



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**Tema:**

**Diseño de un sistema portuario bioseguro para la entrega,  
recepción y manejo de carga marítima ubicado cerca de la  
Bahía Tijeretas en la Isla San Cristóbal, como parte de un  
sistema integral para Galápagos.**

**AUTOR:**

**Zhune Cedeño, Jennifer Nicole**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de**

**INGENIERO CIVIL**

**TUTOR:**

**Ing. Villacrés Sánchez, Alex Raúl M.Sc.**

**Guayaquil, Ecuador**

**21 de septiembre del 2022**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo de titulación, fue realizado en su totalidad por **Zhune Cedeño, Jennifer Nicole** como requerimiento para la obtención del título de **ingeniero civil**.

**TUTOR**

f. \_\_\_\_\_  
**Ing. Villacrés Sánchez, Alex Raúl M.Sc.**

**DIRECTOR DE LA CARRERA**

f. \_\_\_\_\_  
**Ing. Stefany Alcívar Bastidas, M.Sc.**

**Guayaquil, a los 21 del mes de septiembre del año 2022**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **Zhune Cedeño, Jennifer Nicole**

**DECLARO QUE:**

El Trabajo de Titulación, **Diseño de un sistema portuario bioseguro para la entrega, recepción y manejo de carga marítima ubicado cerca de la Bahía Tijeretas en la Isla San Cristóbal, como parte de un sistema integral para Galápagos**, previo a la obtención del título de **ingeniero civil**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

**Guayaquil, a los 21 del mes de septiembre del año 2022**

**LA AUTORA**

f. \_\_\_\_\_  
**Zhune Cedeño, Jennifer Nicole**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

## **AUTORIZACIÓN**

Yo, **Zhune Cedeño, Jennifer Nicole**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **Diseño de un sistema portuario bioseguro para la entrega, recepción y manejo de carga marítima ubicado cerca de la Bahía Tijeretas en la Isla San Cristóbal, como parte de un sistema integral para Galápagos**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

**Guayaquil, a los 21 del mes de septiembre del año 2022**

**LA AUTORA:**

f. \_\_\_\_\_  
**Zhune Cedeño, Jennifer Nicole**

# REPORTE URKUND



## Document Information

Analyzed document	Zhune_Jennifer_FINAL.docx (D144245703)
Submitted	9/17/2022 12:53:00 AM
Submitted by	
Submitter email	clara.glas@cu.ucsg.edu.ec
Similarity	7%
Analysis address	clara.glas.ucsg@analysis.orkund.com

## Sources included in the report

SA	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil / JORGE ANDRES JARAMILLO SUBIA.docx Document JORGE ANDRES JARAMILLO SUBIA.docx (D112773060) Submitted by: jorge.jaramillo.s8991@gmail.com Receiver: cynthia.roman.ucsg@analysis.orkund.com	1
SA	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil / Tesis - copia.docx Document Tesis - copia.docx (D40884799) Submitted by: malusita96@hotmail.com Receiver: jaime.santillan.ucsg@analysis.orkund.com	3
SA	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil / Plantilla de Trabajo Titulación JORGE JARAMILLO CORRECCION 4.docx Document Plantilla de Trabajo Titulación JORGE JARAMILLO CORRECCION 4.docx (D112157426) Submitted by: jorge.jaramillo.s8991@gmail.com Receiver: cynthia.roman.ucsg@analysis.orkund.com	8
SA	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil / Informe -110620- Glps.docx Document Informe -110620- Glps.docx (D104633499) Submitted by: jorge.jaramillo.s8991@gmail.com Receiver: cynthia.roman.ucsg@analysis.orkund.com	1
CA	21025.pdf	x

TUTOR

f.   
Ing. Alex Villacrés Sánchez, M.Sc.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a mi madre por su tiempo, amor y apoyo incondicional para lograr mis objetivos y poder terminar mi carrera universitaria.

A mi padre por sus consejos y estar siempre dispuesto a ayudarme en las dificultades que tenía a lo largo de la carrera.

A mi hermana que estuvo en todo el proceso de mi carrera universitaria, alimentándome y apoyándome.

Al ingeniero Villacrés por su orientación en la realización del trabajo de titulación.

Finalmente, agradezco a todas las personas que me ayudaron, me acompañaron y me alentaron a lo largo de este trayecto y que sin ellos, no hubiera sido posible terminar esta etapa universitaria.

## **DEDICATORIA**

Se la dedico a mis padres, Dolores y Luis, a mi hermana Karen y a mi abuela.



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

f. \_\_\_\_\_

**Ing. Stefany Alcívar Bastidas, M.Sc.**  
DIRECTORA DE CARRERA

f. \_\_\_\_\_

**Ing. Alexandra Camacho Monar, PhD.**  
COORDINADOR DE ÁREA

f. \_\_\_\_\_

**Ing. Gilberto Martínez, M.Sc.**  
OPONENTE



## ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO .....	VI
DEDICATORIA .....	VII
RESUMEN.....	XXI
ABSTRACT.....	XXII
CAPÍTULO 1 .....	2
1.1 INTRODUCCIÓN.....	2
1.2 ANTECEDENTES.....	3
1.3 OBJETIVO GENERAL.....	4
1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
1.5 METODOLOGÍA .....	5
CAPÍTULO 2.....	6
2. MARCO TEÓRICO.....	6
2.1 Generalidades.....	6
2.1.1. Tipo de carga.....	6
2.1.2. Tipo de contenedores.....	7
2.2 Clasificación de los puertos.....	8
2.2.1 Clasificación por sus condiciones naturales.....	8
2.3. Muelle.....	9
2.4. Clasificación de muelles.....	9
2.4.1. Clasificación por Orientación.....	9
2.4.2. Clasificación por función de tipología.....	9
2.5. Bioseguridad y Transporte de Carga a las Islas Galápagos.....	11

2.6.	Ordenamiento territorial y Plan de desarrollo sustentables especial de Galápagos.....	12
2.7.	Ecosistema Ambiental Galápagos.....	12
2.7.1.	Afectación de la vida marina por contaminación lumínica.....	12
2.8.	Normativa y recomendaciones referenciales.....	13
2.9.	Las Autoridades Involucradas Y Sus responsabilidades .....	13
2.9.1.	Consejo de Gobierno del Régimen Especial de Galápagos (CGREG), antes INGALA. ....	13
2.9.2.	Consejo Nacional de Marina Mercante y Puertos (CNNMP). 14	
2.9.3.	Dirección General de Aguas Nacionales (DIRNEA).....	14
2.9.4.	Dirección Regional de Aguas y Guardacostas Insulares (DIRGIN) 14	
2.9.5.	Ministerio de transporte y obras públicas (MTO) .....	14
2.9.6.	Servicio del Parque Nacional Galápagos (SPNG) .....	14
2.9.7.	Municipios de las Islas Galápagos (San Cristóbal, Santa Cruz, Isabela). 14	
CAPÍTULO 3.....		15
3.	DIAGNÓSTICO.....	15
3.1.	Antecedentes de la actividad portuaria.....	15
3.2.	Situación actual de la actividad portuaria .....	16
3.3.	Trayectoria marítima.....	17
3.4.	Actividades portuarias en los puertos .....	20
3.5.	Características de los buques .....	22
3.6.	Carga marítima.....	24

3.7.	Demanda actual .....	26
3.7.1.	Proyección poblacional .....	27
CAPITULO 4.....		30
4.	ALTERNATIVAS.....	30
4.1.	Análisis de alternativas de emplazamientos posibles.....	30
4.2.	Análisis de la capacidad actual de la carga recibida para San Cristóbal .....	35
4.3.	Análisis sobre la capacidad futura de la terminal de carga en el Puerto Baquerizo Moreno (año 2040) .....	38
4.4.	Alternativa 1: Análisis de requerimiento de iluminación durante 15 horas	40
4.5.	Alternativa 2: Incremento de buques para la descarga en galápagos	41
4.6.	Alternativa 3: Instalación de un puerto con una nueva infraestructura portuaria .....	43
4.7.	Selección de la alternativa óptima para el manejo de carga en Galápagos.....	46
CAPÍTULO 5.....		47
5.	Área de estudio.....	47
5.1.	Localización geográfica .....	47
5.2.	Ubicación del puerto marítimo .....	47
5.3.	La isla san Cristóbal y su cabecera cantonal.....	48
5.3.1.	Superficie de la cabecera cantonal .....	48
5.3.2.	Características geográficas.....	48
5.3.3.	Características ambientales.....	49

5.3.4.	Clima general del área de estudio .....	49
5.3.5.	Suelos y zona de vida .....	49
5.3.6.	Hidrología.....	50
5.3.7.	Fauna y flora terrestre.....	50
5.3.8.	Flora del Área de Estudio.....	50
5.4.	Aspecto bio – oceanográfico insular .....	51
5.4.1.	Bio – indicadores .....	52
5.4.2.	Geo – indicadores.....	52
5.5.	Riesgos sísmicos.....	52
5.6.	Dirección y Velocidad del Viento .....	54
5.7.	Mareas.....	54
5.8.	Batimetría .....	56
5.9.	Estudio de mecánica de suelo.....	56
5.9.1.	Estratigrafía.....	57
CAPÍTULO 6.....		58
6.	Diseño metodológico .....	58
6.1.	Descripción de la estructura .....	58
6.2.	Vía de interconexión.....	59
6.3.	Memoria de cálculo estructural rompeolas .....	60
6.3.1.	Características de los materiales de construcción .....	60
6.4.	Cálculo del peso de la roca de coraza y otras capas .....	60
6.4.1.	Peso de la capa intermedia.....	62
6.4.2.	Peso de la capa del núcleo .....	62

6.5.	Calculo para el dimensionamiento de los tetrápodos .....	62
6.6.	Calculo del espesor mínimo de los elementos de la coraza y la capa intermedia.....	63
6.7.	Calculo del número de elementos prefabricados.....	64
6.8.	Calculo del ancho mínimo de la corona.....	65
6.9.	Memoria de cálculo estructural muelle de carga .....	66
6.9.1.	Configuración geométrica .....	66
6.9.2.	Normas de diseño .....	67
6.9.3.	Especificaciones de material.....	67
6.9.4.	Cargas consideradas .....	68
6.9.4.1.	<i>Carga muerta</i> .....	68
6.9.5.	Carga de atraque .....	68
6.9.6.	Cálculo de la energía de atraque .....	69
6.9.7.	Cargas sísmicas ( $E_x - E_y$ ).....	70
6.9.8.	Modelado en ETABS .....	71
6.10.	Resultados del análisis estructural .....	75
6.10.1.	Fuerzas internas .....	75
6.10.2.	Comportamiento Global sismorresistente .....	76
6.10.3.	Diseño estructural .....	78
6.11.	Superestructura .....	79
6.11.1.	Diseño de loseta prefabricada .....	79
6.11.2.	Diseño de vigas .....	80
6.11.3.	Diseño transversal para vigas ACI 318-19.....	83

6.12.	Infraestructura .....	85
6.12.1.	Diseño de Cabezal.....	85
6.13.	Diseño de Pilotes del muelle .....	86
6.13.1.	Calculo de la capacidad del pilote.....	86
6.13.2.	Calculo de capacidad por punta.....	87
6.13.3.	Calculo de capacidad de fricción .....	87
6.14.	Diseño de pilotes de hormigón armado .....	88
6.15.	Metodología constructiva para el muelle .....	90
6.15.1.	Procesos preliminares.....	90
6.15.2.	Obra civil: Infraestructura .....	91
6.15.3.	Obra civil: Superestructura.....	94
	CONCLUSIONES .....	96
	REFERENCIAS .....	97
	GLOSARIO .....	100
	ANEXOS.....	105

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Llegada de carga a la isla Santa Cruz. Fuente (El comercio, 2015).....	15
Ilustración 2 Descarga de los contenedores por medio de las barcazas ; Fuente: autor.....	16
Ilustración 3 Llegada de los contenedores al centro de acopio y distribución de la carga a los usuarios fuente: autor .....	18
Ilustración 4 Muelle La Predial; Fuente (PCL,2020).....	21
Ilustración 5. Muelle de Pasajeros. Fuente: (PCL,2020).....	21
Ilustración 6 Navegación del Buque Fusión 2. Fuente: (PCL,2020).....	23
Ilustración 7 Navegación del Buque Fusión 2. Fuente: (PCL,2020).....	23
Ilustración 8 Navegación del Buque Isla de la Plata. Fuente: Marinetraffic .	24
Ilustración 9 Distribución de carga transportada hacia las islas Galápagos ; Fuente: autor.....	25
Ilustración 10 Distribución de carga anual transportada para las islas Galápagos ; Fuente autor .....	25
Ilustración 11 proyección de la tasa de crecimiento anual en la población; Fuente: autor.....	27
Ilustración 12 Área para uso agropecuario para la provincia de Galápagos; Fuente autor.....	28
Ilustración 13 Demanda de alimento para la provincia de Galápagos; Fuente: autor.....	29
Ilustración 14 Trayectoria de viaje de la ruta 1; Fuente: autor .....	30
Ilustración 15. Ejemplo faro para iluminación; Fuente: Técnicos del Instituto Tecnológico para el Control del Medio Marino (INTECMAR).....	31
Ilustración 16. Ejemplo Reflector LED; Fuente: Rodríguez Manuel .....	31

Ilustración 17 Ejemplo de grúa portacontenedores; Fuente: Relianz.....	34
Ilustración 18 Ejemplo de área de almacenamiento; Fuente: Zona industrial Córdoba .....	34
Ilustración 19 Ejemplo de Áreas con frigoríficos; Fuente: Africope Marin ....	34
Ilustración 20. Ubicación geográfica del mirado de cerro Tijeretas.....	47
Ilustración 21 Aceleración sísmica en Galápagos según la NEC-DS-SE-15	53
Ilustración 22 Dirección de viento en el puerto para carga marítima .....	54
Ilustración 23 carta náutica de puerto Baquerizo moreno. Fuente: INOCAR	56
Ilustración 24. Diseño en L del rompeolas .....	58
Ilustración 25. Diseño del Muelle y terminal portuaria.....	58
Ilustración 26. Diseño con las dimensiones de los elementos que conforman el puerto.....	59
Ilustración 27. Descripción geográfica de la distancia entre la ciudad con la ubicación del puerto.....	60
Ilustración 28 Dimensiones de los tetrapodos .....	62
Ilustración 29. La configuración geométrica y elevaciones de planta .....	67
Ilustración 30. Modelo tridimensional de pórticos de hormigón armado .....	71
Ilustración 31. Espectro de respuesta en aceleración.....	73
Ilustración 32. Cálculo del corte basal, según la NEC-15 .....	75
Ilustración 33. Modelado de la estructura con elementos tipo "Frame" con extrude.....	76
Ilustración 34 Deformaciones máximas – COMB7.....	77
Ilustración 35. Momentos de flector y de fuerza cortante de sección.....	79
Ilustración 36. Diagrama del Momento flector en las vigas.....	80



Ilustración 37. Diagrama de la viga de carga V1.....	81
Ilustración 38. Diagrama de la viga de carga V2 .....	81
Ilustración 39. Diagrama de la viga de carga V3.....	82
Ilustración 40. Diagrama de la viga de carga V4.....	83
Ilustración 41. Diagrama del diseño de cabezal.....	85
Ilustración 42. Perfil de un pilote para el área de estudio .....	88
Ilustración 43. Verificación de los pilotes con el Etabs.....	89
Ilustración 44. Diagrama de interacción del Diseño de los pilotes .....	90
Ilustración 45 Colocación del muerto estructural; Fuente: autor .....	92
Ilustración 46 Posicionamiento de tubo PVC ; Fuente: autor.....	92
Ilustración 47 Barrenado del pilote; Fuente: autor .....	93
Ilustración 48 Fundición del pilote; Fuente: autor.....	94
Ilustración 49 Montaje de viga prefabricada. Fuente: autor .....	94

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Itinerario de forma trimestral para la ruta 1 de Guayaquil (Gye) - Puerto Baquerizo Moreno (San Cristóbal)- Puerto Ayora (Santa Cruz); Fuente: autor.....	19
Tabla 2 Itinerario de forma trimestral para la ruta 2 de Guayaquil (Gye)-Puerto Villamil (Isabela) – Puerto Velasco Ibarra (Floreana); Fuente autor .....	19
Tabla 3 Itinerario cortesía de la Subsecretaria de Puertos ; Fuente: autor ..	20
Tabla 4 Información obtenida de la línea naviera Pacific cargo line. Fuente: (PCL,2020).....	22
Tabla 5 Información de las características del Buque. Fuente: Marinetraffic24	
Tabla 6. Años de la proyección inicial y final; Fuente: autor. ....	27
Tabla 7. Cantidad poblacional de los años de referencia; Fuente: autor .....	27
Tabla 8. Tasa de crecimiento anual; Fuente: autor.....	27
Tabla 9 Proyección de la carga hasta el año 2040; Fuente: autor. ....	28
Tabla 10. Carga promedio de movilización en San Cristóbal; Fuente autor	35
Tabla 11. Tiempo de servicio promedio por buque; Fuente: autor.....	37
Tabla 12 resultados obtenidos en el análisis para el terminal del Puerto Baquerizo en el año 2022 y su proyección en el año 2040; Fuente: autor	45
Tabla 13. Resultados de la coraza del tronco expuesto al oleaje .....	61
Tabla 14. Resultado de la coraza del cabezal .....	61
Tabla 15. Resultado de la coraza del tronco protegido del oleaje.....	61
Tabla 16. Relación del peso con las capas.....	61
Tabla 17 Datos de los tetrapodos por cada capa del rompeolas .....	63
Tabla 18 Datos de las dimensiones de los tetrapodos a diseñar .....	63

Tabla 19. Resultado par los espesores mínimos de coraza del tronco expuesto .....	64
Tabla 20. Resultados Espesores mínimos de coraza del cabezal .....	64
Tabla 21. Resultados Espesores mínimos de coraza del tronco no expuesto .....	64
Tabla 22. Resultados Espesores mínimos de capa intermedia .....	64
Tabla 23 Resultado de los números de tetrápodos por área .....	65
Tabla 24 Resultado de Espesores mínimos de coraza del tronco expuesto para coronamiento .....	65
Tabla 25 Resultado de Espesores mínimos de coraza del cabezal para coronamiento .....	65
Tabla 26. Resultado de Espesores mínimos de coraza del tronco no expuesto para coronamiento .....	66
Tabla 27 Carga viva para la estructura portuaria .....	68
Tabla 28: Combinaciones de Carga.....	71
Tabla 29. Datos de la ubicación de la estructura para San Cristóbal.....	72
Tabla 30 Datos de los parámetros de diseño .....	73
Tabla 31. Datos del periodo corto y periodo crítico.....	73
Tabla 32. Datos del centro de rigidez y masa .....	76
Tabla 33 Deflexión vertical.....	77
Tabla 34. Datos de las proporciones modal de masas participantes .....	78
Tabla 35. Datos de las fuerzas internas de la loseta prefabricada .....	79
Tabla 36. Datos del diseño cortante .....	79
Tabla 37. Datos de diseño a flexión.....	80

Tabla 38. Fuerza Interna de loseta prefabricada V1 .....	81
Tabla 39. Diseño a flexión V1 .....	81
Tabla 40. Fuerza Interna de loseta prefabricada V2 .....	81
Tabla 41. Diseño a flexión V2 .....	82
Tabla 42. Fuerza Interna de loseta prefabricada V3 .....	82
Tabla 43. Diseño a flexión V3 .....	82
Tabla 44. Fuerza Interna de loseta prefabricada V4 .....	83
Tabla 45. Diseño a flexión V3 .....	83
Tabla 46. Diseño por cortante V1 .....	84
Tabla 47. Diseño por cortante V2 .....	84
Tabla 48. Diseño por cortante V3 .....	84
Tabla 49. Diseño por cortante V4 .....	84
Tabla 50. Datos de cortante de vigas .....	85
Tabla 51. Paso 1 .....	86
Tabla 52. Paso 2-3 .....	86
Tabla 53. Paso 4-5-6 .....	86
Tabla 54. Datos para la capacidad de fricción .....	87
Tabla 55. Datos fuerza axial y momento .....	90
Tabla 56. Datos de la fuerza axial y momento de pilotes .....	90

## RESUMEN

Este trabajo pretende dar solución sobre las deficiencias del transporte de la carga en Galápagos y de los problemas a futuro, si este sistema continúa, con el manejo de la carga marítima para San Cristóbal en el año 2040. Esta solución, permitiría garantizar a los pobladores obtener un servicio eficiente, rápido y seguro de la carga. Para ello, se estimó tres alternativas funcionales, manteniendo siempre la protección del ecosistema del sector, entre estas alternativas están: a) el incremento de operatividad a 15 horas con ayuda de luces artificiales, b) el incremento de 1 buque a la ruta establecida para la isla seleccionada y c) la implementación de un puerto con sus instalaciones portuarias pertinentes. En el desarrollo de este trabajo de titulación, se llega a seleccionar la implementación de un puerto marítimo como la más adecuada y se optó por diseñar un muelle marítimo con su rompeolas para la isla San Cristóbal, teniendo en cuenta la conservación del ecosistema y mejorando su impacto visual.

**Palabras Claves:** *Puerto, muelle marítimo, operaciones portuarias, rompeolas, carga, transporte.*

## **ABSTRACT**

This work aims to provide a solution to the deficiencies of the arrival of cargo to Galapagos Island and some future problems with the handling of maritime cargo for San Cristóbal in the year 2040. This solution would guarantee the inhabitants to obtain an efficient service, fast and safe loading. In order to do that, three functional alternatives were estimated, always maintaining the protection of the ecosystem of the sector, among these alternatives are: a) the increase in the operation up to 15 hours with the help of artificial lights, b) the increase of 1 vessel to the route established for the selected island and c) the implementation of a port with its relevant port facilities. During the development of the work, the implementation of a maritime port is selected as the most appropriate and it is decided to design a maritime dock with its breakwater for San Cristóbal Island, without forget the conservation of the ecosystem and improving its visual impact.

**Keywords:** Port, sea dock, port operations, breakwater, maritime cargo, arrival.

# CAPÍTULO 1

## 1.1 INTRODUCCIÓN

En Galápagos es de trascendental importancia contar con un sistema portuario eficiente para el movimiento de carga marítima desde el Ecuador Continental hacia el archipiélago de Galápagos, ubicación donde alberga una población total de 33042 personas que debe cubrir una demanda de alimento, energía y productos básicos necesarias para la comunidad.

En la actualidad, las islas Galápagos no cuenta con las facilidades portuarias que se requieren para conectarse con el continente, debido a que carece del servicio de transporte marítimo adecuado, ni una infraestructura portuaria que permita a las embarcaciones atracar en el muelle con una mayor operatividad.

Por ello, este trabajo pretende dar una solución óptima a los impedimentos existentes del manejo de carga en las islas Galápagos, enfocándose en el manejo de la carga en la isla San Cristóbal, como parte de un sistema integral. Además de brindar un diseño portuario en la proximidad de la playa "Las Tijeretas" ubicado en la isla San Cristóbal, donde constará de la configuración geométrica óptima para el muelle marítimo, el diseño de los componentes que lo conforman, basándose en estudios de suelos y subsuelo marítimo realizados anteriormente para muelles de pasajeros existentes, Así mismo se delimitará los espacios que intervienen en un puerto y se describirá la metodología constructiva a usarse.

A su vez, se intenta concientizar de los problemas que se viven en la actualidad dentro de las islas por la inadecuada operación de la carga por vía marítima que cada día se va incrementando por la tasa de crecimiento poblacional. Cuyo propósito es demostrar a los usuarios considerar la propuesta para un mejoramiento eficiente del transporte de carga bioseguro hacia las ciudades más cercanas.

## 1.2 ANTECEDENTES

Actualmente la carga que se transporta desde el Ecuador continental hacia las cuatro islas pobladas de la provincia de Galápagos (Santa cruz, San Cristóbal, Floreana e Isabela), contiene un manejo poco eficiente e inapropiado, tanto en la parte operativa que encarece el costo de los usuarios como en los riesgos y accidentes ambientales que afectan el ecosistema y la bioseguridad.

Al no existir un muelle con la suficiente profundidad para que los buques portacontenedores puedan acoderar, estos buques quedan fondeando a ½ milla del sitio de descarga y con ayuda de barcasas transportan los contenedores a los muelles existentes, los mismo que son embarcados en trailers para su almacenamiento y distribución.

El muelle actual en Puerto Baquerizo Moreno (Isla San Cristóbal) que sirve para la carga y descarga, está conformado por una base de estructura de hormigón asentada directamente sobre las rocas, que contiene una configuración cubica, siendo el lado hacia el mar vertical con una cota de terminación a un metro de la marea más alta, teniendo una facilidad portuaria privada situada en el sector de la Predial.

Este tipo de muelle no presta seguridad ni comodidad para los usuarios ni para el sistema operativo que se está utilizando para el transporte por vía marítima de la carga entre las islas y el continente, que es por medio de contenedores tanto de ida como de regreso. En toda la provincia no se cuenta con un muelle con suficiente profundidad que tenga instalaciones complementarias y un área operativa que le permita dar un servicio adecuado a los usuarios.

El transporte marítimo Guayaquil-Galápagos es un factor indispensable para el desarrollo y supervivencia de la población que habita en la provincia insular, Patrimonio Natural de la Humanidad. El modelo actual es deficiente al carecer de un muelle con suficiente profundidad. Además de mantener varios puntos de las islas en contacto directo con el continente, incrementando el riesgo sanitario y de bioseguridad. A su vez, encarece la vida de los habitantes y del servicio turístico.



### **1.3 OBJETIVO GENERAL**

Realizar una propuesta técnica para el manejo de carga y descarga en la isla San Cristóbal de la provincia de Galápagos, fomentando el desarrollo sustentable, ecológico, económico y seguro para el transporte, embarque y desembarque de la carga que se transporta por vía marítima, desde el Ecuador continental.

### **1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Analizar la capacidad del manejo de carga para la isla San Cristóbal como parte de un sistema integral para Galápagos.
- Definir los parámetros para el diseño portuario bioseguro, seleccionando las mejores condiciones oceanográficas y técnicas, para la solución portuaria que estará conformado por un muelle con suficiente profundidad para el calado de esos buques.
- Modelar una propuesta de diseño portuario en el cantón de San Cristóbal, aplicando las normativas vigentes.

## 1.5 METODOLOGÍA

Este trabajo contará con un enfoque descriptivo para detallar la solución más propicia de la problemática de investigación, utilizando información verídica y concreta de la actividad portuaria, así como la recopilación de información técnica existente en los estudios realizados en los tres muelles ubicados en el cantón San Cristóbal. Se documentará los conceptos claros, entendibles y se plasmará los criterios técnicos, factibles y constructivos para la propuesta del diseño portuario.

Por medio de un simulador en GPSS se analizará la capacidad actual y futura del manejo de la carga en el cantón San Cristóbal y se seleccionará la alternativa más eficiente y factible. Además, con ayuda del *software Etabs* y hojas de cálculo en Excel, se modelará el muelle propuesto y se lo diseñará de acuerdo a las normativas vigentes.

## **CAPÍTULO 2**

### **2. MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Generalidades**

Un puerto marítimo es un sistema de transporte donde las mercancías llegan por vía terrestre o fluvial y en el que se puede realizar diferentes operaciones como almacenamiento, apilamiento, manejo, transporte, carga en bodegas y estiba. Cada una de estas operaciones se puede realizar de diferentes formas y sus costos pueden ser tan elevados que en muchos casos el costo de todas estas operaciones es superior al del flete marítimo. Por lo tanto, es importante una organización portuaria que a menudo pueda reducir buenos costos.

##### **2.1.1. Tipo de carga**

Una carga es una mercancía asegurada por un adecuado embalaje con la finalidad de lograr una rápida transportación. Como resultado, tenemos una gran variedad de productos para transportar y debemos estar al tanto de los tipos de envíos. (Mondragón, 2019)

###### **2.1.1.1. Carga general**

Embarcada en pequeñas cantidades y en unidades discretas. Los paquetes se cuentan y se tratan como una unidad. Se transportan y almacenan juntos. Estos tipos de pedidos se segmentan, según su grado de preparación del embalaje, en dos tipos:

- Carga general suelta: consisten en cargas que se manejan individualmente.
- Carga general unitarizada: pedidos o envíos consolidados agrupados en un paquete unificado el cual representa el pedido del comprador que será procesado en la etapa del proceso logístico.

###### **2.1.1.2. Carga Granel**

Transportada a granel y sin embalaje. Se guarda directamente en la bodega en un compartimento grande especialmente equipado. La carga granel es con mayor frecuencia transportada en contenedores. Esto se debe a que deben transportarse de manera uniforme y por peso sin embalaje.

La carga granel puede ser de diversas formas.

- Sólido como: comestibles, minerales y otros.
- Líquido como: combustibles, lubricantes y otros.
- Gas como: butano, propanol entre otros.

#### **2.1.1.3. Carga perecedera**

Es una carga de una vida útil fija que tiene un período específico de uso y tiene como procedimiento una clasificación por envío.

#### **2.1.1.4. Carga Frágil**

Se categoriza por tipo de carga. Estos envíos o pedidos deben tratarse con un cuidado especial, la naturaleza de estos puede estropearse o resultar dañada mediante el transporte o manipulación. Usualmente se agrega una protección extra a estas cargas para los impactos o golpes que pueden ocurrir al momento del proceso logístico.

#### **2.1.1.5. Carga peligrosa**

Son tipos de carga que se generan en el proceso de distribución y que determinan sus rutas de manipulación y distribución, que requiere el máximo cuidado en su manipulación. Estas cargas pueden ser de propiedades venenosas, radioactivas, corrosivas, explosivas u objetos peligrosos.

### **2.1.2. Tipo de contenedores**

Independientemente del tipo los contenedores marítimos comparten muchas características comunes, como la identificación alfanumérica, sus dimensiones y su carga útil máxima, que esta depende del tipo de transportador y contenedor (Cabarrús, 2018).

#### **2.1.2.1. Dry Van**

El contenedor de envío más común, cerrado sin refrigeración o ventilación especial.

### **2.1.2.2. High Cube**

Un contenedor de envío de 40 pies con altura adicional, que puede alcanzar hasta 9,6 pies.

### **2.1.2.3. Open Top**

Contenedor con una abertura en la parte superior por donde sale la mercancía.

