de las Lanchas Tipo “Soundermax”, se utilizó el receptor de señal GNSS, R10 y R7 Trimble, estos sistemas reciben corrección diferencial del satélite geostacionario de la constelación MARINESTAR, dando como resultado una precisión subdecimetro (entre 0.07 cm y 0.05 cm).

3.3 Calibración del sistema monohaz

La calibración de las ecosondas monohaz EA 440SP Kongsberg y ODOM ECHOTRAC CVM, se realizó mediante el lanzamiento del perfilador de sonido, que permitió ajustar los valores de este parámetro en la ecosonda en las diferentes profundidades en las cuales fue efectuado el levantamiento.

3.4 Operación Sistema Monohaz

El levantamiento monohaz fue efectuado mediante el software Hypack 2023, utilizando 02 plataformas menores de levantamiento. La metodología consistió en el seguimiento de líneas virtuales diseñadas previamente para cubrir el área de estudio; se adquirió información batimétrica sobre 218 líneas de corrida con rumbo de 181° y 0.01° respectivamente, a una distancia entre líneas de 100 metros y 09 líneas de verificación con rumbo de 91° y 271° respectivamente, a una distancia entre líneas de 1.000 metros. El software de recolección HYPACK 2023, integró los datos de profundidad suministrados por las ecosondas EA 440SP Kongsberg y ODOM ECHOTRAC CVM y los datos de posicionamiento del receptor de señal GNSS Trimble R10 y R7; el operador pudo manipular en la ecosonda parámetros como ganancia y sensibilidad para una mejor adquisición de los datos (ver Figuras 2 y 3).



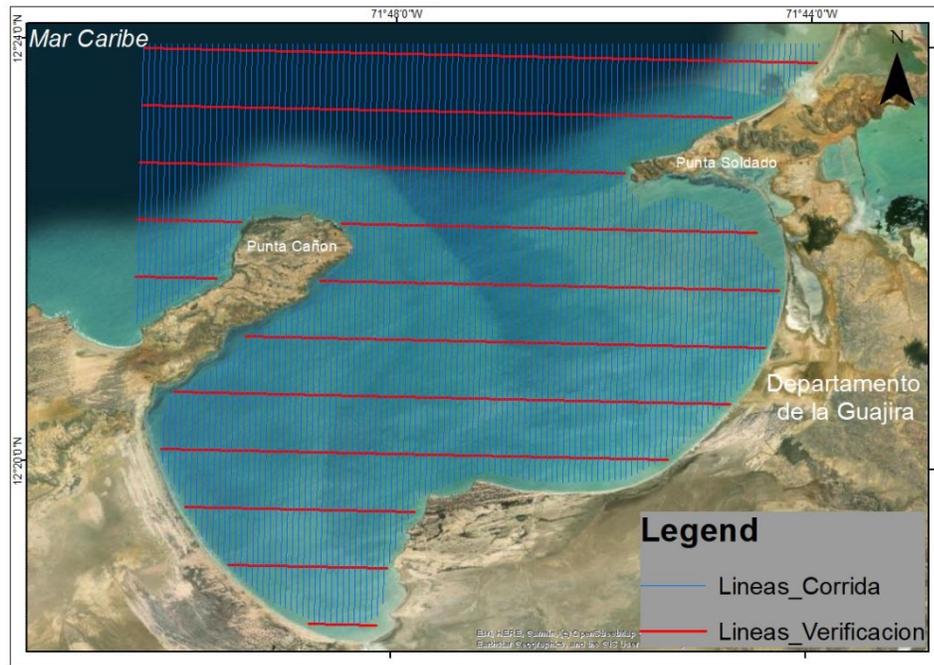


Figura 30 líneas de corrida y verificación planeadas

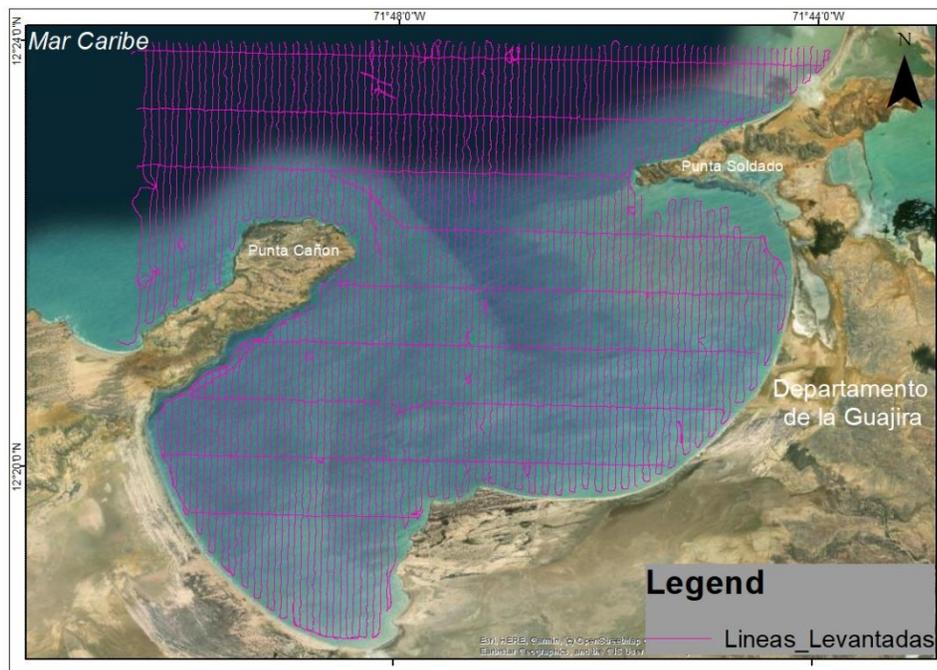


Figura 31 Líneas de Corrida y de Verificación adquiridas



Dirección General Marítima
Autoridad Marítima Colombiana
— Centro de Investigaciones Oceanográficas—
e Hidrográficas del Caribe

“Consolidemos nuestro país marítimo”

Dirección ,
Comutador (+57) 601 220 0490.
Línea Anticorrupción y Antisoborno 01 8000 911 670
Línea de Atención al Ciudadano 01 8000 115 966
Bogotá (+57) 601 328 6800
dimar@dimar.mil.co - www.dimar.mil.co

En total se adquirieron 218 líneas de corrida y 09 líneas de verificación, la velocidad de adquisición estuvo en promedio en 5 nudos.

Es importante anotar que los equipos utilizados en el levantamiento (ecosonda monohaz, sistema de posicionamiento y perfilador de sonido), además del personal de hidrógrafos, cumplen con los parámetros y calificaciones exigidos por la Organización Hidrográfica Internacional OHI.

4. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

En este capítulo se describe el proceso de gabinete de los datos batimétricos adquiridos en el campo, para esta de etapa del proyecto se utilizó el software de procesamiento CARIS HIPS AND SIPS Ver. 11.5.3., software especializado en la edición de información batimétrica.

