	Estudio Oceanográfico y Meteorológico Proyecto 18-804-CONADES Licitación por Mejor Valor 2017-0-03-0-10-LV-024549	IC-ING-F-06-08
		VV. 01. 20-Dic-2012

ESTUDIO OCEANOGRÁFICO Y METEOROLÓGICO

“Estudio, Diseño y Construcción de obras para: El desarrollo de dos puentes peatonales marinos entre la isla Mulatupu y tierra firme y, entre la isla San Ignacio de Tupile y la isla Miria; un muro de protección rompeolas y área techada de cinco Tumbas de los ancestros en isla Miria; gazebo y restauración del monumento al Brigadier Inabaginya en isla Mulatupu”

Licitación por Mejor Valor 2017-0-03-0-10-LV-024549

Identificación de Proyecto: 18-804-CONADES

Presentado por:


INGENIERÍA CONTINENTAL, S.A. (ICONSA)

Plaza Fortuna, local 74M, Avenida José Domingo Díaz

Panamá, República de Panamá


Tel. 271-1824 • Fax. 271-1828

0	8/Mayo/2019	FINAL	CL/AAV	JB/FM
NO. REV.	DÍA	DESCRIPCION	PREPARADO	REVISADO

 ICONSA INGENIERÍA CONTINENTAL S.A.	Estudio Oceanográfico y Meteorológico Proyecto 18-804-CONADES Licitación por Mejor Valor 2017-0-03-0-10-LV-024549	IC-ING-F-06-08
		VV. 01. 20-Dic-2012


Contenido

1.	Introducción	4
1.1.	Alcance del proyecto	4
1.2.	Objetivos	4
1.3.	Sistema de unidades	4
1.4.	Nivel de Referencia y Sistema de Coordenadas.....	4
2.	Información del sitio	5
2.1.	Localización del sitio	5
2.2.	Batimetría	5
3.	Consideraciones meteorológicas.....	6
3.1.	Tipo de Clima.....	6
3.2.	Precipitación.....	6
4.	Consideraciones Oceanográficas	8
4.1.	Salinidad.....	8
4.2.	Nivel de marea	8
4.3.	Incremento en el nivel medio del mar.....	10
4.4.	Oleajes.....	11
4.5.	Corrientes	12
4.6.	Vientos	14
4.7.	Clasificación de la línea de costa	15
5.	Referencias.....	16
6.	Anexo fotográfico	17

	Estudio Oceanográfico y Meteorológico Proyecto 18-804-CONADES Licitación por Mejor Valor 2017-0-03-0-10-LV-024549	IC-ING-F-06-08
		VV. 01. 20-Dic-2012

Lista de Figuras

Figura 1. Localización del sitio.....	5
Figura 2. Diagrama histórico de lluvias en la zona de Ailigandi, Comarca de San Blas.	7
Figura 3. Diagrama histórico de lluvias en la zona de Mulatupu, Comarca de San Blas.	7
Figura 4. Mapa de salinidad de la superficie del mar. [1].....	8
Figura 5. Organización Internacional de Hidrografía – estación de monitoreo de marea en Panamá en el Océano Atlántico. (Estación de Cristóbal se muestra en rojo).....	9
Figura 6. Ejemplo de data de marea para la estación de Cristóbal, para un mes (01-01-2019 al 01-02-2019)	10
Figura 7. Modelo del incremento del nivel medio del mar. [3]	11
Figura 8. Rosa de oleajes	12
Figura 9. Mapa del Océano Atlántico. Circulación de las corrientes principales.	13
Figura 10. Rosa de vientos.....	14
Figura 11. Relación general entre el rango de marea y la altura de olas y su relación con la morfología de la costa. (Adaptado de [4]).....	15
Figura 12. Ubicación de la boya utilizada como fuente para los datos utilizados en las consideraciones ambiental. La distancia entre la zona del proyecto y la boya es de aproximadamente 720km.	17
Figura 13. Puente que conecta la Isla de Mulatupu con tierra firme.....	18
Figura 14. Foto del área del proyecto en la Isla de Mulatupu.....	18
Figura 15. Foto de la zona donde se planea construir el puente en Isla Miria.	19
Figura 16. Foto del oleaje en la zona donde se planea construir el puente. Isla Miria.	19
Figura 17. Zona donde se realizará la protección costera. Isla Miria.....	20
Figura 18. Zona donde se realizará la protección costera. Isla Miria.....	20
Figura 19. Foto del oleaje en Isla Miria.	21
Figura 20. Zona donde se realizará la protección costera. Isla Miria.....	21
Figura 21. Zona donde se realizará la protección costera. Isla Miria.....	22
Figura 22. Zona donde se realizará la protección costera. Isla Miria.....	22
Figura 23. Zona donde se realizará la protección costera. Isla Miria.....	23
Figura 24. Equipo utilizado para realizar el estudio batimétrico de la zona entre las Islas San Ignacio de Tupile e Isla Miria.....	23

	Estudio Oceanográfico y Meteorológico Proyecto 18-804-CONADES Licitación por Mejor Valor 2017-0-03-0-10-LV-024549	IC-ING-F-06-08
		VV. 01. 20-Dic-2012

1. Introducción

El proyecto queda descrito en su propio título: “Estudio, Diseño y Construcción de obras para: El desarrollo de dos puentes peatonales marinos entre la isla Mulatupu y tierra firme y, entre la isla San Ignacio de Tupile y la isla Miria; un muro de protección rompeolas y área techada de cinco Tumbas de los ancestros en isla Miria; gazebo y restauración del monumento al Brigadier Inabaginya en isla Mulatupu”.

1.1. Alcance del proyecto

Se pueden listar las obras a ejecutar de esta manera:

1. Puente peatonal marino entre la isla Mulatupu y tierra firme
2. Puente peatonal marino entre la isla San Ignacio de Tupile e isla Miria
3. Muro de protección rompeolas y área techada de cinco Tumbas de los ancestros en isla Miria
4. Gazebo y restauración del monumento al brigadier Inabaginya en isla Mulatupu

1.2. Objetivos

Este documento presenta todos los aspectos físicos de la zona marina donde se llevará a cabo este proyecto. Adicionalmente, se presentan las consideraciones meteorológicas de la zona. Este documento debe ser leído en conjunto con el pliego de cargos presentado por el cliente.

1.3. Sistema de unidades


Para este proyecto se utilizará el sistema internacional (SI) de medidas.

1.4. Nivel de Referencia y Sistema de Coordenadas

El nivel de referencia tanto aguas adentro como en la costa es el Chart Datum (CD), donde:

CD = MLLW (Mean Lower Low Water)

Todas las coordenadas del levantamiento topográfico y batimetría serán con respecto al sistema WGS-84.

	Estudio Oceanográfico y Meteorológico Proyecto 18-804-CONADES Licitación por Mejor Valor 2017-0-03-0-10-LV-024549	IC-ING-F-06-08
		VV. 01. 20-Dic-2012

2. Información del sitio

2.1. Localización del sitio

El proyecto se encuentra localizado en el archipiélago de San Blas, Comarca de Guna Yala, Panamá. No hay acceso por carretera a ninguno de los dos sitios.

