



Alternativas de anclaje para embarcaciones en la Bahía de Hanga Roa, para mitigar la destrucción de los arrecifes de coral

Defensa del proyecto para optar al
Título de
Ingeniero Civil Oceánico

Pamela Carolina Averill Astroza
Profesor Guía: Patricio Winckler Grez
Mayo, 2018

ÍNDICE

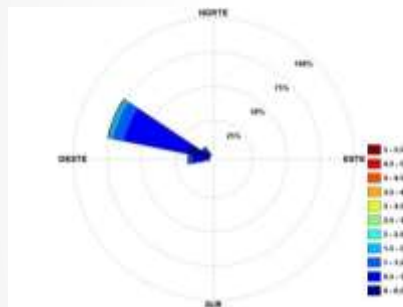
- 1. Resumen
- 2. Introducción
- 3. Objetivos del proyecto
- 4. Antecedentes de la zona de estudio
- 5. Metodología
- 6. Sugerencias para el futuro
- 7. Alcances y limitaciones
- 8. Conclusiones

1. RESUMEN

Estudios de marea y corriente

Estudios de oleaje

Ilustración 1



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 2



Fuente: Elaboración propia.

Diseño de alternativas de anclajes

Ilustración 3



Fuente: www.mesdemar.cat



2. INTRODUCCIÓN

Antecedentes históricos de la bahía:

- La flora y fauna es altamente dañada entre los años 1983 y 1984 a causa del fenómeno del niño.
- Estos daños no se recuperan debido a la fuerte actividad pesquera.
- La Isla ha presentado una fuerte disminución de especies del orden 100 es a 1 en 25 años.
- Sumando a esto la excesiva destrucción del arrecife debido a las anclas.

No solo en Rapa Nui pasa esto

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente estima que en los últimos 30 años se ha perdido casi el 70% de los arrecifes de coral en el mundo.

Ilustración 4



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 5



Fuente: Elaboración propia.



3. OBJETIVOS

General

Proponer alternativas de diseño preliminar de obras sumergidas, para reducir el impacto por anclaje de embarcaciones sobre los arrecifes de coral en Isla de Pascua.

Específicos

1) Determinar y caracterizar la demanda de uso de la bahía, de acuerdo a tipos de embarcaciones que llegan a la Isla.

2) Limitar la zona de anclaje de acuerdo a los bancos de arena

3) Estudiar las condiciones de oleaje de la bahía con información existente y complementarla con estudios propios.

4) Realizar estudios de marea en terreno con el fin de determinar si las corrientes se forman por la variación de marea u oleaje.

5) Analizar distintas alternativas de anclaje de embarcaciones en cuanto a su diseño preliminar y costos.

6) Seleccionar una de las alternativas que resulte compatible con los requerimientos de Isla de Pascua.

4. ANTECEDENTES DE LA ZONA DE ESTUDIOS

Ilustración 6



Fuente: Elaboración propia a través de Google Earth.

Demanda histórica de la bahía

La información histórica del uso de la bahía es proporcionada por la Armada de Chile en Isla de Pascua, la cual brinda acceso al libro de recepción y despacho de naves menores de la Gobernación Marítima. Este contiene la información de la llegada y salida de todas las naves menores que anclan en la bahía, desde el año 2012 hasta el 5 de noviembre del 2016.

Ilustración 7

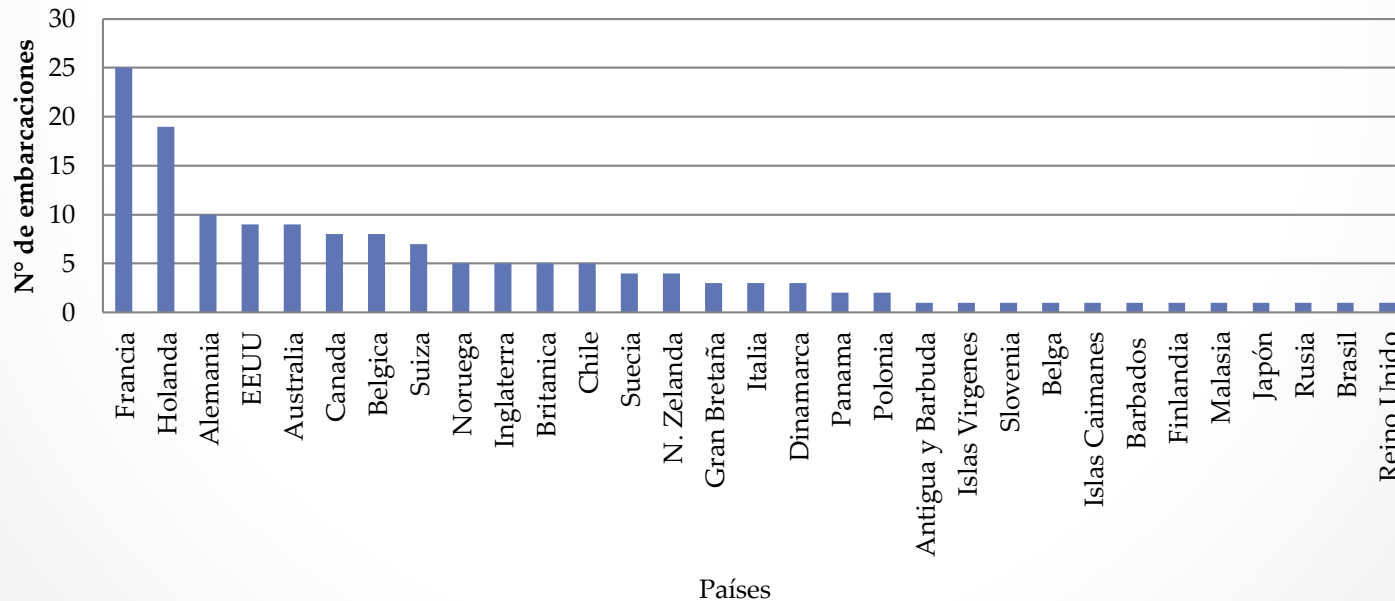


Fuente: Elaboración propia.

Demanda histórica de la bahía

- Cantidad de naves arribadas: 167 embarcaciones.
- Mayor demanda de la bahía registrada: 7 naves ancladas.
- De acuerdo a los registros el promedio de las eventualidades de naves ancladas es: 2 embarcaciones.

Gráfico 1



LÍMITES ZONA DE ANCLAJE

- Arrecife de coral
- Bancos de arena
- Zona de rocas con corales

Ilustración 8



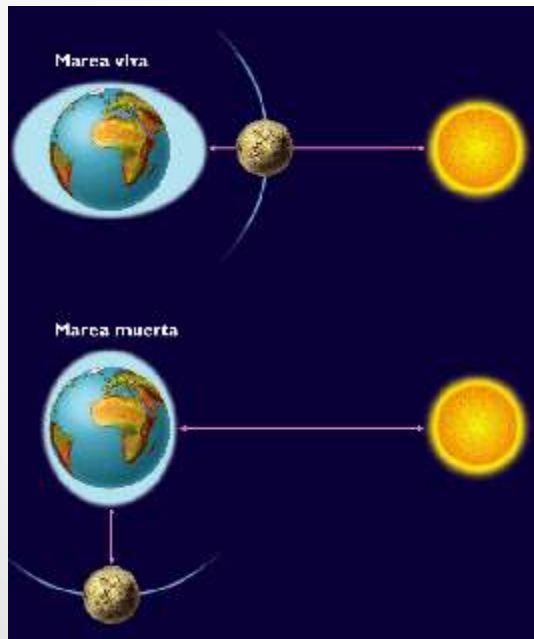
Fuente: Elaboración propia a través de Google Earth.

5. METODOLOGÍA

Relación marea y corriente

Al momento de estudiar las corrientes, se debe saber si las mareas son un factor influyente en su formación.

Ilustración 9



Fuente: www.slideshare.net

Tabla 1: 7 de abril, condición sicigia

Hora	Nivel de marea [m]
06:53	0.73
13:10	0.21
19:09	0.68

Fuente: SHOA.cl.

Tabla 2: 31 de marzo, condición cuadratura

Hora	Nivel de marea [m]
02:12	0.6
07:46	0.19
14:02	0.74
20:41	0.15

Fuente: SHOA.cl.

Metodología campaña de corriente

Ilustración 11



- 1: Banderín de color para identificar al derivador en superficie.
- 2: Boya de pluma bit la cual otorga flotabilidad a la estructura.
- 3: Cabo de 1 [m] y 5 [m] dependiendo de la profundidad al derivador.
- 4: Derivador de PVC y tela, es el que mide la corriente.
- 5: Peso muerto (plomo) de un 1 [kg] para mantener la estructura vertical bajo el agua.

Punto 1: (x_1, y_1) Punto 2: (x_2, y_2)



$$\text{Distancia} = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$$

$$\text{velocidad de la corriente} = \frac{\text{Distancia recorrida}}{\text{intervalo de tiempo recorrido}}$$

Fuente: Elaboración propia.

Fuente: Elaboración propia.

Fuente: Elaboración propia.

Fuente: Elaboración propia a través de Google Earth.