En el proceso de edición de datos batimétricos brutos, se configuró la embarcación virtual, utilizada en el levantamiento, se cargaron los datos de nivel de agua y de perfil de sonido de la columna de agua, se eliminó el ruido y los datos dudosos y se generaron productos finales establecidos en la oferta de servicios. Para el análisis, la validación y la compilación de datos batimétricos, se utilizó la herramienta Caris Base Editor versión 4.5. (ver Figura 4)

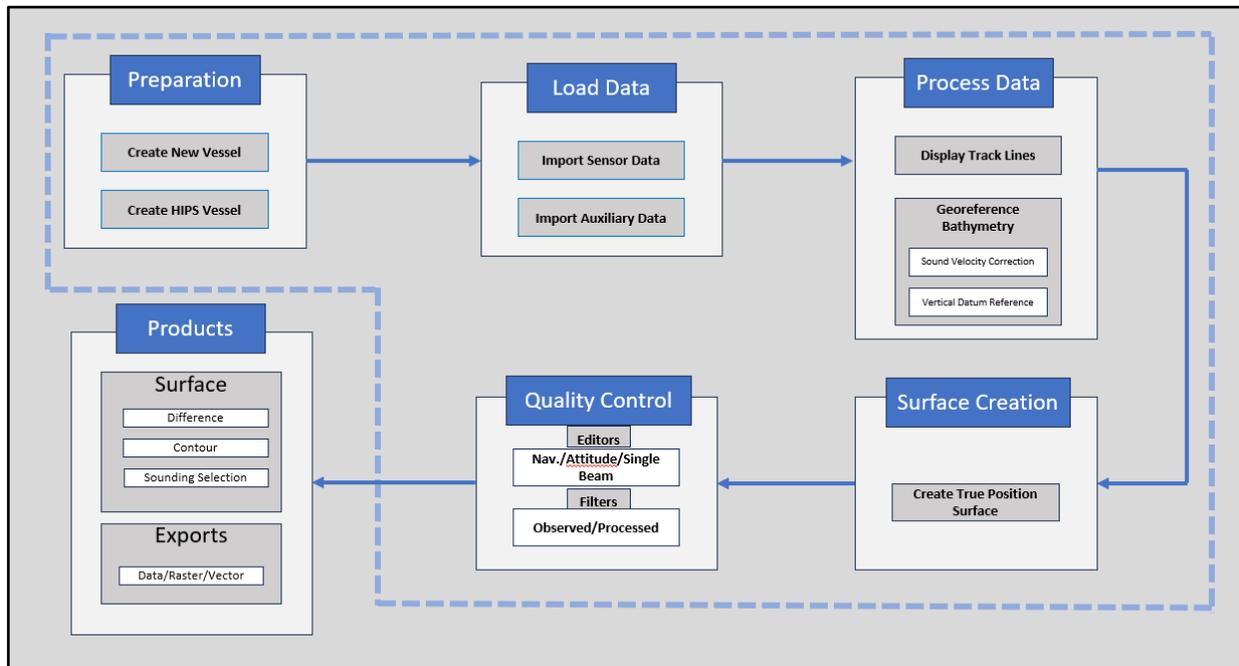


Figura 32. Flujo de Trabajo Procesamiento Monohaz CARIS Hips



4.1 Creación de la Embarcación (Vessel)

Este proceso se llevó a cabo mediante el “Vessel Editor”, herramienta que permite diseñar la embarcación virtual, con las dimensiones reales de las plataformas hidrográficas utilizadas (Lancha Tipo “Soundermax II y VII”); además se configuraron las distancias y ángulos (offsets), tomando como referencia el transductor, con respecto al resto de los equipos periféricos componentes del Sistema monohaz. Como resultado se muestra la configuración de la Lancha Tipo “Soundermax II”. (ver Figura 5)

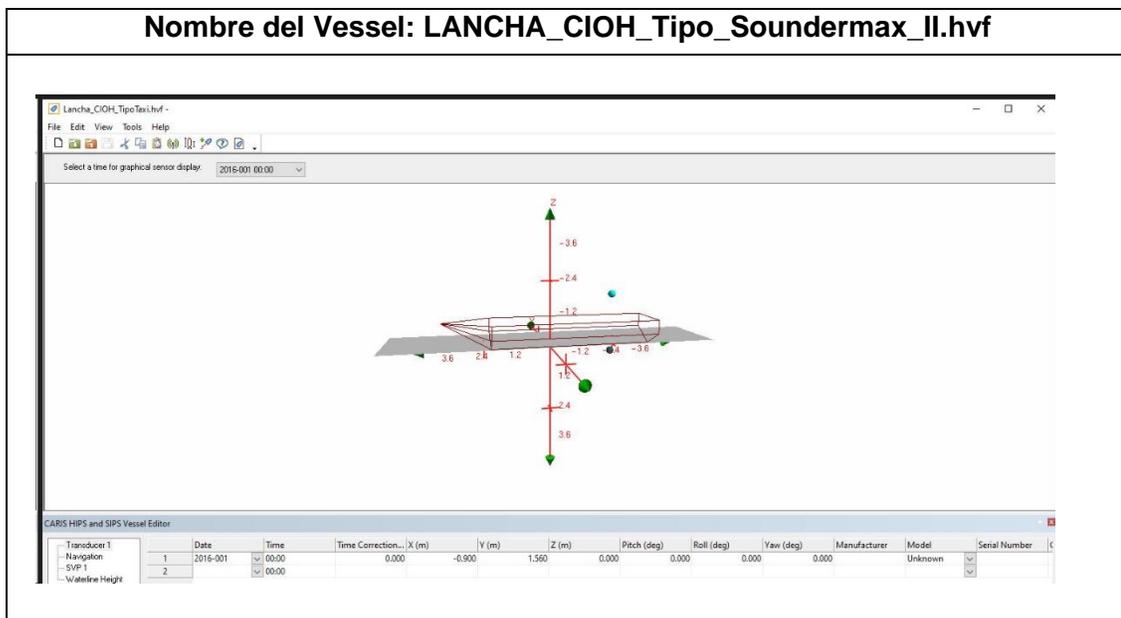


Figura 33. Configuración del Vessel Lancha Tipo “Soundermax II”.

4.2 Creación del Nuevo Proyecto

En esta fase se definió la estructura del proyecto y sus parámetros geodésicos; se creó un proyecto para las líneas 227 adquiridas en formato RAW por las ecosondas Kongsberg EA440SP y ODOM ECHOTRAC CVM:



Dirección General Marítima
Autoridad Marítima Colombiana
— Centro de Investigaciones Oceanográficas —
e Hidrográficas del Caribe

“Consolidemos nuestro país marítimo”

Dirección ,
Conmutador (+57) 601 220 0490.
Línea Anticorrupción y Antisoborno 01 8000 911 670
Línea de Atención al Ciudadano 01 8000 115 966
Bogotá (+57) 601 328 6800
dimar@dimar.mil.co - www.dimar.mil.co

- **Nombre del Proyecto:** BAHIA HONDA_ 2023
- **Elipsoide de referencia:** WGS-84
- **Grilla de proyección utilizada:** UTM Norte, Zona 19

4.3 Conversión de los Datos Brutos

En esta etapa se realizó la conversión de los formatos *.RAW creados por el software de levantamiento HYPACK, al formato de CARIS. El software CARIS separó la información de acuerdo con los periféricos utilizados en el levantamiento (ecosonda, navegación, sensor de movimiento, perfilador de sonido, etc..) y ordenó la información por día juliano, esta clasificación corresponde al número de día consecutivo desde el 01 de enero hasta el último día del año.

