



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

## FACULTAD DE INGENIERÍA

### DIVISIÓN DE INGENIERÍAS CIVIL Y GEOMÁTICA

#### “PROPUESTA TÉCNICA Y EVALUACIÓN ECONÓMICA PARA SOLUCIONAR LA PROBLEMÁTICA DEL CAMPO PESQUERO DE PUNTA ABREOJOS, B.C.S.”

TESIS PROFESIONAL  
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL

#### PRESENTAN

- MIGUEL ÁNGEL CHÁVEZ MARTÍNEZ
- JORGE ENRIQUE CURIEL MORENO
- OCTAVIO ESTRADA COLÍN

#### TUTOR

- M.I. OSCAR ENRIQUE MARTÍNEZ JURADO



México D.F. Junio de 2006



# ÍNDICE

	<b>Página</b>
<b>PARTE 1</b>	
<b>Índice</b>	i
<b>Introducción</b>	vii
<b>I. Generalidades</b>	<b>1</b>
I.1. Localización	3
I.2. Orografía y clima	3
I.3. Flora y fauna	4
I.4. Vías de comunicación	5
I.5. Reseña histórica	6
I.6. Situación actual	8
I.7. Flota pesquera	9
I.8. Descripción de las actividades pesqueras	11
I.9. Identificación de la problemática del campo pesquero	12
I.10. Situación pesquera en México	13
I.11. Principales productos de pesca	14
<b>II. Fundamentos teóricos</b>	<b>19</b>
II.1. Clasificación de los puertos	21
II.2. Elementos constitutivos de los puertos	23
II.3. Condiciones físicas normales y extraordinarias	24
II.4. Estudios oceanográficos	27
II.4.1. Oleaje normal	27
II.4.1.1. Sea and Swell	27
II.4.1.2. Ocean Wave Statistics	31
II.4.1.3. Oleaje Significante	32
II.4.2. Oleaje ciclónico	38
II.4.3. Corrientes marinas	40
II.4.4. Estudio de mareas	41
II.4.5. Vientos	43
<b>III. Estudio socio-económico y del medio físico</b>	<b>51</b>
III.1. Régimen de propiedad	53



III.2. Histórico de producción pesquera	56
III.3. Sistema de comercialización	60
III.3.1. Principales puntos de venta	61
III.3.2. Financiamiento de la actividad pesquera	63
III.4. Proyección de la producción pesquera	66
III.5. Apoyo a la actividad pesquera	74
III.6. Infraestructura para la comunidad de Punta Abreojos	81
III.7. Infraestructura portuaria pesquera	83
III.8. Estudio del medio físico	84
III.8.1. Muestreo de sedimentos	85
III.8.2. Estudio de mecánica de suelos	87
III.8.3. Estratigrafía y propiedades del subsuelo	87
III.8.4. Excavación	88
III.8.5. Estudio de materiales para la construcción de escolleras	88
III.8.5.1. Composición geológica de la zona	88
III.8.5.2. Estratigrafía	88
III.8.6. Bancos de piedra	89
<b>IV. Propuesta de infraestructura</b>	<b>95</b>
IV.1. Elementos constitutivos de la propuesta de solución	98
IV.2. Obras de protección	99
IV.2.1. Rompeolas	100
IV.2.2. Espigón	101
IV.3. Obras de navegación y fondeo	102
IV.3.1. Canal de navegación	102
IV.3.2. Dársena de ciaboga	103
IV.3.3. Profundidad de dragado	103
IV.4. Obras de atraque	105
IV.4.1. Posiciones de atraque	106
IV.4.2. Muelle y pasarela	106
IV.5. Rampa de botado	114
<b>V. Propuesta constructiva</b>	<b>117</b>
V.1. Movilización del equipo	119
V.2. Trabajos preliminares e instalaciones	122
V.3. Fabricación de cubos en el lugar	122
V.4. Construcción del rompeolas oeste y el espigón este	125
V.4.1. Levantamiento topográfico	126
V.4.2. Construcción del núcleo	127
V.4.3. Construcción de capa secundaria	129



V.4.4. Construcción de la coraza	130
V.4.5. Dragado	132
V.5. Construcción del muelle y dársenas de maniobras	134
V.6. Construcción de la rampa de botado	136

**VI. Evaluación económica 139**

VI.1. Objetivos	142
VI.2. Identificación de beneficios y costos	142
VI.3. Valoración de beneficios	143
VI.3.1. Beneficios por incremento en la producción	143
VI.3.2. Beneficios por ahorro de recursos operacionales	143
VI.3.3. Beneficios por menor daño a las embarcaciones	145
VI.3.4. Beneficio por mayor valor agregado	146
VI.3.5. Beneficios sociales	146
VI.4. Valoración de costos	146
VI.5. Evaluación del proyecto	152
VI.5.1. Indicadores de rentabilidad	152
VI.5.2. Resultados de la evaluación económica	155
VI.6. Conclusiones de la evaluación económica	155

**VII. Conclusiones 160**

**PARTE 2. ANEXOS Y APÉNDICES**

**APÉNDICES 165**

**Apéndice A. Cálculo de rompeolas y espigón 167**

A.1. Cálculo de rompeolas	169
A.2. Cálculo de espigón	177
A.3. Volúmenes de obra del rompeolas y espigón	180

**Apéndice B. Posiciones de atraque 183**

**Apéndice C. Diseño estructural del muelle 189**

C.1. Datos del proyecto	191
-------------------------	-----



---

C.2. Materiales y secciones propuestas	191
C.3. Análisis de cargas	192
C.3.1. Cargas verticales	193
C.3.2. Cargas horizontales	195
C.4. Análisis sísmico	195
C.4.1. Condiciones de carga	195
C.4.2. Combinaciones de carga	195
C.5. Modelado del muelle con el programa RAM Advanced	196
C.5.1. Introducción a las fuerzas con el programa RAM Advanced	196
C.5.2. Resultados del análisis en el programa RAM Advanced.	201
C.6. Diseño estructural y armado de las secciones	205
C.6.1. Losa	205
C.6.2. Trabe transversal T-1	209
C.6.3. Trabe longitudinal T-2	212
C.6.4. Trabe T-3	214
C.6.5. Pantalla de atraque	217
C.6.6. Armado de las pilas	218
C.7. Revisión de la subestructura por capacidad de carga	220
<b>Apéndice D. Diseño de defensas y bitas</b>	<b>221</b>
D.1. Defensas	223
D.1.1. Energía normal de atraque	223
D.1.2. Energía de atraque (Et)	229
D.2. Bitas	229
<b>Apéndice E. Planos</b>	<b>237</b>
PI-01. Plano Espigón Este	239
PI-02. Plano Rompeolas Oeste	241
PI-03. Plano Muelle y rampa de botado (Estructuración)	243
PI-04. Plano Muelle y rampa de botado (Estructurales)	245
<b>ANEXOS</b>	<b>243</b>
<b>Anexo 1. Maquinaria de construcción</b>	<b>245</b>
1.1. Grúas hidráulicas	247
1.2. Grúas mecánicas	248
1.3. Bulldozer	249
1.4. Cargador frontal	250



---

1.5. Camión de volteo	251
1.6. Montacargas	252
1.7. Dosificadora de concreto	252
1.8. Camión revolvedora	253
<b>Anexo 2. Especificaciones del concreto</b>	<b>257</b>
2.1. Dosificación del concreto	260
2.2. Pruebas para concreto	262
2.2.1. Pruebas de campo	262
2.2.2. Pruebas de laboratorio	263
2.3. Componentes del concreto	264
2.3.1. Cemento CPP-30R	265
2.3.2. Aditivo Polyheed R-1	267
2.3.3. Desmoldante Separol de Sika	268
2.3.4. Curacreto de Fester	269
<b>Anexo 3. Huracanes, oleaje y vientos</b>	<b>271</b>
A.1. Huracanes	273
A.2. Oleaje	280
A.3. Vientos	284
<b>Bibliografía y fuentes de información</b>	<b>293</b>



---

# INTRODUCCIÓN

La Ingeniería es una disciplina que consiste en aplicar los conocimientos científicos y la experiencia en beneficio directo de la humanidad, haciendo uso de investigación, de metodologías, de teorías, pero sobre todo, del ingenio. Tiene diferentes áreas con distinta aplicación, pero su funcionamiento depende de la correcta interacción entre todas ellas y el resto de las ciencias y disciplinas.

El objetivo común de todas las ingenierías es buscar el beneficio de la sociedad al resolver problemas y facilitar el que las poblaciones eleven su calidad de vida, ya que impactarán de manera directa en el quehacer diario y transformarán a dicha sociedad mediante la creación de infraestructura, misma que debe tener contemplado la funcionalidad, la seguridad, el factor económico y la armonía con la naturaleza, todo esto de manera conjunta y simultánea.

Por su parte, la Ingeniería Marítima y Portuaria y la Ingeniería de Costas, son áreas de la Ingeniería Civil, que buscan optimizar la construcción y explotación de infraestructuras portuarias y costeras de forma sustentable.

El propósito del presente trabajo de investigación, siendo una tesis de ingeniería civil, consiste en proponer una solución al problema de carencia de infraestructura en el campo pesquero de Punta Abrejos en Baja California Sur, México.

El estudio abarca todas las fases de un proyecto de infraestructura, como son la planeación, el diseño, la construcción, la conservación y el mantenimiento, buscando un impacto positivo en la sociedad.

La estructura del trabajo está dividida en siete capítulos. El orden de los mismos se hizo con la intención de presentar una secuencia lógica en el auxilio de un mayor entendimiento de los temas.

El capítulo I describe a la Comunidad de Punta Abrejos: sus condiciones geográficas, sus vías de comunicación, su población, su historia, los recursos naturales con que cuenta, sus condiciones geológicas, la forma de trabajar de su gente, las principales especies que se pescan, para posteriormente identificar la problemática que se presenta, debido a una carencia de infraestructura. Concluye con una breve reseña de la situación pesquera en México, para de esta manera tener los elementos suficientes para evaluar la problemática, no solo desde un punto de vista local, sino como parte de nuestro país y poder así dar una propuesta de solución.

El capítulo II define los conceptos y estudios que son necesarios para abordar una problemática como la que se presenta en el lugar. Abarca desde definiciones de los tipos de puertos, sus elementos constitutivos y los estudios oceanográficos, de oleaje, vientos, corrientes marinas y ciclones que tienen que realizarse para que pueda darse una solución segura, confiable y económica.



El capítulo III constituye un estudio socio-económico del lugar. Analiza los ingresos que derivan de la actividad pesquera, tanto actuales, como históricos, las tasas de crecimiento de los volúmenes de pesca, para las diferentes especies, así el crecimiento histórico de la población, para así, inferir el posible crecimiento que se puede tener en el lugar y con ello los ingresos que el proyecto puede traer consigo. El capítulo se complementa con un análisis de las condiciones físicas del lugar, como son: infraestructura existente, aspectos de geotecnia, búsqueda de bancos de materiales, etc., que darán los elementos necesarios para llevar a cabo una propuesta técnica.

El capítulo IV, basándose en los fundamentos teóricos y en el estudio de las condiciones físicas y datos estadísticos, así como en el número y características de las embarcaciones que se tienen en el lugar, propone una solución a la problemática planteada en el capítulo I.

El capítulo V analiza los aspectos constructivos que es necesario realizar para construir el proyecto, tanto de movimiento de equipo, control topográfico, obtención y calidad de los materiales, movimiento de tierras y procesos constructivos, siguiendo un marco lógico que permita economizar tiempos y recursos, humanos y materiales.

El capítulo VI es la evaluación económica del proyecto. Primeramente, basándose en el capítulo I, II y III se analizan los beneficios que el proyecto traería consigo, posteriormente, en base al capítulo I y II se analizan los costos. Tomando en consideración el capítulo V, se hace la elaboración del catálogo de conceptos de obra, se realiza la integración de precios unitarios, la cuantificación de volúmenes a ejecutar, se definen los costos de financiamiento y utilidad, así como los de mantenimiento y finalmente se elabora un presupuesto. Para concluir el capítulo, se comparan los ingresos contra los egresos y se hace una evaluación económica,

El capítulo VII presenta las conclusiones de este trabajo de tesis. Se define si el proyecto es rentable económica y financieramente y se hacen las recomendaciones pertinentes, no solo si se construye el proyecto, sino también en caso de no construirse, que otras alternativas pueden ser consideradas, así como recomendaciones en cuestiones ambientales, sociales y de infraestructura en general.

# **I. GENERALIDADES**

**I.1. Localización.**

**I.2. Orografía y clima.**

**I.3. Flora y fauna.**

**I.4. Vías de comunicación.**

**I.5. Reseña histórica.**

**I.6. Situación actual.**

**I.7. Flota pesquera.**

**I.8. Descripción de las actividades de pesca.**

**I.9. Identificación de la problemática del campo pesquero.**

**I.10. Situación pesquera en México.**

**I.11. Principales especies que se capturan en la zona.**



## **I. GENERALIDADES**

Punta Abreojos es una Comunidad en la que la pesca es su única fuente de ingresos. Actualmente, carece de una infraestructura portuaria que facilite las labores de pesca y permita un mayor rendimiento del trabajo, mejorando así la calidad de vida de los habitantes.

Para entender dicha problemática, es necesario conocer la historia de la Comunidad, su localización, las vías de comunicación y las instalaciones con que cuenta, así como la flora y fauna predominante. Esta información es la que se describe en este capítulo, además de analizar la flota pesquera con que cuenta la Comunidad y dar una descripción de las actividades cotidianas de captura de las especies, lo que permite, finalmente, entender y describir la problemática que se tiene en el lugar.

Se incluye una breve descripción de la situación pesquera en México, pues dicho escenario se ve reflejado en Baja California y, consecuentemente, en Punta Abreojos, permitiéndonos ubicar a éste último como parte del país. Finalmente, se concluye el apartado con una descripción de las principales especies que se capturan en la zona, debido a que esta información es necesaria para analizar las posibilidades de crecimiento del campo pesquero, en función de los volúmenes de pesca permitidos para lograr una explotación de los recursos de manera sustentable. Esto último es importante, ya que permitirá definir las variables de crecimiento económico, que serán necesarias para la evaluación económica del proyecto.

### **I.1. Localización.**

Punta Abreojos es un campo pesquero perteneciente al municipio de Mulegé, el cual a su vez se ubica en el estado de Baja California Sur, colinda al Norte con Baja California Norte, al Sur con los municipios de Loreto y Comondú al Este con el Mar de Cortés y al Oeste con el Océano Pacífico (ver figura I.1).

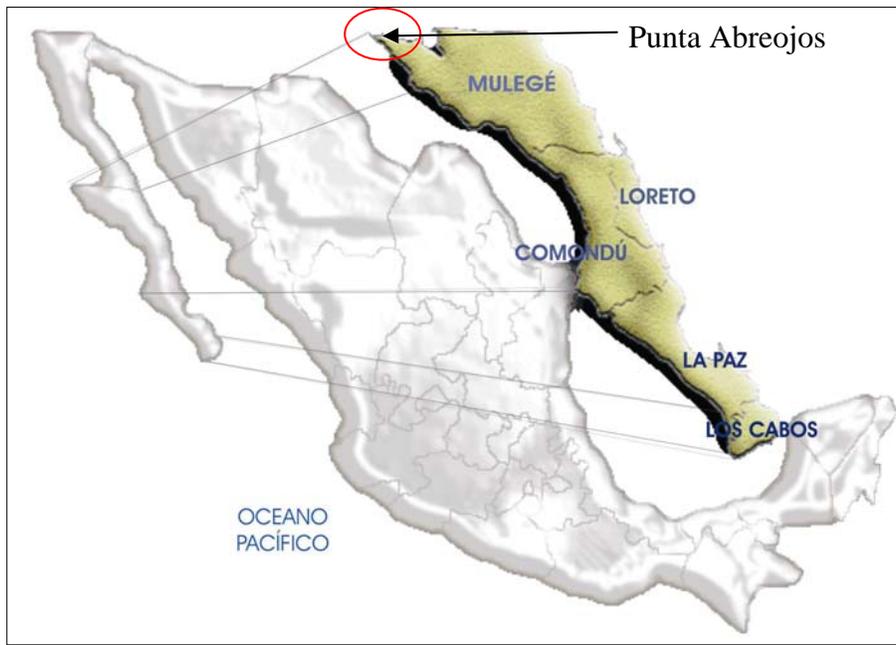
La Comunidad de Punta Abreojos se encuentra geográficamente localizada al Noroeste de la península de Baja California Sur, cerca de los 26° 45' 15" de latitud Norte y los 113° 45' 15" de longitud Oeste. Sus límites son al Norte con el desierto de Vizcaíno, al Sur con el Océano Pacífico, al Este con Bahía Ballenas y al Oeste con el Océano Pacífico.

### **I.2. Orografía y clima.**

El relieve del municipio esta conformado por el área de la Sierra La Giganta que a su vez se subdivide en la Sierra de Guadalupe y la Sierra de San Francisco y que se

une con la de Santa Lucía. Alcanza una altura de 1,738 m sobre el nivel del mar; el punto más elevado lo constituye el volcán de las Tres Vírgenes, con una altura de 1,951 m, además se localizan las Sierras Pintada y Santa Clara.

**Figura I.1 Ubicación de la Comunidad de Punta Abrejos.**



Fuente: página del Gobierno del Estado de Baja California Sur.

El municipio de Mulegé cuenta con diversos tipos de climas, dentro de los cuales destacan el seco o desértico y el semicálido o invierno fresco, con una temperatura media anual que fluctúa entre los 18 °C y los 22 °C.

De acuerdo a su régimen de lluvias, en el lugar se tiene un promedio anual de 174 mm al año, presentándose las precipitaciones pluviales mayores en los meses de julio a octubre, mientras que las mínimas se registran durante los meses de diciembre a febrero.

### **I.3. Flora y fauna.**

En cuanto a flora, la zona presenta muy poca vegetación, predominando los cactus de diversas especies y zonas de manglar, el cual tiene diferentes variedades (ver figura I.2). Se encuentran también algunas especies diseminadas como chamizos y frutillas, e internándose hacia el norte se pueden ver diversos tipos de cactus, pitayas, datilillos, choyas, palo de adán mezquite, uña de gato y lomboyos (ver figura I.3). La flora marina consta de una gran variedad de algas.

De fauna terrestre se pueden encontrar coyotes, ratas, ratones comunes, liebres y conejos. Existen además, aunque muy escasos, el mapache, la zorra y el zorrillo. Internándose hacia la zona central de la península y hacia las escasas zonas altas, se encuentran venados y berrendos. Se pueden encontrar aves de rapiña como el gavilán y el zopilote; también habitan aves de alto atractivo para la cacería como la codorniz llamada localmente “chacoaca” y la paloma silvestre.

**Figura I.2 Mangle.**



**Figura I.3 Cactus aterciopelado.**



Fuente: imágenes proporcionadas por la empresa MB Desarrollos Integrales.

Son también abundantes los escorpiones al Norte (cuyo piquete no es mortal), la temible viuda negra, la tarántula y la lagartija (ver figura I.4). En cuanto a la fauna costera, se encuentran otras variedades de gaviotas y pelícanos (ver figura I.5), quienes mantienen las playas limpias y libres de desperdicios. También existen sarapicos, patos buzos y el “San Juan Pescador”. En el lugar, dadas las características de sus aguas tranquilas, emigran en algunas épocas del año grandes parvadas de patos silvestres y gansos canadienses, que son un gran atractivo para turistas conocedores del lugar; algunos ejemplares de garzas y la presencia imponente del gavilán pescador o aguillilla.

La fauna marina es aquella que se encuentra dentro del Golfo de California Centro y Pacífico Norte. Existen diferentes especies de escamas, tónicos, crustáceos y de moluscos que son fuente de riqueza y de generación de empleos; también abunda el calamar y el tiburón, éstos dos últimos por su importancia comercial son explotados en el área. Se encuentra también el abulón, la langosta y el caracol entre otras especies.

#### **I.4. Vías de comunicación.**

La principal vía de comunicación de la zona en estudio es la carretera que enlaza Punta Abreojos con la carretera transpeninsular, la cual conecta prácticamente con gran parte de las poblaciones principales de la península de Baja California (ver figura I.6).

No hay conexión con la red del ferrocarril y tampoco se tienen puertos para permitir el atraque de embarcaciones mayores.

**Figura I.4 Lagartija.**



**Figura I.5 Gaviota.**



Fuente: imágenes proporcionadas por la empresa MB Desarrollos Integrales.

Existe además una gran cantidad de caminos de terracería y brechas por las cuales es posible acceder a distintos sitios de la región. Estos se construyeron con el principal propósito de vigilar las zonas de pesca y evitar la pesca ilegal que es abundante en la región.

### **I.5. Reseña histórica.**

Punta Abrejos se constituyó como un campo pesquero debido a que año con año, durante la temporada de pesca, llegaba gente de poblados relativamente cercanos, como San Ignacio, a establecerse temporalmente en el lugar, donde construían casas inhóspitas y carentes de todo servicio. Para llegar requerían hacer un largo viaje de 3 ó 4 días por el desierto y acampar en varias rancherías. Los caminos eran difíciles y tenían que ayudarse con bestias de carga para transportar sus embarcaciones y pertenencias. Con el transcurso del tiempo fueron mejorando sus casas y decidieron quedarse a vivir en el lugar; el volumen de pesca había aumentado y requerían más tiempo de trabajo, pero también les permitió mejorar sus ingresos y consecuentemente subió su nivel de vida. Le pusieron al lugar el nombre de Punta Abrejos y formaron una Cooperativa, llamada con el mismo nombre, con el fin de obtener una concesión de pesca.

La Cooperativa tomó su régimen social en 1960 y a partir de ese año ha ido creciendo en tamaño e importancia económica.

Al iniciar actividades no se contaba con los suficientes medios para la producción como pangas, motores y materiales de pesca, pues sólo había dos viejos camiones de transporte y una camioneta tipo pick-up para realizar todos los movimientos. Las

pangas nuevas, los motores, combustibles y demás materiales de pesca fueron transportados hasta aquí por barco. Debido a que no tenían condiciones de atraque, tenían que desembarcar las cosas dentro del agua y transportarlas al lugar por medio de lanchas (ver figura I.7).

**Figura I.6 Accesos carreteros a Punta Abrejos.**



Fuente: mapa de carreteras de Baja California Sur de la SCT.

**Figura I.7 Primeras embarcaciones en Punta Abrejos.**



Fuente: 50 Aniversario Punta Abrejos, Libro Conmemorativo, 1998.

Inicialmente los servicios eran muy escasos: el agua que consumían no era potable, pues se extraía de un lugar denominado rancho “El Carrizo”, que está a 33 km de distancia, donde no se tenían los medios para su purificación, consecuentemente sufrían serios trastornos estomacales; no tenían energía eléctrica, no tenían escuelas y las vías de comunicación eran limitadas. Con el paso del tiempo y para evitar la salida



de la gente, se construyó una escuela primaria y una preparatoria, se obtuvieron prestaciones sociales a favor de todos los socios y familiares de la Cooperativa, pues se contrató al Instituto Mexicano del Seguro Social, quien construyó instalaciones de salud y servicios médicos de urgencias.

En los inicios de la Comunidad, los pescadores utilizaban pequeñas pangas para las labores de pesca, pero con el tiempo estas fueron sustituidas por lanchas de motor fuera de borda. En aquél tiempo la actividad más redituable era la captura de la langosta, aunque por algún tiempo se explotó la almeja pismo y el tiburón. Durante muchos años de explotación de la langosta, el producto era transportado en barcos hasta San Diego en Estados Unidos y de regreso dichos barcos traían agua potable, combustibles y materiales de pesca. En esos años se dio la presencia de personal de Petróleos Mexicanos, quienes construyeron la mayoría de los caminos de acceso a los lugares de la región; algunos de ellos fueron posteriormente corregidos, sin embargo muchos otros se perdieron por la ausencia de tránsito.

En la época de la Segunda Guerra Mundial, algunas especies marinas como el hígado de tiburón, la almeja pismo y otras tuvieron una extraordinaria demanda y por ende muy buenos precios, lo que provocó el aumento de la migración de pobladores de San Ignacio.

Además se aprovechaba el hígado del tiburón, la aleta y el secado de carne del merlo, curvina y otras especies de escama igualmente importantes que se vendían en los mercados de los Estados Unidos, aprovechando que entonces estas especies eran abundantes en la región.

Cuando la demanda de estas especies disminuyó, debido al fin de la Segunda Guerra Mundial, la mayoría de los pescadores se alejaron y otros se dedicaron a la pesca de la langosta y el abulón. El servicio de cabotaje lo prestaba la empacadora Baja California, por ser la compradora de la producción de abulón.

Al iniciarse la década de los setenta, la Cooperativa Punta Abreojos amplía sus actividades a la industrialización de sus principales productos, instalándose una planta empacadora de abulón, para ampliarse después al proceso de otras especies en enlatados, frescos y congelados, así como al cocimiento y congelación de la langosta, para no seguir enviándola viva hasta Ensenada y así, al manejar toda la producción en Punta Abreojos, la Cooperativa dejó de sufrir pérdidas considerables por mermas elevadas y por los costosos fletes aéreos.

## **I.6. Situación actual.**

Actualmente Punta Abreojos se considera como un poblado pesquero de gran importancia para la economía regional. En el lugar se captura principalmente el abulón, la langosta y varias especies de escama, y en menores volúmenes, el merlo.



La Comunidad ya cuenta con educación primaria, secundaria y preparatoria, un jardín de niños, un centro cultural y el edificio de la presidencia municipal, servicios de agua potable, energía eléctrica, correos, telégrafos y una carretera que los une a la carretera transpeninsular y permite la comunicación con el resto del país. También tienen servicios de salud, recolección de basura, servicios de radiocomunicación, telefonía directa y celular y están organizados todos por medio de la Cooperativa. Cuentan también con una planta procesadora. La mayoría de las obras fueron financiadas de forma tripartita por el gobierno estatal, el gobierno municipal y la Comunidad Pesquera.

Consumen agua potable que se obtiene de una desaladora; esta sigue siendo insalubre y por ello están en espera de la construcción de un acueducto que les permita traer el agua de los acuíferos que se localizan al centro de la península.

Cerca de la zona no existen otras comunidades más que la Comunidad de la Bocana que esta a 18 km de Punta Abreojos, quienes también cuentan con una Cooperativa.

La producción pesquera se rige por las circunstancias que presentan los mercados nacionales y extranjeros y obtienen pesca tanto de la costa como de alta mar en menor escala.

### **I.7. Flota pesquera.**

Las embarcaciones dedicadas a las labores de pesca en Punta Abreojos han tenido pocas variaciones, desde sus inicios utilizaron pangas. Actualmente utilizan embarcaciones ribereñas, que en características son muy similares, la diferencia principal es que las actuales son más grandes y tienen mayores capacidades de carga, aunado a que se han equipado con motores fuera de borda, utilizando los remos solamente en los lugares de poca profundidad (ver figura I.8).

La flota pesquera se ha mantenido constante, con un total de 67 embarcaciones para pesca y 2 para labores de vigilancia. Todas se conservan en buen estado, pues en cuanto una de ellas sufre algún daño o avería por mínima que sea, las reparan inmediatamente. Los trabajos de reparación corren a cargo de la Cooperativa, debido a que estas pertenecen a la misma, es decir, no hay ningún dueño de ninguna embarcación que no sea la Cooperativa.

Todas las embarcaciones se encuentran debidamente registradas ante capitanía de puerto, que en este caso es la de Ensenada, con los requerimientos necesarios que se les exigen. No existen embarcaciones sin registro y tampoco hay pescadores libres. Todas las embarcaciones son totalmente ribereñas, no encontrándose ninguna de mediana altura y mucho menos embarcaciones de altura. Las medidas, las cuales no varían mucho, son las que se presentan en la tabla I.1.

**Figura I.8 Embarcaciones actuales de Punta Abreojos.**



Fuente: imágenes proporcionadas por la empresa MB Desarrollos Integrales.

**Tabla I.1 Embarcación tipo en Punta Abreojos.**

EMBARCACIÓN	MATERIAL	ESLORA (m)	MANGA (m)	PUNTAL (m)	ARQ. BRUTO (m)	ARQ. NETO (m)
Lancha	Fibra de vidrio	6.91	2.04	0.94	1.39	0.92

Fuente: información proporcionada por la empresa MB Desarrollos Integrales.

Las embarcaciones tienen un peso aproximado de 305 a 495 kg y una capacidad máxima de carga de 1 tonelada aproximadamente, y ya en el agua son movidas por un motor fuera de borda con potencia variable entre los 40 hp y los 115 hp.

La Sociedad Cooperativa adquirió en el año de 1980 embarcaciones mayores para aprovechar otras especies diferentes al abulón y langosta, para así extender sus actividades a la pesca de alta mar; dicha flota no se encuentra registrada dentro de la Cooperativa Punta Abreojos debido a que su lugar de residencia es la ciudad de Ensenada, Baja California.

Además de que por las condiciones físicas de la zona de Punta Abreojos no se permite el atraque de embarcaciones de mediana altura o mayores puesto que no hay condiciones que permitan el calado de dichos barcos, es por ello que se optó por registrarlas en Ensenada, además de que operativamente es más eficiente tenerlas cerca de la pesquería para una comercialización más corta.

Todas las embarcaciones son propiedad de la Cooperativa, quien se encarga de cualquier reparación. También es la misma Cooperativa quien suministra a los pescadores todo lo necesario para sus labores.

## I.8. Descripción de las actividades de pesca.

Las labores de pesca inician a las 6:00 AM. El equipo lo integran un buzo y dos ayudantes para una embarcación (ver figura I.9). El buzo utiliza un traje de neopreno para protegerse de las bajas temperaturas del agua, mientras que los ayudantes utilizan pantalón de mezclilla, guantes, botas y gorra.

**Figura I.9 Equipo de pesca a bordo de su embarcación.**



Fuente: imagen proporcionada por la empresa MB Desarrollos Integrales.

Al inicio del día las embarcaciones son transportadas hasta la playa por un remolque jalado por una camioneta. Al llegar la camioneta entra de reversa dentro de la playa hasta donde le es posible y la embarcación al entrar en el agua flota y es empujada por los pescadores, mientras que la camioneta retira el remolque. Posteriormente, tienen que remar para alcanzar la profundidad adecuada y poder encender el motor. En estas condiciones la fuerza del oleaje es muy severa y les requiere grandes esfuerzos para desplazar su embarcación. Ya una vez encendido el motor, deben tener gran precaución con la rompiente del oleaje, que alcanza alturas de consideración y ha provocado inclusive que alguna embarcación se voltee.

Cuando se dirigen a los lugares de pesca, los mayores problemas que enfrentan son nuevamente el fuerte oleaje y condiciones adversas de viento.

Al regresar a la playa tienen el oleaje a favor, por lo que aprovechan su impulso para llegar lo más cerca posible a la orilla. La embarcación con carga requiere una mayor profundidad de calado y ello condiciona la distancia a la cual pueden acercarse a la playa (ver figura I.10). Cuando la embarcación golpea con el fondo del mar, los pescadores bajan y aprovechando el oleaje la empujan hasta donde les es posible.

**Figura I.10 Maniobras para acercar la embarcación a la playa.**



Fuente: imagen proporcionada por la empresa MB Desarrollos Integrales.

Posteriormente, una camioneta los remolca un poco más a la orilla y ahí acomodan el pescado en taras y esperan que venga otra camioneta y lo retire a la planta procesadora. Mientras tanto los pescadores limpian su embarcación y esperan que una camioneta con grúa se acerque a ellos, la grúa levanta la lancha para que los pescadores coloquen debajo el remolque. Posteriormente, la unidad es transportada hasta una zona de varado de embarcaciones. La grúa tarda entre 20 minutos y hasta 1 hora en atender a una embarcación y debido a que solo se tiene una grúa, a veces el tiempo de espera se prolonga demasiado.

La jornada de pesca dura alrededor de 8 horas, desde la preparación de la embarcación hasta el varado de la misma a su regreso. Aunque hay días en que la jornada se puede alargar o se puede acortar; en el caso del abulón, los pescadores diariamente cumplen con una cuota, la cual se fija dependiendo de las condiciones de la temporada, por lo que la tardanza en retornar a la playa depende de en cuanto tiempo cumple con su cuota máxima o si decide capturar menor cantidad de lo máximo permitido. El retorno de los pescadores de sus labores puede variar desde las 10:00 hasta las 15:00. Ni los domingos ni por las noches hay actividad pesquera, por las noches no es posible, pues las condiciones climáticas y de visibilidad no lo permiten.

### **I.9. Identificación de la problemática del campo pesquero.**

Los pescadores sufren la carencia de infraestructura portuaria que les facilite las labores de botado de embarcaciones y descarga de productos de pesca y les brinden una zona de calma contra el oleaje y resguardo de sus unidades (ver figura I.11). Esto último provoca una disminución en la productividad, pues tienen que luchar contra el oleaje y las condiciones adversas de las playas que, además, ponen en peligro su integridad física. Al no tener facilidades para el botado de las embarcaciones, estas

maniobras las realizan ayudados con una grúa montada sobre una camioneta tipo pick-up y remolques (ver figura I.12). El deterioro de las naves es constante, pues continuamente rozan con el fondo de la playa y se van desgastando, además que, al no contar con un refugio pesquero, tienen que sacar las lanchas del agua y transportarlas a un lugar seguro ante la posible presencia de fuertes oleajes.

**Figura I.11 Playa de Punta Abreojos, donde se aprecia la carencia de infraestructura portuaria.**



**Figura I.12 Maniobras de botado de una embarcación, donde se aprecia la carencia de infraestructura portuaria.**



Fuente: imágenes proporcionadas por la empresa MB Desarrollos Integrales.

## **I.10. Situación pesquera en México.**

La actividad pesquera en México tiene amplias necesidades de crecimiento económico. Salvo contados casos como el abulón, la langosta y el camarón, la generalidad de los recursos pesqueros no gozan de un procesamiento que permita darles valor agregado y llevarlos a mercados de alto precio. El posible valor agregado a los productos pesqueros de las especies tradicionales podría disminuir el esfuerzo pesquero en las mismas y, por lo tanto, mitigar los impactos negativos en la biodiversidad marina.

La costa occidental de la península de Baja California cuenta con el último reducto a nivel nacional de biomasa (cantidad de materia viva), disponible para ser objeto de nuevas pesquerías. Existen del orden de 500,000 toneladas anuales que pudieran ser extraídas en forma sustentable, con una visión de largo plazo y con una estrategia de incorporar valor agregado a los posibles productos que se capturen.

El potencial desarrollo de estas nuevas pesquerías como lo son la langostilla, cangrejo de profundidad, pelágicos menores, merluza, algas, etc., permitiría disminuir drásticamente el esfuerzo pesquero actualmente dirigido a las pesquerías tradicionales de langosta y abulón.



La costa occidental de Baja California, esta bañada por la corriente de California, de origen templado-frío, que le confiere sus características. La mayor parte de los recursos vivos que se encuentran en ella son de origen templado y se caracterizan por ser más abundantes pero menos diversos, a diferencia de los mares tropicales. Esta característica, en parte, impone una estrategia de explotación tipo industrial, orientada a capturar y procesar grandes volúmenes de recursos pesqueros.

En términos generales, dicha región puede dividirse en dos zonas: una al Norte de Punta Eugenia, muy similar en condiciones oceanográficas a las áreas mas al Norte, con características eminentemente templadas, y otra al Sur, con características marcadas de zona de transición templado – tropical. Esta zona Sur presenta, especialmente en años calidos, intrusiones importantes de especies tropicales.

La mayor parte de la captura nacional se basa en unos pocos recursos masivos: los pelágicos menores como las sardinias, macarelas, etc. y mayores como el atún, el calamar y camarón. Salvo la del camarón, se reconoce que las pesquerías masivas tienen todavía potencial de crecimiento.

Otros recursos potenciales localizados en la costa occidental son: cangrejos de profundidad, pelágicos menores, calamar, microalgas, etc., cuyos volúmenes potenciales de captura en conjunto podrían estimarse en cientos de miles de toneladas.

### **I.11. Principales productos de pesca.**

Es variada la cantidad de especies que se pueden capturar en la zona; sin embargo, no todas tienen el mismo valor comercial y algunas requieren realizar pesca de alta mar, con equipos más sofisticados. La principal especie que se captura, por su alto valor comercial, es el abulón, siguiéndole la langosta y algunas especies de escamas. Dichas especies son las que se describen en los párrafos posteriores.

Es importante resaltar que si bien las especies ya mencionadas son una importante fuente de ingresos para la localidad, se tienen posibilidades de crecimiento buscando la explotación de nuevas especies, siempre y cuando esto se realice de manera sustentable. Esto podría aumentar los ingresos económicos y justificar económica y financieramente el proyecto; sin embargo, no está dentro de los alcances del presente trabajo realizar una búsqueda exhaustiva de las posibilidades de crecimiento de la pesca en la localidad, debido a que para ello se requieren datos de vedas, estudios biológicos que permitan saber las tasas de crecimiento de las especies, volúmenes posibles de captura sin agotar los recursos pesqueros, artes de pesca necesarios, equipo e infraestructura pesquera, un estudio para el desarrollo de criaderos, capacidad de las vías de comunicación, la realización de un estudio de mercado para asegurar la venta del producto y uno de impacto ambiental para analizar las posibles áreas de afectación tanto en tierra como en agua.



### **Abulón.**

El abulón es uno de los recursos pesqueros de más alto valor comercial (ver figura I.13). Los precios se han incrementado velozmente, al combinarse una demanda siempre presente con una escasez de productos cada vez más crítica.

El descenso de las capturas ha ocurrido no solo por explotación excesiva de los bancos, sino por la captura masiva de individuos pre-reproductores.

Se han puesto grandes esperanzas en el cultivo para recuperar los niveles de explotación de abulón; sin embargo, el lento crecimiento y la considerable mortalidad de los juveniles hacen difícil el éxito a corto plazo, e indudablemente deberá complementarse con un manejo muy eficiente de la pesquería natural.

### **Langosta.**

En la costa occidental, el recurso langostero parece estar en un grado máximo de explotación o cayendo en un problema de sobrepesca. Se capturan anualmente menos de 2,000 toneladas y la pesquería no parece tener grandes perspectivas de crecimiento a corto plazo (ver figura I.14).

### **Sardina.**

Por lo que se refiere a la pesquería de sardina (ver figura I.15), es la de mayor volumen en Baja California Sur, considerando las descargas que se hacen en Bahía Magdalena y Matancitas, además de lo que se descarga en Santa Rosalía.

La pesquería de sardina en toda la costa disminuyó considerablemente en años anteriores, al grado de desaparecer como explotación al Norte de Isla Cedros. Afortunadamente para Baja California Sur, los indicadores muestran que hay una tendencia al aumento de la abundancia de sardina.

### **Anchoveta.**

La pesquería de anchoveta es una de las de más reciente desarrollo en México (ver figura I.16). La explotación se ha centrado en Ensenada y, aparentemente, se extiende al Sur hacia San Quintín. En México se presentan dos poblaciones de anchoveta: la central, que se distribuye al Norte de Isla Cedros, y la sureña, que va de Punta Eugenia a Bahía Magdalena, principalmente.

**Figura I.13 Abulón.**



Fuente: imagen proporcionada por la empresa MB Desarrollos Integrales.

**Figura I.14 Langosta.**



Fuente: imagen proporcionada por la empresa MB Desarrollos Integrales.

**Figura I.15 Sardina.**



Fuente: imagen proporcionada por la empresa MB Desarrollos Integrales.

**Figura I.16 Anchoveta.**



Fuente: Instituto Nacional de Pesca.

### **Algas.**

El recurso algal más importante de la península es, sin duda, el llamado “sargazo gigante” (*Macrocystis pyrifera*). Se distribuye desde la frontera hasta el Norte de Bahía Magdalena. Este recurso tiene gran importancia, ya que de él pueden obtenerse productos de gran clase en la industria alimenticia, farmacéutica y de cosméticos.

### **Peces Costeros.**

Un número considerable de especies de escama, que incluyen lisas, tiburones, merlos, cabrilla, pargos, sierra, chopas, mojarras, etc., son capturados esencialmente por pescadores ribereños a lo largo de la península. Los volúmenes descargados no son muy altos y no parece que pueda elevarse sustancialmente. Muchos de los incrementos actuales se deben más a la inclusión bajo el mismo nombre en las estadísticas pesqueras de especies que antes no se capturaban por considerarse de menor calidad.

### **Langostilla.**

La langostilla constituye una expectativa importante de la pesca, debido fundamentalmente a su gran abundancia en algunas áreas. Bahía Magdalena, en la costa occidental, parece ser el centro de distribución más importante.

## **II. FUNDAMENTOS TEÓRICOS**

- II.1. Clasificación de los puertos.**
- II.2. Elementos constitutivos de los puertos.**
- II.3. Condiciones físicas normales y extraordinarias.**
- II.4. Estudios oceanográficos.**
  - II.4.1. Oleaje normal.**
    - II.4.1.1. Sea and Swell.**
    - II.4.1.2. Ocean Wave Statistics.**
    - II.4.1.3. Oleaje significativo.**
  - II.4.2. Oleaje ciclónico.**
  - II.4.3. Corrientes marinas.**
  - II.4.4. Estudio de mareas.**
  - II.4.5. Vientos.**



## II. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Con el fin de dar una propuesta de diseño, en este capítulo se analizan los fundamentos teóricos necesarios, como son: oleaje, corrientes marinas y vientos, así como una breve descripción de los elementos constitutivos de los puertos.

### II.1. Clasificación de los puertos.

Considerando la Ley de Puertos y la terminología actual en el mundo, los puertos y terminales marítimas se acostumbran clasificar de las siguientes formas:

Navegación	Altura:	cuando atienden embarcaciones, personas y bienes, en navegación entre puertos y/o puntos nacionales e internacionales.
	Cabotaje:	cuando solo atienden embarcaciones, personas y bienes, en navegación entre puertos o puntos nacionales.
Instalaciones y servicios	Comerciales:	cuando se dediquen, preponderantemente, al manejo de mercancías o de pasajeros de tráfico marítimo. Dentro de éstos, se podrán recibir embarcaciones de cabotaje y de altura, así como operar el tráfico comercial internacional. También por sus características físicas, los dedicados al movimiento petrolero y granelero (se incluyen minerales y granos).
	Industriales:	cuando se dediquen, preponderantemente, al manejo de bienes relacionados con industrias establecidas en la zona del puerto o terminal.
	Pesqueros:	cuando se dediquen, preponderantemente, al manejo de embarcaciones y productos específicos de la captura y de proceso de la industria pesquera.
	Turísticos:	cuando se dediquen, preponderantemente, a la actividad de cruceros turísticos y marinas.
	Militares:	destinados a la Secretaría de Marina para uso de la Armada de México.



