

 <b>ICONSA</b> INGENIERÍA CONTINENTAL, S.A.	<b>Criterios del Diseño</b> <i>Proyecto 18-804-CONADES</i> <i>Licitación por Mejor Valor</i> <b>2017-0-03-0-10-LV-024549</b>	IC-ING-F-06-08
		VV. 01. 20-Dic-2012

## CRITERIOS DEL DISEÑO

**“Estudio, Diseño y Contrucción 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	7/Feb/2019	FINAL	CL/CS/AAV	JB/FM
NO. REV.	DÍA	DESCRIPCION	PREPARADO	REVISADO

 <b>ICONSA</b> <small>INGENIERÍA CONTINENTAL S.A.</small>	<b>Criterios del Diseño</b> <i>Proyecto 18-804-CONADES</i> <i>Licitación por Mejor Valor</i> <b>2017-0-03-0-10-LV-024549</b>	IC-ING-F-06-08
		VV. 01. 20-Dic-2012

## Contenido

1.	Introducción .....	4
1.1.	Alcance del proyecto .....	4
1.2.	Objetivos .....	5
1.3.	Sistema de unidades .....	5
1.4.	Nivel de Referencia y Sistema de Coordenadas.....	5
2.	Parámetros del análisis.....	5
2.1.	Códigos y normativa .....	5
3.	Información del sitio .....	6
3.1.	Localización del sitio .....	6
3.2.	Concepto de Diseño de Puente de isla San Ignacio de Tupile a isla Miria .....	8
3.3.	Alineamiento de los puentes .....	9
3.4.	Periodo de retorno .....	9
3.5.	Batimetría .....	10
3.6.	Antecedentes geológicos y geotécnicos. ....	10
3.7.	Consideraciones ambientales .....	12
3.7.1.	Salinidad .....	12
3.7.2.	Nivel de marea .....	12
3.7.3.	Incremento en el nivel medio del mar.....	13
3.7.4.	Oleajes.....	13
3.7.5.	Corrientes.....	14
3.7.6.	Vientos .....	14
3.8.	Parámetros Sísmicos .....	15
4.	Requerimientos Geométricos.....	16

	<b>Criterios del Diseño</b> <i>Proyecto 18-804-CONADES</i> <i>Licitación por Mejor Valor</i> <b>2017-0-03-0-10-LV-024549</b>	IC-ING-F-06-08
		VV. 01. 20-Dic-2012

5.	Cargas .....	16
5.1.1.	Cargas Muertas –Peso Propio .....	16
5.1.2.	Cargas Muertas – Sobreimpuestas .....	16
5.1.3.	Cargas Vivas .....	16
5.1.4.	Carga de viento .....	16
5.1.5.	Carga de olas .....	16
5.1.6.	Carga de sismo .....	16
5.1.7.	Combinaciones de carga .....	17
6.	Herramientas de Análisis .....	17
7.	Referencias .....	18
8.	Anexo fotográfico .....	19

	<b>Criterios del Diseño</b> <i>Proyecto 18-804-CONADES</i> <i>Licitación por Mejor Valor</i> <b>2017-0-03-0-10-LV-024549</b>	IC-ING-F-06-08
		VV. 01. 20-Dic-2012

## 1. Introducción

El proyecto queda descrito en su propio título: “Estudio, Diseño y Contrucción 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”

Se elabora este documento, previo al desarrollo de todos los diseños, para presentar a la entidad contratante los criterios que se van a utilizar para la fase de diseño. Se listan las normativas legales a seguir, así como también los valores bases de diseño a utilizar para factores climáticos y del sitio.

### 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

En el caso de los puentes peatonales marinos, el diseño contempla los siguientes elementos:

- Súper-estructura
  - Vigas principales
  - Vigas secundarias
  - Tablero (piso)
  - Estructura de techo
  - Barandas
- Sub-estructura
  - Cabezal
  - Pilotes

En el caso del “Muro de protección rompeolas”, preliminarmente se ha determinado que la función de esta estructura es de protección contra la erosión de la costa.

El gazebo y restauración del monumento al brigadier incluye la construcción de una estructura de gazebo sobre el monumento y una restauración artística del propio monumento que presenta un daño en una mano y tiene faltante un sable parte del diseño original.