Luego de la creación del proyecto y conversión de los datos brutos, la información contenida dentro del proyecto quedó estructurada de la siguiente manera: Background Data, Documentación, Fieldsheets, HDCS_Data, Preprocess, Sesion, SVP, Template, Tide.

4.4 Corrección por velocidad de Sonido

El parámetro de la velocidad de sonido (Sound Velocity Profiler) SVP, fue medido por el sensor AML MINOS, este equipo midió directamente la velocidad de sonido en las diferentes profundidades a lo largo de la columna de agua cuando fue lanzado por la borda mediante un cable guía. Esta información fue utilizada para la calibración de la ecosonda y en la fase de procesamiento de la información para corregir las detecciones adquiridas. Durante el levantamiento se tomaron 06 perfiles de velocidad de sonido, distribuidos espacialmente en el área de estudio (Ver Tabla 3, Figura No. 6).

Tabla 12. Posiciones Perfiles de Sonido

Posición Perfiles de Velocidad de Sonido / Coordenadas Geográficas		
Perfil	Latitud	Longitud
Perfil_1	12° 24' 1'' N	71° 50' 3'' W
Perfil_2	12° 24' 0'' N	71° 46' 2'' W
Perfil_3	12° 23' 18'' N	71° 50' 14'' W
Perfil_4	12° 20' 6'' N	71° 48' 40'' W
Perfil_5	12° 21' 17'' N	71° 45' 02'' W
Perfil_6	12° 22' 56'' N	71° 47' 51'' W



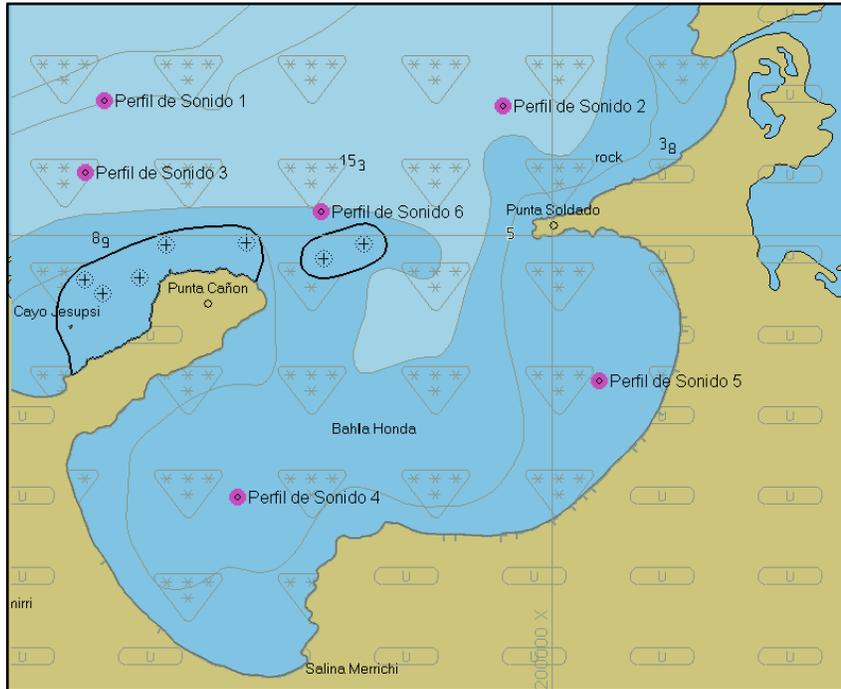


Figura 34. Ubicación Perfiles de Velocidad de Sonido en el área de estudio

4.5 Corrección de nivel de agua

La Información de marea observada fue suministrada por la estación ubicada en Puerto Bolívar. Los sondeos editados fueron reducidos al datum LAT (Lowest Astronomical Tide), (ver Figura 7).

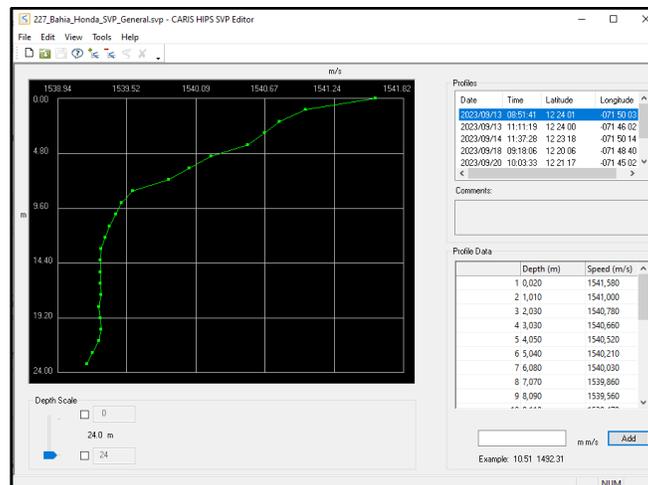


Figura 35. Archivo de marea observada aplicada en el procesamiento de datos monohaz tomado en la posición 12° 24' 01" N, 071° 50' 03" W.



Dirección General Marítima
 Autoridad Marítima Colombiana
 – Centro de Investigaciones Oceanográficas –
 e Hidrográficas del Caribe

“Consolidemos nuestro país marítimo”

Dirección ,
 Comutador (+57) 601 220 0490.
 Línea Anticorrupción y Antisoborno 01 8000 911 670
 Línea de Atención al Ciudadano 01 8000 115 966
 Bogotá (+57) 601 328 6800
 dimar@dimar.mil.co - www.dimar.mil.co

4.6 Mezclado de la información

Este proceso se ejecutó mediante la herramienta “MERGE”, con el fin de que toda la información de sensores auxiliares, ecosonda, posicionamiento, marea y configuración de embarcación sea mezclada y se puedan generar sondeos geo-referenciados.

4.7 Edición de Datos

Los editores que se utilizaron en esta etapa del proceso permitieron verificar por separado el comportamiento de cada uno de los sensores componentes del sistema monohaz, este proceso se realizó para cada una de las líneas generadas durante la adquisición de información.

➤ Edición de la Navegación

Esta etapa se realizó con el editor “NAVIGATION EDITOR” utilizando la opción “Reject With Interpolación”, permitiendo rechazar los puntos de navegación erróneos y la interpolación entre datos correctos.

4.8 Generación de la Superficie Batimétrica

Para la generación de la superficie batimétrica final del levantamiento monohaz, se hizo necesario crear una hoja de campo la cual permitió crear productos finales dentro de su espacio geográfico con los datos procesados.