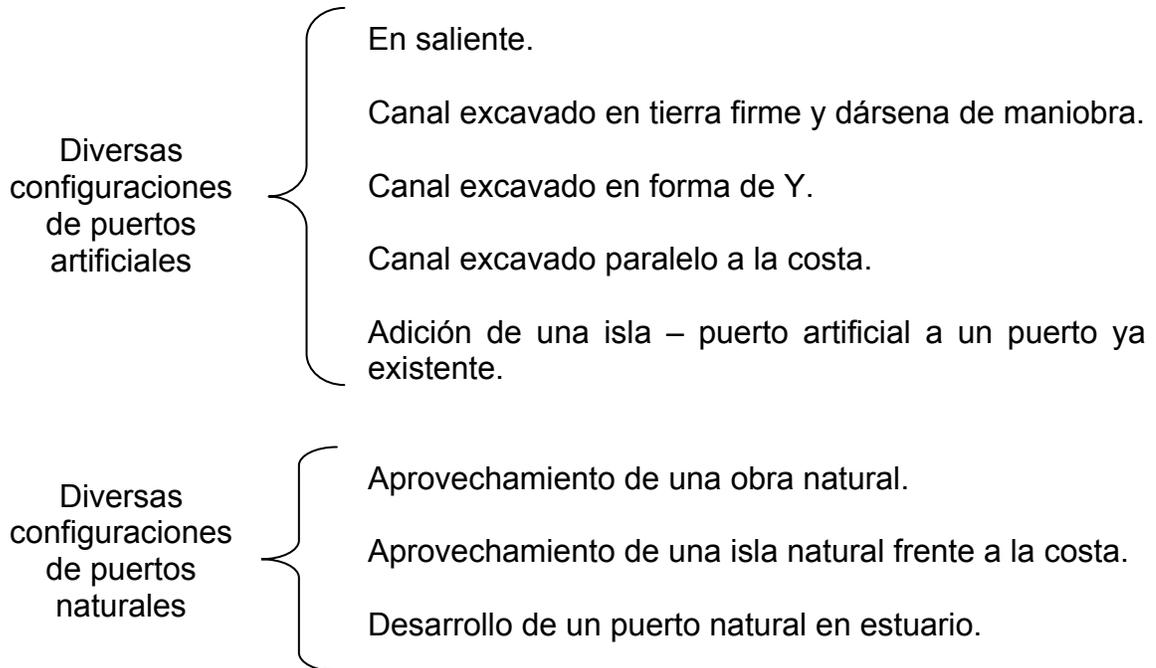
Uso	Públicos: cuando existe obligación de ponerlas a disposición de cualquier solicitante.
	Particulares: cuando el titular las destine para sus propios fines y a los de terceros mediante contrato.

Ahora bien, existe una clasificación que la UNCTAD (Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo) da a las terminales portuarias, en base a criterios de política, estrategia y actitud del país en materia de desarrollo portuario, de integración de las actividades de organización del puerto y, finalmente, del alcance y amplitud de la información que manejan. A continuación se mencionan éstas:

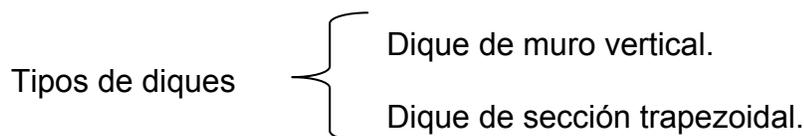
Puertos según la UNCTAD	1ª generación: puertos tradicionales que sirven sólo como punto de transferencia de las mercancías de tierra al barco y viceversa.
	2ª generación: puertos en torno a los cuales se desarrolla un área industrial que recibe la materia prima a través de aquel, o que producen las mercancías que habrán de ser exportadas.
	3ª generación: puertos que descansan sobre el mercadeo y el intercambio electrónico de datos, y cuya misión es convertirse en un centro logístico de distribución de cargas o una plataforma de exportación/importación; dejan de ser entes pasivos dentro del flujo de mercancías para convertirse en puertos que trazan estrategias y planifican un desarrollo integral de su área de influencia.
	4ª generación: puertos que no sólo cumplen las funciones de una estación de transferencia y/o de un polo de desarrollo industrial o comercial, sino que se constituyen en un núcleo gestor de negocios, integrados a una cadena logística, con diversas perspectivas de desarrollo e integración con la comunidad portuaria de las ciudades puertos.

El objeto del desarrollo portuario es, en todos los casos, proporcionar una superficie de agua resguardada con acceso a extensiones de terreno apreciables. A continuación se presentan, en forma simplificada, las principales clases de puertos que

pueden tomarse en consideración antes de quedarse con una lista reducida de posibles ubicaciones.



Cuando la protección natural es insuficiente, hace falta construir diques para formar un puerto artificial. Los diques desvían, reflejan o absorben la energía del oleaje y de las tempestades, que de otro modo entrarían en la zona portuaria, creando así una zona de aguas relativamente tranquilas. Los diques pueden tener la forma de una isla situada frente a la costa o de un brazo que se proyecta desde la costa. Enseguida se enuncian dos tipos de diques.

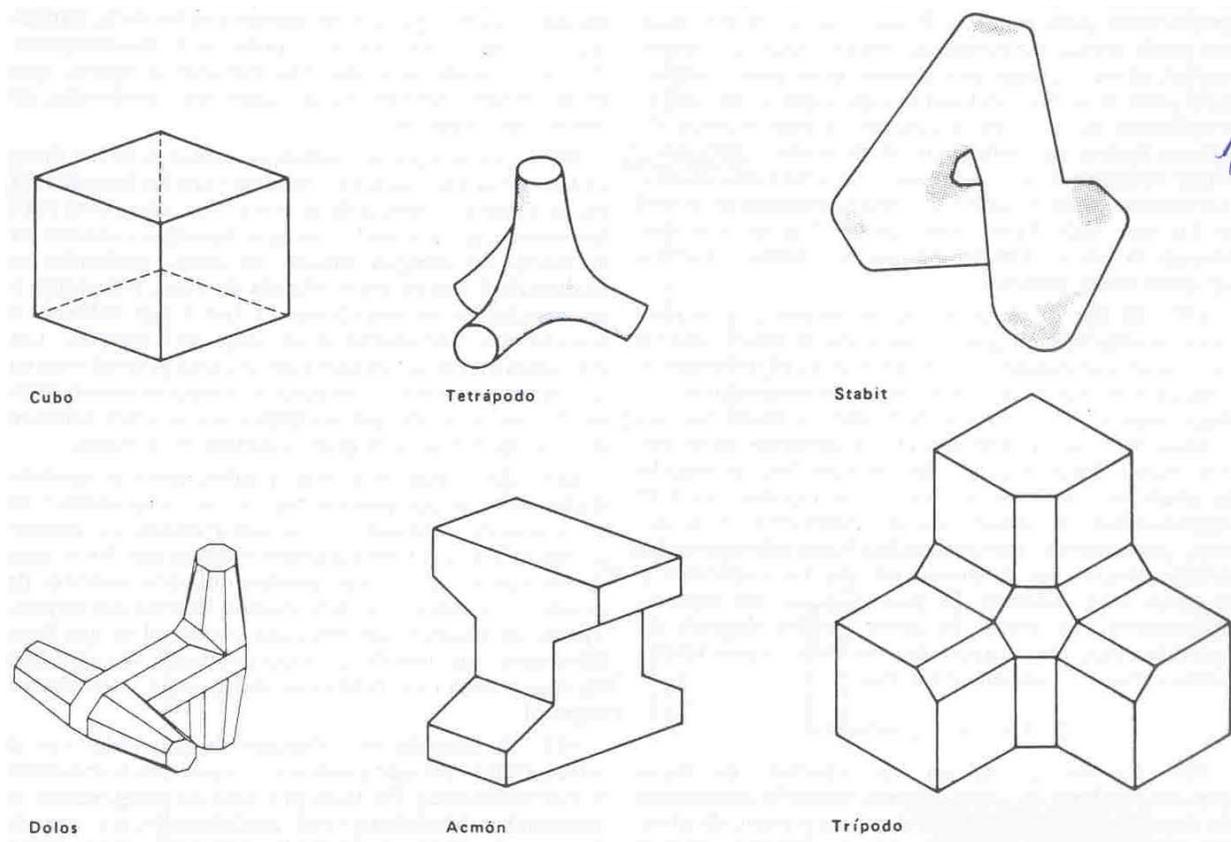


En los casos en que resulte antieconómico utilizar piedras del tamaño adecuado, se emplean elementos artificiales de concreto. En la figura II.1 se mencionan distintos elementos artificiales para mantos de defensa.

## II.2. Elementos constitutivos de los puertos.

Desde el punto de vista de los puertos, se consideran obras exteriores aquellas que se ubican en la zona de agua, como son rompeolas, escolleras, espigones de protección, protecciones marginales y dragados exteriores.

**Figura II.1 Elementos artificiales.**



Fuente: Manual de Desarrollo Portuario, UNCTAD.

Las obras interiores son las que se llevan a cabo en la zona terrestre de los puertos, como son el dragado interior de canales y dársenas, obras de atraque, áreas de maniobra, áreas y edificaciones de almacenamiento, accesos y controles de la zona portuaria, así como los edificios administrativos o instalaciones para servicios de reparación y mantenimiento, y aquellas otras que sean necesarias para el funcionamiento del puerto.

Una clasificación objetiva de las obras o elementos constitutivos de un puerto, de acuerdo a la zona donde se localizan, se observan en las tablas II.1 y II.2.

### **II.3. Condiciones físicas normales y extraordinarias.**

Para cualquier proyecto de Ingeniería, las condicionantes físicas de la zona de emplazamiento son básicas para la planeación y definición del mismo.



En el caso de las obras marítimas, las condiciones de viento, oleaje, mareas, corrientes, sismicidad, etc., son de vital importancia para su dimensionamiento.

**Tabla II.1 Clasificación objetiva de las obras (áreas de agua).**

<b>Elementos constitutivos de un puerto (áreas de agua)</b>	
Accesos al puerto	Obras exteriores Bocana Canal de navegación Fondeadero y antepuerto
Áreas de maniobra	Dársenas de ciaboga Canales secundarios Dársenas de maniobras
Áreas de servicio	Dársenas de servicio Otras

Fuente: Manual de Dimensionamiento Portuario.

Las condicionantes físicas normales se refieren a las cotidianas, sin la presencia de fenómenos extraordinarios.

- a) Meteorológicas. Dentro de las variables meteorológicas, se consideran las características de vientos y climas.
- b) Oceanográficas. Las variables oceanográficas consideradas son: oleaje, corrientes y mareas.
  - 1) Oleaje. Se presenta un régimen anual de oleaje, el cual es obtenido por análisis y procesamiento de la información estadística editada por el Sea and Swell o por el Ocean Wave Statistics; el régimen de oleaje es en aguas profundas, por lo que es importante darle una correcta interpretación, según sea la orientación de la costa. La información se presenta en forma gráfica con frecuencias y rangos de oleaje para cada dirección de procedencia.
  - 2) Corrientes. Las corrientes son del tipo superficial en ambos casos y la dirección indica hacia donde se dirigen. También se representan en forma gráfica por frecuencias e intensidad.
  - 3) Mareas. Se presenta la información de mareas de tipo astronómico, indicando los planos de referencia de una estación “característica” o “tipo” por zona. Para la definición de altura se debe tomar como cero de referencia el N.B.M.I. (Nivel de Bajamar Media Inferior) para el Océano Pacífico y el N.B.M. (Nivel de Bajamar Media) para el Golfo de México.

Las condiciones físicas extraordinarias corresponden a la presencia de fenómenos especiales como es el caso de los ciclones, nortes, sismos, etc.



**Tabla II.2 Clasificación objetiva de las obras (áreas terrestres).**

<b>Elementos constitutivos de un puerto (áreas terrestres)</b>	
Muelles y atracaderos	Diversos tipos Boyas de atraque, suministro y recalada
Zona de transferencia	Carga y descarga Maniobras Vialidades de circulación
Almacenamiento	Patios Cobertizos Bodegas Silos y tanques
Instalaciones complementarias	Talleres y muelles de reparación a flote y mantenimiento Diques flotantes Diques secos Varaderos
Servicios portuarios generales y especiales	Edificios administrativos y terminales Abastecimiento de agua, combustible y avituallamiento Médicos y sanitarios Sistema eléctrico Sistema de alumbrado Sistema hidráulico Servicio de agua Sistema contra incendio y plantas de tratamiento Control de la contaminación Habitaciones Laborales y comerciales Autoridades y pilotaje Control y vigilancia Bardas perimetrales y cercas
Equipo	Mecanización en muelles, bodegas, silos, etc. Bodegas de maquinaria y equipo Maquinaria y equipo de operación
Ayudas a la navegación	Faros Balizas Boyas Racones Radar Señales eléctricas Sistemas electrónicos de comunicación Sistemas de posicionamiento por satélite
Accesos terrestres	Vialidades interiores y calzadas Vías férreas, espuelas y patios de vías Estacionamientos Controles (de acceso, aduanales, etc)

Fuente: Manual de Dimensionamiento Portuario.



Las perturbaciones meteorológicas aparecen en nuestras costas durante todo el año ya que los ciclones inciden en el periodo de mayo a noviembre, acompañados de lluvias abundantes y de carácter torrencial sobre las vertientes, que entran directamente en contacto con el ciclón hasta un radio de 300 km, mientras que los nortes inciden en el periodo de octubre a abril.

- a) Meteorológicas. Las conforman los vientos máximos.
- b) Oceanográficas. Corresponden a los oleajes generados por huracanes, de los que se toma como referencia un huracán crítico en el Golfo – Caribe o en el Pacífico, representando la trayectoria y los valores de vientos máximos, altura de ola significativa y periodo significativa, para una posición determinada.

Las alturas de ola mostradas no deben de ser consideradas para diseño, puesto que aún están en la zona de generación y aún deberán avanzar una distancia de decaimiento y afectarse por los fenómenos de refracción y difracción correspondiente a la zona.

## **II.4. Estudios oceanográficos.**

Para el estudio de las condiciones oceanográficas y meteorológicas existentes en la zona (ver figura II.2), se consultaron dos fuentes de información: Sea and Swell Charts y Ocean Wave Statistics. Al determinar las características de altura y periodo de oleaje, se recopiló información de la oficina hidrográfica de los Estados Unidos, que representan observaciones por dirección de oleaje con rangos de altura y periodos. Las condiciones del oleaje en la zona de estudio son de vital importancia, primordialmente porque su efecto debe ser contrarrestado con obras de protección, que ayudarán a generar las calmas dentro del refugio pesquero, con el fin de proporcionar una buena operación del mismo.

### **II.4.1. Oleaje normal.**

Los efectos del oleaje serán necesarios estudiarlos desde dos puntos de vista: normal y accidental. Por ello, se determinan los factores principales como la dirección de propagación, altura y periodo de la ola, horas de acción, etc. Estos datos serán necesarios para determinar la altura de ola de diseño, y para poder evaluar el transporte de litoral, que es un factor determinante en la ubicación de la entrada al refugio pesquero.

#### **II.4.1.1. Sea and Swell.**

Para la obtención de alturas de oleaje normal y tiempos de incidencia del mismo a lo largo del año, fue necesario procesar los datos estadísticos que se refiere a las

publicaciones denominadas “Atlas of Sea and Swell Charts”, tanto del “Northeastern Pacific Ocean” como del “North Atlantic Ocean”, ambas editadas por la U.S. Navy Oceanographic Office, Washington, D.C.”, mismas que fueron procesadas por el Departamento de Estudios y Laboratorios, Dirección General de Obras Marítimas, Secretaría de Comunicaciones y Transportes; ahora bien, el oleaje se agrupa en dos tipos, los cuales se definen a continuación:

**Figura II.2 Zona de estudio.**



Fuente: Carta Topográfica San Isidro, clave G12-4, INEGI, 2004.

- Oleaje local (SEA): olas generadas por vientos locales, mismas que son generalmente de periodos cortos, superficie irregular rápidamente cambiante que se desplaza en la misma dirección del viento generado.
- Oleaje distante (SWELL): olas que han avanzado mas allá de la influencia de los vientos generadores, son más largos en periodo, diferenciando los tiempos de actuación de oleaje, producidos por vientos de origen local, así como los



producidos por diversos vientos distantes; asimismo, los datos y cálculos se separaron según las direcciones en que actúan dichos oleajes.

Los datos mensuales se agruparon en rangos estacionales: Invierno (diciembre, enero y febrero), Primavera (marzo, abril y mayo), Verano (junio, julio y agosto) y Otoño (septiembre, octubre y noviembre).

El procedimiento mensual de los datos considerando los porcentajes de acción en los diferentes rangos de amplitud, permitió obtener las tablas II.3 y II.4 (frecuencia de incidencia estacional), que muestra el porcentaje de frecuencia de ocurrencia del oleaje al año, ya sea local o distante. Con los datos anteriores se procedió a hacer una determinación de las condiciones generales de oleaje existente en la zona, con la diferenciación entre el oleaje local (SEA) y el oleaje distante (SWELL), integrado estacionalmente, llegando a la presentación final del tiempo de acción del oleaje anual para las direcciones predominantes, en función del número de observaciones de la serie de datos, las cuales se indican en la tablas II.5, II.6, II.7 y II.8.

**Tabla II.3 Frecuencia del oleaje estacional, local (SEA).**

LOCAL (Porcentaje de olas)						
	Rangos (m)	Bajo (0.30-0.90)	Medio (0.90-2.40)	Alto (2.40-3.60)		$\Sigma =$
D i r e c i ó n	Norte	10.65%	5.89%	0.35%		16.89%
	Noreste	2.23%	0.21%	0.03%		2.48%
	Este	---	---	---		---
	Sureste	---	---	---		---
	Sur	---	---	---		---
	Suroeste	---	---	---		---
	Oeste	4.43%	---	---		4.43%
	Noroeste	37.48%	37.09%	1.64%		76.20%
	$\Sigma =$	54.78%	43.19%	2.02%	100.00%	100.00%

Fuente: Sea and Swell Charts.

**Tabla II.4 Frecuencia del oleaje estacional, distante (SWELL).**

DISTANTE (Porcentaje de olas)						
	Rangos (m)	Bajo (0.30-0.90)	Medio (0.90-2.40)	Alto (2.40-3.60)		$\Sigma =$
D i r e c i ó n	Norte	5.48%	---	---		5.48%
	Noreste	---	---	---		---
	Este	---	---	---		---
	Sureste	---	---	---		---
	Sur	---	---	---		---
	Suroeste	---	---	---		---
	Oeste	15.65%	0.66%	0.20%		16.50%
	Noroeste	47.44%	25.00%	5.58%		78.02%
	$\Sigma =$	68.56%	25.66%	5.78%	100.00%	100.00%

Fuente: Sea and Swell Charts.

**Tabla II.5 Oleaje local, dirección Oeste.**

<b>Oleaje LOCAL Dirección OESTE</b>	
Altura de ola (m)	No. Observaciones
Bajo (0.30-0.90)	648
Medio (0.90-2.40)	---
Alto (2.40-3.60)	---
Total	648

Fuente: Sea and Swell Charts.

**Tabla II.6 Oleaje distante, dirección Oeste.**

<b>Oleaje DISTANTE Dirección OESTE</b>	
Altura de ola (m)	No. Observaciones
Bajo (0.30-0.90)	1808
Medio (0.90-2.40)	76
Alto (2.40-3.60)	23
Total	1907

Fuente: Sea and Swell Charts.

**Tabla II.7 Oleaje local, dirección Noroeste.**

<b>Oleaje LOCAL Dirección NOROESTE</b>	
Altura de ola (m)	No. Observaciones
Bajo (0.30-0.90)	5487
Medio (0.90-2.40)	5430
Alto (2.40-3.60)	240
Total	11157

Fuente: Sea and Swell Charts.

**Tabla II.8 Oleaje distante, dirección Noroeste.**

<b>Oleaje DISTANTE Dirección NOROESTE</b>	
Altura de ola (m)	No. Observaciones
Bajo (0.30-0.90)	5482
Medio (0.90-2.40)	2889
Alto (2.40-3.60)	645
Total	9016

Fuente: Sea and Swell Charts.

El análisis de las diferentes direcciones con que se presenta el oleaje, indicó que la dirección proveniente del sector Suroeste es la que tendría influencia en la zona de estudio. Sin embargo, dada la estadística de los datos presentados en las cartas del

Sea and Swell, no se cuenta con observaciones del mencionado sector de oleaje; por lo tanto, se calcularán las características significantes de oleajes en la zona de Punta Abreojos, B.C.S.

### II.4.1.2. Ocean Wave Statistics.

Esta fuente de información fue editada por el Laboratorio Nacional de Física, Ministerio de Tecnología de la Gran Bretaña y contiene observaciones visuales del estado del mar, incluyendo altura y periodo del oleaje en forma estacional y anual, agrupados en doce rangos de dirección a cada 20°.

De acuerdo a la captación de datos que se realizaron, la información se presenta agrupada en diferentes zonas. Para el caso que nos ocupa, el área 14 es la más cercana al sitio de proyecto, abarcando observaciones de sitios en el Océano Pacífico y Mar de Cortés (ver figura II.3).

**Figura II.3 Área 14 (Ocean Wave Statistics).**



Fuente: Ocean Wave Statistics.

En total, el área 14 dispone de 3,042 registros, los cuales se muestran con los datos de interés para el estudio en el anexo del Ocean Wave Statistics, clasificados por rangos de altura y periodo observados estacionalmente (marzo-mayo, junio-agosto, septiembre-noviembre y diciembre-febrero) y el integrado anual.



Del procesamiento de oleaje normal, se obtuvieron los porcentajes de acción anual de cada una de las direcciones especificadas en el Ocean Wave Statistics y los cuales se muestran en la tabla II.9.

**Tabla II.9 Porcentaje de acción de oleaje anual para todas las direcciones.**

Dirección	Porcentaje de acción del oleaje anual (%)
Norte	2.66
Noreste	1.68
Este	0.59
Sureste	2.70
Sur	1.12
Suroeste	5.92
Oeste	33.30
Noroeste	48.19
Calmas	3.85

Fuente: Ocean Wave Statistics.

Con la información presentada y de acuerdo a la orientación de la línea de costa se concluye que las direcciones que serán analizadas para este proyecto son la Sureste, Sur y la Este.

Analizado lo anterior, se presentan de las tablas II.10 a la II.17 el número de observaciones de la fuente del Ocean Wave Statistics, una vez realizado el arreglo por dirección y frecuencia de altura de olas, relacionando a su vez el periodo de oleaje; en esta información se cuentan con sectores de oleaje a cada 20°, lo cual relaciona el oleaje alrededor de los cuatro cuadrantes cardenales.

#### **II.4.1.3. Oleaje significativo.**

Una vez obtenidas las características principales del oleaje para las dos fuentes de información consultadas, se procedió a calcular uno representativo para la zona de estudio, el cual es conocido como “oleaje significativo”; este corresponde a la altura de la ola media, obtenido del tercio de olas más altas del esquema estadístico de oleajes, y que representan la energía final del oleaje representativa del abanico de oleajes de todas las magnitudes y periodos que se presentan a lo largo del año.

De acuerdo con lo anterior, hubo de considerarse el cálculo de las alturas de olas significantes, según la dirección de actuación y separando los casos para oleaje local y distante.



**Tabla II.10 Número de observaciones en un periodo de nueve años para el rango 110° - 130°.**

110° - 120° - 130°

ESTADÍSTICAS DE OLEAJE												
Rango (m)	Periodo de ola (s)											TOTAL
	Calmas	< 5	6 - 7	8 - 9	10 - 11	12 - 13	14 - 15	16 - 17	18 - 19	20 - 21	> 21	
0 - 0.25		5										5
0.25 - 0.5		5		1	2						1	9
0.5 - 1		2	2	3			1					8
1 - 1.5		2	1	1								4
1.5 - 2			3									3
2 - 2.5			3			1						4
2.5 - 3				1								1
3 - 3.5				1								1
3.5 - 4					1							1
4 - 4.5				1								1
4.5 - 5												0
5 - 5.5												0
5.5 - 6												0
6 - 6.5												0
6.5 - 7												0
7 - 7.5												0
<b>TOTAL</b>	<b>0</b>	<b>14</b>	<b>9</b>	<b>8</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>37</b>

Fuente: Ocean Wave Statistics.

**Tabla II.11 Número de observaciones en un periodo de nueve años para el rango 140° - 160°.**

140° - 150° - 160°

ESTADÍSTICAS DE OLEAJE												
Rango (m)	Periodo de ola (s)											TOTAL
	Calmas	< 5	6 - 7	8 - 9	10 - 11	12 - 13	14 - 15	16 - 17	18 - 19	20 - 21	> 21	
0 - 0.25		2										2
0.25 - 0.5		6	1	1	1							9
0.5 - 1		6	6	1	1	1		1				16
1 - 1.5			4			1	2					7
1.5 - 2			1	2	3							6
2 - 2.5				3								3
2.5 - 3					2							2
3 - 3.5												0
3.5 - 4												0
4 - 4.5												0
4.5 - 5												0
5 - 5.5												0
5.5 - 6												0
6 - 6.5												0
6.5 - 7												0
7 - 7.5												0
<b>TOTAL</b>	<b>0</b>	<b>14</b>	<b>12</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>45</b>

Fuente: Ocean Wave Statistics.



**Tabla II.12 Número de observaciones en un periodo de nueve años para el rango 170° - 190°.**

170° - 180° - 190°

Rango (m)	ESTADÍSTICAS DE OLEAJE										TOTAL	
	Calmas	Periodo de ola (s)										
		< 5	6 - 7	8 - 9	10 - 11	12 - 13	14 - 15	16 - 17	18 - 19	20 - 21	> 21	
0 - 0.25		1										1
0.25 - 0.5			1	1							1	3
0.5 - 1		10	3	2								15
1 - 1.5		3	7	1								11
1.5 - 2			2			1						3
2 - 2.5				1								1
2.5 - 3												0
3 - 3.5												0
3.5 - 4												0
4 - 4.5												0
4.5 - 5												0
5 - 5.5												0
5.5 - 6												0
6 - 6.5												0
6.5 - 7												0
7 - 7.5												0
<b>TOTAL</b>	<b>0</b>	<b>14</b>	<b>13</b>	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>34</b>

Fuente: Ocean Wave Statistics.

**Tabla II.13 Número de observaciones en un periodo de nueve años para el rango 200° - 220°.**

200° - 210° - 220°

Rango (m)	ESTADÍSTICAS DE OLEAJE										TOTAL	
	Calmas	Periodo de ola (s)										
		< 5	6 - 7	8 - 9	10 - 11	12 - 13	14 - 15	16 - 17	18 - 19	20 - 21	> 21	
0 - 0.25		3	2		1							6
0.25 - 0.5		10	2									12
0.5 - 1		10	2	2								14
1 - 1.5		1	3									4
1.5 - 2												0
2 - 2.5					1							1
2.5 - 3												0
3 - 3.5												0
3.5 - 4												0
4 - 4.5												0
4.5 - 5												0
5 - 5.5												0
5.5 - 6												0
6 - 6.5												0
6.5 - 7												0
7 - 7.5												0
<b>TOTAL</b>	<b>0</b>	<b>24</b>	<b>9</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>37</b>

Fuente: Ocean Wave Statistics.



**Tabla II.14 Número de observaciones en un periodo de nueve años para el rango 230° - 250°.**

**230° - 240° - 250°**

Rango (m)	ESTADÍSTICAS DE OLEAJE										TOTAL	
	Calmas	Periodo de ola (s)										
	< 5	6 - 7	8 - 9	10 - 11	12 - 13	14 - 15	16 - 17	18 - 19	20 - 21	> 21		
0 - 0.25	6										6	
0.25 - 0.5	26	3	2	1	2					3	37	
0.5 - 1	29	19	4	1			1				54	
1 - 1.5	6	20	6	3		1					36	
1.5 - 2	1	1	4	1		2					9	
2 - 2.5	1										1	
2.5 - 3											0	
3 - 3.5											0	
3.5 - 4											0	
4 - 4.5											0	
4.5 - 5											0	
5 - 5.5											0	
5.5 - 6											0	
6 - 6.5											0	
6.5 - 7											0	
7 - 7.5											0	
TOTAL	0	69	43	16	6	2	3	1	0	0	3	143

Fuente: Ocean Wave Statistics.

**Tabla II.15 Número de observaciones en un periodo de nueve años para el rango 260° - 280°.**

**260° - 270° - 280°**

Rango (m)	ESTADÍSTICAS DE OLEAJE										TOTAL	
	Calmas	Periodo de ola (s)										
	< 5	6 - 7	8 - 9	10 - 11	12 - 13	14 - 15	16 - 17	18 - 19	20 - 21	> 21		
0 - 0.25	47										47	
0.25 - 0.5	131	8	1	3	1					1	145	
0.5 - 1	256	118	17	5	3	2				4	405	
1 - 1.5	91	137	29	9	6					1	273	
1.5 - 2	16	52	23	8	4						103	
2 - 2.5	3	14	8	5	1						31	
2.5 - 3		3	1	2							6	
3 - 3.5			2								2	
3.5 - 4		1									1	
4 - 4.5											0	
4.5 - 5											0	
5 - 5.5											0	
5.5 - 6											0	
6 - 6.5											0	
6.5 - 7											0	
7 - 7.5											0	
TOTAL	0	544	333	81	32	15	2	0	0	0	6	1013

Fuente: Ocean Wave Statistics.



**Tabla II.16 Número de observaciones en un periodo de nueve años para el rango 290° - 310°.**

290° - 300° - 310°

Rango (m)	ESTADÍSTICAS DE OLEAJE											TOTAL
	Calmas	Periodo de ola (s)										
	< 5	6 - 7	8 - 9	10 - 11	12 - 13	14 - 15	16 - 17	18 - 19	20 - 21	> 21		
0 - 0.25	50	5	1							2	58	
0.25 - 0.5	174	14	3	2		1				5	199	
0.5 - 1	322	119	16	1						2	460	
1 - 1.5	138	196	37	6	2						379	
1.5 - 2	17	66	22	11	2						118	
2 - 2.5	8	18	7	8	3						44	
2.5 - 3	1	4	4	3							12	
3 - 3.5			1	1	2						4	
3.5 - 4											0	
4 - 4.5											0	
4.5 - 5											0	
5 - 5.5											0	
5.5 - 6											0	
6 - 6.5											0	
6.5 - 7											0	
7 - 7.5											0	
TOTAL	0	710	422	91	32	9	1	0	0	9	1274	

Fuente: Ocean Wave Statistics.

**Tabla II.17 Número de observaciones en un periodo de nueve años para el rango 320° - 340°.**

320° - 330° - 340°

Rango (m)	ESTADÍSTICAS DE OLEAJE											TOTAL
	Calmas	Periodo de ola (s)										
	< 5	6 - 7	8 - 9	10 - 11	12 - 13	14 - 15	16 - 17	18 - 19	20 - 21	> 21		
0 - 0.25	16	1									17	
0.25 - 0.5	30	2								2	34	
0.5 - 1	60	21	3		1					2	87	
1 - 1.5	17	17	3	1							38	
1.5 - 2		6		1							7	
2 - 2.5		3	2	2							7	
2.5 - 3	1										1	
3 - 3.5			1								1	
3.5 - 4											0	
4 - 4.5											0	
4.5 - 5											0	
5 - 5.5											0	
5.5 - 6											0	
6 - 6.5											0	
6.5 - 7											0	
7 - 7.5											0	
TOTAL	0	124	50	9	4	1	0	0	0	4	192	

Fuente: Ocean Wave Statistics.

En el análisis en cuestión, se consideraron dos métodos de cálculo de la altura de ola significativa, el primero consistente en obtener los puntos medios y los rangos de clase de acuerdo a las variaciones de las alturas de ola, tomando en cuenta los datos del oleaje, y el otro consistente en la aplicación de la ecuación básica para la obtención de centroides, en los diagramas de altura-frecuencia de oleaje; esto es:

$$H_s = X_c = \frac{M(A_{1/3})}{A_{1/3}} \dots\dots\dots (1)$$



donde:  $H_s$  : altura de la ola significativa.  
 $X_c$  : centroide del área representativa del tercio de ola más alta.  
 $M(A_{1/3})$  : momentos de las áreas que conforman el tercio superior de las olas mayores del diagrama de alturas-frecuencias.  
 $A_{1/3}$  : áreas geométricas del tercio de olas más altas.

Para el caso de la información de las cartas del Sea and Swell, se procedió al cálculo de la altura de la ola significativa tanto para oleaje local (SEA), como para oleaje distante (SWELL), en donde se muestran los principales datos obtenidos del plano de oleaje procesado; posteriormente se elaboró la construcción de los diagramas de “frecuencias vs alturas de olas” para cada una de las direcciones representativas que inciden en el lugar de estudio, aplicando el criterio para el cálculo de la “altura de ola significativa”, en donde de acuerdo al procedimiento, se toma el área del tercio superior del diagrama dibujado y los momentos, aplicando las expresiones:

$$M_z = H_i A_i \quad (\text{fórmula que considera el momento del tercio superior con respecto al eje "Z"}).$$

de donde:

$$H_{1/3} = H_s = \frac{M_z}{A_{1/3}} : \text{altura de la ola del tercio superior.}$$

Con la metodología y fórmulas antes descritas, los resultados obtenidos del análisis se presentan en las tablas II.18 y II.19, con las direcciones de incidencia y altura de la ola calculada, el periodo significativo se estableció partiendo de los periodos de oleaje existentes en el Océano Pacífico, tanto para oleajes normales, como para oleajes extremos, ya que esta fuente de información no cuenta con los periodos observados por las embarcaciones de la Armada de los Estados Unidos de Norteamérica.

**Tabla II.18 Resultados del Sea and Swell.**

Dirección	Oleaje Local H 1/3 (m)	Oleaje Distante H 1/3 (m)	Periodo T (s)
Oeste	0.50	0.90	14
Noroeste	1.84	2.01	14

Fuente: elaboración propia con base en datos obtenidos de Sea and Swell.

De igual manera se calculó para los datos del Ocean Wave Statistics, dando los siguientes resultados, de acuerdo con los dos métodos de cálculo definidos anteriormente.

Dicha información es concordante con el método estadístico empleado, ya que la dirección más frecuente de oleaje en la zona de estudio ha provenido del sector Sur-

Suroeste y se han registrado alturas de olas significantes máxima mensual entre 1.38 y 2.36, con periodo significantes asociados entre 10 y 12 s.

**Tabla II.19 Resultados del Ocean Wave Statistics.**

Dirección	Oleaje Hs (m) frecuencias	Oleaje H <sub>1/3</sub> (m) histogramas	Periodo T (s)
Sureste	2.36	2.28	11.94
Sur	1.72	1.55	9.32
Suroeste	1.53	1.39	8.63
Oeste	1.79	1.62	7.96
Noroeste	1.79	1.63	9.67

Fuente: elaboración propia con base en datos obtenidos del Ocean Wave Statistics.

Las tablas anteriores muestran una comparación entre las alturas de olas significantes calculadas por los dos métodos descritos anteriormente con la información del Ocean Wave Statistics, mostrándonos que se utilizará el método de las frecuencias con marca de clase como el oleaje representativo de la zona de estudio, el cual se muestra en la tabla II.20.

**Tabla II.20 Alturas de ola significativa en Punta Abreojos, B.C.S.**

Dirección	Oleaje Hs (m) frecuencias	Periodo T (s)
Sureste	2.36	11.94
Sur	1.72	9.32
Suroeste	1.53	8.63
Oeste	1.79	7.96
Noroeste	1.79	9.67

Fuente: elaboración propia con base en datos del Ocean Wave Statistics.

#### **II.4.2. Oleaje ciclónico.**

Como se sabe, los efectos de los ciclones en las zonas litorales que han azotado en las últimas décadas a la República Mexicana han sido devastadores, por lo que se hace necesario realizar un estudio de los efectos de estos fenómenos meteorológicos que han pasado por la zona de estudio, todo ello con el fin de determinar sus características principales y de esta manera contar con toda la información necesaria para la realización del proyecto de las obras exteriores.

- **Predicción del oleaje ciclónico.**

Los ciclones se forman debido a que en un lugar sobre el mar, una gran masa de aire aumenta su temperatura debido al calor del agua y a la acción de los rayos solares.



Esta enorme masa de aire disminuye su densidad y sube rápidamente, dejando un hueco que es ocupado por aire de menor temperatura, el cual se precipita.

Las fuerzas de Coriolis hacen que el sistema empiece a girar; este movimiento se acelera y el aire que asciende al enfriarse produce lluvias torrenciales. Finalmente la fuerza centrífuga tiende a arrojar el aire hacia fuera, lo que se equilibra con la presión del aire que tiende a precipitarse hacia adentro. Esto resulta en una formación de tipo cilíndrico cuyas paredes se han endurecido e impiden la entrada de aire al centro. Este es el ojo del huracán que usualmente tiene entre 3 y 30 km de diámetro, y en el que se presenta calma absoluta.

Los huracanes son ciclones tropicales en los cuales los vientos alcanzan velocidades de 120 km/hr o mayores, y soplan en una gran espiral alrededor de un centro relativamente calmado. Están asociados con un centro de muy baja presión atmosférica y a un fuerte gradiente de presiones que ocasiona dichos vientos con gran velocidad.

Los ciclones rara vez se originan cerca de las áreas de 5° o 6° de latitud y con mayor frecuencia en latitudes entre 10° y 20°, las isobaras (curvas de igual presión), presentan aspectos de una elipse cuyos ejes tienen relación de 2 a 3 partes y con el eje mayor en la dirección en que se trasladan.

Los efectos más sensibles que provocan el paso de un ciclón cerca de la costa son los siguientes:

1. Formación de oleaje con características extraordinarias denominado oleaje ciclónico.
2. Una sobreelevación en el nivel del mar, denominada “marea de tormenta”.

En la zona de Punta Abreojos se analizaron los huracanes mostrados en la tabla II.21, los cuales abarcan los últimos 15 años, pero que se extrajeron de la información existente de los últimos 60 años, ya que han sido los más significativos.

**Tabla II.21 Huracanes que han afectado a la zona de Punta Abreojos, B.C.S.**

Punta Abreojos, B.C.S.	
Nombre del huracán	Fecha de ocurrencia
OCTAVE	8-16 de septiembre de 1989
NORA	16-26 de septiembre de 1997
BEATRIZ	9-16 de julio de 1999
CARLOTA	18-25 de junio de 2000
FLOSSE	26 agosto - 2 septiembre de 2001

Fuente: Weather Unisys Hurricane, 2005. Servicio Meteorológico Nacional.

En las figuras A.1, A.2, A.3, A.4 y A.5 (ver anexo 3), se muestran las trayectorias ciclónicas de los huracanes mencionados, en donde se puede observar su recorrido por



día y las coordenadas geográficas para la localización del ojo del huracán, así como la trayectoria al tocar tierra. En ese mismo anexo, se muestran las características principales de los huracanes mencionados, que sirvieron de consulta para obtener los datos necesarios y aplicar los métodos de cálculo en la obtención de la altura de ola significativa máxima y su periodo asociado; a su vez, en las figuras mencionadas se calculó la propagación hacia la línea de costa.

### **II.4.3. Corrientes marinas.**

En general, se pueden definir a las corrientes como el desplazamiento de una masa de agua, determinadas por dos características: dirección y velocidad

La dirección de una corriente es el rumbo hacia el cual se dirigen, es decir, la forma de designar la dirección de una corriente es contraria a la que se utiliza en los vientos, ya que en estos se considera de donde sopla y no hacia donde sopla.

La velocidad de una corriente se expresa tradicionalmente en nudos, cuando se trata de aspectos relativos a la navegación (1 nudo = 1 milla náutica por hora = 1.853 m/hr), o bien en m/s.

Las corrientes para su estudio se pueden dividir en cuatro apartados: corrientes oceánicas, corrientes inducidas por el viento, corrientes por marea y corrientes en la costa producidas por el oleaje. Las causas que generan las corrientes marinas son esencialmente dos: viento y gradiente.

El viento como elemento generador opera por efecto del arrastre de las moléculas superficiales, las cuales a su vez por rozamiento actúan sobre las moléculas más profundas, según sea la intensidad y persistencia del viento y, dependiendo de que haya o no elementos que se opongan al mantenimiento de flujo de aguas. Por lo tanto, este tipo de corrientes se puede decir que en general son prácticamente superficiales y de poca intensidad.

Este tipo de corrientes coinciden en dirección con los vientos generales o planetarios (alisios y contralisios, etc.) y tienen una dirección más o menos constante en el transcurso del año.

Dentro de los diversos tipos de corrientes marinas existentes, para los fines del estudio, nos interesan particularmente aquellas generadas por el oleaje en las vecindades de la costa, pudiendo definir claramente que la dirección de las corrientes superficiales tiende hacia el norte y que es ampliamente modificada por la geografía de la zona de estudio como puede ser la Bahía de Ballenas e Isla Arenas.

En el área de Punta Abreojos, B.C.S., el estado general de las corrientes por estaciones del año se presenta en la tabla II.22.



**Tabla II.22 Dirección y velocidad de las corrientes.**

Corrientes marinas			
Estación	% de acción	Dirección	Velocidad (m/s)
Primavera	25 a 50	W-E	0.20-0.40
Verano	25 a 50	W-E	0.30-0.80
Otoño	25 a 50	W-E	0.60-0.80
Invierno	25 a 50	W-E	0.50-1.10

Fuente: cartas del Sea and Swell. Oficina Oceanográfica de la Armada de los Estados Unidos de América.

En la tabla II.22 se puede observar que las velocidades de las corrientes superficiales que varían entre los 0.50 y 1.10 m/s, se presentan durante el periodo de Invierno, es decir, durante los meses de diciembre, enero y febrero, las cuales presentan un porcentaje de actuación entre el 25 y 50% del tiempo anual; la dirección de propagación de estas corrientes es de Oeste a Este.

#### **II.4.4. Estudio de mareas.**

Con el objeto de complementar la información oceanográfica del régimen de oleaje de la zona de estudio, en este capítulo se incluye la información correspondiente a los niveles representativos del mar, incluyendo los convenientes a los originados por la marea astronómica.

#### **Niveles representativos de la marea astronómica.**

Por lo que respecta a los niveles del mar originados por la marea astronómica, cabe señalar que cerca de la zona de estudio la Secretaria de Marina, por medio de la Dirección General Adjunta de Oceanografía, Hidrografía y Meteorología, tiene instalada una estación mareográfica localizada en la Isla Cedros, B.C., 28° 05' 46" de latitud Norte y 115° 10' 59" de longitud Oeste, y analizó los datos registrados en dicha estación, publicándolos en las Tablas Numéricas de Predicción de Mareas 2005. Para Punta Abreojos, en B.C.S., se consideraron los siguientes niveles representativos del mar, así como las siguientes valores de las principales constantes armónicas de la marea astronómica, destacando con base en las mismas, que el tipo de marea es "mixta semidiurna" (dos oscilaciones completas de marea diariamente, con desigualdades en altura y tiempo, alcanzando los más grandes valores cuando la declinación de la Luna ha pasado su máximo).

En la tabla II.23, se indican las flotaciones de los niveles del mar por el efecto de la marea astronómica y en la tabla II.24, las principales constantes armónicas para el cálculo de las mareas.