	<b>Crterios del Diseo</b> <i>Proyecto 18-804-CONADES</i> <i>Licitación por Mejor Valor</i> <i>2017-0-03-0-10-LV-024549</i>	IC-ING-F-06-08
		VV. 01. 20-Dic-2012

## 1.2. Objetivos

Este documento es especialmente importante para las obras marinas puesto que la normativa panameña actual no es específica para este tipo de estructura. Este documento debe ser leído en conjunto con el pliego de cargos presentado por el cliente.

Los métodos de diseño, data y limitaciones presentadas en este documento son la base para el diseño de este proyecto.

## 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.

## 2. Parámetros del análisis

### 2.1. Códigos y normativa

Un grupo de códigos y normas fueron seleccionados en base a aplicabilidad y compatibilidad con el código de diseño panameño.

Las combinaciones de cargas serán tomadas de:

- ASCE/SEI 7-05 Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures.[1] (Cargas Mínimas para el diseño de Edificios y otras estructuras)
- Reglamento de Diseño Estructural para la República de Panamá, Versión 2014.[2]

Las demandas sísmicas serán estimas en base a:

- ASCE/SEI 7-05 Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures. (Cargas Mínimas para el diseño de Edificios y otras estructuras)

El diseño de concreto seguirá el siguiente código:

- ACI 318-08 Reglamento para Concreto Estructural.[3]

El diseño de los elementos de acero se realizará en base a:

- AISC 360-10 Especificación para Construcciones de Acero.[4]

En el caso de los puentes, se utilizará complementariamente la siguiente normativa:

	<p align="center"><b>Criterios del Diseño</b>  <b>Proyecto 18-804-CONADES</b>  <b>Licitación por Mejor Valor</b>  <b>2017-0-03-0-10-LV-024549</b></p>	IC-ING-F-06-08
		VV. 01. 20-Dic-2012

- AASHTO LRFD Guide Specifications for Design the of Pedestrian Bridges (2009) (Especificaciones guías para el diseño de puentes peatonales por metodología de diseño por factores de carga y resistencia)

Para asegurar la durabilidad del Puente en el ambiente marino, se utilizará como guía el siguiente documento:

- ISO 12944-5 Paints and varnishes — Corrosion protection of steel structures by protective paint systems — Part 5: Protective paint systems (Pinturas y barnices – Protección de estructuras de acero contra la corrosion mediante sistemas de pinturas protectoras – Parte 5: Sistemas de pinturas protectoras)

Los tratamientos anticorrosivos serán definidos en preparación de superficie de acuerdo a los documentos de la SSPC (Steel society of protective coatings) esta asociación a su vez está avalada por el NACE (National Association of Corrosion Engineers).

- Preparación de Miembros Metálicos de acuerdo al estándar: SSPC-SP-10 / NACE No. 2. Joint Surface Preparation Standard: Near-White Blast Cleaning. 2000

### 3. Información del sitio

#### 3.1. Localización del sitio

El proyecto 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.

	<b>Criterios del Diseño</b> <b>Proyecto 18-804-CONADES</b> <b>Licitación por Mejor Valor</b> <b>2017-0-03-0-10-LV-024549</b>	IC-ING-F-06-08
		VV. 01. 20-Dic-2012

### 3.2. Concepto de Diseño de Puente de isla San Ignacio de Tupile a isla Miria

En la Figura 2 se muestra una reproducción digital de la propuesta para el puente que comunicara las islas de San Ignacio de Tupile e Isla Miria. En los Anexo fotográfico se pueden observar más imágenes de la propuesta.



*Figura 2. Reproducción digital de la propuesta del puente entre las islas de San Ignacio de Tupile e Isla Miria*

Preliminarmente, se plantea utilizar pares de pilotes en una luz aproximada de 18 metros, cubiertos por un par de vigas principales casteladas de acero. Sobre las vigas principales, descansarán vigas secundarias que a su vez recibirán el tablero del puente. El puente contará con barandas metálicas y una estructura metálica de techo. Para el tablero del puente, se buscará maximizar la durabilidad. Se están considerando losas de concreto reforzado o alternativamente, el uso de materiales compuestos que no sean susceptibles a la corrosión.

Para el puente de San Ignacio de Tupile, se ha determinado preliminarmente que el calado entre las dos islas es superior a los 10 metros. Esto será confirmado mediante el levantamiento batimétrico. Considerando este calado, se justifica la utilización de pilotes de mayor diámetro para limitar la esbeltez de los mismos. Consecuentemente, se considera utilizar una luz entre pilotes de aproximadamente 18 metros. Para este puente, se estima un galibo de 4.0 metros en su zona central para permitir el paso de embarcaciones considerables bajo el puente.