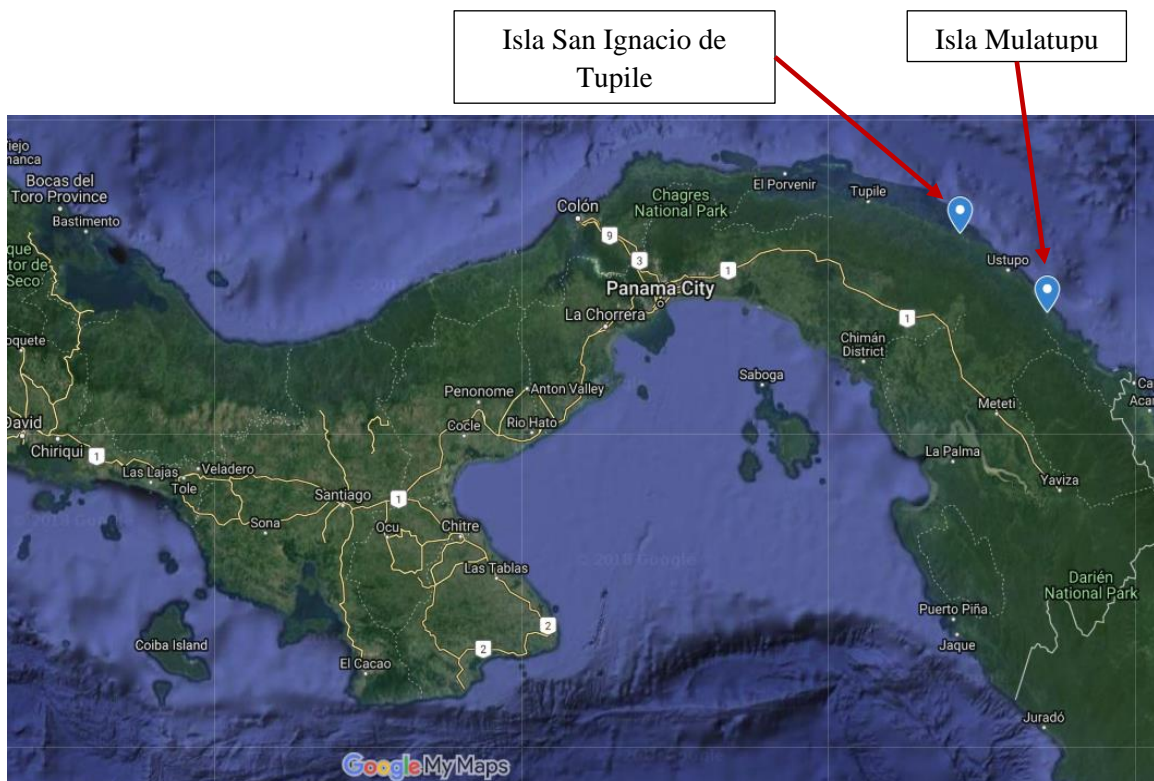



Figura 1. Localización del sitio.

2.2. Batimetría

El contratista ejecuto un estudio de batimetría de la zona. En el caso de San Ignacio, el levantamiento se realizó utilizando una sonda con tecnología de radar en combinación con equipo de posicionamiento global satelital (GPS). El contratista cuenta con equipo tecnológico y personal especializado en la ejecución, procesamiento e interpretación de este tipo de estudios. En el caso de Mulatupu, el calado no amerito la utilización de la sonda. La medición se realizó con bastones en conjunto con una estación total o nivel de precisión.

El resultado de los estudios batimétricos de las zonas se anexa a este documento.

 ICONSA <small>INGENIERÍA CONTINENTAL S.A.</small>	Estudio Oceanográfico y Meteorológico Proyecto 18-804-CONADES Licitación por Mejor Valor 2017-0-03-0-10-LV-024549	IC-ING-F-06-08
		VV. 01. 20-Dic-2012

3. Consideraciones meteorológicas

Para el desarrollo de esta sección, se utilizó la información climática obtenida de la estación de Ailigandi y la estación de Mulatupu en la comarca Guna Yala. Estas estaciones son manejadas por la dirección de hidrometeorología de ETESA.

Tabla 1. Datos de las estaciones hidrometeorológica

Nº	Nombre	Provincia	Elevación (m)	Coordenadas UTM		
				Este	Norte	Zona
121-005	Ailigandi	Comarca Guna Yala	10	826005.6	1022004.1	17
121-006	Mulatupu	Comarca Guna Yala	2	197027.9	989689.5	18

3.1. Tipo de Clima

Para realizar una clasificación climática del área del proyecto, nos basamos en la clasificación climática de Köppen. Este sistema de clasificación establece zonas climáticas, y dentro de ellas, tipos de precipitación y temperatura.

Según los mapas mundiales de clasificación climática, anexos al final de este documento, Panamá está catalogado dentro del sistema climático ecuatorial y según las precipitaciones cae dentro de la categoría de húmedo (monsoonal) y muy húmedo. En la zona del proyecto, se observó un **clima Tropical húmedo (Ami)** con temperaturas anual promedio de 27° C, y nunca es menor a 20° C.

3.2. Precipitación

La temporada seca dura aproximadamente 3 meses, desde enero hasta marzo, en ambas zonas y la temporada lluviosa (9 meses) se extiende desde abril hasta diciembre. La zona tiene una precipitación promedio anual de 178.7 mm¹, registrados en la estación de Ailigandi y una precipitación anual promedio de 106.3mm², registrados en la estación de Mulatupu. Ambas estaciones pertenecen a la dirección de hidrometeorología de ETESA. En la gráfica de la Figura 2 y Figura 3 se muestra la variación de los valores anuales de cada estación.

¹ Valores de la estación meteorológica Ailigandi (121-005). Dirección de Hidrometeorología de ETESA.

² Valores de la estación meteorológica Mulatupu (121-006). Dirección de Hidrometeorología de ETESA.