**Tabla II.23 Niveles representativos de la marea astronómica de la zona de estudio.**

Niveles representativos del mar	Elevación respecto al NBMI (m)
Pleamar máxima registrada	2.350
Nivel de pleamar media superior	1.666
Nivel de pleamar media	1.455
Nivel medio del mar	0.846
Nivel de bajamar media	0.237
Nivel de bajamar media inferior	0.000
Bajamar mínima registrada	-0.530

Fuente: tablas de predicción de mareas para el Océano Pacífico, editadas por la Secretaría de Marina, 2005.

**Tabla II.24 Principales constantes armónicas de la marea astronómica de la zona de estudio.**

Principales constantes armónicas		
Componente	Amplitud (m)	Angulo de Fase (grados) 120° W
M2	0.528	250.28
S2	0.255	241.08
N2	0.125	236.06
K2	0.073	236.47
K1	0.307	81.24
O1	0.197	75.05
P1	0.096	78.66

Fuente: tablas de predicción de mareas para el Océano Pacífico, editadas por la Secretaría de Marina, 2005.

La caracterización del tipo de marea, utilizando las amplitudes de las componentes armónicas, se realiza tomando como base la siguiente definición cuantitativa:

$$R = \frac{A(K_1) + A(O_1)}{A(M_2) + A(S_2)}$$

donde  $A(K_1)$ ,  $A(O_1)$ ,  $A(M_2)$ ,  $A(S_2)$  representan las amplitudes de las componentes armónicas  $K_1$ ,  $O_1$ ,  $M_2$  y  $S_2$ , respectivamente.

El tipo de marea se especifica de acuerdo al valor resultante de la ecuación anterior, como sigue:



- Si  $R > 1.50$ : el tipo de marea es diurna.
- Si  $R < 0.25$ : el tipo de marea es semidiurna.
- Si  $0.25 \leq R \leq 1.50$ : el tipo de marea es mixta.

Las componentes identificadas por  $K_1$  y  $O_1$  de la ecuación anterior, son las componentes dominantes de la marea diurna, y las componentes  $M_2$  y  $S_2$  son las componentes dominantes de la marea semidiurna; dependiendo de la suma de dichas componentes, el mayor valor resultante podrá caracterizar al tipo de marea mixta diurna o la marea mixta semidiurna.

Al sustituir los valores de las componentes indicadas en la relación antes señalada, resulta:

- El valor anterior indica que se trata de una marea predominantemente mixta.
- Como las componentes de  $A(M_2) + A(S_2)$  son mayores que las componentes  $A(K_1) + A(K_2)$ , entonces se trata de una marea tipo semidiurna.

La información recopilada e indicada en las Tablas de Predicción de Mareas, se interpreta como sigue:

- La altura de marea promedio es de 1.455 m.
- La amplitud de la marea promedio es de 0.833 m.
- La altura de la marea máxima registrada es de 2.88 m.
- La amplitud de la marea máxima registrada es de 1.44 m.
- El tipo predominante de la marea es mixta semidiurna.
- El período de la marea es de 12 horas.

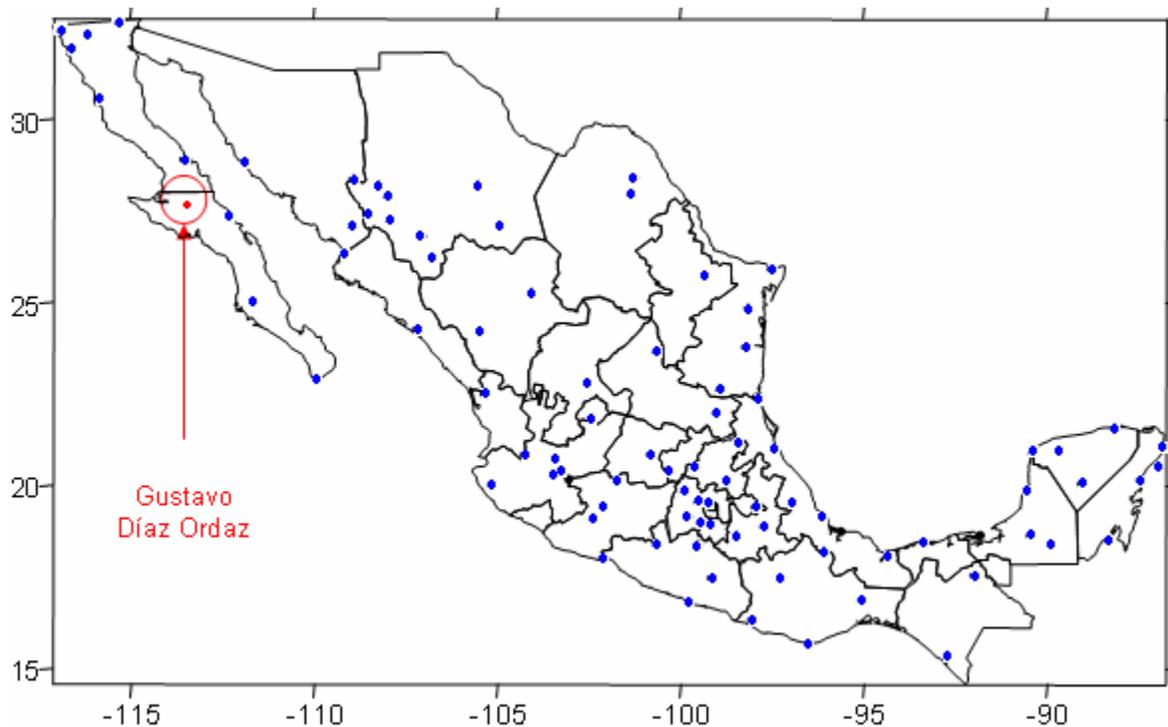
#### **II.4.5. Vientos.**

El análisis de las condiciones de viento en la zona costera es fundamental para cualquier estudio de dinámica litoral, debido a que este fenómeno contribuye no sólo al clima de oleaje, sino también a la generación de corrientes en la superficie del océano, al transporte hacia tierra de las arenas de la playa y a la formación de dunas costeras.

Para el análisis de este fenómeno natural, se recurrió a obtener, primeramente, los datos estadísticos que se han registrado cerca de la zona de estudio por el Servicio Meteorológico Nacional. Este último cuenta con estaciones meteorológicas a lo largo de toda la República Mexicana, tal como se muestra en la figura II.8, en la cual se puede observar que para Punta Abreojos le correspondería la zona 4, localizada en el estado de Baja California Sur y denominada estación meteorológica “Gustavo Díaz Ordaz” (ver

figura II.4), la cual inicio operaciones en el año 2000; se localiza entre los  $27^{\circ} 38' 34''$  de latitud Norte y los  $113^{\circ} 27' 27''$  de longitud Oeste.

**Figura II.4 Localización de estaciones de medición de vientos del Servicio Meteorológico Nacional.**



Fuente: Servicio Meteorológico Nacional.

La estación de vientos mencionada registra la dirección del viento en grados, la duración y velocidad del viento máximo y la velocidad del viento promedio. En este informe, se incluye un análisis estadístico de las velocidades del viento, incluyendo valores medios, modales y máximos para cada año, así como por época del año; también se incluye un análisis de la distribución temporal y espacial del viento reinante y dominante. Los datos de viento cubren un rango temporal de 5 años, desde abril de 2000 hasta diciembre de 2004.

Del análisis estadístico de los valores que integran la base de datos de la zona correspondiente a Punta Abreojos, B.C.S., se realizaron las tablas II.25 y II.26, en las que se muestran los valores de las velocidades del viento máximo y medio, así como sus direcciones y ocurrencia estacional.



**Tabla II.25 Vientos Máximos Frecuencia de Ocurrencia Estacional, en el periodo de 2000 – 2004.**

		Vientos Frecuencia de Ocurrencia Estacional												Frecuencia de ocurrencia
		Número de observaciones					Porcentajes		Sin Calma				Horas Totales (sin calmas)	
		2 a 5	5.50 a 8	8.5 a 14	> 14.5	Total	Porcentaje	Acumulado	Horas (2 a 5)	Horas (5.5 a 8)	Horas (8.5 a 14)	Horas (> 14.5)		
D i r e c c i ó n	<b>Invierno</b>													
	N	0	0	0	0	0	0.00%	0.00%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
	NE	0	0	2	3	5	9.09%	9.09%	0.00	0.00	318.55	477.82	796.36	35.71%
	E	0	0	0	0	0	0.00%	9.09%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
	SE	0	0	1	1	2	3.64%	12.73%	0.00	0.00	159.27	159.27	318.55	14.29%
	S	0	0	0	0	0	0.00%	12.73%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
	SW	1	0	1	0	2	3.64%	16.36%	159.27	0.00	0.00	0.00	318.55	14.29%
	W	0	1	2	2	5	9.09%	25.45%	0.00	159.27	318.55	318.55	796.36	35.71%
NW	0	0	0	0	0	0.00%	25.45%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%	
<b>Total</b>					<b>14</b>			<b>159.27</b>	<b>159.27</b>	<b>796.36</b>	<b>955.64</b>	<b>2229.82</b>	<b>100.00%</b>	
D i r e c c i ó n	<b>Primavera</b>													
	N	0	0	1	0	1	1.82%	27.27%	0.00	0.00	159.27	0.00	159.27	8.33%
	NE	0	0	3	0	3	5.45%	32.73%	0.00	0.00	477.82	0.00	477.82	25.00%
	E	0	0	0	0	0	0.00%	32.73%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
	SE	0	0	0	0	0	0.00%	32.73%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
	S	0	0	0	0	0	0.00%	32.73%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
	SW	0	0	0	0	0	0.00%	32.73%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
	W	0	0	7	0	7	12.73%	45.45%	0.00	0.00	1114.91	0.00	1114.91	58.33%
NW	0	0	1	0	1	1.82%	47.27%	0.00	0.00	159.27	0.00	159.27	8.33%	
<b>Total</b>					<b>12</b>			<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>1911.27</b>	<b>0.00</b>	<b>1911.27</b>	<b>100.00%</b>	
D i r e c c i ó n	<b>Verano</b>													
	N	0	0	0	0	0	0.00%	47.27%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
	NE	0	0	0	0	0	0.00%	47.27%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
	E	0	0	0	0	0	0.00%	47.27%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
	SE	0	0	1	0	1	1.82%	49.09%	0.00	0.00	159.27	0.00	159.27	7.14%
	S	0	0	0	0	0	0.00%	49.09%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
	SW	0	0	0	0	0	0.00%	49.09%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
	W	0	0	9	0	9	16.36%	65.45%	0.00	0.00	1433.45	0.00	1433.45	64.29%
NW	0	1	3	0	4	7.27%	72.73%	0.00	159.27	477.82	0.00	637.09	28.57%	
<b>Total</b>					<b>14</b>			<b>0.00</b>	<b>159.27</b>	<b>2070.55</b>	<b>0.00</b>	<b>2229.82</b>	<b>100.00%</b>	
D i r e c c i ó n	<b>Otoño</b>													
	N	0	0	0	0	0	0.00%	72.73%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
	NE	0	5	1	0	6	10.91%	83.64%	0.00	796.36	159.27	0.00	955.64	40.00%
	E	0	0	0	0	0	0.00%	83.64%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
	SE	0	0	1	0	1	1.82%	85.45%	0.00	0.00	159.27	0.00	159.27	6.67%
	S	0	1	0	0	1	1.82%	87.27%	0.00	159.27	0.00	0.00	159.27	6.67%
	SW	0	1	0	0	1	1.82%	89.09%	0.00	159.27	0.00	0.00	159.27	6.67%
	W	0	5	1	0	6	10.91%	100.00%	0.00	796.36	159.27	0.00	955.64	40.00%
NW	0	0	0	0	0	0.00%	100.00%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%	
<b>Total</b>					<b>15</b>			<b>0.00</b>	<b>1911.27</b>	<b>477.82</b>	<b>0.00</b>	<b>2389.09</b>	<b>100.00%</b>	

Fuente: datos del Servicio Meteorológico Nacional.



**Tabla II.26 Vientos Medios Frecuencia de Ocurrencia Estacional, en el periodo de 2000 – 2004.**

Vientos Frecuencia de Ocurrencia Estacional															
	Número de observaciones					Porcentajes				Sin Calma				Horas Totales (sin calmas)	Frecuencia de ocurrencia
	2 a 5	5.50 a 8	8.5 a 14	> 14.5	Total	Porcentaje	Acumulado	Horas (2 a 5)	Horas (5.5 a 8)	Horas (8.5 a 14)	Horas (> 14.5)				
<b>Invierno</b>															
D	N	0	0	0	0	0	0.00%	0.00%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%	
i	NE	0	3	1	0	4	7.27%	7.27%	0.00	477.82	159.27	0.00	637.09	28.57%	
r	E	0	0	0	0	0	0.00%	7.27%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%	
e	SE	0	1	2	0	3	5.45%	12.73%	0.00	159.27	318.55	0.00	477.82	21.43%	
c	S	0	1	1	0	2	3.64%	16.36%	0.00	159.27	159.27	0.00	318.55	14.29%	
i	SW	0	0	0	0	0	0.00%	16.36%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%	
ó	W	2	1	1	0	4	7.27%	23.64%	318.55	159.27	159.27	0.00	637.09	28.57%	
n	NW	0	1	0	0	1	1.82%	25.45%	0.00	159.27	0.00	0.00	159.27	7.14%	
<b>Total</b>					<b>14</b>			<b>318.55</b>	<b>1114.91</b>	<b>796.36</b>	<b>0.00</b>	<b>2229.82</b>	<b>100.00%</b>		
<b>Primavera</b>							<b>25.45%</b>								
D	N	1	0	1	0	2	3.64%	29.09%	159.27	0.00	159.27	0.00	318.55	16.67%	
i	NE	0	1	1	0	2	3.64%	32.73%	0.00	159.27	159.27	0.00	318.55	16.67%	
r	E	0	0	0	0	0	0.00%	32.73%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%	
e	SE	0	0	0	0	0	0.00%	32.73%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%	
c	S	0	0	0	0	0	0.00%	32.73%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%	
i	SW	0	0	0	0	0	0.00%	32.73%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%	
ó	W	1	6	0	0	7	12.73%	45.45%	159.27	955.64	0.00	0.00	1114.91	58.33%	
n	NW	0	1	0	0	1	1.82%	47.27%	0.00	159.27	0.00	0.00	159.27	8.33%	
<b>Total</b>					<b>12</b>			<b>318.55</b>	<b>1274.18</b>	<b>318.55</b>	<b>0.00</b>	<b>1911.27</b>	<b>100.00%</b>		
<b>Verano</b>							<b>47.27%</b>								
D	N	1	0	0	0	1	1.82%	49.09%	159.27	0.00	0.00	0.00	159.27	7.14%	
i	NE	0	0	0	0	0	0.00%	49.09%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%	
r	E	0	0	0	0	0	0.00%	49.09%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%	
e	SE	0	0	0	0	0	0.00%	49.09%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%	
c	S	0	0	1	0	1	1.82%	50.91%	0.00	0.00	159.27	0.00	159.27	7.14%	
i	SW	0	0	0	0	0	0.00%	50.91%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%	
ó	W	2	10	0	0	12	21.82%	72.73%	318.55	1592.73	0.00	0.00	1911.27	85.71%	
n	NW	0	0	0	0	0	0.00%	72.73%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%	
<b>Total</b>					<b>14</b>			<b>477.82</b>	<b>1592.73</b>	<b>159.27</b>	<b>0.00</b>	<b>2229.82</b>	<b>100.00%</b>		
<b>Otoño</b>							<b>72.73%</b>								
D	N	0	0	0	0	0	0.00%	72.73%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%	
i	NE	0	5	1	0	6	10.91%	83.64%	0.00	796.36	159.27	0.00	955.64	40.00%	
r	E	0	0	0	0	0	0.00%	83.64%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%	
e	SE	0	0	1	0	1	1.82%	85.45%	0.00	0.00	159.27	0.00	159.27	6.67%	
c	S	0	1	0	0	1	1.82%	87.27%	0.00	159.27	0.00	0.00	159.27	6.67%	
i	SW	0	1	0	0	1	1.82%	89.09%	0.00	159.27	0.00	0.00	159.27	6.67%	
ó	W	0	5	1	0	6	10.91%	100.00%	0.00	796.36	159.27	0.00	955.64	40.00%	
n	NW	0	0	0	0	0	0.00%	100.00%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%	
<b>Total</b>					<b>15</b>			<b>0.00</b>	<b>1911.27</b>	<b>477.82</b>	<b>0.00</b>	<b>2389.09</b>	<b>100.00%</b>		

Fuente: datos del Servicio Meteorológico Nacional.

Con los datos procesados de la estación de vientos mencionada, se procedió al procesamiento de la información; y en las tablas II.27 y II.28, se indican los valores de la intensidad del viento máximo y del viento medio, en m/s.

**Tabla II.27 Viento máximo intensidad (en m/s) y dirección.**

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2000	---	---	---	12.11 W	11.33 W	11.64 NW	9.89 W	13.72 SE	11.00 SE	12.61 NW	9.89 W	11.00 NE
2001	17.39 W	11.33 SW	10.36 W	11.64 W	10.83 W	11.47 W	10.53 W	10.53 W	14.53 NE	9.72 W	21.94 NW	23.06 NE
2002	14.83 NE	16.28 NE	11.33 NE	10.06 NW	9.89 N	8.11 NW	9.42 W	9.72 W	11.64 NW	9.56 W	12.11 NE	14.83 W
2003	10.53 NE	14.19 W	14.36 NE	12.11 W	12.61 W	10.53 W	12.44 W	11.17 NW	13.56 SE	11.17 NE	11.33 NE	7.64 W
2004	0.92 SW	---	---	---	---	---	10.36 W	10.36 NW	11.47 W	11.00 W	13.42 W	11.81 SE

Fuente: datos del Servicio Meteorológico Nacional.

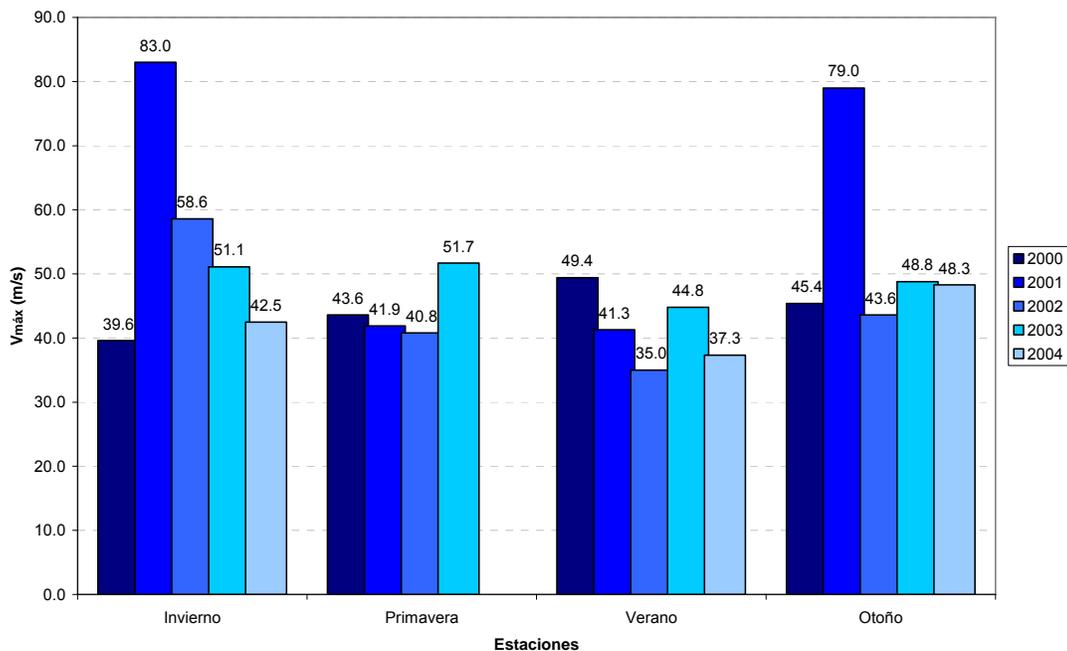
**Tabla II.28 Viento medio intensidad (en m/s) y dirección.**

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2000	---	---	---	7.0 NW	7.2 W	7.1 W	6.4 W	10.6 S	8.3 S	7.5 W	6.8 W	7.0 NE
2001	6.6 NW	7.4 W	6.8 W	8.0 W	7.4 W	6.3 W	7.0 W	7.3 W	8.0 NE	6.2 SW	5.5 NE	6.7 NE
2002	7.1 NE	11.7 NE	7.5 NE	4.6 W	4.6 N	4.9 N	4.9 W	4.9 W	8.2 W	5.6 W	8.3 NE	8.6 W
2003	7.7 S	8.9 SE	9.9 NE	7.9 W	7.3 W	6.1 W	8.4 W	7.7 W	9.9 SE	7.1 NE	7.0 NE	5.3 W
2004	0.4 W	---	---	---	---	---	7.1 W	6.8 W	8.5 W	7.6 W	9.0 NE	9.0 S

Fuente: datos del Servicio Meteorológico Nacional.

Asimismo, de las tablas anteriores, se procedió a graficar la evolución temporal de las velocidades máximas,  $V_{m\acute{a}x}$  y  $V_{med}$  en m/s, por estación y año (se considera Invierno los meses de diciembre, enero y febrero; como Primavera, los de marzo a mayo; Verano, de junio a agosto; y Otoño, de septiembre a diciembre), mostrada en la figura II.10, considerando el tiempo de registros de 5 años, de abril de 2000 a diciembre de 2004. En ella se observa que las velocidades máximas son mayores en los meses fríos y menores en los cálidos. Así, los valores más altos de  $V_w$  se presentan durante el Invierno.

**Figura II.10 Velocidades máximas.**

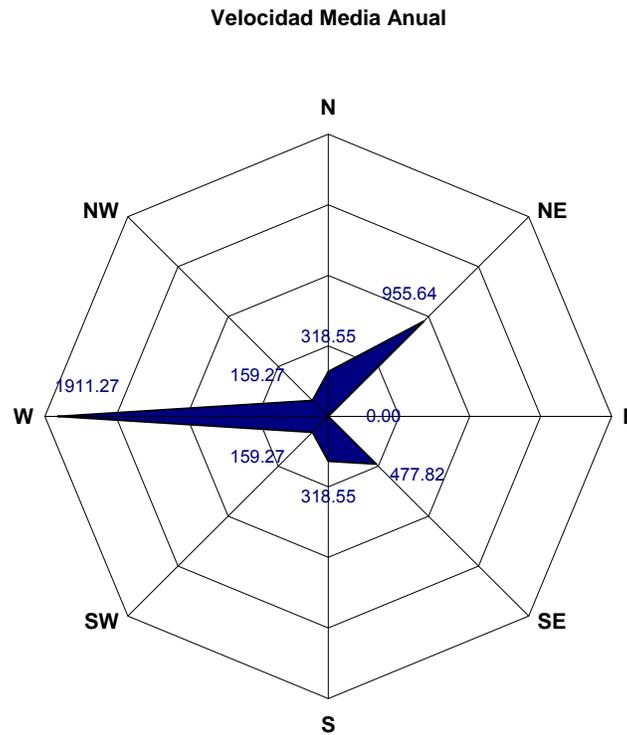


Fuente: datos del Servicio Meteorológico Nacional.

Con los datos anteriores se puede observar un promedio máximo de velocidades del viento del orden de 12.03 m/s (43.32 km/hr), con moda máxima de 11.33 m/s (40.8 km/hr) y desviación estándar máxima de 3.39 m/s (12.20 km/hr). El valor máximo obtenido es de 23.06 m/s (83.0 km/hr) y corresponde a un viento del Noreste que se presentó en el mes de diciembre de 2001; observándose también que los valores fueron decreciendo en los últimos cuatro años.

Ahora bien, en la figura II.11 se muestra el diagrama de Lenz anual de las velocidades medias con las frecuencias de incidencia establecidas por rangos de dirección y en las que se puede apreciar que el viento reinante (los vientos que presentan un mayor porcentaje de ocurrencia), procede del oeste. Las rosas de velocidades que se presentan en el anexo 3 fueron obtenidas de las tablas II.25 y II.26 (vientos, frecuencia de ocurrencia estacional en el periodo 2000-2004).

**Figura II.11 Rosa de velocidad del viento medio anual.**



Fuente: datos del Servicio Meteorológico Nacional.

Por otro lado, el análisis estadístico de la distribución de frecuencias revela que los vientos de mayor velocidad (vientos dominantes) para los años de registro, son los procedentes del Noreste. Las velocidades de los vientos dominantes para un periodo de registro de 2000-2004 se muestran en la tabla II.29.

**Tabla II.29 Vientos dominantes de 2000-2004.**

Año	Viento dominante (m/s)	Dirección
2000	13.72	SE
2001	23.06	NE
2002	16.28	NE
2003	14.36	NE
2004	13.42	W

Fuente: Servicio Meteorológico Nacional.

Por consiguiente, el viento dominante de todos los datos es el que se presentó en el año 2001 con una velocidad de 23.06 m/s y que proviene de la dirección Noreste. El viento reinante viene de la dirección Oeste, con una velocidad que oscila entre 0.4 y 8.6 m/s.

# **III. ESTUDIO SOCIO-ECONÓMICO Y DEL MEDIO FÍSICO**

**III.1. Régimen de propiedad.**

**III.2. Histórico de producción pesquera.**

**III.3. Sistema de comercialización.**

**III.3.1. Principales puntos de venta.**

**III.3.2. Financiamiento de la actividad pesquera.**

**III.4. Proyección de la producción pesquera.**

**III.5. Apoyo a la actividad pesquera.**

**III.6. Infraestructura para la comunidad de Punta Abrejos.**

**III.7. Infraestructura portuaria pesquera.**

**III.8. Estudio del medio físico.**

**III.8.1. Muestreo de sedimentos.**

**III.8.2. Estudio de mecánica de suelos.**

**III.8.3. Estratigrafía y propiedades del subsuelo.**

**III.8.4. Excavación.**

**III.8.5. Estudio de materiales para la construcción de escolleras.**

**III.8.5.1. Composición geológica de la zona.**

**III.8.5.2. Estratigrafía.**

**III.8.6. Bancos de piedra.**



### **III. ESTUDIO SOCIO – ECONÓMICO Y DEL MEDIO FÍSICO**

Para el desarrollo del estudio socio-económico, se tienen que atender una serie de aspectos importantes, que a continuación se describen.

#### **III.1. Régimen de propiedad.**

Respecto a los terrenos adyacentes a las zonas factibles para la ubicación de las obras requeridas, se insto a que las autoridades municipales otorgaran las facilidades necesarias que ayudarán a determinar claramente el régimen de las tierras.

Los terrenos donde se realizan las actividades pesqueras se encuentran debidamente definidas en el título de concesión que fue otorgada a favor de la Sociedad Cooperativa Punta Abrejos. Los terrenos donde se estableció la Comunidad de Punta Abrejos pertenecen en su totalidad al fondo legal del ayuntamiento de Punta Abrejos.

Por lo que respecta a las áreas aledañas a la zona de estudio, existe una zona factible de ser utilizada para los diversos requerimientos de la obra en estudio, pero dichos terrenos pertenecen al municipio de Mulegé y se encuentran destinados para la venta directa con particulares para el desarrollo de casas veraniegas.

En lo concerniente al régimen de propiedad de las embarcaciones de Punta Abrejos, se presenta una característica muy particular en la Cooperativa, ya que ningún socio de la misma posee alguna embarcación, ni tampoco existe un dueño particular de las mismas.

Las embarcaciones son única y exclusivamente propiedad de la “Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera Punta Abrejos S. C. de R. L.” la cual funge como coordinadora de dichas embarcaciones, es decir, se destina cada embarcación a determinados pescadores para su uso y aprovechamiento en las labores de pesca, los cuales se encargarán del mantenimiento y limpieza y, en caso de requerirlo, referirla a reparación.

Para poder realizar sus labores de pesca, la Cooperativa se encarga de proveer diariamente todos los insumos necesarios para el funcionamiento de dicha embarcación, que incluyen la gasolina, aceite, entre otros, para un correcto funcionamiento de la embarcación a su cargo.

Los motores empleados para las embarcaciones también son propiedad de la Cooperativa y de la misma forma son destinados para el uso de cada embarcación; a



su vez, los pescadores son los encargados de mantenerlos limpios y en cuanto presentan alguna avería, notificarla al taller para su inmediata reparación.

En el caso de que alguna embarcación o motor sufra un daño de consideración y que su reparación requiera de un tiempo mayor, que no permita su uso, estos serán sustituidos por otro equipo por el tiempo necesario, pero al término de las labores de reparación, serán de nuevo entregados a los pescadores a los cuales les fue proporcionado originalmente.

Las especies concesionadas se podrán capturar en aguas de Jurisdicción Federal del Océano Pacífico, en la zona comprendida desde: al Este del área de pesca comprendida en la zona ubicada al Este de la línea imaginaria intermedia de “El Playón”, entre los puntos “La Cruz” y “El Tanque”; trazándose dicha línea entre el punto imaginario sobre la costa y el sitio conocido como “El Campamento”; y desde dicha línea hacia el Sur y Este, hasta el punto denominado “Punta Brunough” en el extremo Oeste de la boca Norte de la Laguna San Ignacio; incluyendo Bahía de Ballenas y los bajos ubicados dentro del polígono definido, y colindantes con las zonas de explotación de la S.C.P.P. “Progreso” S.C.L. (ver tabla III.1).

**Tabla III.1 Especies concesionadas para su captura.**

<b>Especies</b>
Abulón Azul ( <i>haliotis fulgens</i> )
Abulón Amarillo ( <i>haliotis corrugata</i> )
Abulón Chino ( <i>haliotis sorenseni</i> )
Abulón Negro ( <i>haliotis cracherodii</i> )
Langosta Roja ( <i>panulirus interruptus</i> )
Langosta Azul ( <i>panulirus inflatus</i> )
Caracol Panocha ( <i>astraea undosa</i> y <i>astraea turbanica</i> )
Almeja Pismo ( <i>tivela stultorum</i> )
Jaiba o Cangrejo ( <i>cancer magister</i> )
Almeja Pata de Mula ( <i>anadora tuberculosa</i> )
Pulpo ( <i>octopus spp</i> )

Fuente: información proporcionada por la empresa MB Desarrollos Integrales.

Las coordenadas geográficas de la zona delimitada para la captura son las indicadas en la tabla III.2.

En virtud de que la zona en que se concesionan los recursos, es colindante con áreas de operación de la S.C.P.P. “Progreso” S.C.L. se tomo un acuerdo respecto de las colindancias.

La duración de la concesión es de 20 años con derecho a prórroga, y la Cooperativa Punta Abreojos podrá capturar y extraer de manera exclusiva en la zona indicada en la tabla anterior, las especies mencionadas conforme a las épocas, cuotas, tallas y volúmenes de captura que son autorizados.

**Tabla III.2 Coordenadas de delimitación de áreas de pesca.**

PUNTO	LATITUD NORTE	LONGITUD OESTE
A	26° 44' 15"	113° 38' 45"
B	26° 41' 56"	113° 40' 42"
C	26° 28' 00"	113° 53' 10"
D	26° 09' 00"	113° 32' 00"
E	26° 12' 00"	113° 16' 00"
F	26° 45' 00"	113° 16' 00"

Fuente: información proporcionada por la empresa MB Desarrollos Integrales.

Las zonas de pesca autorizadas se muestran en la figura III.1; el polígono presentado es de acuerdo a las coordenadas geográficas indicadas.

**Figura III.1 Áreas de pesca.**

Fuente: imagen proporcionada por la empresa MB Desarrollos Integrales.

La superficie total concesionada es de 356,724.28 m<sup>2</sup> y tiene como vigencia 20 años a partir de la fecha de expedición del 11 de enero de 2005; tiene derecho a prórroga.

Por lo que respecta a los periodos de captura dentro de la zona concesionada para dichas actividades, ésta se regula de acuerdo a los cuadros de veda que se tienen para todas las especies capturadas en la región; este cuadro de vedas está regulado por la CONAPESCA (Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca), así como las



autoridades de la SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación) de la región. El cuadro de vedas se muestra en la tabla III.3.

A su vez, la Cooperativa tiene reglamentos internos en cuanto a su temporada de veda, tal como se muestra en la tabla III.4, ya que por una parte se encuentran los periodos de veda mostrados anteriormente y los periodos establecidos por la propia Cooperativa para la pesquería del abulón y lisa; esto es, acorta la temporada de captura para mejorar el rendimiento de la pesca, ya que así permite un mayor crecimiento de la especie y los pescadores se ven beneficiados en el sentido de que el pago por esta especie se realiza por kilogramo entregado y no por pieza capturada.

En el caso particular de la pesca de escama, esta se realiza durante todo el año y así esta permitido en la región, es decir, no tiene temporada de veda, a excepción de la lisa que tiene una veda desde el día 1 de diciembre hasta el 31 de enero.

Estas temporadas de veda han regido a la región, aunque a inicios de la misma y con los primeros pescadores de la región dichas temporadas no existían, ya que inclusive se capturaban especies que actualmente se encuentran extintas, o en alto riesgo de desaparecer, tal es el caso de la caguama, que anteriormente se capturaba cotidianamente y actualmente se encuentra en veda permanente ya que son de alto riesgo de extinción.

### **III.2. Histórico de producción pesquera.**

Las principales especies a las que fue otorgada la concesión a la Sociedad Cooperativa Punta Abreojos para su captura, se encuentran en la tabla III.1.

Los volúmenes de pesca expresados adelante, son totalmente bajo el régimen cooperativo, es decir, no existe producción social, privada o libre, ya que como la totalidad de los pescadores son socios de la Cooperativa, estos al arribar a la playa entregan todo el producto a la Cooperativa, la cual registra los volúmenes y las especies que son capturadas, para que con base en ello se realicen los pagos correspondientes a los pescadores.

Se muestra en la figura III.2 la evolución de la producción pesquera total registrada en Punta Abreojos en los últimos diez años. También se puede observar que del año 1996 a 1997 se registró un notable aumento en la producción al pasar de 754 a 1,268 toneladas. Por su parte, la caída más abrupta en la producción se registró del año 1999 a 2000 con cerca de 360 toneladas.

Efectuando un análisis con tendencia a determinar la Tasa de Crecimiento Media Anual (TCMA) de la producción pesquera, se obtuvo un valor de 5.85%, considerando los últimos 10 años.



Tabla III. 3 Cuadro de vedas.

RECURSO	ZONA DE PESCA	MESES												TEMPORADA DE PESCA	TEMPORADA DE VEDA	TALLA MINIMA DE CAPTURA	SISTEMA DE PESCA AUTORIZADA		
		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre						
Almeja Pismo	Costa Occidental de la Península de Baja California															1 de mayo - 30 de noviembre	1 de diciembre - 30 de abril	100 mm de longitud en posición anterior-posterior	Buceo semiautonomo y recolección manual en el periodo de bajamar
Almeja Mano de León	Bahías costeras de Baja California Sur															1 de agosto - 30 de noviembre	1 de abril - 31 de julio	15 mm de largo en posición anterior-posterior	Buceo semiautonomo
Callo de Hacha	Bahías costeras y plataforma continental de BCS															1 de agosto - 30 de abril	1 de mayo - 31 de julio	150 mm de largo en posición anterior-posterior	Buceo semiautonomo
Caracol Panocha	Plataforma continental de BCS															1 de marzo - 31 de octubre	1 de noviembre - 28 de febrero	90 mm de longitud en un plano anterior-posterior	Buceo semiautonomo tipo Hooka
Pata de Mula	Áreas estuarias de la Península de Baja California															13 de mayo - 14 de marzo	15 de marzo - 12 de mayo	60 mm de longitud en posición anterior-posterior	Recolección manual en el periodo de bajamar
Lisa	Litoral de BCS, Sonora, Sinaloa, Nayarit y Jalisco															1 de febrero - 30 de noviembre	1 de diciembre - 31 de enero	30 cm de longitud total	Redes agalleras de 80 mm de luz de malla
Langosta Roja	Zona I: frontera con USA a Punta Malcomb BCS															16 de septiembre - 15 de febrero	16 de febrero - 15 de septiembre	82.5 mm de longitud de cefalo - torax	Trampa langostera
Langosta Azul	Zona II: arroyo el Torcillo hasta la Poza Grande															1 de octubre - 28 de febrero	1 de marzo - 30 de septiembre		Trampa langostera
Abulón Azul	Zona de pesca I															1 de octubre - 28 de febrero	1 de marzo - 30 de septiembre	82.5 mm de longitud de cefalo - torax	Trampa langostera
	Zona de pesca II															1 dic-30 jun.	1 jul-30 nov.	150 mm de longitud	
	Zona de pesca III															1 ene-31 jul.	1 ago-31 dic.	145 mm de longitud	
	Zona de pesca IV															1 ene-31 jul.	1 ago-31 dic.	140 mm de longitud	Buceo semiautonomo
	Zona de pesca I															1 sep-31 ene.	1 jul-30 nov.	120 mm de longitud	
	Zona de pesca II															1 dic-30 jun.	1 jul-30 nov.	140 mm de longitud	
	Zona de pesca III															1 ene-31 jul.	1 ago-31 dic.	135 mm de longitud	
	Zona de pesca IV															1 ene-31 jul.	1 ago-31 dic.	130 mm de longitud	Buceo semiautonomo
																1 feb-31 ago.	1 sep-31 ene.	110 mm de longitud	

Zona I: Desde isotes coronados (límite con USA) hasta Punta Malarrimo BCS incluyendo islas Guadalupe, San Benito y Cedros.

Zona II: De Punta Malarrimo, BCS, hasta el primer tercio noroeste de Bahía Asunción.

Zona III: Del primer tercio noroeste de Bahía Asunción, BCS, hasta Holcomb (en Laguna San Ignacio, BCS).

Zona IV: Punta Holcomb hasta la desembocadura del arroyo Conejo (en Isla Margarita BCS).

Periodos de veda.

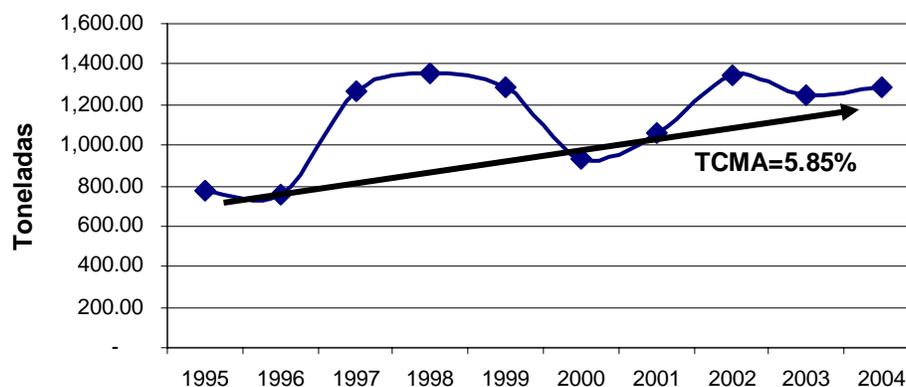
Fuente: información proporcionada por la empresa MB Desarrollos Integrales.

**Tabla III.4 Cuadro de vedas impuesta por la Sociedad Cooperativa.**

ESPECIE	TEMPORADA DE PESCA		Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
	Abulón	Autorizada	1 de enero al 31 de julio											
Empleada		1 de marzo al 31 de julio												
Lisa	Autorizada	1 de febrero al 30 de noviembre												
	Empleada	1 de febrero al 30 de noviembre												

 Periodos de veda

Fuente: información proporcionada por la empresa MB Desarrollos Integrales.

**Figura III.2 Producción pesquera en Punta Abreojos.**

Fuente: estadísticas de CONAPESCA.

Las principales especies capturadas en la zona son las siguientes: abulón (amarillo y azul), caracol, almeja, pulpo, pata de mula, langosta y especies de escama como la corvina, verdillo, jurel, bonita, blanco, lenguado y tiburón, por mencionar algunas.

El análisis detallado para cada una de las principales especies es el siguiente:

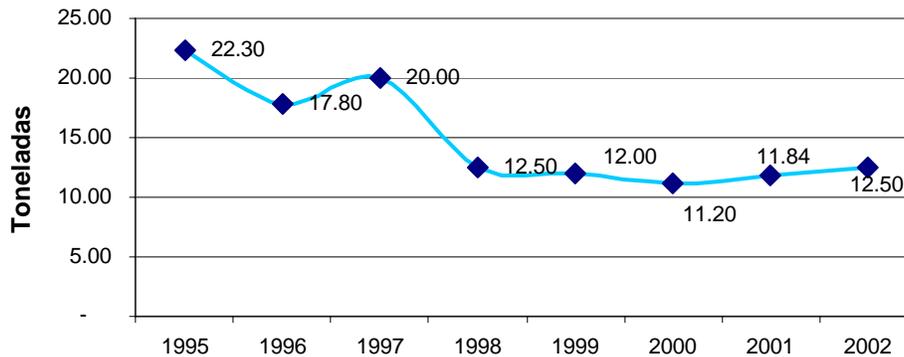
- **Abulón.**

La pesquería de abulón constituye una de las actividades más importantes que se desarrollan en la costa occidental de la península de Baja California, desde la frontera con Estados Unidos hasta Isla Margarita en Baja California Sur, México. Su gran demanda a nivel internacional hace que sea un producto de alto valor comercial, fincándose en él, la actividad tanto económica como social de las comunidades pesqueras establecidas en la región.

Los abulones amarillo y azul contribuyen aproximadamente con el 98% del volumen de la captura total de abulón.

La producción pesquera de abulón en la zona de Punta Abreojos se ha mantenido constante en los últimos cinco años; sin embargo, del año 1997 a 1998 presentó una caída de 7.5 toneladas (ver figura III.3).

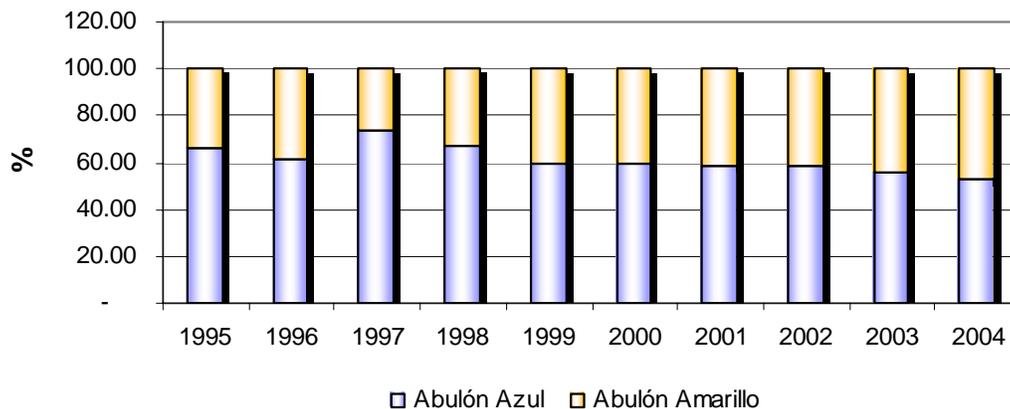
**Figura III.3 Producción de abulón.**



Fuente: estadísticas de CONAPESCA.