Resultados campaña de corrientes

Tabla 3: Resultados marea en cuadratura

color derivador	profundidad [m]	cuadratura llenante			cuadratura vaciante		
		velocidad media $\left[\frac{m}{sg}\right]$	tiempo [min]	distancia [m]	velocidad media $\left[\frac{m}{sg}\right]$	tiempo [min]	distancia [m]
naranja	5	0.013	0:34	26.10	0.052	0:46	147.44
Verde	1	0.035	0:35	74.51	0.095	0:44	256.48
amarillo	5	0.040	0:38	93.22	0.089	0:50	270.01
Azul	1	0.054	0:36	119.87	0.108	0:46	303.61

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4: Resultados marea en sicigia

color derivador	profundidad [m]	sicigia llenante			sicigia vaciante		
		velocidad media $\left[\frac{m}{sg}\right]$	tiempo [min]	distancia [m]	velocidad media $\left[\frac{m}{sg}\right]$	tiempo [min]	distancia [m]
naranja	5	0.120	0:41	303.26	0.031	0:42	79.76
verde	1	0.171	0:39	416.60	0.013	0:41	31.80
amarillo	5	0.158	0:40	387.93	0.067	0:40	165.54
azul	1	0.152	0:42	388.05	0.068	0:39	163.21

Fuente: Elaboración propia.

Resultados campaña de corrientes

Ilustración 14: Comparación cuadratura sicigia llenante y vaciante

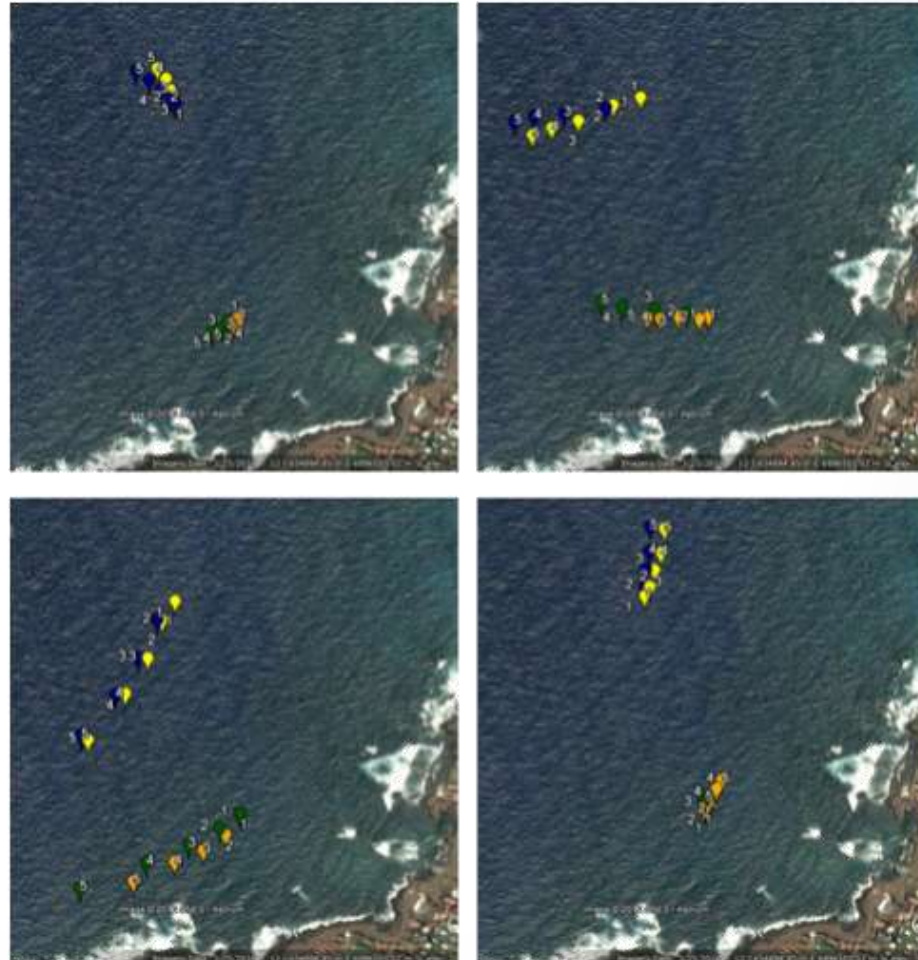


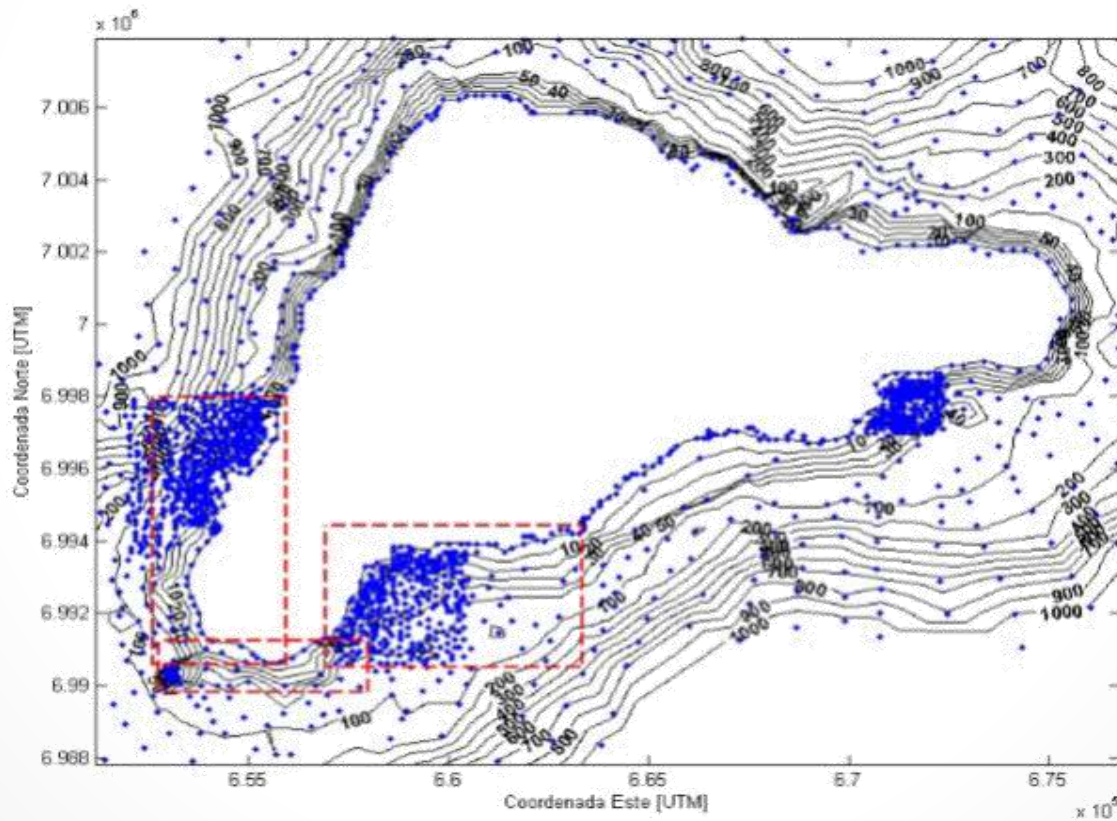
Ilustración 15: Nodos de lanzamiento



Oleaje y batimetría



Gráfico 2: Batimetría de Isla de Pascua.