### **2.1.2.4. Open Side**

Contenedor marítimo utilizado especialmente para cargas de grandes dimensiones.

### **2.1.2.5. Reefer**

Contenedor marítimo cuya función es el mantenimiento de la temperatura, ya sea frío como en caliente, regulable termostáticamente.

### **2.1.2.6. Flat Rack**

Contenedor sin paredes laterales, a veces sin paredes frontales y traseras, para equipaje de gran tamaño.

### **2.1.2.7. Tank**

Contenedores marítimos para el transporte de líquidos con un furgón seco.

### **2.1.2.8. Flexi-Tank**

## **2.2 Clasificación de los puertos**

Los puertos se dividen en dos categorías según las condiciones naturales y las instalaciones y servicios. (Peñafiel & Torres, 2020)

### **2.2.1 Clasificación por sus condiciones naturales**

- Puertos Naturales: Son puertos de fácil acceso, seguros y protegidos en condiciones naturales sin necesidad de intervención humana.
- Puertos Protegidos: Estos son puertos que carecen de protección natural y necesitan ser complementados con estructuras hechas por el

hombre. Las estructuras de protección suelen consistir en grandes rompeolas que se extienden desde cabos o puntas costeras.

- Puertos Artificiales: Se encuentran al menos en lugares donde existe una clara falta de condiciones naturales suficientes y son construidos íntegramente por humanos.
- Fondeaderos: Son puertos más o menos protegidos donde los barcos pueden atracar con mucha seguridad.
- Puertos Fluviales: Situados en las márgenes de los ríos o estuarios, según la marea.

### **2.3. Muelle**

Los muelles se definen como estructuras de amarre fijo y de atraque que forman una línea continua de atraque y están total o parcialmente conectados al terreno, proporcionando una superficie nivelada para la carga y descarga.

### **2.4. Clasificación de muelles**

Según la Dirección de Obras Portuarias los muelles se pueden clasificar según su orientación y su efecto en la dinámica costera. (Ametller, Llorca, & González, 2012)

#### **2.4.1. Clasificación por Orientación**

- Muelle en espigón: También conocido como Penetration Wharf, está orientado perpendicular o en ángulo a la costa.
- Muelles marginales: Los muelles marginales son instalaciones de atraque que discurren paralelamente a la costa.

#### **2.4.2. Clasificación por función de tipología**

- Estructuras permanentes cerradas: estructuras que generalmente permiten poco flujo de agua, aunque algunas tienen poros para reducir los reflejos de las olas. Dependiendo de cómo resista la estructura las influencias ambientales externas y transfiera las cargas a los cimientos, las estructuras fijas cerradas se pueden clasificar como centrales eléctricas de gravedad, estructuras de paraguas y estructuras de pilotes.

- Estructuras abiertas fijas: Las plataformas horizontales utilizadas para la carga y descarga están soportadas por secciones relativamente ligeras de elementos estructurales verticales (pilotes, muelles, etc.) de modo que se restringe el flujo de agua a través del muelle. Es una estructura permitida. Los carenados que componen las amarras son discontinuos. Se cree que este tipo de muelles, también conocidos como muelles transparentes, tienen un ligero efecto en los patrones de circulación oceánica a lo largo de la operación

#### **2.4.2.1. Clasificación de los elementos físicos que conforman un puerto**

- Obras de exteriores: Se realizan en el mar para proteger el buque. Rompeolas, topos de protección, protección de bordes, dragados exteriores, etc.
- Obras de interiores: Se realizan en el interior, denominadas áreas protegidas.  
Almacenamiento, oficinas administrativas, control de seguridad, etc.

##### **2.4.2.1.1. Rompeolas**

Un rompeolas es una estructura diseñada para proteger la orilla de una playa, un puerto, un fondeadero o una cuenca de las olas. Los rompeolas marítimos se construyen para crear aguas tranquilas en las zonas portuarias, proporcionando una protección a la operación portuaria y al manejo seguro de los buques. (Greslou, 1962)

La estructura de protección está conformada por tres capas de material.

- Núcleo de rompeolas, capa interior.
- Estrato secundario, también llamado capa intermedia o filtro, es el estrato inmediatamente adyacente al núcleo, compuesto de rocas más grandes que el núcleo.
- Coraza, capa superior del rompeolas. Esta capa está en contacto directo con las olas.

Los rompeolas pueden ser de escombros, rocas, cajones de hormigón, etc. La mayoría de los rompeolas son de roca natural debido a las adecuadas

propiedades hidráulicas para este tipo de estructuras. Sin embargo, según el estudio de Danel de 1962, mediante una investigación sistemática se puede identificar varias formas para mejorar las propiedades de los rompeolas convencionales, particularmente con respecto a las siguientes variables:

- Hidráulicas: estabilidad de los componentes de la coraza, resistencia estructural general, desbordamiento reducido de las olas, reflexión reducida de las olas.
- Revestimiento estructural: límite de peso unitario del material, materiales prefabricados convenientes, fácil colocación de bloques y uso de transporte marítimo.
- Aspecto económico: consiste en minimizar costos.

#### **2.4.2.1.1.1. Rompeolas con tetrápodos**

Los tetrápodos son elementos de hormigón prefabricados formado por cuatro puntas troncocónicas de ejes paralelos, dispuestas simétricamente de forma que los centros de sus bases formen los vértices de un tetraedro. (Greslou, 1962) El uso de tetrápodos en rompeolas es un método nuevo para las obras de protección marítima. Su desarrollo ocurrió en los "Etablissements Neyrpic`s Laboratoire Dauphinois d`Hydraulique" en Grenoble, Francia, como resultado de una serie de pruebas utilizando modelos hidráulicos.

### **2.5. Bioseguridad y Transporte de Carga a las Islas Galápagos.**

Las inspecciones de carga son realizadas por el Sistema de Inspección y Cuarentena de Galápagos (SICGAL). En este sentido, se aplica el "Reglamento para la Prestación de Servicios de Transporte Marítimo desde el Continente Ecuatoriano al Estado de Galápagos y Viceversa". Donde se establece los siguientes artículos a considerar como el art. 7 que solicitan requisitos y condición como el certificado anual de normas para la bioseguridad y certificado de cumplimiento de dichas normas emitido por la ABG. Y el art. 27 que requiere se cumpla los procedimientos y normas propias al sistema de cuarentenario y bioseguridad emitido y respaldado por la ABG.



## **2.6. Ordenamiento territorial y Plan de desarrollo sustentables especial de Galápagos.**

Los sistemas de transportes marítimo, aéreo y terrestre deben ser optimizados con una movilidad sostenible tanto externa como internas regidas por los parámetros ambientales y socioculturales de la región especial (Galápagos).

## **2.7. Ecosistema Ambiental Galápagos**

La geología de Galápagos es de origen volcánico y consiste en volcanes jóvenes, muchos de los cuales están activos. Se estima que la isla se formó hace 5 millones de años. Las islas más antiguas son las más cercanas al continente, a saber, San Cristóbal y española, y las más jóvenes Fernandina e Isabela. La mayor parte de la isla es roca sin vegetación ni suelo. (Dirección del Parque Nacional Galápagos).

Debido a su aislamiento, las Islas Galápagos son unos de los sistemas marinos más complejos y únicos del mundo, un sistema interdependiente con muchas especies de flora y fauna tropical y ártica debido a las corrientes oceánicas. Los ecosistemas marinos tienden a tener niveles más bajos de endemismo que los ecosistemas terrestres porque están menos aislados ecológicamente que los ecosistemas terrestres. Sin embargo, la proporción de especies endémicas en el archipiélago es alta, alcanzando el 18,2%. En general, la fauna de la isla muestra una alta proporción de especies endémicas, incluyendo reptiles, mamíferos terrestres, aves terrestres, aves marinas y mamíferos marinos. Las islas grandes albergan la mayor parte de la biodiversidad de Galápagos, tanto endémica como nativas.

### **2.7.1. Afectación de la vida marina por contaminación lumínica.**

Estudios de las Universidades de Bangor y Exeter han demostrado que los efectos de la luz artificial tienen un impacto significativo en la composición de los ecosistemas marinos.

Se ha demostrado que las plantas y los animales nocturnos requieren oscuridad para sobrevivir y mantenerse en equilibrio. La proyección de la luz

sobre el entorno natural provoca fenómenos como el deslumbramiento y la desorientación de las aves, provoca cambios en los ciclos de subida y bajada del plancton marino y afecta a la nutrición de la vida marina que vive cerca de la costa. (Horts, 1999)

Además, afecta el ciclo reproductivo de los insectos. Algunos insectos deben viajar distancias considerables para encontrarse y no pueden atravesar las "barreras de luz" que forman los centros urbanos iluminados. Además, algunas especies no pueden percibir ciertas longitudes de onda de luz, lo que provoca un desequilibrio en las poblaciones de especies y permite que los depredadores prosperen mientras que otros se extinguen. Finalmente, la flora se ve afectada al reducirse el número de insectos polinizadores de una planta en particular.

## **2.8. Normativa y recomendaciones referenciales**

Algunas de las normas y recomendaciones extranjeras validadas más utilizadas incluyen:

- Manual de Defensa Costera (Cuerpo de Ingenieros del Ejército de EE. UU.)
- Lineamientos para el Diseño Sísmico de Estructuras Portuarias (PIANC/AIPCN)
- Recomendaciones de Obras Marítimas y Portuarias, ROM (España)
- Manual de Ingeniería Costera (EE.UU.)

## **2.9. Las Autoridades Involucradas y sus responsabilidades**

### **2.9.1. Consejo de Gobierno del Régimen Especial de Galápagos (CGREG), antes INGALA.**

Una agencia del gobierno estatal establecida por la Enmienda Constitucional Ecuatoriana de 2008 para coordinar el desarrollo sostenible consistente con la protección del Patrimonio Mundial. Responsable de la planificación rural y urbana relacionada con los objetivos del proyecto SOTMCG aprobado en 2008, con enfoque en la gestión transparente de los recursos ambientales.

### **2.9.2. Consejo Nacional de Marina Mercante y Puertos (CNNMP)**

Elaborar y coordinar las políticas de transporte a nivel nacional. Es el principal órgano consultivo del gobierno ecuatoriano en asuntos marítimos.

### **2.9.3. Dirección General de Aguas Nacionales (DIRNEA)**

Responsable de la práctica de la Autoridad Marítima Ecuatoriana, responsable de la planificación estratégica y política para la protección de la vida en el mar y la contaminación marina.

### **2.9.4. Dirección Regional de Aguas y Guardacostas Insulares (DIRGIN)**

Unidad regional Galápagos correspondiente a DIRNEA. La sede de la empresa está en Puerto Baquerizo, San Cristóbal, y las oficinas de la capitanía de puerto están ubicadas en las cuatro islas habitadas restantes.

### **2.9.5. Ministerio de transporte y obras públicas (MTOPE)**

Se encargan de todas las tareas políticas y normativas relacionadas al sector del transporte marítimo (puertos, tripulaciones y buques), con excepción de las cuestiones de seguridad, controlada por la DIRNEA.

### **2.9.6. Servicio del Parque Nacional Galápagos (SPNG)**

Depende del Ministerio de Medio Ambiente, que vela por la gestión de los espacios protegidos y el cumplimiento de la normativa de conservación de la naturaleza.

### **2.9.7. Municipios de las Islas Galápagos (San Cristóbal, Santa Cruz, Isabela).**

Gestiona la infraestructura portuaria y las actividades de entrada y salida del tráfico marítimo, incluido el turismo (excursiones de un día, cruceros en barco, cruceros por la bahía), el transporte interinsular y el transporte de mercancías.

## CAPÍTULO 3

### 3. DIAGNÓSTICO

#### 3.1. Antecedentes de la actividad portuaria

Antes de 2015, era administrado por un sistema de carga suelta, que tenía algunos problemas como la llegada de la carga húmeda y aplastada. No había una división de las cargas peligrosas con las cargas perecible y no perecible, además que existía una mayor probabilidad de ingreso de especies invasoras al archipiélago. Todo ello, sin contar con la descarga manual de mercancías (tanques de gas, sacos de cemento, etc.) en los muelles existentes. (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2011).



*Ilustración 1. Llegada de carga a la isla Santa Cruz. Fuente (El comercio, 2015)*

Desde el 2014 hasta el 2015 se registró que el 46,51% de las cargas transportadas fueron materiales de construcción y el 53,49% restante está constituido por cilindro de gas, madera, productos plásticos, cargas peligrosas, envases de bebidas, productos de primera necesidad como víveres y otros artículos.

En base a los problemas del sistema anterior, a partir de 2016, el cambio de la carga suelta a la carga con contenedores ayudó a favorecer la

carga y descarga, brindando más seguridad a los usuarios. (Economía Plan V, 2020)

### **3.2. Situación actual de la actividad portuaria**

Actualmente en las islas Galápagos pese a tener un sistema operativo con contenedores que se optó en el 2016, sigue existiendo inconformidad para los residentes, debido a que se está volviendo menos efectivo debido a los retrasos en la llegada de la carga. (Chuchuca, 2012)

En las islas Galápagos al no contar con un puerto que facilite la descarga y carga de los elementos que se transportan desde el continente hacia el archipiélago, las operaciones deben continuar siendo asistidas por barcasas o gabarras que trasladen la carga del buque a los muelles existentes. Dado que el área de la isla es en gran parte un área protegida, las poblaciones residentes y turísticas dependen del sistema de suministro para obtener la mayoría de los productos básicos, como alimentos, vehículos, materiales de construcción y medios de producción. Por lo tanto, el modelo actual no es adecuado además de la falta de controles fitosanitarios y de seguridad para conservar la biodiversidad en las islas.



*Ilustración 2 Descarga de los contenedores por medio de las barcasas; Fuente: autor*

### **3.3. Trayectoria marítima**

La carga enviada desde el continente al archipiélago pasa por un proceso portuario. La carga se recoge primero en el Muelle de Caraguay o en el Muelle Marítimo Privado (Store Ocean) administrado por la Ciudad de Guayaquil. Un operador portuario calificado es responsable de cargar e inspeccionar la carga antes del embarque, así como un período de cuarentena el día anterior a la recepción de la carga, durante el cual se fumiga la embarcación para el control de higiene.

La carga que es movilizada vía terrestre hacia los muelles autorizados en Guayaquil ya sea el muelle de la Caraguay o el muelle privado Store Ocean, el embarque de los contenedores se lo realiza con los trailers que se encuentran en la plataforma y el buque, y con ayuda de una grúa fija dentro del mismo. Esto en el caso de las dos islas más pobladas, Santa cruz y San Cristóbal, para las otras dos islas menos pobladas, Isabela y Floreana, se utilizan los Buques Paola y Tania donde se mantiene el sistema de carga tradicional por pallets, con un tránsito marítimo de aproximado de 3 días para llegar al destino. Una vez que el barco llega a la isla, debe estar fondeando cerca del lugar de desembarque mientras una barcaza transporta el contenedor al muelle existente. Esta navegación tarda unos 15 minutos hasta el lugar de atraque. El recorrido total de la barcaza hasta el muelle existente lleno de contenedores toma de dos a tres horas. (Cevallos & Mazón, 2012)

Los contenedores se colocan mediante grúas móviles en los patios del Consejo de Gobierno Regulador del Estado de Galápagos (CSREG), donde camionetas privadas transportarán el producto a la ciudad para su distribución.



*Ilustración 3 Llegada de los contenedores al centro de acopio y distribución de la carga a los usuarios fuente: autor*

Generalmente la Secretaría de Puertos, Transporte Marítimo y Fluvial (SPTMF) emite trimestralmente los itinerarios de las embarcaciones aprobadas en las rutas establecidas para el transporte marítimo de carga. Existen actualmente 2 rutas:

- Ruta 1: Guayaquil (Gye) - Puerto Baquerizo Moreno (San Cristóbal) - Puerto Ayora (Santa Cruz)

<b>Ruta 1</b>	<b>Operación</b>	<b>Días</b>
Guayaquil	Recepción de carga	9
Guayaquil-San Cristóbal	Viaje continente / Isla	3
San Cristóbal	Desembarque de carga	2
San Cristóbal-Santa Cruz	Viaje Isla	1/2
Santa Cruz	Desembarque de carga	5
Santa Cruz	Embarque de carga y contenedores vacíos	2

Santa Cruz-San Cristóbal	Viaje Isla	1/2
San Cristóbal	Embarque de carga y contenedores vacíos	1
San Cristóbal -Guayaquil	Retorno	3
Total		26

*Tabla 1 Itinerario de forma trimestral para la ruta 1 de Guayaquil (Gye) - Puerto Baquerizo Moreno (San Cristóbal)- Puerto Ayora (Santa Cruz); Fuente: autor*

- Ruta 2: Guayaquil (Gye) - Puerto Villamil (Isabela) - Puerto Velasco Ibarra (Floreana)

<b>Ruta 2</b>	<b>Operación</b>	<b>Días</b>
Guayaquil	Recepción de carga	9
Guayaquil-Isabela	Viaje continente / Isla	3
Isabela	Desembarque de carga	4
Isabela-Floreana	Viaje Isla	1
Floreana	Desembarque de carga	2
Floreana-Guayaquil	Retorno	3
Total		22

*Tabla 2 Itinerario de forma trimestral para la ruta 2 de Guayaquil (Gye)-Puerto Villamil (Isabela) – Puerto Velasco Ibarra (Floreana); Fuente autor*

El itinerario actualizado de los días que se envía la carga para la ruta 1: Guayaquil-San Cristóbal-Santa cruz-Guayaquil.



BUQUES	Días																																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	1	2	3	4
Fusión 2	Embarque y desembarque en Guayaquil									Viaje a Galápagos		Puerto San Cristóbal y Santa Cruz										Regreso a Guayaquil		Embarque y desembarque en Guayaquil										
Isla Plata										Embarque y desembarque en Guayaquil									Viaje a Galápagos		Puerto San Cristóbal y Santa Cruz										Regreso a Guayaquil			

Tabla 3 Itinerario cortesía de la Subsecretaría de Puertos ; Fuente: autor

### 3.4. Actividades portuarias en los puertos

Al llegar a cualquier puerto de las islas ya sea en puerto Baquerizo Moreno, Puerto Ayora, Puerto Velasco Ibarra y Puerto Villamil, se realiza una inspección en la llegada de la carga y de este modo autorizan la descarga de los buques a las ciudades.

Los buques portacontenedores y de carga autorizados están equipados con grúas con una capacidad máxima de 10 a 20 toneladas para trasladar contenedores o tarimas a las barcazas, estas barcazas son de propiedad privada y tienen una capacidad máxima de 2 a 6 toneladas (6 a 10 contenedores). Las operaciones de descarga se realizan típicamente entre las 8 am y las 5 pm, para lo cual no existen controles fitosanitarios como limpieza, fumigación o procedimientos operativos a seguir. Debido a que se transportan todo tipo de mercancías, primero se descargan los comestibles y otros productos orgánicos, luego los materiales de construcción y, por último, los contenedores de gas y las cargas suelta que no se manipulan fácilmente. (Subía, 2021)

Se recalca que, en las 4 islas pobladas, se utiliza un sistema de gabarras o barcazas para la transferencia de carga hacia las ciudades más cercanas, aunque existen algunas diferencias entre ellas.

- **San Cristóbal:** Después de la descarga de los contenedores al muelle existente, la carga es trasladada en trailers al sitio de acopio del Consejo de Gobierno ubicado cerca de Playa Man a 1 Km del muelle La Predial.



*Ilustración 4 Muelle La Predial; Fuente (PCL,2020)*

- **Santa Cruz:** Después de la descarga de los contenedores al muelle de pasajeros en el canal Itabaca, la carga es trasladada a los trailers donde es llevada al centro de acopio logístico, ubicado cerca de las oficinas del Consejo de Gobierno a 42 km de distancia.



*Ilustración 5. Muelle de Pasajeros. Fuente: (PCL,2020)*

- **Isabela:** Después de que los contenedores son descargados por barcazas en la costa, se descargan manualmente, en esta isla las barcazas solo se pueden mover con marea alta ya que la bahía de Puerto Villamil sufre un proceso de sedimentación rápido así mismo, el muelle existente sirve como muelle de carga, de pasajeros y de combustible, lo que puede causar accidentes o contaminación cruzada en el futuro.

### 3.5. Características de los buques

La carga para el suministro de la isla San Cristóbal y Santa Cruz es traída desde el continente en buques portacontenedores: Isla Plata y Fusión 2; El barco Paola y Tania lleva carga solo a la isla Isabela y Floreana bajo el sistema de transporte de carga a pallets. (Gobierno de la República del Ecuador)

Este trabajo se enfocará en los buques que navegan en la ruta 1: Guayaquil-San Cristóbal-Santa Cruz.

#### MV FUSIÓN 2

MV Fusion 2 es un buque europeo construido en el año 1997, donde cuenta con dos grúas hidráulicas de 36 toneladas, 4.004 TRB (Tonelaje de Registro Bruto) y puede transportar 373 TEU's (1 TEU equivale a 1 contenedor de 20' de longitud) además este barco está conformado por tres bodegas, una maquina principal y conexiones para 40 contenedores refrigerados.

Tipo de Buque	
Capacidad de Carga	373 TEU's
Capacidad de Reefer	40 plugs (conexiones)
Tonelaje de Registro Bruto (TRB)	4004 tons.
Eslora x Manga	96.7m x 16.4 m
Maquina Principal	MAN B&W 8L32/40-4786 HP
Grúas	2 grúas hidráulicas, SWL 36MT
Velocidad	12 nudos

Tabla 4 Información obtenida de la línea naviera Pacific cargo line. Fuente: (PCL,2020)



Ilustración 6 Navegación del Buque Fusión 2. Fuente: (PCL,2020)



Ilustración 7 Navegación del Buque Fusión 2. Fuente: (PCL,2020)

## ISLA DE LA PLATA

El buque Isla de la Plata fue fabricado en el 2012, cuenta con dos grúas hidráulicas de 36 toneladas y puede transportar 140 TEU's gracias a sus dimensiones de 91.3 metros de eslora y 15.8 metros de manga.

Tipo de buque	
Número IMO	9652430
Nombre	Isla de la Plata
Estado	Activo

<b>Eslora x Manga</b>	91.3 x 15.8 m
<b>Año de construcción</b>	2012
<b>Puerto base</b>	Guayaquil
<b>Bandera</b>	Ecuador (EC)

*Tabla 5 Información de las características del Buque. Fuente: Marintraffic*



*Ilustración 8 Navegación del Buque Isla de la Plata. Fuente: Marintraffic*

### **3.6. Carga marítima**

La carga y descarga es una operación bimensual, por barcos portacontenedores y cargueros, esta actividad está causando actualmente un problema operativo, tanto para las personas que trabajan en el muelle, como para las flotas navieras que movilizan la carga marítima. (Fiallos & Villagrán, 2020)

La carga que es transportada hacia las islas Galápagos se distribuye de la siguiente manera: Alimentos secos y granos 20%, materiales de construcción 60%, frutas y verduras 10% y otros productos 10% (Gobierno Autónomo descentralizado de Santa Cruz).

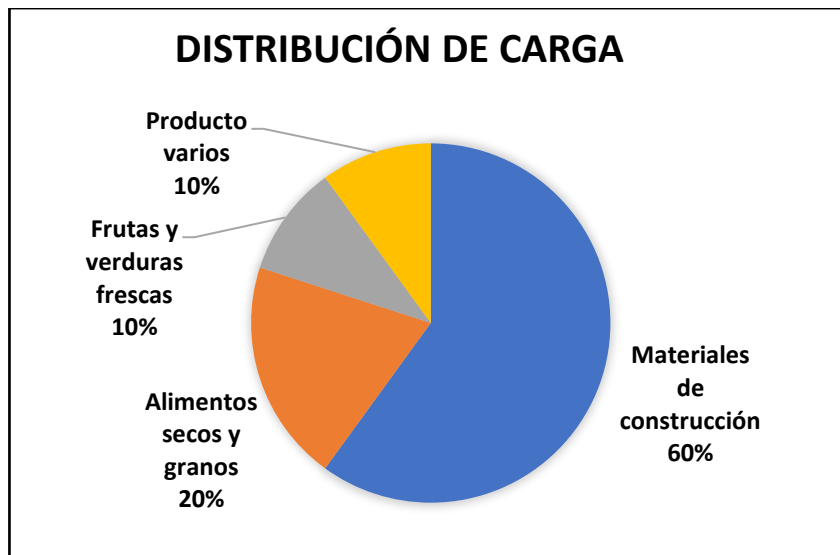


Ilustración 9 Distribución de carga transportada hacia las islas Galápagos; Fuente: autor

Generalmente en las islas Galápagos ingresan aproximadamente 6.000 toneladas mensuales de carga, con excepción del 2020 que hubo 2800 toneladas mensuales por la pandemia COVID 19, en el 2022 se tiene estimado que el Fusión 2 cargue 3.000 toneladas y la Isla Plata 1.900 toneladas mensuales. El promedio mensual en condiciones normales no ha podido entregar totalmente los productos básicos para abastecer a los consignatarios, puesto que no existe una infraestructura portuaria que proporcione las instalaciones adecuadas o la tecnología suficiente. (El comercio, 2015)

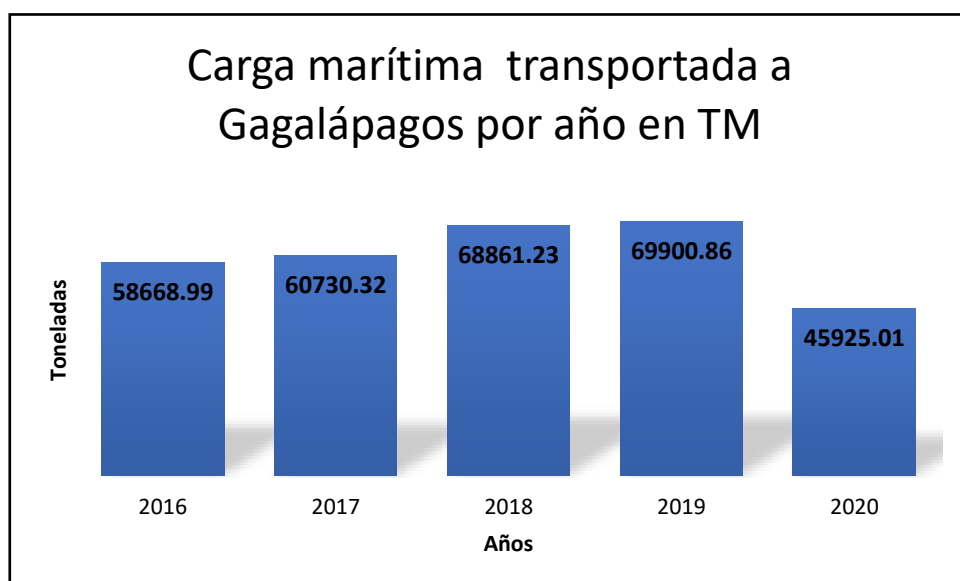


Ilustración 10 Distribución de carga anual transportada para las islas Galápagos; Fuente autor

Los contenedores utilizados en los barcos que manejan la carga en las Islas Galápagos se dividen en 3 grupos de contenedores: Estándar, One Top y Reefer.

- Estándar: Se utilizan para el transporte de mercancías secas. Estos contenedores protegen las mercancías que envían desde el extranjero, no requieren control de temperatura. Los contenedores de 20 pies (2.59 m de alto, 2.44 m de ancho y 6 m de largo) y contenedores de 40 pies (2.59 m de alto, 2.44 m de ancho y 12.2 m de largo)
- Open Top: Se usan para mercancía seca de difícil manejo, no tienen tapa superior porque allí se realiza la carga y descarga, generalmente se usa algún tipo de lona para tapar. En el buque se transportan aproximadamente 20 contenedores por viaje hacia Galápagos.
- Reefer: Disponen de unidades de refrigeración o congelación según el tipo de mercancía. Su capacidad interna es aproximadamente 10% menor que un contenedor ordinario. En el buque se transportan aproximadamente 6 contenedores por viaje hacia Galápagos.

### **3.7. Demanda actual**

La población residente de las islas Galápagos estimada por el Censo Poblacional y vivienda en Galápagos realizada en el 2015 por la Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC), muestra que tiene una población total de 25244 habitantes residentes permanentes, del cual el 28.52% residen en San Cristóbal, el 62.2% residen en Santa Cruz y el 9.29% residen en Isabela.

El crecimiento poblacional de las Islas Galápagos y el incremento en el número de turistas tiene una tasa de crecimiento de 2.3%, a excepción de los años 2019 y 2020, donde la tasa de crecimiento se desaceleró debido a la pandemia del COVID-19, este crecimiento ha llevado a la mayor demanda de mercancías transportadas desde el continente, considerando el sistema de transporte marítimo es el principal medio para abastecer a la isla con productos perecibles y no perecibles.

### 3.7.1. Proyección poblacional

Se determinó la población hasta el año 2040, se utilizó los últimos 3 censos totales para proyectar las poblaciones futuras y la tasa de crecimiento correspondiente.

<b>Proyección inicial</b>	<b>2022</b>
<b>Proyección final</b>	<b>2040</b>

Tabla 6. Años de la proyección inicial y final; Fuente: autor.