Por lo que respecta a los porcentajes de captura por especie de abulón, se tiene que en el año de 1995 el porcentaje de abulón azul representaba poco más del 65% y para el año 2004 el porcentaje se ha reducido a sólo 52% (ver figura III.4).

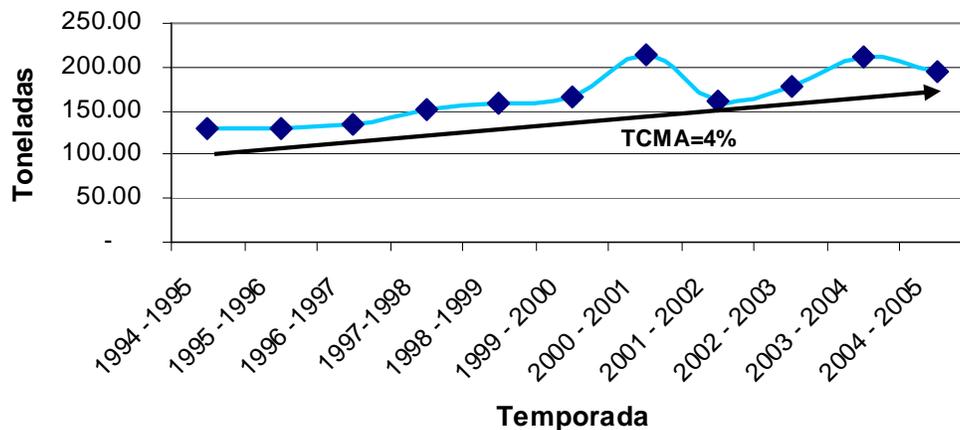
**Figura III.4 Porcentaje de captura por especie.**



Fuente: estadísticas de CONAPESCA.

### • Langosta

A lo largo del análisis de diez años de la producción pesquera de langosta, se puede observar en la figura III.5 que en los últimos años se han presentado los volúmenes más altos; debido a este incremento se tiene una TCMA = 4%.

**Figura III.5 Volúmenes de captura de langosta.**

Fuente: estadísticas de CONAPESCA.

A pesar de contar con un incremento en sus capturas, se hace constar que año con año el crecimiento es gradual, debido a que se han mejorado las técnicas de captura, así como al fuerte impulso que le da la Cooperativa para el crecimiento sostenido de la especie.

- **Escama**

Es la captura que presenta el mayor volumen en cuanto a peso, ya que se cuantifican la totalidad de las especies de escama, siendo unas de mayor tonelaje que otras, así como también varían las diferentes especies por cada temporada, pero se busca que año con año sean las mismas especies las que se capturen; dicha pesquería está representada por varias especies, entre las principales se encuentran: verdillo, corvina, jurel, bonita y tiburón.

Se determinó para el periodo de análisis de los datos recopilados una TCMA=6% (ver figura III.6).

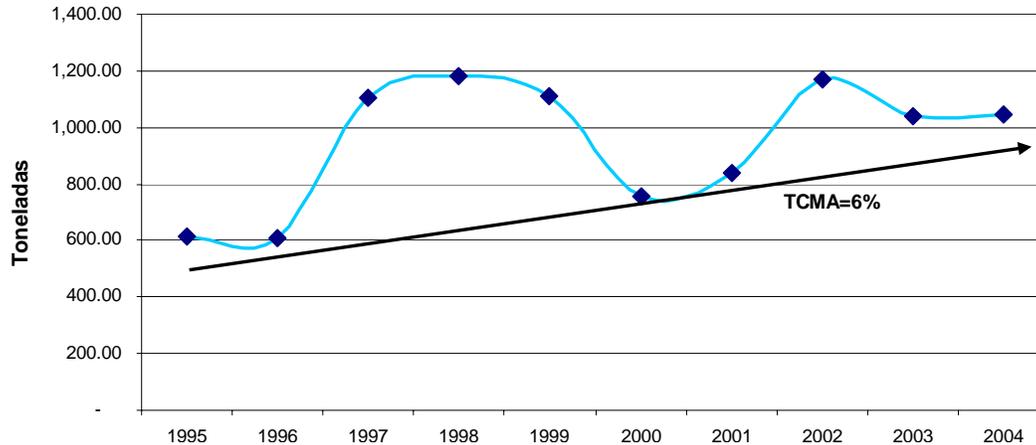
### III.3. Sistema de Comercialización.

La comercialización de los diferentes productos pesqueros que se capturan en la Cooperativa Punta Abreojos, tienen un comportamiento bien esquematizado por parte de la propia Cooperativa.

Una vez que ha sido entregada la captura del día por parte de los pescadores a la planta procesadora de la Cooperativa, esta la clasifica dependiendo de la especie

entregada para su proceso posterior; una vez ya clasificada se realizan los procesos necesarios de su especie y de su destino de comercialización.

**Figura III.6 Producción histórica de escama.**



Fuente: estadísticas de CONAPESCA.

Desde sus inicios, la Cooperativa tuvo un constante acercamiento con los comerciantes de la región de Ensenada, y a ellos era vendido todo su producto; posteriormente, deciden evadir un intermediario e invierten en infraestructura pesquera para lograr tal propósito.

Es por ello que la Sociedad Cooperativa Punta Abreojos posee en la ciudad de Ensenada, Baja California, una planta para la venta directa de sus productos pesqueros, así como también el traslado de las especies se realiza por medio de autotransporte que también son propiedad de la Cooperativa. Utilizan para tal fin trailer con caja refrigerado.

### III.3.1. Principales puntos de venta.

Cada especie tiene un destino definido de acuerdo a los compromisos de la Sociedad Cooperativa.

En este caso, ningún porcentaje de la producción tiene un destino en específico, ni para consumo local o regional; toda la venta es por medio de la pescadería ubicada en la ciudad de Ensenada (ver figura III.7).

### III.3.2. Financiamiento de la actividad pesquera.

A pesar de que gran parte de los activos necesarios para las labores de pesca son pertenecientes a la propia Cooperativa, tales como lanchas, motores, artes de

pesca, es necesario contar con diversos programas de apoyo a las actividades pesqueras o a los propios pescadores, buscando un mayor beneficio de todos los involucrados en las actividades pesqueras.

**Figura III.7 Pescadería Punta Abreojos en la ciudad de Ensenada.**



Fuente: imagen proporcionada por la empresa MB Desarrollos Integrales.

Los pescadores no tienen gastos propios por conceptos de gasolina, aceite, refacciones, reparaciones, etc., debido a que todos estos accesorios y consumibles los otorga la propia Cooperativa para su uso.

A pesar de ello, la Sociedad Cooperativa suscribe a todos los socios para participar dentro de los diferentes programas de apoyo, principalmente otorgados por el Gobierno Federal para apoyo a las actividades pesqueras; tal es el caso del programa “Gasolina Marina”, el cual consiste en un plan de subsidio de gasolina a pescadores, otorgado por la SAGARPA para todos los pescadores que así lo soliciten.

Existen otros tipos de financiamientos otorgados también por la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) para el apoyo en la compra de refacciones en las distintas embarcaciones que se utilizan.

Aunado a dichos programas se encuentra en proceso un programa con la misma SAGARPA para la ampliación y remodelación de la planta procesadora de la Cooperativa.

### III.4. Proyección de la producción pesquera.

La proyección de la producción pesquera de cualquier especie se encuentra influida por la inestabilidad y migración de las especies, el medio ambiente, el clima y muchos otros factores; sin embargo, es posible establecer una proyección del volumen de captura.

Considerando que la Tasa de Crecimiento Media Anual (TCMA) se obtiene con la expresión:

$$TCMA = \left( \sqrt[n]{\frac{Vf}{Vi}} - 1 \right) \times 100$$

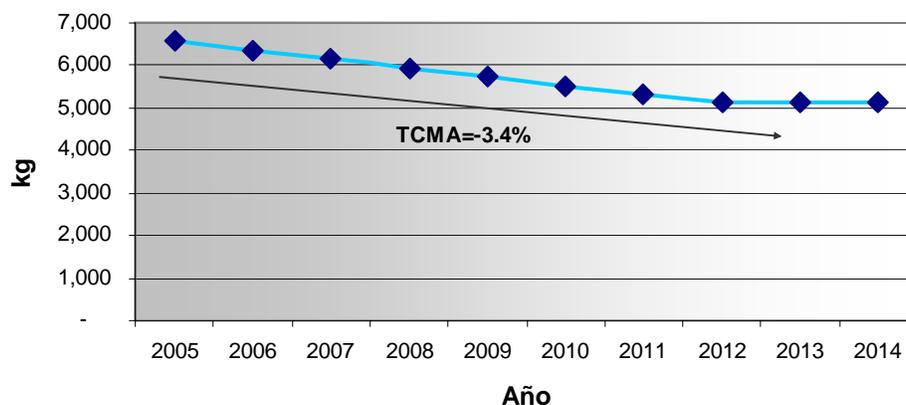
donde:  $Vf$  = valor final  
 $Vi$  = valor inicial  
 $n$  = número de años

El número de años que se proyectarán no será mayor de 10.

Mediante proyecciones aritméticas de la TCMA se determinó la tendencia de producción pesquera para las principales especies, obteniéndose los resultados que se aprecian en las figuras III.8, III.9, III.10, III.11 y III.12.

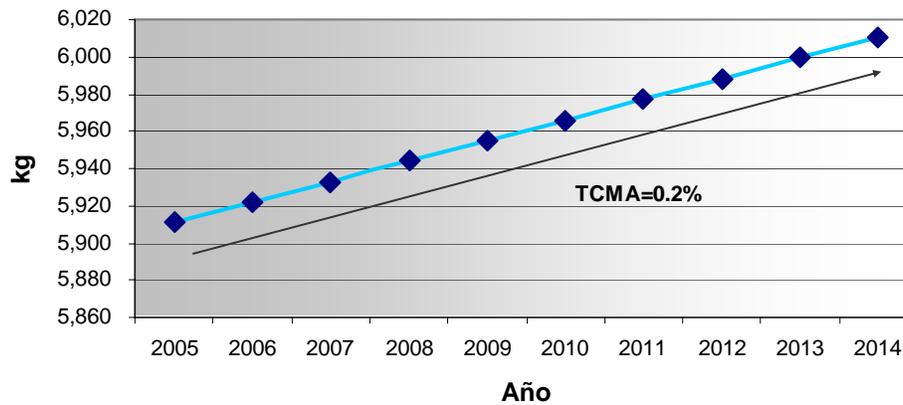
Como se podrá observar en las figuras antes mencionadas, solo en el caso del abulón azul se presenta una tendencia negativa en los volúmenes de captura. El mayor incremento en la producción se estima para el caso de la escama y para la producción total de la zona se espera un crecimiento del 2.9% anual.

**Figura III.8 Proyección de la producción del abulón azul.**



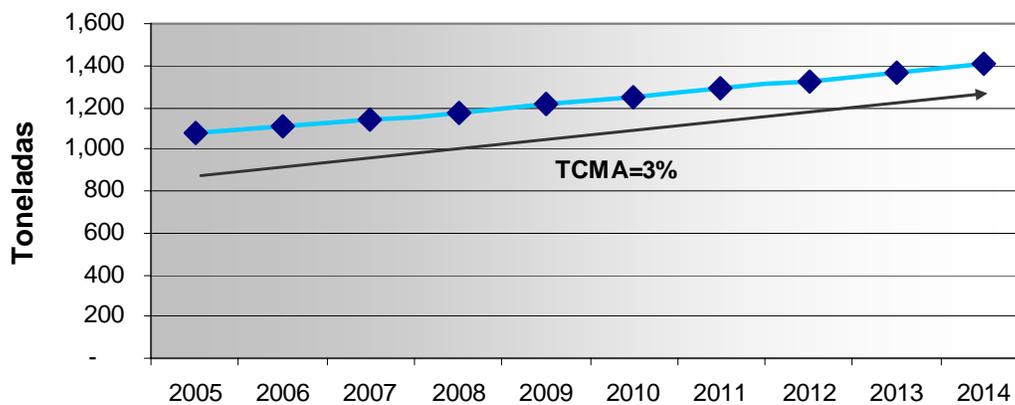
Fuente: información proporcionada por la empresa MB Desarrollos Integrales.

**Figura III.9 Proyección de la producción del abulón amarillo.**



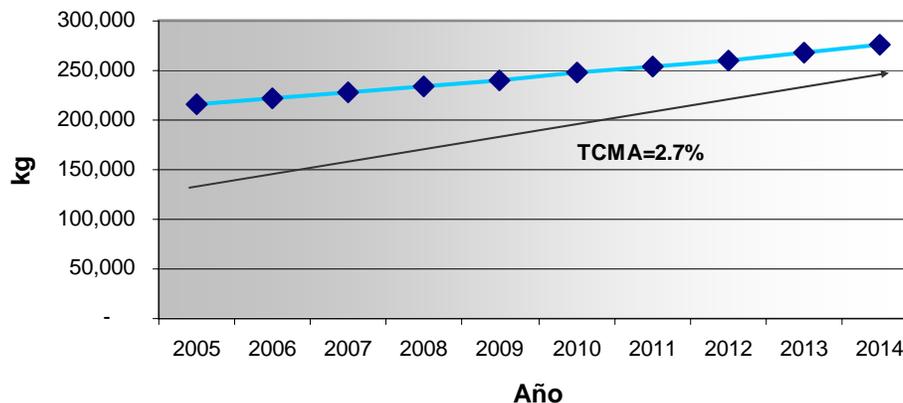
Fuente: información proporcionada por la empresa MB Desarrollos Integrales.

**Figura III.10 Proyección de la producción de la escama.**

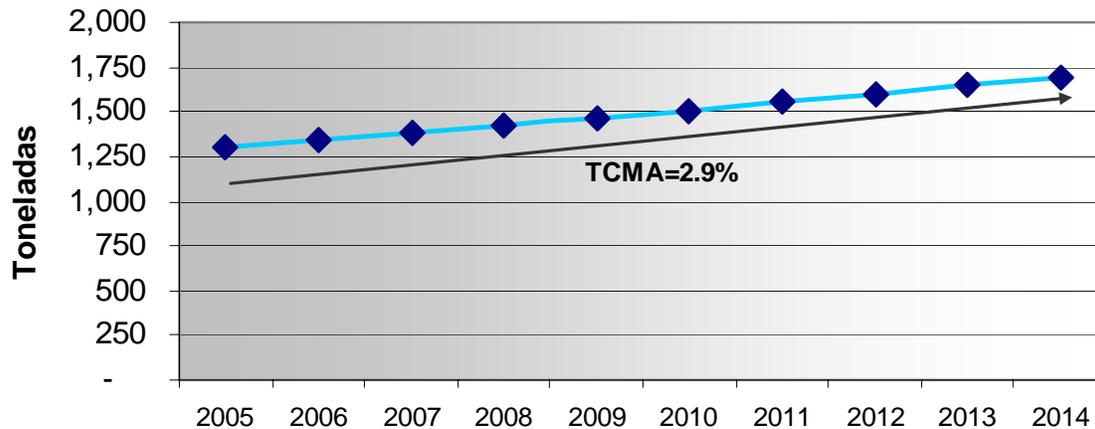


Fuente: información proporcionada por la empresa MB Desarrollos Integrales.

**Figura III.11 Proyección de la producción de la langosta.**



Fuente: información proporcionada por la empresa MB Desarrollos Integrales.

**Figura III.12 Proyección de la producción total de las especies.**

Fuente: información proporcionada por la empresa MB Desarrollos Integrales.

Es importante mencionar que se realizaron las proyecciones considerando las tasas de crecimiento presentadas del año 1995 a 2004, excepto para la escama y la langosta que se tomó la mitad de la misma, y para la producción total en donde se obtuvo la TCMA de la suma de la producción de las diversas especies.

La participación de la Sociedad Cooperativa Punta Abrejos es fundamental para el desarrollo del mismo poblado, ya que como se mencionó, la población tiene su origen y su fundación como consecuencia de la actividad pesquera.

Actualmente, dentro de la Cooperativa existen los trabajadores socios de la misma y los trabajadores no socios: la diferencia entre ellos se basa en la reglamentación de la Sociedad Cooperativa. No es posible dar cabida a todos los trabajadores como socios, ya que es necesario cumplir con una serie de requisitos, es por ello que los que no son socios, se alquilan como trabajadores, en todas y cada una de las áreas con que cuenta la Cooperativa.

Por lo tanto, se considera que casi la totalidad de la población de Punta Abrejos se encuentra asociada ya sea en forma directa o indirecta con la Sociedad Cooperativa, y que gran parte de la población son socios, de los cuales toda su familia depende directamente de sus actividades pesqueras.

La otra parte de la población que no son asociados, son empleados de la planta procesadora de productos pesqueros, la cual emplea gran número de personas.

Por consiguiente, cerca del 95% de la población radicada en Punta Abrejos depende directamente de las actividades pesqueras de la Sociedad Cooperativa.

Cabe hacer mención que el 5% restante de los pobladores se dedican a labores propias de una Comunidad, tales como maestros, tenderos, doctores, empleados de



restaurante, de servicios, pero a su vez todos estos pobladores radican en la Comunidad debido a que la gente que labora en actividades pesqueras requiere de dichos servicios y, por consiguiente, es necesaria su presencia. Pero si las actividades pesqueras dejaran de existir, la Comunidad de Punta Abreojos dejaría de funcionar como tal.

Es por ello que se puede afirmar que el 100% de la población presente en la Comunidad de Punta Abreojos, depende ya sea en forma directa o indirecta, de las actividades pesqueras de la Sociedad Cooperativa.

### **III.5. Apoyo a la actividad pesquera.**

La infraestructura de apoyo para el desarrollo de las actividades pesqueras en Punta Abreojos es muy variada y ha contribuido al crecimiento, tanto de la propia Sociedad Cooperativa, como la del poblado, destacando entre ellas la planta de procesamiento de productos pesqueros.

- **Industria de procesamiento y/o conservación de productos pesqueros.**

Esta etapa es muy importante para la Sociedad Cooperativa ya que gracias al desarrollo de su planta procesadora de productos pesqueros, se ha logrado dar un valor agregado; para comprender a fondo su funcionamiento es necesario conocer el proceso de las especies que se comercializan, tal es el caso del abulón y la langosta.

- **Procesamiento de la langosta.**

Durante la temporada de captura de la langosta, los pescadores arriban con la cuota determinada y la entregan a la planta para su proceso posterior. Se reciben en costales y posteriormente es echada en una sorteadora donde se clasifica por medidas: tamaño chico (15 cm), mediano (16 cm), grande (18 cm), burro (22 cm) y caballo (30 cm); de ahí son depositadas en una canasta por clasificación para dirigirlas a cocimiento en un tanque especial donde hay agua a temperatura constante entre 110 y 120 grados centígrados. Cada medida de langosta permanece en cocimiento por diferente tiempo.

Cuando ha estado el tiempo necesario en cocción, se saca y se envía a un tanque enfriador de agua a temperatura ambiente, con el propósito de bajar la temperatura para detener el cocimiento, luego se pasa a un recipiente en forma de cacerola de 2 m por 1.5 m de diámetro, aproximadamente, y se va colocando una por una, en una banda transportadora que va pasando por los lavadores; estos son unos grifos por los que sale agua a presión, la cual elimina las impurezas al producto y al



finalizar el lavado, pasa a otra banda transportadora que las conduce a una cacerola de 1 por 3 m de diámetro.

Varias trabajadoras les quitarán las impurezas que les pudieran haber quedado con un cepillo. Se vuelve a clasificar por tamaños dentro de su misma medida, poniéndolas en una parrilla para que se destilen por varias horas.

Todo lo anterior es realizado por la mañana; por la tarde se hace la clasificación pasándolas por la balanza que mide en libras, quedando como sigue: 1, 1  $\frac{1}{4}$ , 1  $\frac{1}{2}$ , 1  $\frac{3}{4}$ , 2, 2  $\frac{1}{4}$ , 3, 3 a 4 y 6 libras. La encargada de pesar mantiene un estricto control de calidad ya que de acuerdo a su calidad, será el mercado en que la langosta será colocada. Cuando esta completa, bien limpia, etc., se llama de primera calidad y está destinada a exportación; se nombra de segunda, cuando está un poco golpeada, la cual se coloca diferente, pero en su medida y se destina a consumo nacional.

Posteriormente se empaquetan en cajas con papel encerado y cuando la caja esta llena, se marca en ella la medida correspondiente con marcador; después dirigen las cajas a un pesador encargado de verificar el peso de éstas en una balanza en libras.

Cada caja debe de pesar 35 libras; posteriormente otro trabajador engrapa la caja a fin de que no se salgan y le pone una clave de clasificación. Después, cuando se han juntado 12 cajas pesadas y engrapadas, se transportan en un montacargas rumbo al congelador, donde se van almacenando. Cuando el total de la producción esta en el congelador, se pone a funcionar todo el equipo de refrigeración, hasta que el producto se congele a una temperatura de -18 a -20 °C y permanece un promedio de 30 a 40 horas, dependiendo la cantidad almacenada.

Posteriormente se saca y se transportan en un montacargas a otro cuarto de almacenamiento, con una capacidad de 6 a 7 toneladas, donde permanece a una temperatura constante de -18 a -20 °C, hasta que se completa cierto tonelaje. A la postre, se traslada a la ciudad de Ensenada por medio de un trailer con caja refrigerada para su venta final.

En el caso del producto vivo, este al llegar a la planta y ser clasificada por tamaño, pasa a un proceso antes de ser embarcada a su destino final, mediante el cual se adormece a la langosta por medio de frío, y es transportada manteniéndola adormecida con hielo seco en cajones.

- **Procesamiento del abulón.**

El abulón es llevado en camioneta a la planta donde es pesado en concha, un trabajador del equipo de abuloneros realiza la labor de desconcharlo, con matador, que es una especie de espátula, para quitar la concha y la tripa al molusco; al terminar, pesa la carne en kilos y pasa a la oficina donde le entregan el recibo correspondiente.



A partir de aquí el proceso es realizado por cuenta de los empleados de la planta procesadora, el abulón se deposita en un recipiente de grandes dimensiones para ser transportado a una lavadora donde sale casi sin impurezas y a continuación se pasa a una mesa grande, donde las trabajadoras con cuchillo en mano quitan las impurezas que pudieron haber quedado.

De ahí se enjuaga de nuevo en un recipiente con agua. Hecho esto, se pasa a otra mesa donde es pesado en onzas y se va depositando en latas de una libra; posteriormente se le vierte salmuera. Enseguida las latas van siendo puestas en una banda transportadora, las cuales llegan a donde está una trabajadora que las pone en otra banda transportadora llamada “exsor”, con la función de realizar mediante vapor un precocido de las latas; al llegar al otro extremo, un trabajador provisto de guantes de hule recoge las latas y las coloca en una máquina llamada cerradora y engargoladora, encargada de poner las tapas con la clave con la que fueron enlatadas. Otro trabajador las recibe y las deposita en un carrito para meterlo cuando se termina el producto en la “retorta”, la cual lo cuece a una temperatura muy alta, mediante vapor (ver figura III.13).

Permanece ahí hasta que tiene el cocimiento necesario y antes de sacarlo, se baja la presión de la “retorta”; se le vierte agua fría para que no se siga cociendo y al final se saca y se empaca en caja de 48 latas etiquetadas previamente. Se almacena a temperatura ambiente para enviarse al mercado. Con este proceso se observa cómo la “Sociedad Cooperativa Punta Abreojos” logra avanzar a la vanguardia y con los requerimientos ante la Secretaría de Salubridad, SEMARNAT y los propios lineamientos de mercadotecnia.

Debido a que estas dos especies en particular son de alto valor comercial y que representa grandes ganancias a los pescadores y a la Sociedad Cooperativa, resulta tan importante para la Cooperativa mantener en excelentes condiciones su planta procesadora.

La planta procesadora instalada dentro de la Cooperativa Punta Abreojos, cuenta entre lo más importante con oficinas, centro de recepción de especies producto de la pesca (ver figura III.14), área de limpieza de las diferentes especies capturadas, cuartos de refrigeración y congelación (ver figuras III.15 y III.16), área de fabricación de hielo, zona de procesamiento del abulón, estanques de almacenamiento para especies vivas como la langosta (ver figura III.17), zona de entrega y despacho de los productos que se embarcan para su traslado a la pescadería de Ensenada.

Cada una de estas áreas se encuentran a cargo del personal del departamento de control y calidad, los cuales vigilan que se cumplan las respectivas normas de calidad e higiene, así como el estar alerta que los diferentes procesos de producción se mantengan en perfecto estado.

Adicionalmente, vigilan que las especies cumplan con las especificaciones de calidad requeridas y coordinan los trámites necesarios para el traslado de los productos pesqueros a la pescadería de la ciudad de Ensenada.

**Figura III.13 Procesamiento del abulón.**



Sala especial para desconchar el abulón y pesarlo en balanza electrónica

Después de ser pesado, pasa por este túnel a la sala de procesamiento



En esta máquina de STANY STEEL, se lava y retiran impurezas





Momento de pesado de acuerdo a las onzas que se depositarán en cada lata

Proceso de enlatado: el personal se apega a las estrictas medidas de higiene



Tratamiento líquido de cobertura por medio de salmuera



El exhsosther "exhor" se encarga del vacío

Después pasa a la máquina cerradora de latas y se ordenan en canastillas



Llenas las canastas, pasa a la autoclave para su cocimiento y esterilización

Fuente: imágenes proporcionadas por la empresa MB Desarrollos Integrales.

**Figura III.14 Zona de recepción de productos pesqueros.**



Fuente: imagen proporcionada por la empresa MB Desarrollos Integrales.

**Figura III.15 Cuarto de refrigeración de productos pesqueros.**



Fuente: imagen proporcionada por la empresa MB Desarrollos Integrales.

**Figura III.16 Cuarto de congelación de productos pesqueros.**



Fuente: imagen proporcionada por la empresa MB Desarrollos Integrales.

**Figura III.17 Estanques de conservación de langosta viva.**



Fuente: imagen proporcionada por la empresa MB Desarrollos Integrales.



Esta planta procesadora opera durante todo el año y en gran parte de las ocasiones, las 24 horas del día. Únicamente varía a lo largo del año en los diferentes procesos, ya que mientras existe la temporada del abulón no existe el proceso de la langosta y viceversa, mientras que en el caso de la escama es durante todo el año, todo ello se rige de acuerdo a los diferentes periodos de veda de las diversas especies que se procesan.

Adicionalmente, la Sociedad Cooperativa cuenta también con bodega de almacenamiento de accesorios, combustibles, refacciones, necesarios tanto para las diversas instalaciones de la planta procesadora como para las embarcaciones. A su vez cuenta con dos talleres donde se les da mantenimiento a las unidades y a las embarcaciones.

Cuenta también con una área destinada a resguardar y mantener en refrigeración la carnada utilizada para las diferentes artes de pesca empleadas; dicha área se encuentra a pie de playa y diariamente los pescadores toman la cantidad necesaria para sus trampas.

Para realizar el traslado de las diferentes especies capturadas y procesadas en la planta de procesamiento de la Sociedad Cooperativa Punta Abreojos hacia la pescadería propiedad de la misma Cooperativa ubicada en la ciudad de Ensenada, Baja California, se utilizan trailers con cajas refrigeradas, el cual realiza un recorrido de 12 horas.

### **III.6. Infraestructura para la Comunidad de Punta Abreojos.**

A continuación se mencionan algunos elementos vitales para el desarrollo de las actividades, en general, de la Comunidad.

- **Combustible.**

Para el abastecimiento de combustible necesario para realizar las labores de pesca de las diferentes embarcaciones, la Sociedad Cooperativa realizó un acuerdo por medio del programa de financiamiento de gasolina marina y PEMEX, con el propósito de surtir la gasolina a la Cooperativa.

Anteriormente se tenía que realizar el viaje a El Vizcaíno o San Ignacio para poder abastecerse de combustible, ya que el poblado no cuenta con una estación de gasolina, por lo que se transportaban en camionetas y llevaban bidones, los cuales llenaban y los transportaban a la planta procesadora para almacenarla y así poder tener la gasolina necesaria para sus embarcaciones.

Con los respectivos acuerdos y el programa de financiamiento, ahora por parte de PEMEX se realiza el surtido de gasolina, es decir, una pipa de PEMEX se abastece



en Santa Rosalía, Baja California Sur, y se traslada a la comunidad de Punta Abreojos, donde la planta procesadora cuenta con un depósito de combustible donde es almacenado.

Una vez acopiado, el abastecimiento de combustible para las embarcaciones se realiza en una unidad adecuada para transportarla hasta el varadero, allí se deposita en tanques de plástico con capacidades de 60 a 100 litros.

El consumo promedio por embarcación es variable de acuerdo a la pesquería de que se ocupe, el cual se muestra en la tabla III.5.

**Tabla III.5 Consumo promedio de combustible de embarcaciones de acuerdo a la pesquería desarrollada.**

<b>Pesquería</b>	<b>Consumo promedio (lt/mes)</b>
Abulón	262.50
Langosta	1,006.00
Escama	627.08
Caracol	533.33

Fuente: información proporcionada por la empresa MB Desarrollos Integrales.

En el caso de los demás combustibles, tales como lubricantes y refacciones, estos al requerirse se solicitan al almacén destinado para tal uso, y cuando se necesita algo que no se tiene en existencia, se realiza el pedido a las oficinas de Ensenada, para que en el viaje de regreso de algún trailer, lleve consigo lo solicitado.

Cabe mencionar que tanto la gasolina, lubricantes y refacciones que se requieren para cada una de las embarcaciones, son propiedad de la Sociedad Cooperativa y son proporcionadas a cada embarcación, por lo que el pescador no requiere hacer una inversión o gasto en este sentido; lo único que precisa hacer es notificar al encargado del taller de mantenimiento de embarcaciones que su lancha requiere de mantenimiento o necesita gasolina.

- **Fábrica de hielo.**

En este sentido, dentro de la Comunidad Punta Abreojos no existe alguna fábrica de hielo o de venta de hielo; por lo tanto, la Sociedad Cooperativa decidió invertir lo necesario para poder producir su propio hielo para conservar sus productos pesqueros.

Es por ello que dentro de la planta procesadora de productos pesqueros se adecuaron 2 cuartos, los cuales producen hielo durante todo el año; este hielo es utilizado para conservar las especies durante su traslado a la pescadería en la ciudad de Ensenada (ver figura III.18).

Las embarcaciones de pesca no utilizan hielo en ninguna de sus labores de pesca; es por ello que no existe una distribución específica para tal fin.

Las cantidades producidas de hielo, así como el gasto que ocasiona a la Cooperativa, no se encuentra totalmente definido, ya que utilizan el agua que ellos mismos producen y la energía eléctrica que también producen ellos.

**Figura III.18 Zona de producción de hielo.**



Fuente: imagen proporcionada por la empresa MB Desarrollos Integrales.

- **Aspectos sociales y servicios en la población.**

La conformación de la población Punta Abreojos se vio enmarcada de la misma manera que la propia Cooperativa, ya que debido a las actividades pesqueras se tuvo que establecer un poblado con los propios pescadores que, temporada tras temporada, debía sufrir las largas travesías hasta llegar tanto al campo pesquero como de regreso a sus casas.

Los servicios con los que actualmente cuenta la Comunidad son los siguientes:

### **Agua Potable.**

La mayor problemática enfrentada desde sus inicios por la Comunidad fue la carencia de agua, la cual tuvo que enfrentar una serie de acontecimientos hasta llegar a la producción con una planta desaladora, como se realiza hasta ahora.

La planta actualmente se encuentra a cargo del Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de Baja California Sur (SAPA), pero la Cooperativa Punta Abreojos

participa activamente con la desaladora, ya que provee como punto de partida el sistema de bombeo del agua de mar hacia los tanques de la planta desaladora, la electricidad necesaria para todas sus labores, así como los combustibles para las pipas y sus refacciones.

Las pipas realizan su jornada diariamente desde muy temprano, repartiendo casa por casa el agua, la cual depositan en los tinacos que la gente deja en sus patios (ver figura III.19).

A pesar de contar con la planta, la problemática de la carencia del agua potable sigue siendo un factor de importante consideración, ya que la planta desaladora continuamente sufre averías, provocando escasez del líquido, además de que los gastos de mantenimiento que se tienen que afrontar son cuantiosos y gran parte de ellos los liquida la Sociedad Cooperativa.

**Figura III.19 Pipa para reparto de agua potable.**



Fuente: imagen proporcionada por la empresa MB Desarrollos Integrales.

### **Energía eléctrica.**

La energía eléctrica que da el servicio a toda la Comunidad, incluyendo la planta procesadora y las oficinas de la Sociedad Cooperativa, así como todas las viviendas, es producida por medio de 3 generadores ubicados en distintas zonas de la Comunidad. Actualmente solo opera 1 planta, la cual abastece a la planta desaladora y a la Comunidad; esta tiene un gasto de combustible de 1,600 - 1,800 litros de diesel al día.

Cuando la planta procesadora requiere mayor consumo de energía para sus diferentes procesos, entonces 1 generador trabaja únicamente para darle el servicio y determinada área de la Comunidad queda sin luz momentáneamente. Los restantes generadores no operan debido a que no es necesaria la energía que generarían al mismo tiempo los 3 generadores, y los gastos de mantenimiento son muy altos.



Los respectivos gastos de combustible, el traslado, las reparaciones y los sueldos de los diferentes trabajadores que laboran en los generadores son cubiertos en su totalidad por la Sociedad Cooperativa.

### **Disposición de residuos.**

En el caso de los residuos de la planta procesadora de productos pesqueros, son depositados en el basurero municipal, los cuales son transportados por camiones. Este basurero municipal, que es un relleno sanitario, se localiza a 3 kilómetros de la población; cuando son residuos líquidos, estos son vertidos al mar directamente debido a que no se utilizan químicos ni contaminantes.

Para las casas de la Comunidad, sus residuos sólidos son depositados de igual manera en el basurero municipal y, además, las casas cuentan con fosas sépticas para depositar sus residuos sanitarios.

Adicionalmente, se realizan muy seguido análisis por parte de la Secretaría de Salud de los líquidos que son vertidos al mar, así como análisis a los cuerpos de agua para comprobar sus condiciones naturales.

### **Vigilancia.**

Existe dentro de la Comunidad Punta Abreojos servicio de vigilancia por parte del municipio. Dicha agrupación pertenece a la policía municipal del Estado, la cual trabaja las 24 horas del día, sus labores de vigilancia la realizan mediante recorridos en todo el poblado; cuentan con una subdelegación para atender cualquier percance que se llegara a presentar.

En el caso de las actividades pesqueras, es muy necesaria la vigilancia de los cuerpos de agua, ya que anteriormente se presentaron grandes problemáticas al existir pesca ilegal dentro del territorio concesionado a la Sociedad Cooperativa.

Por ello, la Cooperativa decidió proteger y vigilar sus zonas concesionadas y así evitar que se vuelva a presentar pesca ilegal, implementando que durante las noches se realicen recorridos de vigilancia por parte de 2 embarcaciones destinadas para tal fin, los cuales van equipados con radio para solicitar apoyo en caso de ser necesario.

Adicionalmente, por parte de la Secretaría de Marina, existe vigilancia en las zonas de playa para evitar que se presente la pesca ilegal, además de que existe dentro de la Comunidad un cuartel de vigilancia donde su principal objetivo es salvaguardar las costas y evitar acciones de narcotráfico (ver figura III.20), al ser esta una zona fronteriza. En caso de que la Cooperativa solicite el apoyo de dicha agrupación, los marinos se encuentran en la disposición de apoyar en todo lo necesario.

**Figura III.20 Vigilancia por parte del sector naval.**



Fuente: imagen proporcionada por la empresa MB Desarrollos Integrales.

## **Educación.**

La Comunidad lucho por que la educación siempre existiera para sus pobladores, así que en el año de 1953 se construyó una escuela de madera por parte de los trabajadores de la Cooperativa, y con el transcurso del tiempo se construyó la actual primaria.

Posteriormente se fundo el jardín de niños para edades preescolares, y la escuela secundaria, los cuales daban el abasto suficiente y mínimo para la educación de la población juvenil.

Los centros educativos presentes en la Comunidad de Punta Abrejos se presentan en la tabla III.6.

Ante la gran problemática que se presentaba en las familias al emigrar los jóvenes a continuar sus estudios de bachillerato en otras poblaciones, se optó por invertir para la construcción de una escuela preparatoria, pero esto ocasionaba un fuerte gasto, por ello decidieron asociarse conjuntamente con la Comunidad La Bocana, para que entre ambas poblaciones se coordinaran y establecieran una preparatoria.

Así, entre ambas poblaciones tendrían acceso a ambas escuelas. Es por ello que los estudiantes de nivel secundaria de La Bocana se trasladan a Punta Abrejos a estudiar y viceversa, los estudiantes de nivel bachillerato se trasladan a la Comunidad de La Bocana a cursar la preparatoria.

**Tabla III.6 Centros educativos en Punta Abreojos.**

Centro educativo	Nombre	Localización
Jardín de niños	Francisco González Bocanegra	Punta Abreojos
Escuela primaria	Estado de Michoacán	Punta Abreojos
Escuela secundaria	Francisco Estrada Lucero	Punta Abreojos
Escuela preparatoria	CECYTE	La Bocana
Biblioteca pública	Lucía Melgar Sánchez	Punta Abreojos

Fuente: información proporcionada por la empresa MB Desarrollos Integrales.

El traslado de los estudiantes se realiza por medio de autobuses que fueron donados por parte del Gobierno del Estado (ver figura III.21), pero los gastos de mantenimiento de los autobuses y de los conductores están a cargo de ambas Sociedades Cooperativas.

**Figura III.21 Traslado de alumnos a la Escuela Preparatoria.**

Fuente: imagen proporcionada por la empresa MB Desarrollos Integrales.

También, como parte complementaria de las aulas de educación, la Comunidad Punta Abreojos cuenta con una Biblioteca Escolar (ver figura III.22), la cual por las tardes atiende y auxilia a los estudiantes en sus tareas y en sus investigaciones. Existe además un programa para la enseñanza de los adultos, donde los pobladores que así lo desean pueden continuar o comenzar sus estudios de cualquier nivel.

### **Prestadores de servicios.**

En la Comunidad de Punta Abreojos, a pesar de ser un poblado pequeño, existen diversos prestadores de servicios necesarios para el desarrollo de la Comunidad, los cuales son:

- a) Tiendas de consumo.
- b) Restaurantes.
- c) Señal de televisión.
- d) Señal de radio.
- e) Telégrafos.
- f) Caseta telefónica.

Como parte del esparcimiento para la población, Punta Abreojos cuenta con un campo de béisbol, donde los domingos la familia se recrea durante los partidos que enfrentan contra otras poblaciones; asimismo, cuentan con un salón para eventos sociales y donde celebra la mayoría de la gente sus fiestas.

**Figura III.22 Biblioteca Pública.**



Fuente: imagen proporcionada por la empresa MB Desarrollos Integrales.

### **III.7. Infraestructura portuaria pesquera.**

Las actividades pesqueras de la Comunidad Punta Abreojos se desarrollan en condiciones muy desfavorables en lo que se refiere a infraestructura portuaria pesquera necesaria para tales actividades.

- **Obras de protección.**

No existen obras de protección en el sitio, es por ello que la zona enfrenta continuamente el oleaje presente en la región (ver figura III.23); la única protección con que cuentan es que la zona de varar embarcaciones está dentro de una pequeña bahía, lo que aminora el oleaje, pero a pesar de ello las embarcaciones diariamente al salir

esperan a que el mar este en calma, ya que de lo contrario dicho oleaje podría provocar la volcadura de las mismas.

**Figura III.23 Carencias de obras de protección.**



Fuente: imagen proporcionada por la empresa MB Desarrollos Integrales.

- **Canales y dársenas.**

De igual forma, al no contar con obras de protección, no existe la presencia de canal de acceso y dársenas, por lo que las embarcaciones para poder orientarse tanto para arribar como para salir utilizan su experiencia, aunado a que cada embarcación cuenta con un navegador, el cual les indica el camino que deben utilizar para su retorno.

- **Obras de atraque.**

Las embarcaciones utilizadas para labores de pesca no cuentan con obras de atraque indispensables para sus actividades; éstas, para vararse, utilizan la zona de playa existente. Por consiguiente, para realizar sus operaciones de descarga de productos pesqueros, lo hacen en la orilla de la playa, una vez que han arribado, ocasionando un retraso mayor en sus operaciones, ya que para varar la embarcación en la playa es necesaria la ayuda de camionetas que remolquen la embarcación hacia una zona mas favorable.

Una vez que han terminado las labores de descarga del producto, requieren ser remolcados por la grúa o camioneta hacia zonas altas de la playa donde permanecerán varadas hasta el día siguiente; esto ocasiona que las embarcaciones se dañen continuamente al ser arrastradas (ver figura III.24).

Otro factor de consideración es que los costos por realizar dichas maniobras representa un gasto mayor para la Cooperativa, ya que se requiere mantenimiento y combustible para la grúa y las camionetas que realizan tal labor.

**Figura III.24 Zona de varado de embarcaciones.**



Fuente: imagen proporcionada por la empresa MB Desarrollos Integrales.

La principal problemática de la zona es la falta de seguridad de las embarcaciones y de la tripulación, ya que debido a que no se presenta una zona de calma, las embarcaciones pueden volcarse al embarcarse y al arribar a la playa.

Esto ocasiona, además, retrasos en las operaciones de salida de embarcaciones y al retornar presenta serios problemas de descarga del producto de la pesca, lo que ocasiona que las especies capturadas se asoleen más de 2 horas inclusive, lo cual afecta su calidad.