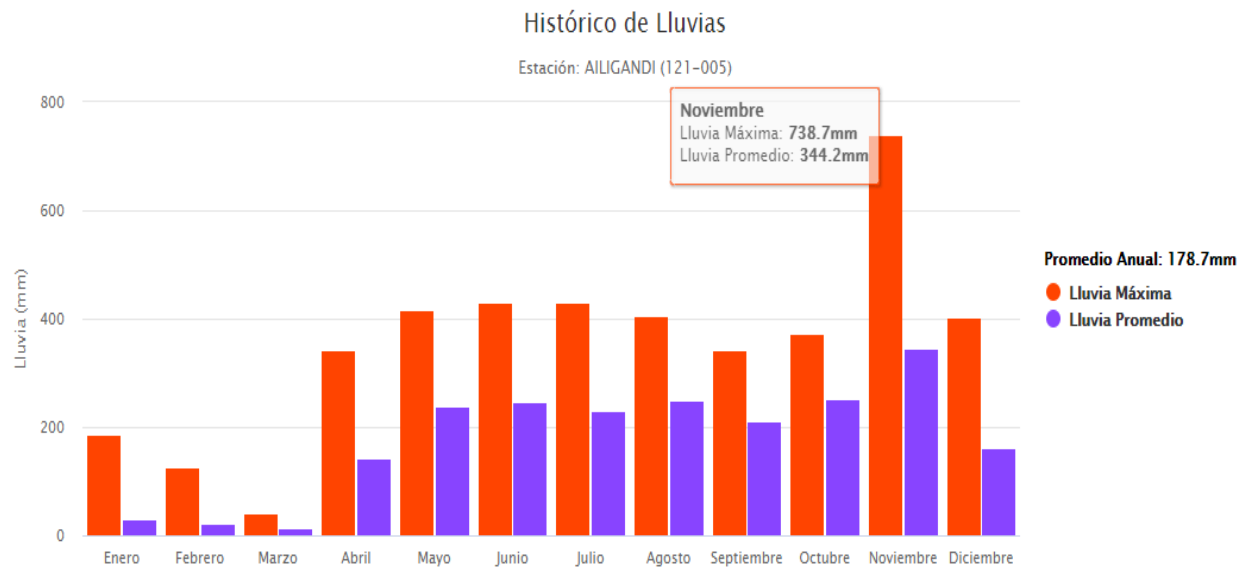


Figura 2. Diagrama histórico de lluvias en la zona de Ailigandi, Comarca de San Blas.

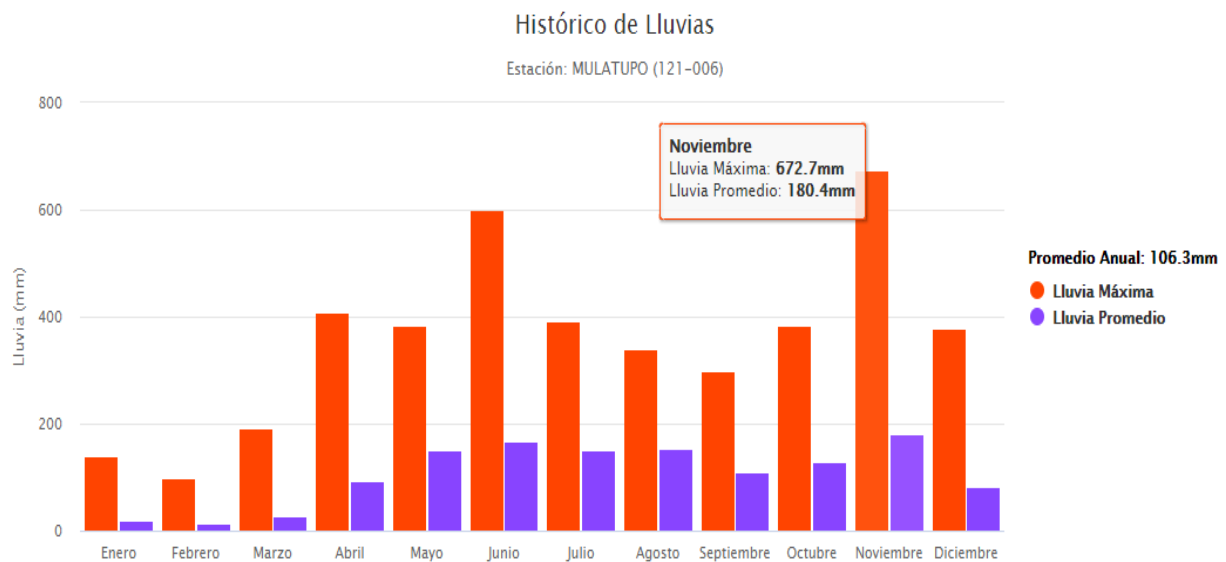


Figura 3. Diagrama histórico de lluvias en la zona de Mulatupo, Comarca de San Blas.

4. Consideraciones Oceanográficas

4.1. Salinidad

El nivel de salinidad, medido en PSU, se tomó de los mapas mundiales de salinidad generados por la NASA. Para el área del Caribe, el mapa muestra un valor promedio aproximado de:

- Salinidad 36 PSU

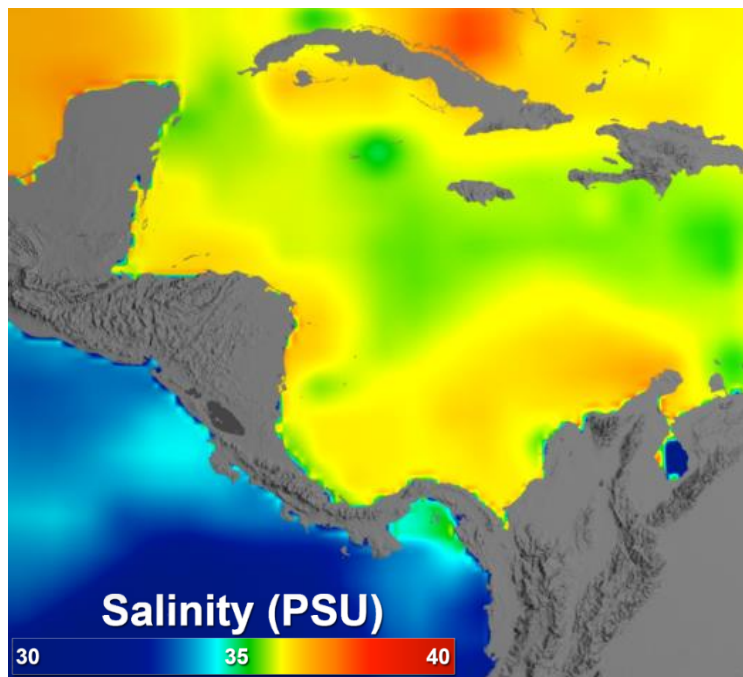



Figura 4. Mapa de salinidad de la superficie del mar. [1]

4.2. Nivel de marea

En la mayoría de los mares y estuarios, una variación periódica (subir y bajar) del nivel de la superficie del agua se puede observar. Esto se conoce como marea astronómica vertical y tiene un periodo aproximado de 12 horas y 25 min. [2]

Tabla 2. Niveles de mareas

Marea	Nivel (m)
MHHW	+ 0.56
MSL	+ 0.06
PDL	0.00
MLW	- 0.12
MLLW	- 0.38

 ICONSA <small>INGENIERÍA CONTINENTAL S.A.</small>	Estudio Oceanográfico y Meteorológico Proyecto 18-804-CONADES Licitación por Mejor Valor 2017-0-03-0-10-LV-024549	IC-ING-F-06-08
		VV. 01. 20-Dic-2012

Para la información sobre los niveles de marea, se tomó como referencia los niveles de la estación de Cristóbal (Atlántico) de la Autoridad del Canal de Panamá (ACP). Todos los niveles están medidos con referencia al “Precise level datum” (PLD) de la ACP el cual está a +0.12 m por encima del CD. En la Tabla 2, se presentan los niveles de mareas extremos históricos medidos en la región del Atlántico.