<b>Año</b>	<b>Población</b>
<b>2001</b>	17451
<b>2010</b>	23046
<b>2015</b>	25244

Tabla 7. Cantidad poblacional de los años de referencia; Fuente: autor

Se determina primero la tasa de crecimiento anual, r con la siguiente formula:

$$r = \left( \frac{Puc}{Pci} \right)^{\left( \frac{1}{Tuc - Tci} \right)} - 1$$

<b>AÑO</b>	<b>POBLACIÓN</b>	
<b>1990</b>	17451	<b>r</b>
<b>2001</b>	23046	0.027
<b>2010</b>	25244	0.018
<b>R, PROMEDIO</b>		<b>0.023</b>
<b>TASA DE CRECIMIENTO ANUAL</b>		<b>2.3%</b>

Tabla 8. Tasa de crecimiento anual; Fuente: autor

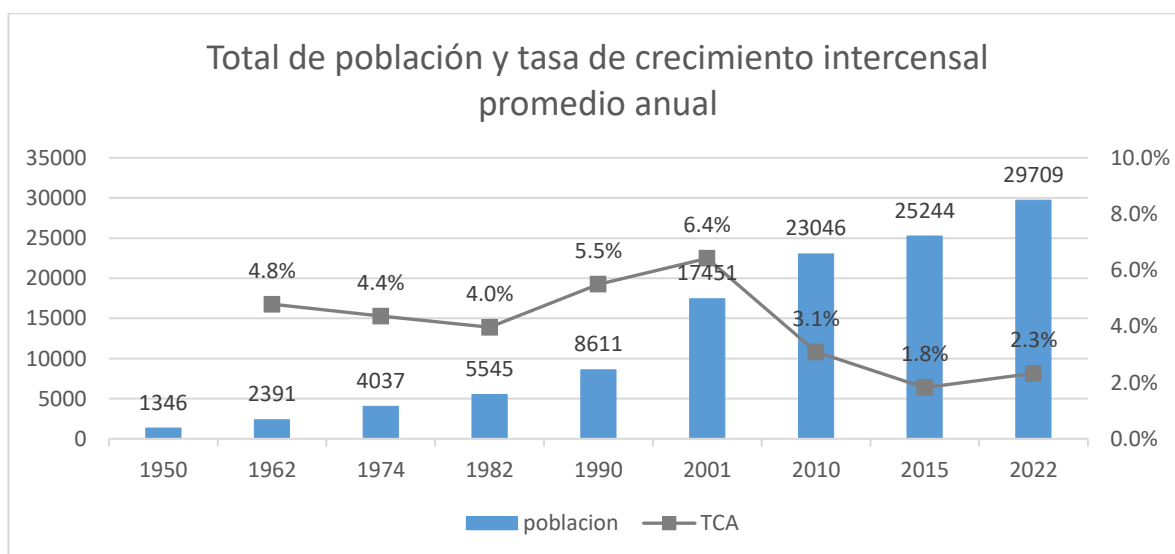


Ilustración 11 proyección de la tasa de crecimiento anual en la población; Fuente: autor



En el trabajo se tomará la proyección hasta el año 2040 para realizar el análisis de carga a futuro y la simulación de diferentes alternativas para la propuesta.

Puerto	100%	2015		2040	
		Población	Carga	Población	Carga
San Cristóbal	28.52	7199	18647	12574	32566
Santa Cruz	61.19	15701	40662	27418	71013
Isabela	9.29	2344	6074	4096	10608
<b>Total</b>		<b>25244</b>	<b>55720</b>	<b>44087</b>	<b>114187</b>

Tabla 9 Proyección de la carga hasta el año 2040; Fuente: autor.

Según el Ministerio de Agricultura, los 25000 habitantes de las islas requieren por lo menos satisfacer 1500 toneladas de alimento por mes, así mismo el ministerio estimó en el 2020 que en las islas existe por lo menos 24000 hectáreas para uso agropecuario, de las cuales se encuentra en uso efectiva 14000 hectáreas, produciendo aproximadamente 600 toneladas de alimentos por mes, dejando para abastecer a las islas desde el continente el resto de alimentos, aproximadamente 900 toneladas mensuales.

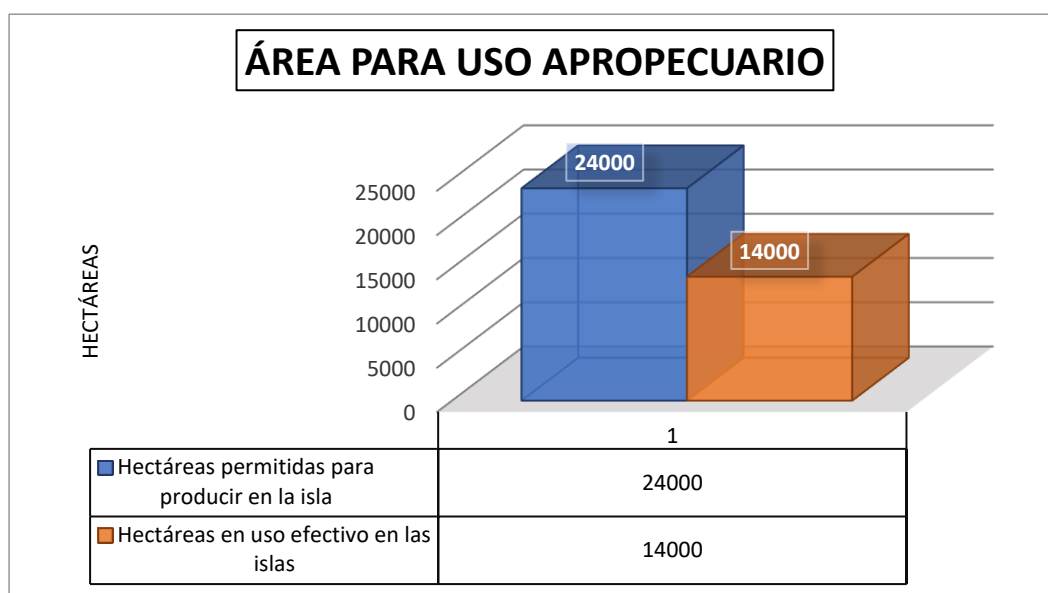
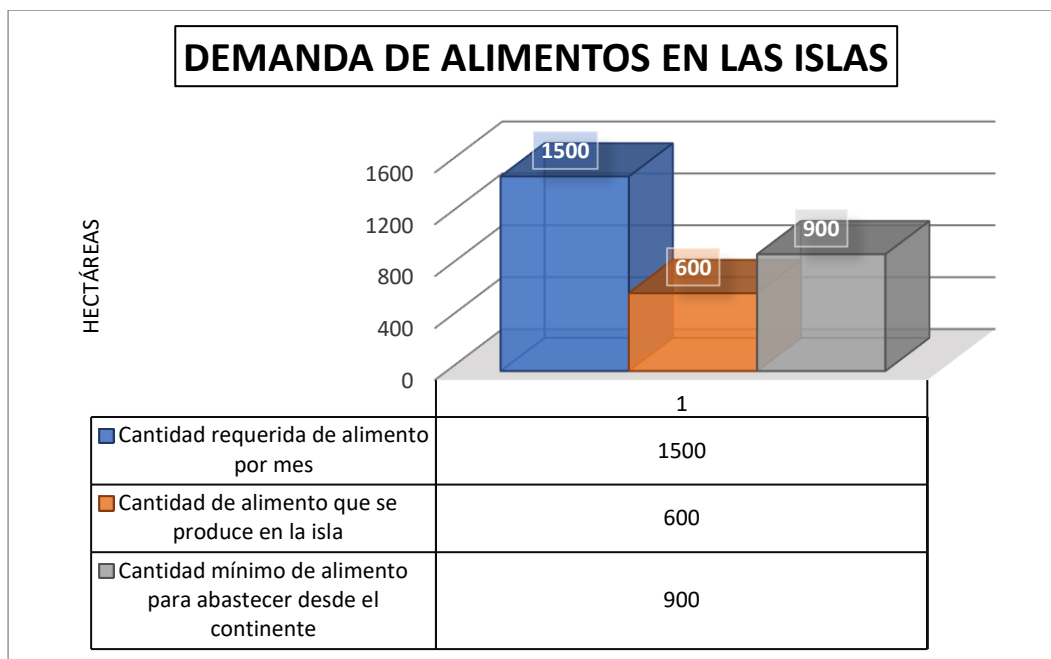


Ilustración 12 Área para uso agropecuario para la provincia de Galápagos; Fuente autor.



*Ilustración 13 Demanda de alimento para la provincia de Galápagos; Fuente: autor.*

El sistema logístico ha sufrido cambios desde sus inicios, comenzando con la carga paletizada y suelta, que aumentaban el número de barcos, la frecuencia, las demoras y el riesgo de daños en la carga. Seguido por el cambio de la carga con contenedores que aumentó la eficiencia y que pudo reducir el número de barcos, los daños a la carga y el tiempo de trayectoria en las rutas.

Sin embargo, las Islas Galápagos aún no cuentan con fábricas que procesen productos de primera necesidad, por lo que su abastecimiento se realiza transportando la carga desde el puerto de Guayaquil, considerado el principal puerto de Ecuador, hasta el archipiélago.

Así mismo, la falta de instalaciones de carga y descarga y el aumento de actores en dicha actividad encarecen el sistema logístico, llegando incluso a generar retrasos en las entregas, lo que lleva a la extensión del tiempo de entrega a los barcos designados para el manejo de la carga en la provincia de Galápagos.

## CAPITULO 4

### 4. ALTERNATIVAS

#### 4.1. Análisis de alternativas de emplazamientos posibles

Se realizará el análisis del manejo de carga para la isla de San Cristóbal que pasa por la ruta 1 en la trayectoria de viaje de los buques y se seleccionará de las diferentes alternativas, una solución óptima, segura, funcional, sostenible y accesible para mejorar el sistema portuario en la provincia de Galápagos.



Ilustración 14 Trayectoria de viaje de la ruta 1; Fuente: autor

#### Alternativa 1. Análisis de requerimiento de iluminación durante 15 horas

Una correcta iluminación es necesaria para la seguridad y el buen funcionamiento en cualquier puerto, ya que de esta manera se logra operar las 24 horas, un ejemplo de iluminaria más utilizada para este procedimiento, es la iluminación de reflectores en boyas o torres, estos cumplen con los requisitos necesarios para ser utilizados en el sector marítimo.



*Ilustración 15. Ejemplo faro para iluminación; Fuente: Técnicos del Instituto Tecnológico para el Control del Medio Marino (INTECMAR)*



*Ilustración 16. Ejemplo Reflector LED; Fuente: Rodríguez Manuel*

Sin embargo, al ser la provincia Galápagos declarada como patrimonio natural, el parque nacional de Galápagos prohíbe cualquier afectación directa a los animales endémicos que viven en las islas y/o cualquier contaminación que perjudique al ecosistema de estas. Debido a ello, la provincia de Galápagos no permite actualmente una iluminación artificial potente y prolongada en los muelles de atraque para la carga marítima, únicamente la operación es manejada con la iluminación natural.

Como referencia tenemos el anidamiento de tortugas que es influenciado por la luz natural, si existe gran cantidad de contaminación

lumínica, provoca que las tortugas desistan de salir del agua debido a que evitan las áreas bastante iluminadas y, además que el brillo de la luz sirve como orientación de regreso hacia el mar. Así mismo ocurre con los demás animales marinos como los peces que utilizan la luz natural como orientación en su hábitat. (Witherington & Martín, 2003).

Por ello, una de la propuesta es mejorar el manejo de la luz, mediante bombillas de vapor de sodio a baja presión (LPS) donde éstas emiten luz amarilla de una sola longitud de onda y según el estudio de Evaluación y Solución de los problemas de Contaminación de Luz en Playas de anidamiento de tortugas, la afectación de este tipo de luz se ve disminuido prudencialmente por tener una luz débil para las tortugas marinas, peces y otros animales de la fauna que habita en la costa de la isla. En el cual, no exista el mismo riesgo del cambio de conducta de los animales por incrementar la iluminación en los muelles. Donde la luz no sea prolongada y potente, utilizando una iluminación artificial por 6 horas e incrementando asimismo la operatividad portuaria por 15 horas.

### **Alternativa 2. Incremento de buques para la carga/descarga en Galápagos**

Bajo la demanda de la carga actual, se utiliza 2 barcos para la ruta 1 Guayaquil-Santa Cruz- San Cristóbal. Sin embargo, por lo problemas ya mencionados, se prevé aumentar a 3 barcos para la operatividad de la carga aumentando de este modo la cantidad de viaje para el envío de la mercancía, siempre procurando que el calado no supere las limitaciones de las infraestructuras portuarias ya construidas.

### **Alternativa 3. Implementación de un puerto con una nueva infraestructura portuaria**

Una nueva infraestructura a una profundidad y distancia adecuada favorecerá en el futuro, al atraque de barcos de mayor dimensión sin aumentar la cantidad de barcos y consecuentemente, sin aumentar el número de viajes para el transporte de mercadería.

Se propone una infraestructura portuaria de salida desde el continente y de entrada hacia Galápagos que contenga como los siguientes requerimientos: Espacio administrativo, controles, seguridad, bodegas, área de cuarentena, área de consolidación y desconsolidación de carga, patios de contenedores, equipamiento y maquinaria adecuada.

### **Puerto de Destino en Galápagos**

El puerto para las Islas Galápagos debe considerarse como una construcción vital para evitar el congestionamiento y posibles bloqueos de carga en un futuro.

La construcción del puerto debe garantizar:

- Un alto nivel de bioseguridad desde el puerto central de origen hasta en el puerto central de llegada al archipiélago.
- Un servicio eficiente y confiable con transporte de carga perecible y no-perecible bajo condiciones propias al tipo de carga

La construcción del puerto debe comprender:

- Muelle marítimo con una longitud por lo menos de 120 metros con plataforma de carga y descarga de hasta 20 metros de ancho.
- Bodegas de Almacenamiento
- Salas de Tránsito (centro de servicios)
- Estacionamiento (Pesados y Livianos)
- Patio (Almacenamiento y consolidación de carga)
- Servicios Generales
- Administración
- Baterías Sanitarias
- Seguridad y Control Ambiental
- Controles de acceso

Para una buena operación portuaria de carga se tendría que tener en cuenta un buen manejo de equipos como son: Grúa portacontenedores ya sea móvil o fija (rendimiento en horas: 38 contenedores por hora y 5500 ton por día), montacargas; y áreas respectivas para el control de la carga que llega y sale de las islas al continente como son: áreas de almacenaje para la carga

que llega en contenedores, además que sirve para proteger de rayos solares o lluvias y un área para el almacenamiento de congelados por medio de un frigorífico por el cual se podrá controlar la temperatura y asegurar su conservación.



*Ilustración 17 Ejemplo de grúa portacontenedores; Fuente: Relianz*



*Ilustración 18 Ejemplo de área de almacenamiento; Fuente: Zona industrial Córdoba*



*Ilustración 19 Ejemplo de Áreas con frigoríficos; Fuente: Africope Marin*

#### 4.2. Análisis de la capacidad actual de la carga recibida para San Cristóbal

Se presenta un análisis con los datos actualizados de la carga manejada en el año 2022 basado en el estudio para la readequación y regeneración de las condiciones operativas del muelle de Puerto Baquerizo Moreno. Se consideró los itinerarios de los dos buques que descargan la mercancía para los usuarios de la isla San Cristóbal (20 de enero a 13 de abril de 2022, 86 días en total).

<b>Carga movilizada en San Cristóbal por línea Pacific cargo (PCL) en el 2022</b>		
<b>N° viaje</b>	<b>Carga (ton)</b>	<b>Fecha de Zarpe</b>
<b>1</b>	1259.16	06-01-2022
<b>2</b>	994.5	04-02-2022
<b>3</b>	874.17	12-03-2022
<b>4</b>	1136.62	07-04-2022
<b>Promedio</b>	<b>4264.8</b>	

Tabla 10. Carga promedio de movilización en San Cristóbal; Fuente autor

**Total de carga descargada en puerto Baquerizo en 86 días:** 8530 toneladas.

**Total de carga manipulada en puerto Baquerizo en 1 mes:** 2132 toneladas (corresponde al 29% de la carga movilizada mensualmente por vía marítima desde Guayaquil a Galápagos).

**Total de arribos de buques la bahía naufragio en 86 días:** 8 arribos.

**Total de arribos de buques en la bahía naufragio en 1 mes:** 2.79 arribos.  
(8\*30) /86

**Días de operación de la terminal en el período de 86 días:**  $(86*9) /24=32.25$  días

**Meses de operación de la terminal en el período de 86 días:**  $(86/32.25)$   
 $=2.67$  meses



**Velocidad de descarga en TM/hora:** 11.02 (8529.7/32.25) /24 TM/hora (operación solo con luz del día)

**Escenario: tiempo entre arribos de buques constante y conocido (arribos regulados)**

- En un escenario para el análisis, se asume que los arribos de los buques de carga a la rada en la bahía Naufragio ocurren de una forma regulada y conocida, con tiempo entre arribos constante,
- En ese caso, si el tiempo de servicio a las naves fuera considerablemente menor a 10.75 días, se aseguraría que no va a existir congestión y que la probabilidad de que los dos buques de carga se encuentren simultáneamente en la rada sea baja.
- La tasa de arribos de buques por día ( $\lambda_{ta}$ ) en el muelle la Predial se calcula con esa información, considerando que el tiempo entre arribos es constante y que los arribos son independientes.

**Tasa de arribos de buques a la terminal de Puerto Baquerizo:** 0,093 buques/día ( $\lambda_{ta} = 8/86$ )

**Tiempo constante entre arribos:** 10.75 días ( $\mu_{ta} = 1/\lambda_{ta} = 86/8$ )

El tiempo medio de servicio a los buques ( $\mu_{ts}$ ) depende de la carga promedio transportada por viaje y la velocidad de descarga.

**Carga promedio por buque:** 1066.2 toneladas (8529.7/8)

**Tiempo medio de descarga en horas:** 96.75 horas (1066.2/11.02)

No obstante, este resultado, debe considerarse que la terminal no opera de manera continua sino solo 9 horas al día. El tiempo de servicio promedio por buque es de 121.2 horas. Según se muestra en la siguiente tabla con los tiempos descritos en la bitácora de viaje en los buques.

N° viaje	Llegada/Salida 1	Llegada/Salida 2	Duración de permanecia (horas)
1	19 enero -22 enero 14:30 15:12	29 enero-31 enero 23:54 16:00	114
2	15 febrero–17 febrero 04:30 17:15	26 febrero-28 febrero 21:20 20:10	115

3	15 marzo-19 marzo 18:08 03:00	26 marzo-28 marzo 20:10 11:45	118
4	10 abril-14 abril 23:40 02:15	21 abril-23 abril 01:30 -14:15	135.2
5	7 mayo – 10 mayo 21:18 10:40	18 mayo – 20 mayo 00:42-16:20	124
<b>Promedio</b>			121.2

Tabla 11. Tiempo de servicio promedio por buque; Fuente: autor

Ello significa que el tiempo de servicio al buque en realidad tiene dos componentes: un tiempo de descarga realizado por las barcazas (96.75 horas) y un tiempo muerto debido a las horas sin luz, falta de operación de las barcazas y otros factores (24.45 horas).

**Tiempo medio de servicio en días:** 5.05 días ( $\mu_{ts} = 121.2/24$ )

**Tasa de servicio de buques en la terminal de Puerto Baquerizo:** 0,198 buques/día ( $\lambda_{ts} = 1/\mu_{ts}$ )

Se observa que mientras los arribos se producen a un valor constante de 0,093 buques/día, con los actuales recursos, en el muelle la Predial los atiende a una tasa de 0,198 buques/día, lo que significa que se descargan de acuerdo con el orden de llegada. En estos sistemas, cuando la tasa de servicios es menor que la tasa de arribos, el sistema está saturado. En este caso, la relación tasa de servicios/tasa de arribos es igual a 2.13.

Del archivo de salida se obtienen los siguientes resultados:

- **Porcentaje de ocupación de los puestos:** 47.5%
- **Número promedio de buques en espera:** 0.102 buques
- **Número máximo de buques en espera:** 4 buques
- **Tiempo medio de espera en la cola ( $\mu_{tq}$ ):** 1.097 días
- **Tiempo medio de permanencia en la rada ( $\mu_{tw}$ ):** 6.205 días
- **Probabilidad de no tener buques en la cola:** 80%

Se concluye que el promedio de carga por arribo por cada buque estará en 2132.4 toneladas. La velocidad de descarga actual 11.02 TM/hora y el tiempo medio de servicio 4.65 días.

#### **4.3. Análisis sobre la capacidad futura de la terminal de carga en el Puerto Baquerizo Moreno (año 2040)**

Se analiza tres posibles escenarios que pueden emplear en un futuro para el manejo de carga que se envía de Guayaquil a las islas Galápagos por vía marítima.

Las alternativas consideradas fueron:

- **Caso 1:** Se incrementa la operatividad a 15 horas.
- **Caso 2:** Se mantienen los rendimientos actuales, solo se incrementa el número de buques.
- **Caso 3:** Se mejora la velocidad de carga/descarga en Galápagos, se cuenta con un puerto con una nueva infraestructura portuaria.

La carga que arriba en Puerto Baquerizo Moreno es el 29% del total de carga que se recibe en las islas Galápagos, con estos datos realizaremos el análisis del funcionamiento de este puerto considerando el volumen de carga que se estima llegue por esta vía, que en el año 2040 se prevé que ascenderá a 3713.8 TM/mes. En consecuencia, los parámetros considerados para el análisis serán:

**Total de carga descargada en Puerto Baquerizo en 86 días:** 14856 toneladas.

**Total de carga manipulada en Puerto Baquerizo en 1 mes:** 3714 toneladas (corresponde a la carga que se espera que se movilice mensualmente desde Guayaquil a Puerto Baquerizo por mes en el año 2040).

**Total de arribos de buques la bahía naufragio en 86 días:** 14 arribos ( $3714 \times 8 / 2132$ ).

**Total de arribos de buques a Puerto Baquerizo en 1 mes:** 4.88 arribos ( $14 \times 2.79 / 8$ ).

**Días de operación de la terminal en el período de 86 días:** 32.5 días (se mantiene).

**Meses de operación de la terminal en el período de 86 días:** 2.67 meses (se mantiene).

**Velocidad de descarga en TM/hora:** 11.02 TM/hora (operación solo con luz natural, se mantiene)

**Primer escenario futuro: tiempo entre arribos de buques constante y conocido (arribos regulados).**

En ese caso, si el tiempo de servicio a las naves fuera menor a 6.14 días, se aseguraría que no haya congestión ni se dé el caso de que dos o más buques de carga se encuentren simultáneamente en la rada.

La tasa de arribos de buques por día ( $\lambda_{ta}$ ) a la terminal marítima de carga en la bahía Naufragio se calcula con esa información, considerando que el tiempo entre arribos es constante y que los arribos son independientes.

**Tasa de arribos de buques a la terminal de Puerto Baquerizo:** 0,163 buques/día ( $\lambda_{ta} = 14/86$ )

**Tiempo constante entre arribos:** 6.14 días ( $\mu_{ta} = 1/\lambda_{ta} = 86/14$ ) El tiempo medio de servicio a los buques ( $\mu_{ts}$ ) depende de la carga promedio transportada por viaje y la velocidad de descarga. Se asume que no cambia respecto al año 2022, entonces:

**Carga promedio por buque:** 1066.2 toneladas (8530/8)

**Tiempo medio de descarga en horas:** 96.75 horas (1066.2/11.02)

**Tiempo medio de servicio en días:** 5.05 días ( $\mu_{ts} = 121.2/24$ )

**Tasa de servicio de buques en la terminal de Puerto Baquerizo:** 0,198 buques/día ( $\lambda_{ts} = 1/\mu_{ts}$ )

Se observa que mientras los arribos se producirán a un valor constante de 0,163 buques/día, manteniendo los actuales recursos, la terminal en la bahía Naufragio los atenderá a una tasa de 0,198 buques/día. En este caso, la relación tasa de servicios/tasa de arribos es igual a 1.21.

Del archivo de salida se obtienen los siguientes resultados:

**Porcentaje de ocupación de los puestos:** 82%

**Número promedio de buques en espera:** 1.448 buques

**Número máximo de buques en espera:** 7 buques

**Tiempo medio de espera en la cola ( $\mu_{tq}$ ):** 8.924 días

**Tiempo medio de permanencia en la rada ( $\mu_{tw}$ ):** 13.981 días

**Probabilidad de no tener buques en la cola:** 32%

**Probabilidad de bloqueo:** 0%

Se concluye que con los actuales parámetros de operación en el muelle la Predial para la carga en el año 2040 no será el más adecuado por tener más del 65% de ocupación del puesto de servicio.

#### **4.4. Alternativa 1: Análisis de requerimiento de iluminación durante 15 horas**

Se analiza la alternativa con la implementación de iluminación artificial durante 6 horas, obteniendo una operatividad en el puesto de servicio de 15 horas. Si se asume que se implementa iluminación artificial en el lugar de atraque, la velocidad de descarga para las 15 horas se incrementaría a 30.98 TM/hora  $((11.02 \times 15) / 9)$ , la tasa de servicio a los buques en cada puesto de atraque se calcula como sigue:

**Carga promedio por buque:** 1066.22 toneladas  $(8530/8)$

**Tiempo medio de descarga en horas:** 58.04 horas  $(1066.2/18.37)$

**Tiempo medio de servicio en días:** 4.42 días  $(\mu_{ts} = 106.07/24)$

**Tasa de servicio de buques en la terminal de Puerto Baquerizo:** 0,23 buques/día  $(\lambda_{ts} = 1/\mu_{ts})$

Al asumir una operatividad de 15 horas de carga/descarga al muelle la Predial, la tasa de servicio de la terminal se eleva, alcanzando un valor de

0,23 buques/día, que es un valor mayor a la tasa de arribos de 0.093 buques/día. La relación tasa de servicio/tasa de arribos es igual a 2.47. Para el 2040 la tasa de servicio de la terminal alcanza un valor de 0,23 buques/día, que es un valor mayor a la tasa de arribos de 0.163 buques/día. La relación tasa de servicio/tasa de arribos es igual a 1.41.

Del archivo de salida se obtienen los siguientes resultados:

**Porcentaje de ocupación de los puestos:** 72.3%

**Número promedio de buques en espera:** 0,75 buques

**Número máximo de buques en espera:** 4 buques

**Tiempo medio de espera en la cola ( $\mu_{tq}$ ):** 4.63 días

**Tiempo medio de permanencia en la rada ( $\mu_{tw}$ ):** 9.11 días

**Probabilidad de no tener buques en la cola:** 45%

**Probabilidad de bloqueo:** 0%

Los resultados para la alternativa del uso de iluminación artificial controlada permitiendo una operación de 15 horas son significativamente mejores que aquellos que obtuvimos asumiendo que no habrá iluminación artificial.

Las condiciones de servicio mostradas con esta alternativa serían suficientes para el manejo de carga que se prevé en el año 2040, debido a que la relación tasa de servicio/tasa de arribos sería igual a 1.22. Ello significa que, si operara bajo esas condiciones, la terminal estará funcional. Aun así, se revisa todas las alternativas.

#### **4.5. Alternativa 2: Incremento de buques para la descarga en galápagos**

La carga que recibe la isla San Cristóbal se maneja por 2 buques, por lo cual en esta alternativa se analizará la operación considerando el volumen de carga que se espera que llegue si se incrementa un buque en la ruta1.

En consecuencia, los parámetros considerados para el análisis serán:

**Total de carga descargada en Puerto Baquerizo en 86 días:** 14855 toneladas.

**Total de carga manipulada en Puerto Baquerizo en 1 mes:** 3714 toneladas (corresponde a la carga que se espera que se movilice mensualmente desde Guayaquil a Puerto Ayora por mes en el año 2040).

**Total de arribos de buques en la bahía Naufragio en 86 días:** 20 arribos (5917.5x12/3530).

**Total de arribos de buques a Puerto Baquerizo en 1 mes:** 6.98 arribos (20x30/86).

**Días de operación de la terminal en el período de 86 días:** 32.5 días (se mantiene).

**Meses de operación de la terminal en el período de 86 días:** 2.67 meses (se mantiene).

**Velocidad de descarga en TM/hora:** 19.04 TM/hora (operación solo con luz del día, se mantiene) (14855/32.5) /24

La tasa de arribos de buques por día ( $\lambda_{ta}$ ) a la terminal marítima de carga en la bahía Naufragio se calcula con esa información, considerando que el tiempo entre arribos es constante y que los arribos son independientes.

**Tasa de arribos de buques a la terminal de Puerto Baquerizo:** 0,233 buques/día ( $(\lambda_{ta}) = 20/86$ )

**Tiempo constante entre arribos:** 4.3 días ( $(\lambda_{ta}) = 1/(\lambda_{ta}) = 86/20$ ). El tiempo medio de servicio a los buques ( $\mu_{ts}$ ) depende de la carga promedio transportada por viaje y la velocidad de descarga. Se asume que no cambia respecto al año 2022 donde para viaje de 3 buques sería necesario 12 arribos, entonces:

**Carga promedio por buque:** 710.8 toneladas (8530/12)

**Tiempo medio de descarga en horas:** 37.33 horas (710.8/19.04)

**Tiempo medio de servicio en días:** 3.55 días ( $(\mu_{ts}) = 85.2/24$ )

**Tasa de servicio de buques en la terminal de Puerto Baquerizo:** 0.28 buques/día ( $\lambda_{ts} = 1/\mu_{ts}$ )

Se observa que mientras los arribos se producirán a un valor constante de 0.23 buques/día, manteniendo los actuales recursos, los atenderá a una tasa de 0.28 buques/día. En este caso, la relación tasa de servicios/tasa de arribos es igual a 1.21.

Del archivo de salida se obtienen los siguientes resultados:

**Porcentaje de ocupación de los puestos:** 82.3%

**Número promedio de buques en espera:** 1.475 buques

**Número máximo de buques en espera:** 7 buques

**Tiempo medio de espera en la cola ( $\mu_{tq}$ ):** 6.36 días

**Número promedio de buques en la rada:** 2.30 buques

**Tiempo medio de permanencia en la rada ( $\mu_{tw}$ ):** 9.92 días

**Probabilidad de no tener buques en la cola:** 32%

**Probabilidad de bloqueo:** 0%

#### **4.6. Alternativa 3: Instalación de un puerto con una nueva infraestructura portuaria**

Para el año 2040, se considera optar por un puerto con sus diferentes componentes que mejorarían el rendimiento y la productividad en el manejo de la carga. Manteniendo la operación portuaria de 9 horas. En ese caso, los parámetros del tiempo de servicio serían los siguientes:

**Carga promedio por buque:** 1066.2 toneladas (8530/8)

**Tiempo medio de descarga del puesto de atraque, en horas:** 14.4 horas (1066.2/54.96) aproximadamente 10 minutos por contenedor



**Tiempo medio de servicio del puesto de atraque, en días:** 2.6 días ( $\mu_{ts} = 62.4/24$ )

**Tasa de servicio de buques por puesto de atraque Puerto Ayora:** 0.38 buques/día ( $\lambda_{ts} = 1/\mu_{ts}$ )

Estas condiciones de servicio serían suficientes para el manejo de carga que se prevé en el año 2040, pues la tasa de servicio de la terminal será de 0.38 buques/día, en tanto que la tasa de arribos prevista para ese año sería de 0,163 buques/día. La relación tasa de servicio/tasa de arribos sería igual a 2.3. Ello significa que, si operara bajo esas condiciones, la terminal estará funcional.