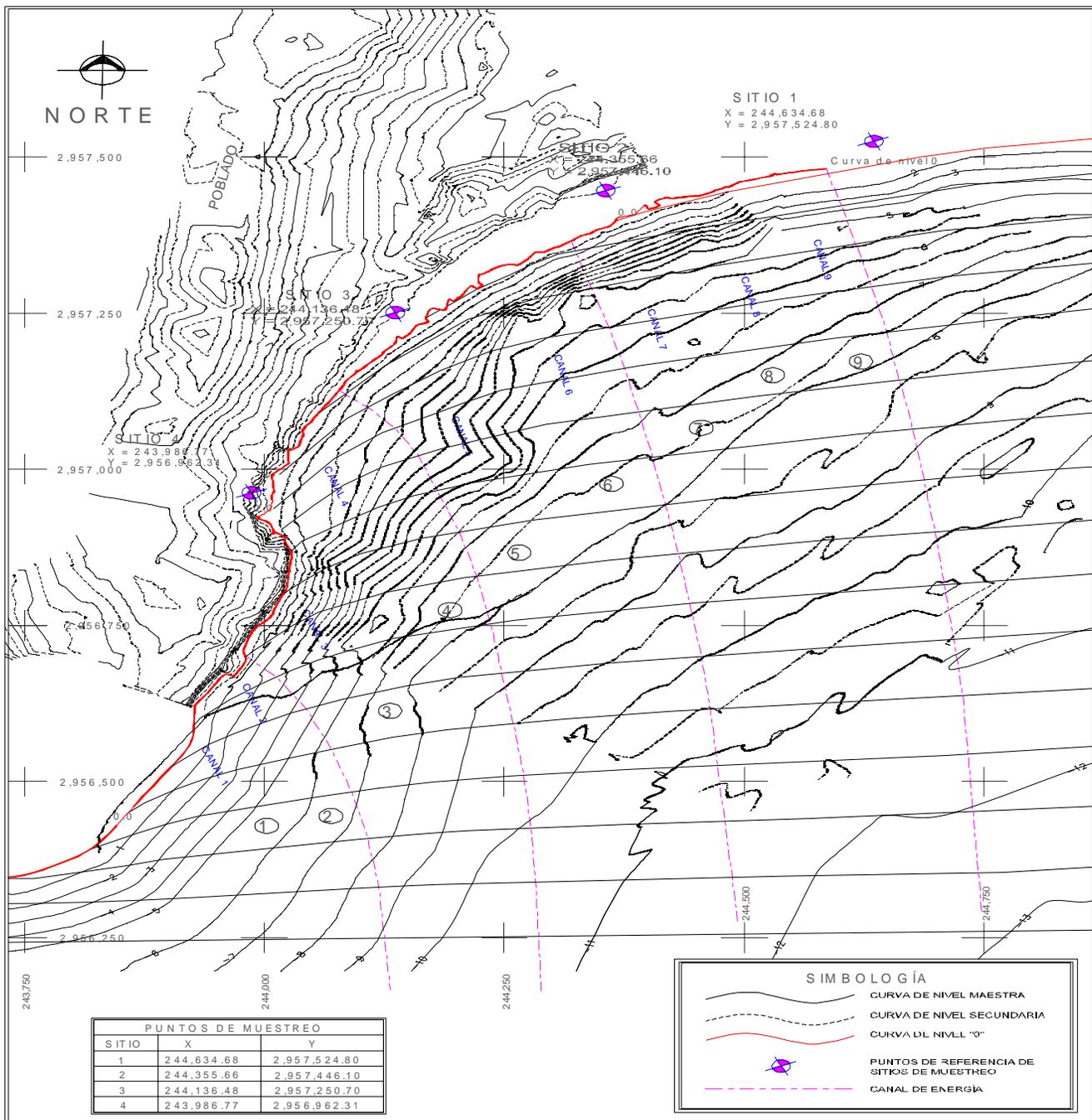
### **III.8. Estudio del medio físico.**

Para este punto del capítulo es conveniente presentar una serie de apartados importantes para el desarrollo del mismo.

### III.8.1. Muestreo de sedimentos.

Este análisis tiene una estrecha relación con los perfiles playeros, por tanto, en esta campaña se procedió al estudio del material que conforma la playa. Para tener una mejor idea de esto, ver la figura III.25.

Figura III.25 Características generales del diámetro medio del material playero.



Fuente: información proporcionada por la empresa MB Desarrollos Integrales.



De las muestras de material, se estimaron los valores correspondientes a los parámetros siguientes: contenido natural de humedad, densidad relativa, peso volumétrico, coeficiente de uniformidad y coeficiente de curvatura. Se realizó, además, el análisis granulométrico por mallas y, finalmente, se clasificó de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), con lo que se reportó que el material corresponde al tipo SP, es decir, se tiene arena mal graduada en todas las muestras.

Con base a los resultados obtenidos por la empresa MB Desarrollos Integrales, S.C., se encontró que el diámetro medio representativo de la zona de estudio fue de 0.17 mm.

De dichos análisis se puede concluir que los materiales que fueron ensayados no cumplen con la composición granulométrica ni con el módulo de finura de las normas de la SCT; en algunos casos se presentó en las muestras materia orgánica (raíces y arcillas).

### **III.8.2. Estudio de mecánica de suelos.**

Punta Abrejos es un pequeño poblado de pescadores donde predominan los paisajes a mar abierto; se ubica a 113 km al Suroeste de San Ignacio, por la carretera No.1, tomando la desviación a la izquierda en el km 26, por la carretera revestida.

En la figura III.26 se muestra la ubicación del sitio de estudio.

Desde el punto de vista fisiográfico, el sitio pertenece a la subprovincia del desierto de San Sebastián Vizcaíno, subordinada a la provincia de la península de Baja California. Esta subprovincia se ubica en la parte Noroeste de la entidad y es compartida con el estado vecino de Baja California; hacia el Oriente limita con la Sierra de La Giganta, al Oeste y Sur con el Océano Pacífico. Fisiográficamente, tiene una estructura con forma semejante a una cuenca; de esta manera se facilita la formación de la Laguna Ojo de Liebre, uno de los tantos criaderos de ballenas de la península. En el Sur, la discontinuidad tiene un afloramiento bastante extenso de rocas lávicas y presenta varios cráteres. Ocupa una extensión de 15,759.57 km<sup>2</sup>.

En forma general, predominan las llanuras con dunas, aunque hay también sierras en el Oeste y mesetas en la porción Sur.

Dentro de la zona se encuentran dos lagunas importantes: la primera y más grande es la llamada Ojo de Liebre que se localiza en la parte Noroeste; la segunda, denominada San Ignacio, se ubica en la porción Sur. Aquí hay termosoles, así como la entidad denominada Solonchak, de fuerte concentración salina.

El espacio geográfico que ocupa el Estado de Baja California Sur tiene una historia geológica en común con el resto de la península de Baja California. Su evolución se ha interpretado, de acuerdo con la moderna tectónica de placas, como la

separación de placas litosféricas móviles, desde hace aproximadamente unos 2 a 4 millones de años atrás (Mioceno-Plioceno).

**Figura III.26 Ubicación del sitio de estudio.**



Fuente: INEGI

El desprendimiento del territorio de Baja California del continente americano ha ocurrido hasta nuestra época, manifestándose actualmente a través de la falla de San Andrés. Dicha falla forma un eje longitudinal de inmersión, que recorre con orientación Noroeste-Sureste el fondo del Golfo de California. La deriva de la península ocurre en nuestros días a un ritmo de 2 a 3 cm por año.

El origen de la discontinuidad del desierto de San Sebastián Vizcaíno, se ha interpretado como la evolución tectónica estructural de una paleocorteza oceánica que marca un antiguo límite convergente, y dos grandes depresiones en forma de sinclinal.

El material geológico en la zona de interés es de origen ígneo y sedimentario del Terciario y Cretácico, donde se distinguen formaciones ígneas básicas e intermedias y sedimentarias del tipo arenisca, conglomerado, lutita y limolita, sin faltar depósitos de suelo del Cuaternario.

De acuerdo a la regionalización sísmica propuesta por la Comisión Federal de Electricidad (CFE), el sitio se ubica en la región B, tercera en orden de importancia de



las cuatro en que se ha dividido el país, a la que le corresponden coeficientes sísmicos básicos para estructuras del grupo B, de 0.14, 0.30 y 0.36 para terrenos tipo I (firme), tipo II (intermedio) y tipo III (blando), respectivamente.

En este mismo tenor, los mapas de peligro sísmico en México (PSM) le conceden al terreno aceleraciones máximas de 34, 64 y 81  $\text{cm/s}^2$ , para sendos periodos de recurrencia de 10, 50 y 100 años y terrenos comparables con roca suave o sedimento firme.

El clima es seco desértico con una temperatura media anual que varía entre 18 y 22 °C, con un régimen de lluvia que comprende los meses de julio a octubre.

Al sitio se le asocia una incidencia ciclónica baja.

### **III.8.3. Estratigrafía y propiedades del subsuelo.**

Los resultados de la investigación del subsuelo y de los ensayos de laboratorio permiten definir la siguiente estratigrafía.

Primeramente se reconoce una capa de arena fina mal graduada (SP-SC), color gris claro, en estado medianamente compacto, con vestigios de concha. Este estrato tiene un espesor de 0.6 m.

Le siguen, hasta el final de los sondeos, materiales granulares formados por arena mal graduada con algunas gravas subangulosas o subredondeadas (SP-SC), o con poca arcilla (SC), colores gris claro o café amarillento, en estado muy compacto.

Para el análisis estructural de los elementos ante acciones accidentales, la CFE recomienda el uso del coeficiente sísmico propio de la zona B y suelo tipo II correspondiente a 0.30, para estructuras del grupo B.

Para la zona sísmica B y suelo tipo II el coeficiente de sitio,  $S$ , es de 34, 64 y 81  $\text{cm/s}^2$ , para sendos periodos de recurrencia de 10, 50 y 100 años y terrenos comparables con roca suave o sedimento firme.

### **III.8.4. Excavación.**

Así, de acuerdo a lo indicado por la SCT con fines de excavación, los materiales encontrados en la zona de posible remoción se pueden clasificar como tipos D-E, y que corresponden a:

- Material D. Compacto; se requiere que la succión esté provista de un cortador normal. Se clasifican así las arenas, gravas, conchuelas y arcillas cementadas.



- Material E. Se requiere que la succión esté provista de un cortador de roca y que el material sea previamente fragmentado. Se clasifican así los conglomerados fuertemente cementados y las rocas en general. En este material no se incluyen troncos, raíces, pilotes, fragmentos de roca o boleos que puedan ser movidos y extraídos con la draga como piezas sueltas.

De esta manera, para alcanzar la cota requerida, los trabajos de excavación requieren movilizar materiales arenosos muy compactos e incluso boleos empacados (materiales D y E).

### **III.8.5. Estudio de materiales para la construcción de escolleras.**

Con el objeto de suministrar los materiales óptimos para la construcción de las escolleras, se realizó un estudio de la zona, proporcionada por la empresa MB Desarrollos Integrales, S.C., para ubicar un posible banco de materiales.

#### **III.8.5.1. Composición geológica de la zona.**

De acuerdo con la clasificación de E. Raisz (1964), el área se encuentra ubicada dentro de la provincia fisiográfica de Baja California que comprende a la Sierra la Giganta y la subprovincia denominada Tierras Bajas.

En general, la mayor parte de las formas topográficas presentan una fuerte pendiente, con parteaguas agudos y semirredondeados, las mesas son alargadas y presentan inclinación suave hacia el Océano Pacífico.

La región vierte sus aguas al Océano Pacífico y al Golfo de California en la vertiente occidental.

#### **III.8.5.2. Estratigrafía.**

La estratigrafía comprende un rango que va del mesozóico al reciente. Se encuentran rocas sedimentarias, por lo general marinas y volcánicas. Las sedimentarias afloran en la franja costera del Océano Pacífico; las volcánicas cubren a las sedimentarias y están expuestas principalmente en la porción oriental.

Del mesozóico se identifican una secuencia marina clásica con intercalaciones calcárea del Jurásico Superior y una secuencia arcillo-arenosa del Cretácico Superior. Del Cuaternario afloran rocas clásicas, unidades volcánicas de composición básica y depósitos recientes no consolidados.

### III.8.6. Bancos de piedra.

A continuación se presentan una serie de condiciones para especificar la fuente del material y el tipo de roca que se empleará para la construcción de las obras.

- **Localización y acceso.**

El banco de materiales se ubicó cerca de la mesa denominada “El Carrizo”, la cual se encuentra aproximadamente a 33 km al Sur de Punta Abrejos, cerca de los 113°30’ de longitud Oeste y los 26°50’ de latitud Norte (figura III.27). Esta mesa es alargada y presenta inclinación suave hacia el Océano Pacífico.

**Figura III.27 Ubicación de banco de materiales “El Carrizo”.**



Fuente: INEGI. Carta geológica. San Isidro G12-4.

- **Tipo de roca.**

En el lugar se tienen rocas producto de derrames volcánicos del Terciario Superior, aunque son pocos los afloramientos que solo se encuentran dispersos en la porción Noreste del área. En el caso de la mesa “El Carrizo se encuentran rocas ígneas intrusivas y extrusivas (ver figura III.28).

Entre las rocas intrusivas tenemos rocas hipabisales de composición andesítica color gris claro con tonos verdes. Estos pórfidos presentan textura halocristalina, con fenocristales de plagioclasas sódica-calcica.

Entre las rocas extrusivas se tienen basaltos andesíticos de textura porfírica con fenocristales de plagioclasa cálcica-sódica y piroxenos de estructura almohadillada. Las plagioclasas están alteradas a sericitas, por lo que presentan tonos verde y gris claro. El basalto presenta oquedades y aparece entre derrames de andesita, se presenta en forma de bloques redondeados y tiene una morfología de lomas bajas. Algunos presentan incluso estructuras almohadilladas (ver figura III.29).

La unidad de los basaltos presentan diversas texturas y estructuras; en general, tienen matriz criptocrystalina, algunas coladas contienen pequeños fenocristales de olivino y otros fenocristales de hornblenda hasta de 25 milímetros que definen estructuras de flujo. Las texturas son desde criptocrystalina a porfídica y traquítica. Las coladas son, por lo general, acordonadas y tienen estructuras vesiculares y amigdaloides; presentan algunos horizontes lenticulares de productos piroclásticos. Los basaltos varían en la composición de alcalinos a toleíticos y aparecen con un fracturamiento que va desde escaso a intenso.

Se tienen también andesitas de lamprobolita y ortopiroxenos con trazas de hematina y magnética en una matriz desvitrificada. Se halla asociada con basaltos.

**Figura III.28 Tipo de roca presente en el cerro “El Carrizo”.**



Fuente: imagen proporcionada por la empresa MB Desarrollos Integrales.

**Figura III.29 Muestra de basalto obtenida en la mesa denominada “El Carrizo”.**



Fuente: imagen proporcionada por la empresa MB Desarrollos Integrales.



- **Potencial probable y tamaños esperados.**

Se estima que el potencial probable de la mesa “El Carrizo” es de grandes volúmenes de roca; la mayor cantidad de ella aflora en las faldas de la mesa, por lo que será necesario realizar una selección de los tamaños necesarios para las diferentes etapas de la realización de la obra, por lo que se considera que los metros cúbicos requeridos para la realización del núcleo de las escolleras es posible obtenerlo en su totalidad de la roca aflorada a superficie de tal mesa.

Es posible realizar una selección de la roca de mayores dimensiones, la cual será utilizada para las capas secundarias, obteniendo los volúmenes necesarios y las características físicas suficientes para cumplir con las condiciones de roca necesarias para dicho fin.

- **Forma de explotación.**

Se requerirá hacer una selección de los tamaños requeridos mediante maquinaria especializada, la cual únicamente realizará movimiento de rocas, con el propósito de emplear solamente la del tamaño requerido, por lo que se estima no será necesario realizar explotación por medio de explosivos, ya que la mayoría de la roca aflora a superficie.

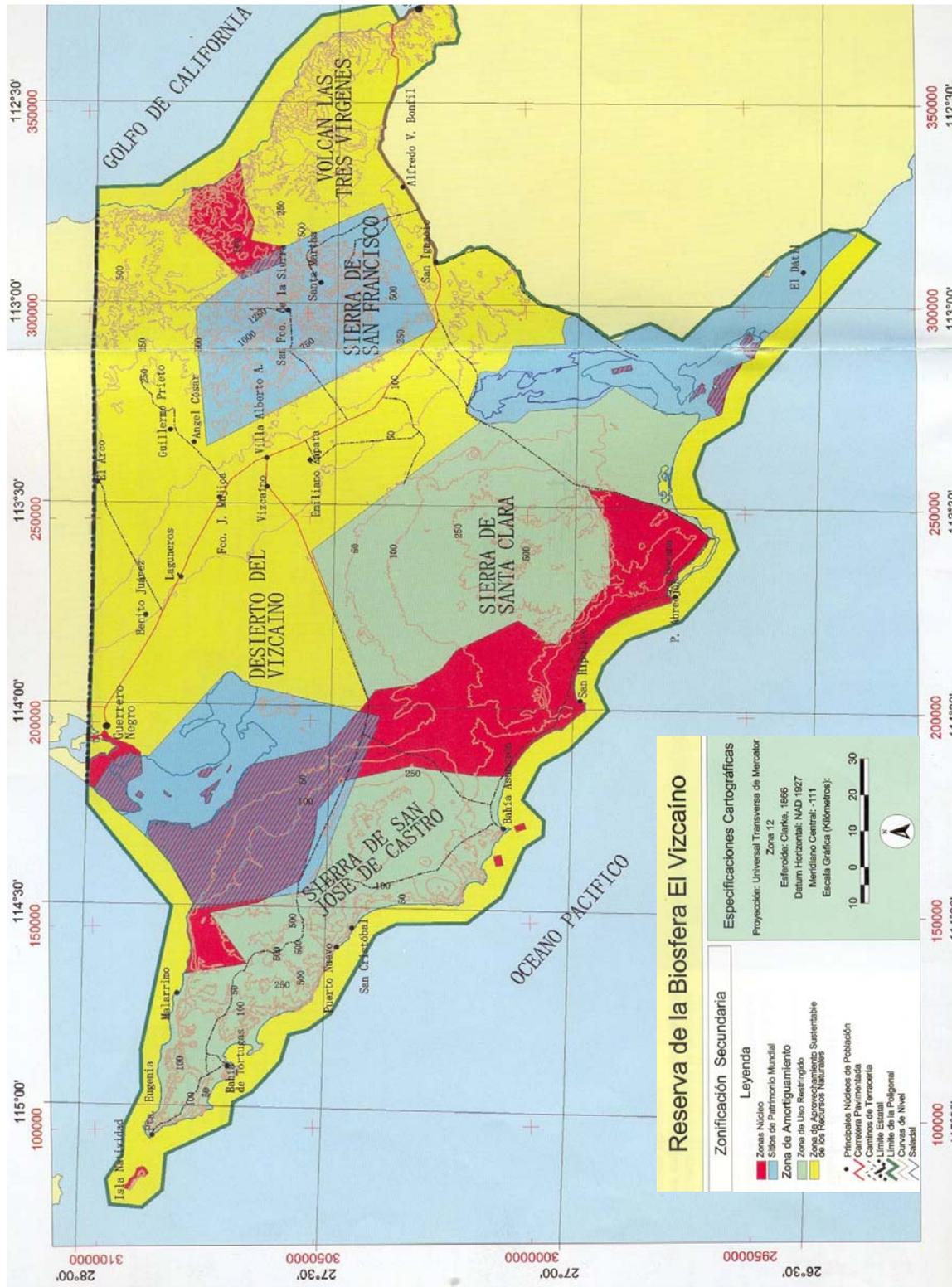
- **Tenencia de la tierra y pago de regalías.**

La zona del posible banco de materiales es de propiedad ejidal, por lo que deberá considerarse el pago de regalías a sus dueños, además del trámite de permisos y todos los aspectos legales a que haya lugar para su explotación.

Es importante destacar que la Comunidad de Punta Abreojos y gran parte de sus zonas aledañas se encuentran protegidas por el Programa de Manejo de la Reserva de la Biosfera de “El Vizcaíno” (ver figura III.30), el cual fue publicado en el Diario Oficial de la Federación el 01 de septiembre del 2000. Esto es debido a que en el lugar se tiene la existencia de un amplio rango de gradientes medioambientales, que dan lugar a bosques, manglares, praderas y una alta diversidad de flora y fauna. Además, la reserva forma parte del desierto sonorense y se tienen especies florísticas aún intactas como son: inmensos cardonales, izotales, pithayales, mezquitales, los bosques de cirios, etc.

Para el caso de la zona donde se encuentra ubicada la mesa “El Carrizo”, se tiene una zona de uso restringido, donde no es posible realizar las siguientes actividades: aprovechamiento forestal doméstico y el aprovechamiento de restos fósiles, mientras que si se permite el desmonte, las actividades de minería y el aprovechamiento de bancos de material, solo que de forma limitada.

Figura III.30 Mapa de la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno.



Fuente: imagen proporcionada por la empresa MB Desarrollos Integrales.



La distancia de acarreo aproximada desde el lugar de las obras al banco de material es de 33 km. Para acceder se tiene que tomar el camino que va del poblado de Punta Abreojos hacia la carretera transpeninsular y desviarse en el km 30 a mano izquierda, tomando una brecha que habrá de habilitarse hasta el banco de materiales.

- **Peso volumétrico de las rocas (en laboratorio).**

Las muestras de roca obtenidas en campo de la mesa “El Carrizo” se envían a laboratorio para determinar las principales propiedades de cada una de ellas, donde, entre los principales conceptos, se busca determinar: tipo y peso volumétrico, dando como principal resultado que la piedra es un basalto con un peso volumétrico de:

$$\gamma = 2.8 \quad \frac{t}{m^3}$$

Lo que es un valor muy apropiado para su utilización en la zona núcleo y en la capa secundaria de las escolleras. Para la coraza representa excelentes condiciones, pero debido a que no se presentaron volúmenes de gran dimensión, no es posible utilizarla para tal fin.

# **IV. PROPUESTA DE INFRAESTRUCTURA**

**IV.1. Elementos constitutivos de la propuesta de solución.**

**IV.2. Obras de protección.**

**IV.2.1. Rompeolas.**

**IV.2.2. Espigón.**

**IV.3. Obras de navegación y fondeo.**

**IV.3.1. Canal de navegación.**

**IV.3.2. Dársena de ciaboga.**

**IV.3.3. Profundidad de dragado.**

**IV.4. Obras de atraque.**

**IV.4.1. Posiciones de atraque.**

**IV.4.2. Muelle.**

**IV.5. Rampa de botado.**

## IV. PROPUESTA DE INFRAESTRUCTURA

Atendiendo a la problemática planteada en el capítulo I y III, en base a los fundamentos teóricos presentados en el capítulo II y tomando en cuenta las condiciones topográficas, batimétricas, de mareas, huracanes, vientos y geológicas que se presentan en este mismo trabajo, obtuvimos como resumen los siguientes datos de diseño:

- Necesidad de abrigar una flota pesquera de 80 embarcaciones.
- Diferencia en el nivel de mareas de aproximadamente 1.50 m.
- Niveles de mareas de acuerdo a la tabla IV.1.

**Tabla IV.1 Niveles representativos de la marea astronómica en la zona de estudio.**

Niveles representativos del mar	Elevación respecto al Nivel de Bajamar Media Inferior (m)
Pleamar Máxima registrada	2.350
Nivel de Pleamar Media Superior	1.666
Nivel de Pleamar Media	1.455
Nivel Medio del Mar	0.846
Nivel de Bajamar Media	0.237
Nivel de Bajamar Media Inferior	0.000
Bajamar Mínima Registrada	-0.530

Fuente: tablas de predicción de mareas para el Océano Pacífico (capítulo II).

- Corrientes con dirección Sur y Suroeste.
- Altura de ola de diseño de 4 m.
- Estratigrafía compuesta de la siguiente forma:

Primeramente una capa de arena fina mal graduada (SP-SC), color gris claro, en estado medianamente compacto, con vestigios de concha. Este estrato tiene un espesor de 0.6 m y va descendiendo conforme desciende la topografía de la playa.

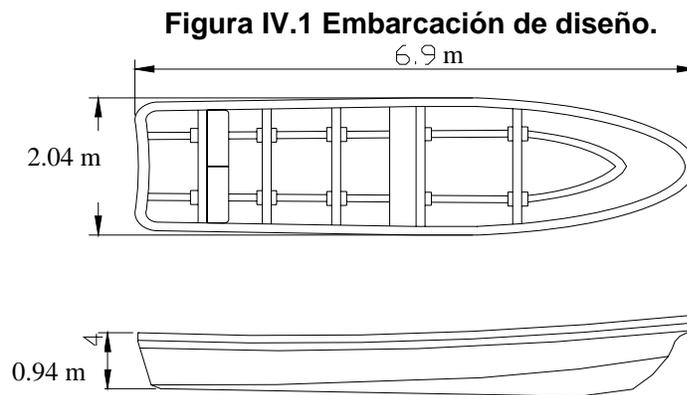
Le siguen materiales granulares formados por arena mal graduada con algunas gravas subangulosas o subredondeadas (SP-SC) o con poca arcilla (SC), colores gris claro o café amarillento, en estado muy compacto. Este estrato es sobre el cual podemos cimentar.

- Embarcación de diseño con las siguientes dimensiones (tabla IV.2 y figura IV.1).

**Tabla IV.2 Embarcación de diseño.**

EMBARCACIÓN	MATERIAL	ESLORA (m)	MANGA (m)	PUNTAL (m)	ARQ. BRUTO (m)	ARQ. NETO (m)
Lancha	Fibra de vidrio	6.91	2.04	0.94	1.39	0.92

Fuente: elaboración propia en base a información obtenida.



Fuente: elaboración propia en base a información obtenida.

#### **IV.1. Elementos constitutivos de la propuesta de solución.**

Damos una propuesta de solución que consiste en las obras siguientes:

##### **Obras de protección.**

- Un dique rompeolas.
- Un espigón.

##### **Obras de navegación y fondeo.**

- Canal de navegación.
- Dársena de ciaboga.
- Dársena de maniobras.

##### **Obras de atraque.**

- Muelle en espigón de concreto para una flota pesquera de 80 embarcaciones.
- Bitas.
- Defensas.

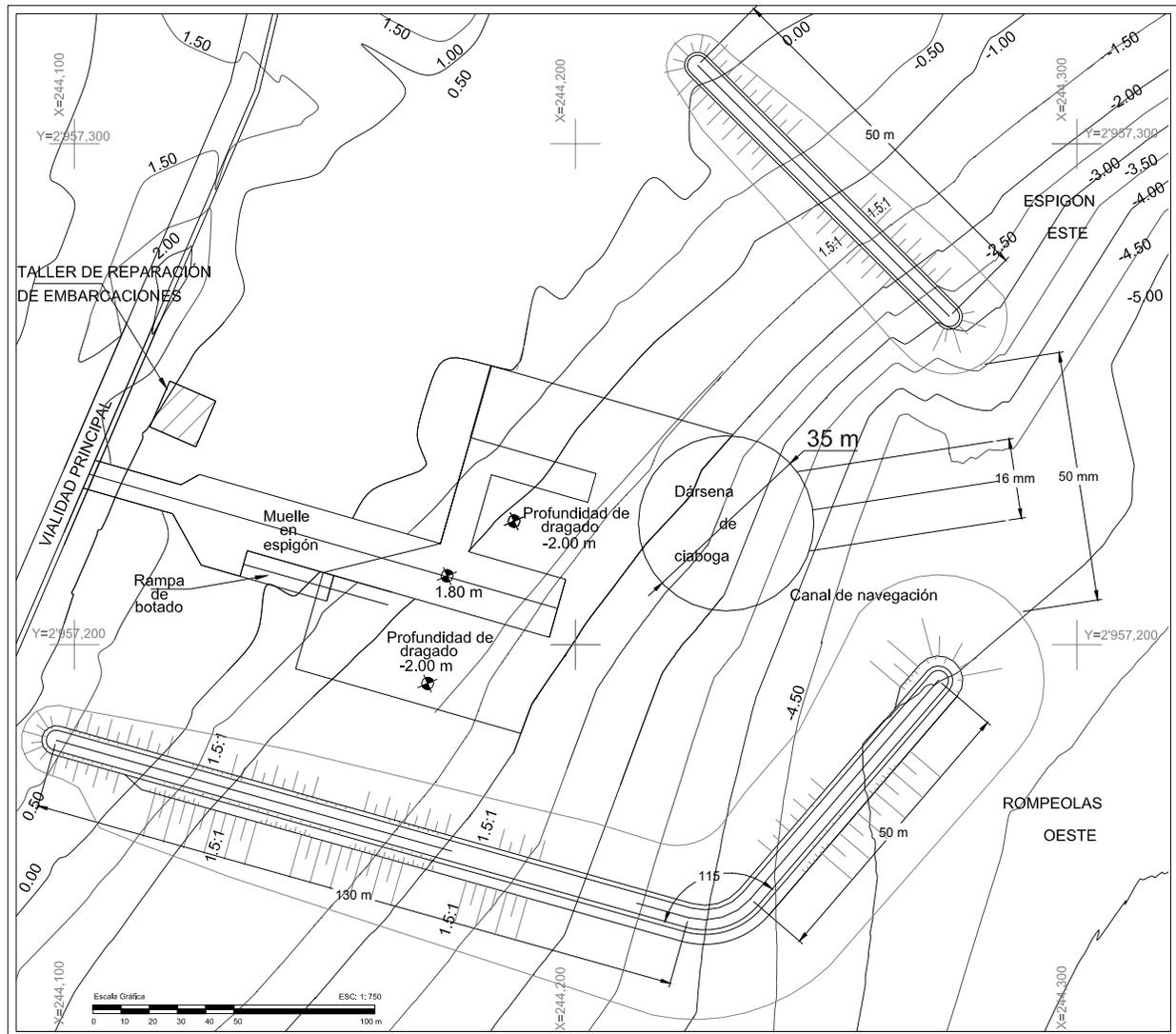
##### **Rampa de botado.**

- Rampa para el botado y retiro de las embarcaciones.

## IV.2. Obras de protección.

Se propusieron como obras de protección un rompeolas con las siguientes características: núcleo y capa secundaria formado con rocas de diferentes tamaños y la coraza con cubos ranurados de concreto simple.

Figura IV.2 Ubicación en planta de las obras de protección.



Fuente: elaboración propia en base a datos de topografía, oleaje y arrastre de sedimentos.

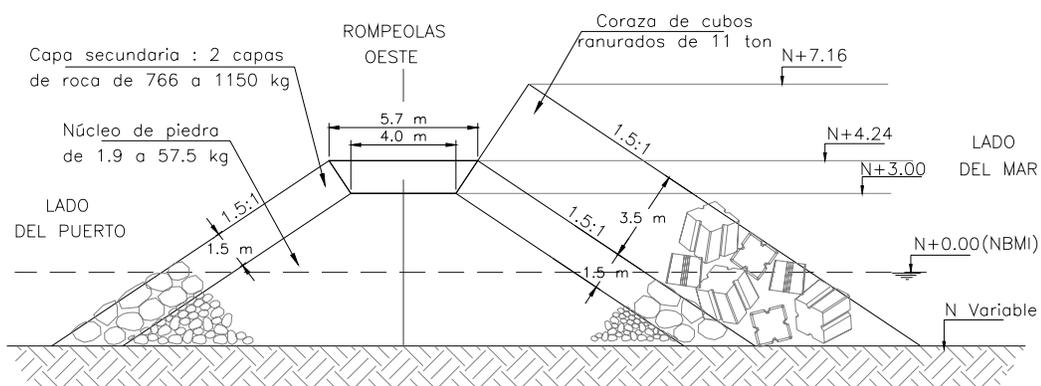
Un espigón con coraza y capa secundaria de enrocamiento. La ubicación en planta de ambas obras se proyectó atendiendo a la dirección predominante del oleaje, que es la Noroeste (ver figura IV.2).

### IV.2.1. Rompeolas.

La longitud para el rompeolas será de 150 m: 100 m partiendo de la cota 1.0 NBMI hasta la -4.0 NBMI y 50 m para la segunda sección de la estructura, que será aquella que protegerá mayormente de las acciones del oleaje.

La sección transversal tipo con sus dimensiones, pesos y tipos de material para el rompeolas es la que se muestra en la figura IV.3, cuyo cálculo se presenta en el Apéndice A. Los resultados del diseño son los que se mencionan a continuación.

**Figura IV.3 Sección transversal del rompeolas.**



Fuente: elaboración propia en base a diseño del rompeolas.

- Ancho de corona: 4.0 m, que son suficientes para que pueda entrar un camión de volteo y una grúa durante la etapa de construcción, así como camionetas durante la etapa de operación.
- Altura de la corona: 3.0 m NBMI.
- Núcleo: formado por rocas con pesos comprendidos entre 1.9 y 60 kg.
- Capa secundaria: con un espesor de 1.5 m, formada por dos capas de roca con pesos comprendidos entre 750 y 1200 kg.
- Coraza: formada por elementos prefabricados de concreto en forma de cubos ranurados de 11 ton de peso. Únicamente se colocará en el lado exterior del rompeolas, partiendo de la cota 0.0 NBMI y en el morro, que son los lados donde recibirá el embate de los oleajes. El concreto tendrá una resistencia  $f'c=200 \text{ kg/cm}^2$  y será fabricado con cemento CPP-30R resistente a sulfatos.
- Taludes 1.5:1 que es el correspondiente al ángulo de reposo de la roca y que garantizan que no se tendrán fallas en taludes.

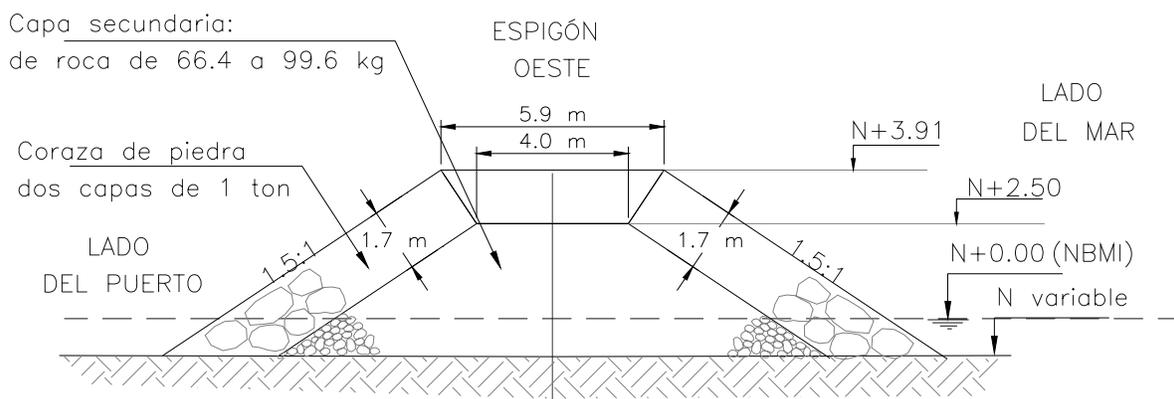
En el Apéndice E se presentan los planos del proyecto, donde se pueden consultar los datos siguientes: secciones transversales del rompeolas y del espigón en el cruce de cada curva batimétrica y una última sección para el morro, un perfil longitudinal, donde se muestra la pendiente topográfica y los niveles significativos, así como los materiales constitutivos.

#### IV.2.2. Espigón.

Se propuso un espigón con una longitud en planta de 50 m, partiendo de la batimétrica 1.0 NBMI hasta la batimétrica -2.5 NBMI. La geometría, tanto del rompeolas como del espigón, se diseñó considerando que pudiera alojar una dársena de maniobras de 50 m de diámetro y un canal de navegación de 16 m de ancho.

La sección transversal tipo para el espigón se muestra en la figura IV.4 y su cálculo se puede consultar en el Apéndice A. Los resultados del diseño son los que se enlistan en los siguientes párrafos.

**Figura IV.4 Sección transversal del espigón.**



Fuente: elaboración propia en base a diseño del espigón.

- Ancho de corona: 4.0 m, que son suficientes para que pueda entrar un camión de volteo y una grúa durante la etapa de construcción, así como camionetas durante la etapa de operación.
- Altura de la corona: 2.5 NBMI.
- Núcleo: formado por rocas con pesos comprendidos entre 65 kg y 100 kg.
- Capa secundaria: con un espesor de 1.7 m, formada por dos capas de roca con pesos de 1 ton.

- Coraza: formada por elementos prefabricados de concreto en forma de cubos ranurados de 11 ton de peso. El concreto tendrá una resistencia  $f'c=200$  kg/cm<sup>2</sup> y será fabricado con cemento CPP-30R resistente a sulfatos.

De igual forma que para el rompeolas, al final de este trabajo se presenta un plano del espigón, con cortes, niveles, materiales y tipos de roca.

### IV.3. Obras de navegación y fondeo.

Como obra de navegación se propone un canal con espacio para entrada y salida y como obras de fondeo dársenas de ciaboga y dársenas de maniobras.

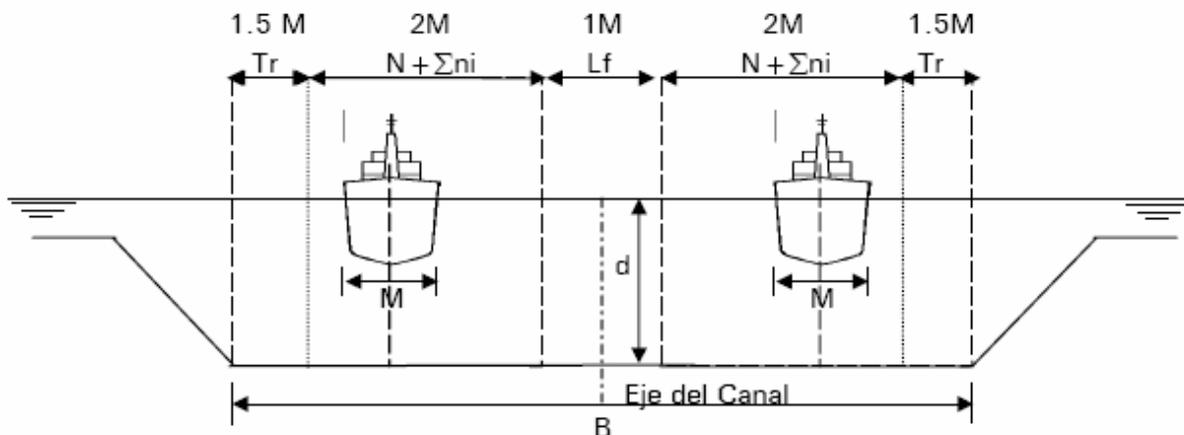
#### IV.3.1. Canal de navegación.

Según el Manual de Dimensionamiento Portuario, el ancho mínimo para el canal de navegación esta dado por la siguiente expresión, acorde a la figura IV.5:

$$B = Tr + 2N + 2 \sum_{i=1}^n n_i + Lf + Tr$$

B = ancho mínimo del canal de navegación  
M = manga de la embarcación de diseño = 2 m  
d = profundidad de calado

Figura IV.5 Diseño del canal de navegación.



Fuente: Manual de Dimensionamiento Portuario.

Por lo tanto el ancho del canal será:

$$B = 8M = 8 (2.0 \text{ m}) = 16.0 \text{ m}$$

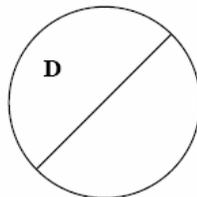
### IV.3.2. Dársena de ciaboga.

El Manual de Dimensionamiento Portuario propone el radio de la dársena de ciaboga en función de la longitud de eslora de la embarcación tipo, pero no considera embarcaciones ribereñas como son las del presente estudio (ver figura IV.6).

Considerando que la eslora de la embarcación tipo es de 7 m, podríamos proponer un radio de 3.0 E,

$$R = 3.0 E = 3 \times 7 = 21 \text{ m}$$

Figura IV.6 Dimensiones de la dársena de ciaboga.



Tipo de Embarcación	R
Escamera	1.5 E
Camaronera	2.0 E
Sardinera	2.0 E
Anchovetera	2.0 E
Atuneros medianos	2.0 E
Atuneros grandes	3.0 E

Fuente: Manual de Dimensionamiento Portuario.

El diámetro propuesto es de 40 m, suficiente para el tránsito de dos embarcaciones.

### IV.3.3. Profundidad de dragado.

La profundidad del canal necesaria para que puedan navegar libremente las embarcaciones dentro del refugio pesquero, sin que su casco se dañe con el fondo marino, fue calculada de la forma siguiente:

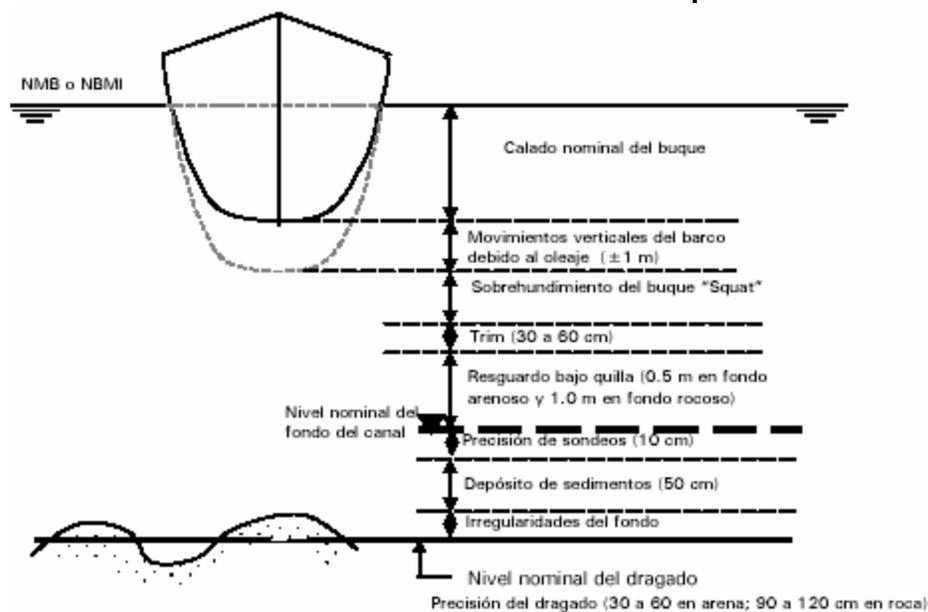
Se utilizó el criterio que marca el Manual de Dimensionamiento Portuario, emitido por la SCT, como se indica en la figura IV.7.

De acuerdo a la figura IV.7 y por recomendaciones del Manual de Dimensionamiento Portuario, se tomaron los siguientes valores:

- Calado = 0.94 m.
- Movimientos verticales de la embarcación debidos al oleaje.

- Sobrehundimiento de la embarcación (squat).- se calculó de acuerdo al método de CIERGNA (1980), considerando un volumen de desplazamiento generado durante su avance de  $\delta = 20.74 \text{ m}^3$  y una velocidad en el canal de comunicación de 1 m/s, dando un valor del squat = 0.050.
- Trim = 0.50 m, de acuerdo a recomendación del Manual de Dimensionamiento Portuario de la SCT.
- Resguardo bajo quilla = 0.50 m, ya que no se cuenta con roca en el lugar donde se excavará el canal.

**Figura IV.7 Elementos a considerar en el cálculo de la profundidad de calado.**



Fuente: Manual de Dimensionamiento Portuario, S.C. T., 2001.

Los valores del depósito de sedimentos e irregularidades del fondo para nuestro caso, no se considerarán, en primera instancia por el tipo de embarcación y por que se trata de un canal de comunicación que estará regido por las fluctuaciones del nivel del mar provocado por la marea astronómica.

En relación al depósito de sedimentos, debido a que se excavará a una profundidad de -2.00 m, no se tendrán irregularidades del fondo por realizar esta actividad durante la construcción de la obra.



Con los valores recomendados y calculados, se llega a que la profundidad del canal de comunicación será de 2 m, de acuerdo a la tabla IV.3.

**Tabla IV.3 Profundidad de calado para embarcaciones ribereñas.**

Profundidad del canal de comunicación (Manual SCT)						
Embarcación	Calado m	Squat m	Trim m	RBQ m	Precisión m	Total m
Ribereña	0.94	0.05	0.50	0.50	0.01	2.00

Fuente: Manual de Dimensionamiento Portuario, SCT 2001.