Fuente: Beya, 2016

Clima medio de oleaje

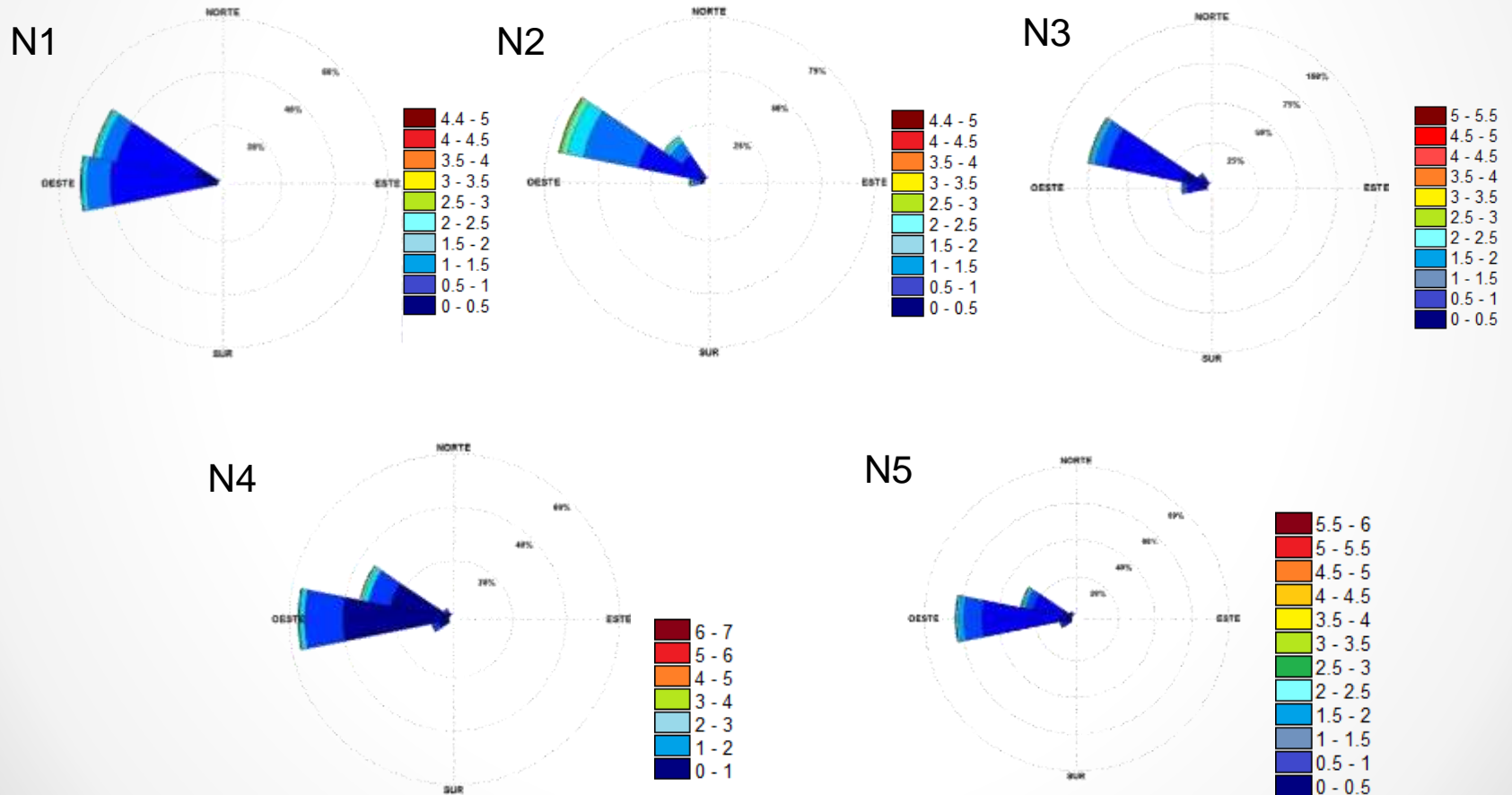
Ilustración 15: Nodos de extracción datos de oleaje



Fuente: Elaboración propia a través de Google Earth.

Clima medio de oleaje

Gráfico 3: Rosas de oleaje en los nodos de extracción



Fuente: Elaboración propia a través de Matlab.

Clima medio de oleaje

Gráfico 4: Histograma de alturas significativas nodo 3

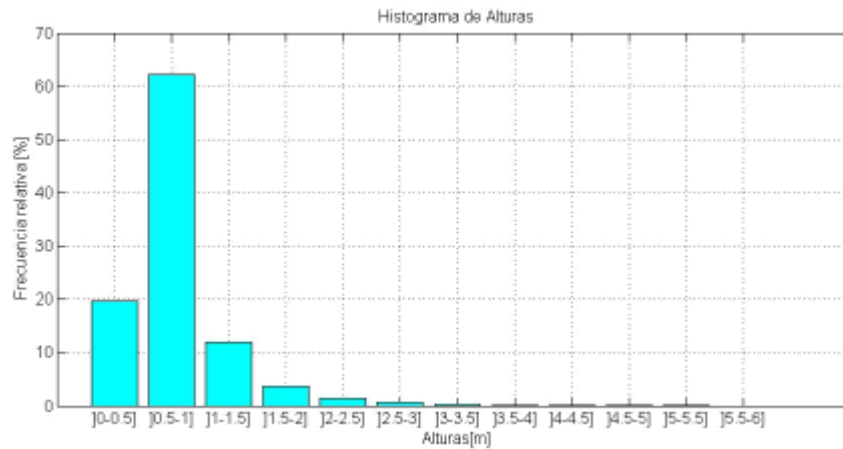
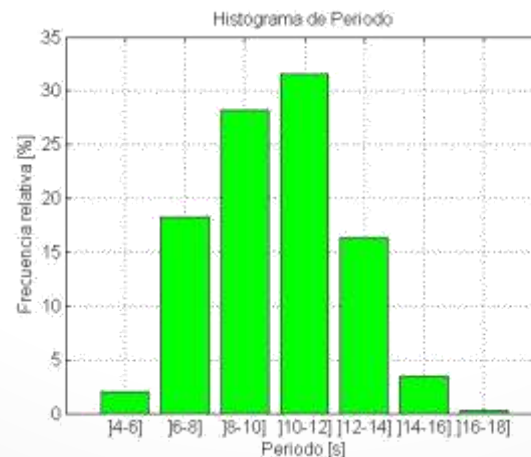
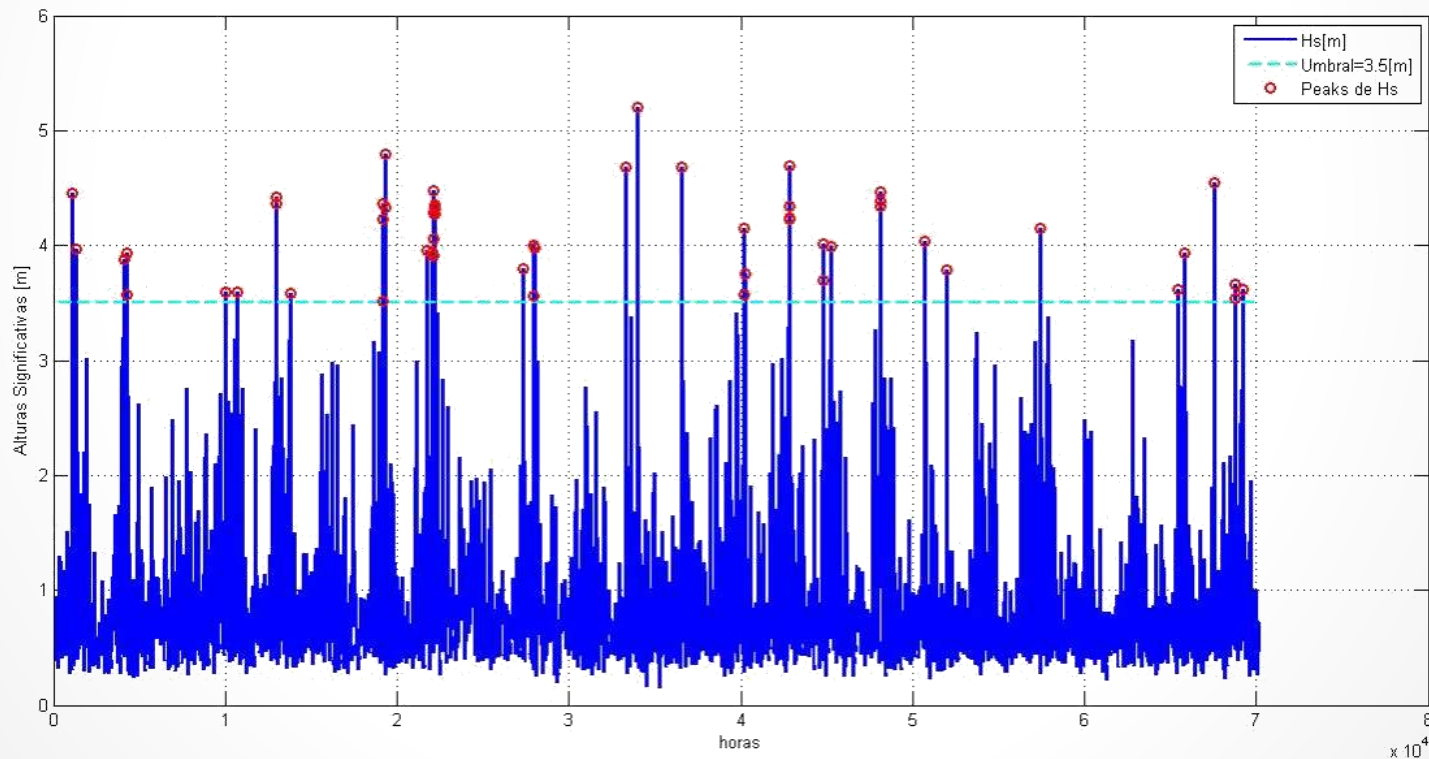


Gráfico 5: Histograma de periodos nodo 3



Clima extremo de oleaje

Gráfico 6: Alturas sobre el umbral



Fuente: Elaboración propia a través de Matlab.