Existen dos diferentes fuentes de data de mareas disponibles: estaciones locales que miden la marea y modelos globales. En la Figura 5, se muestran todas las estaciones de la Organización Internacional de Hidrografía (IHO) a lo largo de la República de Panamá; y la Figura 6, muestra un ejemplo de la data de marea de la estación de Cristóbal. En el ejemplo, se muestra un mes de señal medido desde el 01-01-2019 al 01-02-2019. En la Tabla se muestran las componentes principales (amplitud y ángulo de fase) de la estación de Cristóbal.

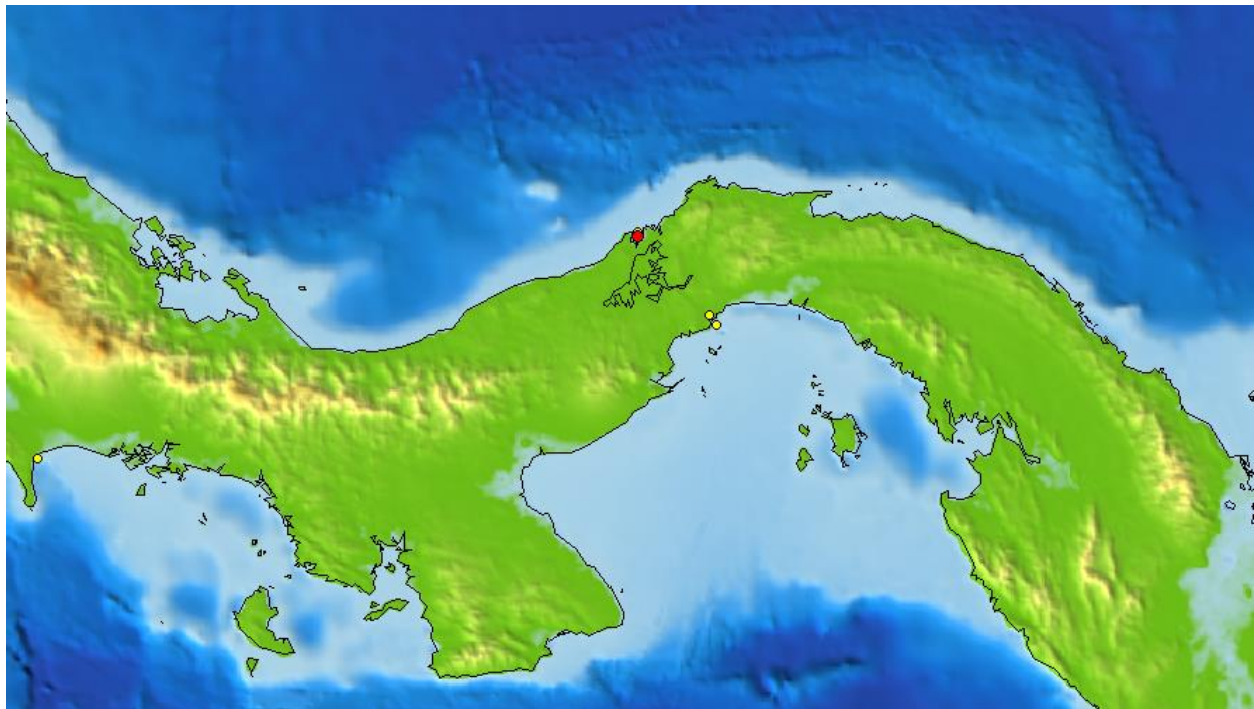


Figura 5. Organización Internacional de Hidrografía – estación de monitoreo de marea en Panamá en el Océano Atlántico. (Estación de Cristóbal se muestra en rojo)

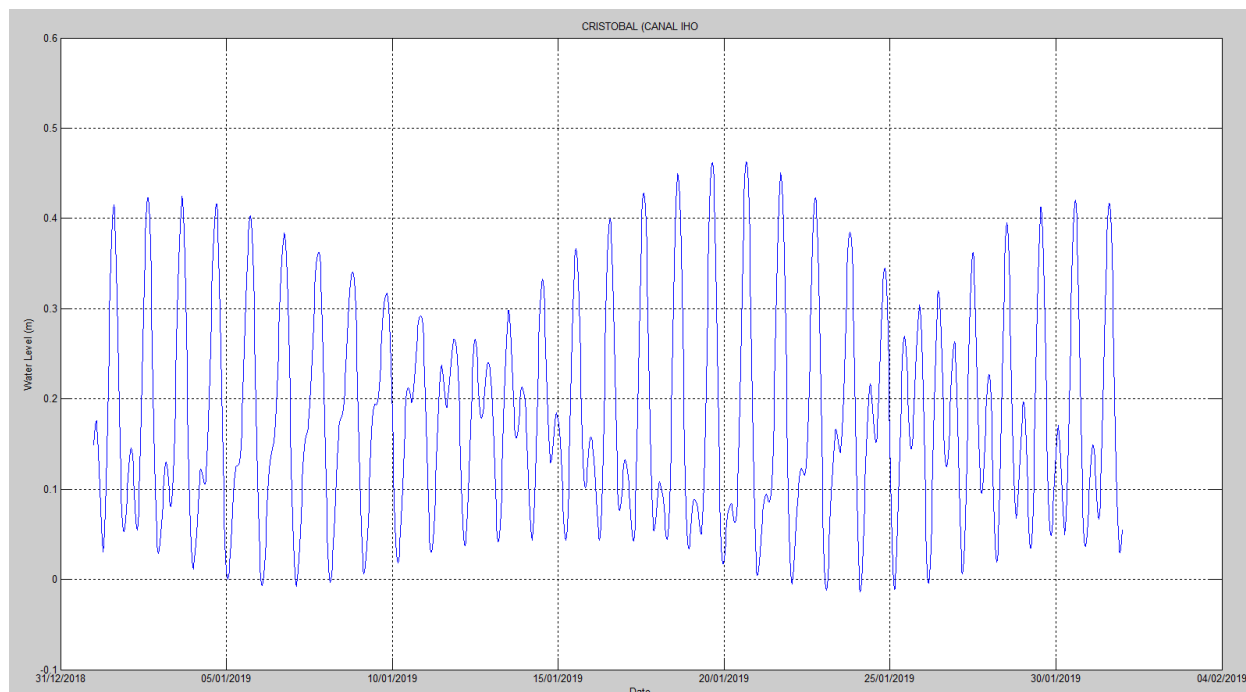


Figura 6. Ejemplo de data de marea para la estación de Cristóbal, para un mes (01-01-2019 al 01-02-2019)

Tabla 2. Componentes principales de la estación de Cristóbal

Constituyentes	Amplitud (m)	Angulo de Fase (deg)
K1	0.1120	237.9
M2	0.0820	173.8
O1	0.0590	239.9
P1	0.0370	237.9
N2	0.0160	173.8
S2	0.0150	354.8
Q1	0.0110	239.9
K2	0.0040	354.8

4.3. Incremento en el nivel medio del mar

El incremento en el nivel medio del mar se debe principalmente a la expansión térmica del océano y al deshielo de los glaciares; ambas relacionadas, según expertos, con el incremento en la temperatura media global.