Es de vital importancia tener en cuenta las fluctuaciones de marea astronómica en la zona del canal de comunicación, para garantizar que siempre se tenga un tirante de agua que permita la navegación.

Para alcanzar la cota de -2 m requerida, se tendrán que realizar acciones de remoción del material; los materiales a remover son principalmente suelos arenosos medianamente compactos (material C) y, en menor medida, materiales arenosos muy compactos o arcillas muy duras, aparentes arenisca y lutita, respectivamente (materiales D o E).

Para garantizar la estabilidad de taludes en las zonas de dragado, se recomienda un talud 3:1 que es lo más adecuado, de acuerdo a los parámetros de resistencia del suelo en presencia de agua.

**Tabla IV.4 Taludes para excavación.**

Material	Elevación (m)	$\gamma$ (ton/m <sup>3</sup> )	$\phi$ (grados)
Bordo	+ 1 a + 2	1.8	30
Arena medianamente compacta	- 2 a + 1	1.9	32
Gravas y arena muy compacta	-2 hacia abajo	2	45

Fuente: Manual de Dimensionamiento Portuario, SCT 2001.

donde:  $\gamma$ , peso volumétrico natural y  $\phi$ , ángulo de fricción interna.

#### IV.4. Obras de atraque.

El proyecto de solución abarca el diseño de estructuras de atraque, tanto para las maniobras de descarga del producto, como para evitar el tener que sacar las embarcaciones durante la noche.



#### **IV.4.1. Posiciones de atraque.**

Para definir las posiciones de atraque, se realizó un análisis de llegadas y tiempos de atención de embarcaciones por medio de la teoría de colas, para garantizar que una embarcación que llega pueda ser atendida de inmediato. Para ello se utilizó el software Quantitative System Business Plus Versión 3.0 (QSB +), en el cual se introdujeron datos tales como: el número de embarcaciones, posiciones de atraque, tiempo medio de llegada de las embarcaciones y tiempo de servicio, parámetros que representan la demanda a satisfacer. En el Apéndice B se muestra el desarrollo de dicho análisis.

Concluimos que con 6 posiciones de atraque, diseñadas única y exclusivamente para labores de descarga de producto de pesca, se garantiza que al arribar las lanchas, existe una probabilidad del 29% de que todas las posiciones de atraque se encuentren libres; esto significa que en determinado espacio de tiempo, cuando menos, una posición de atraque estará libre para el arribo de alguna embarcación. Al término de las operaciones de descarga, la embarcación forzosamente tendrá que ser fondeada en las zonas aledañas al muelle para labores de limpieza y resguardo final de la misma.

Al considerar 6 posiciones de atraque, y que además la longitud de eslora es de aproximadamente 7 m, definimos una longitud de atraque de:

Longitud de atraque = número de posiciones x longitud de eslora.

Longitud de atraque = 6 posiciones de atraque ( 7 m ) = 42 m.

Sin embargo se consideró a futuro el crecimiento de la flota para 10 posiciones de atraque, aunado a la necesidad de espacio para atracar todas las embarcaciones durante la noche, se propuso la longitud de atraque de 80 m, que sumado a los espacios que quedarán junto al rompeolas y escolleras, se considera suficiente para atracar las 80 embarcaciones durante la noche y para realizar maniobras de limpieza.

#### **IV.4.2. Muelle y pasarela.**

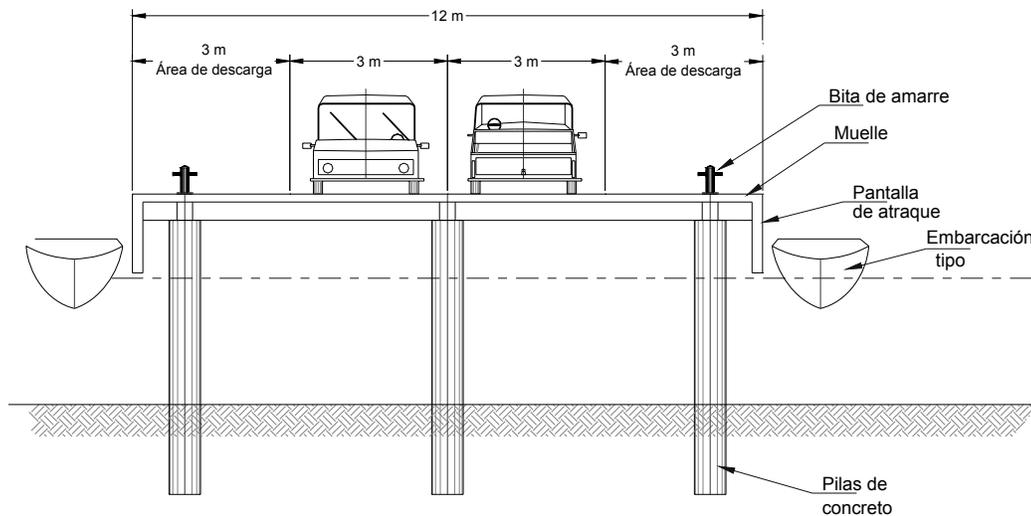
Como parte de la infraestructura portuaria pesquera que se requiere, se ha propuesto la construcción de un muelle de concreto reforzado, cimentado sobre pilas de concreto. El ancho del muelle se proyectó de 12 m, suficientes para permitir el paso de camionetas de ida y vuelta y para maniobras de descarga del producto. La distribución de espacios para una sección tipo se realizó de acuerdo a como se muestra en la figura IV.8.

Se puede apreciar la sección tipo del muelle, que considera una losa de concreto, rigidizada con traveses a lo largo y ancho de todo el muelle y pantallas de atraque en las orillas. También se colocan bitas para el amarre de las embarcaciones. El cálculo estructural del muelle se presenta en el Apéndice C.

Los detalles constructivos, de calidad de los materiales y armado de secciones se presentan en el plano de muelle y rampa de botado.

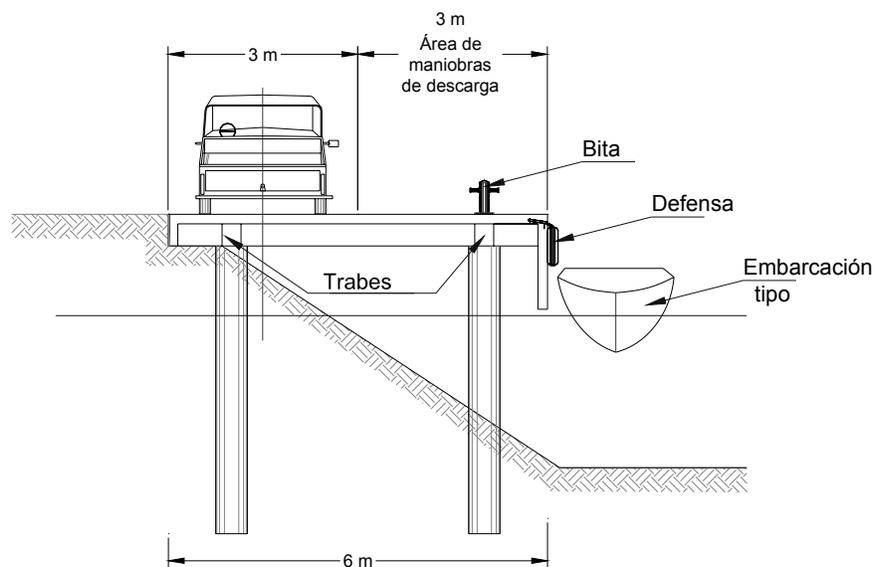
Posteriormente, en la figura IV.10, se puede apreciar la estructuración en planta del muelle, donde también se aprecia la rampa de botado, misma que será calculada más adelante.

**Figura IV.8 Sección transversal tipo de muelle en espigón.**



Fuente: elaboración propia en base a diseño.

**Figura IV.9 Sección tipo de pasarela.**

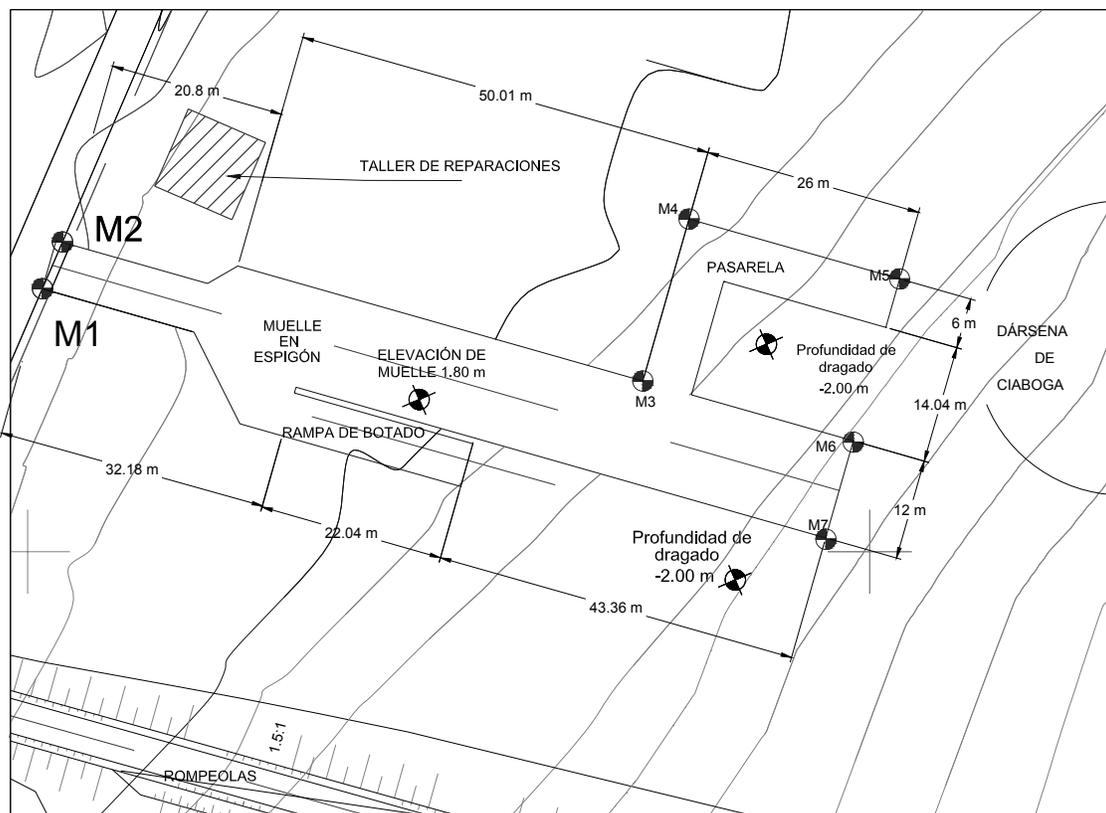


Fuente: elaboración propia en base a diseño.

La distribución en planta del muelle se hizo tratando de aprovechar al máximo los espacios, que por otra parte eran reducidos. Debido a ello, se tuvo que proponer una pasarela unida al muelle con un ancho de 6 m y que servirá también para descarga de producto pesquero.

A esta pasarela podrán también acceder camionetas tipo pick up; sin embargo, estas tendrán que entrar de reversa, pues las maniobras para dar vuelta y regresar se encuentran restringidas. La sección transversal tipo de la pasarela propuesta es la que se muestra en la figura IV.9.

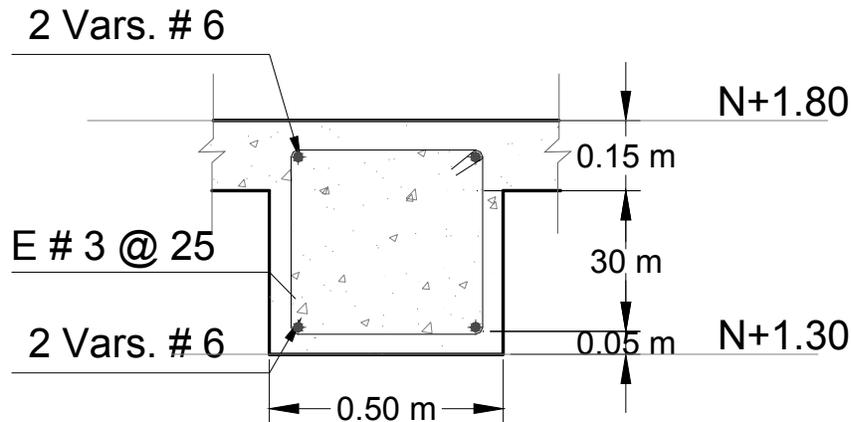
**Figura IV.10 Muelle y rampa de botado (vista en planta).**



Fuente: elaboración propia en base a diseño.

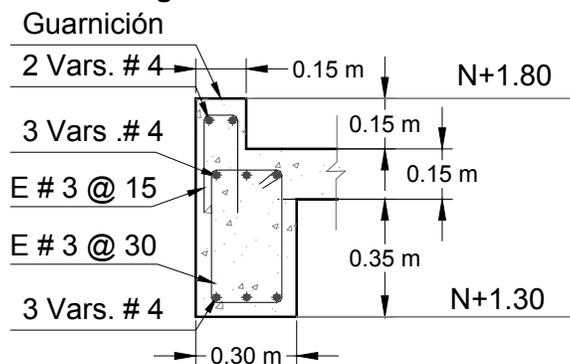
Para rigidizar la losa del muelle se colocaron en forma reticular trabes monolíticas de concreto reforzado, con sección de 0.5 x 0.5 m a cada 5 m (trabes T-3). El cálculo estructural para dichas trabes y en general para todo el muelle, se presenta en el Apéndice C. La sección de las trabes T-3 se presenta en figura IV.11.

**Figura IV.11 Trabe T-3.**



Fuente: elaboración propia en base a diseño estructural.

**Figura IV.12 Trabe T-2.**



Fuente: elaboración propia en base a diseño estructural.

- **Cimentación del muelle**

La cimentación del muelle se propuso a base de pilas con diámetro de 0.5 m, desplantadas 2 m debajo del nivel de terreno natural, o bien, del nivel de excavación, según sea el caso, debido a que el estrato resistente se encuentra aproximadamente a -1.0 m debajo del terreno natural, tomando en consideración que se recomienda que las pilas penetren por lo menos 1 m dentro del estrato resistente.

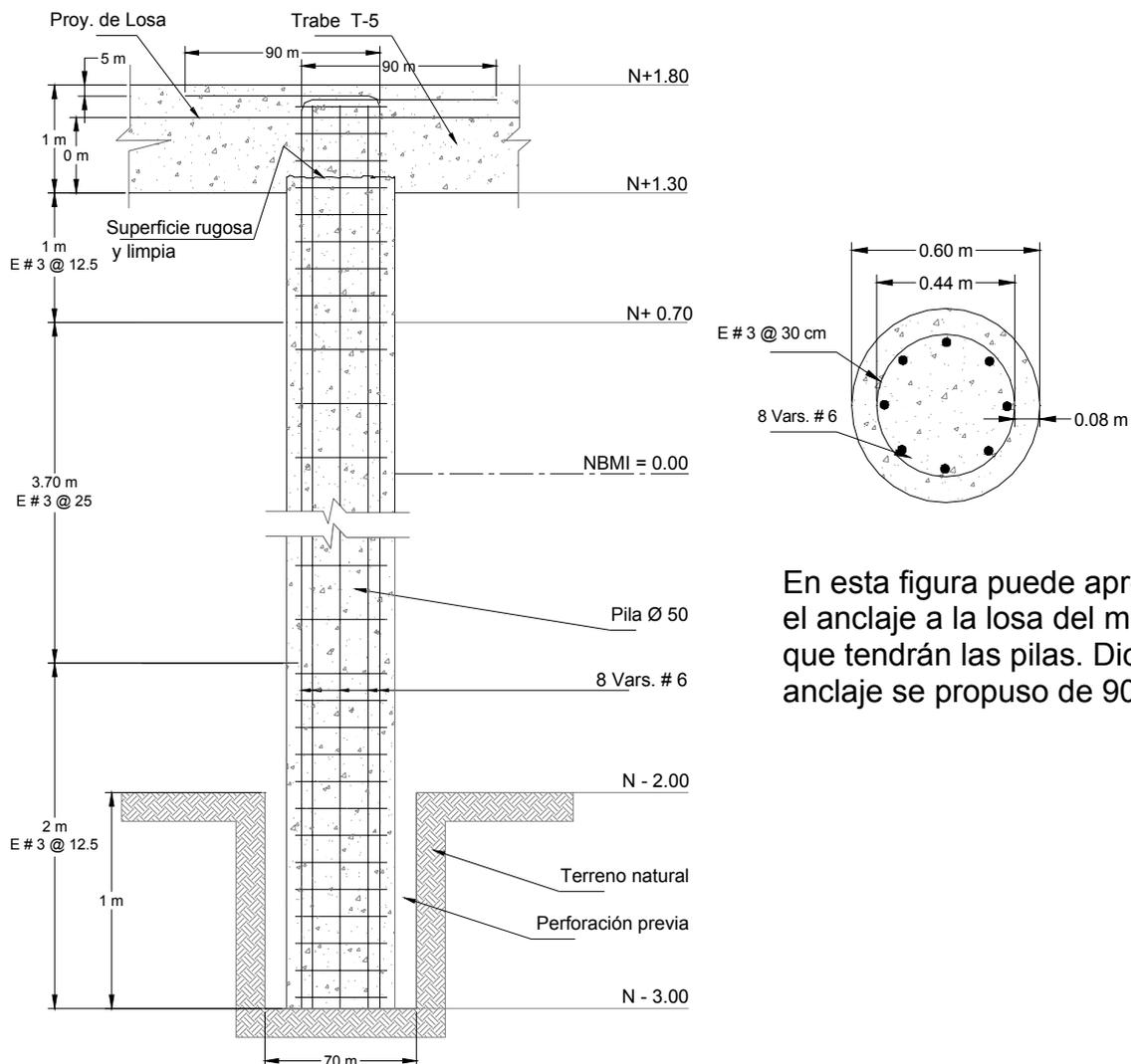
La sección tipo de las pilas para cimentación es la que se presenta en la figura IV.13. En ella se puede apreciar el armado, que consiste en 8 varillas del # 8, que corren a todo lo largo de la pila, y estribos del #3 @ 25 cm. El recubrimiento recomendado es de 5 cm, que permite proteger adecuadamente la pila del ataque de sulfatos en un ambiente marino. El cálculo estructural para el armado de pila se presenta en el Apéndice C.

- **Losa de maniobras.**

Para el cálculo estructural de la losa, se considero una carga última de 120 kg/cm<sup>2</sup>, considerando un lado corto del tablero de 4.0 m y el claro largo de 6.0 m.

El acero de refuerzo de la losa se definió por medio del método de los coeficientes para diseño de losas, que se encuentra en las Normas Técnicas del Concreto, considerándose para ello una carga de servicio de  $w = 860 \text{ kg/cm}^2$ .

**Figura IV.13 Pilas tipo en el muelle.**



En esta figura puede apreciarse el anclaje a la losa del muelle, que tendrán las pilas. Dicho anclaje se propuso de 90 cm.

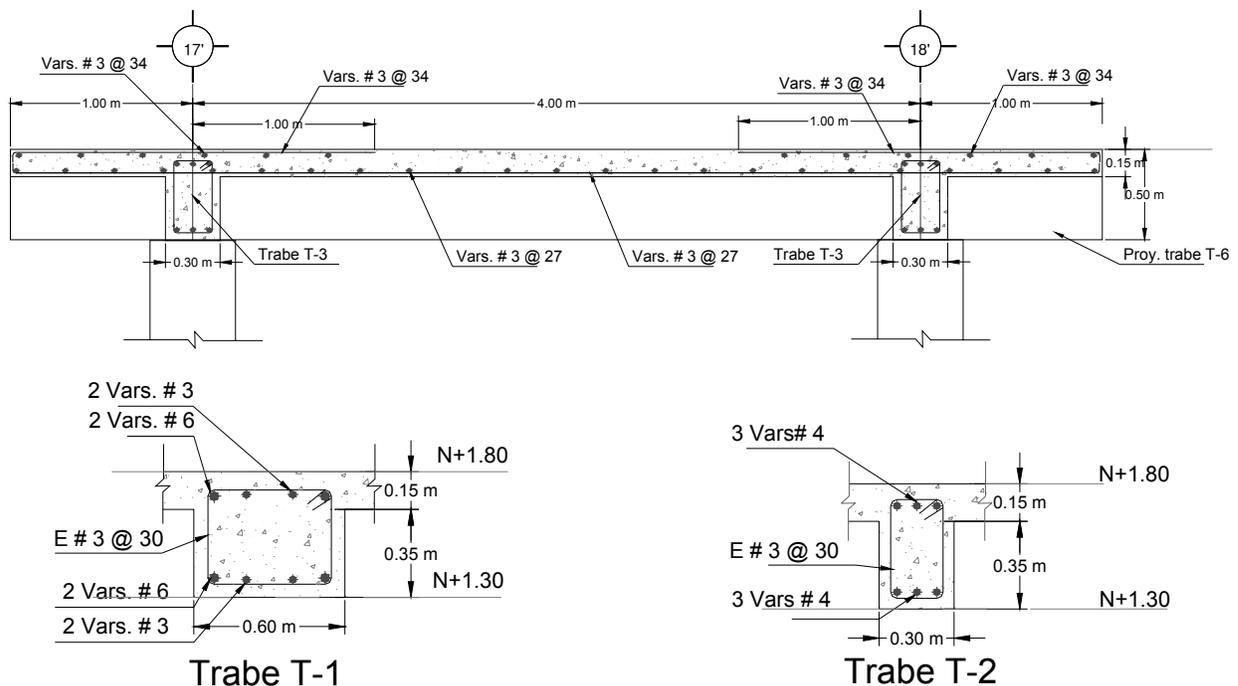
Fuente: elaboración propia en base a diseño estructural.

En la figura IV.14 se muestra la sección transversal de la losa, y de las traveses T-6 y T-7, en donde se apoya la losa de la pasarela de comunicación con el muelle en espigón. El armado de la losa de maniobras y en general de la pasarela, es similar al del muelle.

- **Pantalla de atraque.**

Al tratarse de embarcaciones ribereñas, se estima que la energía que produce cada una a la pantalla de atraque no es mayor a 1.5 ton; de acuerdo a lo anterior se considero un momento máximo (+) de 1.14 ton-m (ver memoria de cálculo en el Apéndice C), por lo que nos da una sección transversal de 0.20 x 60 cm, la cual se adapta a las necesidades de operación del muelle, contemplando la sección transversal que se muestra en la figura IV.15.

**Figura IV.14 Estructuración de la losa de maniobras.**

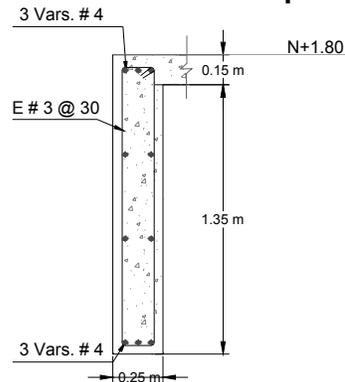


Fuente: elaboración propia en base a diseño estructural.

Para el diseño de las pantallas de atraque se consideraron las características geométricas de la embarcación tipo.

El cálculo completo para la altura y armado de las pantallas de atraque se presenta en el Apéndice D.

**Figura IV.15 Sección transversal de la pantalla de atraque.**

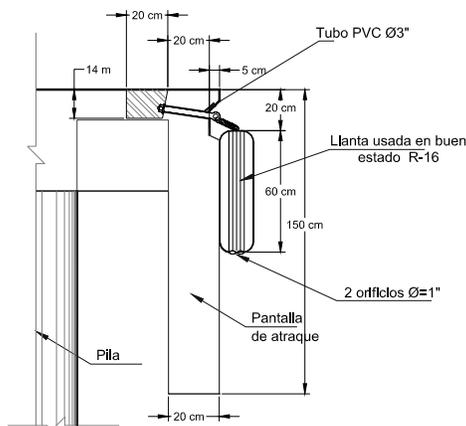


Fuente: elaboración propia en base a diseño estructural.

- **Defensas.**

Se propusieron defensas fabricadas con llantas de vehículos, usadas, pero en buen estado. Este tipo de defensa se llama defensa blanda, en contraste con defensas más rígidas que son utilizadas para embarcaciones mayores. Para proponer el tipo de defensas empleadas es necesario calcular la energía de impacto que produce una embarcación al colisionarse con la defensa. Esta energía está en función del peso propio de la embarcación sumado al peso de la carga máxima y sus tripulantes y equipos, que en suma es aproximadamente de 1.5 ton. Otro aspecto a considerar es la velocidad que se tiene al llegar al muelle denominada velocidad de aproximación, que en este caso es aproximadamente de 0.30 m/s. Se considera igualmente un coeficiente de configuración del muelle, que toma en cuenta la cantidad de agua atrapada entre la embarcación y el muelle. El cálculo completo se presenta en el Apéndice D. En la figura IV.16 se presenta la configuración elegida para la defensa.

**Figura IV.16. Pantalla de atraque y defensa.**



Las defensas llevarán orificios en su parte inferior para evitar la acumulación de agua y el consecuente deterioro.

Fuente: elaboración propia en base a diseño.

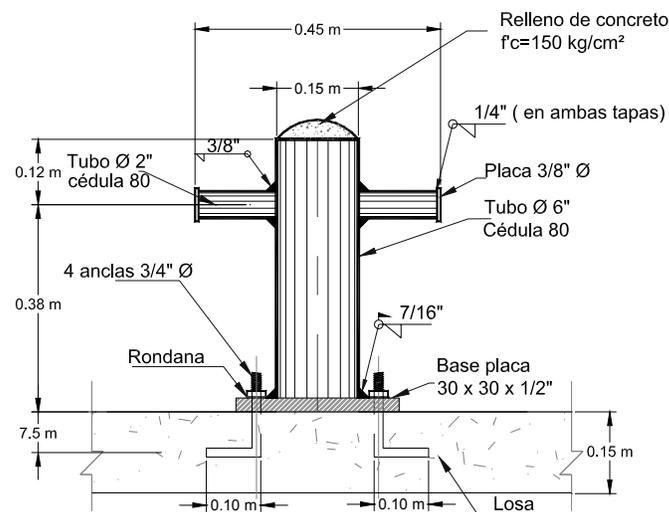
- **Bitas.**

Las bitas constituyen los denominados elementos de amarre para las embarcaciones. Diseñarlas consiste en determinar su tipo, capacidad, cantidad y ubicación dentro del muelle. En el cálculo de estos elementos es necesario considerar la fuerza debida al viento, la cual tratará de despegar la embarcación del muelle en espigón, tanto para condiciones normales, como extraordinarias.

En el Apéndice D se calculan las solicitaciones máximas que va a soportar la bita.

El número de bitas que se van a requerir para las actividades de descarga de mercancía es de 7, igual al número de posiciones de atraque requeridas; sin embargo, considerando que las embarcaciones también van a ser atracadas en el lugar durante la noche, se proponen 27 bitas, distribuidas en toda la longitud de atraque. Por otro lado, estas deberán siempre ir colocadas arriba de los pilotes, para evitar que los esfuerzos que transmite la bita lleguen a dañar la losa de maniobras. Los detalles constructivos y de materiales correspondientes a las bitas se presentan en la figura IV.17 y en el plano correspondiente a muelle y rampa de botado.

**Figura IV.17 Bita tipo.**



Fuente: elaboración propia en base a diseño.

Las propiedades mecánicas de los materiales empleados en el diseño de los diferentes elementos estructurales fueron los siguientes:

Trabes, Pilas y Losa  
Acero de refuerzo grado 42  
Sección transversal de pilas

$f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$   
 $f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$   
50 cm de diámetro desplantados  
en la cota  $-2.50 \text{ m}$  a cada 6.00 m

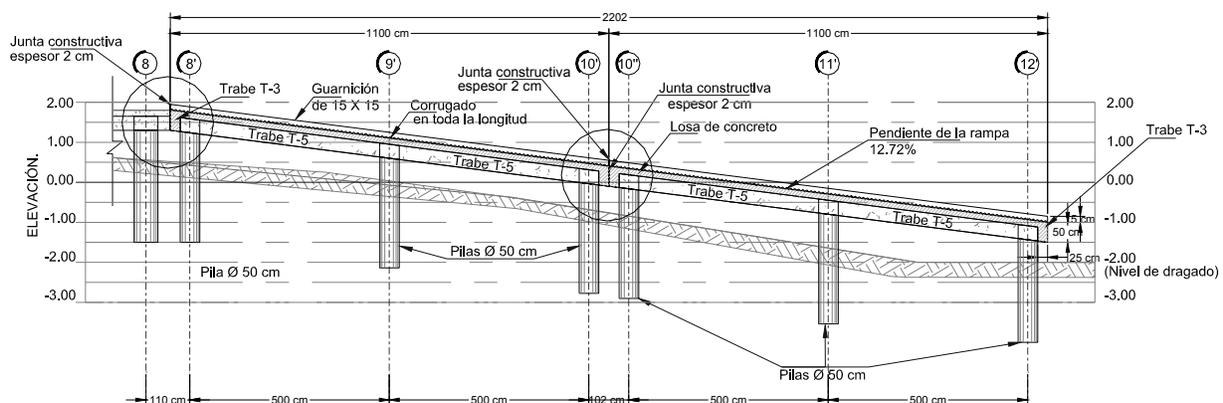
Sección transversal Trabe T-7 en "X"	30 x 50 cm
Sección transversal Trabe T-3 en "X"	25 x 50 cm
Sección transversal Trabe T-6 en "Y"	50 x 50 cm
Pantalla de atraque	20 x 70 cm
Sección losa	15 cm espesor

#### IV.5. Rampa de botado.

La rampa tendrá como finalidad el botado y retiro de las embarcaciones ribereñas de las zonas de agua para realizar su mantenimiento; además, permitirá a los pescadores sacar a tierra sus embarcaciones, cuando las inclemencias del tiempo provoquen un caso de emergencia.

La pendiente recomendada según el Manual de Dimensionamiento Portuario para el diseño de rampas de botado es de 12 a 15%. Tomando en consideración lo anterior y la profundidad de la excavación propuesta, la pendiente de esta estructura, será de 12.72%; las dimensiones de la rampa serán de 5.3 m de ancho por 22 m de largo con la lancha. El ancho propuesto es de 6 m para permitir el acceso a una camioneta y el remolque. La estructura estará ligada a un costado del muelle en espigón, de tal forma que este último permita el botado de las lanchas y al mismo tiempo tenga una liga con el camino principal de Punta Abreojos. En la figura IV.10 se muestra la localización de la rampa de botado. En la figura IV.18 se presenta una vista longitudinal de la rampa y se puede apreciar la profundidad de desplante de cada una de las pilas. Es importante hacer notar que la profundidad de desplante varía debido a que en el lugar donde se localiza la rampa, también se tienen los taludes que se formarán durante la excavación. El plano correspondiente a muelle y rampa muestra todos los detalles de armados, estructuración, tipos y calidad de los materiales.

Figura IV.18 Rampa de botado.



Fuente: elaboración propia en base a diseño.

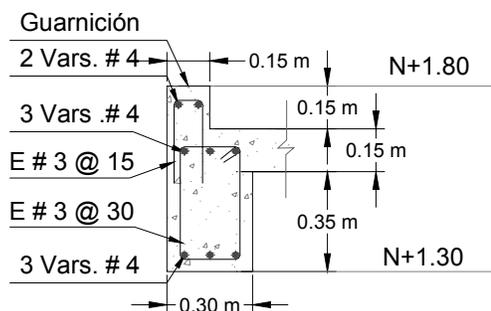
En la parte sumergida de la rampa se realizará un dragado hasta la cota de -2.0 NBMI, de tal forma que las embarcaciones puedan realizar sus maniobras.

La rampa estará soportada por pilas de tubo de acero rellenas de concreto, que estarán alineadas en pares en los ejes transversales, en donde se apoyará la losa de la misma.

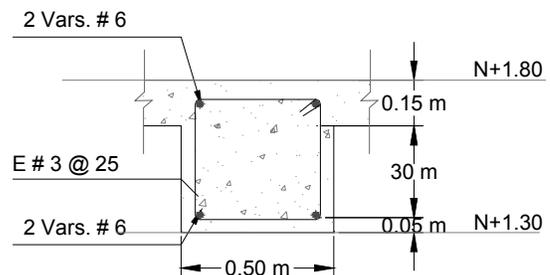
Los resultados del armado son los que se muestran en el plano: muelle y rampa de botado, que se encuentra en el Apéndice E.

En la rampa de botado se presentan dos traveses longitudinales, que van coladas monóticamente a una guarnición que impedirá que los vehículos o las embarcaciones caigan al agua y 5 traveses transversales, que permiten rigidizar la estructura. Las secciones transversales de dichas traveses, así como su correspondiente armado, se presentan en la figura IV.13.

**Figura IV.19 Trabe T-5.**

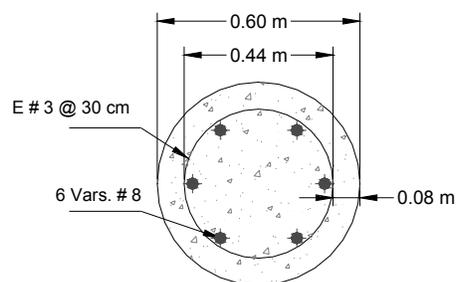


**Figura IV.20 Trabe T-6.**



Fuente: elaboración propia en base a diseño.

**Figura IV.21 Sección transversal de pila en rampa de botado.**



Fuente: elaboración propia en base a diseño.

Finalmente, se presenta una sección transversal tipo para las pilas que soportarán a la rampa de botado. Estas pilas irán desplantadas a la misma profundidad que las pilas del muelle y su diámetro será de 50 cm (ver figura IV.18).

## **V. PROPUESTA CONSTRUCTIVA**

- V.1. Movilización del equipo.**
- V.2. Trabajos preliminares e instalaciones.**
- V.3. Fabricación de cubos en el lugar.**
- V.4. Construcción del rompeolas Oeste y el espigón Este.**
  - V.4.1. Levantamiento topográfico.**
  - V.4.2. Construcción del núcleo.**
  - V.4.3. Construcción de capa secundaria.**
  - V.4.4. Construcción de la coraza.**
  - V.4.5. Dragado.**
- V.5. Construcción del muelle y dársenas de maniobras.**
- V.6. Construcción de la rampa de botado.**



## V. PROPUESTA CONSTRUCTIVA

El presente capítulo contiene una propuesta constructiva para el refugio pesquero en Punta Abreojos. Está basado en el diseño que se planteó en el capítulo IV, con los siguientes elementos: obras de protección, muelle y rampa de botado para embarcaciones menores.

La propuesta constructiva contempla los tiempos, forma y orden en el que se tienen que ejecutar los trabajos, de acuerdo a los manuales de construcción correspondientes, a obras marítimas y portuarias y a la experiencia propia y transmitida por parte de los elaboradores de esta tesis.

Este capítulo tiene particular importancia, pues al definir un procedimiento constructivo, nos permitirá calcular los costos e inversiones en infraestructura en el capítulo VI, pues planteado el procedimiento constructivo, es posible definir el equipo y personal que intervendrá en los trabajos de ejecución y sus correspondientes costos y salarios.

### V.1. Movilización del equipo.

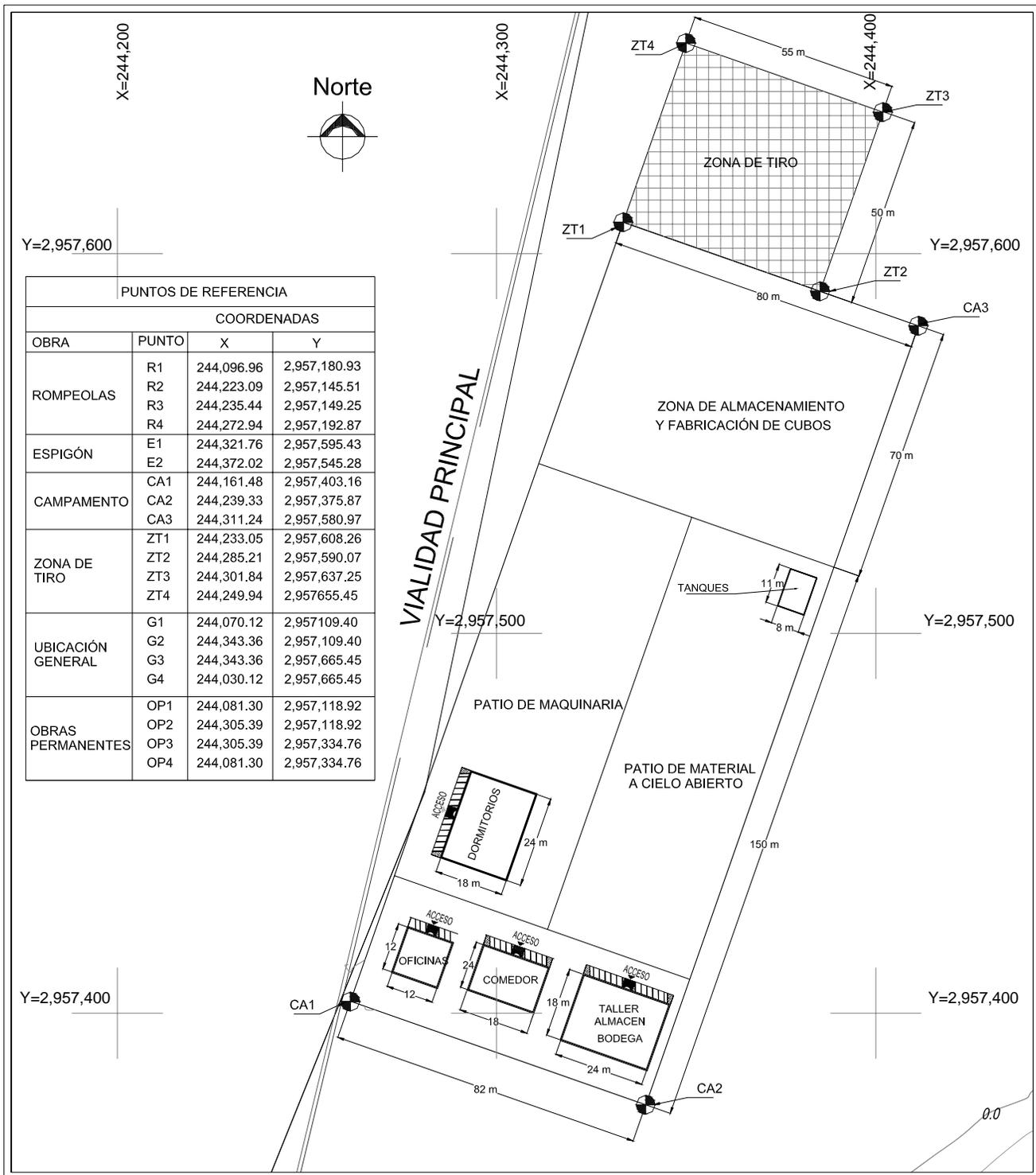
La comunicación a Punta Abreojos es por medio de una carretera que va del poblado del mismo nombre al entronque con la carretera transpeninsular, teniendo una distancia aproximada de 88 km, conectando con las poblaciones de San Ignacio al Sur y El Vizcaíno al Norte y que enlaza a los poblados de Campo Rene, San Ángel y Punta Abreojos.

El medio de transporte es a través de vehículos propios, por lo que este punto se deberá de tomar en consideración para transportar los equipos, materiales e insumos necesarios para la construcción de la obra, considerando que los elementos prefabricados que se mencionan en el proyecto serán elaborados en el lugar de la obra.

Adicionalmente, los materiales e insumos para el colado in situ de la losa y del muelle en espigón y la rampa de botado, tendrán que considerar un acarreo de los mismos hasta el sitio de construcción del proyecto por camino de terracería, tomando en cuenta que el suministro de los materiales es por pedido, para poder transportarlos al sitio de la obra.

Para la construcción de las capas secundaria y el núcleo de la escollera Oeste y el espigón Este, los enrocamientos serán puestos en obra a partir de la explotación del banco de material El Carrizo y serán transportados por medio de camiones de volteo al sitio de colocación, con una distancia aproximada de 33 km.

**Figura V.1 Croquis de ubicación de zona de campamento.**



Fuente: croquis elaborado en base a plano de topografía.



Al mismo tiempo que se realiza el traslado de materiales al sitio de la obra y la preparación de la zona para la conformación de las camas de colado, se deberán trasladar los equipos más pesados, como son dos grúas de 20 ton para el transporte y la carga de los cubos de mortero del sitio de su fabricación al sitio de colocación.

Se trasladarán los 6 camiones de volteo con capacidad de 7 m<sup>3</sup>, así como las herramientas y equipo necesarios para habilitar una grúa sobre la corona del núcleo de la escollera y la otra grúa en el patio de fabricación.

Junto con el equipo pesado, se comenzará a trasladar el equipo menor y se montará una planta para la fabricación del mortero hidráulico, que se usará en los cubos rasurados. Además de equipos y materiales necesarios, de acuerdo al programa de obra.

Se requiere despallar un mínimo de área para, posteriormente, pasar una motoconformadora y nivelar el camino que se utilizará para acceder al sitio de la obra. Actualmente, la rampa existente es de 4 m de ancho, por lo que habrá que ampliarla a 8 m para que se pueda circular de manera segura.

La propuesta para habilitar otro acceso a la playa contempla derribar 4 m del muro de protección, entre la actual rampa y el lugar donde empezaría el rompeolas Oeste.

Luego, habría que adecuar esta entrada colocando material de la zona y compactándolo. Una vez concluidos los trabajos, podrá colocarse, de nueva cuenta, esa parte del muro.

Al finalizar la obra se deberá limpiar el área de maniobras y la zona en general donde se realizaron los trabajos, y se retirará el equipo.

La construcción puede afectar la calidad de las aguas de mar en términos físicos y biológicos, por lo que deberán tomarse en cuenta las medidas necesarias para suprimir o reducir la contaminación a un grado aceptable para los usuarios y pescadores de la zona de playa de Punta Abreojos.

Deben tomarse todas las previsiones necesarias al principio de la construcción, para tener un sistema de seguridad, de forma que hombres, equipos y las áreas de trabajo puedan operar de manera segura y eficiente.

La forma de llegada del equipo con el que se va a trabajar y la ubicación donde se va a colocar debe contemplar, en primera instancia, las maniobras necesarias para ahorrar tiempos y disminuir riesgos de operación.

Es importante que al inicio de las obras se llegue a un acuerdo con la comunidad pesquera en relación a la forma de trabajar, de modo que las operaciones realizadas durante la ejecución del proyecto permitan que los pescadores continúen con sus



actividades y procurar evitar fricciones durante la construcción que entorpezcan las labores y retracen la culminación de las obras.