Clima extremo de oleaje

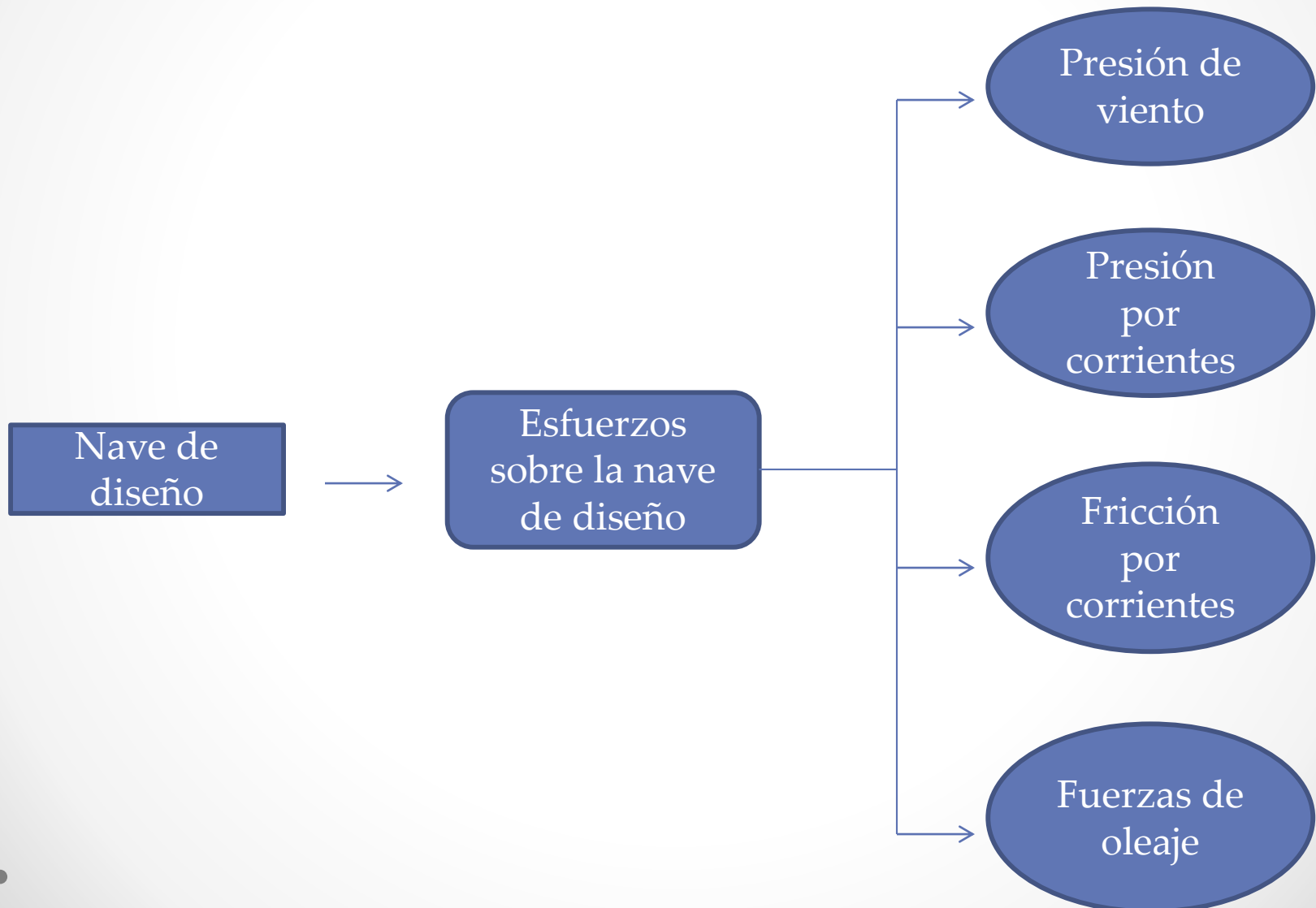
Tabla 3: Resultados alturas de oleaje con las distintas distribuciones

Periodo de retorno [años]	Ajuste de alturas H Retorno [m]		
	Petrauskas	Gumbel	Goda
2	4.45	4.49	4.40
5	4.65	4.66	4.60
10	4.80	4.79	4.75
25	5.00	4.94	4.95
50	5.15	5.06	5.10
100	5.30	5.17	5.25

La mayor altura significativa espectral ocuriente durante la data analizada comprendida entre los años 1999 y 2013, fue para el día 19 de agosto del año 2001 a las 21 horas. Presentándose un evento de altura de oleaje de 5.19 [m]

Fuente: Elaboración propia.

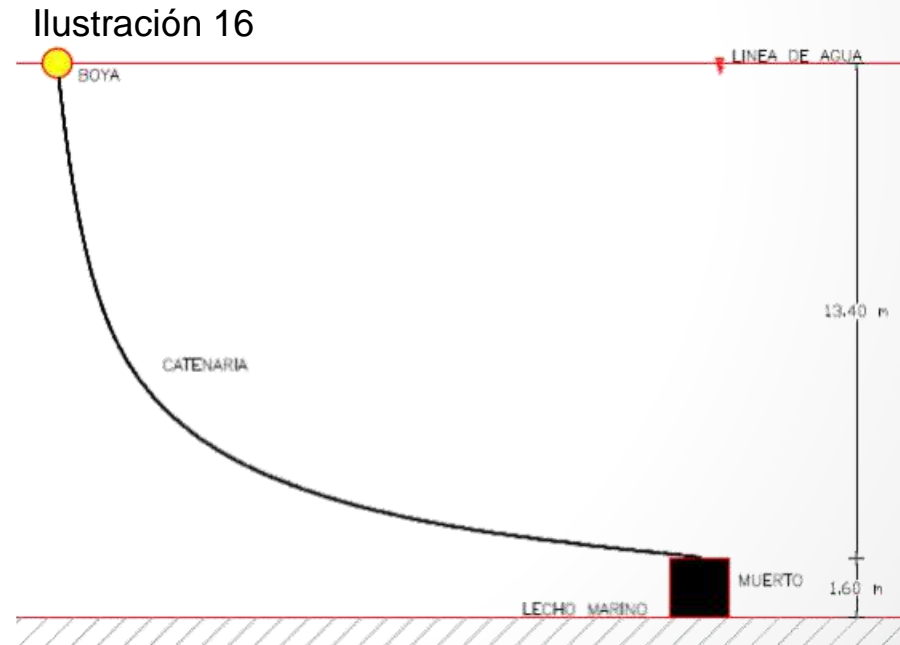
Diseño estructural de las alternativas



Diseño de anclaje a través de catenarias

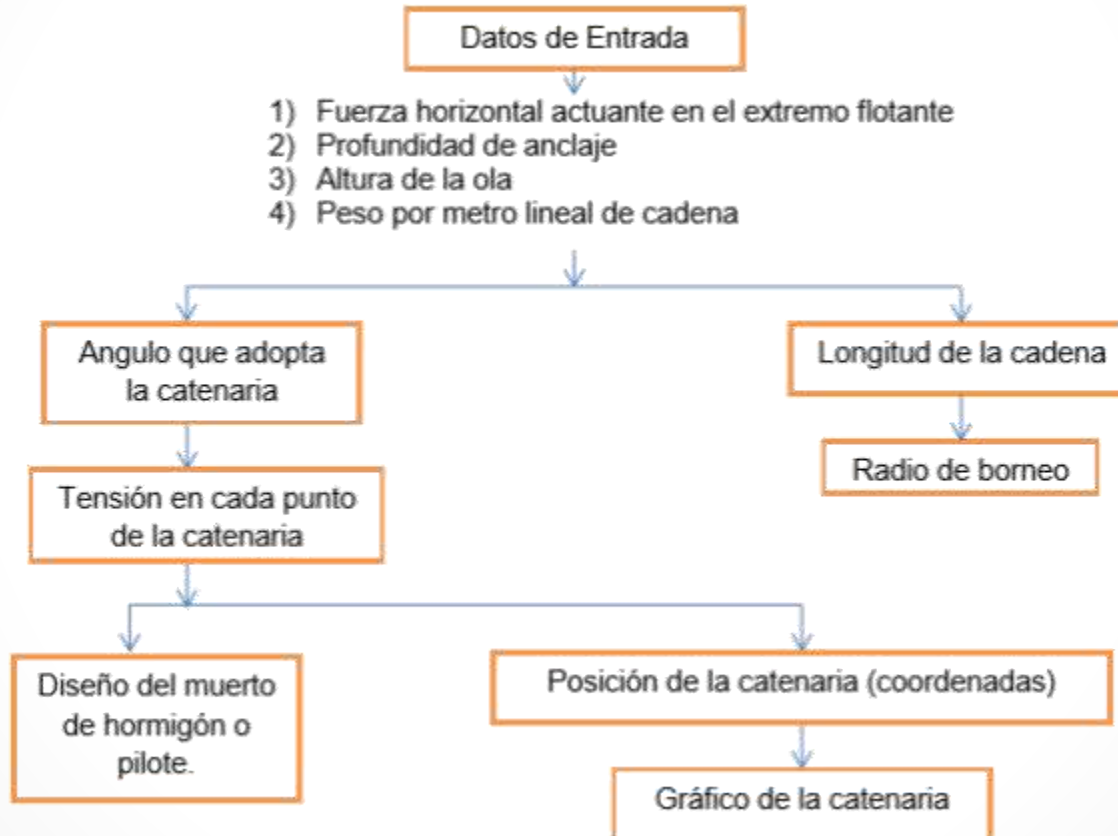
El diseño de amarre del sistema de anclaje posee los siguientes componentes:

- Una cadena de cola
- Cadena suspendida
- Cadena de borneo o de roce
- Muerto
- Radio de borneo



Fuente: Elaboración propia

Alternativa N°1: Anclaje básico de catenarias



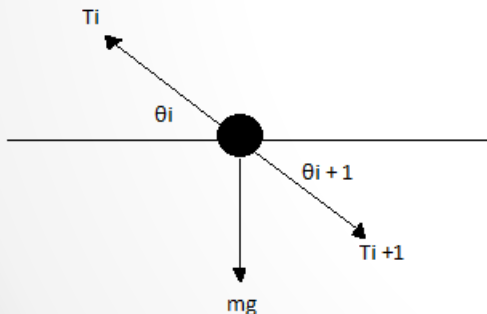
Alternativa N°1: Anclaje básico de catenarias

- Longitud de la cadena y radio de borneo

$$H \sqrt{\left(1 + \frac{2F}{P_c * H}\right)} = L \quad Rm = \sqrt{L^2 - H^2}$$

- Ángulo en los extremos de la catenaria

Ilustración 16



1) Descomponiendo las fuerzas en ambos ejes:

$$\Sigma F_h = 0$$

$$T_i \cos(\theta_i) = T_{i+1} \cos(\theta_{i+1}) = T_H = T \cos(\theta_{N+1})$$

$$\Sigma F_v = 0$$

$$T_i \sin(\theta_i) = T_{i+1} \sin(\theta_{i+1}) = mg$$

Fuente: Elaboración propia.