	<b>Criterios del Diseño</b> <i>Proyecto 18-804-CONADES</i> <i>Licitación por Mejor Valor</i> <b>2017-0-03-0-10-LV-024549</b>	IC-ING-F-06-08
		VV. 01. 20-Dic-2012

requieren el diseño para un evento sísmico con un periodo de retorno de 1000 años. El evento con un periodo de retorno de 1000 años es equivalente a un 81% de la aceleración del evento de 2500 años, por lo tanto, es un evento más severo que el requerido por el Reglamento Estructural (REP 2014). A fin de cumplir con ambas normativas, se diseñará el puente para un sismo con un periodo de retorno de 1000 años, sin la reducción por 2/3 indicada por el REP 2014.

### **3.5. Batimetría**

El contratista ejecutará un estudio de batimetría de la zona. En el caso de San Ignacio, el levantamiento será realizado 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 amerita la utilización de la sonda. La medición será realizada con bastones en conjunto con una estación total o nivel de precisión.

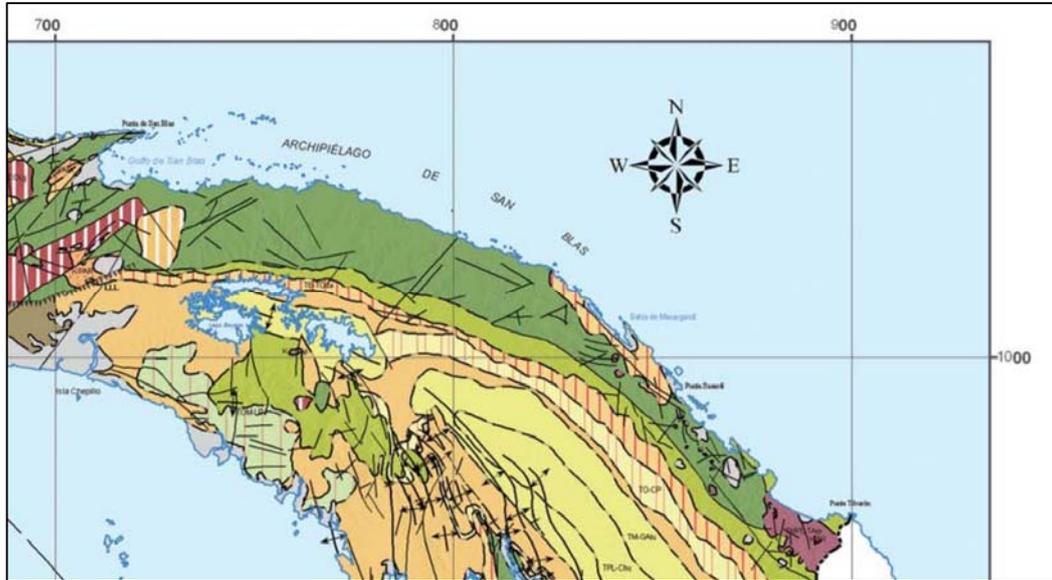
### **3.6. Antecedentes geológicos y geotécnicos.**

La geología predominante en el territorio de San Blas corresponde al grupo de origen volcánico denominado Playa Venao y a la formación geológica del mismo nombre. Esta formación corresponde al Período Secundario y se caracteriza por presentar rocas basálticas y lavas acojinadas (pillows lava).

La excepción a lo anteriormente descrito ocurre en la zona de Ustupu, aproximadamente entre la Isla Lorenzo Bello y la Isla Ucuptuma. En esta zona se presenta una geología correspondiente a la Formación Darién, perteneciente al Grupo Tonosí. Esta formación presenta materiales de origen sedimentario como son las lodolitas, lodolitas tobáceas, arenisca tobácea, grauvaca, caliza, aglomerado, sub-lapili, conglomerado y pedernal.

Finalmente, en el extremo sur del territorio de San Blas se presenta la Formación Río Pito, perteneciente al Grupo Tabasará. Esta formación presenta materiales de origen volcánico, tales como granodioritas y dacitas.

La descripción geológica permite anticipar, de forma preliminar, los hallazgos de la investigación geotécnica que se llevará a cabo para el diseño de los elementos del proyecto. La descripción geológica brindada se ilustra en la Figura 4.