## **V.2. Trabajos preliminares e instalaciones.**

Simultáneamente a la rehabilitación del acceso de la zona de campamentos, al trazo y nivelación en tierra y mar de las obras de protección, se comenzarán a realizar los trabajos preliminares para la fabricación de los cubos a base de mortero hidráulico, por lo que se colocará el equipo destinado para este fin, como son el cargador frontal para el vaciado de los materiales y dos revolventoras de 3 m<sup>3</sup> de capacidad.

Asimismo, se deberán realizar las actividades correspondientes a la habilitación de las oficinas de campo, almacenes y bodegas, zona de comedores, zona de dormitorios, así como la adaptación mediante planchas de concreto del patio de maquinarias, zonas de almacenamiento y fabricación de los cubos y el patio para material a cielo abierto, tal como se muestra en el croquis de distribución de áreas de campamentos (ver figura V.1).

Al mismo tiempo se trabajará en la preparación, conformación del terreno, nivelación y construcción de la cama de concreto, donde se fabricarán los cubos de concreto hidráulico de  $f'c = 200 \text{ kg/cm}^2$ , la cual estará apoyada sobre una base de material compactado de la zona. Esta cama será de concreto, con  $f'c = 150 \text{ kg/cm}^2$  de 10 x 15 m y un espesor de 10 cm que servirá para el apoyo y fijación de los moldes.

Se trabajará conjuntamente en la fabricación de la cimbra para los cubos precolados a base de moldes metálicos de placa de  $\frac{1}{4}$ " de espesor y perfil estructural con ángulo de 2" x 2" x  $\frac{1}{4}$ ".

Estos tableros se fijarán a las camas de colado por medio de taquetes de expansión y tornillos, y se les aplicará una capa de aditivo desmoldante Separol de SIKA o similar, para su fácil retiro después del colado.

Los cubos se fabricarán con los dispositivos para el izaje de los elementos que faciliten su movimiento (ganchos de  $\frac{3}{8}$ " de diámetro) y su manejo.

Se habilitará la cimbra metálica, con la finalidad de dar la sección transversal del cubo de proyecto, es decir, de 2.00 x 1.70 x 1.50 m de altura. Se programará el número de usos de la cimbra, de manera que se cuelen cinco cubos por día.

## **V.3. Fabricación de cubos en el lugar.**

Esta actividad se realizará paralela a la construcción del núcleo y a la capa secundaria, ya que se requiere que, previo a la colocación de los cubos, se tenga un

avance de 15 m de la escollera, con la finalidad de ir protegiendo estas capas contra el oleaje.

Con el objetivo de que la elaboración de cubos no se vea afectada por falta de material, es necesario tener un silo de almacenamiento de cemento con capacidad aproximada de 25 ton, lo cual permitirá que sea abastecido una sola vez a la semana y con esto se tendrá la seguridad de que se podrá elaborar la cantidad necesaria de cubos correspondiente a 5 por día.

Una vez suministrada la cimbra metálica, se procederá al habilitado y a la colocación del armado de la cimbra para dar la geometría del cubo.

Posteriormente, se realiza el proporcionamiento de la mezcla a base de mortero cemento-arena de médano-agua de mar, para dar la resistencia mínima de  $f'c = 200 \text{ kg/cm}^2$ ; para esto, se utilizará cemento tipo CPP-30R resistente a los sulfatos y aditivo POLIHEED-R1.

Es importante tener un control sobre la calidad del concreto con el que serán elaborados los cubos y esto es mediante pruebas de campo y laboratorio. Las pruebas de campo consistirán en obtener el revenimiento del concreto de cada revolvedora antes de vaciarse; este revenimiento debe ser de  $5 \pm 2.5 \text{ cm}$  (ver figura V.2).

**Figura V.2 Realización de prueba de revenimiento.**



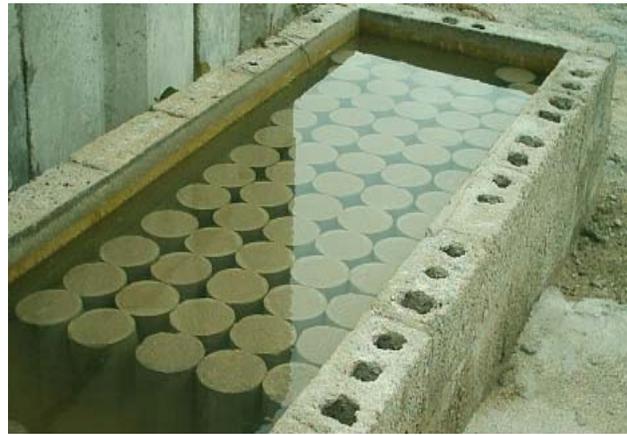
Fuente: imagen proporcionada por la empresa INPROMEX, S.A. de C.V.

Las pruebas de laboratorio para verificar la calidad del concreto se realizarán mediante el muestreo de cilindros de concreto (testigos), con dimensiones de 15 cm de diámetro por 30 cm de altura (ver figura V.3). El procedimiento de curado será por sumergimiento total en agua del mismo origen con el que se realiza el concreto (ver figura V.4).

**Figura V.3 Cilindros de concreto.**



**Figura V.4 Curado de cilindros.**



Fuente: imágenes proporcionadas por la empresa INPROMEX, S.A. de C.V.

**Figura V. 5 Prueba de compresión de cilindros de concreto.**



Fuente: imagen proporcionada por la empresa INPROMEX, S.A. de C.V.

Dichas muestras se clasificarán y se llevarán al laboratorio, donde se realizarán las pruebas de compresión en una prensa estándar a 7, 14 y 28 días (ver figura V.5), para comprobar su resistencia.

El vaciado de la mezcla de concreto se realizará por la parte superior del cubo, mediante los camiones-revolvera (ver figura V.6), hasta ir conformando las ranuras de los mismos. Es importante que el vaciado del concreto sobre los moldes se realice

en tres etapas. En cada etapa se realizará un vibrado general para garantizar el acomodo adecuado de partículas y tener mayor homogeneidad para evitar oquedades que le quitarían continuidad al cubo disminuyendo su resistencia a los impactos.

**Figura V. 6 Vaciado y vibrado del concreto en moldes.**



Fuente: imagen proporcionada por la empresa INPROMEX, S.A. de C.V.

Finalmente se procede a descimbrar, usando herramienta menor e inmediatamente después, se comienza el curado del mortero.

Una vez hecho lo anterior, se procederá a colocar por medio de aspersion el aditivo, con la finalidad de que forme por encima del cubo una capa que retenga la humedad del mismo, evitando así su deshidratación y, en consecuencia, su agrietamiento.

Los cubos serán movidos de su sitio de colado después de 24 horas como mínimo para su almacenamiento y permanecerán ahí 28 días como mínimo para su colocación, todas estas medidas para garantizar su resistencia y contemplar futuras etapas del proceso constructivo.

#### **V.4. Construcción del rompeolas Oeste y el espigón Este.**

A continuación se presenta el procedimiento constructivo del rompeolas y del espigón.

#### V.4.1. Levantamiento topográfico.

La primera actividad consiste en un levantamiento topográfico del lugar mediante una cuadrilla de topografía, que trazará el eje de la escollera Oeste y del espigón Este, partiendo del punto de referencia (ver figura V.7). Posteriormente, se dará el trazo del ancho de la corona del núcleo a diferentes cadenamientos, de acuerdo a los planos de proyecto.

Para esto, se utiliza una estación total, con su respectivo prisma, y un equipo GPS de alta precisión, trabajando en modo dinámico (Dynamic Survey Mode), orientándose el operador perpendicularmente al eje y recibiendo apoyo de la mira del nivel.

**Figura V. 7 Levantamiento topográfico.**



Fuente: imagen proporcionada por la empresa INPROMEX, S.A de C.V.

Una vez que se verifique el sistema coordinado, se desacoplará la parte móvil del equipo y se colocará en el punto de intersección, entre el eje de la poligonal de apoyo y el eje de la sección playera a levantar.

Para realizar el levantamiento batimétrico, se utilizará el equipo GPS desde las zonas secas hasta la mayor profundidad a la que se podrá acceder a pie. También será necesario utilizar una embarcación con motor fuera de borda de 65 HP como mínimo.

Con el equipo perfectamente instalado en la lancha, se calibrará la ecosonda por el método de simulación de fondo, utilizando un escandallo con placa plana de acero y cadena graduada, haciendo mediciones a profundidades de 2, 4 y 6 m en donde sea



posible, hasta 8 m con relación a la superficie libre del agua, ajustando la velocidad de emisión de señales de la ecosonda para conseguir que la lectura con dichas profundidades coincida.

El levantamiento batimétrico se realizará haciendo un barrido por las zonas de interés que serán por donde vaya el trazo de la escollera, el espigón y las zonas de influencia de estas estructuras (ver figura V.7). En el momento de realizar este levantamiento, es necesario hacer una lectura de mareas, con el fin de obtener un factor de corrección para los puntos obtenidos mediante la batimetría.

Este levantamiento se tiene que realizar cuando las condiciones atmosféricas sean las óptimas, para que los datos arrojados sean lo más exactos posibles.

#### **V.4.2. Construcción del núcleo.**

Una vez concluido el trazo de los ejes, se iniciará el tiro de material del núcleo por medio de los camiones de volteo, con rocas comprendidas entre 1.9 y 57.5 kg de peso, iniciando desde el arranque en la zona de tierra firme de la escollera que depositarán el material, hasta donde les sea posible y respetando una longitud de 15 m antes de continuar, con la finalidad de ir protegiendo esta capa contra los embates del oleaje.

Los camiones deben ser llenados por medio de un cargador frontal en el banco de material. A la salida será necesario que un “checador” revise el camión.

La colocación del núcleo se realizará mediante “tiro directo” (ver figura V.9), es decir, colocar el núcleo mediante el movimiento de volteo del camión, lo que permite que las rocas sean colocadas en la zona de agua; este proceso se debe realizar con mucho cuidado, ya que existe el riesgo de que el vehículo caiga al agua, por lo que se recomienda se realice con un vehículo adecuado y un operador experimentado.

Una vez realizada la descarga del material, se tienen que verificar los taludes para que estos vayan conforme a proyecto. Es necesario que posteriormente a la descarga se realice un reacomodo manual para uniformizar la superficie de rodamiento y poder realizar la siguiente descarga.

Adicionalmente a la ejecución de las obras, constantemente se efectuarán levantamientos topohidrográficos, con el fin de verificar que las secciones vayan quedando dentro de los límites establecidos previamente, que serán de 0.5 m dentro o fuera de las líneas de proyecto.

Por las propiedades del material, este tiende a formar taludes de 1.5:1, aproximadamente (ver figura V.10).

**Figura V.8 Levantamiento batimétrico.**



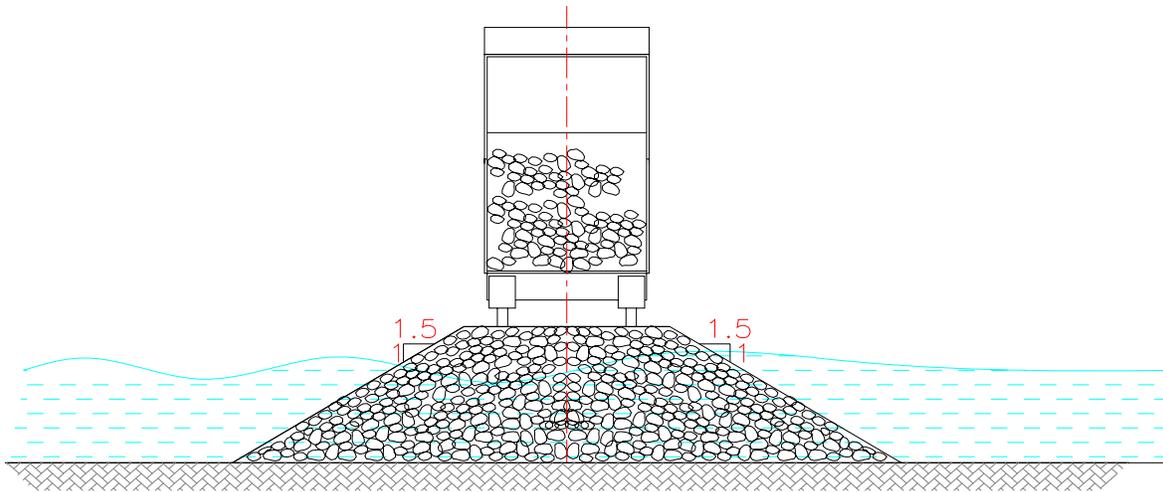
Fuente: imagen proporcionada por la empresa INPROMEX, S.A de C.V.

**Figura V.9 Colocación del núcleo.**



Fuente: imagen proporcionada por la empresa INPROMEX, S.A de C.V.

**Figura V.10 Taludes en escollera o espigón.**



Fuente: elaboración propia

#### **V.4.3. Construcción de capa secundaria.**

La capa secundaria será construida con rocas cuyos pesos estarán entre los 766 a 1,150 kg. Tendrá un espesor de capa de 1.50 m y constará de dos capas de rocas.

Primeramente, desde el banco de material y ayudándose de una grúa, se colocarán las rocas sobre los camiones de volteo para, posteriormente, trasladar éstas al lugar donde se descargarán (ver figura V.11).

Se desplantarán desde nivel de terreno natural hasta la elevación de la corona, apoyándose sobre los taludes del núcleo. Su colocación se realizará mediante “tiro directo”, dejándose deslizar sobre el talud formado por el núcleo.

Posteriormente se utilizará una grúa con garra para realizar el acomodo de las rocas, las cuales serán colocadas desde el pie del talud hacia la corona de la capa secundaria.

La función de las rocas de la capa secundaria es la de servir como protección para el núcleo y como filtro con la coraza, para evitar que, debido a la gran diferencia de tamaño, el material del núcleo sea removido a través de los grandes espacios que hay entre los elementos de la coraza y la capa secundaria. Debido a ello, la coraza envuelve completamente al núcleo, tanto en sus taludes, como en la parte superior.

Los límites definidos con respecto a las líneas de proyecto para la colocación de la roca son de  $\pm 1$  m.

**Figura V.11 Colocación de la capa secundaria a ‘tiro directo’.**



Fuente: imagen proporcionada por la empresa INPROMEX, S.A de C.V.

Para verificar esto, se levantarán secciones topo hidrográficas a cada 5 m de distancia, conforme se vaya avanzando en ésta fase, y se buscará detectar si la roca queda dentro de las especificaciones o, de lo contrario, deberán hacerse las correcciones necesarias llenándose todos los huecos que hubieran, con el fin de dejar un talud continuo con valores de 1.5:1 que pueda proteger adecuadamente al núcleo.

#### **Construcción de la capa secundaria del espigón.**

Para la capa secundaria del espigón, el procedimiento será el mismo antes descrito para el rompeolas, exceptuando que el tipo de roca será de distintos pesos, oscilando entre 66.4 y 99.6 kg.

#### **V.4.4. Construcción de la coraza.**

La coraza de la escollera estará formada por dos capas de cubos ranurados de concreto simple de 11 ton, de resistencia y dimensiones especificadas en planos, de

porosidad del 47% de la capa, fabricados previamente y transportados al sitio de la obra mediante camiones de volteo.

La grúa que se ubique en el banco de materiales será la encargada de ir colocando este tipo de roca sobre los camiones para trasladarlas al sitio de la obra (ver figura V.12).

**Figura V.12 Colocación de cubos en los camiones para su traslado a la escollera.**



Fuente: imagen proporcionada por la empresa INPROMEX, S.A de C.V.

Ya estando en la zona de tiro, serán descargadas mediante la otra grúa que se localiza ahí y colocadas en el lugar correspondiente (ver figura V.13).

La coraza sólo se colocará del lado del mar y no del lado del abrigo a las instalaciones, pues en éste último los empujes del oleaje no son significativos.

En la parte del morro sí llevará coraza en ambos lados; las secciones, aunque tendrán los mismos taludes, serán diferentes a las del cuerpo de la escollera.

Los cubos se colocarán uno por uno, partiendo del pie del talud (ver figura V.14). Para lograr la colocación adecuada de éstos y formar una superficie continua en los taludes, permitiendo así dar mayor protección a las capas interiores ante los embates de las olas, se recomienda dividir el área lateral del talud que va a ser ocupada por la coraza en una cuadrícula imaginaria, cuyos espacios se ajustarán a las dimensiones de los cubos ranurados. Sobre la corona se trazan referencias de las líneas de la cuadrícula.

**Figura V.13 Colocación de cubos para coraza en la escollera.**



Fuente: imagen proporcionada por la empresa INPROMEX, S.A. de C.V.

Posteriormente y tomando como base la referencia ya mencionada, se posiciona la grúa sobre la superficie de rodamiento de la corona y se hace coincidir el eje de rotación con el de la primera fila de cubos, iniciando la colocación de los mismos.

Para precisar la distancia horizontal a la que se van a colocar cada uno de los elementos, se puede llevar un control del ángulo de inclinación de la pluma de la grúa. Se repite el mismo procedimiento para las siguientes filas de cubos hasta concluir la colocación de los mismos.

Luego se levantan secciones a cada 5 m y se comparan con las secciones de proyecto, haciendo una inspección por medio de buzos, quienes detectarán los sitios donde hace falta material, los cuales serán rellenados para formar un talud continuo que pueda brindar protección a la capa secundaria. El procedimiento es igual para la escollera y el espigón.

#### **V.4.5. Dragado.**

Para el dragado de la zona, se utilizará una grúa equipada con bote de arrastre y el material se cargará directamente al camión de volteo para su retiro y depósito en la zona designada para tal fin.

**Figura V.14 Colocación de cubos “uno a uno”.**



Fuente: imagen proporcionada por la empresa INPROMEX, S.A. de C.V.

La draga iniciará los trabajos desde mar adentro hacia tierra firme, teniendo un volumen aproximado a dragar de  $4,486.26 \text{ m}^3$ . En la figura V.15 se muestra una planta general, con las profundidades y dimensiones de las áreas por dragar.

Una vez que se encuentre la draga en posición de trabajo, se vaciará el material extraído directamente a la tarquina que se ha propuesto para este fin.

Si se presentará el caso en donde la draga no alcance a depositar el material al camión, se deberá habilitar una artesa a base de herrería y/o madera sobre un chalán para que, posteriormente, se descargue con ayuda de la retroexcavadora y el camión, junto con el material que se logre depositar directamente al camión y este, a su vez, lo deposite en la zona prevista para el tiro.

Para comprobar las maniobras correspondientes al dragado, es necesario tomar diario muestras del material extraído, con el fin de obtener un volumen de sólidos para calcular el volumen total dragado, mismo que se comprobará a través de un levantamiento batimétrico en el que se verificará que las secciones correspondientes a los canales de navegación y dársenas cumplan con el calado y taludes requeridos.



## V.5. Construcción del muelle y dársenas de maniobras.

Para la construcción del muelle se llevará a cabo el trazo de las zonas, estableciéndose los límites que ocupará la estructura y procediendo a establecer la nivelación de terreno y los ejes.

Con respecto a la construcción del muelle en espigón (ver figura V.15), se trazarán y nivelarán las pilas, losa, traveses y pantallas que componen al mismo.

Para el muelle en espigón, la cota inferior de desplante de pilas será de -4.0 NBMI, que serán las más profundas.

Cabe señalar que no todas las pilas se desplantarán al nivel -4.0 m, ya que la pendiente del terreno varía según la profundidad en la que se encuentre.

Para la construcción de la pila, se requiere hacer una excavación circular y, posteriormente, se introduce un tubo que hace las veces de cimbra, que puede ser de madera. Se introduce el acero de refuerzo y se vacía el concreto por bombeo, o bien por medio de una bacha.

Las características del concreto utilizado para las pilas deberá cumplir con las propiedades mínimas aceptadas para su elaboración.

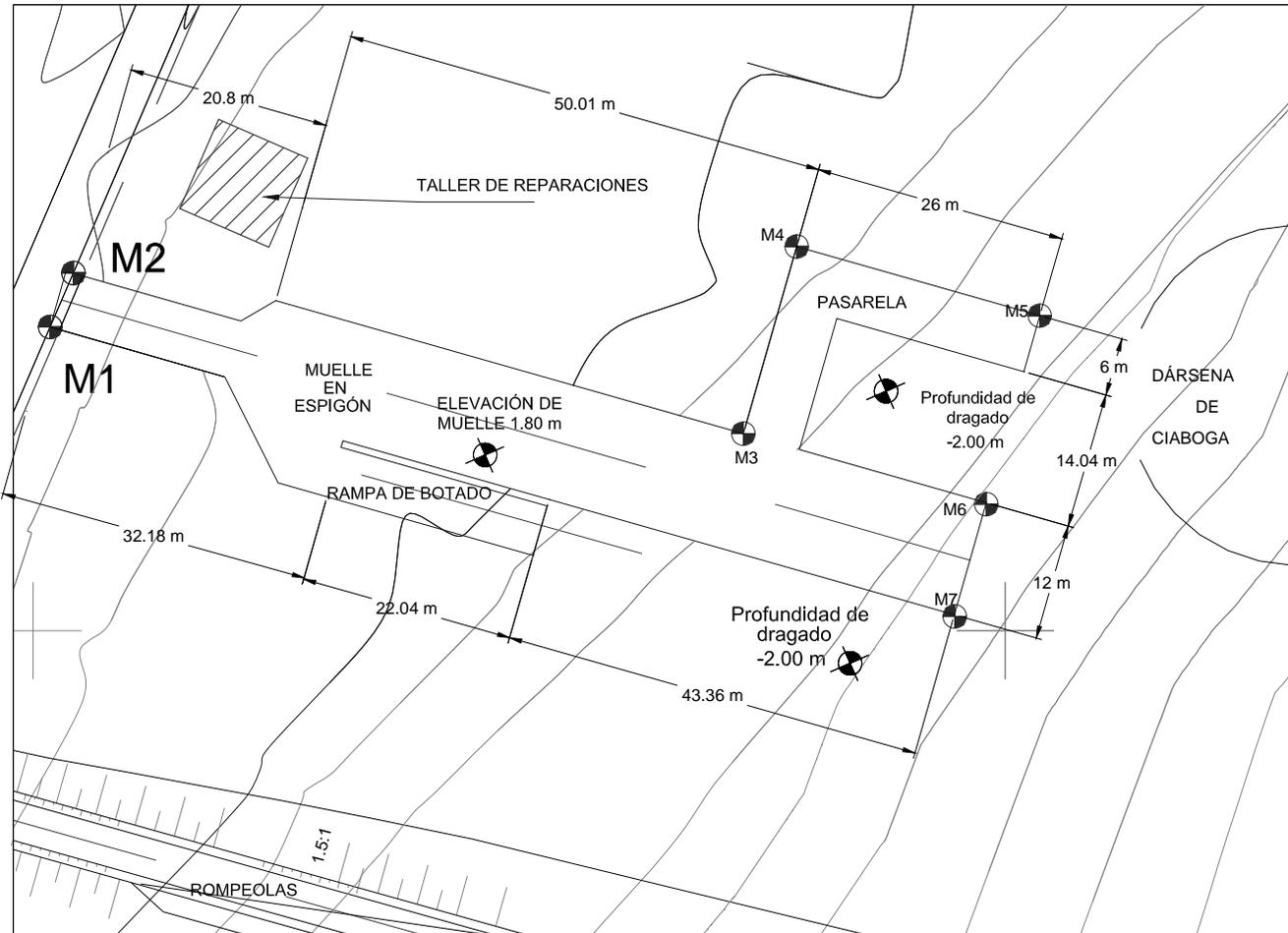
Lo anterior incluye la calidad de la arena, el agua y el cemento, así como la preparación adecuada de la mezcla para su elaboración, transporte y colocación, que permitan asegurar su calidad.

Una vez que se hayan descimbrado las pilas, se procederá al cimbrado de las traveses y losas que componen los elementos estructurales del muelle en espigón (ver figura V.17). Se colocará el acero de refuerzo y los elementos de sujeción para las defensas y las bitas.

Previo al colado, se deberá limpiar y humedecer el sitio donde se va a depositar el concreto. La mezcla de concreto se puede realizar con revolvedoras de 3 m<sup>3</sup> de capacidad. Es importante realizar el vibrado de forma adecuada para asegurar una densidad uniforme, evitando la formación de oquedades. Finalmente deberá darse a las losas un acabado escobillado.

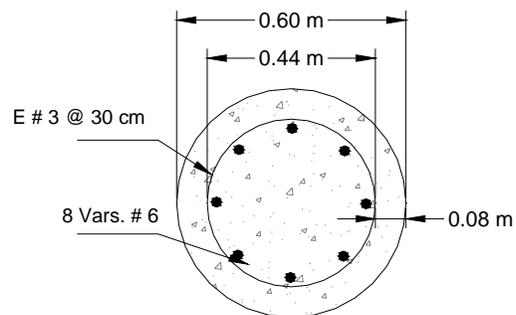
Para el curado, se puede emplear el curacreto de Fester o similar, aplicándose con brocha o rodillo en toda la superficie de la losa, durante dos veces al día y en un periodo de dos días. El proceso de curado que se aplique deberá producir un concreto, cuya durabilidad sea por lo menos equivalente a la obtenida con curado en ambiente húmedo.

**Figura V.15 Muelle en espigón.**



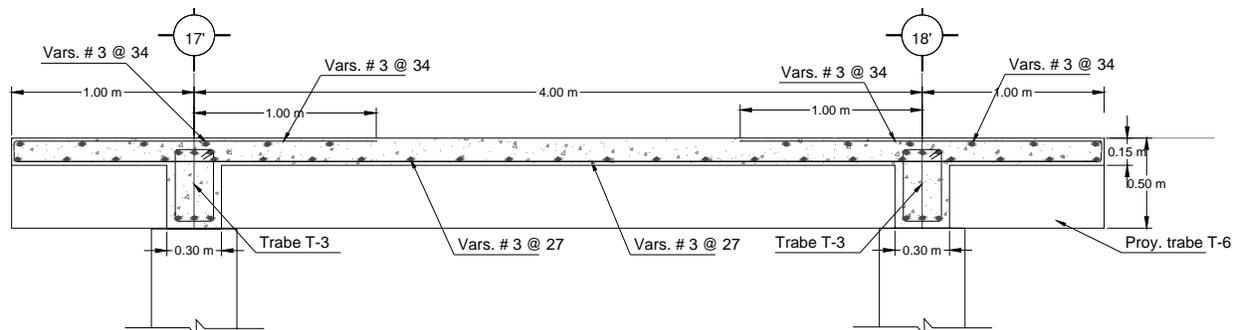
Fuente: elaboración propia en base a diseño.

**Figura V.16 Sección transversal de pila tipo en rampa de botado.**



Fuente: elaboración propia.

**Figura V.17 Vista transversal tipo del muelle.**



Fuente: elaboración propia.

Es muy importante que durante la etapa de curado, se mantenga la superficie de la losa protegida del viento y del sol, por lo que es muy recomendable el levantar toldos y hules de protección en los costados. Durante el colado de la losa, se dejarán ahogadas las anclas de fijación para las placas base de 30 x 30 x 1/2" de espesor.

Posteriormente, se colocarán las placas para que, finalmente, se ubique la tuerca superior hexagonal y su arandela plana, así como las tuercas, las cuales se habilitarán y se montarán en la losa; finalmente, se aplica un anticorrosivo a base de un primario epóxico en la placa.

Se construirán en el sitio de la obra las bitas de 6" de diámetro y cédula 80, rellenos de concreto de  $f'c = 150 \text{ kg/cm}^2$ . Estas bitas llevarán atravesados unos tubos de diámetro igual a 2" y cédula 80, bloqueados por una tapa de 3/8" de diámetro.

Las bitas y demás elementos de acero expuestos al medio ambiente, se deberán proteger con un primario epóxico anticorrosivo.

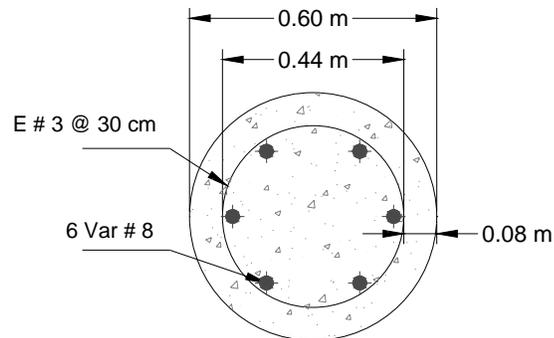
## V.6. Construcción de la rampa de botado.

Para la construcción de la rampa de botado, se iniciará con el trazo y la nivelación de los ejes donde se desplantarán las pilas de 50 cm de diámetro (ver figura V.18).

El colado de las pilas se realizará de manera similar a como se propuso para el muelle. Se colarán tramos de 1.50 a 2.00 m de altura hasta llegar a la elevación +1.30 m de proyecto, en donde se unirán estas pilas con las traveses del muelle.

Se realizará el cimbrado de la losa de apoyo y se habilitará el acero de refuerzo del mismo para colar monóticamente la losa con las traveses y la unión de las pilas.

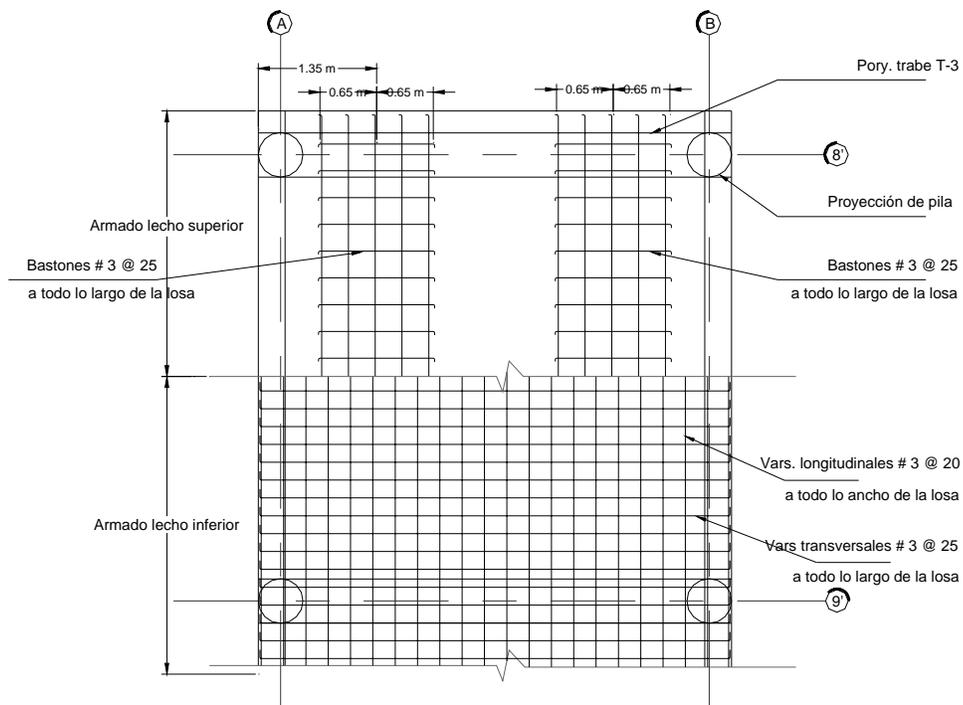
**Figura V.18 Sección transversal de pila en rampa de botado.**



Fuente: elaboración propia.

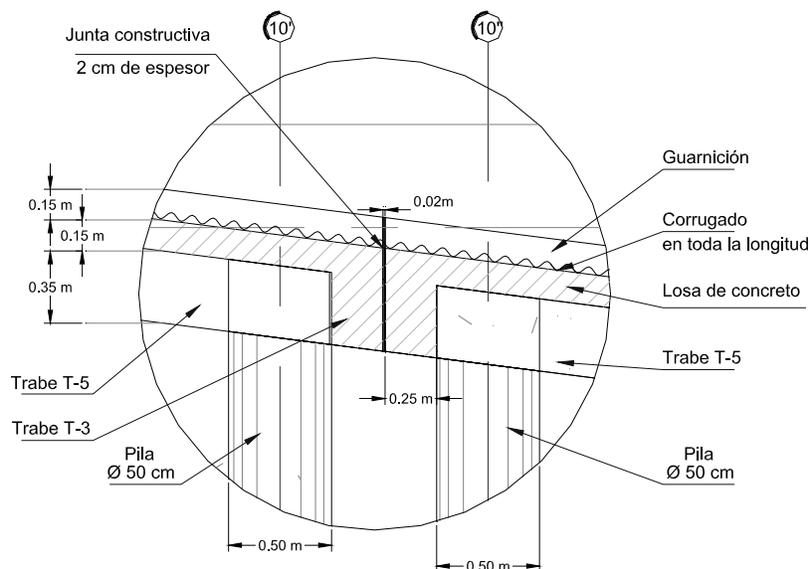
En los costados del pavimento de la rampa llevará una guarnición de protección de 15 x 15 cm de espesor. En el caso de las losas precoladas estas serán de 1.50 x 2.50 m (ver figura V.19) y deberán incluir, tanto la guarnición, como el dentellón.

**Figura V.19 Armado de la rampa de botado.**



Fuente: elaboración propia.

**Figura V.20 Junta constructiva.**



Fuente: elaboración propia.

Se colocará una junta constructiva donde se unen las dos losas de la rampa de botado. Asimismo, llevará juntas de expansión a cada 2 m de forma transversal y otra que correrá longitudinalmente a todo lo largo de la losa (ver figura V.20).

Las características, rendimientos y dimensiones más usuales del equipo de construcción, se pueden apreciar en el Anexo F.

# **VI. EVALUACIÓN ECONÓMICA**

**VI.1. Objetivos.**

**VI.2. Identificación de beneficios y costos.**

**VI.3. Valoración de beneficios.**

**VI.3.1. Beneficios por incremento en la producción.**

**VI.3.2. Beneficios por ahorro de recursos operacionales.**

**VI.3.3. Beneficios por menor daño a las embarcaciones.**

**VI.3.4. Beneficio por mayor valor agregado.**

**VI.3.5. Beneficios sociales.**

**VI.4. Valoración de costos.**

**VI.5. Evaluación económica del proyecto.**

**VI.5.1. Indicadores de rentabilidad.**

**VI.5.2. Resultados.**

**VI.6. Conclusiones de la evaluación económica.**



## VI. EVALUACIÓN ECONÓMICA

En este capítulo se presenta la evaluación económica del proyecto, es decir, si el proyecto es rentable desde el punto de vista económico. Para llevar a cabo dicha evaluación es necesario, primeramente, definir los beneficios que el proyecto trae consigo; posteriormente, los costos que dicho proyecto implica, tanto directos, como indirectos. Todas estas cantidades se tabulan en los diferentes tiempos en que se van a obtener o erogar y se traen al presente por medio de una tasa de descuento. Se calcula la diferencia entre beneficios y costos y se obtienen los indicadores de evaluación económica, que son: la Tasa Interna de Retorno (TIR) y la relación Beneficio-Costo (B/C). Finalmente, se hace un análisis de sensibilidad, donde se cambia alguna variable de forma desfavorable al proyecto y se vuelven a obtener los indicadores de rentabilidad. Si los indicadores resultan aceptables, se puede entender que el proyecto es viable desde el punto de vista económico, de lo contrario, no lo es.

Aunque una evaluación puede ser realizada desde dos ópticas diferentes, es decir, desde la evaluación privada, que toma en cuenta que todo el proyecto se llevará a cabo con capital propio y, por lo tanto, no considera el problema financiero y desde la evaluación financiera, que considera diferentes el capital propio del prestado. En el caso que nos ocupa, no consideraremos la evaluación financiera, pues esta traería consigo una investigación acerca de los recursos municipales, estatales y/o federales que se pueden aplicar, además de los diferentes esquemas de financiamiento y programas relacionados, lo cual excede a los alcances del presente trabajo. El costo financiero solo se presenta como un porcentaje del costo total de la obra.

Existe otra forma de evaluar los proyectos, que es mediante la evaluación social, y que considera que tanto los beneficios como los costos se valoran a precios sombra de eficiencia o de cuenta. Para la evaluación social interesa el flujo de recursos reales (de los bienes y servicios) utilizados y producidos por el proyecto. Los costos y beneficios sociales podrán ser distintos de los contemplados por la evaluación privada económica.

La evaluación económica tiene como objetivo el determinar el impacto que el proyecto produce sobre la economía como un todo. La evaluación social se diferencia de la anterior por incorporar explícitamente el problema distribucional dentro de la evaluación. Esta integración de eficiencia con equidad se traduce en una valoración de “precios sociales”.

En los proyectos sociales se plantea la cuestión de quién afronta los costos desde una perspectiva diferente. Al respecto, hay tres respuestas posibles: el individuo, el gobierno local o la sociedad en su conjunto. Desde el punto de vista individual, se considera la perspectiva del beneficiario del proyecto. Respecto a la sociedad en

general, hay que considerar no solo los costos y beneficios directos, sino también los de carácter secundario e intangible.

### VI.1. Objetivos.

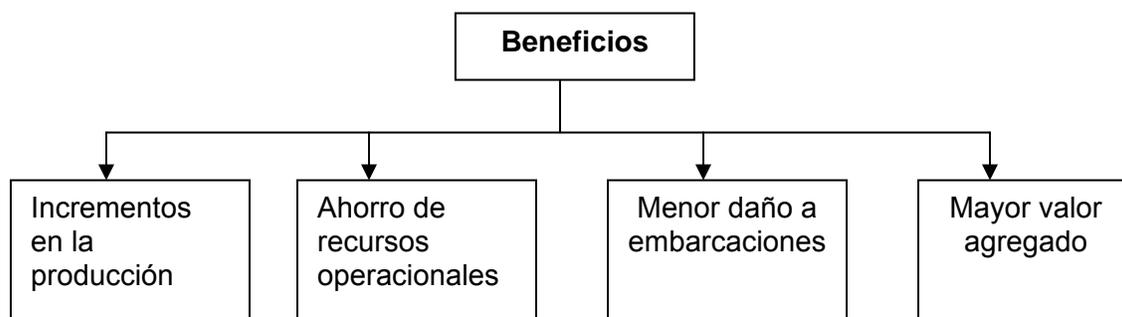
El objetivo que se plantea al llevar a cabo la evaluación económica de un proyecto es el informar acerca del mejor uso de los recursos limitados. La mayoría de los tipos de evaluación se centran principalmente en los beneficios. La evaluación económica tiene en cuenta tanto los costos como los beneficios que el proyecto trae consigo, tanto directos como indirectos.

### VI.2. Identificación de beneficios y costos.

Los beneficios asociados al proyecto de Punta Abreojos pueden separarse básicamente en los siguientes rubros: ahorro de recursos, incrementos de producción, menor daño a embarcaciones y un mayor valor agregado del producto (ver figura VI.1). En el caso de proyectos pesqueros, éstos estarán acotados por la existencia de periodos de veda y cualquier otra forma de sustentabilidad del recurso. Cabe señalar que sólo deberán considerarse en la evaluación los beneficios que el proyecto genera y no los que resulten de condiciones climáticas o de una mayor disponibilidad (temporal) del recurso por efecto de corrientes marinas o algún otro factor natural.

Los costos corresponden a una mayor utilización de insumos y factores productivos como resultado de un mayor nivel de producción y la existencia de costos de operación que antes no existían (ver figura VI.2). También forman parte de los costos todos aquellos beneficios que se obtienen antes del proyecto y que, posteriormente, con su materialización, se dejarán de percibir (en el caso del presente proyecto no se tiene este tipo de costos).

Figura VI.1 Origen de beneficios del proyecto.

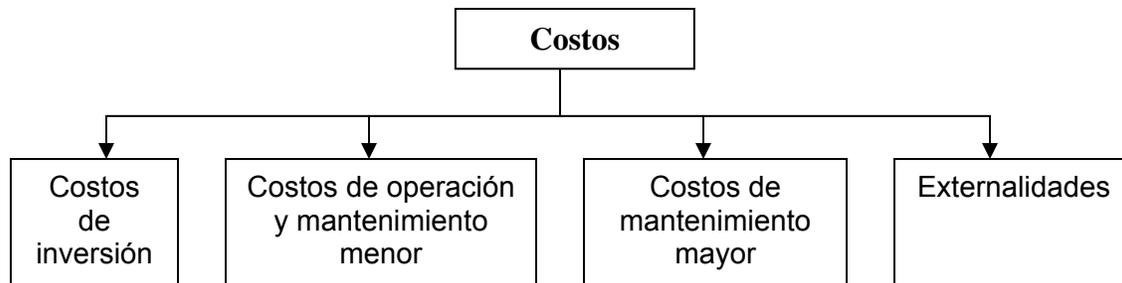


Fuente: elaboración propia.

### VI.3. Valoración de beneficios.

Para la identificación de los beneficios del proyecto que son pertinentes para su evaluación, es necesario definir una situación base o situación sin proyecto: “la comparación de lo que sucede con proyecto” versus “lo que hubiera sucedido sin el mismo nos dará los beneficios”.

Figura VI. 2 Origen de costos del proyecto.



Fuente: elaboración propia.

#### VI.3.1. Beneficios por incremento en la producción.

Este tipo de beneficios se da al liberar una cierta cantidad de tiempo que antes del proyecto se empleaba en maniobras de botado de las embarcaciones, debido a la existencia de muelles y facilidades de atraque, lo que permite dedicar una mayor cantidad de horas a las labores de pesca y, por lo tanto, aumentar la producción, considerando sin embargo que esto siempre estará limitado por la cantidad de pesca permitida.

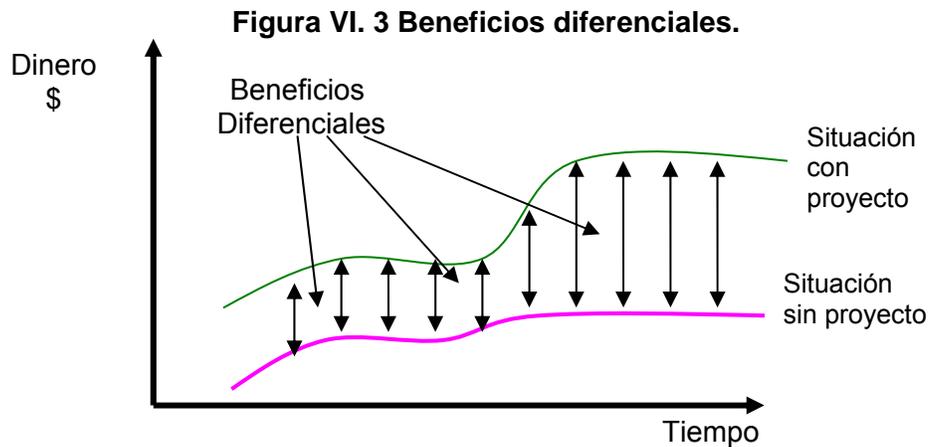
En caso de que la liberación de tiempo no permita aumentar la producción, se deberá valorar el mayor tiempo libre de los pescadores, lo que está directamente relacionado con su calidad de vida.

#### VI.3.2. Beneficios por ahorro de recursos operacionales.

Estos beneficios se originan por la disminución en los tiempos de espera, distancias recorridas, consumo de combustibles, lubricantes, mano de obra y otros insumos (cuerdas, pinturas, etc.).