Del archivo de salida se obtienen los siguientes resultados:

**Porcentaje de ocupación de los puestos:** 42.8%

**Número promedio de buques en espera:** 0.065 buques

**Número máximo de buques en espera:** 2 buques

**Tiempo medio de espera en la cola ( $\mu_{tq}$ ):** 0.399 días

**Número promedio de buques en la rada:** 0.493 buques

**Tiempo medio de permanencia en la rada ( $\mu_{tw}$ ):** 3.029 días

**Probabilidad de no tener buques en la cola:** 87%

**Probabilidad de bloqueo:** 0

Los resultados obtenidos en este análisis de requerimientos para la terminal de Puerto Baquerizo se resumen a continuación:

<b>Parámetro</b>	<b>Año 2022. Sistema actual de carga/descarga (9 horas diarias)</b>	<b>Año 2040. Sistema actual de carga/descarga (9 horas diarias)</b>	<b>Año 2040 con incremento de operatividad (15 horas diarias)</b>	<b>Año 2040 con incremento de buques (9 horas diarias)</b>	<b>Año 2040 con implementación de un nuevo puerto e instalaciones portuaria (9 horas diarias)</b>
<b>Porcentaje de ocupación del puesto de servicio</b>	47.5%	82%	72.3%	82.3%	42.8%
<b>Número promedio de buques en espera</b>	0.102	1.442	0.75	1.475	0.065
<b>Número máximo de buques en espera</b>	4	7	4	7	2
<b>Tiempo medio de espera en la cola</b>	1.09 días	8.93 días	4.63días	6.36 días	0.399

*Tabla 12 resultados obtenidos en el análisis para el terminal del Puerto Baquerizo en el año 2022 y su proyección en el año 2040; Fuente: autor*

#### **4.7. Selección de la alternativa óptima para el manejo de carga en Galápagos.**

En San Cristóbal se refleja que el sistema no estará saturado para el 2040, sin embargo no contará con un porcentaje óptimo de la ocupación del puesto de servicio, además de que la zona donde está ubicado el muelle la Predial es una zona privada que a futuro puede no permitir la carga/descarga de los contenedores a parte que esa área ha sido declarada por el municipio como corredor turístico y de protección ambiental por el anidamiento de iguanas y otras especies endémicas que están siendo afectadas en los actuales momentos con esta maniobra operativa de carga/descarga y movilización de los contenedores al patio de maniobra. Por ello, si se implementase un nuevo puerto con instalaciones portuarias, se tendría una ocupación de 47.5% del puesto de servicio

Con el diagnóstico en el análisis de las alternativas y parámetros de visión técnica, también se consideró a la isla Santa Cruz para un análisis completo de la ruta 1 denotando una operativa de 9 horas, ocupando un 60.4% del puesto de servicio y teniendo una relación de la tasa de servicio /arribo de 2.025, sustentando así la construcción portuaria del muelle en el cantón de San Cristóbal, alternativa que nos dará una amortiguación ambiental positiva para el desarrollo futuro de las islas, reduciendo tanto su impacto visual como la protección del medio ambiente.

Sin embargo, este trabajo se enfocará únicamente en el diseño del muelle marítimo que será ubicado en el cantón San Cristóbal y del cual se desarrollará los respectivos capítulos que representan para cumplir con este objetivo en el sitio seleccionado.

## CAPÍTULO 5

### 5. ÁREA DE ESTUDIO

#### 5.1. Localización geográfica

El archipiélago de Galápagos está ubicado en el Océano Pacífico a casi 950 Km de distancia del continente ecuatoriano tiene 125 islas (4 habitadas) e islotes de origen volcánico, que habrían emergido del fondo submarino de 3 a 5 millones de años atrás. Su superficie total es de 8.009 kilómetros cuadrados, 97 por ciento de los cuales forman parte del Parque Nacional Galápagos. (INOCAR, 2011)

Está integrada por tres cantones. San Cristóbal que es la capital de la provincia, Santa Cruz e Isabela. La población total de la provincia según el INEC 2015 la conforman 25244 habitantes constituidos básicamente por residentes, cuyas actividades principales son el turismo, la pesca y en menor proporción la agricultura, ganadería y las actividades públicas.

#### 5.2. Ubicación del puerto marítimo

Está ubicada cerca a la Playa Baquerizo cuya propiedad es del Municipio de Puerto Baquerizo, que está a su vez a un kilómetro y medio del área poblada de Puerto Baquerizo del cantón San Cristóbal, donde se puede utilizar las instalaciones de energía, acceso vial, servicio de recolección de basura, agua potable y telefonía de la ciudad.



Ilustración 20. Ubicación geográfica del mirado de cerro Tijeretas; Fuente Google earth

### **5.3. La isla San Cristóbal y su cabecera cantonal**

El Cantón San Cristóbal está compuesto por 1 Parroquia Urbana, Puerto Baquerizo Moreno y 2 Parroquias Rurales El Progreso, con 884 habitantes y la Isla Santa María con 126 habitantes, según el último Censo del año 2015.

Hace un siglo que la isla de San Cristóbal se encuentra habitada. Este acontecimiento se debe a la gran fuente de agua dulce que posee. En la sierra interna a una altura de 2300 pies se puede encontrar un lago de agua dulce en el cráter de El junco, este cráter es de hecho único en su clase en todas las islas. Durante la época lluviosa y sus paredes no permiten una filtración a través de las paredes del cráter. (Zapata, 2016)

En la isla de San Cristóbal, el sector agrícola se dedica a las plantaciones de plátano, mangos, maracuyá, caña de azúcar, por otro lado, el sector ganadero que se realiza con un menor porcentaje.

#### **5.3.1. Superficie de la cabecera cantonal**

La isla San Cristóbal tiene una extensión territorial de 848.5 Km<sup>2</sup> divididos en 48 Km de largo y 14 Km de ancho aproximadamente. En el extremo suroeste de esta isla se encuentra Puerto Baquerizo Moreno, puerto principal y capital de la isla al mismo tiempo.

#### **5.3.2. Características geográficas**

Por su aspecto geográfico el cantón San Cristóbal es alargado y en forma de S. Su territorio es muy irregular, típico de una isla, tiene una altitud promedio de 730 metros sobre el nivel del mar. Geológicamente presenta una diferencia bien marcada; por un lado, una zona alta y antigua y por otro una plataforma baja con evidencia de volcanismos recientes.

### **5.3.3. Características ambientales**

La ciudad de Puerto Baquerizo conserva características ambientales típicas de la costa ecuatoriana, sus servicios básicos están parcialmente atendidos, como el abastecimiento de agua potable según el último censo, el 89.9 % se abastece de la red pública, 0.3% se abastecen de pozos, 0.6% de ríos o vertientes, 3.9% de tanqueros o carros repartidores de agua y 5.2% por otros medios. (Rueda, López, & Nagahama, 2007)

El alcantarillado sanitario según el último censo se tiene, que el 26.8% están conectadas a la red pública de alcantarillado, 0.4% eliminan las aguas servidas a través de pozos ciegos, 72.3% a través de pozos sépticos y 0.6 % mediante otras formas. En lo concerniente a los servicios eléctrico y telefónico, según datos proporcionados por el INEC, el cantón cuenta con 1.376 y 767 líneas instaladas respectivamente.

### **5.3.4. Clima general del área de estudio**

La precipitación media anual es de 465 mm, su variación interanual presenta dos periodos: El lluvioso que comienza en diciembre hasta mayo el seco junio a noviembre. La temperatura medio anual es de 24° c; la dirección del viento que predomina durante el año es SE-S.

### **5.3.5. Suelos y zona de vida**

Las Islas Galápagos están ubicadas en una de las zonas de mayor actividad volcánica de todo planeta. Sus suelos tienen como basamento la plataforma submarina Galápagos, la misma que yace cerca de la intersección de dos cadenas submarinas sísmicas: la cadena Cocos que tiene un rumbo noreste y la cadena Carnegie con rumbo este. La superficie terrestre contiene un color pardo rojizo o rojizo oscuro, arcilloso PH semiárido. (Delgado, 2022)

En la parte baja, sitio donde está ubicado el Coliseo, corresponde a una zona de matorral desértico tropical, los suelos son muy incipiente y se desarrollan en las cavidades que dejan las rocas basálticas o entre ellas

### **5.3.6. Hidrología**

El recurso hídrico de las Islas Galápagos es muy escasos o inexistente; sin embargo, este recurso existe en la Isla San Cristóbal, la cual dispone de una red de drenaje amplia denominada encañadas fundamentalmente en la parte Sur, siendo la mayoría de ella intermitente y desemboca al mar en la bahía de agua dulce. (Instituto Oceanográfico y Antártico de la Armada, 2020)

### **5.3.7. Fauna y flora terrestre**

En referencia a este componente, el sitio de estudio presenta una diferencia muy marcada, en el Estadio olímpico de San Cristóbal, tanto la Flora como la Fauna se hallan completamente alterada, el hábitat es parte de la población urbana en consecuencia su valor ecológico es mínimo.

### **5.3.8. Flora del Área de Estudio**

El área de influencia del proyecto forma parte de las zonas del litoral y seca, anteriormente descritas, cuya zona del litoral es posible distinguir rocas de lava influenciada por las mareas se encuentran las algas y una variedad de invertebrados marinos (caracoles, erizos y cangrejos).

#### **5.3.8.1. *Características Generales de la Fauna***

Lo mismo que la flora se caracteriza por el endemismo antes que por su riqueza de especies. La herpetofauna terrestre de la isla tiene como elementos representativos los galápagos (*Geochelone elephantopus chatamensis*), que, según el criterio del personal de servicio del Parque Nacional Galápagos, en la isla sobreviven unos 1.500 ejemplares, que se hallan en buen estado de conservación, con poblaciones fuera de la interferencia humana; a las lagartijas de lava (*Tropidurus bivittatus*) y los gechos (*Phylliodactylus Darwin*). Entre las aves figuran los pinzones, entre los cuales existe un total de 8 especies. Otras aves importantes son: los cucuves, los patos que habitan las aguas de la laguna del Junco, en la parte alta de la Isla. Entre los mamíferos terrestres figuran las ratas endémicas (*Oryzomys galapagoensis*) y los murciélagos (*Lasiurus cinereus*).

La fauna de vertebrados marinos es singular, allí habitan los lobos marinos de un pelo, que son comunes en todo el litoral de la isla; colonias de pocos individuos hasta varias decenas viven en la isla Lobos y la Lobería. En las rocas de lava y acantilados costeros habitan y anidan los piqueros de patas azules. En este mismo hábitat viven las iguanas marinas (*Ambly rhynchus cristatus*) mimetizadas con la lava, las tijeretas o fragatas y pelícanos.

#### **5.4. Aspecto bio – oceanográfico insular**

La cimentación de los muelles, construidos mediante un sistema de pilotaje pre barrenados, garantiza el mantenimiento de los stocks planctónicos que al aportar constantemente nutrientes, se transfieren a la secuencia trófica de producción primaria y secundaria, como algas - (diatomeas), consumidores primarios (herbívoros), herbívoros (copépodos), omnívoros, carnívoros primarios, micro – macro carnívoros en una cadena nuevamente determinada por funciones de nutrientes, ritmos y pulsos estacionales en ciclos continuos y discontinuos de producción y transferencia de energética. De esta forma, alrededor del 76% de las especies ictiológicas pelágicas y demersales, son considerados cosmopolitas, estas comparten en estos ecosistemas marinos en el cual tienen su progreso en etapas de reclutamiento; en su etapa adulta, de ceba, desove, de deriva larvaria, etapas de reproducción, hibernación y como refugio estable o temporal. De esta manera la zona local Insular y Zona de Influencia se convierte en nicho ecológico de inmensa magnitud y alcance longitudinal (Este – Oeste), ayudando al sistema Insular de las islas Galápagos como centro de reclutamiento, de dispersión de riqueza de la pesquería del Pacífico Central – Oriental Tropical, llena de especies pelágicas y demersales.



#### **5.4.1. Bio – indicadores**

Según estudios referenciales de expertos en pesca de las Islas Galápagos atribuyen el 20% de la riqueza ictiológica a especies autóctonas, estas son consideradas como demersales (locales) y pelágicas.

#### **5.4.2. Geo – indicadores**

Se tiene como regla general para los mares, que a mayor separación entre las islas y las masas continentales (tanto en la distancia horizontal de la costa y distancia vertical a partir de la superficie a la profundidad) se reducen o agotan los recursos de sostenimiento, dando como resultado una diversidad o numerosidad de las reservas ictiológicas y especies.

Esto nos demuestra que la mayoría de recursos y reservas pesqueras de la zona de afloramiento de las islas son interdependientes de la cercanía de la masa global del conjunto de estas islas que juegan un rol de barreras positivas, al igual que las corrientes cumplen la función de barreras y pistas de circulación o transporte de la deriva nadante y contranadante, estas corrientes contienen huevos, algas, larvas juveniles y adultas consumidoras de plancton, estas mismas sirven como alimento para los superiores niveles tróficos

La sumatoria y variación del conjunto oceanográfico, geo-estacionales, bio-productivos y meteorológicos dependen de la aproximación, o desviación del eje de la zona de convergencia de interacción.

#### **5.5. Riesgos sísmicos**

“Las islas Galápagos constituyen uno de los grupos de volcanes oceánicos más activos del mundo, se levantan sobre la plataforma Galápagos, la cual comprende la parte occidental y más joven de la cordillera submarina Carnegie”.

La primera erupción debidamente documentada es la del volcán Wolf en 1797. Existen evidencias de probables erupciones, ocurridas durante los últimos siglos. En mayo de 1968 ocurrió un pequeño sismo de 4.6 mb (donde la magnitud del terreno determinada según las características de las ondas primarias por el U.S. Coast Geodetic Survey), a 300 km, de la Fernandina.

Hacia fines de mayo se produjeron unos pocos sismos menores en la región y otros 20 más (3.9 a 4.6 mb) durante la primera semana de junio. Después del último sismo reconocido de este grupo hubo una explosión cuyo origen se originó en Fernandina, a las 8:20 p.m. del 7 de junio. Este evento fue reconocido por H. Mathenson en un análisis de registros infra sónicos (onda de sonido atmosférica de caja frecuencia) obtenidas en el Perú, pero no fue oída por residentes de Galápagos y fue demasiado débil para ser registrada por miro barógrafos más distantes. Luego siguieron tres días enteros de inactividad sísmica. Entre las más espectacular erupciones o eventos, puede recordarse el de Fernandina en 1968, cuando un sector del piso de la caldera se hundió unos 300m.

De lo anterior es evidente que la sismicidad de la zona es más bien baja, con eventos que no superan la magnitud 5. Por otro lado, de acuerdo al estudio elaborado por Lara en 1985, es posible calcular la aceleración cuya probabilidad de excedencia no sea mayor al 90% y para una vida útil de 50 años. Este cálculo indica una aceleraron del suelo del orden del 4% de la gravedad lo cual implica una aceleración espectral del orden de 16% de la gravedad.

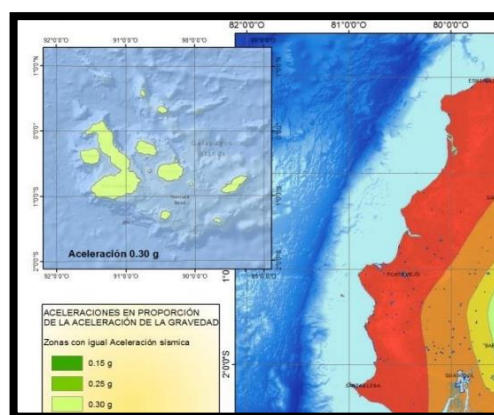


Ilustración 21 Aceleración sísmica en Galápagos según la NEC-DS-SE-15

## 5.6. Dirección y Velocidad del Viento

La variación de este parámetro a lo largo es mínima; cuando la dirección que predomina es del norte y el relieve de la isla funciona como pantalla a los vientos que son provenientes de esta dirección, existe una diferencia. De acuerdo a la rosa de los vientos realizada anteriormente nos demuestra que la dirección que predomina a lo largo del año es sur y sureste; la dirección norte en los meses de febrero, marzo y abril toman cierta magnitud. Este parámetro es fundamental para diseñar la obra de protección del puerto. (CORSAMER S.A, 2018)



Ilustración 22 Dirección de viento en el puerto; Fuente : Google earth- autor

## 5.7. Mareas

En referencia al recurso marino, de la bibliografía recopilada se puede establecer que la marea es semidiurna con desigualdad se manifiesta esencialmente en la pleamar. La amplitud varía de 1,2 a 1,9m. Puesto que las amplitudes son bajas, las desigualdades diurnas no tienen probablemente ninguna influencia ecológica. Estudios realizados en la Isla San Cristóbal (Bahía Wreck o Naufragio, 1968) indican que los niveles más bajos se detectan aproximadamente de 11h30 a 13h30 horas; es en el transcurso de estas horas que el mar alcanza el nivel más bajo de pleamar de agua muerta.

En las islas Galápagos el mar es tranquilo durante todo el año. A lo largo de las islas el oleaje es generalmente débil, pues la altura de las olas es

de 0,7 a 1,0m. La propagación del oleaje corresponde a la dirección del viento.

Debido a la situación oceánica de las islas y su batimetría particular, el litoral está expuesto directamente al oleaje de todos los lados. La fuerza de las olas que se estrellan sobre la costa depende de la orientación de estas últimas con relación a la dirección del oleaje. Las costas orientadas de S-W a N-E, así como las pequeñas islas apartadas y situadas en la periferia del archipiélago, se encuentran bajo la acción del oleaje de alta mar durante la mayor parte del año; en estos lugares el romper de las olas es importante, pues el oleaje no sufre antes de llegar a la costa ni desaceleración ni pérdida de energía por rozamiento con el fondo. (INOCAR, Instituto Oceanográfico y Antártico de la Armada, 2020)

En otras costas el rompimiento de las olas es de menor importancia, pues el oleaje no llega sino después de haber sufrido reflexiones, refracciones y difracciones. Por esto, en la mayoría de las costas del archipiélago las olas raramente pasan de los 0,7 m de altura, La turbulencia producida por el afloramiento del mar pueden perturbar el estado local, de tal manera que las olas se vuelvan entrecortadas y tengan poca duración de onda.

De acuerdo con la geomorfología de la costa, solo las puntas salientes y las grandes extensiones de los acantilados están muy expuestas, pues la mayoría de las costas comprendidas entre esas puntas son de carácter abierto y hasta abrigado.

En el fondo de las bahías y especialmente donde los campos de lava dan al litoral un aspecto dentellado, el agua es tranquila y allí se forman manglares.

En los lugares muy abiertos y en las costas expuestas directamente al oleaje de alta mar, el romper de las olas es muy fuerte llegando a alcanzar hasta más de 2 m de altura como es el caso del área de estudio seleccionada.

## 5.8. Batimetría

Según los datos del INOCAR, se recoge la información de la carta náutica en Puerto Baquerizo Moreno I.O.A 20003 para realizar un levantamiento batimétrico de la zona.

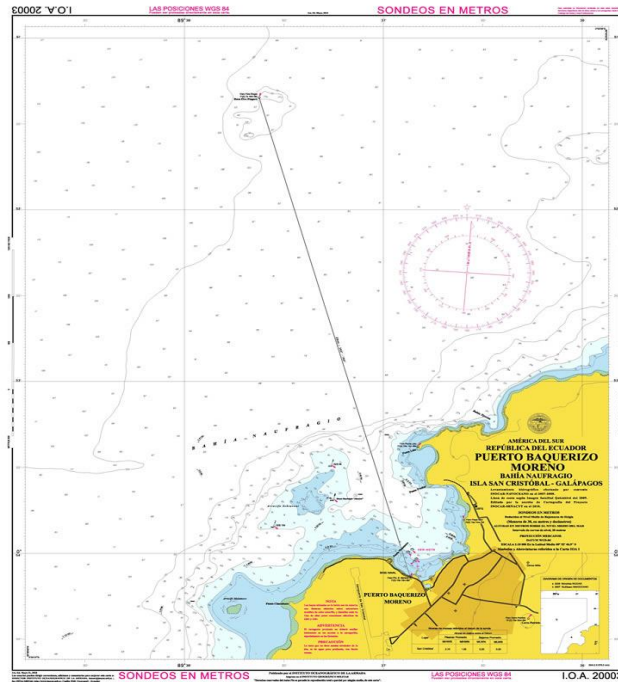


Ilustración 23 carta náutica de puerto Baquerizo moreno. Fuente: INOCAR

## 5.9. Estudio de mecánica de suelo

Con el propósito de evaluar las características del subsuelo, y de esa forma conocer las propiedades físicas y mecánicas del mismo, fue analizado el trabajo de campo realizado en la Isla San Cristóbal para la construcción de la ampliación del muelle de turismo y carga, lo cual detallamos el trabajo de campo realizado en ese estudio:

Se realizaron tres perforaciones rotativas ubicadas en línea rectas, en cada perforación se efectuaron ensayos de penetración estándar (SPT), a intervalos de 0.5 metros de profundidad, recuperándose muestras alteradas que fueron clasificados en campo, por el método manual visual de acuerdo con el sistema unificado de clasificación, de suelos SUCS y almacenadas para su posterior análisis de laboratorio.

Para cada sondeo se llevó el registro de campo correspondiente, con la clasificación manual – visual de cada muestra, valores de resistencia del suelo a la Penetración Estándar (SPT), y medida de la cota de Nivel Freático.

### **5.9.1. Estratigrafía**

El sitio, al igual que todo el sector insular de las islas Galápagos, corresponde geológicamente al periodo terciario, caracterizado por la formación de las rocas ígneas productos de las erupciones de tipo volcánico. Se presenta la siguiente estratigrafía típica:

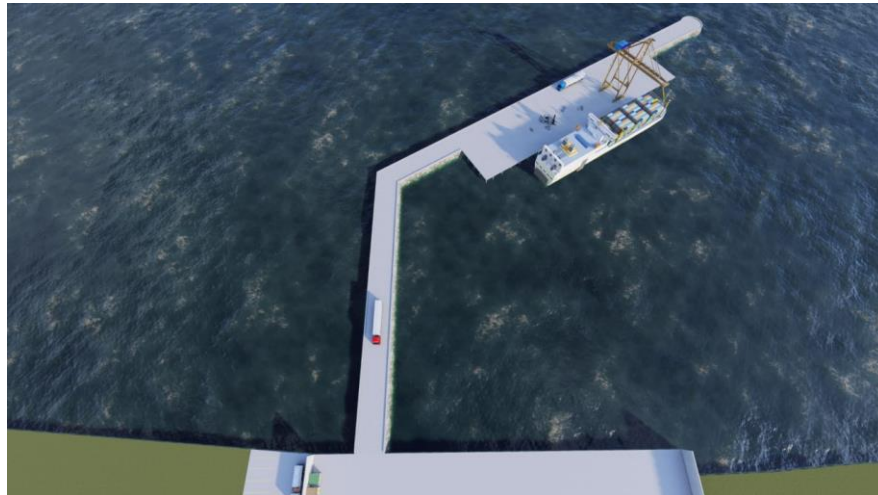
- *Estrato I:* Corresponde a una capa de arenas sueltas oolíticas de aproximadamente 0.50 mt sobre la roca magmática de espesor presente en todas las perforaciones, de clasificación SM contiene muy pocos plásticos de color café amarillento y de compacidad relativa suelta con un ángulo de fricción entre 26 y 28 grados.
- *Estrato II:* Conformado por una capa de roca meteorizada, con conchilla y arena de grano grueso de compacidad compacta con un valor de N variando entre 20 y 30 golpes. Espesor del estrato variando entre 0.5 y 0.8 mts.
- *Estrato III:* Este estrato está constituido por roca original magmática, característica del sector Insular de Galápagos y de su formación Geológica, muy resistente con un valor de N superior a 50 golpes (rechazo).

## CAPÍTULO 6

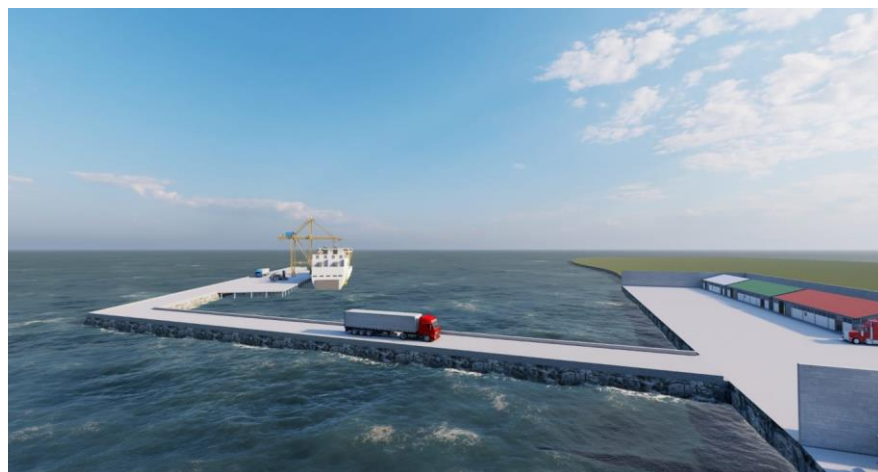
### 6. DISEÑO METODOLÓGICO

#### 6.1. Descripción de la estructura

El puerto marítimo propuesto estaría conformado por un rompeolas en forma de “L” para reducir la fuerza de la ola, este rompeolas está dividido en dos tramos (arranque y conexión). Los tramos del rompeolas son rectos, con distintas orientaciones, el primero de 100 m perpendicular a la costa y el segundo tramo de 200 m diagonal al anterior tramo. Así mismo tendrá una terminal portuaria y un muelle donde pueda acodar los barcos a una profundidad adecuada. (Alvítez & Vela, 2021)



*Ilustración 24. Diseño en L del rompeolas; Fuente autor*



*Ilustración 25. Diseño del Muelle y terminal portuaria; Fuente autor*

Las dimensiones de los elementos que conforman el puerto son las siguientes:

- Tramo rompeolas de arranque: 100 m
- Tramo de rompeolas de conexión: 200 m
- Longitud del muelle marítimo: 117.25 m
- Ancho del muelle marítimo: 21.75 m
- Longitud de la terminal portuaria: 120 m
- Ancho de la terminal portuaria: 30 m



*Ilustración 26. Diseño con las dimensiones de los elementos que conforman el puerto;  
Fuente autor*

## **6.2. Vía de interconexión**

El puerto de carga estará ubicado lejos de la población para evitar cualquier accidente o dar una mala imagen a los turistas. Por ello, es muy importante la construcción de una nueva vía que permitirá la entrada y salida al puerto con la ciudad, vía que será construida de pavimento rígido con una longitud de 1.5 Km.





Ilustración 27. Descripción geográfica de la distancia entre la ciudad con la ubicación del puerto; Fuente autor

### 6.3. Memoria de cálculo estructural rompeolas

Se consideró un rompeolas utilizando tetrápodos, que es un elemento de hormigón prefabricada. Para el cálculo de los efectos de olas se estimó una altura de ola de 4.08 metros con un período de 16 segundos, debido a que está ubicado en un lugar muy abierto y la costa está expuesta directamente al oleaje. (Vidal & Medina, 2014)

#### 6.3.1. Características de los materiales de construcción

El peso específico para los elementos de hormigón prefabricados es de 2400 kg/cm<sup>3</sup> y por tanto, una gravedad específica de 2.34.

El rompeolas se ha diseñado bajo las siguientes condiciones:

- La pendiente de la coraza del tronco expuesta al mar es de 2:1.
- La pendiente de la coraza de la cabeza es de 2.5:1
- La pendiente de la coraza del tronco protegido al mar es de 1.5:1

### 6.4. Cálculo del peso de la roca de coraza y otras capas

Se procede a determinar los pesos de cada capa del rompeolas, para ello se emplea la fórmula de Hudson:

$$W = \frac{W_r \cdot H^3}{Kd (\delta_r - 1)^3 \text{Cotg}\theta}$$

**Donde:**

$W_r$  = peso específico de la roca

$H$  = altura de ola de diseño

$KD$  = coeficiente de estabilidad

$\delta_r$  = gravedad específica de la roca

$\theta$  = pendiente del talud

<b>CORAZA DEL TRONCO EXPUESTO AL OLAJE</b>			
$W_r$ $T/m^3$	$H$ $m$	$KD$	$W$ $Tons$
2.4	4.08	7.2	4.7

Tabla 13. Resultados de la coraza del tronco expuesto al olaje; Fuente autor

<b>CORAZA DEL CABEZAL</b>			
$W_r$ $T/m^3$	$H$ $m$	$KD$	$W$ $Tons$
2.4	4.08	5.9	4.59

Tabla 14. Resultado de la coraza del cabezal; Fuente autor

<b>CORAZA DEL TRONCO PROTEGIDO DEL OLAJE</b>			
$W_r$ $T/m^3$	$H$ $m$	$KD$	$W$ $Tons$
2.4	2.05	8.3	0.69

Tabla 15. Resultado de la coraza del tronco protegido del olaje; Fuente autor

Para la capa intermedia o de filtro y la capa del núcleo se calcula el peso de acuerdo a una relación.

<b>Relación de peso</b>	
<i>Capa</i>	<i>Relación de Peso</i>
<i>Intermedia</i>	$\frac{W}{15} < W_{Intermedia} < \frac{W}{10}$
<i>Núcleo</i>	$\frac{W}{600} < W_{Núcleo} < \frac{W}{200}$

Tabla 16. Relación del peso con las capas; Fuente autor

### 6.4.1. Peso de la capa intermedia

Corresponde a un peso de los elementos igual a  $W/10$

$$4.7/10 = 0.47 \text{ tons}$$

### 6.4.2. Peso de la capa del núcleo

Corresponde a un peso de los elementos igual a  $W/200$

$$4.7/200 = 0.024 \text{ tons}$$

### 6.5. Cálculo para el dimensionamiento de los tetrápodos

Se consideran las siguientes fórmulas para dimensionar los tetrápodos por cada lado.