- Formación Playa Venao
- Formación Río Pito
- Formación Darién

Figura 4. Ilustración de la geología del territorio de San Blas.

	<b>Criterios del Diseño</b> <b>Proyecto 18-804-CONADES</b> <b>Licitación por Mejor Valor</b> <b>2017-0-03-0-10-LV-024549</b>	IC-ING-F-06-08
		VV. 01. 20-Dic-2012

### 3.7. Consideraciones ambientales

El área donde se desarrollará el proyecto tiene unas características de clima marino tropical. La temperatura anual promedio es de 27° C y nunca es menor a 20° C. La temporada seca dura aproximadamente 3 meses desde enero hasta marzo y tienen una lluvia promedio anual de 178.7 mm. <sup>1</sup>

#### 3.7.1. Salinidad

El nivel de salinidad, medido en PSU, se tomó de los mapas mundiales de salinidad generados por la NASA, el cual para el área del caribe muestra un valor promedio aproximado de:

- Salinidad 36 PSU

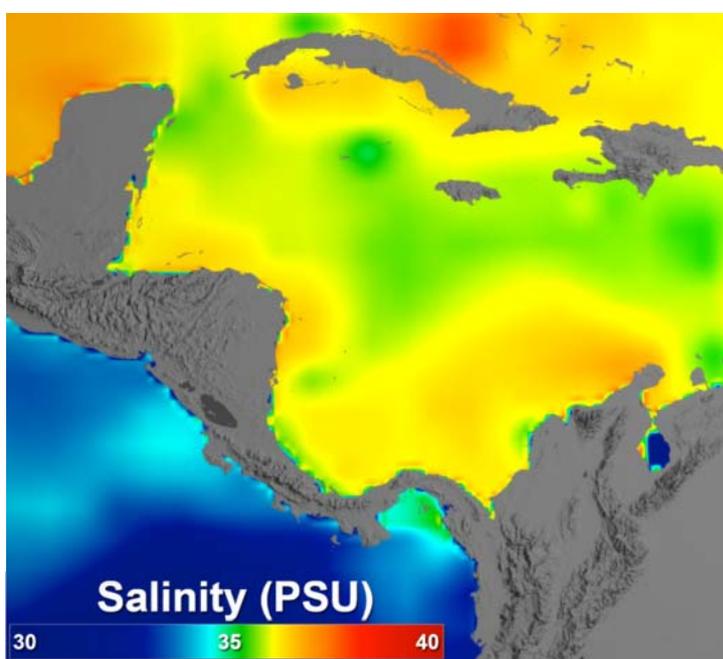


Figura 5. Mapa de salinidad de la superficie del mar. [5]

#### 3.7.2. Nivel de marea

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.

Tabla 1. Niveles de mareas

Marea	Nivel (m)
MHHW	+ 0.56
MSL	+ 0.06

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

PDL	0.00
MLW	- 0.12
MLLW	- 0.38

### 3.7.3. Incremento en el nivel medio del mar

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

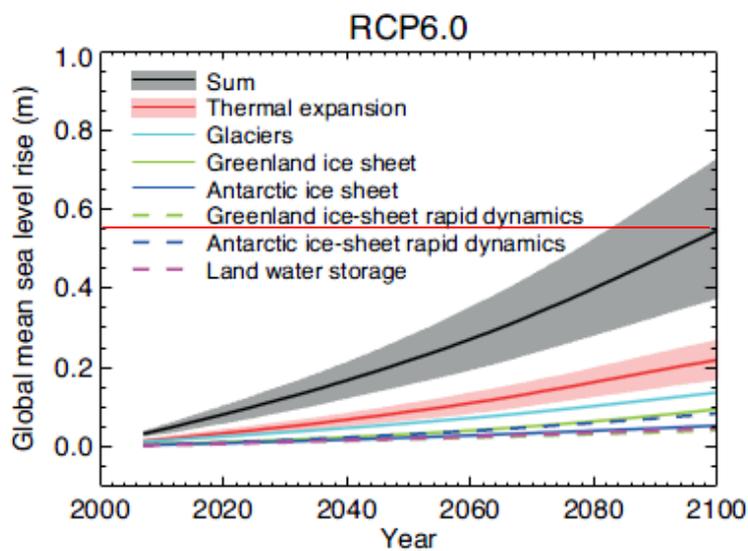


Figura 6. Modelo del incremento del nivel medio del mar. [6]