Al final de la vida útil del proyecto, el incremento en el nivel medio del mar se tomará como 0.55 m utilizando como referencia el valor medio del modelo RCP6.0 para el año 2100.

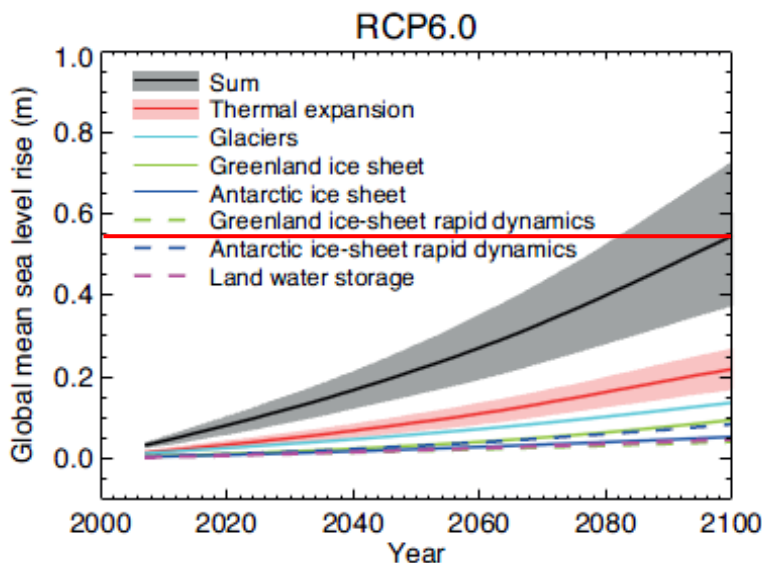


Figura 7. Modelo del incremento del nivel medio del mar. [3]

4.4. Oleajes

El estudio de oleaje tiene como objetivo establecer los valores de diseño, altura significativa de ola y periodo pico, que son característicos de la zona del proyecto. El oleaje de toda la región del mar Caribe varía por influencia de la velocidad y duración de los vientos en la zona.

El oleaje que incide en las costas del archipiélago de San Blas se genera principalmente por la influencia de los vientos locales, los cuales generan olas pequeñas con periodos cortos (4 a 8 s). Esta zona también se ve afectada por oleajes que tienen una generación remota, es decir, provenientes del mar caribe y se caracterizan por tener una altura de ola mayor y periodos más largos (8 a 15 s).

Para las condiciones de servicio, los valores de la altura de olas significativa y el periodo pico se tomaron con un porcentaje de ocurrencia mayor al 90%, tomando como referencia la información obtenida de una estación ubicada en el área del mar caribe.³ Los valores de altura de ola significativa y periodo pico se muestran en la Tabla 3. Para una mejor visualización de las alturas de ola significativa y su ocurrencia, se presenta una rosa de oleajes en la Figura 8.

Tabla 3. Altura de ola y periodo pico

Altura de olas significativa (m)	2.69
Altura de olas promedio (m)	1.9
Periodo Pico (s)	9.5
Longitud de Onda (m)	140.9
Velocidad de fase (m/s)	14.8

³ Station 42058 – Central Caribbean – 210 NM S SE of Kingston, Jamaica. National Data Buoy Center.

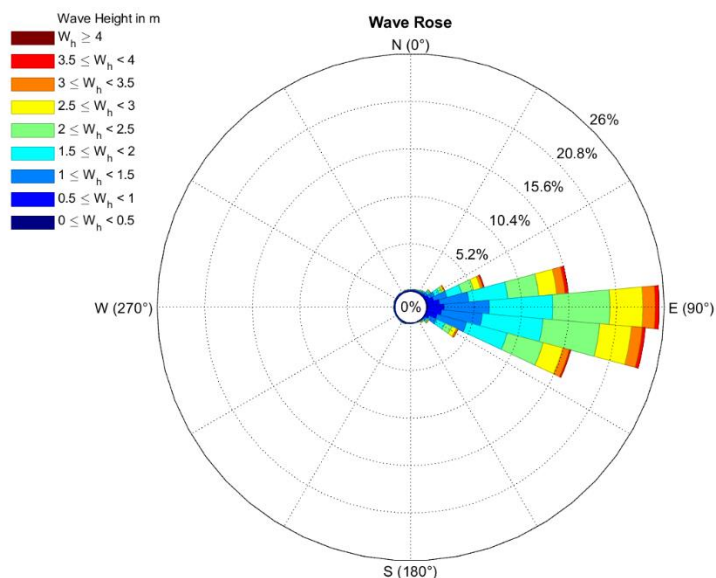


Figura 8. Rosa de oleajes

4.5. Corrientes

Las corrientes son el movimiento horizontal del agua. Generalmente, este movimiento se asocia con el movimiento vertical de la marea; en pleamar cuando la marea sube y en bajamar cuando la marea baja, esto se conoce como corriente de marea. Las corrientes provenientes de los ríos se pueden generar por diferencia de densidad entre el agua salada y el agua dulce. Otro tipo de corriente son las corrientes superficiales por viento; este tipo de corriente son menos común ya que usualmente se da bajo condiciones de viento extremo y sostenidos; usualmente van desde 1% a 3% de la velocidad del viento.