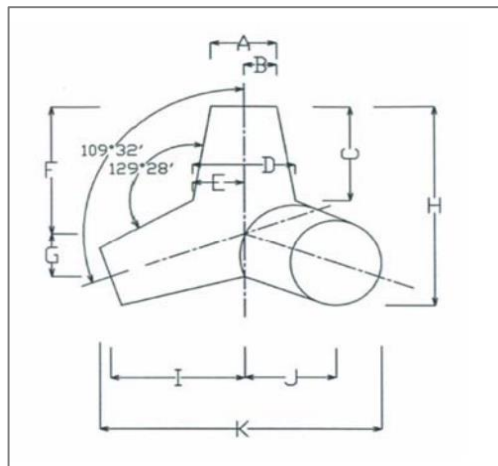


Ilustración 28 Dimensiones de los tetrápodos; Fuente autor

El volumen estimado viene dado por la relación del peso del elemento de cada capa y el peso específico. Así mismo, la altura del tetrápodo está dada por la siguiente ecuación:

$$H = \sqrt[3]{\frac{V}{0.28}}$$

Con estos valores se puede dimensionar los tetrápodos por cada capa del rompeolas.

<b>Volumen y altura del tetrápodo</b>		
<i>W Tetrápodos</i>	<i>v</i>	<i>H</i>
<i>T</i>	<i>m</i>	<i>m</i>
<b>4.7</b>	<b>2.01</b>	<b>1.93</b>
<b>4.59</b>	<b>1.96</b>	<b>1.91</b>
<b>0.69</b>	<b>1.62</b>	<b>1.79</b>

Tabla 17 Datos de los tetrápodos por cada capa del rompeolas; Fuente autor

<b>DIMENSIONES DE LOS TETRÁPODOS A DISEÑAR</b>									
<i>A (m)</i> (0.302*H)	<i>B (m)</i> 0.151*H	<i>C (m)</i> 0.477*H	<i>D (m)</i> 0.470*H	<i>E (m)</i> 0.235*H	<i>F (m)</i> 0.644*H	<i>G (m)</i> 0.215*H	<i>I (m)</i> 0.606*H	<i>J (m)</i> 0.303*H	<i>L (m)</i> 1.201*H
<b>0.58</b>	<b>0.29</b>	<b>0.92</b>	<b>0.91</b>	<b>0.45</b>	<b>1.24</b>	<b>0.42</b>	<b>1.17</b>	<b>0.58</b>	<b>2.32</b>
<b>0.57</b>	<b>0.28</b>	<b>0.91</b>	<b>1.90</b>	<b>0.45</b>	<b>1.23</b>	<b>0.41</b>	<b>1.16</b>	<b>1.58</b>	<b>2.29</b>
<b>0.54</b>	<b>0.27</b>	<b>0.85</b>	<b>0.84</b>	<b>0.42</b>	<b>1.15</b>	<b>0.38</b>	<b>1.08</b>	<b>0.54</b>	<b>2.15</b>

Tabla 18 Datos de las dimensiones de los tetrápodos a diseñar; Fuente autor

## 6.6. Cálculo del espesor mínimo de los elementos de la coraza y la capa intermedia

Para ello, se calcula el espesor mínimo de la coraza y la capa intermedia con la siguiente formula:

$$t = n \cdot k \Delta \cdot \left( \frac{W}{\rho s} \right)^{1/3}$$

**Donde:**

**t:** Espesor medio coraza.

**n:** Número de rocas en espesor.

**k Δ:** Coeficiente de capa.

**W:** Peso roca o elemento prefabricado coraza.

**ρs:** Densidad roca o elemento prefabricado.

<b>Espesores mínimos de coraza del tronco expuesto</b>				
<i>n</i>	<i>KΔ</i>	<i>ρs</i>	<i>W</i> <i>T</i>	<i>t</i> <i>m</i>
2	1.04	2.4	4.7	2.6

Tabla 19. Resultado par los espesores mínimos de coraza del tronco expuesto; Fuente autor

<b>Espesores mínimos de coraza del cabezal</b>				
<i>n</i>	<i>KΔ</i>	<i>ρs</i>	<i>W</i> <i>T</i>	<i>t</i> <i>m</i>
2	1.04	2.4	4.59	2.58

Tabla 20. Resultados Espesores mínimos de coraza del cabezal; Fuente autor

<b>Espesores mínimos de coraza del tronco no expuesto</b>				
<i>n</i>	<i>KΔ</i>	<i>ρs</i>	<i>W</i> <i>T</i>	<i>t</i> <i>m</i>
2	1.04	2.4	0.69	1.37

Tabla 21. Resultados Espesores mínimos de coraza del tronco no expuesto; Fuente autor

<b>Espesores mínimos de capa intermedia</b>				
<i>n</i>	<i>KΔ</i>	<i>ρs</i>	<i>W</i> <i>T</i>	<i>t</i> <i>m</i>
2	1	2.65	0.47	1.16

Tabla 22. Resultados Espesores mínimos de capa intermedia; Fuente autor

### 6.7. Cálculo del número de elementos prefabricados

Se determinó el número de elementos de coraza que deberá tener el rompeolas con la siguiente formula:

$$\frac{Na}{A} = n \cdot k\Delta \cdot \left(1 - \frac{P}{100}\right) \cdot \left(\frac{\rho s}{W}\right)^{2/3}$$

**Donde:**

**Na:** Número de elemento.

**A:** Superficie de cálculo.

**P:** Permeabilidad.

Número de tetrápodos por área			
A	100		
P %	50		
n	2		
KD	1.04		
$\rho s$	2.4		
W	4.7	4.59	0.69
Na/A	0.66	0.67	2.39

Tabla 23 Resultado de los números de tetrápodos por área; Fuente autor

### 6.8. Cálculo del ancho mínimo de la corona

Se utiliza la siguiente fórmula para establecer el ancho mínimo del coronamiento

$$B = n \cdot k\Delta \cdot \left(\frac{W}{\rho s}\right)^{1/3}$$

**Donde:**

**B:** Ancho mínimo coronamiento

**n:** Número de rocas mínimas. (3 mínimo)

**W:** Peso medio de los elementos prefabricados en la coraza.

Espesores mínimos de coraza del tronco expuesto				
n	KΔ	$\rho s$	W T	B m
3	1.04	2.4	4.7	3.90

Tabla 24 Resultado de Espesores mínimos de coraza del tronco expuesto para coronamiento; Fuente autor

Espesores mínimos de coraza del cabezal				
n	KΔ	$\rho s$	W T	B m
2	1.04	2.4	4.59	3.87

Tabla 25 Resultado de Espesores mínimos de coraza del cabezal para coronamiento; Fuente autor

<b>Espesores mínimos de coraza del tronco no expuesto</b>				
$n$	$K\Delta$	$\rho s$	$W$ $T$	$B$ $m$
2	1.04	2.4	0.69	2.06

Tabla 26. Resultado de Espesores mínimos de coraza del tronco no expuesto para coronamiento; Fuente autor

## 6.9. Memoria de cálculo estructural muelle de carga

En el presente apartado se detallan los cálculos estructurales del diseño de los pilotes que son la base de la estructura, Cabezales, vigas soportantes, vigas amarradoras y la losa prefabricada.

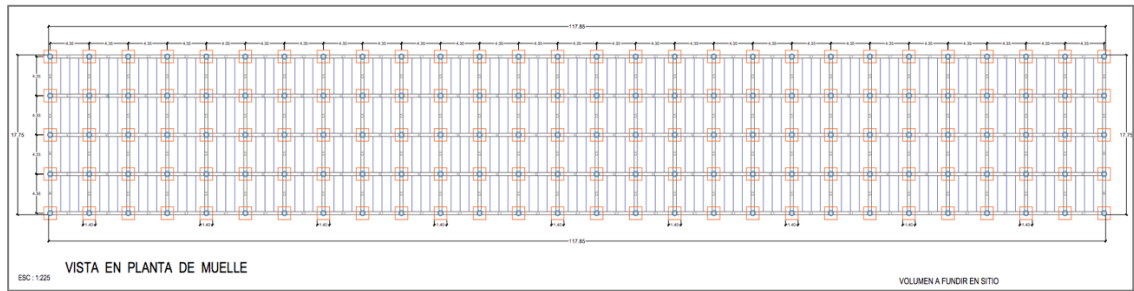
El apoyo de la losa y a la vez de toda la estructura que se construirá en el muelle, esta sobre 130 pilotes pre-barrenados de hormigón armado de 0.60 m de diámetro, los mismos que estarán cimentados en un estrato rocoso, ubicado a una distancia equidistante indicada en los planos con una profundidad promedio de 18 m desde el nivel de la losa terminada.

Se utilizó el programa ETABS para el cálculo de los elementos estructurales. La altura libre (no empotrada) promedio de los pilotes, que dio la batimetría, se aumentó, es decir, que se consideró una longitud de pilote de 20 metros para los cálculos respectivos.

No se considera en el cálculo los efectos de las olas debido a que el muelle se encuentra junto a una obra de protección y está ayuda a reducir la fuerza de impacto de las olas, por lo que se consideró la fuerza sísmica y la fuerza de ataque para el cálculo, y se tomará la más crítica como la fuerza horizontal actuante en el muelle.

### 6.9.1. Configuración geométrica

La configuración geométrica y elevaciones de planta propuestas para el análisis estructural de este trabajo, comprende en la dirección X y Y espaciamientos de 4.35 m.



*Ilustración 29. La configuración geométrica y elevaciones de planta; Fuente autor*

### 6.9.2. Normas de diseño

Se han aplicado las disposiciones de las siguientes normas de diseño:

- Norma Ecuatoriana de la construcción NEC SE DS 2015
- Building Code Requirement for Structural Concrete ACI 318-14

### 6.9.3. Especificaciones de material

#### a. Hormigón $f'c=300 \text{ kg/cm}^2$

Para la resistencia a la compresión a los 21 días del hormigón en la estructura se utilizó una resistencia del concreto de  $300 \text{ kg/cm}^2$

$E$ = módulo de elasticidad

$$E= 15100 \cdot \sqrt{300}$$

$$E=261539.67 \text{ kg/cm}^2$$

#### b. Acero de refuerzo grado 60

La barra de acero cumpla con la norma ASTM A756

$$F_y= 4200 \text{ kg/cm}^2 \text{ Esfuerzo de fluencia del acero}$$

$$E_s= 2038901.92 \text{ Módulo de elasticidad}$$



#### 6.9.4. Cargas consideradas

Las solicitantes actuantes en la estructura a considerarse son las siguientes: cargas muertas (CM), cargas vivas (CV) y las cargas sísmicas (EQ).

##### 6.9.4.1. Carga muerta

Se le considera como carga muerta al peso propio de los elementos con función estructural en el muelle. Ya que se tienen las dimensiones de vigas, losa y la cimentación se pueden ingresar al software ETABS, y así este ya considerara su peso propio.

##### 6.9.4.2. Carga viva

Para obtener la carga viva es importante saber que función tendrá la estructura que se esté diseñando, porque en base a eso las normas de construcción otorgan cargas diferentes dependiendo del caso. En este caso, se deberá usar carga viva para una estructura portuaria. La carga viva considerada para la estructura es de 3 t/m<sup>2</sup>

CARGA VIVA		
CV	3	t/m <sup>2</sup>

Tabla 27 Carga viva para la estructura portuaria; Fuente autor

#### 6.9.5. Carga de ataque

Esta fuerza es horizontal, sobre la estructura de un muelle producida por el impacto de la nave al atracar, y ésta depende de su velocidad de ataque y de la masa de este, y del sistema de defensas en el muelle; estas defensas son para absorber la energía cinética que desarrolle el barco debido a su velocidad de ataque al aproximarse a la estructura.

Las embarcaciones menores como remolcadores, barcazas o de pesca se aproximarán al muelle con velocidad de 0.30 m/seg, y las naves más grandes atracarán a una velocidad de 0.10 m/ seg. Para el cálculo se escogió una velocidad de ataque de 0.20 m/seg.

Para determinar la energía de atraque se lo realiza por medio de la siguiente ecuación:

$$E_c = \frac{(W_1 + W_2) \cdot v^2}{2 \cdot g}$$

**Donde:**

$$W_1 = 1.33 \cdot DWT$$

$$W_2 = \frac{P \cdot L \cdot H^2 \cdot \pi}{4}$$

**v:** Velocidad de atraque del buque

**DWT:** Peso muerto del buque

**L:** Eslora del buque

**H:** Calado del buque a plena carga

**P:** Peso específico del agua  $\left(1.00 \frac{T}{m^3}\right)$

### 6.9.6. Cálculo de la energía de atraque

Con los datos de las características detalladas en el capítulo III sobre los buques que navegan hacia la isla, se escogió como buque de diseño el Fusión 2. En el cual, se obtuvo los siguientes datos.

$$DWT = 5125 \text{ ton}$$

$$L = 104.72 \text{ m}$$

$$H = 6.50 \text{ m}$$

Luego:

$$W_1 = 1.33 \cdot 5125$$

$$W_1 = 6816.25 \text{ ton}$$

$$W_2 = \frac{1.00 \cdot 104.72 \cdot 6.50^2 \cdot 3.1416}{4}$$

$$W_2 = 3474.93 \text{ ton}$$

La velocidad de atraque del buque se lo considera igual a  $0.20 \frac{m}{s}$ .

$$Ec = \frac{(6816.25 + 3474.93) \cdot 0.10^2}{2 \cdot 9.81}$$

$$Ec = 5.24 \text{ ton} \cdot m$$

Energía de atraque:  $5.24 \text{ ton} \cdot m$

### **6.9.7. Cargas sísmicas (Ex – Ey)**

Para analizar el comportamiento de la estructura sometida a sollicitaciones sísmicas, se realizó un análisis modal espectral (RSA) mediante la aplicación de un espectro de aceleraciones. Se utilizó el espectro inelástico recomendado por la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC 2015), que representa un evento sísmico con periodo de retorno de 475, equivalente a una probabilidad de excedencia del 10% en 50 años.

#### **6.9.7.1. Combinación de cargas**

Se usa las combinaciones de acuerdo con el ASCE 7-10 y ACI 318-14 y se incluye una combinación de servicios, es decir, la carga viva y muerta sin mayorar para el diseño de los cimientos.

Q= Resistencia requerida para resistir las cargas factorizadas o las fuerzas y los momentos internos relacionados.

D= Carga muerta o sus momento y fuerzas internas relacionadas.

L= Carga viva o sus momentos y fuerzas internas relacionadas.

E= Carga sísmica o sus momentos y fuerzas internas relacionadas.

		DL	LL	Ex	Ey
<b>DISEÑO</b>	<b>COMB 1</b>	1.40			
	<b>COMB 2</b>	1.20	1.60		
	<b>COMB 3</b>	1.20	0.50	1.00	0.30
	<b>COMB 4</b>	1.20	0.50	0.30	1.00
	<b>COMB 5</b>	0.90		1.00	0.30
	<b>COMB 6</b>	0.90		0.30	1.00
	<b>ENV</b>	COMB1 – COMB2 – COMB3 – COMB4 – COMB5 – COMB6			
<b>SERVICIO</b>	<b>COMB 7</b>	1.00	1.00		
	<b>COMB 8</b>	1.00		1.00	0.30
	<b>COMB 9</b>	1.00		0.30	1.00

Tabla 28: Combinaciones de Carga; Fuente autor

### 6.9.8. Modelado en ETABS

Se opta por una tipología estructural de pórticos de hormigón armado con bloques de losa prefabricadas. El modelo tridimensional de la estructura fue desarrollado en el programa computacional ETABSV19, utilizando elementos tipo “frames” para las columnas y vigas, y elementos tipo “slab” para las losas en donde se le asignó una distribución de cargas en una sola dirección (sentido y).

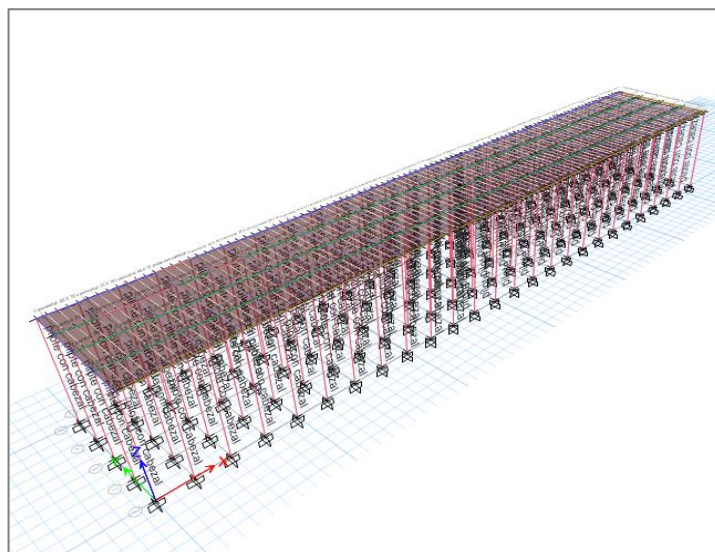


Ilustración 30. Modelo tridimensional de pórticos de hormigón armado; Fuente autor

La unión entre los distintos elementos se consideró como nudos rígidos. Las dimensiones geométricas de los elementos son las siguientes:

- Pilotes: Sección transversal de 0.60 m de diámetro
- Longitud de diseño de 20 m
- Vigas perimetrales: Área transversal de  $0.24 \text{ m}^2$  entre ejes de pilotes y la longitud entre ejes de 4.35 m.
- Vigas centrales: Área transversal de  $0.29 \text{ m}^2$  en diagonal entre pilotes y la longitud entre ejes de 4.35 m.

Las vigas y losetas se considerarán prefabricadas, mientras que los cabezales, pilotes y uniones entre vigas se funde in situ.

#### 6.9.8.1. Hipótesis del modelo

Los pilotes y los cabezales son elementos cuya longitud es mucho mayor que sus dimensiones y por tal motivo se utilizó elementos tipo “Frame” para su modelación.

Se colocaron apoyos empotrados en los extremos inferiores de los pilotes. Todas las conexiones se consideran resistentes al momento y por tal motivo los extremos de todos los elementos transmiten fuerzas y momentos.

#### 6.9.8.2. Espectro de diseño

Se ha considerado una aceleración en roca de 0.3 g, para un periodo de retorno de 475 años para el muelle marítimo emplazada en San Cristóbal-Galápagos. Bajo la normativa NEC-SD-DE se obtuvo los siguientes datos:

UBICACIÓN DE LA ESTRUCTURA	
Ciudad:	San Cristóbal
Región:	Sierra y Galápagos
Zona:	3
z =	0,30 g
$\eta$ =	2,48

Tabla 29. Datos de la ubicación de la estructura para San Cristóbal; Fuente autor

PARÁMETROS DE DISEÑO

I =	1,00
R =	3,00
$\varphi_P =$	0,90
$\varphi_E =$	1,00

Tabla 30 Datos de los parámetros de diseño; Fuente autor

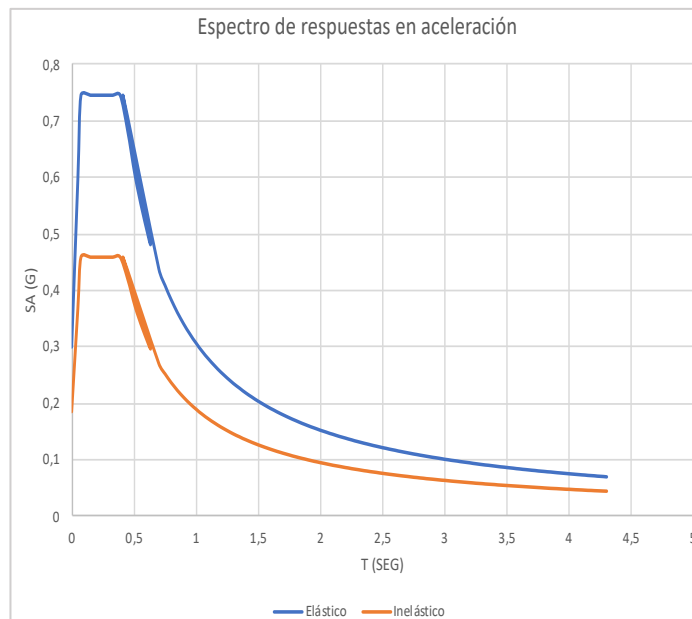


Ilustración 31. Espectro de respuesta en aceleración; Fuente autor

Para realizar el análisis modal de la estructura se usaron eigenvectores y se consideró un número de modos de vibración adecuado para que la masa participativa acumulada sea representativa. Se utilizó una combinación modal espectral CQC (Complete Quadratic Combination) para la determinación de las cargas sísmicas en las direcciones X e Y. Se consideraron 2 tipos de carga sísmica:  $E_x$  e  $E_y$  aplicadas en las direcciones X e Y, respectivamente. Para cada dirección de análisis (X e Y) se aplicó el 100% de la carga sísmica en la dirección de análisis y adicionalmente el 30% en la dirección ortogonal.

### 6.9.8.3. Cortante basal estático

$$\text{Coeficiente cortante basal estático} = (I_x \times S_a \times T) / (R \times \varphi_P \times \varphi_E)$$

En donde:

Z: Factor de zona sísmica

I: Factor de importancia de la edificación

C: Coeficiente sísmico =  $1.25 S / T^{2/3}$

S: Coeficiente de sitio dada las características del suelo

T: Período de la estructura obtenido mediante el programa ETABS

Wt: Peso de la estructura más 25% de carga viva

R: Factor de reducción de respuesta elástica

V: Fuerza lateral total o cortante en la base de la estructura

#### **6.9.8.4. Distribución de la fuerza cortante**

La distribución vertical de la fuerza cortante para obtener fuerzas horizontales equivalentes se la realiza mediante:

$$F_i = W_i * h_i * V / (\text{Sumatoria } W_i * h_i)$$

En donde:

F<sub>i</sub>: Fuerza lateral aplicada en el nivel *i* de la estructura

W<sub>i</sub>: Peso de la estructura en el nivel *i*

H<sub>i</sub>: Altura sobre la base de la estructura del nivel *i*

V: Fuerza lateral total o cortante en la base de la estructura

Para el análisis se consideró actuando una fuerza sísmica del 100% en una dirección, paralela a uno de los ejes de simetría de la estructura y el 25% de la fuerza sísmica en la otra dirección ortogonal.

La fuerza sísmica total se la repartió en cada eje de los pórticos de la estructura, formado por pilotes y vigas, en partes proporcionales iguales, ya que la estructura presenta simetría geométrica y de rigidez lateral en ambos ejes.

- Coef basal= 0.092
- K= 1.3107
- V<sub>o</sub>= 440.99 Ton

**CALCULO DEL CORTANTE BASAL Y DISTRIBUCIÓN DEL CORTE BASAL EN ELEVACION PROCEDIMIENTO NEC-15 DEL METODO DE CARGAS LATERALES EQUIVALENTES**

CORTANTE BASAL SUELO TIPO A (GALAPAGOS Z=0,3)							
n	2,48	Z	0,3	Fa	0,9	Sa	0,339
Ct	0,055	$\alpha$	0,9	hn	17	T	0,815
$\Phi_p$	1	$\Phi_E$	1	r	1	K	1,3107
I	1	R	3	Fs	0,75	Fd	0,9
Cx	0,092			tc	0,4125	to	0,075
Vx	441,0						

cortante basal suelo tipo A							
#PISOS	PESO (TON)	ALTURA (hx)	$w_x \cdot (h_x^k)$	$w_x \cdot (h_x^k) / \text{total}$	Fx=Fi	Vx ton	0,3 Fx ton
1	4791,20	20	243054,86	1,000	440,99	440,99	132,30
<b>W=</b>	<b>4791,20</b>		<b>243054,86</b>	<b>1,000</b>	<b>V=</b>	<b>440,99</b>	

COEFICIENTE SISMICO MINIMO       $V_x/W=$       0,092

*Ilustración 32. Cálculo del corte basal, según la NEC-15*

## 6.10. Resultados del análisis estructural

### 6.10.1. Fuerzas internas

A partir del análisis se obtuvieron las fuerzas internas críticas necesarias para la revisión de todos los elementos que conforman la subestructura. Las fuerzas internas de cada elemento “frame” son:

- P: Fuerza axial
- V22: Fuerza cortante en la dirección del eje local 2
- V33: Fuerza cortante en la dirección del eje local 3
- M22: Momento de Flexión alrededor del eje local 2
- M33: Momento de Flexión alrededor del eje local 3



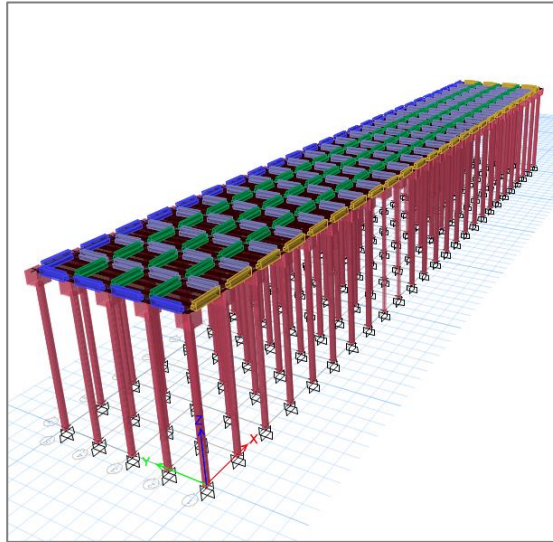


Ilustración 33. Modelado de la estructura con elementos tipo "Frame" con extrude; Fuente autor

## 6.10.2. Comportamiento Global sismo resistente

### 6.10.2.1. Torsión

TABLE: Centers Of Mass And Rigidity									
Story	Diaphragm	Mass X	Mass Y	XCM	YCM	XCCM	YCCM	XCR	YCR
		kg	kg	m	m	m	m	m	m
Story1	D1	2813520,98	2813520,98	54,6587	8,746	54,6587	8,746	54,375	8,7

Tabla 31. Datos del centro de rigidez y masa; Fuente autor

Se observa que la Excentricidad inherente de la estructura es muy pequeña y esto nos indicaría que el centro de rigidez CR y el centro de masa CM coinciden. De igual forma, se debe agregar la excentricidad accidental del 5% con el sentido más crítico para obtener la excentricidad total crítica para torsión y derivas.

### 6.10.2.2. Deformaciones

Usando la combinación COMB7, se obtuvieron las máximas deformaciones verticales en los componentes de la estructura. En la Figura se muestran la máxima deformación vertical.

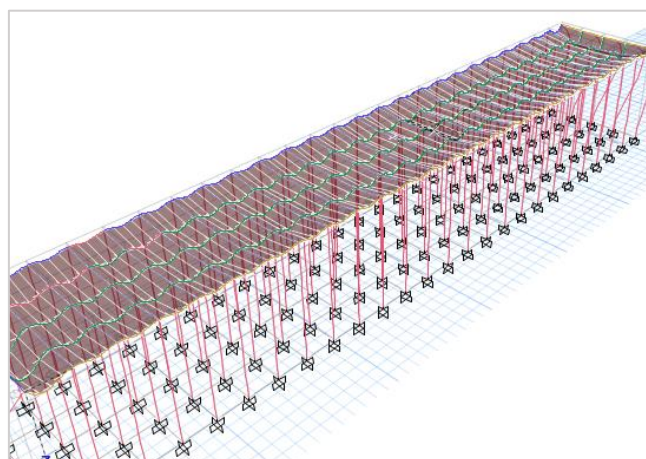


Ilustración 34 Deformaciones máximas – COMB7; Fuente autor

Los desplazamientos verticales en las vigas están limitados por:

- Carga viva:  $L/360$
- Carga muerta más viva:  $L/240$

\*En donde L es la longitud del elemento

ELEMENTO	LONGITUD (m)	DEFLEXIÓN (cm)		LÍMITE DE DEFLEXIÓN (cm)		REVISIÓN
		Carga Viva	D + L	Carga Viva	D + L	
<b>Viga 1</b>	4.35	0.0004	0.001	1.21	1.81	OK
<b>Viga 2</b>	4.35	0.001	0.001	1.21	1.81	OK

Tabla 32 Deflexión vertical; Fuente autor

Se observa que los elementos estructurales propuestos no exceden a la deflexión máxima permisible.

### 6.10.2.3. Verificación de limitación de daños

Se analiza el comportamiento inelástico de la estructura directamente en el software. Por ello, se revisa los modos de vibración de la estructura

TABLE: Modal Participating Mass Ratios					
Case	Mode	Period	UX	UY	RZ
		sec			
Modal	1	0,693	0,0268	0,9732	0
Modal	2	0,494	0,9732	0,0268	0
Modal	3	0,046	0	0	1

Tabla 33. Datos de las proporciones modal de masas participantes; Fuente autor

Tenemos un periodo traslacional en los 2 primeros modos y permitimos la rotación en el modo 3. Así mismo, se asume el 90% de participación de masas y modo de vibración en el análisis modal.

### 6.10.3. Diseño estructural

Para el diseño de la estructura se consideraron los resultados obtenidos del análisis de todos los estados de carga, basándose en los valores críticos para flexión, cortante y fuerza axial. Con las fuerzas internas obtenidas, se lleva a cabo el diseño estructural de los elementos de acuerdo con las recomendaciones del ACI 318-14.

Los factores de reducción de resistencia, utilizado para los diferentes esfuerzos son:

- Flexión sin carga axial 0.90
- Tensión axial y tensión axial con flexión 0.90
- Compresión axial y flexión y compresión
- Elemento con refuerzo en espiral 0.75
- Elemento con refuerzo de estribos 0.70
- Cortante y torsión 0.85
- Aplastamiento en el hormigón 0.70

## 6.11. Superestructura

### 6.11.1. Diseño de loseta prefabricada

Se llevó a cabo la revisión de las losetas, mediante la aplicación de una hoja de cálculo y el modelo estructural. En el análisis, se ingresaron las cargas muertas y vivas y se obtuvieron los diagramas de corte y de momento flector para las combinaciones de carga gravitacional.

Se revisó que la capacidad a momento flector y fuerza cortante de la sección sea mayor a las demandas obtenidas en el análisis estructural.