### 3.7.4. Oleajes

Para la altura de olas significativa al igual que el periodo pico, para las condiciones de servicio, se tomó como los valores con un porcentaje de ocurrencia mayor al 90%, tomando como referencia la información obtenida de una estación ubicada en el área del mar caribe.<sup>2</sup>

Tabla 2. Altura de ola y periodo pico

Altura de olas (m)	3.0
Periodo Pico (s)	9.5

<sup>2</sup> Station 42058 – Central Caribbean – 210 NM S SE of Kingston, Jamaica. National Data Buoy Center.

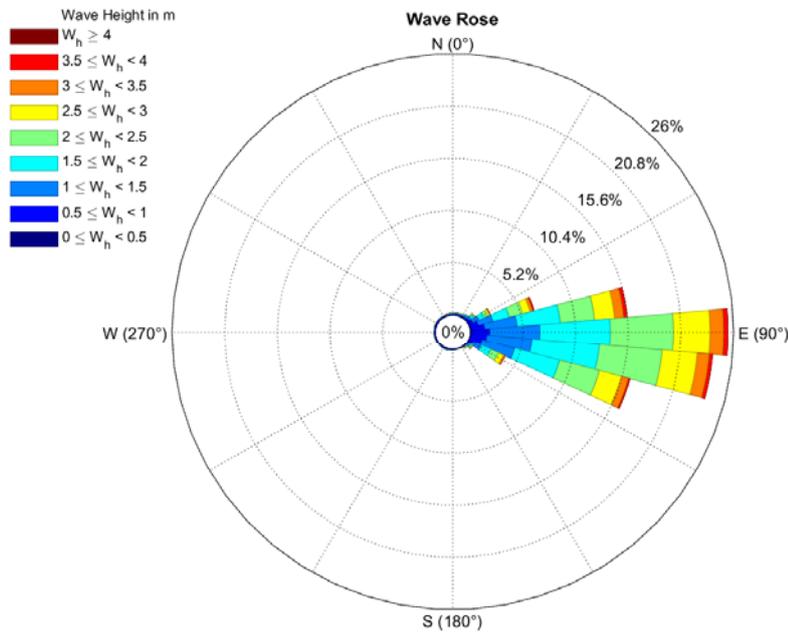


Figura 7. Rosa de oleajes

### 3.7.5. Corrientes

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

Tabla 3. Corrientes

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

### 3.7.6. Vientos

La velocidad de viento, para un periodo de retorno de 100 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.<sup>3</sup>

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:

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

	<b>Criterios del Diseño</b> <b>Proyecto 18-804-CONADES</b> <b>Licitación por Mejor Valor</b> <b>2017-0-03-0-10-LV-024549</b>	IC-ING-F-06-08
		VV. 01. 20-Dic-2012

Tabla 4. 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)

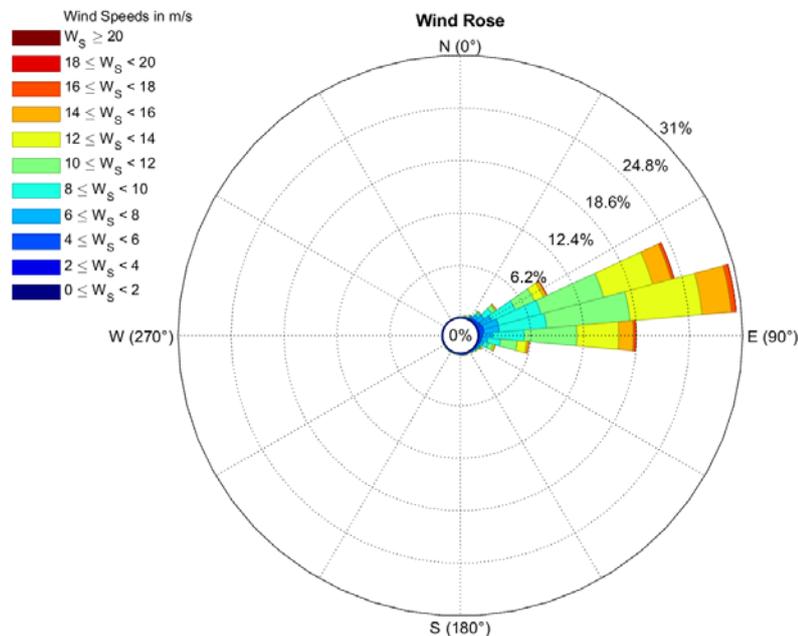


Figura 8. Rosa de vientos

### 3.8. Parámetros Sísmicos

Se siguen los valores plasmados en el documento “Criterios de Diseño” aprobado por la Universidad Tecnológica de Panamá. Se resume de manera primordial los siguientes valores:

Categoría de Ocupación	II
Factor de Importancia	1.25
Acercaciones obtenidas de mapas del REP-2014:	
$S_s$	0.98
$S_1$	0.40
Coefficiente de Sitio:	
$F_a$	1.11 (ASCE 7-05, Tabla 11.4.1)*
$F_v$	1.60 (ASCE 7-05, Tabla 11.4.2)*
Categoría de Desempeño Sísmico	D (ASCE 7-05, Tabla 11.6-1 /-2)*
*Valor a ser confirmado luego de estudios geotécnicos	

	<b>Criterios del Diseño</b> <i>Proyecto 18-804-CONADES</i> <i>Licitación por Mejor Valor</i> <b>2017-0-03-0-10-LV-024549</b>	IC-ING-F-06-08
		VV. 01. 20-Dic-2012

## 4. Requerimientos Geométricos

El pliego de cargos establece un ancho del puente de 3.0 metros. Las dimensiones de barandas y otros elementos serán conforme a la normativa correspondiente.

## 5. Cargas

### 5.1.1. Cargas Muertas –Peso Propio

Los pesos propios fueron calculados en base a los siguientes pesos específicos:

- Concreto 2400 kgf/m<sup>3</sup>
- Acero 7850 kgf/m<sup>3</sup>

### 5.1.2. Cargas Muertas – Sobreimpuestas

- Losa, estructura de techo y barandas 0.78 KN/m<sup>2</sup>

### 5.1.3. Cargas Vivas

Para la carga viva, se consideró una carga peatonal de:

- Carga peatonal 4.40 KN/m<sup>2</sup>

### 5.1.4. Carga de viento

Las cargas de viento que actúan sobre la superficie externa de la estructura son calculadas en base al ASCE-7, utilizando los siguientes parámetros:

- Velocidad de viento (ráfaga de 3 segundos) 38.8 m/s (140 km/hr)
- Categoría de la estructura Categoría de Riego III
- Categoría de exposición Categoría D

### 5.1.5. Carga de olas

- Altura de la ola de diseño  $H_s = 3$  m
- Periodo de la ola de diseño  $T_p = 10$  s

### 5.1.6. Carga de sismo

El diseño de esta estructura será basado en el ASCE 7.

El modelo para el diseño sísmico incluirá:

- Toda la superestructura
- Toda la subestructura

- El suelo modelado como resortes no-lineales en base a curvas P-Y
- Asignaciones de los materiales a utilizar
- Consideración de espesores de sacrificio en los pilotes en caso de escogerse pilotes de acero
- Consideraciones de masa añadida por el volumen de agua desplazado por los pilotes
- Consideraciones de masa añadida por crecimiento marino en los pilotes
- Demandas por licuefacción si se determina que el suelo es licuable

El análisis sísmico se realizará utilizando el máximo sismo esperado en el lugar donde está ubicada la estructura. Para esto se calculará un espectro de respuesta de aceleración versus periodo. El espectro de respuesta será basado en la norma AASHTO con los coeficientes de sitios ajustados a los valores de los mapas de aceleración del REP 2014. Considerando la longitud de los puentes, es probable que sea necesario un análisis espectral modal para tomar en cuenta diferentes modos de vibración del puente.

### 5.1.7. Combinaciones de carga

FACTORES DE CARGA Y COMBINACIONES						
Combinaciones de carga estado límite	Peso propio	Peso Muerto	Carga viva	Acción de viento y corriente	Acción sísmica	Acción de olas
	DD	DW	LL+IM	WS	EQ	CT
Resistencia I	1.25	1.5	1.75			
Resistencia III	1.25			1.4		
Evento extremo I	1.25	1.5	1		1	
Evento extremo II	1.25	1.5	0.5			1
Servicio I	1	1	1	0.3		

## 6. Herramientas de Análisis

Para el diseño de la estructura se utilizaron las siguientes herramientas:

- SAP2000 19 Ultimate para el análisis sísmico y general de la estructura
- Excel y Mathcad para verificaciones especiales

	<p align="center"><b>Criterios del Diseño</b>  <b>Proyecto 18-804-CONADES</b>  <b>Licitación por Mejor Valor</b>  <b>2017-0-03-0-10-LV-024549</b></p>	IC-ING-F-06-08
		VV. 01. 20-Dic-2012

## 7. Referencias

- [1] American Society of Civil Engineers (ASCE), *ASCE Standard: Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures*. 2005.
- [2] Junta Técnica de Ingeniería y Arquitectura (JTIA), “Reglamento Estructural de Panamá,” 2014.
- [3] American Concrete Institute (ACI), *Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-08) and Commentary*. 2008.
- [4] American Institute of Steel Construction (AISC), “Specifications for Structural Steel Buildings (AISC 360-10),” 2010.
- [5] Scientific Visualization Studio (SVS), “Sea Surface Salinity Map,” 2015. [Online]. Available: <https://svs.gsfc.nasa.gov/cgi-bin/details.cgi?aid=4234>.
- [6] 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.

	<b>Criterios del Diseño</b> <b>Proyecto 18-804-CONADES</b> <b>Licitación por Mejor Valor</b> <b>2017-0-03-0-10-LV-024549</b>	IC-ING-F-06-08
		VV. 01. 20-Dic-2012

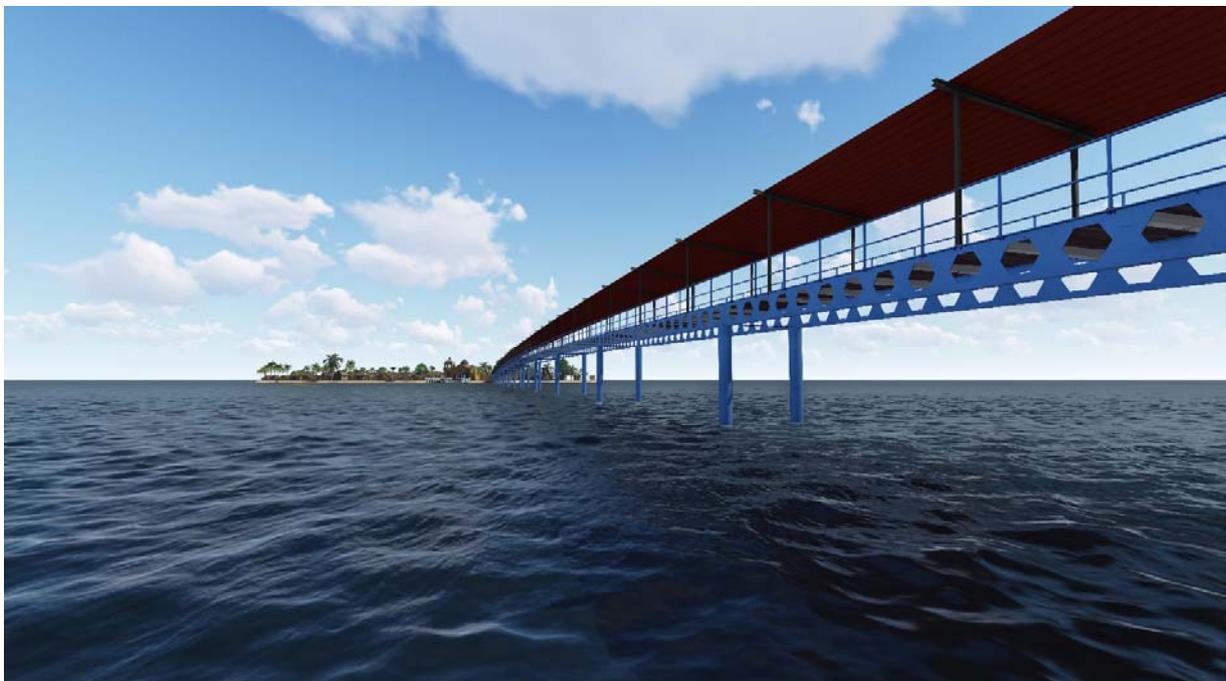
## 8. Anexo fotográfico



Figura 9. 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.



Vista estimada de Puentes peatonales marinos



Vista lateral de puente con vigas casteladas propuesto para San Ignacio de Tupile