2) Luego de realizar el despeje y sustituir algunas variables se obtiene el ángulo que va adoptando la catenaria:

$$\theta_i = \arctan\left(\frac{(N - 2i)\lambda}{2}\right) \quad i = 0, 1, 2, 3, \dots, N$$

Alternativa N°1: Anclaje básico de catenarias

- Cálculo de las tensiones

$$TH = TCOS\theta_0 = TCOS\theta_i = TCOS\theta_{i+1} = TCOS\theta_{n+1}$$

- Diseño del muerto

De las formulaciones propuestas por la IALA se calcula el peso del muerto a través de la siguiente expresión (IASM, 2010).

$$K \frac{T_{ho} \varphi}{g(\varphi - \rho_w) \tan \phi} \leq M$$

Alternativa N°1: Anclaje básico de catenarias

- Diseño del pilote de anclaje

La resistencia de arranque del pilote viene dada por la siguiente expresión:

$$F_u = F_f + W_c$$

$$F_f = 1.2 * \gamma * L^2 * \pi * D * K_u * \text{tg}(\delta)$$

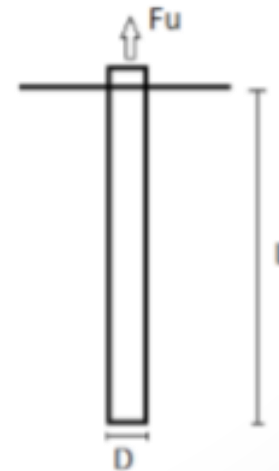
En el diseño de la cimentación se debe cumplir la siguiente condición:

$$F_c \leq F_u$$

F_c : Fuerza resultante que ejerce la catenaria sobre el sistema.

F_u : fuerza máxima para un esfuerzo a tracción

Ilustración 17



Fuente: Elaboración propia.

Alternativa N°1: Anclaje básico de catenarias

Para que el sistema de coordenadas se origine en la boya, se debe tomar la catenaria tangente horizontalmente al muerto del fondo. De esta manera las coordenadas (x, y) del vector tensión de la cadena se define a través de las siguientes razones:

$$x = Fx / pH$$

$$y = Fy / pH$$

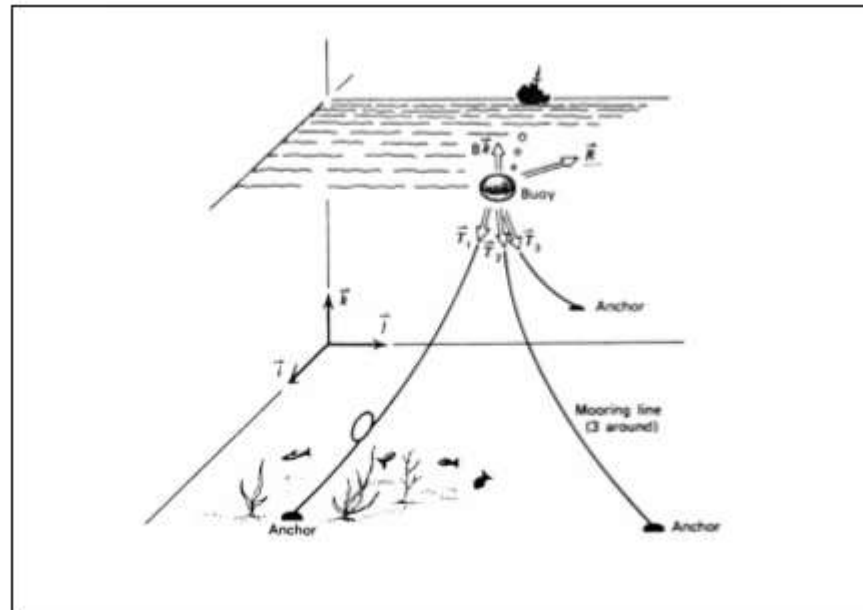
Donde:

Fx : Fuerza componente horizontal

Fy : Fuerza componente vertical

Alternativa N°2: Anclaje múltiple de catenarias

Ilustración 18



Fuente: Gárate, s.f.

$$T_i = T t_{1/3} + 0.1 * T t$$

Donde:

T_i = Tensión en el extremo superior de una de las líneas de anclaje

$T t$ = Tensión total en el extremo superior del sistema.

Alternativa N°3: Pilote de hormigón armado

Para el diseño del pilote de hormigón armado se utiliza el método de la rotura, para esto se realiza dos procedimientos de diseño:

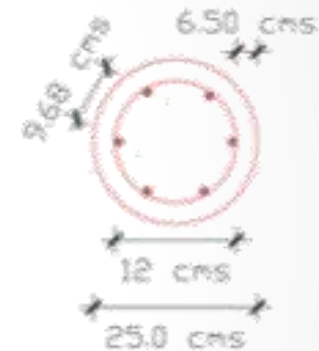
- Verificación por corte según el capítulo 11 del código ACI 318, 2005 (solicitaciones no sísmicas).
- Análisis de momento máximo en cuanto a las acciones de fuerzas horizontales.

Alternativa N°3: Pilote de hormigón armado

Lo primero a calcular es la armadura mínima de refuerzo, la que se obtiene de la siguiente expresión:

$$A_{v, \min} = \frac{1}{16} * \sqrt{f'_c} * \frac{b_w * s}{f'_y}$$

Ilustración 19



Fuente: Elaboración propia.

- Cálculo del estribo de espiral

El acero de confinamiento f'_2 se calcula suponiendo que el espiral de acero llega a su esfuerzo de fluencia f_y cuando se alcanza eventualmente la falla de la figura .

$$f'_2 = \frac{2 * A_{sp} * f_y}{d_c * s'}$$

Alternativa N°3: Pilote de hormigón armado

- Para saber la cantidad de acero a utilizar es necesario calcular la cuantía volumétrica, esta es la relación entre el acero en espiral y el volumen del núcleo del concreto.

$$\rho_s = 0.425 * \left[\frac{A_g}{A_c} - 1 \right] * \frac{f'_c}{f_y}$$

- Fuerza horizontal máxima que aguanta el terreno

$$H_{rot} = 1,5 * \gamma * L^2 * D * K_p$$

Alternativa N°3: Pilote de hormigón armado

- Momento máximo del pilote para suelos granulares

$$M_{max} = \frac{2}{3} * H_{rot} * L$$

- Capacidad máxima del pilote

$$Q_p = A_p * q_p$$

$$Q_p = A_p * (C * N_c + q' * N_q)$$

6. RESULTADOS

- Esfuerzos sobre la nave de diseño

Tabla 4: Esfuerzos sobre la nave de diseño de eslora 6 [m]

Fuerza de presión	Ángulo de incidencia de la fuerza	Fuerza resultante [Ton]
Presión por viento	0°	0.11
	45°	0.19
	90°	0.26
Presión por corriente	0°	0.19
	45°	1.49
	90°	2.23
Presión por oleaje <i>t = 2 años</i>	0°	0.61
	45°	2.47
	90°	1.73

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5: Esfuerzos sobre la nave de diseño de eslora 15 [m]

Fuerza de presión	Ángulo de incidencia de la fuerza	Fuerza resultante [Ton]
Presión por viento	0°	0.35
	45°	0.67
	90°	0.99
Presión por corriente	0°	0.83
	45°	7.11
	90°	10.64
Presión por oleaje <i>t = 2 años</i>	0°	1.16
	45°	32.04
	90°	4.34

Fuente: Elaboración propia.

Anclaje básico con muerto de hormigón

- Se expondrán los resultados del sistema de anclaje para tres profundidades diferentes de 10 [m], 15[m] y 20[m] respectivamente.
- Los casos son analizados considerando una altura significativa de ola de diseño asociada a un período de retorno de 2 años, la que se obtiene de los análisis estadísticos. El valor es de 4.4 [m].