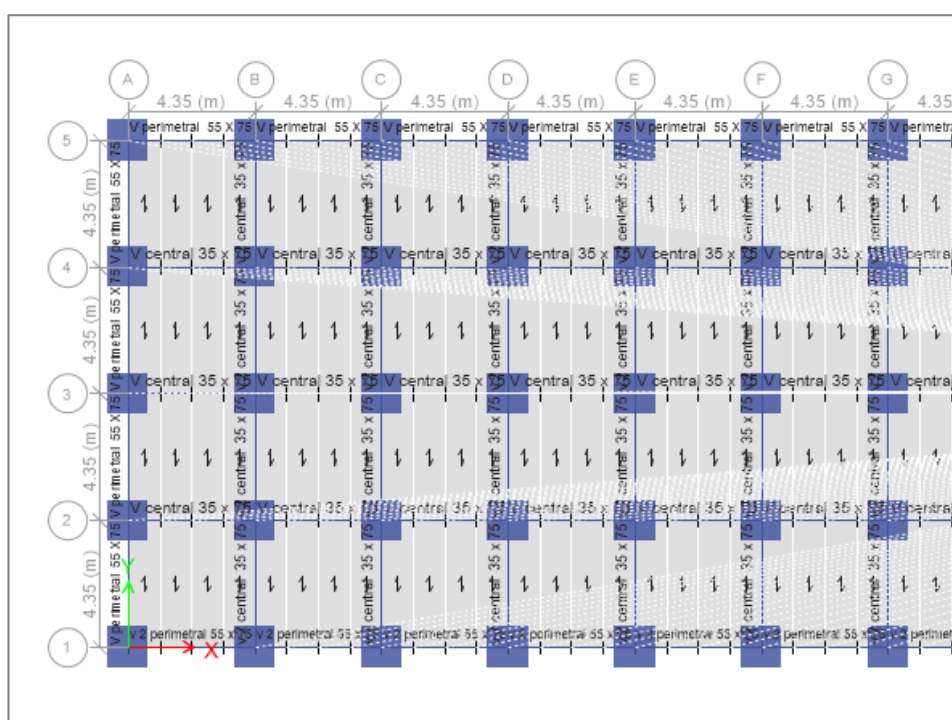


Ilustración 35. Momentos de flector y de fuerza cortante de sección; Fuente autor

FUERZAS INTERNAS LOSETA PREFABRICADA			
$qD$	$qL$	$Vu$	$Mu$
$T/m$	$T/m$	$T$	$T.m$
0.72	3	10.2	9.18

Tabla 34. Datos de las fuerzas internas de la loseta prefabricada; Fuente autor

DISEÑO POR CORTANTE			
$V$ disp. concreto	$Vu$	$Vs$	$Av$
$kg/cm^2$	$kg/cm^2$	$kg/cm^2$	$cm^2$
9.18	5.67	2.87	0.19

Tabla 35. Datos del diseño cortante; Fuente autor

Se usa el acero mínimo debido a que el cortante del concreto supera el cortante último y no es necesario el acero transversal.

$$\therefore 1 \text{ } \varnothing 10 \text{ mm c}/20\text{cm}$$

<b>DISEÑO A FLEXIÓN</b>			
<i>Mu</i> <i>T.m</i>	$\rho$	$\omega$	<i>As req</i> <i>cm2</i>
<b>9.18</b>	<b>0.00621</b>	<b>0.087</b>	<b>12.62</b>

Tabla 36. Datos de diseño a flexión; Fuente autor

Las losetas dispondrán de 7 varillas inferiores  $\varnothing 16 \text{ mm}$  con 4 cm de recubrimiento.

### 6.11.2. Diseño de vigas

Se llevó a cabo la revisión de las vigas, mediante la aplicación de una hoja de cálculo y el modelo estructural. En el análisis, se ingresaron las cargas muertas, vivas y de sismo, con ello se obtuvieron los diagramas de corte y de momento flector para la combinación más crítica con la envolvente en el programa Etabs.

Se revisó que la capacidad a momento flector y fuerza cortante de la sección sea mayor a las demandas obtenidas en el análisis estructural.

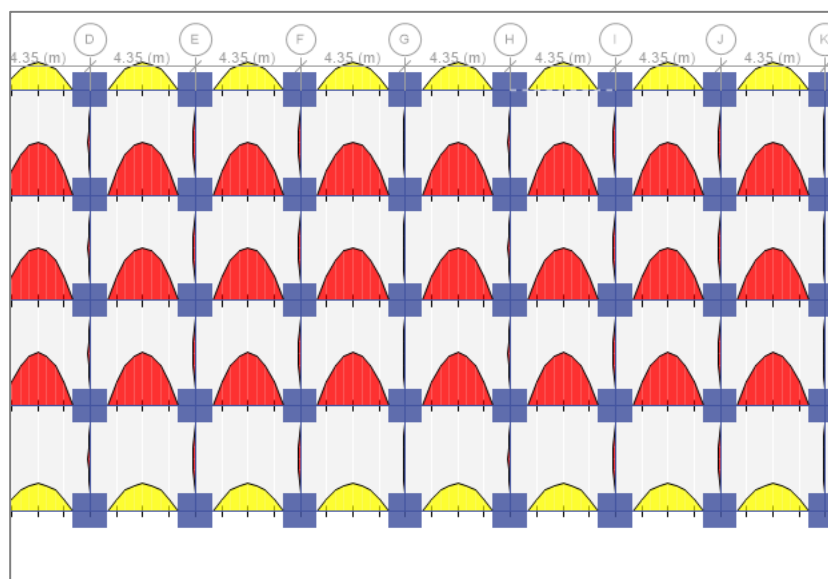


Ilustración 36. Diagrama del Momento flector en las vigas; Fuente autor

### 6.11.2.1. Viga cargadora perimetral V1

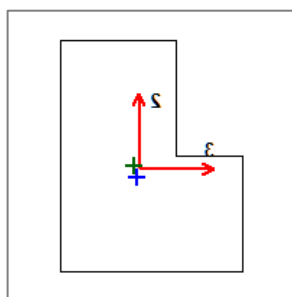


Ilustración 37. Diagrama de la viga de carga V1; Fuente autor

FUERZAS INTERNAS LOSETA PREFABRICADA			
$qD$ $T/m$	$qL$ $T/m$	$Vu$ $T$	$Mu$ $T.m$
2.02	6.5	18.55	13.55

Tabla 37. Fuerza Interna de loseta prefabricada V1; Fuente autor

DISEÑO A FLEXIÓN			
$Mu$ $T.m$	$\rho$	$\omega$	$As\ req$ $cm^2$
13.55	0.00343	0.048	7.56

Tabla 38. Diseño a flexión V1; Fuente autor

Las vigas cargadoras dispondrán de 2 varillas inferiores  $\varnothing 20\ mm$  y 1 varilla de  $\varnothing 18\ mm$  con 5 cm de recubrimiento.

### 6.11.2.2. Viga cargadora central V2

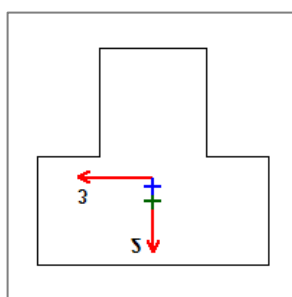


Ilustración 38. Diagrama de la viga de carga V2; Fuente autor

FUERZAS INTERNAS LOSETA PREFABRICADA			
$qD$ $T/m$	$qL$ $T/m$	$Vu$ $T$	$Mu$ $T.m$
3.58	13.05	36.5	26.46

Tabla 39. Fuerza Interna de loseta prefabricada V2; Fuente autor

<b>DISEÑO A FLEXIÓN</b>			
$M_u$ $T.m$	$\rho$	$\omega$	$A_{s req}$ $cm^2$
<b>26.46</b>	<b>0.00564</b>	<b>0.079</b>	<b>15.13</b>

Tabla 40. Diseño a flexión V2; Fuente autor

Las vigas cargadoras dispondrán de 3 varillas inferiores  $\varnothing 25 mm$  y 1 varilla de  $\varnothing 12 mm$  con 5 cm de recubrimiento.

### 6.11.2.3. Viga amarre central V3

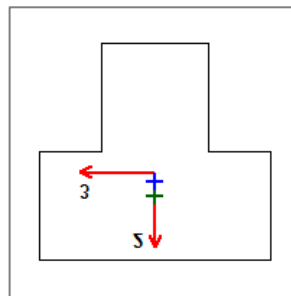


Ilustración 39. Diagrama de la viga de carga V3; Fuente autor

<b>FUERZAS INTERNAS LOSETA PREFABRICADA</b>			
$qD$ $T/m$	$qL$ $T/m$	$V_u$ $T$	$M_u$ $T.m$
<b>0.702</b>	<b>2.4</b>	<b>6.79</b>	<b>4.92</b>

Tabla 41. Fuerza Interna de loseta prefabricada V3; Fuente autor

<b>DISEÑO A FLEXIÓN</b>			
$M_u$ $T.m$	$\rho$	$\omega$	$A_{s req}$ $cm^2$
<b>4.92</b>	<b>0.00333</b>	<b>0.014</b>	<b>8.97</b>

Tabla 42. Diseño a flexión V3; Fuente autor

Las vigas cargadoras dispondrán de 2 varillas inferiores  $\varnothing 20 mm$  y 1 varilla de  $\varnothing 18 mm$  con 5 cm de recubrimiento.

#### 6.11.2.4. Viga amarre perimetral V4

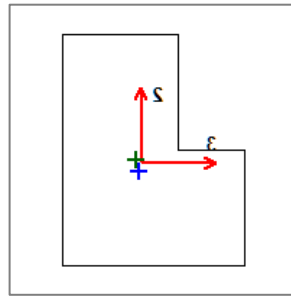


Ilustración 40. Diagrama de la viga de carga V4; Fuente autor

<b>FUERZAS INTERNAS LOSETA PREFABRICADA</b>			
$qD$ $T/m$	$qL$ $T/m$	$Vu$ $T$	$Mu$ $T.m$
<b>0.58</b>	<b>1.8</b>	<b>5.18</b>	<b>3.68</b>

Tabla 43. Fuerza Interna de loseta prefabricada V4; Fuente autor

<b>DISEÑO A FLEXIÓN</b>			
$Mu$ $T.m$	$\rho$	$\omega$	$As req$ $cm^2$
<b>3.68</b>	<b>0.00093</b>	<b>0.013</b>	<b>7.34</b>

Tabla 44. Diseño a flexión V3; Fuente autor

Las vigas cargadoras dispondrán de 2 varillas inferiores  $\varnothing 20 mm$  y 1 varilla de  $\varnothing 18 mm$  con 5 cm de recubrimiento.

#### 6.11.3. Diseño transversal para vigas ACI 318-19

Se debe cumplir con las ecuaciones de resistencia nominal y refuerzo mínimo a cortante dadas por la normativa ACI 318-19, capítulo 22.5

La resistencia nominal para cortante en una dirección se debe calcular como:

$$V_n = V_c + V_s$$

$$V_s = \frac{A_v * f_{yt} * d}{s}$$

Teniendo en cuenta que  $V_u > \phi V_c$



### 6.11.3.1. Viga cargadora perimetral V1

DISEÑO POR CORTANTE			
<i>V disp. concreto</i> <i>kg/cm2</i>	<i>Vu</i> <i>kg/cm2</i>	<i>Vs</i> <i>kg/cm2</i>	<i>Av</i> <i>cm2</i>
9.18	14.13	4.95	0.62

Tabla 45. Diseño por cortante V1; Fuente autor

Se dispondrá de 2  $\emptyset$  10 mm c/ 15 – 30 – 15 cm

### 6.11.3.2. Viga cargadora central V2

DISEÑO POR CORTANTE			
<i>V disp. concreto</i> <i>kg/cm2</i>	<i>Vu</i> <i>kg/cm2</i>	<i>Vs</i> <i>kg/cm2</i>	<i>Av</i> <i>cm2</i>
9.18	27.81	18.63	1.55

Tabla 46. Diseño por cortante V2; Fuente autor

Se dispondrá de 2  $\emptyset$  10 mm c/ 10 – 20 – 10 cm

### 6.11.3.3. Viga amarre central V3

DISEÑO POR CORTANTE			
<i>V disp. concreto</i> <i>kg/cm2</i>	<i>Vu</i> <i>kg/cm2</i>	<i>Vs</i> <i>kg/cm2</i>	<i>Av</i> <i>cm2</i>
9.18	5.17	–	<i>A mínimo</i>

Tabla 47. Diseño por cortante V3; Fuente autor

Se usa el acero mínimo debido a que el cortante del concreto supera el cortante último y no es necesario el acero transversal.

$$\therefore 2 \emptyset 10 \text{ mm c/15 – 30 – 15 cm}$$

### 6.11.3.4. Viga amarre perimetral V4

DISEÑO POR CORTANTE			
<i>V disp. concreto</i> <i>kg/cm2</i>	<i>Vu</i> <i>kg/cm2</i>	<i>Vs</i> <i>kg/cm2</i>	<i>Av</i> <i>cm2</i>
9.18	3.98	–	<i>A mínimo</i>

Tabla 48. Diseño por cortante V4; Fuente autor

Se usa el acero mínimo debido a que el cortante del concreto supera el cortante último y no es necesario el acero transversal.

$$\therefore 2 \emptyset 10 \text{ mm c/15 – 30 – 15 cm}$$

## 6.12. Infraestructura

### 6.12.1. Diseño de Cabezal

Los cabezales son elementos que se construyen en la parte superior de los pilotes, donde descargan las reacciones de la losa y vigas. Estos cabezales se diseñarán aislados en un cruce de eje.

En el análisis, se ingresaron las cargas muertas y vivas anteriormente sacadas de las vigas, con ello se obtuvieron la fuerza cortante última y el momento de diseño.

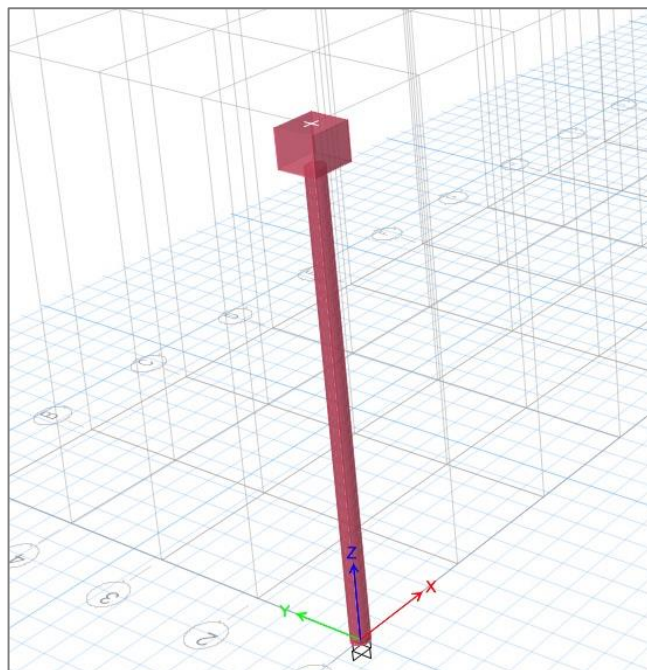


Ilustración 41. Diagrama del diseño de cabezal; Fuente autor

Del cortante de las vigas prefabricadas V1, V2, V3 Y V4, se tiene:

CORTANTE		
$V_D$ $kg/cm^2$	$V_l$ $kg/cm^2$	$V_u$ $kg/cm^2$
9.95	34.43	67.03

Tabla 49. Datos de cortante de vigas; Fuente autor

Según ACI 318-05 se verifica que ( $av/d < 1$ ) y ( $N_{uc}$  resistencia del concreto  $< V_u$  resistencia de corte ultima)

<b>PASO 1</b>			
<i>Ac</i> <i>cm2</i>	<i>Vn</i> <i>ton</i>	$\emptyset Vn$ <i>ton</i>	$Vu < \emptyset Vn$
4675	257.1	192.8	<b>OK</b>

Tabla 50. Paso 1; Fuente autor

<b>PASO 2 Y 3</b>			
<i>Avf</i> <i>cm2</i>	<i>Nuc</i> <i>ton</i>	<i>Mu</i> <i>ton · m</i>	<i>Af</i> <i>cm2</i>
21.28	13.41	15.25	8.15

Tabla 51. Paso 2-3; Fuente autor

<b>PASO 4, 5 Y 6</b>			
<i>An</i> <i>cm2</i>	<i>As</i> <i>cm2</i>	<i>As min</i> <i>cm2</i>	<i>Ah</i> <i>cm2</i>
3.55	17.74	22	9.22

Tabla 52. Paso 4-5-6; Fuente autor

Se adoptará 6  $\emptyset$  18 para el acero superior y 4  $\emptyset$  16 para el acero inferior se colocará con 4 estribos  $\emptyset$  14

## 6.13. Diseño de Pilotes del muelle

### 6.13.1. Cálculo de la capacidad del pilote

Se llevo a cabo el análisis de la capacidad a punta y fricción del pilote, aplicando el método de L-Decourt con los datos recopilados de sondeos a calicata abierta realizados anteriormente cerca de la zona a intervenir. Se consideró 130 pilotes pre-barrenados con un diámetro de 60 cm y con una longitud variable entre 14 a 20 metros.

Para la aplicación del método de L –Decourt (1991) se considera:

$$\text{Valor de } K = 20$$

$$\text{Factor de Seguridad } FS = 3$$

$$Qu = qp \cdot Ap + qsAs$$

$$Quad = Qu/Fs$$

### 6.13.2. Cálculo de capacidad por punta

$$q_p = K \cdot N$$

$$N = 50$$

$$q_p = 20 * 50$$

$$q_p A_p = \text{Carga de punta del Pilote}$$

$$q_p A_p = 1000 * 0.283 = 283$$

$$Q_{ud} = 283/3 = 94.2 T$$

### 6.13.3. Cálculo de capacidad de fricción

CÁLCULO DE CAPACIDAD DE FRICCIÓN					
Estrato	E (m)	N	as (m <sup>2</sup> )	qs (T/m <sup>2</sup> )	qs*as (T)
I	0.5	12	0.94	5	4.71
II	1	30	1.88	11	20.74
III	1.2	50	2.26	17.6	39.81

Tabla 53. Datos para la capacidad de fricción; Fuente autor

Se descarta el primer estrato por ser una arena no estable

$$q_s a_s T = 20.7 + 39.8 T = 60.5$$

$$q_s a_s / F_s = 60.5 / 3 = 20.2 T$$

- Pilote trabajando a compresión =  $94.2 T - 13.57 T = 80.63 T$
- Pilote trabajando a tracción =  $20.2 T + 13.57 T = 33.77 T$

### Observaciones

- Se descarta la capacidad admisible por fricción, sólo se considera por punta.
- A compresión se le resta el peso del Pilote, a la tracción se le suma. Empotramiento en Suelo Rocoso: mínimo 2 mts.

Se considera mínimo el asentamiento de los pilotes debido a que los mismos están empotrados en un suelo muy resistente conformado por roca volcánica original.

Para el análisis estructural, se consideró el pilote con todas las cargas actuantes mencionadas en los párrafos anteriores y unidos entre ellos con cabezales diseñados estructuralmente para acoplar pilotes aisladamente.

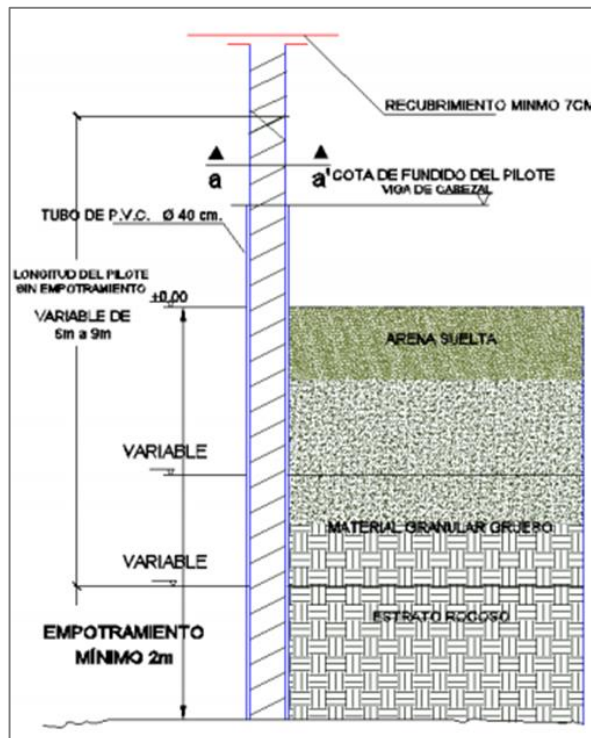


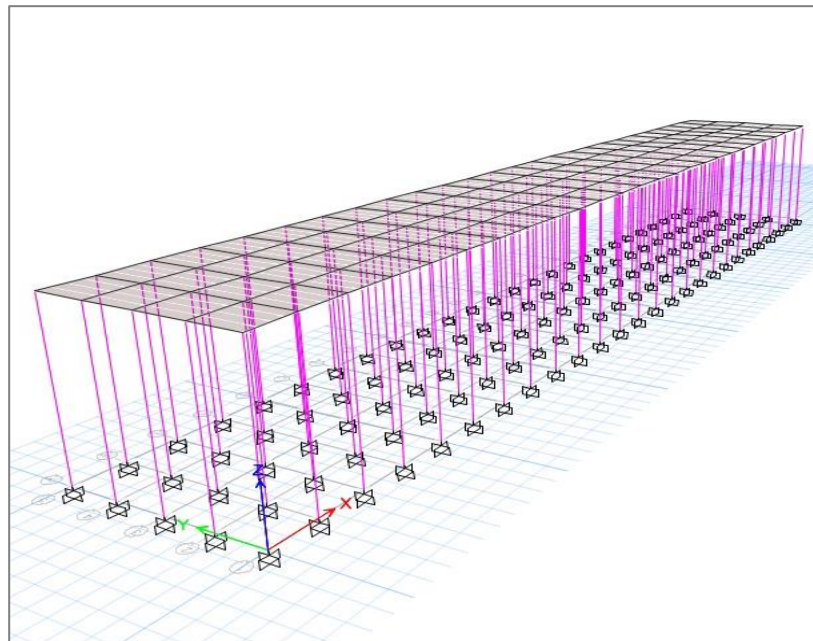
Ilustración 42. Perfil de un pilote para el área de estudio; Fuente autor

#### 6.14. Diseño de pilotes de hormigón armado

Se llevó a cabo el diseño de los pilotes considerando las combinaciones críticas de flexo compresión biaxial y de corte en ambas direcciones para los estados de carga críticos. Para la revisión se elaboraron los diagramas de interacción a flexo compresión de la sección del pilote utilizando las recomendaciones de la norma ACI 318-14.

Los pilotes a construirse en resumen tendrán las siguientes características:

- Pilotes pre-barrenados In Situ
- Diámetro de diseño: 60 centímetros
- Encamisados: con tubería metálica o de PVC de presión
- Hormigón:  $F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ , con revenimiento 18 centímetros como mínimo
- Acero: mínimo 1 % del área de pilotes  $F'y = 4.200 \text{ Kg. /cm}^2$
- Longitud del pilote: (14 – 20 mts)
- Longitud mínima de empotramiento: 2,00 m
- Capacidad de carga del pilote: 80.63 toneladas
- Peso propio del pilote: 13.57 toneladas



*Ilustración 43. Verificación de los pilotes con el Etabs; Fuente autor*

Con el programa se obtuvo la información de las fuerzas internas de la estructura y se construyeron los diagramas de interacción en ambas direcciones, y sobre estos se graficaron las fuerzas actuantes (momento y carga axial) en cada uno de los pilotes.

<b>Fuerza axial y Momento</b>			
<i>Pu</i>	<i>Mu mínimo</i>	<i>Mu diseño</i>	<i>As</i>
<i>T</i>	<i>ton – m</i>	<i>ton – m</i>	<i>cm2</i>
35.54	1.46	3.98	28.1

Tabla 54. Datos fuerza axial y momento; Fuente autor

<b>Fuerza axial y Momento</b>	
<i>Vu</i>	<i>Vc</i>
<i>Ton</i>	<i>ton</i>
0.705	20.95

Tabla 55. Datos de la fuerza axial y momento de pilotes; Fuente autor

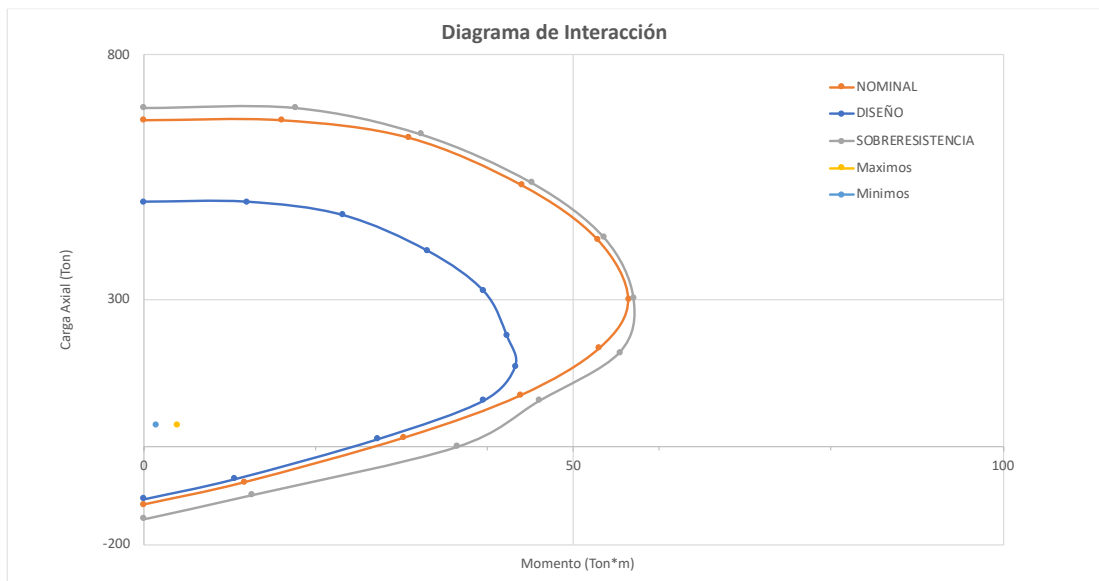


Ilustración 44. Diagrama de interacción del Diseño de los pilotes; Fuente autor

Cabe recalcar, que se diseñó los pilotes con un diámetro=600mm con 8 varillas de 20 mm y acero transversal en forma de espiral de 10 mm.

## 6.15. Metodología constructiva para el muelle

### 6.15.1. Procesos preliminares

Se debe contar con un equipo de perforación en condiciones óptimas con sus suministros y sus respectivas brocas tricónica que será trasladado desde el continente en un periodo aproximado de un mes antes de iniciar los trabajos de construcción. Así mismo, se considera enviar talleres desarmables para ser instalados en obra a fin de utilizar un área específica para trabajar en las vigas y losetas prefabricadas, con su respectivo control de calidad.

Se delimitará el área a intervenir para evitar cualquier tipo de accidentes, impidiendo el acceso a personas ajenas a la obra. Del mismo modo, los escombros, productos de la limpieza de la obra serán dirigidos hacia el reciclaje y se llevará un registro del mismo, cumpliendo de esta forma el plan de mitigación ambiental que se debería tener antes de empezar los trabajos.

#### **6.15.2. Obra civil: Infraestructura**

Antes de la construcción del rompeolas en la zona donde se emplazará el muelle, se iniciará la construcción de la plataforma provisional que permitirá ubicar el equipo barrenador para los pilotes, además de servir de acceso para la provisión de los materiales de construcción necesarios en obra.

Una vez instalado el equipo de perforación se procederá a la perforación secuencial de pilotes, siguiendo el siguiente procedimiento:

Primero, se manda un tubo guía con contrapeso que sirva de orientación para la colocación del muerto estructural y la colocación del encamisado del pilote. El muerto estructural, se coloca principalmente por fines ambientales, para controlar el movimiento de arena y ruidos que puedan afectar a la población y al ecosistema submarino del área a intervenir. Además, se evitaría que los animales puedan introducirse o intervenir en el proceso del barrenado del pilote. Del mismo modo, existen otras funciones de los muertos estructurales como garantizar una posición perfecta del pilote y a la vez el encamisado de PVC necesario para el sistema constructivo, servirá pos-construcción como protector de la agresividad salina al mar.

##### **6.15.2.1. Colocación del tubo de encamisado**

Con ayuda de una grúa se colocará los muertos estructurales ya prefabricados anteriormente con un tubo empotrado de PVC de presión (0.8MPa) de 600mm de diámetro, que servirá como encamisado del pilote y estos se los asentará en el subsuelo marino, donde unos buzos se encargarían de garantizar la alineación correcta con el eje del pilote diseñado.





*Ilustración 45 Colocación del muerto estructural; Fuente: autor*

Colocados los muertos estructurales, se procederá a acoplar los tubos de PVC de presión por medio de su sistema espiga-campana hasta llegar a la plataforma de madera, donde este servirá de anclaje para el extremo superior del tubo PVC de presión. Es importante que la tubería sea perfectamente lisa por dentro y aconsejable que también lo sea por fuera. Lo primero para facilitar el flujo continuo y uniforme durante el colado y lo segundo para evitar atoramientos de la tubería con el armado. Durante la movilización y transporte de los tubos, es recomendable engrasar sus cuerdas con anillos especiales roscados. Para cada encamisado se contará con la revisión topográfica de niveles y líneas de construcción según el diseño.



*Ilustración 46 Posicionamiento de tubo PVC ; Fuente: autor*

### **6.15.2.2. Sistema operativo para la construcción del pilote**

Para el sistema operativo con el equipo barrenador, se perfora el subsuelo marino mediante el empleo de broca tricónica hasta alcanzar la longitud de diseño de los pilotes y con la ayuda del castillo hidráulico del equipo barrenador, se colocará la armadura del pilote, respetando el diseño establecido.



*Ilustración 47 Barrenado del pilote; Fuente: autor*

### **6.15.2.3. Fundición del pilote bajo agua**

Se procederá a la fundición del pilote por medio de tubería tremie, esta tubería guiará el concreto al fondo de la perforación, se colocará el balón o diablo que sirve de tapón, evitando que el hormigón baje con tal fuerza que se segregue, puede estar formado por un balón inflado o con papel mojado. Al iniciar el colado, el extremo inferior interior de la tubería debe estar ligeramente arriba del fondo de la perforación (no más de dos diámetros de tubería), para que permita la salida del tapón y del primer volumen del concreto.