➤ Creación de la superficie BASE

Para la generación de la superficie monohaz, se utilizó el método Shoalest Depth True Position, a una resolución de 0.5 metros. Este es un algoritmo especial para la generación de superficie monohaz en aguas someras, en la cual se le asigna la posición exacta de la detección (ver figura 8).



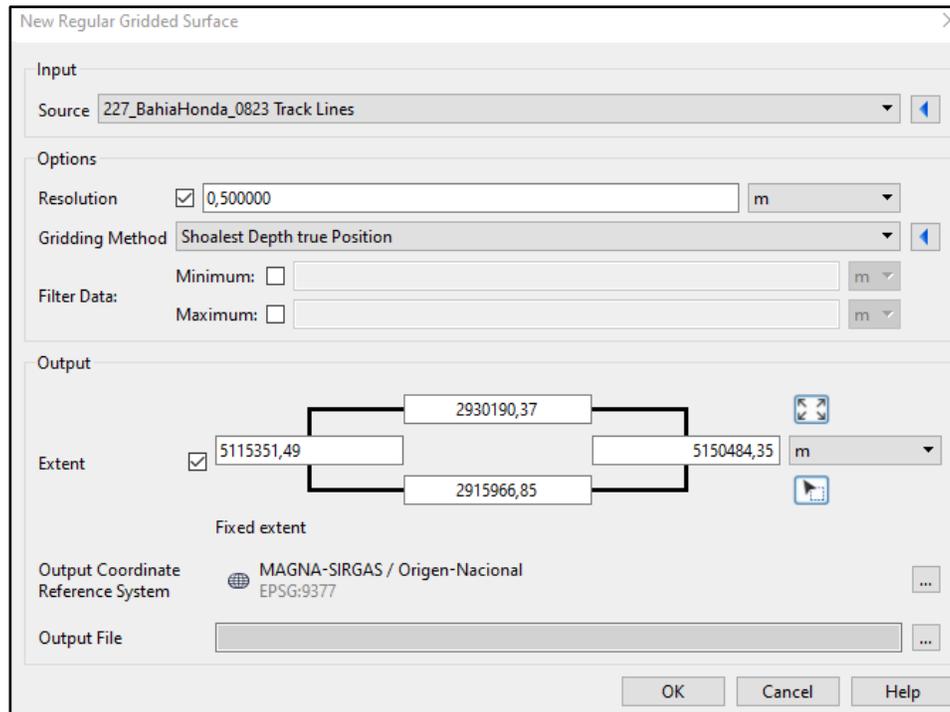


Figura 36. Interfaz de HIPS para la creación de la Superficie, Shoalest Depth True Position.

4.9 Edición Single Beam

Se utilizó el editor “SINGLE BEAM EDITOR” con el cual el procesador realizó una limpieza para cada una de las líneas adquiridas, este editor permitió la eliminación de detecciones falsas utilizando filtros automáticos y de forma manual (ver Figura 9).



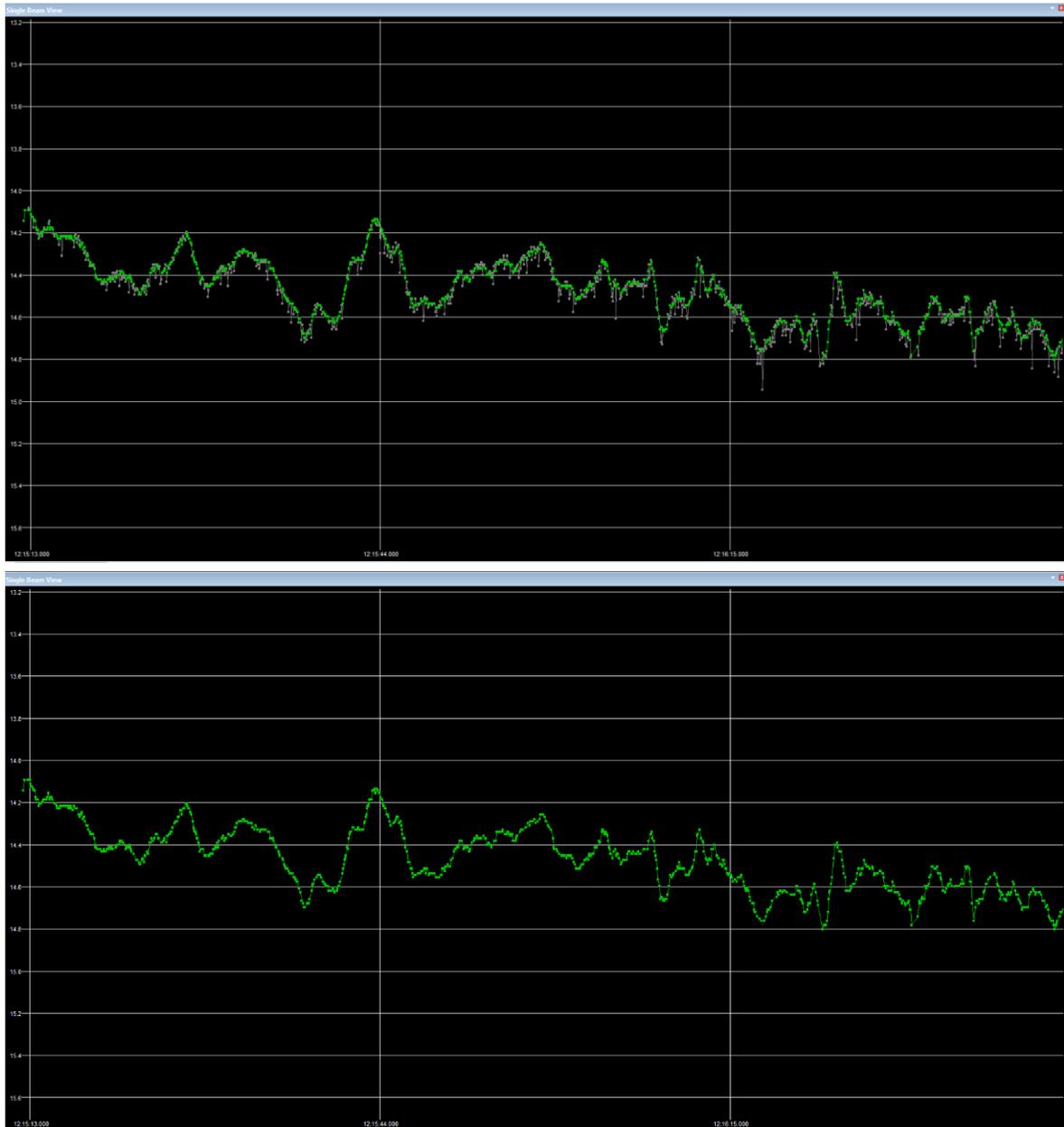


Figura 37. Editor de Single Beam de CARIS. En la imagen superior se aprecia los datos que fueron descartados (color gris), en la imagen inferior se aprecia los datos editados finales.