Tabla 6: resultados anclaje básico con muerto de hormigón

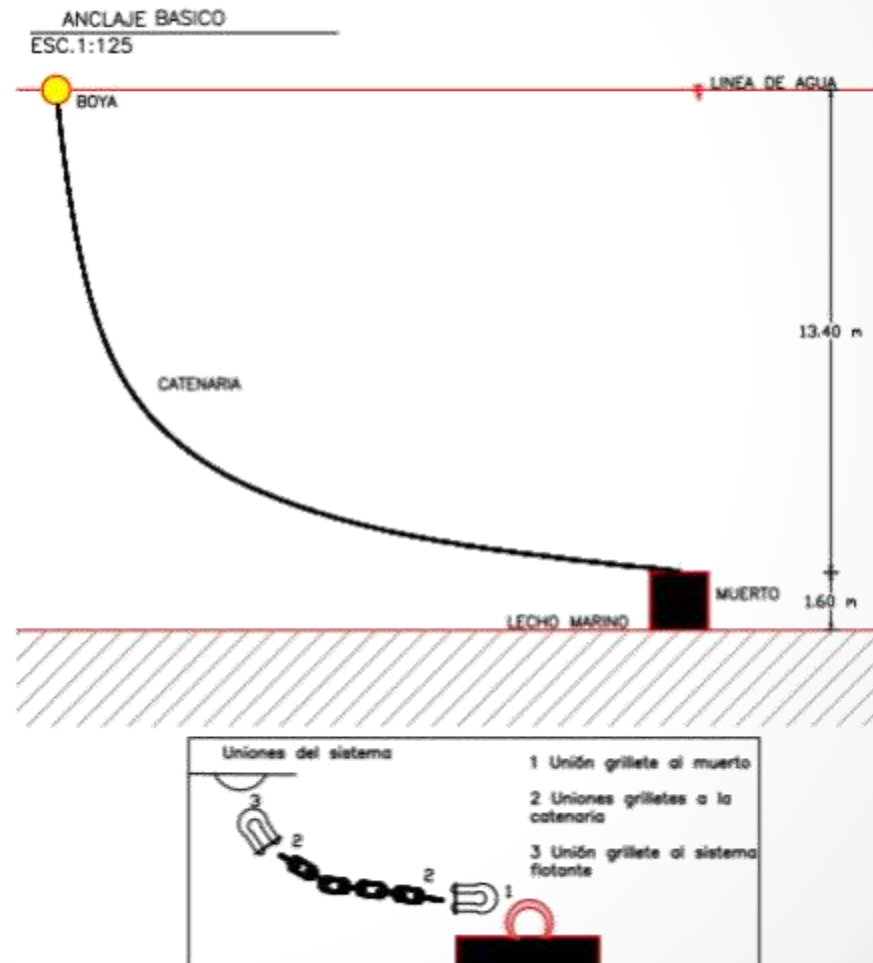
Eslora de la nave [m]	Profundidad de anclaje [m]	Longitud de la cadena [m]	Radio de borneo [m]	Tensión en el muerto [Nw]	Masa del muerto [Ton]	Lado del muerto [m]
15	10	50.2	48.1	30692.0	7.4	1.38
	15	59.1	55.9	47284.7	11.4	1.6
	20	67.2	62.6	73081.9	17.6	1.85
16	10	33.3	30.1	22340.5	5.4	1.24
	15	39.9	34.9	42343.1	10.2	1.54
	20	46.1	39.1	69986.1	16.9	1.82

Fuente: Elaboración propia.

Anclaje básico con muerto de hormigón

La Ilustración 20 muestra el comportamiento que adopta la catenaria para una profundidad de 15 [m] y una nave con eslora de 15 [m]. Este gráfico se elaboró utilizando Matlab y Autocad.

Ilustración 20



Anclaje básico con anclaje de pilote de acero

- Se expondrán los resultados del sistema de anclaje para tres profundidades diferentes de 10 [m], 15[m] y 20[m] respectivamente.
- Los casos son analizados considerando una altura significativa de ola de diseño asociada a un período de retorno de 2 años, la que se obtiene de los análisis estadísticos. El valor es de 4.4 [m].

Tabla 7: resultados anclaje básico con pilote de acero, para eslora de 6 [m].

Profundidad de anclaje [m]	Largo del pilote [m]	Diámetro del pilote [m]	Fuerza máxima a tracción [Nw]	Tensión de la catenaria [Nw]
10	1	0.2	28473.5	22340.5
15	1.2	0.2	58402.9	42343.1
20	1.3	0.2	78753.5	69986.08

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8: resultados anclaje básico con pilote de acero, para eslora de 15 [m].

Profundidad de anclaje [m]	Largo del pilote [m]	Diámetro del pilote [m]	Fuerza máxima a tracción [Nw]	Tensión de la catenaria [Nw]
10	1	0.3	35401.1	30692.1
15	1.2	0.3	51758.1	47284.7
20	1.5	0.3	96098.1	73081.9

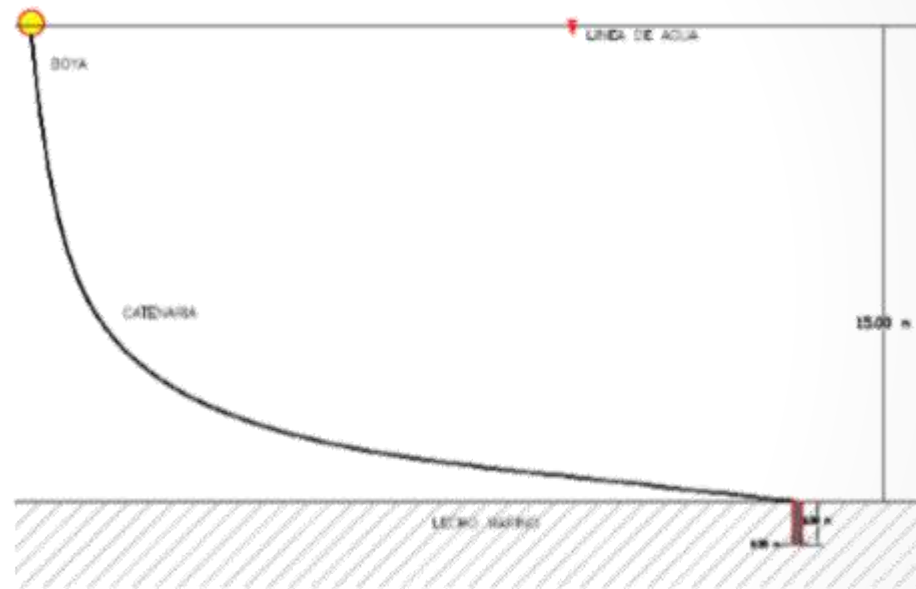
Fuente: Elaboración propia.

Anclaje básico con pilote de acero

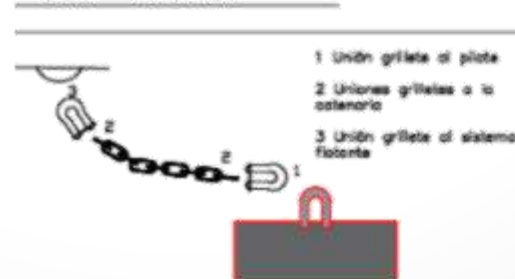
La Ilustración 21 muestra el comportamiento que adopta la catenaria para una profundidad de 15 [m] y una nave con eslora de 15 [m].

Ilustración 21

ANCLAJE BASICO
ESC. 1:150

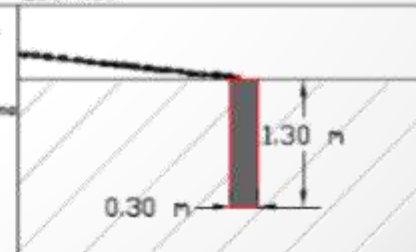


DETALLE UNIONES



DETALLE PILETE

ESC. 1:50



Multi-anclaje con muerto de hormigón

Se expondrán los resultados para las profundidades de 10 [m], 15 [m] y 20 [m], considerando la misma altura de oleaje de diseño.

Las dimensiones de una de las catenarias son las expuestas en la siguiente tabla:

Tabla 9: resultados Multi-anclaje con muerto de hormigón

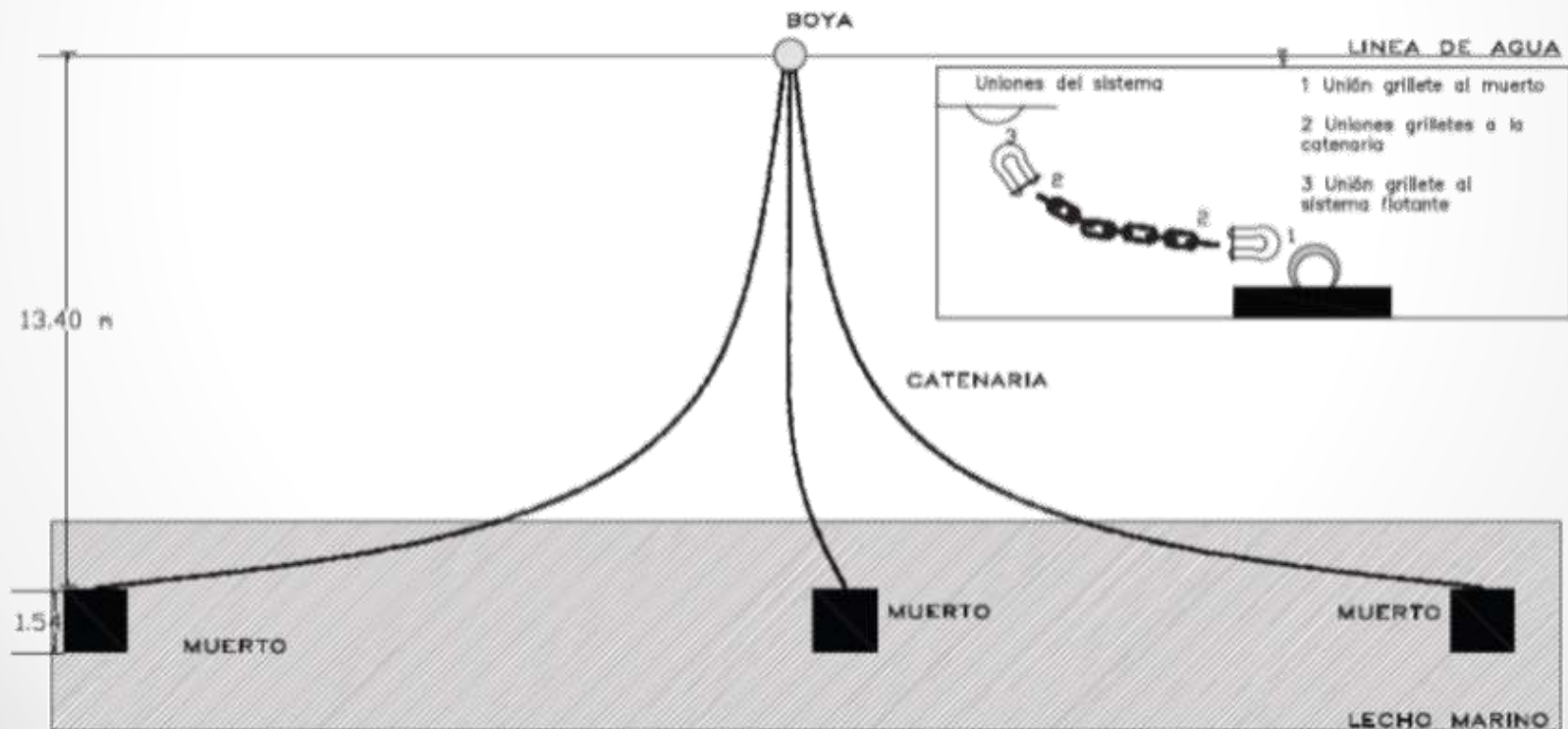
Eslora de la nave [m]	Profundidad de anclaje [m]	Longitud de la cadena [m]	Tensión en el muerto [Nw]	Masa del muerto [Ton]	Lado del muerto [m]
15	10	34.8	22733.5	5.4	1.25
	15	41.5	42520.7	10.2	1.54
	20	47.9	70048.5	16.8	1.82
16	10	24.4	20824.1	5	1.21
	15	30	41531.2	10	1.53
	20	35.4	69452.3	16.7	1.81

Fuente: Elaboración propia.

Multi-anclaje con muerto de hormigón

- La Ilustración 22 muestra el comportamiento que adopta la catenaria para una profundidad de 15 [m] y una nave con eslora de 15 [m].

Ilustración 22



Multi-anclaje con pilote de acero

- De igual forma que las alternativas anteriores se expondrán los resultados para las profundidades de 10 [m], 15 [m] y 20 [m] respectivamente. Al igual que la alternativa de anclaje básico se sustituye el muerto de hormigón por el pilote de acero.

Tabla 10: resultados Multi-anclaje con pilote para una nave de 6 [m].

Profundidad de anclaje [m]	Largo del pilote [m]	Diámetro del pilote [m]	Fuerza máxima a tracción [Nw]	Tensión de la catenaria [Nw]
10	0.9	0.1	31108.1	20824.2
15	1	0.1	44447.1	41531.3
20	1.2	0.1	81404.9	69452.4

Fuente: Elaboración propia.

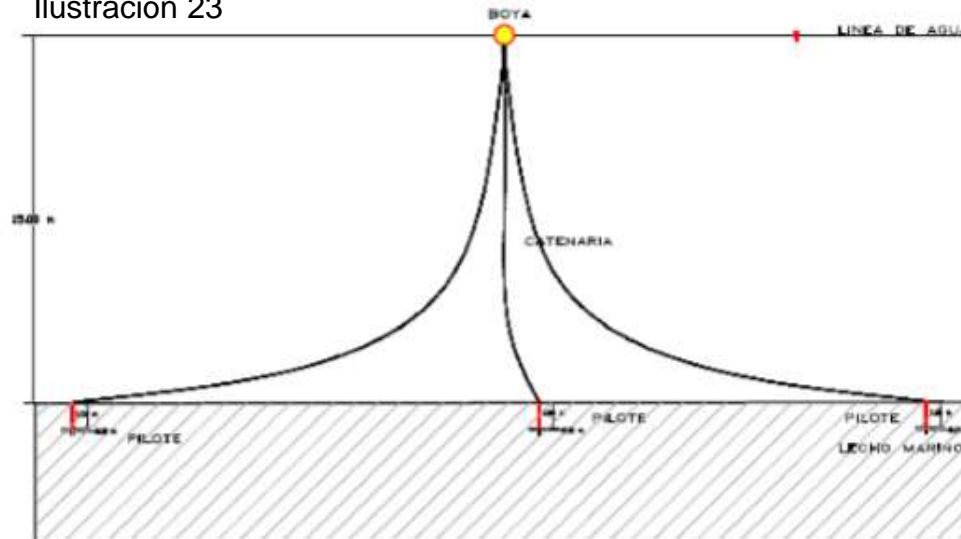
Tabla 11: resultados Multi-anclaje con pilote para una nave de 15 [m].

Profundidad de anclaje [m]	Largo del pilote [m]	Diámetro del pilote [m]	Fuerza máxima a tracción [Nw]	Tensión de la catenaria [Nw]
10	0.9	0.1	31108.1	22733.5
15	1	0.1	44447.1	42520.8
20	1.2	0.1	81404.9	70048.6

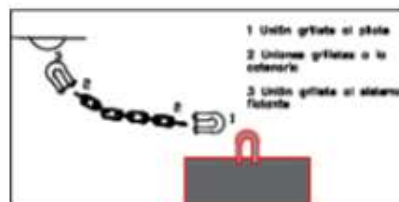
Fuente: Elaboración propia.

Multi-anclaje con pilote de acero

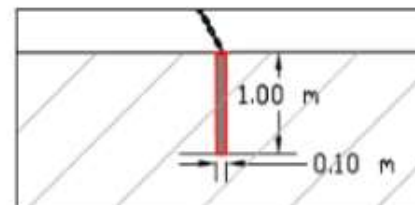
Ilustración 23



DETALLE UNIONES



DETALLE PILOTE
ESC. 1:50



Pilote de hormigón armado

Tomando las siguientes consideraciones de diseño:

- Resistencia a la compresión del concreto $f'c = 350 [Kg/cm^2]$
- Largo del pilote = 15 [m]
- Diámetro del pilote $b_w = 25 [cm]$
- Recubrimiento del pilote = 6,5 [cm]
- Diámetro interior del pilote = 18,5 [cm]
- Resistencia especificada a la fluencia $f_{yt} = 420 [Mpa]$
- N° de enfierraduras = 6 con espaciamiento de 9.68 [cm].
- Ángulo de fricción interna del suelo $\phi=30^\circ$.

Pilote de hormigón armado

- Resultados verificación por corte

Tabla 12

Resistencia Nominada al cortante proporcionada por el esfuerzo cortante	59.9 [Mpa * cm ²]
Resistencia Nominal al cortante proporcionada por el concreto	146.44 [Mpa * cm ²]
Resistencia Nominal al cortante	201.35 [Kg $\frac{m}{sg^2}$]
Fuerza cortante de la sección	12.152 [Kg $\frac{m}{sg^2}$]

Fuente: Elaboración propia

- Resultados fuerzas horizontales y momento máximo en suelos granulares

Tabla 13

Carga horizontal máxima que soporta el terreno	H_{rot} : 168.32 [KN]
Momento máximo	$M_{máx}$: 1683.23 [KN * m]

Fuente: Elaboración propia

Pilote de hormigón armado

- Resultados capacidad el pilote

Estos resultados se obtienen con el fin que el pilote tenga la capacidad para soportar las cargas sin presentar falla o asentamiento excesivo.

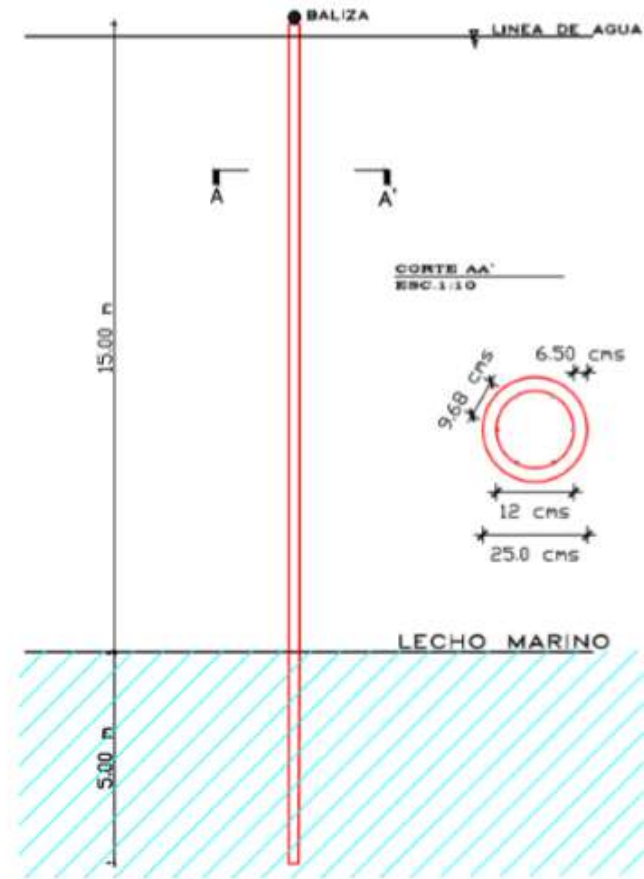
Tabla 14

Capacidad de carga del pilote	111.33 [KM]
Resistencia límite en la punta del pilote	2842[KN/m ²]

Fuente: Elaboración propia

Pilote de hormigón armado

Ilustración 23



Fuente: Elaboración propia a través de AutoCAD.