Después de ello durante todo el colado, el extremo inferior de la tubería debe permanecer siempre embebido en el concreto fresco siendo indispensable llevar un registro continuo de los niveles reales del concreto, para que se pueda retirar tramos de la tubería sin el riesgo de que estas queden fuera del concreto. Estos trabajos se realizarán con buzos que estarán

pendiente de que el hormigón y la tubería tremie no pierdan continuidad garantizando los resultados esperados.



*Ilustración 48 Fundición del pilote; Fuente: autor*

Luego de fundido cada pilote, se procederá al encofrado, armado y fundición del cabezal, donde se asentarán posteriormente las vigas y losetas.

### **6.15.3. Obra civil: Superestructura**

Seguidamente con ayuda de una grúa, se procede a izar la viga ya lista para colocarla sobre cada cabezal, estas deben encajar adecuadamente entre sí. Una vez colocada las vigas se procede a fijarla mediante el llenado de concreto en los vacíos donde se encuentra la unión entre viga.



*Ilustración 49 Montaje de viga prefabricada. Fuente: autor*

Finalmente, una vez terminado el proceso anterior se procederá a colocar las losas prefabricadas con ayuda de la grúa principal y se fundirá por tramos el topping de 0.05m de espesor de las losetas. El proceso es repetitivo en adelante desde los pilotes hasta las losetas, se avanzará con ese proceso hasta la longitud requerida en el diseño.

#### **6.15.4. Cuidados ambientales en la obra**

Se debe realizar de manera ordenada y pausada la colocación del enrocado para el rompeolas, evitando causar gran impacto que pueda afectar al ecosistema del área a intervenir. Para ello, se debe contar con buzos encargados para garantizar la seguridad del ecosistema y la funcionalidad de la obra. Del mismo modo, se debe fabricar estos elementos prefabricados (Tetrápodos) con aditivos inhibidor que no permita la oxidación del hormigón y aumente su resistencia y durabilidad.

Para el muelle de carga, se debe evitar el “Liqueo” (caída de cualquier sustancia) al mar, para ello, se colocará un material impermeable debajo de las maquinarias evitando que los aceites y combustibles se derramen al mar. La fundición de los pilotes se lo realizará por medio de un sistema de bombeo que se conectaría desde la costa hacia la tubería tremie ya colocada, estos pilotes a su vez tendrán un encamisado de PVC de presión, el cual protege el elemento estructural del ambiente salino y evita el derrame del hormigón al mar.

Así mismo, el lineamiento ecológico para proteger la flora y fauna marina durante el proceso constructivo de los pórticos de hormigón que se apoyarán en el lecho marino, fue la construcción del muerto estructural, que sirve para controlar el movimiento de arena y ruidos que puedan afectar al ecosistema submarino del área a intervenir.

## CONCLUSIONES

Se puede concluir que, para mejorar el manejo de carga eficiente y seguro para las islas Galápagos, es importante considerar la implementación de un puerto marítimo con las instalaciones necesarias, donde a una proyección a 20 años, se seguirá teniendo un puerto funcional con menos del 65% de ocupación del puesto de servicio. Además de mejorar su impacto visual y proteger el medio ambiente.

Considerando los objetivos planteados, se implantó un puerto marítimo en la isla San Cristóbal cerca de la bahía “Las Tijeretas” donde se conectaría por una vía pavimentada a la ciudad de Puerto Baquerizo Moreno. Este lugar resultó ser el más idóneo debido a su batimetría, sus condiciones oceanográficas, climatológicas y a la zona que pertenece al GAD municipal de San Cristóbal.

En este trabajo también se logró diseñar el muelle marítimo con su obra de protección con tetrápodos, teniendo en cuenta la conservación del ecosistema dentro de la zona y la funcionalidad de la misma. Por ello, se optó por una infraestructura con pilotes pre-barrenados y cabezales fundidos in situ, en la superestructura se optó por vigas y losetas prefabricadas con una ejecución más rápida. En el cual, esta construcción reflejaría un cambio importante en las condiciones que llega la carga desde el continente y garantizaría a los usuarios mayor seguridad y confianza en la operación de la misma.

## REFERENCIAS

- Alvítez, F., & Vela, J. (2021). *Diseño hidráulico y estructural, con elementos prefabricados de concreto simple (tetrápodos), para la defensa ribereña en las márgenes del río Chancay, tramo puente Eten-Monsefú, Chiclayo, Lambayeque.* Obtenido de <https://repositorio.uss.edu.pe//handle/20.500.12802/7828>
- Ametller, S., Llorca, J., & González, J. (2012). Recomendaciones para el proyecto y ejecución en Obras de Atraque y Amarre. *Puertos del estado de España*, 11.
- Cabarrús, F. (15 de Enero de 2018). *International Transport & Logistics.* Obtenido de <https://www.megaonlinelogistics.com/tipo-contenedores-maritmos/>
- Cevallos, M., & Mazón, R. (2012). *Aspectos a mejorar en el movimiento de la carga marítima en la Isla Santa Cruz Islas Galápagos procesos para una manipulación correcta de mercadería en general.* Obtenido de <http://uprepositorio.upacifico.edu.ec/handle/123456789/67>
- Chuchuca, T. (2012). *Aspectos a mejorar en el movimiento de la carga marítima en la isla santa cruz Islas Galápagos.*
- CORSAMER S.A. (2018). *Estudio de impacto ambiental expost del proyecto operación de la embarcación turística gran natalia en la reserva marina de galápagos.* Obtenido de [https://maepngalapagos.files.wordpress.com/2018/07/eia\\_expost\\_gran-natalia.pdf](https://maepngalapagos.files.wordpress.com/2018/07/eia_expost_gran-natalia.pdf)
- Delgado, B. (10 de Junio de 2022). *Galápagos: volcanes dentro de islas oceánicas.* Obtenido de <https://www.darwinfoundation.org/es/articulos-blog/794-galapagos-volcanes-dentro-de-islas-oceanicas>
- Dirección del Parque Nacional Galápagos. (s.f.). *Gestión ambiental del gobierno de encuentro.* Obtenido de <https://galapagos.gob.ec/gestion-ambiental/>

- Economía Plan V. (12 de mayo de 2020). *EL LARGO Y CARO VIAJE DE LA CARGA QUE ABASTECE A GALÁPAGOS*. Obtenido de <https://www.planv.com.ec/historias/economia/el-largo-y-caro-viaje-la-carga-que-abastece-galapagos>
- El comercio. (6 de Agosto de 2015). *31 000 toneladas de carga han llegado por vía marítima a Galápagos en el 2015*. Obtenido de <https://www.elcomercio.com/actualidad/ecuador/abastecimiento-alimentos-galapagos-buques-guayaquil.html>
- Fiallos, C., & Villagrán, L. (2020). *Propuesta de optimización para el sistema de transporte marítimo de carga a Galápagos*. Obtenido de <https://uprepositorio.upacifico.edu.ec/handle/123456789/476>
- Gobierno Autonomo descentralizado de santa cruz. (s.f.). *Muelle de carga puerto ayora-santa cruz-galápagos*. Obtenido de <https://docplayer.es/67791411-Muelle-de-carga-puerto-ayora-santa-cruz-galapagos.html>
- Gobierno de la República del Ecuador. (s.f.). *Transporte entre islas pobladas*. Obtenido de <https://galapagos.gob.ec/transporte-entre-islas-pobladas/>
- Greslou, D. (1962). The tetrapod. En *Coastal Engineering Proceeding* (pág. 27).
- Horts, P. (1999). Contaminación lumínica. *La Enseñanza de las Ciencias d ela tierra*, 102-111.
- INOCAR (Instituto Oceanográfico y Antártico de la Armada). (Septiembre de 2020). *Tabla de marea de puertos del Ecuador*. Obtenido de <https://www.inocar.mil.ec/web/index.php/productos/tabla-mareas>
- INOCAR. (2011). *Islas Galápagos*.
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas. (2011). *Reglamento para el transporte de cargas peligrosas a la provincia insular de Galápagos y viceversa*. Obtenido de <https://www.obraspublicas.gob.ec/wp->

content/uploads/downloads/2018/09/LOTAIP2015\_Resolucion-312-11.pdf

Mondragón, V. (2019). *Portal especializado en Comercio exterior y Gestión de negocios internacionales*. Obtenido de <https://www.diariodelexportador.com/2016/11/tipos-de-carga-general-granel-peligrosa.html>

Peñafiel, L., & Torres, G. (2020). *ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DEL ESTADO ESTRUCTURAL DEL ESTADO ESTRUCTURAL DEL MUELLE DE LA CASA DE PRÁCTICOS DE LA AUTORIDAD PORTUARIA DE GUAYAQUIL*. Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/51411/1/T-76703.pdf>

Rueda, D., López, J., & Nagahama, Y. (2007). *Monitoreo de Calidad del Agua en la Isla San Cristóbal*. Obtenido de [http://www.carlospi.com/galapagospark/documentos/DPNG-JICA\\_calidad\\_agua\\_2007\\_san\\_cristobal.pdf](http://www.carlospi.com/galapagospark/documentos/DPNG-JICA_calidad_agua_2007_san_cristobal.pdf)

Subía, j. (2021). *Aspectos a mejorar en el movimiento de la carga marítima en la isla Santa Cruz isla Galápagos procesos para una manipulación correcta de mercadería en general*.

Vidal, C., & Medina, J. (2014). *Diseño y construcción de diques rompeolas*. Obtenido de <https://iwaponline.com/IA/article/18/1/29/68539/Diseno-y-construccion-de-diques-rompeolasDesign>

Witherington, B. E., & Martín, R. (2003). Entendiendo, evaluando y solucionando los problemas de contaminación de luz en playas de anidamiento de tortugas marina.

Zapata, P. (2016). *GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DEL CANTÓN SAN CRISTÓBAL*. Obtenido de <https://www.gobiernogalapagos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/08/PDOT-San-Cristobal-2012.pdf>



## GLOSARIO

Accesos y áreas de flotación: Todos los espacios de agua en los que puedan desarrollarse operaciones de barcos relacionadas con el tráfico de las Obras Marítimas y Portuarias.

- Aleta: Parte de los costados del buque donde éste se empieza a curvar para formar la popa.
- Amarradero: Sitio donde se amarran los buques.
- Amarrar: Sujetar el buque por medio de anclas, cadenas o amarras. Cuando se utilizan solamente cadenas y anclas la operación se denomina generalmente “fondear”.
- Amenaza: Peligro inminente. Peligro natural o inducido por el hombre anunciado por una predicción.
- Ancla: Pieza de hierro o acero compuesta de una barra o caña, brazos y uñas dispuestas para aferrarse al fondo del mar y que, unida al barco mediante un cabo o una cadena, sirve para sujetar la nave.
- Área de vigilancia: Es el cuerpo o curso de aguas superficiales, continentales o marinas, o parte de él, determinada por la autoridad competente para efectos de proponer, asignar y gestionar la calidad.
- Áreas de buques en permanencia: Áreas destinadas fundamentalmente a la permanencia o estancia de los buques (fondeaderos, amarraderos, dársenas, muelles, atraques, terminales, etc.).
- Áreas de buques en tránsito: Áreas destinadas fundamentalmente al tránsito de los buques (accesos, vías de navegación, canales, entradas a dársenas, áreas de maniobras, etc.).
- Áreas de flotación: Áreas destinadas fundamentalmente a la permanencia de los buques.
- Áreas de giro: Áreas en las que se produce el cambio de rumbo del buque sin avances significativos en ninguna dirección.
- Áreas de maniobra: Áreas en las que se realiza la parada, arrancada o revivo del buque.

- Áreas de navegación: Áreas destinadas fundamentalmente al tránsito de los buques.
- Áreas silvestres: Los ambientes naturales, terrestres o acuáticos, pertenecientes al Estado y que éste protege y maneja para la consecución de los objetivos señalados en cada una de las categorías de manejo.
- Arribar: Aumentar el ángulo que toma el plano de crujía con el viento. Llegar el buque a un puerto.
- Atracar: Maniobra de arrimarse a un muelle y amarrarse a él.
- Babor: Es el nombre del costado o banda del buque que queda a la izquierda mirando hacia proa.
- Balizamiento: Acción y efecto de señalar con balizas algún paraje en aguas navegables.
- Buque de proyecto: Es el buque o conjunto de buques que se utilizarán para el dimensionamiento de los accesos y áreas de flotación; en general se tratará de los buques de mayores exigencias que puedan operar en la zona que se considere, según las condiciones de operación de esta, suponiendo que el barco se encuentre en las condiciones de carga más desfavorables.
- Cadena de ancla: Tramo de cadena afirmado al ancla.
- Calado de un buque: Distancia vertical medida desde el centro bajo de la quilla de un buque hasta la línea de flotación.
- Calado estático de un buque: Calado de un buque en reposo.
- Calidad natural de las aguas marinas: Es el valor de la unidad o concentración de un elemento o compuesto en el cuerpo de agua marino, que corresponde a la estimación de la situación original del agua sin intervención antrópica. Esta calidad será de conocimiento público y será determinada por la Dirección General del Territorio Marítimo y Marina Mercante y/o el Servicio Nacional de Pesca.
- Campo de boyas: Instalaciones en las que los buques permanecen amarrados a boyas u otros elementos fijos o flotantes, diferentes de los muelles y en los que pueden realizarse operaciones típicamente portuarias.

- Cargas peligrosas: Toda solución, sustancia química, mezcla o artículo que puede ocasionar daño a las personas, materiales y/o medio ambiente.
- Carril de navegación: Ver Vía de Circulación.
- Codaste: Pieza que, unida al extremo de la quilla en la parte de popa, sirve de fundamento a todo el armazón de esta parte del buque, configurando la popa.
- Comunidades acuáticas: Conjunto de poblaciones biológicas que tienen en el medio acuático superficial continental o marino, su medio normal o más frecuente de vida y que dependen directa y/o indirectamente de éste.
- Conservación del patrimonio ambiental: El uso y aprovechamiento racional o la reparación, en su caso, de los componentes del medio ambiente, especialmente aquellos propios del país que sean únicos, escasos o representativos, con el objeto de asegurar su permanencia y su capacidad de regeneración.
- Contaminación de las aguas: Introducción en las aguas sometidas a la jurisdicción nacional, por el hombre, directa o indirectamente, de materia, energía o sustancias de cualquier especie, que produzcan o puedan producir efectos nocivos o peligrosos, tales como la destrucción o daños a los recursos vivos, al litoral de la República, a la vida marina, a los recursos hidrobiológicos; peligro para la salud humana; obstaculización de las actividades acuáticas, incluida la pesca y otros usos legítimos de las aguas; deterioro de la calidad de agua para su utilización, y menoscabo de los lugares de esparcimiento y del medio ambiente marino.
- Contaminación: La presencia en el ambiente de sustancias, elementos, energía o combinación de ellos, en concentraciones y permanencia superiores o inferiores, según corresponda, a las establecidas en la legislación vigente.
- Contaminante: Todo elemento, compuesto, sustancia, derivado químico o biológico, energía, radiación, vibración, ruido o una combinación de ellos, cuya presencia en el ambiente, en ciertos

niveles, concentraciones o períodos de tiempo, pueda constituir un riesgo para la salud de las personas, a la calidad de vida de la población, a la preservación de la naturaleza o a la conservación del patrimonio ambiental.

- Descarga: Se entiende cualquier fuga procedente de un buque y comprende todo tipo de escape, evacuación, derrame, fuga, achique, emisión o vaciamiento. Transferencia de carga desde una nave a muelle.
- Desplazamiento: Peso del volumen de agua desalojado por el buque en una determinada flotación.
- Dique seco: Cavidad practicada bajo el nivel del mar dentro de la que se pueden introducir uno o varios buques para, una vez puestos en seco, proceder a realizar cualquier trabajo que no se pueda realizar bajo el agua (reparación, construcción, limpieza, etc.).
- Fenómeno natural: Todo lo que ocurre en la naturaleza, puede ser percibido por los sentidos y ser objeto del conocimiento. Además del fenómeno natural, existe el tecnológico o inducido por la actividad del hombre.
- Fondeadero: Paraje de profundidad y condiciones suficientes para que un barco pueda dar fondo y quedar fijado por mediación de sus anclas.
- Fondear: Maniobra de dejar caer el ancla al fondo para asegurar una embarcación.
- Muelle: Obra o facilidad construida en la orilla del mar o de un río navegable que sirve para facilitar la carga y descarga de los buques y otro tipo de operaciones.
- Nivel cero del puerto: Nivel de referencia que se suele utilizar con carácter local en cada puerto y que habitualmente no coincide con el nivel cero de los planos topográficos de ámbito general ni con el de las cartas náuticas.
- Nivel máximo de las aguas exteriores en condiciones de operación: Nivel máximo esperable de las aguas en condiciones de operación, tomando en consideración las mareas astronómicas y meteorológicas y los regímenes fluviales, en su caso.

- Nivel medio de operación de las aguas libres exteriores: Nivel medio de las aguas tomando en consideración las mareas astronómicas y meteorológicas y los regímenes fluviales, en su caso.
- Norma de emisión: Es la que establece la cantidad máxima permitida para un contaminante medido en el efluente de la fuente emisora.
- Norma primaria de calidad ambiental: Son aquéllas que establecen los estándares o valores de las concentraciones y períodos máximos y mínimos permisibles de elementos, compuestos, sustancias, derivados químicos o biológicos, energías, radiaciones, vibraciones, ruidos, o combinación de ellos, cuya presencia o carencia en el ambiente pueda constituir un riesgo para la vida o salud de la población, definiendo los niveles que originan situaciones de emergencia.
- Norma secundaria de calidad ambiental: Son aquéllas que establecen los valores de las concentraciones y períodos, máximos o mínimos permisibles de sustancias, elementos, energía o combinación de ellos, cuya presencia o carencia en el ambiente pueda constituir un riesgo para la protección o conservación del medio ambiente, o la preservación de la naturaleza.
- Norma técnica ambiental: Instrumento reglamentario que contiene un conjunto de condiciones técnicas que deben cumplirse en diseño, construcción y operación de actividades o procesos las cuales previenen la contaminación. Las normas técnicas deben ser elaboradas o son dictadas por un organismo competente.

## ANEXOS

*GPSS WORLD SIMULATION			
PUESTOS	STORAGE	1	;1 PUESTOS
RADA	STORAGE	2	;2 RADA
	GENERATE	10.75	;Arribo de buques a la rada
	TRANSFER	BOTH,,SALIR	;Se controla el número de buques
	QUEUE	RADA	;Entrada a la rada
	QUEUE	COLA	;Entrada a la cola
	ENTER	PUESTOS	;Se inicia el servicio
	DEPART	COLA	;Salida de la cola
	TABULATE	COLA	;Tiempo en la cola de los buques
	ADVANCE	(EXPONENTIAL(1,0,5.05))	;Descarga del buque
	LEAVE	PUESTOS	
	DEPART	RADA	;Se termina el servicio
SALIR	TERMINATE	1	;Se incrementa el contador
COLA	TABLE	M1,0,1,21	;Estadísticas del tiempo en la cola
	START	100,NP	;Eliminar estado transiente
	RESET		
	START	100	;Mostrar resultados para 100 buques

### ANEXO 1: archivo de entrada para el análisis de la capacidad actual de la carga recibida para San Cristóbal

GPSS World Simulation Report - Untitled Model 2.3.1									
Friday, July 08, 2022 17:11:44									
	START TIME	END TIME	BLOCKS	FACILITIES	STORAGES				
	1075.371	2151.090	11	0	2				
QUEUE	MAX CONT.	ENTRY	ENTRY (0)	AVE.CONT.	AVE.TIME	AVE. (-0)			
RETRY									
RADA	3	0	100	0	0.577	6.205	6.205		
0									
COLA	2	0	100	80	0.102	1.097	5.486		
0									
STORAGE	CAP.	REM.	MIN.	MAX.	ENTRIES	AVL.	AVE.C.	UTIL.	RETRY
DELAY									
PUESTOS	1	1	0	1	100	1	0.475	0.475	0
0									
RADA	2	2	0	0	0	1	0.000	0.000	0
0									
TABLE	MEAN	STD.DEV.	RANGE		RETRY		FREQUENCY		
CUM.%									
COLA	1.097	3.420	-		0		80		
			-		0.000		80		

### ANEXO 2: archivo de salida para el análisis de la capacidad actual de la carga recibida para San Cristóbal

```

*GPSS WORLD SIMULATION
PUESTOS STORAGE 1 ;1 PUESTOS
RADA STORAGE 2 ;2 RADA
GENERATE 6.14 ;Arribo de buques a la rada
TRANSFER BOTH,,SALIR ;Se controla el número de buques
QUEUE RADA ;Entrada a la rada
QUEUE COLA ;Entrada a la cola
ENTER PUESTOS ;Se inicia el servicio
DEPART COLA ;Salida de la cola
TABULATE COLA ;Tiempo en la cola de los buques
ADVANCE (EXPONENTIAL(1,0,5.05)) ;Descarga del buque
LEAVE PUESTOS
DEPART RADA ;Se termina el servicio
SALIR TERMINATE 1 ;Se incrementa el contador
COLA TABLE M1,0,1,21 ;Estadísticas del tiempo en la cola
START 100,NP ;Eliminar estado transiente
RESET
START 100 ;Mostrar resultados para 100 buques

```

### ANEXO 3: archivo de entrada para el análisis de la capacidad futura de la terminal de carga en el Puerto Baquerizo Moreno (año 2040)

```

GPSS World Simulation Report - Untitled Model 1.1.1

Tuesday, July 12, 2022 19:36:18

START TIME          END TIME  BLOCKS  FACILITIES  STORAGES
614.371            1236.917    11         0           2

QUEUE
RETRY
RADA              8    1    101     0    2.268    13.981    13.981
0
COLA              7    1    101     32   1.448     8.924    13.062
0

STORAGE
DELAY
PUESTOS          1    0    0     1    101     1    0.820    0.820    0
0
RADA             2    2    0     0     0     1    0.000    0.000    0
0

TABLE
CUM.%
COLA             8.985    10.321
                 _ -          0.000          0          32
32.00

```

### ANEXO 4: archivo de salida para el análisis de la capacidad futura de la terminal de carga en el Puerto Baquerizo Moreno (año 2040)

```

*GPPS WORLD SIMULATION
PUESTOS STORAGE 1 ;1 Puestos
GENERATE 6.14 ;Arribo de buques a la rada
QUEUE RADA ;Entrada a la rada
QUEUE COLA ;Entrada a la cola
ENTER PUESTOS ;Se inicia el servicio
DEPART COLA ;Salida de la cola
TABULATE COLA ;Tiempo en la cola de los buques
ADVANCE (EXPONENTIAL(1,0,4.42)) ;Descarga del buque
LEAVE PUESTOS ;Se termina el servicio
DEPART RADA ;Salida de la rada
TABULATE RADA ;Tiempo en la rada de los buques
TERMINATE 1 ;Se incrementa el contador
COLA TABLE M1,0,1,21 ;Estadísticas del tiempo en la cola
RADA TABLE M1,0,1,21 ;Estadísticas del tiempo en la rada
START 100,NP ;Eliminar estado transiente
RESET
START 100 ;Mostrar resultados para 100 buques

```

**ANEXO 5: archivo de entrada para el análisis de requerimiento de iluminación durante 15 horas**

GPSS World Simulation Report - Untitled Model 1.183.1

Friday, July 08, 2022 00:09:59

	START TIME	END TIME	BLOCKS	FACILITIES	STORAGES
	614.324	1232.740	11	0	2

QUEUE	MAX	CONT.	ENTRY	ENTRY (0)	AVE.CONT.	AVE.TIME	AVE. (-0)
RETRY							
RADA	5	0	100	0	1.473	9.108	9.108
0							
COLA	4	0	100	45	0.750	4.638	8.432
0							

STORAGE	CAP.	REM.	MIN.	MAX.	ENTRIES	AVL.	AVE.C.	UTIL.	RETRY
DELAY									
PUESTOS	1	1	0	1	100	1	0.723	0.723	0
0									
RADA	2	2	0	0	0	1	0.000	0.000	0
0									

TABLE	MEAN	STD.DEV.	RANGE	RETRY	FREQUENCY
CUM.%					
COLA	4.638	6.476	- -	0.000	45
45.00			0.000 -	1.000	3

**ANEXO 6: archivo de salida para el análisis de requerimiento de iluminación durante 15 horas**



```

*GPSS WORLD SIMULATION
PUESTOS STORAGE 1 ;1 PUESTOS
RADA STORAGE 2 ;2 RADA
GENERATE 4.3 ;Arribo de buques a la rada
TRANSFER BOTH,,SALIR ;Se controla el número de buques
QUEUE RADA ;Entrada a la rada
QUEUE COLA ;Entrada a la cola
ENTER PUESTOS ;Se inicia el servicio
DEPART COLA ;Salida de la cola
TABULATE COLA ;Tiempo en la cola de los buques
ADVANCE (EXPONENTIAL(1,0,3.55)) ;Descarga del buque
LEAVE PUESTOS
DEPART RADA ;Se termina el servicio
SALIR TERMINATE 1 ;Se incrementa el contador
COLA TABLE M1,0,1,21 ;Estadísticas del tiempo en la cola
START 100,NP ;Eliminar estado transiente
RESET
START 100 ;Mostrar resultados para 100 buques

```

### ANEXO 7: archivo de entrada para el incremento de buques para la descarga en galápagos

```

GPSS World Simulation Report - Untitled Model 2.6.1

Friday, July 08, 2022 17:22:56

START TIME          END TIME  BLOCKS  FACILITIES  STORAGES
430.260             866.333    11       0           2

QUEUE              MAX CONT.  ENTRY  ENTRY (0)  AVE.CONT.  AVE.TIME  AVE. (-0)
RETRY
RADA                8    1    101      0    2.299     9.924     9.924
0
COLA                7    1    101     32    1.475     6.369     9.323
0

STORAGE            CAP. REM.  MIN.  MAX.  ENTRIES  AVL.  AVE.C.  UTIL.  RETRY
DELAY
PUESTOS            1    0    0     1     101    1    0.823  0.823  0
0
RADA                2    2    0     0      0     1    0.000  0.000  0
0

TABLE              MEAN     STD.DEV.  RANGE          RETRY FREQUENCY
CUM.%
COLA                6.412    7.319      - -            0.000          32
32.00

```

### ANEXO 8: archivo de salida para el incremento de buques para la descarga en galápagos

```

*GPSS WORLD SIMULATION
PUESTOS STORAGE 1 ;1 PUESTOS
RADA STORAGE 2 ;2 RADA
GENERATE 6.14 ;Arribo de buques a la rada
TRANSFER BOTH,,SALIR ;Se controla el número de buques
QUEUE RADA ;Entrada a la rada
QUEUE COLA ;Entrada a la cola
ENTER PUESTOS ;Se inicia el servicio
DEPART COLA ;Salida de la cola
TABULATE COLA ;Tiempo en la cola de los buques
ADVANCE (EXPONENTIAL(1,0,2.6)) ;Descarga del buque
LEAVE PUESTOS
DEPART RADA ;Se termina el servicio
SALIR TERMINATE 1 ;Se incrementa el contador
COLA TABLE M1,0,1,21 ;Estadísticas del tiempo en la cola
START 100,NP ;Eliminar estado transiente
RESET
START 100 ;Mostrar resultados para 100 buques

```

### ANEXO 9: archivo de entrada para la Instalación de un puerto con una nueva infraestructura portuaria

```

GPSS World Simulation Report - Untitled Model 2.1.1

Tuesday, July 12, 2022 20:02:01

START TIME          END TIME  BLOCKS  FACILITIES  STORAGES
614.191             1228.561    11       0           2

QUEUE
RETRY
RADA                3    0    100    0    0.493    3.029    3.029
0
COLA                2    0    100    87   0.065    0.399    3.069
0

STORAGE
DELAY
PUESTOS            1    1    0    1    100    1    0.428    0.428    0
0
RADA               2    2    0    0     0    1    0.000    0.000    0
0

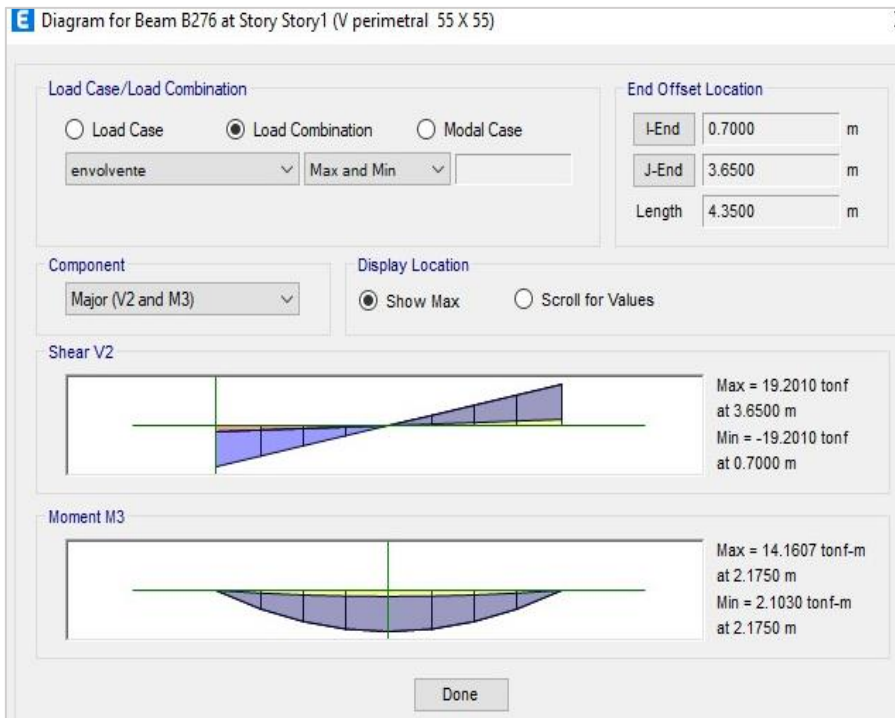
TABLE
CUM.%
COLA               0.399    1.498
87.00