Dirección General Marítima
Autoridad Marítima Colombiana
— Centro de Investigaciones Oceanográficas—
e Hidrográficas del Caribe

“Consolidemos nuestro país marítimo”

Dirección ,
Conmutador (+57) 601 220 0490.
Línea Anticorrupción y Antisoborno 01 8000 911 670
Línea de Atención al Ciudadano 01 8000 115 966
Bogotá (+57) 601 328 6800
dimar@dimar.mil.co - www.dimar.mil.co

4.10 Editor de Subset

Se utilizó el editor “SUBSET EDITOR” con el cual se realizó una limpieza integral de los datos, agrupando los archivos de las líneas en una superficie, permitiendo rechazar manualmente los datos erróneos, que quedaron después del proceso de edición en el Single Beam; la edición se realizó teniendo en cuenta la configuración general del fondo marino. (ver Figura 10)

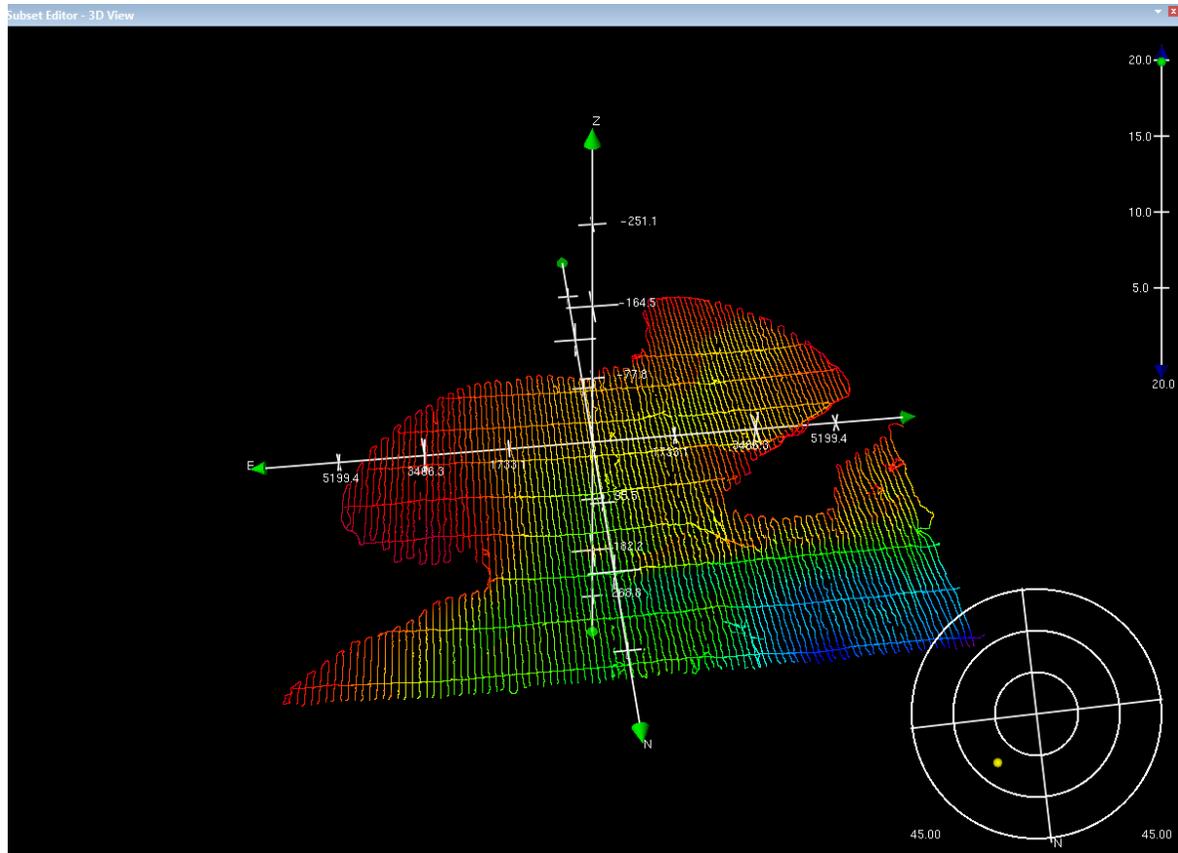


Figura 38. Editor Subset, en donde se puede hacer una limpieza integral de los datos, teniendo en cuenta la configuración del fondo marino.

4.11 Finalización de la Superficie

Una vez terminada la fase de edición de las superficies, se generó una superficie final. A continuación, se presentan las estadísticas más importantes (Ver Tabla 4 y figura No. 11).



Dirección General Marítima
Autoridad Marítima Colombiana
— Centro de Investigaciones Oceanográficas —
e Hidrográficas del Caribe

“Consolidemos nuestro país marítimo”

Dirección ,
Conmutador (+57) 601 220 0490.
Línea Anticorrupción y Antisoborno 01 8000 911 670
Línea de Atención al Ciudadano 01 8000 115 966
Bogotá (+57) 601 328 6800
dimar@dimar.mil.co - www.dimar.mil.co

Tabla 13. Estadísticas Superficie Bahía Honda.

Superficie Batimétrica área general - sector Bahía Honda	
Área	80.1 km ²
Profundidad Mínima	0.67 metros
Profundidad máxima	29.26 metros, en la zona marítima, fuera de Bahía Honda
Ancho promedio de la huella acústica	0.62m
Algoritmo para la generación de la Superficie	Shoalest Depth True Position
Resolución Horizontal sobre la línea de levantamiento	0.5 metros

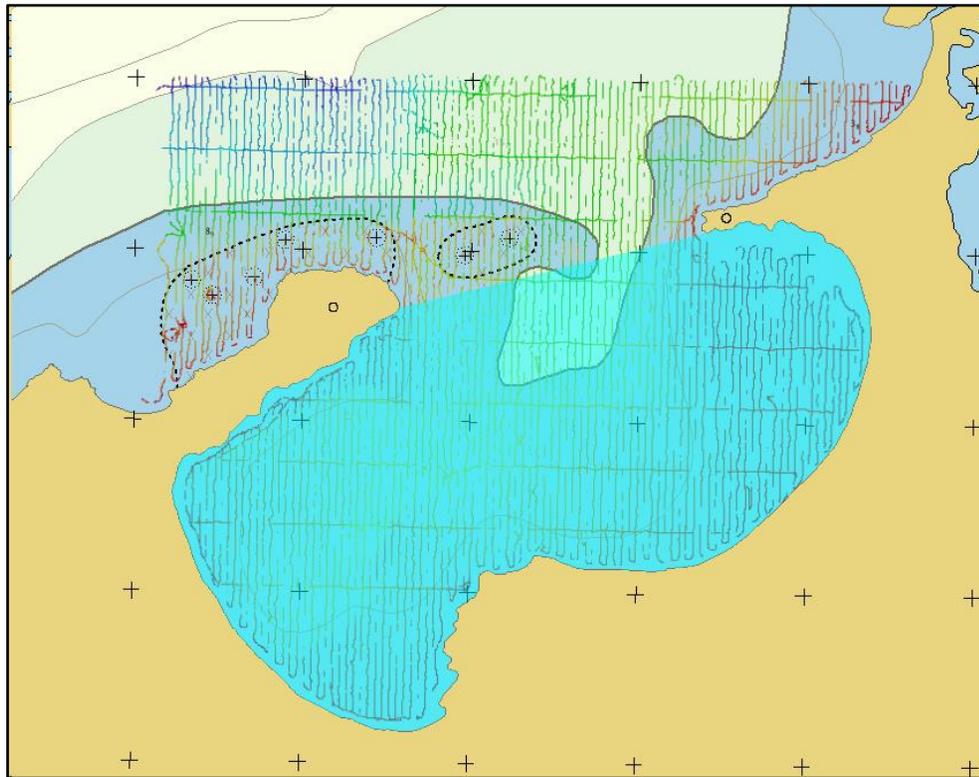


Figura 39. Superficie General del Proyecto.