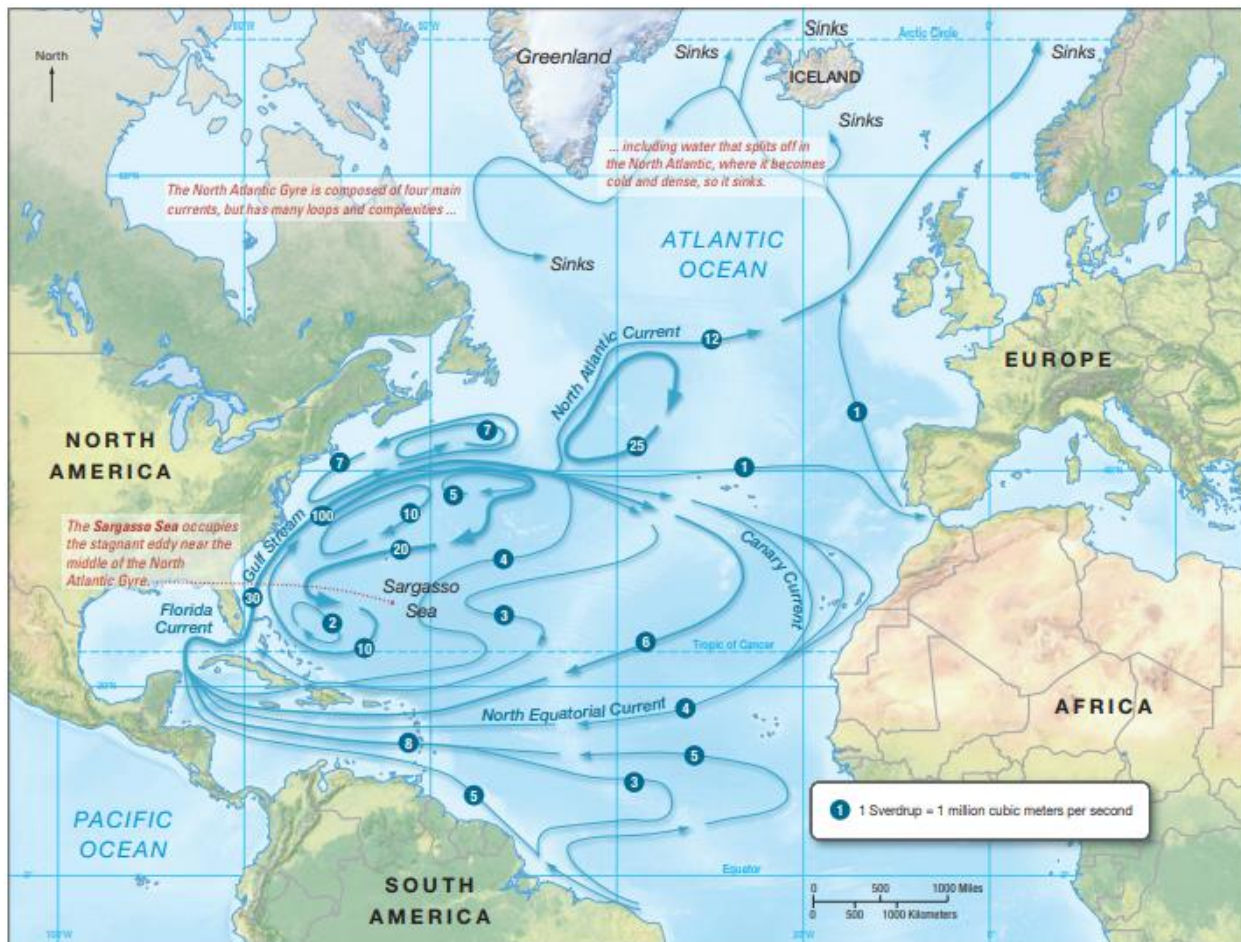


Figura 9. Mapa del Océano Atlántico. Circulación de las corrientes principales.

En el océano atlántico existen cuatro corrientes principales como se muestran en la Figura 9; ninguna de estas corrientes influye sobre las costas del Caribe de la República de Panamá por lo que no se consideran significativas en la zona del archipiélago de San Blas.

Debido a que la variación de la marea en la zona del caribe es de alrededor de 0.60 m, se considera que las corrientes asociadas a las mareas no son significativas en esta zona. De manera similar, las corrientes asociadas a los ríos no se tomarán en cuenta, ya que cerca de la zona del proyecto no desemboca ningún río que pueda afectar de manera significativa las mareas. Solo se consideran significativas las corrientes superficiales productos de los vientos.

Las corrientes utilizadas para el diseño se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 4. Corrientes

Item	Condiciones de Servicio	Condiciones Extremas
Corriente (m/s)	0.6	1.7

4.6. Vientos

La velocidad de viento para un periodo de retorno de 50 años es 56.4 m/s para las condiciones extremas, según un análisis de extremos que se realizó utilizando datos de una estación ubicada en el área del mar caribe.⁴

La condición extrema en el REP 2014 se atiende diseñando para un viento con un periodo de retorno de 50 años, mayorado en un 60% adicional (multiplicado por 1.6). En el atlántico, el REP 2014 establece una velocidad básica del viento de 140 km/hr (38.9 m/s) que una vez mayorado equivale a a 224 km/hr (62.1 m/s). Las velocidades de vientos que serán aplicadas en el diseño se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 5. Velocidades de viento

	Condiciones de Servicio	Condiciones Extremas (análisis histórico)	Condición Extrema (REP 2014 1.6W)
Velocidad de viento (m/s) Ráfaga de 5 segundos	19.5 (70.2 km/hr)	56.4 (203 km/hr)	62 (224 km/hr)

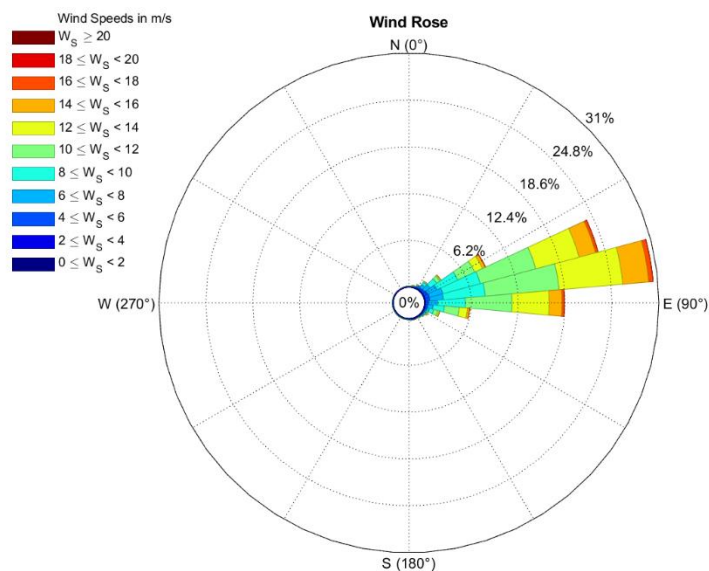


Figura 10. Rosa de vientos

⁴ Station 42058 – Central Caribbean – 210 NM S SE of Kingston, Jamaica. National Data Buoy Center.

4.7. Clasificación de la línea de costa

Las costas se pueden clasificar en tres grandes grupos dependiendo del proceso físico que sea sometida la línea de costa. Según el proceso que las domine, las costas se clasifican en: dominadas por la marea, dominada por las olas y mixtas, es decir zonas en las que existe un balance entre oleaje y mareas en términos de energía. Esta clasificación se realiza en función del rango de marea, la altura de ola y su relación con la morfología de la costa. [4]

En el archipiélago de San Blas, el rango de marea varía entre 0.5 m a 0.6 m y la altura de ola promedio es 1.9 m, por lo cual la zona clasifica como una **zona dominada por el oleaje**.