EVALUACIÓN ECONÓMICA

Tabla 15: catenaria con muerto de hormigón

Partes del sistema	Anclaje Básico	Multi - Anclaje
Sistema boyante	\$ 1.190.555	\$ 3.571.665
Catenaria	\$ 2.068.500	\$ 3.150.000
Grilletes	\$ 40.000	\$120.000
Muerto de hormigón	\$ 600.000	\$1.800.000
Costo Total	\$ 3.899.055	\$ 8.641.665

Tabla 16: catenaria con pilote de acero

Partes del sistema	Anclaje Básico	Multi - Anclaje
Sistema boyante	\$ 1.190.555	\$ 3.571.665
Catenaria	\$ 2.068.500	\$ 3.150.000
Grilletes	\$ 40.000	\$ 120.000
Pilote de acero	\$ 1.500.000	\$ 4.500.000
Costo Total	\$ 4.799.055	\$ 11.341.665

Tabla 17: pilote de hormigón armado

Cotizaciones		Precios UCD
Materiales	Pilote de Hormigón armado	32058.28
	Junta de unión para pilotes	7484.33
Maquinarias	Martinete hidráulico para hincas de pilotes	2253.24
Mano de obra	Ayudante estructurista	828.03
Otros	Herramientas	857.88
	Mantenimiento anual primeros 10 años	875.04
Total		44356.8 UCD 29.452.915,2 CLP

MATRICES MULTICRITERIOS

Criterios de evaluación

- Evaluación económica
 - 1) Gastos de materiales
 - 2) Gastos de construcción
 - 3) Gastos de traslado de materiales
- Complejidad Constructiva
 - 4) Disponibilidad de materiales
 - 5) Tiempo de construcción
 - 6) Disponibilidad de operarios
- Materiales
 - 7) Traslado de materiales a la Isla
 - 8) Qué materiales se pueden obtener en la Isla

Tabla 16

Intensidad	Definición	Explicación
1	De igual importancia	2 actividades contribuyen de igual forma al objetivo
3	Moderada importancia	La experiencia y el juicio favorecen a una actividad sobre la otra
5	Importancia fuerte	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente una actividad sobre la otra
7	Muy fuerte o demostrada	Una actividad es mucho más favorecida que la otra
9	Extrema	La evidencia que favorece una actividad sobre la otra, es absoluta
2,4,6,8	Valores intermedios	Cuando se necesita un compromiso de las partes
Recíprocos	$A_j = a / A_{ji}$	Hipótesis del método

Fuente: (Contreras, Evaluación Social de Proyectos, s.f)

MATRICES MULTICRITERIOS

Tabla 17

Condicionante	Criterio	Evaluación Económica			Complejidad constructiva			materiales		Ponderación		
		1	2	3	4	5	6	7	8	evaluación total	Ponderación variable (%)	Ponderación condicionante (%)
		Coeficiente de importancia relativa										
Evaluación económica	1	1	0	0	0	3	0	0	0	4	3.77	25.47
	2	5	1	1	0	3	0	1	0	11	10.38	
	3	3	1	1	0	5	0	1	1	12	11.32	
Complejidad constructiva	4	7	3	5	1	5	1	3	3	28	26.42	48.11
	5	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0.94	
	6	5	3	3	1	5	1	1	3	22	20.75	
materiales	7	5	1	1	0	3	1	1	5	17	16.04	26.42
	8	3	3	1	0	3	0	0	1	11	10.38	
Evaluación	E. Total									106	100	

Fuente: Elaboración propia

El análisis arroja que la complejidad constructiva posee 48.11% de importancia, siendo el principal factor al momento de decidir cuál alternativa de diseño escoger. Posteriormente lo sigue la disponibilidad de materiales con un 26,42% de importancia, muy similar al factor económico con un 25,47%.

MATRICES MULTICRITERIOS

- Evaluación económica

Respecto a la evaluación económica la alternativa más costosa es el pilote de hormigón armado.

- Complejidad constructiva

En cuanto a complejidad constructiva, el pilote de hormigón armado es el más complicado de ejecutar. Esto se debe principalmente a que la Isla no cuenta con las maquinarias para este tipo de obras, por lo que se tendrían que trasladar desde el continente.

- Obtención de materiales

Al igual que los análisis anteriores, la obtención de materiales más compleja es para la ejecución del pilote de hormigón armado, ya que es mucho más difícil de ejecutar.

Finalmente, la alternativa con los más bajos índices de complejidad y costos es la de anclaje básico de embarcaciones, siendo esta la recomendada para el caso de Isla de Pascua.

SUGERENCIAS PARA EL FUTURO

Ilustración 24



Costa Sureste

Vinapu
Vaihu
Hanga Nui

Costa Noreste

Hanga Ho'onu
Anakena

Fuente: Elaboración propia a través de Google Earth.

ALCANCES Y LIMITACIONES

- **CORROSIÓN, DESGASTE DE CADENAS Y GRILLETES**

Dentro de los alcances y limitaciones del proyecto es el cálculo de la vida útil, los dos factores principales en esto son el desgaste y la corrosión. Estos factores interactúan entre sí, ya que la corrosión produce la aceleración de los procesos de desgaste.

Ilustración 25



Fuente: www.freepik.es.



CONCLUSIONES

➤ Principales aspectos:

- Isla de pascua es un gran atractivo turístico.
- El problema del anclaje de embarcaciones no es apreciable a simple vista.
- Ubicación del proyecto

Finalmente, lo que está ocurriendo en la isla con el excesivo anclaje de embarcaciones es preocupante, las anclas están produciendo graves daños al fondo. Es por esta razón que hay que dar solución a la brevedad e informar a las autoridades de la Isla, ya que a la fecha aún no se tiene pensado alguna medida de mitigación ante estos hechos. Respecto a lo mencionado, es que uno de los objetivos de este trabajo es crear conciencia en la comunidad de Rapa Nui. De esta manera en conjunto con el pueblo establecer una solución factible al excesivo desastre que producen las anclas de embarcaciones menores, barcos de carga y cruceros.

REFERENCIAS

- autores, v. (2002). *Análisis de cimentaciones a tracción en invernaderos y aproximación al calculo de las mismas mediante elementos finitos*. España.
- Beya. (2016). Atlas de Oleaje.
- (s.f.). Capitulo III "Diseño de pilotes de concreto aplicados en el AMSS. En *Estudio Geotécnico y diseño de pilotes de concreto*.
- Comité ACI 318. (2005). Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural.
- Consorcio DNA y CHIAS Marketing. (2014). *Turismo Rapa Nui, Bien Público*. Obtenido de <http://bienpublicoturismorapanui.cl/wp-content/uploads/2014/12/Diagn%C3%B3stico-Territorial-IPC-2014.pdf>
- Contreras, E. (s.f.). *Evaluación Social de Proyectos*.
- Cotizaciones Chile. (s.f.). *Chile generador de precios*. Obtenido de http://www.chile.generadordeprecios.info/obra_nueva/Fundaciones/Profundas/Pilotes_prefabricados/Pilote_prefabricado_de_hormigon_armado_0_1.html



REFERENCIAS

- DOP. (2015). Guía para el diseño, Construcción y Conservación de Obras Marítimas y Costeras.
- Gárate, J. L. (s.f). Ingeniería Marítima "Sistema de fondeo y anclaje".
- Garcia, M. (2004). El empobrecimiento del mundo submarino de Rapa Nui.
- IALA. (Junio 1975). IALA/AISM. Apartado libro Mopu.
- IASM. (2010). The Desing of Floating aid to Navigation Mooring. Puertos del Estado.
-
- IECA. (2013). Hormigón en ambiente marino.
- International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities. (2010). The Desing of Floating aid to Navigation Mooring. Puertos del Estado.
-
- ROM 02-90. (1990). Recomendaciones para Obras Marítimas. En Acciones en el proyecto para obras maritimas y portuarias ROM 02-90.
-
- Ruiz, A. L. (2013). Propagación de Oleaje con SWAN.
- Urbina, R. (2004). Guía para el diseño de pilotes.
- Villaverde, J. M. (2009). Tema 2 - Caracterización del Oleaje. En Ingeniería Marítima y Costera.
- Well. (1972).

**Hap'ao tatou i te vai kava mai te rima
o te tanata mo te tatou hinarere pē
mu'a ka oho ena**

Mauruuru



Fuente: Elaboración propia