Dirección General Marítima
Autoridad Marítima Colombiana
– Centro de Investigaciones Oceanográficas –
e Hidrográficas del Caribe

“Consolidemos nuestro país marítimo”

Dirección ,
Conmutador (+57) 601 220 0490.
Línea Anticorrupción y Antisoborno 01 8000 911 670
Línea de Atención al Ciudadano 01 8000 115 966
Bogotá (+57) 601 328 6800
dimar@dimar.mil.co - www.dimar.mil.co

4.12 Análisis Hidrográfico

Las aguas de Bahía Honda entran y salen en un ancho de 4.992 metros entre Punta Cañón y Punta Soldado, al interior de la bahía se presentan profundidades promedio de 8.5 metros, identificándose la zona más profunda en la parte oeste (W) de la Bahía, con 9.5 metros de profundidad en promedio y encontrando el punto de mayor profundidad en 14.3 metros, ubicados en la posición X: 5132500,26 W; Y: 2924945.20 N, en la entrada de este cuerpo de agua. En el sector Este (E) de Bahía Honda, las profundidades son relativamente más someras, con un promedio de profundidades de 4.8 metros.

Con el fin de conocer el comportamiento de las profundidades en la bahía interna, se generaron 02 transeptos (Perfil 1 y Perfil 2), orientados desde el ancho de la entrada en dirección a la costa (Ver figura 12), de los cuales se presenta el análisis correspondiente a continuación:

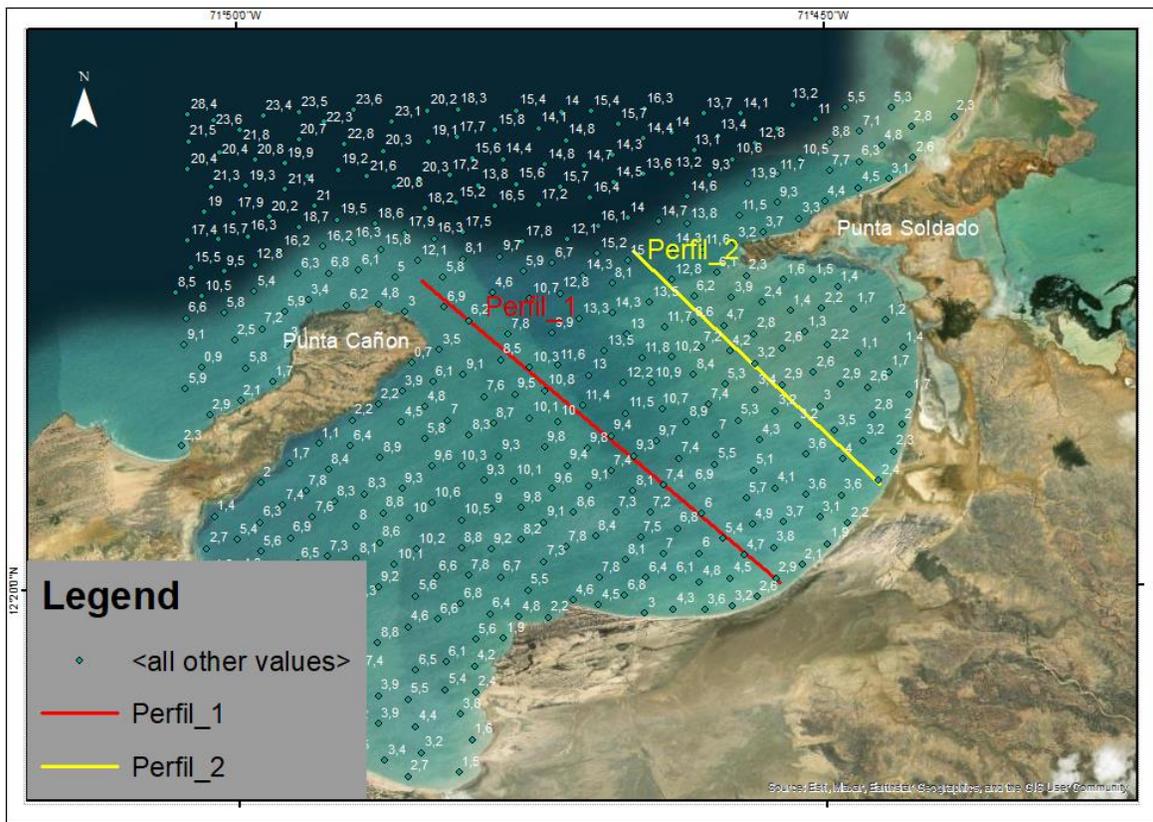


Figura 40. Perfiles de Profundidad generados sobre Bahía Honda

“Consolidemos nuestro país marítimo”

Dirección ,
 Conmutador (+57) 601 220 0490.
 Línea Anticorrupción y Antisoborno 01 8000 911 670
 Línea de Atención al Ciudadano 01 8000 115 966
 Bogotá (+57) 601 328 6800
 dimar@dimar.mil.co - www.dimar.mil.co



Dirección General Marítima
 Autoridad Marítima Colombiana
 – Centro de Investigaciones Oceanográficas –
 e Hidrográficas del Caribe

Perfil No. 1.

Coordenadas planas de Inicio: X: 5129623,60 W; Y: 2925944,37 N

Coordenadas planas finales: X: 5135135,27 W, Y: 2921302,05 N

Longitud: 7.206,2 metros

Azimut: 130,1°

El perfil inicia con una profundidad de 9 metros, a continuación, se torna irregular pasando de 8 metros a 11 metros de profundidad para luego alcanzar un pico de 6.2 metros, esto en los primeros 1.000 metros desde su inicio; inmediatamente baja hasta los 11 metros de profundidad; a partir de este punto el perfil es un poco más regular manteniendo profundidades entre 10 y 11 metros. Luego desde una distancia aproximada de 3.600 metros desde su inicio, va disminuyendo la profundidad en una pendiente promedio de 0.18%, hasta el final del transepto en donde alcanza una profundidad de 2.8 metros.