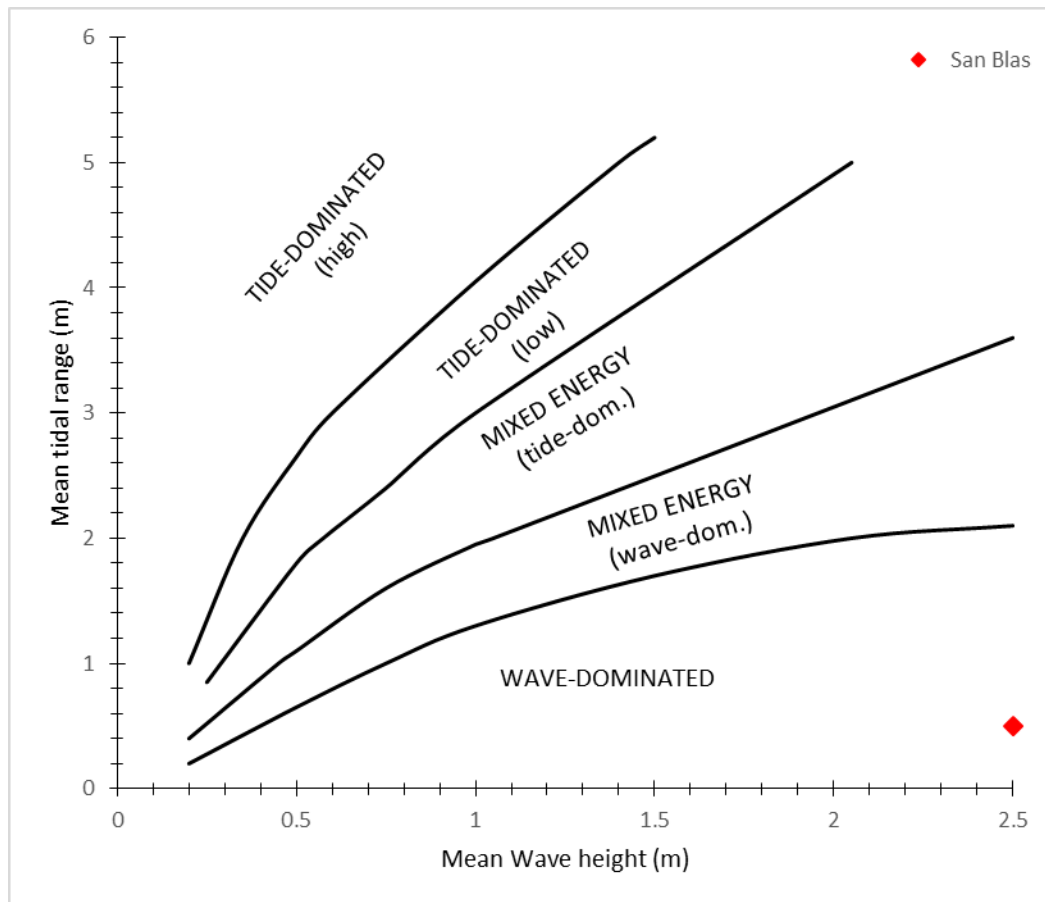




Figura 11. Relación general entre el rango de marea y la altura de olas y su relación con la morfología de la costa. (Adaptado de [4])

	Estudio Oceanográfico y Meteorológico Proyecto 18-804-CONADES Licitación por Mejor Valor 2017-0-03-0-10-LV-024549	IC-ING-F-06-08
		VV. 01. 20-Dic-2012

5. Referencias

- [1] Scientific Visualization Studio (SVS), “Sea Surface Salinity Map,” 2015. [Online]. Available: <https://svs.gsfc.nasa.gov/cgi-bin/details.cgi?aid=4234>.
- [2] A. Roos, *Tides and Tidal Currents*. Delft: IHE-Delft, 1997.
- [3] T. Stocker *et al.*, “IPCC, 2013: Climate Change: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change,” 2013.
- [4] R. A. Davis and M. O. Hayes, “What is a wave-dominated coast?,” vol. 60, pp. 313–329, 1984.

	Estudio Oceanográfico y Meteorológico Proyecto 18-804-CONADES Licitación por Mejor Valor 2017-0-03-0-10-LV-024549	IC-ING-F-06-08 VV. 01. 20-Dic-2012
--	--	---------------------------------------

6. Anexo fotográfico

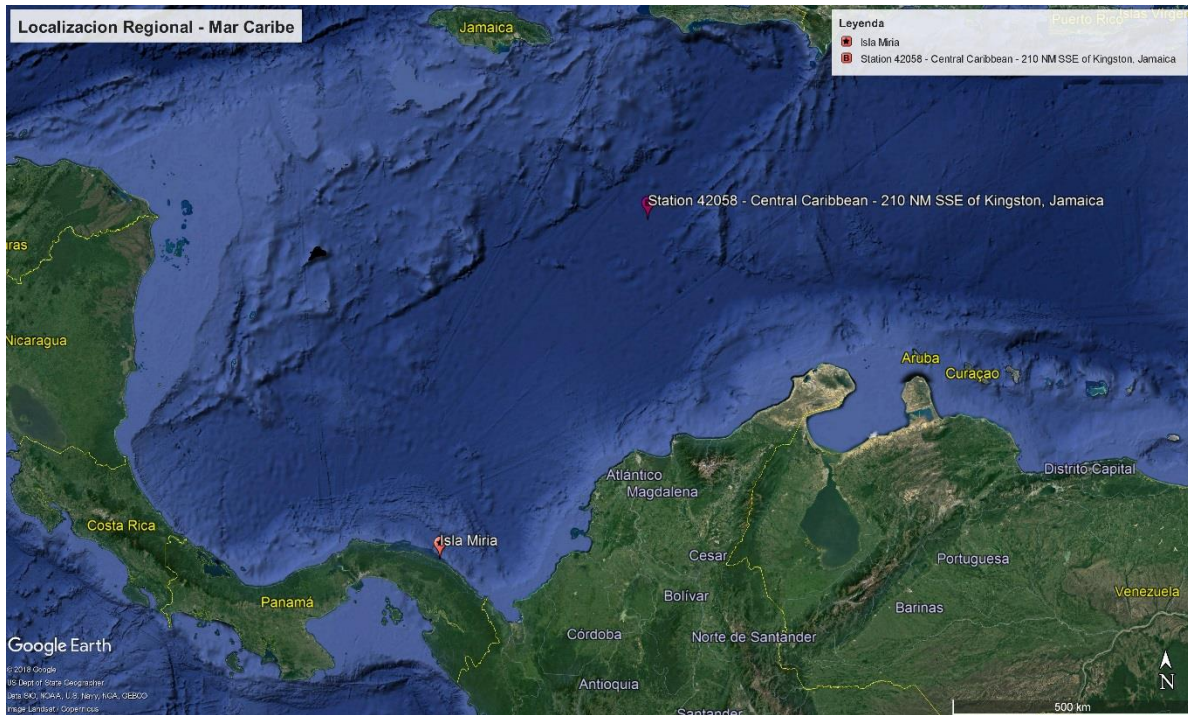


Figura 12. Ubicación de la boya utilizada como fuente para los datos utilizados en las consideraciones ambiental. La distancia entre la zona del proyecto y la boya es de aproximadamente 720km.