```

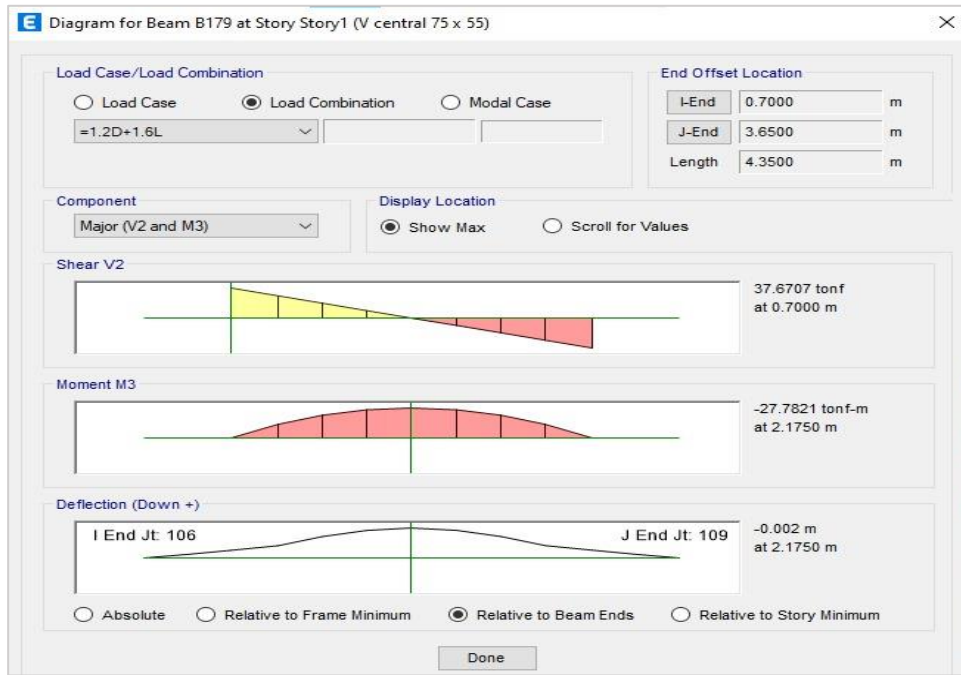
### ANEXO 10: archivo de salida para la Instalación de un puerto con una nueva infraestructura portuaria



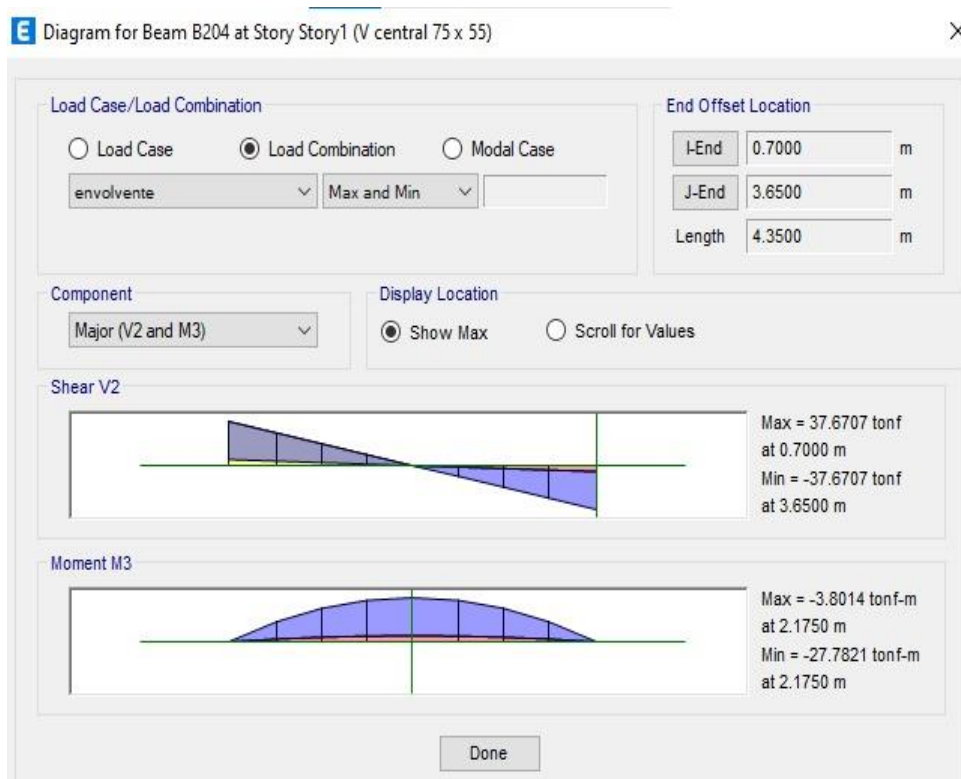
**ANEXO 11: Diagrama de las fuerzas internas para la viga perimetral cargadora con una combinación 1.2D+1.6L en Etabs**



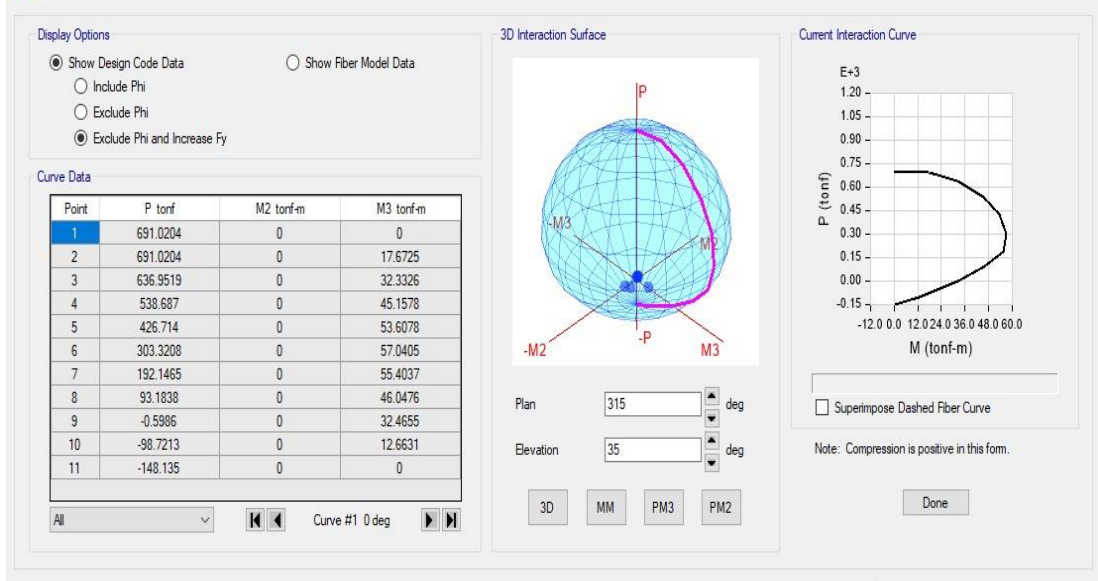
**ANEXO 12: Diagrama de las fuerzas internas para la viga perimetral cargadora con una combinación envolvente en Etabs**



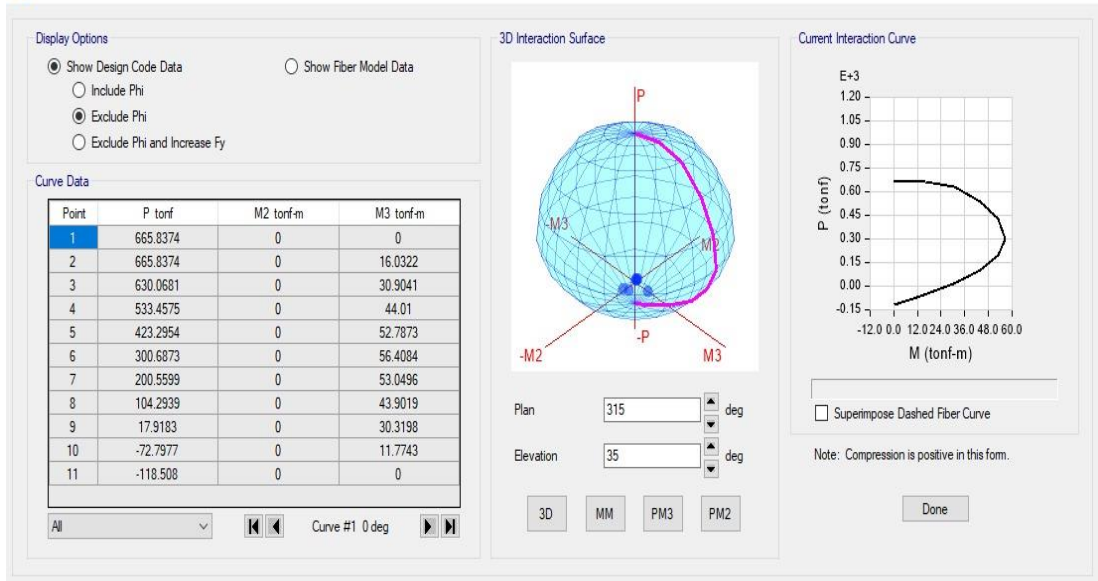
**ANEXO 13: Diagrama de las fuerzas internas para la viga central cargadora con una combinación 1.2D+1.6L en Etabs**



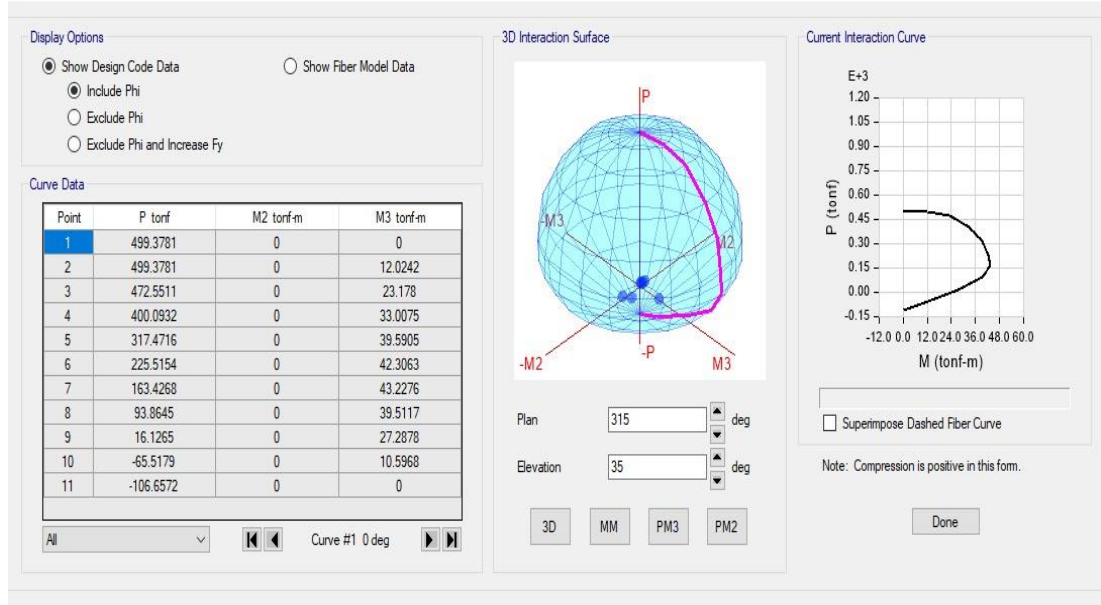
**ANEXO 14: Diagrama de las fuerzas internas para la viga central cargadora con una combinación 1envolvente en Etabs**



**ANEXO 15: Diagrama de interacción del pilote con valores de carga y momento de sobrerresistencia**



**ANEXO 16: Diagrama de interacción del pilote con valores de carga y momento Nominal**

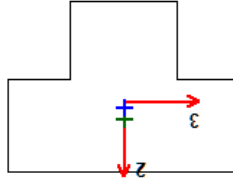


**ANEXO 17: Diagrama de interacción del pilote con valores de carga y momento de**

# APÉNDICE A

## ETABS Concrete Frame Design

### ACI 318-14 Beam Section Design



**Beam Element Details (Summary)**

Level	Element	Unique Name	Section ID	Combo ID	Station Loc	Length (cm)	LLRF	Type
Story1	B203	118	V central 75 x 55	=1.2D+1.6L	217.5	435	0.993	Sway Special

**Section Properties**

b (cm)	h (cm)	b <sub>f</sub> (cm)	d <sub>s</sub> (cm)	d <sub>ct</sub> (cm)	d <sub>cb</sub> (cm)
35	55	75	30	4	4

**Material Properties**

E <sub>c</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )	f' <sub>c</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )	Lt.Wt Factor (Unitless)	f <sub>y</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )	f <sub>ys</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )
253456.37	281.23	1	4218.42	4218.42

**Design Code Parameters**

φ <sub>T</sub>	φ <sub>T</sub> <sup>Tied</sup>	φ <sub>C</sub> <sup>Spiral</sup>	φ <sub>V</sub> <sup>ns</sup>	φ <sub>V</sub> <sup>s</sup>	φ <sub>V</sub> <sup>joint</sup>
0.9	0.65	0.75	0.75	0.6	0.85

**Design Moment and Flexural Reinforcement for Moment, M<sub>u3</sub>**

	Design Moment tonf-m	Design P <sub>u</sub> tonf	-Moment Rebar cm <sup>2</sup>	+Moment Rebar cm <sup>2</sup>	Minimum Rebar cm <sup>2</sup>	Required Rebar cm <sup>2</sup>
Top (+2 Axis)	-27.7821	0	16	0	6	16
Bottom (-2 Axis)	0	0	0	0	0	0

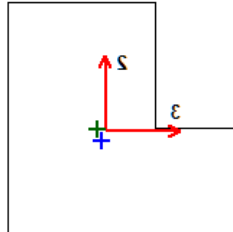
**Shear Force and Reinforcement for Shear, V<sub>u2</sub>**

Shear V <sub>u2</sub> tonf	Shear φV <sub>c</sub> tonf	Shear φV <sub>s</sub> tonf	Shear V <sub>p</sub> tonf	Rebar A <sub>v</sub> /S cm <sup>2</sup> /m
0	11.9058	0	0	0

# APÉNDICE B

## ETABS Concrete Frame Design

### ACI 318-14 Beam Section Design



**Beam Element Details (Summary)**

Level	Element	Unique Name	Section ID	Combo ID	Station Loc	Length (cm)	LLRF	Type
Story1	B276	192	V perimetral 55 X 55	=1.2D+1.6L	217.5	435	1	Sway Special

**Section Properties**

b (cm)	h (cm)	b <sub>f</sub> (cm)	d <sub>s</sub> (cm)	d <sub>ct</sub> (cm)	d <sub>cb</sub> (cm)
35	55	55	25	4	4

**Material Properties**

E <sub>c</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )	f' <sub>c</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )	Lt.Wt Factor (Unitless)	f <sub>y</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )	f <sub>ys</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )
282495.13	350	1	4218.42	4218.42

**Design Code Parameters**

φ <sub>T</sub>	φ <sub>CTied</sub>	φ <sub>CSpiral</sub>	φ <sub>Vns</sub>	φ <sub>Vs</sub>	φ <sub>Vjoint</sub>
0.9	0.65	0.75	0.75	0.6	0.85

**Design Moment and Flexural Reinforcement for Moment, M<sub>u3</sub>**

	Design Moment tonf-m	Design P <sub>u</sub> tonf	-Moment Rebar cm <sup>2</sup>	+Moment Rebar cm <sup>2</sup>	Minimum Rebar cm <sup>2</sup>	Required Rebar cm <sup>2</sup>
Top (+2 Axis)	0	0	0	0	0	0
Bottom (-2 Axis)	14.1607	0	0	7	6	7

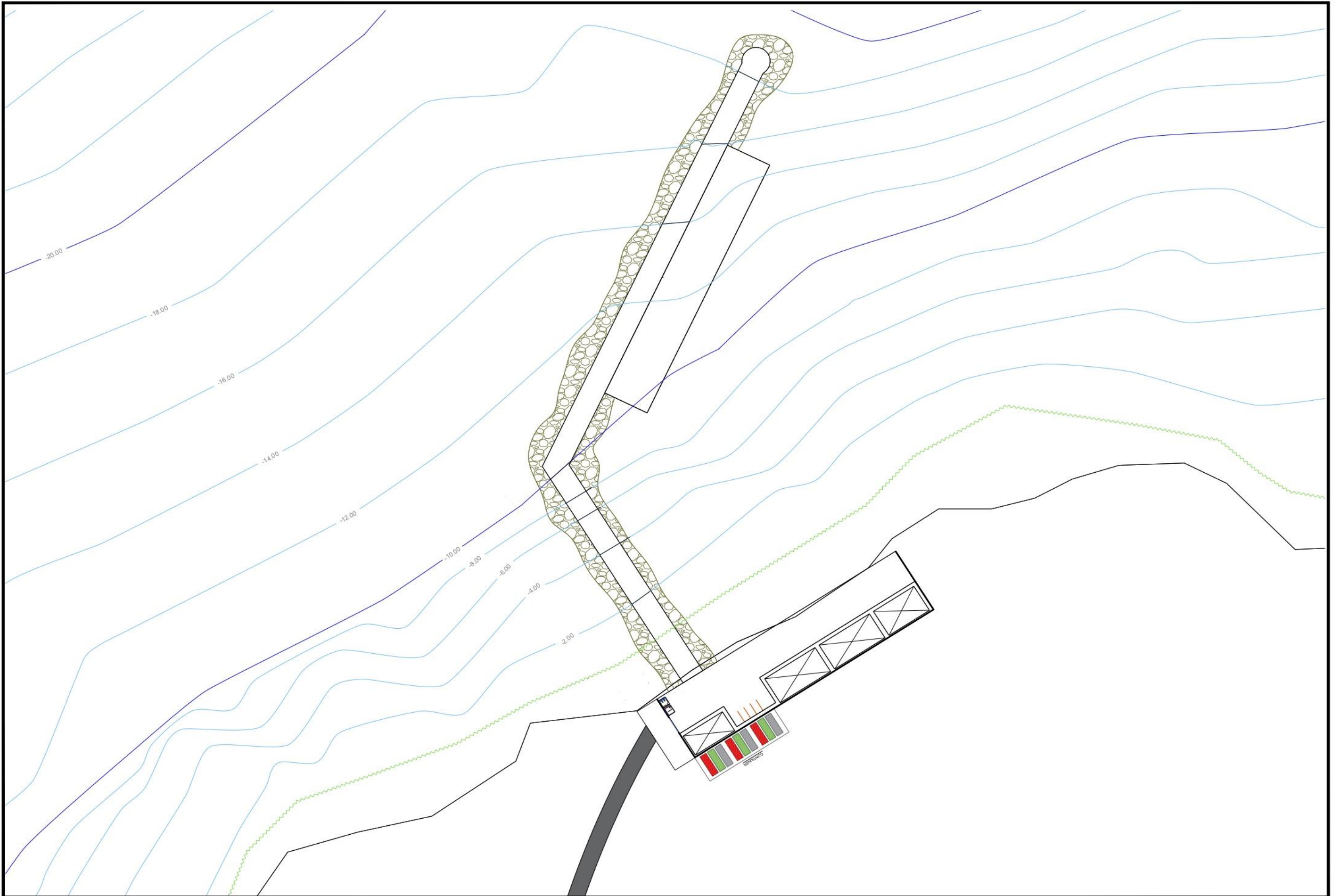
**Shear Force and Reinforcement for Shear, V<sub>uX</sub>**

Shear V <sub>u2</sub> tonf	Shear φV <sub>c</sub> tonf	Shear φV <sub>s</sub> tonf	Shear V <sub>p</sub> tonf	Rebar A <sub>v</sub> /S cm <sup>2</sup> /m
0	13.282	0	0	0



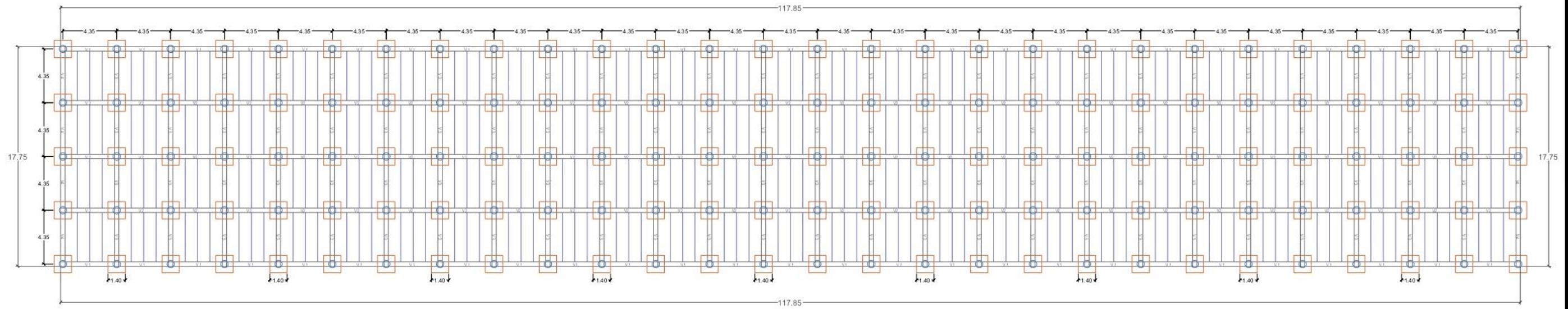


APENDICE D





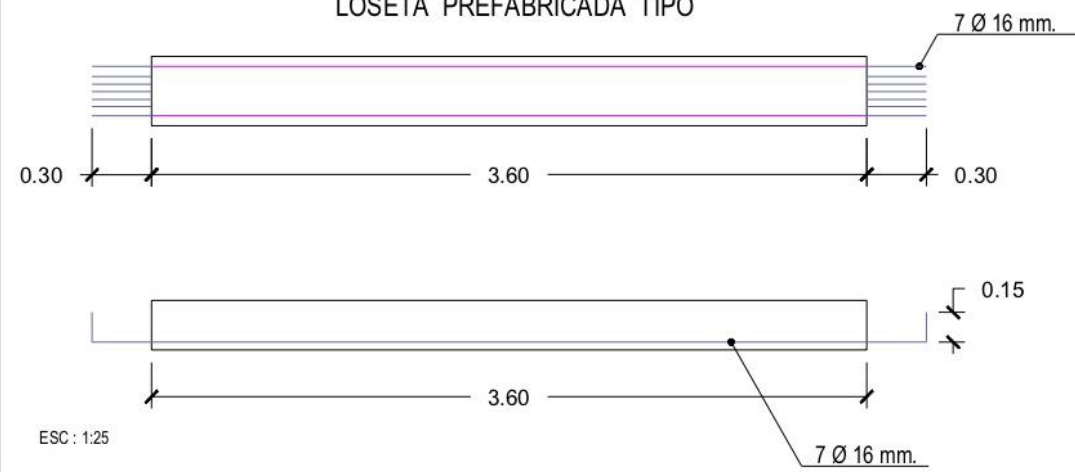
# APENDICE F



VISTA EN PLANTA DE MUELLE

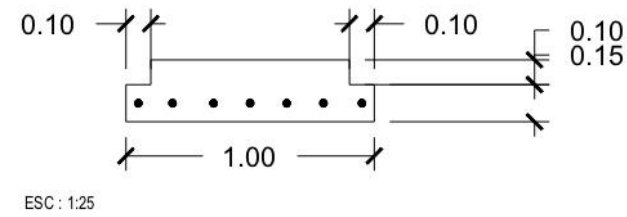
ESC : 1:225

LOSETA PREFABRICADA TIPO



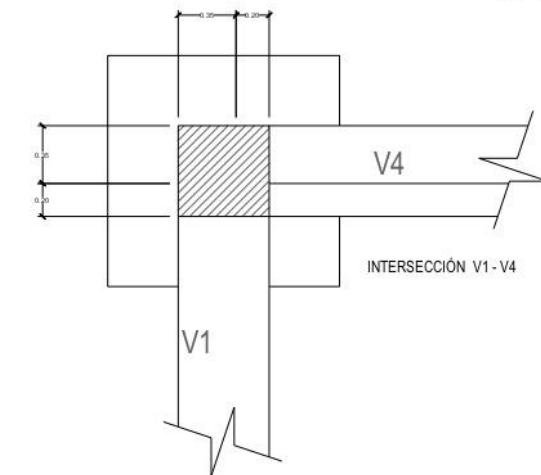
ESC : 1:25

SECCIÓN TRANSVERSAL LOSETA



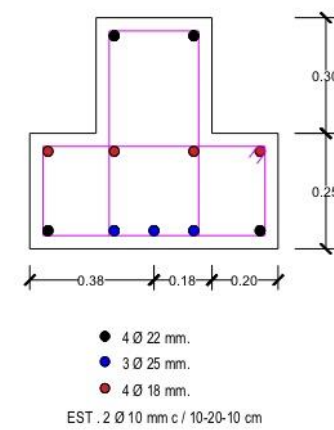
ESC : 1:25

VOLUMEN A FUNDIR EN SITIO



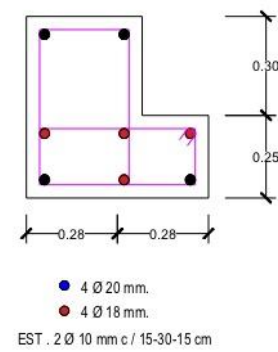
ESC : 1:15

VIGA CARGADORA CENTRAL V2



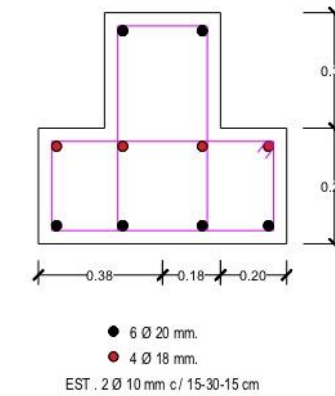
ESC : 1:15

VIGA AMARRE PERIMETRAL V4



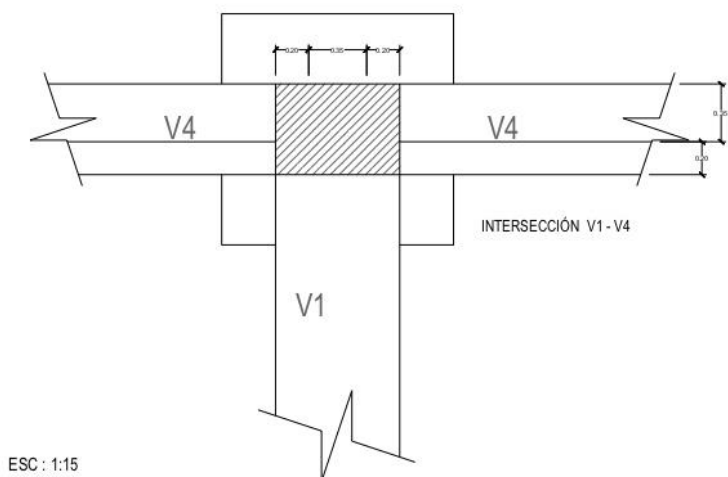
ESC : 1:15

VIGA AMARRE CENTRAL V3



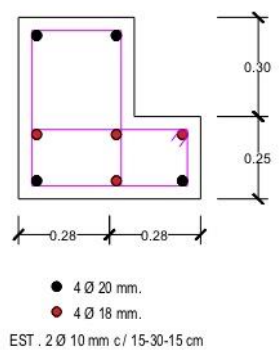
ESC : 1:15

VOLUMEN A FUNDIR EN SITIO



ESC : 1:15

VIGA PERIMETRAL CARGADORA V1



ESC : 1:15





## **DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN**

Yo, **Zhune Cedeño, Jennifer Nicole** con **C.C: 200007729-3** autora del trabajo de titulación: **Diseño de un sistema portuario bioseguro para la entrega, recepción y manejo de carga marítima ubicado cerca de la Bahía Tijeretas en la Isla San Cristóbal, como parte de un sistema integral para Galápagos**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Civil** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

**Guayaquil, 21 de septiembre de 2022**

f. \_\_\_\_\_

**Zhune Cedeño, Jennifer Nicole**

**C.C: 2000077293**



<b>REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA</b>			
<b>FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN</b>			
<b>TEMA Y SUBTEMA:</b>	Diseño de un sistema portuario bioseguro para la entrega, recepción y manejo de carga marítima ubicado cerca de la Bahía Tijeretas en la Isla San Cristóbal, como parte de un sistema integral para Galápagos		
<b>AUTOR</b>	Zhune Cedeño, Jennifer Nicole		
<b>TUTOR</b>	Ing. Villacrés Sánchez, Alex Raúl M.Sc.		
<b>INSTITUCIÓN:</b>	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
<b>FACULTAD:</b>	Facultad de ingeniería		
<b>CARRERA:</b>	Ingeniería civil		
<b>TITULO OBTENIDO:</b>	Ingeniero civil		
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>	21 de septiembre de 2022	<b>No. DE PÁGINAS:</b>	119
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b>	Ingeniería Civil, Portuaria, Estructural		
<b>PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:</b>	Puerto, Muelle Marítimo, Operaciones Portuarias, Rompeola, Carga, Transporte.		
<b>RESUMEN/ABSTRACT</b>			
<p>Este trabajo pretende dar solución sobre las deficiencias del transporte de la carga en Galápagos y de los problemas a futuro, si este sistema continua, con el manejo de la carga marítima para San Cristóbal en el año 2040. Esta solución, permitiría garantizar a los pobladores obtener un servicio eficiente, rápido y seguro de la carga. Para ello, se estimó tres alternativas funcionales, manteniendo siempre la protección del ecosistema del sector, entre estas alternativas están: a) el incremento de operatividad a 15 horas con ayuda de luces artificiales, b) el incremento de 1 buque a la ruta establecida para la isla seleccionada y c) la implementación de un puerto con sus instalaciones portuarias pertinentes. En el desarrollo de este trabajo de titulación, se llega a seleccionar la implementación de un puerto marítimo como la más adecuada y se optó por diseñar un muelle marítimo con su rompeolas para la isla San Cristóbal, teniendo en cuenta la conservación del ecosistema y mejorando su impacto visual.</p>			
<b>ADJUNTO PDF:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
<b>CONTACTO CON AUTOR:</b>	<b>Teléfono:</b> +593-89580838	E-mail: jenniferzhune@outlook.com	
<b>CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE)::</b>	Nombre: Zhune Cedeño Jennifer Nicole		
	<b>Teléfono:</b> +593-984616792		
	E-mail: clara.glas@cu.ucsg.edu.ec		
<b>SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA</b>			
<b>Nº. DE REGISTRO (en base a datos):</b>			
<b>Nº. DE CLASIFICACIÓN:</b>			
<b>DIRECCIÓN URL (tesis en la web):</b>			