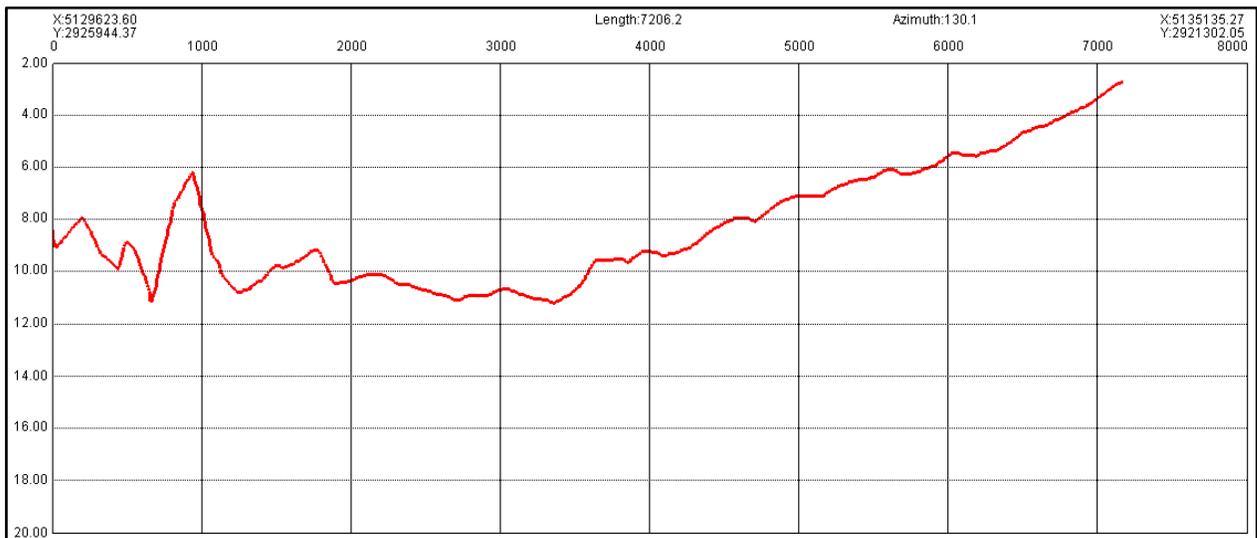


Figura 41. Perfil No. 1.



Dirección General Marítima
 Autoridad Marítima Colombiana
 – Centro de Investigaciones Oceanográficas
 e Hidrográficas del Caribe

“Consolidemos nuestro país marítimo”

Dirección ,
 Conmutador (+57) 601 220 0490.
 Línea Anticorrupción y Antisoborno 01 8000 911 670
 Línea de Atención al Ciudadano 01 8000 115 966
 Bogotá (+57) 601 328 6800
 dimar@dimar.mil.co - www.dimar.mil.co

Perfil No. 2.

Coordenadas planas de Inicio: X: 5132874,96 W; Y: 2926413.82 N

Coordenadas planas finales: X: 5136665.32 W, Y: 2922814.71 N

Longitud: 5.226,9 metros

Azimut: 133.5°

Este perfil es un poco más regular, no existe un cambio extremo en la profundidad, inicia con una profundidad de 15,3 metros en la entrada de la bahía interna, disminuyendo rápidamente en una pendiente de 0.47% en promedio, hasta una distancia desde su inicio de 2.600 metros, en donde alcanza una profundidad de 3,0 metros. A partir de esta coordenada las profundidades se mantienen entre los 3.5 metros en promedio, para luego aumentar hasta los 4 metros, a una distancia de 4.600 metros desde su inicio. Posteriormente, las profundidades disminuyen hasta los 2.5 metros justo al final del perfil.

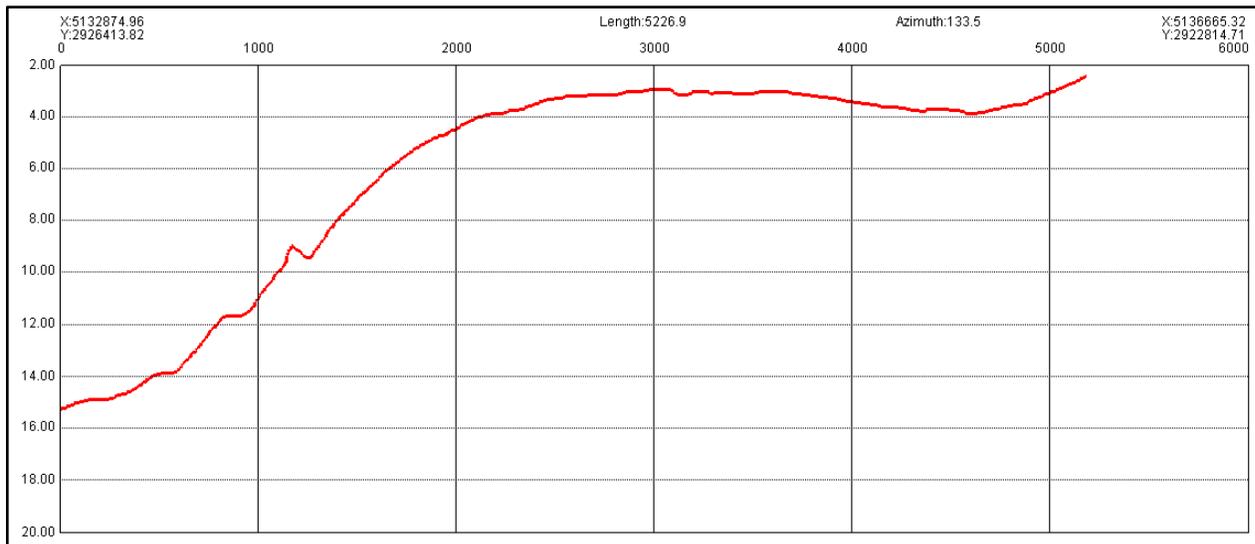


Figura 42. Perfil No. 2.



Dirección General Marítima
Autoridad Marítima Colombiana
— Centro de Investigaciones Oceanográficas —
e Hidrográficas del Caribe

“Consolidemos nuestro país marítimo”

Dirección ,
Conmutador (+57) 601 220 0490.
Línea Anticorrupción y Antisoborno 01 8000 911 670
Línea de Atención al Ciudadano 01 8000 115 966
Bogotá (+57) 601 328 6800
dimar@dimar.mil.co - www.dimar.mil.co

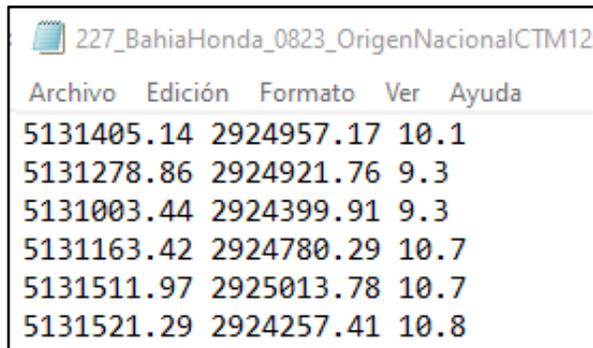
5. PRODUCTOS GENERADOS

A continuación, se describen los diferentes productos generados de acuerdo con los entregables relacionados en la cláusula novena del contrato interadministrativo No. 23001300 H3 AEROCIVIL - DIMAR de 2023. Los productos digitales generados están referidos al sistema de proyección Origen Único Nacional CTM-12 (EPSG 9377), este sistema de proyección tiene los siguientes parámetros geodésicos:

Datum Geodésico:	GRS-80	
Elipsoide:	GRS-80	
	Semi-eje mayor axis (a)	6.378.137,000 metros
	Semi-eje menor axis (b)	6.356.752,314 metros
	Achatamiento	298,2572221
Proyección:	Transverse Mercator	
	Meridiano Central	073° W
	Latitud de Referencia	04° N
	Factor de Escala	0.9992
	Falso Este	5.000.000
	Falso Norte	2.000.000
	Unidades	Metros

5.1 Archivo en formato XYZ.

A través del software CARIS HIPS and SIPS, se generó 01 archivo digital en formato XYZ, referidos al sistema de proyección Origen Único Nacional, en coordenadas planas y profundidades en metros con signo positivo a una resolución a escala de la salida grafica 1: 20.000, es decir a 100 m de resolución horizontal (ver Figura 15).



Archivo	Edición	Formato	Ver	Ayuda
5131405.14	2924957.17	10.1		
5131278.86	2924921.76	9.3		
5131003.44	2924399.91	9.3		
5131163.42	2924780.29	10.7		
5131511.97	2925013.78	10.7		
5131521.29	2924257.41	10.8		

Figura 43. Estructura del Archivo en Formato XYZ (resolución de 100 m), visto en un editor de texto; en las dos primeras columnas se relacionan las coordenadas planas y en la tercera columna la profundidad en metros con signo positivo.

6. CONCLUSIONES

- Se cumplió con el 100% de la caracterización hidrográfica en el área correspondiente al sector de Bahía Honda en el Departamento de la Guajira de acuerdo con el Contrato No. 23001300 H3 AEROCIVIL-DIMAR.
- La DIMAR, mediante su portafolio de servicios, se convierte en un aliado estratégico para otras instituciones del estado, mediante la generación de información técnica especializada que sirve de base para la toma de decisiones en los proyectos que estas entidades llevan a cabo.
- Se sugieren áreas de fondeo cercanas a la zona de estudio cuya profundidad sea igual o mayor a 4 m; teniendo en cuenta el calado de la embarcación tipo BDA de 1.5 m, más un factor de seguridad de 2.5 m. Sin embargo, la maniobra queda a potestad del comandante de la BDA.
- Se sugiere el perfil N°2, como una opción para que el Buque de Desembarco Anfibio BDA realice la aproximación a la costa. Sin embargo, la maniobra queda a potestad del comandante de la BDA.

7. REFERENCIAS

- Normas de la OHI para los Levantamientos Hidrográficos, 6ª edición septiembre de 2020.
- Manual del Sistema Monohaz Kongsberg EA440SP.
- Manual del Sistema Monohaz ODOM ECHOTRAC CVM.
- Manual de Hypack 2023.
- Manual CARIS HIPS and SIPS Ver. 11.5.3.



Dirección General Marítima
Autoridad Marítima Colombiana
— Centro de Investigaciones Oceanográficas —
e Hidrográficas del Caribe

“Consolidemos nuestro país marítimo”

Dirección ,
Conmutador (+57) 601 220 0490.
Línea Anticorrupción y Antisoborno 01 8000 911 670
Línea de Atención al Ciudadano 01 8000 115 966
Bogotá (+57) 601 328 6800
dimar@dimar.mil.co - www.dimar.mil.co

COMPONENTE III

**RELACIÓN DE ENTREGABLES ZONA COSTERA CARACTERIZACIÓN LITORAL
EN EL ÁREA DE ESTUDIO (BAHIÁ HONDA)**

**REALIZAR LA CARACTERIZACIÓN OCEANOGRÁFICA, CLIMATOLÓGICA,
HIDROGRÁFICA Y LITORAL EN EL ÁREA CORRESPONDIENTE AL SECTOR DE BAHÍA
HONDA EN EL DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA.**

Contrato Interadministrativo No. 23001300 H3, suscrito entre **LA AERONAÚTICA CIVIL y
MINISTERIO DE DEFENSA NACIONAL – DIRECCION GENERAL MARÍTIMA -DIMAR**



Ministerio de Defensa Nacional
Dirección General Marítima
Autoridad Marítima Colombiana

Dirección General Marítima
Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del
Caribe (CIOH)
CARTAGENA 2023



Dirección General Marítima
Autoridad Marítima Colombiana
— Centro de Investigaciones Oceanográficas—
e Hidrográficas del Caribe

“Consolidemos nuestro país marítimo”

Dirección ,
Conmutador (+57) 601 220 0490.
Línea Anticorrupción y Antisoborno 01 8000 911 670
Línea de Atención al Ciudadano 01 8000 115 966
Bogotá (+57) 601 328 6800
dimar@dimar.mil.co - www.dimar.mil.co

Entregables Zona Costera

La Sección Manejo Integrado de Zona Costera, realizó la caracterización litoral para Bahía Honda; se levantó la línea de costa y veinte (20) perfiles de playa. En cada uno de los perfiles de playa se tomaron dos muestras de sedimentos para un total de cuarenta (40) muestras, que fueron analizadas en el laboratorio de geología del CIOH. Con base en los resultados obtenidos se entrega:

- ✓ 01 carpeta que contiene los archivos Shapefile con la Línea costa levantada Bahía Honda puntos, del área de estudio.
- ✓ 01 carpeta que contiene los archivos Shapefile con la Línea costa Bahía Honda línea, del área de estudio.
- ✓ 01 carpeta que contiene los archivos Shapefile de los perfiles de playa levantados Bahía Honda puntos, del área de estudio.
- ✓ 01 carpeta que contiene los archivos Shapefile de los perfiles de playa levantados Bahía Honda línea, del área de estudio.
- ✓ 01 archivo Excel con resultados del postproceso de línea de costa levantada.
- ✓ 01 archivo Excel de los perfiles de playa levantados.
- ✓ 01 archivo Excel con resultados del postproceso de los perfiles levantados.
- ✓ Reporte de análisis granulométrico por tamizaje.
- ✓ Reporte de análisis de Calcimetría.



Dirección General Marítima
Autoridad Marítima Colombiana
— Centro de Investigaciones Oceanográficas —
e Hidrográficas del Caribe

“Consolidemos nuestro país marítimo”

Dirección ,
Conmutador (+57) 601 220 0490.
Línea Anticorrupción y Antisoborno 01 8000 911 670
Línea de Atención al Ciudadano 01 8000 115 966
Bogotá (+57) 601 328 6800
dimar@dimar.mil.co - www.dimar.mil.co