Figura 13. Puente que conecta la Isla de Mulatupu con tierra firme.



Figura 14. Foto del área del proyecto en la Isla de Mulatupu.


	Estudio Oceanográfico y Meteorológico Proyecto 18-804-CONADES Licitación por Mejor Valor 2017-0-03-0-10-LV-024549	IC-ING-F-06-08
		VV. 01. 20-Dic-2012



Figura 15. Foto de la zona donde se planea construir el puente en Isla Miria.



Figura 16. Foto del oleaje en la zona donde se planea construir el puente. Isla Miria.


	Estudio Oceanográfico y Meteorológico Proyecto 18-804-CONADES Licitación por Mejor Valor 2017-0-03-0-10-LV-024549	IC-ING-F-06-08
		VV. 01. 20-Dic-2012



Figura 17. Zona donde se realizará la protección costera. Isla Miria



Figura 18. Zona donde se realizará la protección costera. Isla Miria


	Estudio Oceanográfico y Meteorológico Proyecto 18-804-CONADES Licitación por Mejor Valor 2017-0-03-0-10-LV-024549	IC-ING-F-06-08
		VV. 01. 20-Dic-2012



Figura 19. Foto del oleaje en Isla Miria.



Figura 20. Zona donde se realizará la protección costera. Isla Miria


	Estudio Oceanográfico y Meteorológico Proyecto 18-804-CONADES Licitación por Mejor Valor 2017-0-03-0-10-LV-024549	IC-ING-F-06-08
		VV. 01. 20-Dic-2012



Figura 21. Zona donde se realizará la protección costera. Isla Miria



Figura 22. Zona donde se realizará la protección costera. Isla Miria


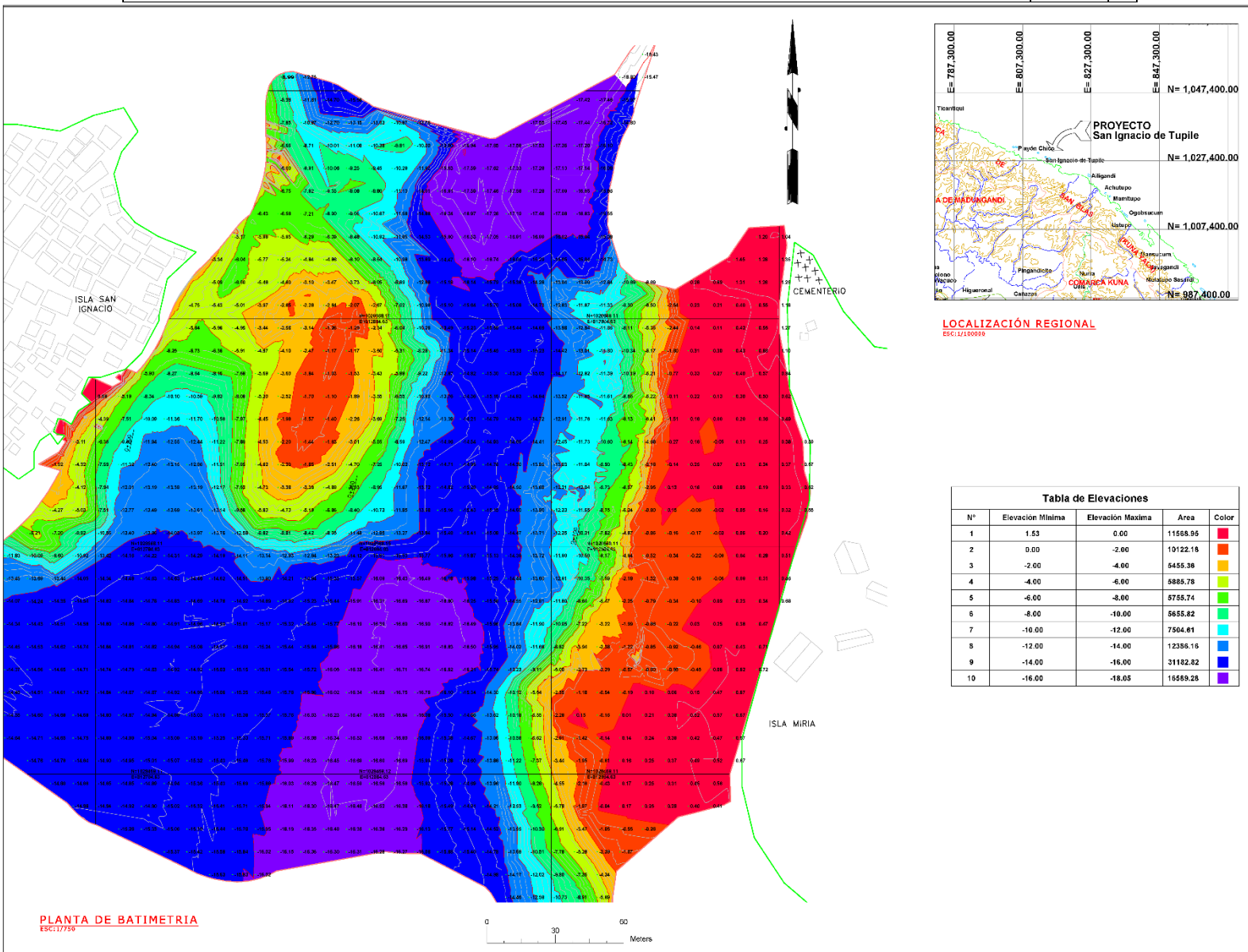
	Estudio Oceanográfico y Meteorológico Proyecto 18-804-CONADES Licitación por Mejor Valor 2017-0-03-0-10-LV-024549	IC-ING-F-06-08
		VV. 01. 20-Dic-2012



Figura 23. Zona donde se realizará la protección costera. Isla Miria

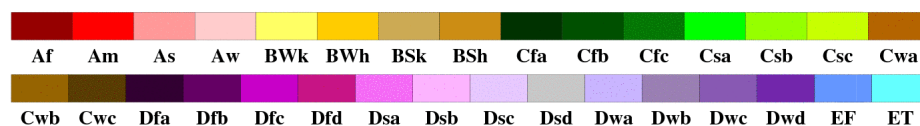


Figura 24. Equipo utilizado para realizar el estudio batimétrico de la zona entre las Islas San Ignacio de Tupile e Isla Miria.



World Map of Köppen–Geiger Climate Classification

projected using IPCC A1FI Tyndall SC 2.03 temperature and precipitation scenarios, period 2001 to 2025



Main climates

A: equatorial
B: arid
C: warm temperate
D: snow
E: polar

Precipitation

W: desert
S: steppe
f: fully humid
s: summer dry
w: winter dry
m: monsoonal

Temperature

h: hot arid
k: cold arid
a: hot summer
b: warm summer
c: cool summer
d: extremely continental
F: polar frost
T: polar tundra