La diferencia entre los “costos de operación con proyecto” versus “sin proyecto”, determinará si se producen realmente ahorros o incrementos en los costos. Estos últimos se denominan beneficios diferenciales (ver figura VI.3).

A continuación se analizarán los ahorros provenientes de los beneficios diferenciales.



Fuente: elaboración propia.

### Ahorros por consumo de combustible.

La Sociedad Cooperativa tiene tres camionetas para las actividades de botado de las embarcaciones, con el proyecto se dejarían de utilizar dos, aunque quedaría una como reserva. Considerando para cada camioneta un trayecto promedio diario de 20 km, se tendría el ahorro correspondiente a dos camionetas, es decir:

$$\text{Ahorro combustible} = \frac{\text{km recorridos sin proyecto} - \text{km con proyecto}}{\text{Rendimiento del combustible}} \times \text{Precio}$$

$$\text{Ahorro combustible} = \frac{20 \text{ km} \times 2 \text{ camionetas}}{(15 \text{ km/lt})} \times \$ 7.27 = \$ 3.2$$

Multiplicado por 290 días al año, que son los días laborables:

$$\text{Ahorro combustible} = (\$19.38) \times (290 \text{ días}) = \$ 5,620.2 \text{ anuales}$$

### Ahorro por consumo de aceite.

Se estimó un precio promedio en el mercado de la zona de \$40/lt. El rendimiento se determinó en 500 km/lt. Se consideraron sólo dos camionetas, previendo que una quede en servicio junto con la grúa para llevar las embarcaciones al taller de reparación y mantenimiento.

$$\text{Ahorro aceite} = \frac{\text{km recorridos sin proyecto} - \text{km con proyecto}}{\text{Rendimiento del lubricante}} \times \text{Precio}$$



$$\text{Ahorro aceite} = \frac{20 \text{ km} \times 2 \text{ camionetas}}{(500 \text{ km/lt})} \times \$ 40 = \$ 3.2$$

Multiplicado por 290 días al año:

$$\text{Ahorro aceite} = (\$ 3.2) \times (290 \text{ días}) = \$ 928.00$$

Nota: Los rendimientos del combustible y lubricante se fijaron a partir de una camioneta Chevrolet Cheyenne de doble tracción, y los precios se investigaron en las gasolineras cercanas a la zona de estudio.

### **Ahorro por mano de obra.**

Se considera que con las obras se facilitará el trabajo de todos los involucrados en la actividad pesquera (pescadores, choferes, mecánicos, ayudantes, etc.), considerándose este beneficio como la diferencia entre las horas de trabajo con y sin proyecto. Debido a que existen diversas actividades y con fines de simplificación, se consideró un salario promedio de \$ 70 por hora de trabajo. Se estimó un ahorro de 1 hr diaria por persona en promedio.

Ahorro mano de obra = hora hombre día (sin proyecto – con proyecto) (valor por hora)

$$\text{Ahorro mano de obra} = (1 \text{ hora}) (\$ 70) = \$ 70$$

Multiplicado por 290 días al año:

$$\text{Ahorro mano de obra} = (\$ 70) (290 \text{ días}) = \$20,300.00$$

Multiplicado por 168 socios de la Sociedad Cooperativa en el año 2004:

$$\text{Ahorro mano de obra} = (\$11,600.00) (168 \text{ socios}) = \$3,410,400.00$$

### **VI.3.3. Beneficios por menor daño a las embarcaciones.**

La propuesta de solución a la problemática pesquera tiene como finalidad, principalmente, disminuir el daño que sufren las embarcaciones durante el proceso de botado, así como en el de carga y descarga, y por el otro, disponer de condiciones para un adecuado mantenimiento y reparación. Con esto se tendrían ahorros en actividades de mantenimiento.

Dicho beneficio se estimó en un ahorro del 40% respecto a los gastos de mantenimiento que la Sociedad Cooperativa de Punta Abreojos estimó para el año de 2004, que fue de \$300,000.00. Es decir, el ahorro sería de \$120,000.00.



#### **VI.3.4. Beneficio por mayor valor agregado.**

En las condiciones actuales de descarga, manipulación y almacenamiento, una cantidad del producto se deteriora y, consecuentemente, es imposible venderlo, o disminuye considerablemente su valor comercial. La propuesta permite disminuir parte o toda esta pérdida en la medida que resuelva el origen de éstas.

El beneficio por mayor valor agregado se calculó como la diferencia de precios entre el producto de primera y el de segunda calidad, multiplicado por el volumen de la producción de segunda, el cual es un tercio del volumen total de producción. Es decir:

$$\text{Beneficio por Mayor Valor Agregado} = (\text{diferencia de precios}) \left( \frac{1}{3} \right) (\text{volumen de producción})$$

El volumen de producción es el estimado para el año 2005.

$$\text{Beneficio por Mayor Valor Agregado} = (\$30 / \text{kg}) \times (65,261 \text{ kg}) = \$1,957,830.00$$

#### **VI.3.5. Beneficios sociales.**

Como beneficios sociales se tienen aquellos relacionados con una mayor seguridad para los pescadores y sus embarcaciones, tanto al tener protección contra los embates del oleaje, como al contar con mayores facilidades para el desembarque del producto pesquero. Estos beneficios se consideran intangibles, pues son difíciles de cuantificar; sin embargo, pueden ser muy importantes, sobre todo desde el punto de vista social.

#### **Beneficios relacionados con la generación de empleos directos e indirectos.**

Se estima que durante la etapa de construcción se generarán alrededor de 50 empleos directos, que serían los correspondientes a los oficios y profesiones enlistados en la tabla VI.1. Estos beneficios también entran dentro del rubro de beneficios sociales.

Finalmente se presenta la tabla VI.2 a manera de resumen de beneficios para el año cero.

#### **VI.4. Valoración de costos.**

Los costos relacionados con el proyecto son los que tienen que ver con la construcción del mismo, aquellos derivados de las actividades de mantenimiento de la infraestructura, los relacionados con impacto ambiental e impactos sociales, políticos y

finalmente los que tienen que ver con una mayor utilización y consecuente deterioro de la infraestructura existente (carreteras, vías férreas si es que existiera, servicios de drenaje, por aumento en la población de pescadores, etc.).

**Tabla VI.1 Listado de profesiones y oficios.**

<b>DESCRIPCIÓN</b>
Cabos
Albañiles
Fierreros
Carpinteros de obra negra
Cadeneros
Buzo para la realización de trabajos bajo del agua
Ayudantes generales
Operador de grúa
Chofer para camión torton
Operador de revolvedora
Montador
Operador de draga
Operador de cargador frontal
Biologo
Supervisor
Ingenieros
Topografos
Especialista
Ayudante general

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla VI.2 Beneficios del proyecto.**

<b>Beneficios</b>	
<b>Combustible</b>	\$5,620.20
<b>Aceite</b>	\$928.00
<b>Mano de obra</b>	\$3,410,400.00
<b>Valor agregado</b>	\$1,305,220.00
<b>Mantenimiento</b>	\$90,000.00
<b>Total</b>	\$4,812,168.20

Fuente: Elaboración propia.

### **Costos de inversión.**

Corresponden a los insumos necesarios para la construcción de la obra: materiales, mano de obra, maquinaria, servicios especiales, administrativos, de ingeniería, etc.



## Costos en infraestructura

Los costos en infraestructura se estimaron en \$ 51'116,569.34, que corresponden a la inversión que se requiere solo para realizar las obras de construcción de escolleras, muelles, dársena y rampa de botado, y se obtienen del presupuesto de obra que se muestra en la tabla VI.4.

Los porcentajes y cálculos para obtener los costos indirectos, costo de utilidad y de financiamiento se muestran en la tabla VI.3.

**Tabla VI.3 Beneficios del proyecto.**

Costo	Clave	Porcentaje
Costo Directo	C.D.	
Costo Indirecto	C.I	3%
Financiamiento	F	4%
Utilidad	U	5%

Fuente: elaboración propia.

**Tabla VI.4 Presupuesto de infraestructura.**

CLAVE	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.	TOTAL
<b>I</b>	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>		<b>1</b>	<b>2'351,652.13</b>	<b>775,878.12</b>
I.1	Trazo y nivelación de terreno, ejes y áreas de desplante de escollera oeste, espigón este, muelle en espigón, pasarela, dársena de operación y rampa de botado, zona de campamento, zona de tiro y zona de remoción del material con aparatos de precisión. Incluye: Ubicación de referencia, puntos de control, boyas, pintura, bancos de nivel, considerando además el grado de dificultad de los diversos trabajos, así como los elementos de seguridad e higiene, materiales, mano de obra y todo lo necesario para la correcta ejecución de los trabajos. PUOT.	m <sup>2</sup>	34,808.35	22.29	775,878.12
<b>II</b>	<b>ESCOLLERAS</b>		<b>1</b>	<b>59'486,234.75</b>	<b>42,798,274.44</b>
<b>II.1</b>	Explotación de banco cerro El Carrizo, extracción, selección, suministro y colocación de piedra natural, para conformar el núcleo de la escollera, con peso comprendido entre 1.9 kg a 57.5 kg, incluye: tramite de permisos, licencias, pagos a que hubiera lugar, acceso a la pedrera, selección, limpieza, carga y acarreo de piedra en camiones de volteo a primer km, colocación de piedra en el núcleo de la escollera, conformación de capa de rodamiento, desvíos a caminos existentes, obras auxiliares, señalamiento, consumibles y maniobras y todo lo necesario para la correcta ejecución de los trabajos. PUOT.	m <sup>3</sup>	12,577.23	621.71	7,819,389.66
<b>II.2</b>	Explotación de banco cerro El Carrizo, extracción, selección, suministro y colocación de piedra natural, para conformar la capa secundaria de la escollera, con peso comprendido entre 766 kg a 1150 kg, Incluye: trámite de permisos, licencias, pagos a que hubiera lugar, acceso a la pedrera, selección, limpieza, carga y acarreo de piedra en camiones de volteo a primer km, medición, colocación de piedra en la capa secundaria de la escollera, conformación de capa de rodamiento, consumibles, maniobras y todo lo necesario para la correcta ejecución de los trabajos. PUOT.	m <sup>3</sup>	5,688.79	703.17	4,000,186.46



II.3	Fabricación en obra de cubos ranurados de mortero: cemento-arena de medano-agua de mar, para dar una resistencia de $f'c=200 \text{ kg/cm}^2$ , con peso de 11 ton y dimensiones de 2 m x 1.70 m x 1.50 m, para conformar la coraza. Incluye: Cama de concreto para colado de 15 x 10 m y 10 cm de espesor, cimbra metálica, para la construcción de moldes, proporcionamiento de la mezcla, colado, vibrado y curado, carga y acarreo, descarga y colocación en la zona de almacenamiento, pruebas de laboratorio, consumibles, herramientas, mano de obra y todo lo necesario para la correcta ejecución de los trabajos. PUOT.	pza	1,920.00	13,600.11	26,112,211.20
II.4	Carga, acarreo, descarga y colocación de cubos ranurados de 2 m x 1.50 m x 1.70m, en coraza exterior de la escollera, incluye: Manejo de los cubos con el equipo que indique la contratista, colocación y acomodo de los mismos, formación de taludes, materiales, equipo, mano de obra y todo lo necesario para la correcta ejecución de los trabajos. PUOT.	pza	1,920.00	664.80	1,276,416.00
II.5	Acarreo de material para la formación de núcleo de la escollera, en km subsecuentes, desde el Cerro El Carrizo al sitio de la obra, en camiones de volteo y a una distancia de 32 km.	m <sup>3</sup> -km	402,471.36	6.07	2,443,001.16
II.6	Acarreo de material para la formación de capa secundaria de la escollera, en km subsecuentes, desde el Cerro El Carrizo al sitio de la obra, en camiones de volteo y a una distancia de 32 km.	m <sup>3</sup> -km	182,041.28	6.07	1,104,990.57
II.7	Suministro, fabricación y colocación de baliza de señalamiento en escollera. Incluye linterna Tideland ML-155 con las especificaciones de proyecto, destellador/cambiador de lámparas TF-3B micropower omnibus II, batería sola viva V12mf, celfa fotovoltaica MSX-20, base de concreto armado de acuerdo a plano tipo, el equipo, mano de obra y todo lo necesario para efectuar la correcta ejecución de los trabajos	pza	1	42,079.39	42,079.39

III	ESPIGÓN		1	4'389,117.02	3,157,409.30
CLAVE	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.	TOTAL
III.1	Explotación de banco cerro El Carrizo, extracción, selección, suministro y colocación de piedra natural, para formar capa secundaria del espigón, con peso comprendido entre 66.4 kg a 99.6 kg, incluye: trámite de permisos, licencias, pagos a que hubiera lugar, acceso a la pedrera, selección, limpieza, carga y acarreo de piedra en camiones de volteo a primer km, medición, colocación de piedra en la capa secundaria del espigón, conformación de capa de rodamiento, desvíos a caminos existentes, obras auxiliares, señalamiento, consumibles y maniobras y todo lo necesario para la correcta ejecución de los trabajos. PUOT.	m <sup>3</sup>	2,275.19	576.25	1,311,078.24
III.2	Explotación de banco cerro El Carrizo, extracción, selección, suministro y colocación de piedra natural, para conformar la coraza del espigón, con peso de 1 ton, incluye: trámite de permisos, licencias, pagos a que hubiera lugar, acceso a la pedrera, selección, limpieza, carga y acarreo a primer km de piedra en camiones de volteo, medición, colocación de piedra en la coraza del espigón, conformación de capa de rodamiento, mejoramiento de caminos (si es necesario), desvíos a caminos existentes, obras auxiliares, señalamiento, consumibles y maniobras y todo lo necesario para la correcta ejecución de los trabajos. PUOT.	m <sup>3</sup>	1,691.67	611.07	1,033,728.79
III.3	Acarreo de material para la formación de capa secundaria del espigón en km subsecuentes, desde el cerro El Carrizo al sitio de la obra, en camiones de volteo y a una distancia de 32 km.	m <sup>3</sup> -km	72,806.08	6.07	441,932.91
III.4	Acarreo de material para la formación de coraza, en km subsecuentes, desde el cerro El Carrizo al sitio de la obra, en camiones de volteo y a una distancia de 32 km.	m <sup>3</sup> -km	54,133.44	6.07	328,589.98
III.5	Suministro, fabricación y colocación de baliza de señalamiento en espigón. Incluye linterna Tideland ML-155 con las especificaciones de proyecto, destellador/cambiador de lámparas TF-3B micropower omnibus II, batería sola viva V12mf, celfa fotovoltaica MSX-20, base de concreto armado de acuerdo a plano tipo, el equipo, mano de obra y todo lo necesario para efectuar la correcta ejecución de los trabajos	pza	1	42,079.39	42,079.39
IV	REMOCIÓN DE MATERIAL		1	1'081,906.46	778,321.25
CLAVE	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.	TOTAL
IV.1	Remoción de material en dársena y canal de acceso con equipo mecánico, en cualquier tipo de material excepto roca, del nivel del terreno a la batimétrica - 2 referidas al NBMI, incluye depósito del material producto de la excavación a zona de tiro a no más de 1 km, mano de obra, equipo, taludes de reposo 1:5, limpieza y todo lo necesario para la correcta ejecución de los trabajos. PUOT.	m <sup>3</sup>	4,486.26	173.49	778,321.25



V MUELLE Y PASARELA			1	4'389,338.69	3,157,873.50
CLAVE	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.	TOTAL
V.1	Suministro, y construcción de pilas de 60 cm de diámetro, de longitud variable, fabricados con concreto f'c=250 kg/cm <sup>2</sup> , varillas del No 8 y estribos del No 3 @ 30 cm. Incluye: suministro, colocación, mano de obra, materiales, cortes, mermas, desperdicios y todo lo necesario para la correcta ejecución de los trabajos. PUOT.	m	263.87	2,821.90	744,614.75
V.2	Suministro, y construcción de pilas de 50 cm de diámetro, de longitud variable, fabricados con concreto f'c=250 kg/cm <sup>2</sup> , varillas del No 6 y estribos del No 3 @ 25 cm. Incluye: suministro, colocación, mano de obra, materiales, cortes, mermas, desperdicios y todo lo necesario para la correcta ejecución de los trabajos. PUOT.	m	84.8	2,951.98	250,327.90
V.3	Suministro, habilitado y colocación de acero de refuerzo No 6, No. 4 y No. 3, fy=4,200 kg/cm <sup>2</sup> , en superestructura (trabes, losas y pantallas de atraque). Incluye: suministros, habilitado, acarreo, colocación, mermas y desperdicios, traslapes, amarres, ganchos, escuadras, silletas y/o separadores, mano de obra, herramienta y todo lo necesario para la correcta ejecución de los trabajos. PUOT.	ton	18.1	21,161.73	383,027.31
V.4	Cimbra y descimbra en superestructura (trabe, losas de concreto y pantallas de atraque) acabado común. Incluye: suministros, maniobras de habilitado de la cimbra de contacto, su acarreo al sitio de colocación, cimbrado y descimbrado de las trabes, losa y pantalla de atraque, así como materiales, sus mermas, desperdicios, mano de obra, el equipo y todo lo necesario para efectuar la correcta ejecución de los trabajos. PUOT.	m <sup>2</sup>	1,845.53	333.03	614,616.86
V.5	Fabricación y colocación de concreto hecho en obra de f'c=250 kg/cm <sup>2</sup> , con agregado pétreo de 3/4", cemento tipo CPP-30R, resistente a los sulfatos en losas de muelle, trabes y pantallas de atraque. Incluye: suministro, fabricación, acarreo, colocación, colado, vibrado y curado, mermas, desperdicios, mano de obra, herramienta y todo lo necesario para la correcta ejecución de los trabajos. PUOT.	m <sup>3</sup>	347.06	3,319.37	1,152,020.55
V.6	Aplicación de pintura de esmalte en franjas de 30 cm, con colores intercalados de color negro y blanco. Incluye: suministro de los materiales, fletes, acarreo, desperdicios, trazo, aplicación, mano de obra, herramienta y todo lo necesario para su correcta ejecución	m <sup>2</sup>	204	65.03	13,266.12

VI BITAS Y DEFENSAS			1	122,911.63	88,427.23
CLAVE	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.	TOTAL
VI.1	Bitas a base de tubo 20 cm de diámetro, ced 40 con trapesaño de tubo de 2", placa base de acero estructural A-36 de 30 x 30 cm, y 1" de espesor con preparación de 4 perforaciones de 1 1/16" de diámetro, incluyendo 4 anclas de 1" de diámetro y longitud total 20 cm, tuercas de 1", aplicación de recubrimiento anticorrosivo Armeshield color amarillo de Comex o similar, relleno de concreto simple, según proyecto. Incluye: suministros de los materiales, habilitado, cortes, soldadura, mermas, desperdicios, acarreo, fijación, mano de obra, herramienta, equipo y todo lo necesario para la correcta ejecución de los trabajos. PUOT.	pza	27	2,174.99	58,724.73
VI.2	Suministro y colocación de defensa a base de neumático usado R- 17, en buen estado, fijado a muelle con placas de acero 1" de 10 x 6 cm de dimensión y escuadra Cold Rolled de 2", cadena galvanizada 2" y nicho ahogado en losa de 20 x 20 cm y una altura de 30 cm (cada neumático tendrá dos puntos de fijación), de acuerdo a proyecto. Incluye: suministros de los materiales, habilitado, cortes, mermas, desperdicios, acarreo, fijación, mano de obra, herramienta, equipo y todo lo necesario para la correcta ejecución de los trabajos. PUOT.	pza	25	1,188.10	29,702.50

VII RAMPA DE BOTADO			1	500,921.16	416,620.91
CLAVE	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.	TOTAL
VII.1	Suministro, y construcción de pilas de 50 cm de diámetro, de longitud variable, fabricados con concreto f'c=250 kg/cm <sup>2</sup> , varillas del No 6 y estribos del No 3 @ 25 cm. Incluye: suministro, colocación, mano de obra, materiales, cortes, mermas, desperdicios y todo lo necesario para la correcta ejecución de los trabajos. PUOT.	m	49.46	2,617.80	129,476.39
VII.2	Suministro, habilitado y colocación de acero de refuerzo fy= 4,200 kg/cm <sup>2</sup> , para varillas del No. 3, 4 y 6 en losas, trabes, dentellones y guarniciones de la rampa de botado. Incluye: suministro, habilitado, acarreo por medios mecánicos de lugar de habilitado al sitio de colado, colocación, mermas y desperdicios, amarres, ganchos, escuadras, silletas y/o separadores, mano de obra, herramienta y todo lo necesario para la correcta ejecución de los trabajos. PUOT.	ton	1.88	22,504.22	42,307.93
VII.3	Fabricación y colocación de concreto antideslave hecho en obra de f'c=250 kg/cm <sup>2</sup> , con agregado pétreo de 3/4", cemento tipo CPP-30R, resistente a los sulfatos en losa de muelle. Incluye: suministros, fabricación, acarreo, colocación, mermas, desperdicios, mano de obra, herramienta y todo lo necesario para la correcta ejecución de los trabajos. PUOT.	m <sup>3</sup>	42.6	4,705.08	200,436.41



VII.4	Cimbra y descimbra en losas, traves, guarniciones y dentellones de rampa de botado, acabado común. Incluye: suministros, maniobras de habilitado de la cimbra de contacto, su acarreo al sitio de colocación, cimbrado y descimbrado, materiales, sus mermas, desperdicios, mano de obra, el equipo y todo lo necesario para efectuar la correcta ejecución de los trabajos. PUOT.	m <sup>2</sup>	239.69	185.24	44,400.18
<b>TOTAL</b>					<b>51,116,569.34</b>

Fuente: elaboración propia en base a un análisis de costos y precios unitarios en el programa OPUS Ole.

### Costos de operación y mantenimiento menor.

Incluye gastos de operación y mantenimiento menor (energía, agua potable, pintura en pantallas de atraque, etc.) que antes de la construcción del proyecto no se tenían, los cuales se estimaron de acuerdo a la tabla VI.5. Es importante mencionar que los costos de mantenimiento menor se ejercen año con año, mientras que los de mantenimiento mayor se programan, por lo general, cada tres o cuatro años.

**Tabla VI.5 Costos de mantenimiento menor.**

Concepto	Costo unitario	Unidad	Costo anual
Iluminación	\$1500 / mes	12 meses	\$18,000.00
Pintura	\$150 / m <sup>2</sup>	115 / m <sup>2</sup>	\$17,250.00
Instalaciones hidráulicas y eléctricas	\$3000/ anuales	1 año	\$3,000.00
<b>Total anual =</b>			<b>\$38,250.00</b>

Fuente: elaboración propia.

### Costos de supervisión.

El costo relacionado con la supervisión para un año de análisis se estimó en un 4% del costo total de las obras, es decir:

$$\text{Costo de supervisión} = (\$ 51'116,569.34) (4\%) = \$ 2,044,662.67$$

### Costos de mantenimiento mayor.

Incluye inversiones de reposición o mejoramiento de la infraestructura, pueden ser periodos de mantenimiento cada cuatro años, donde se incluyen dragados, corrección en las secciones de rompeolas, etc.

- El costo de mantenimiento se consideró como un 2% de la inversión en infraestructura, es decir, de \$ 1,022,331.39 y se ejercerá a cada tres años.



### **Externalidades.**

Como costos externos se puede considerar un aumento en el deterioro de las vías de comunicación, al tener que mover una mayor cantidad de carga.

### **Aumento en la cantidad de desechos derivados del aumento en la producción.**

Este costo no es fácil de estimar, debido a que no se tienen datos acerca de las condiciones de las vías de comunicación, por lo que queda dentro de los costos intangibles asociados al proyecto. En este caso, además como no se tiene contemplado un aumento muy considerable en la producción, los costos por deterioro de las vías de comunicación son despreciables.

### **Resumen de costos.**

En la tabla VI.6 se presenta un resumen de los costos totales directos atribuibles al proyecto.

**Tabla VI.6 Costos del proyecto.**

<b>Costos</b>	
Infraestructura	\$51,116,569.34
Supervisión	\$2,044,662.77
Mantenimiento	\$1,022,331.39

Fuente: elaboración propia.

## **VI.5. Evaluación del proyecto.**

De acuerdo al rendimiento propuesto por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP) para proyectos de inversión, se considerará una tasa de descuento del 12%, la cual corresponde al rendimiento del capital invertido en la infraestructura portuaria y que, generalmente, utiliza el Gobierno Federal. Este valor de la tasa de descuento es similar a la proyectada por algunas instituciones bancarias y empresas consultoras en inversiones. Considerando además un periodo de análisis de 40 años, aún cuando la obra puede tener mayor vida útil si se le da un adecuado mantenimiento.

### **VI.5.1 Indicadores de rentabilidad.**

Los indicadores que se calcularon son el Valor Presente Neto (VPN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y la Relación Beneficio – Costo (B/C).



### Valor Presente Neto (VPN).

Para obtener el Valor Presente Neto se utiliza la siguiente expresión, establecida en los lineamientos para la evaluación de proyectos de la SHCP: 
$$VPN = \sum_{t=0}^n \frac{(B_t - C_t)}{(1+r)^t}$$

De la ecuación anterior,  $B_t$  y  $C_t$  son el beneficio y costo neto en el año "t", y "r" es la tasa de descuento.

Para que un proyecto sea viable económicamente, el Valor Presente Neto debe ser:

$$VPN \geq 0$$

### Tasa Interna de Retorno.

La TIR es el valor de la tasa de descuento que hace que el VPN sea igual a cero. En éste caso, se calcula con la siguiente fórmula, donde se hace la diferencia de Beneficios y de Costos, considerados en el periodo "i", en el cual se realizaron.

$$0 = \sum_{t=0}^n \frac{(B_t - C_t)}{(1+r)^t}$$

Este indicador es importante, porque nos indica en que año se recuperará la inversión realizada en el proyecto.

### Supuestos considerados.

- El consumo de combustibles y aceites se mantiene constantes a lo largo del periodo de análisis.
- El número de socios se incrementa a una tasa del 1.5% hasta el año 15 para después mantenerse constante (ver tabla VI.7). Se consideró esta tasa debido a que no con facilidad se aceptan más socios en la Cooperativa, por lo que es difícil que se incremente su número, además que la producción presenta muy poco crecimiento, debido a las cotas de pesca que se aplican a la zona de estudio.
- Se consideró para la producción una tasa de crecimiento anual del 2.9% hasta el año 10 para después mantenerse constante. Es importante mencionar que se realizó la proyección considerando las tasas de crecimiento presentadas del año 1995 a 2004 y partiendo de una producción de 65,261.00 kg anuales (ver tabla VI.8).

**Tabla VI. 7 Evolución del número de socios.**

Año	Socios	Año	Socios
0	168	16	210
1	171	17	210
2	173	18	210
3	176	19	210
4	178	20	210
5	181	21	210
6	184	22	210
7	186	..	..
8	189	...	..
9	192	..	..
10	195	..	..
11	198	46	210
12	201	47	210
13	204	48	210
14	207	49	210
15	210	50	210

Fuente: elaboración propia.

- En la tabla VI.10 se muestra el cálculo de los indicadores de rentabilidad, desglosados año con año, tomando en cuenta los costos, beneficios y supuestos ya definidos. El horizonte de evaluación se tomó a 40 años. El año cero es aquél en que se inicia con la etapa de operación del proyecto, que es cuando se realizaron todas las erogaciones en infraestructura e inician las erogaciones en mantenimiento menor.

**Tabla VI. 8 Producción esperada con el proyecto.**

Año	Producción
0	65,261.00
1	67,153.57
2	69,101.02
3	71,104.95
4	73,167.00
5	75,288.84
6	77,472.21
7	79,718.91
8	82,030.76
9	84,409.65
10	86,857.53
11	86,857.53
12	86,857.53
13	86,857.53
14	86,857.53
15	86,857.53
16	86,857.53
17	86,857.53

Fuente: elaboración propia.



### VI.5.2 Resultados de la evaluación económica.

Como resultado de la evaluación económica, de acuerdo a la tabla VI.9, podemos ver que el Valor Presente Neto es negativo con un valor de -\$ 8,963,148.65. La Tasa Interna de Retorno no es posible calcularla, es decir, para este ejemplo no hay retorno de la inversión y la relación Beneficio – Costo es de 0.84

### VI.6. Conclusiones de la evaluación económica.

De acuerdo a los resultados obtenidos el proyecto no es viable desde el punto de vista económico, pues se tiene un Valor Presente Neto negativo, es decir:

$$VPN = -\$8,963,148.65$$

lo cual indica que los egresos son mayores a los ingresos.

La Tasa Interna de Retorno (TIR) es imposible de calcular, es decir, que no existe, pues no hay recuperación de la inversión para el horizonte de planeación de 40 años.

En lo que se refiere a la relación Beneficio-Costo, el valor obtenido es de 0.84, el cual es inferior a 1, que es la cota inferior para que un proyecto se considere viable. Esto significa que los costos e inversiones son mayores a los beneficios que pueden obtenerse del proyecto, para el periodo económico considerado, que fue de 40 años.

**Tabla VI. 9 Resultados de la evaluación económica.**

Indicador	Resultado
VPN	-\$8,963,148.65
TIR	No existe
B/C	0.84

Fuente: Análisis TIR, VPN y relación B/C.

Inicialmente este capítulo tenía como finalidad, además de la evaluación económica, realizar como mínimo dos análisis de sensibilidad, en donde se cambiarán los valores de una variable a la vez, de forma desfavorable al proyecto; esto último nos permitiría evaluar la viabilidad económica bajo situaciones de riesgo como las que podrían ser:

- Un volumen de pesca inferior al esperado, derivado de problemas ambientales, fenómenos atmosféricos o cambios en la legislación en materia de temporadas y volúmenes de captura.
- Un aumento en el precio de los materiales al momento de construir la obra.



- Ingresos inferiores a los esperados, debidos a aspectos de mercado de las especies capturadas.

Debido a que desde un principio, los indicadores de rentabilidad resultaron negativos, no fue necesario realizar análisis de sensibilidad. Finalmente, concluimos que el proyecto no es viable desde el punto de vista económico, aunque tal vez si lo pueda ser desde un punto de vista social.



Tabla VI. 10 Evaluación económica, Tasa Interna de Retorno y Valor Presente Neto.

Año	Gasolina	Aceite	Mano de obra	Valor agregado productos	Beneficios			Costos			Valor Presente Costos	Flujo de Efectivo	Flujo de Acumulado
					Atorres Mantenimiento	Embarcaciones turísticas	Suma de Beneficios	Valor Presente Beneficios	Inversión	Supervisión (% Invers.)			
0	2004	\$5,620.20	\$928.00	\$3,410,400.00	\$900,000.00	\$71,440.00	\$5,083,608.20	\$5,083,608.20	\$51,116,569.34	\$2,044,662.77	\$53,161,232.11	\$53,161,232.11	\$48,077,623.91
1	2005	\$5,620.20	\$928.00	\$3,410,400.00	\$900,000.00	\$71,440.00	\$4,538,985.89	\$4,538,985.89	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$4,538,985.89
2	2006	\$5,620.20	\$928.00	\$3,410,400.00	\$900,000.00	\$71,440.00	\$4,052,621.33	\$4,052,621.33	\$0.00	\$0.00	\$1,022,331.39	\$1,022,331.39	\$3,237,625.01
3	2007	\$5,620.20	\$928.00	\$3,410,400.00	\$900,000.00	\$71,440.00	\$3,616,411.90	\$3,616,411.90	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$3,616,411.90
4	2008	\$5,620.20	\$928.00	\$3,410,400.00	\$900,000.00	\$71,440.00	\$3,230,724.91	\$3,230,724.91	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$3,230,724.91
5	2009	\$5,620.20	\$928.00	\$3,410,400.00	\$900,000.00	\$71,440.00	\$2,884,575.82	\$2,884,575.82	\$0.00	\$0.00	\$1,022,331.39	\$1,022,331.39	\$2,304,477.63
6	2010	\$5,620.20	\$928.00	\$3,410,400.00	\$900,000.00	\$71,440.00	\$2,575,514.12	\$2,575,514.12	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$2,575,514.12
7	2011	\$5,620.20	\$928.00	\$3,410,400.00	\$900,000.00	\$71,440.00	\$2,299,566.18	\$2,299,566.18	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$2,299,566.18
8	2012	\$5,620.20	\$928.00	\$3,410,400.00	\$900,000.00	\$71,440.00	\$2,055,184.09	\$2,055,184.09	\$0.00	\$0.00	\$1,022,331.39	\$1,022,331.39	\$1,640,281.59
9	2013	\$5,620.20	\$928.00	\$3,410,400.00	\$900,000.00	\$71,440.00	\$1,833,200.08	\$1,833,200.08	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$1,833,200.08
10	2014	\$5,620.20	\$928.00	\$3,410,400.00	\$900,000.00	\$71,440.00	\$1,636,785.79	\$1,636,785.79	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$1,636,785.79
11	2015	\$5,620.20	\$928.00	\$3,410,400.00	\$900,000.00	\$71,440.00	\$1,461,415.88	\$1,461,415.88	\$0.00	\$0.00	\$1,022,331.39	\$1,022,331.39	\$1,167,520.04
12	2016	\$5,620.20	\$928.00	\$3,410,400.00	\$900,000.00	\$71,440.00	\$1,304,835.61	\$1,304,835.61	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$1,304,835.61
13	2017	\$5,620.20	\$928.00	\$3,410,400.00	\$900,000.00	\$71,440.00	\$1,166,031.79	\$1,166,031.79	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$1,166,031.79
14	2018	\$5,620.20	\$928.00	\$3,410,400.00	\$900,000.00	\$71,440.00	\$1,040,206.96	\$1,040,206.96	\$0.00	\$0.00	\$1,022,331.39	\$1,022,331.39	\$831,017.70
15	2019	\$5,620.20	\$928.00	\$3,410,400.00	\$900,000.00	\$71,440.00	\$928,796.21	\$928,796.21	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$928,796.21
16	2020	\$5,620.20	\$928.00	\$3,410,400.00	\$900,000.00	\$71,440.00	\$829,246.62	\$829,246.62	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$829,246.62
17	2021	\$5,620.20	\$928.00	\$3,410,400.00	\$900,000.00	\$71,440.00	\$740,398.77	\$740,398.77	\$0.00	\$0.00	\$1,022,331.39	\$1,022,331.39	\$591,501.98
18	2022	\$5,620.20	\$928.00	\$3,410,400.00	\$900,000.00	\$71,440.00	\$661,070.33	\$661,070.33	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$661,070.33
19	2023	\$5,620.20	\$928.00	\$3,410,400.00	\$900,000.00	\$71,440.00	\$590,241.36	\$590,241.36	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$590,241.36
20	2024	\$5,620.20	\$928.00	\$3,410,400.00	\$900,000.00	\$71,440.00	\$527,019.12	\$527,019.12	\$0.00	\$0.00	\$1,022,331.39	\$1,022,331.39	\$421,019.43
21	2025	\$5,620.20	\$928.00	\$3,410,400.00	\$900,000.00	\$71,440.00	\$470,538.80	\$470,538.80	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$470,538.80
22	2026	\$5,620.20	\$928.00	\$3,410,400.00	\$900,000.00	\$71,440.00	\$420,122.14	\$420,122.14	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$420,122.14
23	2027	\$5,620.20	\$928.00	\$3,410,400.00	\$900,000.00	\$71,440.00	\$375,109.06	\$375,109.06	\$0.00	\$0.00	\$1,022,331.39	\$1,022,331.39	\$298,673.31
24	2028	\$5,620.20	\$928.00	\$3,410,400.00	\$900,000.00	\$71,440.00	\$334,918.80	\$334,918.80	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$334,918.80
25	2029	\$5,620.20	\$928.00	\$3,410,400.00	\$900,000.00	\$71,440.00	\$299,034.64	\$299,034.64	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$299,034.64
26	2030	\$5,620.20	\$928.00	\$3,410,400.00	\$900,000.00	\$71,440.00	\$266,995.22	\$266,995.22	\$0.00	\$0.00	\$1,022,331.39	\$1,022,331.39	\$10,634,272.58
27	2031	\$5,620.20	\$928.00	\$3,410,400.00	\$900,000.00	\$71,440.00	\$238,388.59	\$238,388.59	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$238,388.59
28	2032	\$5,620.20	\$928.00	\$3,410,400.00	\$900,000.00	\$71,440.00	\$212,846.95	\$212,846.95	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$212,846.95
29	2033	\$5,620.20	\$928.00	\$3,410,400.00	\$900,000.00	\$71,440.00	\$190,041.92	\$190,041.92	\$0.00	\$0.00	\$1,022,331.39	\$1,022,331.39	\$151,823.83
30	2034	\$5,620.20	\$928.00	\$3,410,400.00	\$900,000.00	\$71,440.00	\$169,680.29	\$169,680.29	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$169,680.29
31	2035	\$5,620.20	\$928.00	\$3,410,400.00	\$900,000.00	\$71,440.00	\$151,500.26	\$151,500.26	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$151,500.26
32	2036	\$5,620.20	\$928.00	\$3,410,400.00	\$900,000.00	\$71,440.00	\$135,268.09	\$135,268.09	\$0.00	\$0.00	\$1,022,331.39	\$1,022,331.39	\$108,065.20
33	2037	\$5,620.20	\$928.00	\$3,410,400.00	\$900,000.00	\$71,440.00	\$120,776.08	\$120,776.08	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$120,776.08
34	2038	\$5,620.20	\$928.00	\$3,410,400.00	\$900,000.00	\$71,440.00	\$107,834.89	\$107,834.89	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$107,834.89
35	2039	\$5,620.20	\$928.00	\$3,410,400.00	\$900,000.00	\$71,440.00	\$96,281.15	\$96,281.15	\$0.00	\$0.00	\$1,022,331.39	\$1,022,331.39	\$9,296,638.83
36	2040	\$5,620.20	\$928.00	\$3,410,400.00	\$900,000.00	\$71,440.00	\$85,965.31	\$85,965.31	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$85,965.31
37	2041	\$5,620.20	\$928.00	\$3,410,400.00	\$900,000.00	\$71,440.00	\$76,754.74	\$76,754.74	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$76,754.74
38	2042	\$5,620.20	\$928.00	\$3,410,400.00	\$900,000.00	\$71,440.00	\$68,531.02	\$68,531.02	\$0.00	\$0.00	\$1,022,331.39	\$1,022,331.39	\$9,078,989.98
39	2043	\$5,620.20	\$928.00	\$3,410,400.00	\$900,000.00	\$71,440.00	\$61,188.41	\$61,188.41	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$61,188.41
40	2044	\$5,620.20	\$928.00	\$3,410,400.00	\$900,000.00	\$71,440.00	\$54,632.51	\$54,632.51	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$54,632.51
<b>Totales</b>													
<b>Valor Presente Neto con tasa del 12%</b>													
<b>Tasa Interna de Retorno</b>													
<b>Relación Beneficio - Costo</b>													
<b>\$55,954,887.59</b>													
<b>-\$8,963,148.65</b>													
<b>-2%</b>													
<b>0.84</b>													

Fuente: elaboración propia en base a análisis económico.

## **VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**



## VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los objetivos planteados al inicio del presente trabajo fueron: diseñar la infraestructura portuaria necesaria para solucionar la problemática del campo pesquero de Punta Abreojos, haciendo uso de las herramientas de la Ingeniería y realizar la evaluación económica del proyecto, para determinar su rentabilidad. Dichos objetivos fueron cumplidos en su totalidad y se llegó a los siguientes resultados.

Con base a los fundamentos teóricos detallados en el capítulo II y considerando la información socioeconómica, misma que fue registrada en el capítulo III, se elaboró una propuesta de solución (véase capítulo IV) consistente en: un refugio pesquero formado por dos diques rompeolas, uno en forma de espigón de 50 m de longitud y un rompeolas de 150 m con una deflexión de  $116^{\circ}$ . Un muelle en forma también de espigón de 12 m de ancho y una pasarela adicional de 6 m de ancho de concreto reforzado y cimentado en pilas. Para facilitar las maniobras de botado y retiro de las embarcaciones, se diseñó una rampa de botado de concreto, consistente en dos cuerpos separados, cimentados sobre pilas de concreto.

Para llevar a cabo la evaluación económica del proyecto, se identificaron los beneficios y los costos y tras haberles dado una interpretación en unidades monetarias, se realizó la comparación de los mismos, para determinar la rentabilidad del proyecto.

Entre los costos, se agruparon aquellos relacionados directamente con la construcción de la infraestructura, los relacionados con el mantenimiento mayor y menor y los costos de financiamiento y utilidad.

Para los beneficios, se tomaron en cuenta incrementos en los volúmenes de producción, reducción de tiempos y recursos de operación, disminución de daños a embarcaciones, aumento del valor agregado del producto y mejora en la calidad de vida de los pescadores.

Posteriormente, se llevo a cabo la evaluación económica, obteniendo los indicadores de rentabilidad, que en resumen arrojan los siguientes resultados: un Valor Presente Neto de  $-\$8,963,148.65$ , que indica que se tienen mayores costos que ingresos, una Tasa de Retorno que no puede determinarse ante la imposibilidad de recuperar la inversión y una relación Beneficio-Costo menor a 1, que indica que los egresos son mayores que los ingresos. Al tener estos indicadores, ya no fue necesario llevar a cabo un análisis de sensibilidad y mucho menos un análisis financiero.



Bajo las condiciones mencionadas, con los materiales y dimensiones propuestos, concluimos que el proyecto no es viable ni económica, ni financieramente; sin embargo es posible buscar otras alternativas más económicas. Una solución a largo plazo que podría considerarse, es la búsqueda exhaustiva de bancos de materiales en la zona, que permitieran abaratar los costos de suministro de roca, e incluso se podría sustituir los cubos de concreto de la coraza si se encontraran rocas de gran tamaño, siempre y cuando estas últimas tengan la resistencia y propiedades mecánicas adecuadas.

Otra alternativa es involucrar a los pescadores en las labores de construcción.

Pueden considerarse también, en lugar de los rompeolas, diques de concreto en forma de muro vertical o trapezoidal. Sin embargo, esta alternativa no se recomienda mucho debido a lo lejano del lugar que están las empresas cementeras y de concreto.

En cuanto a los ingresos del proyecto, si bien estos fueron analizados basándose en las condiciones actuales y considerando a futuro solo los beneficios ya mencionados, podría buscarse obtener beneficios adicionales introduciendo diferentes artes de pesca, así como equipos mayores y embarcaciones de mediana altura, aunque esto requeriría un mayor calado y por ende, un mayor volumen de dragado con su correspondiente aumento en costos de inversión. La introducción de embarcaciones de mediana altura permitirían la llegada de un mayor número de turistas, sobre todo aquellos provenientes de Estados Unidos.

Al tener nuevas instalaciones, se podría convencer a aquellos pescadores dedicados a la pesca ilegal (que en la región es abundante), se incorporasen a la Cooperativa, con sus correspondientes aportaciones económicas y de mano de obra, o bien, trabajen de forma independiente, pero pagando alguna cuota por el uso de la infraestructura, lo que permitiría controlar su volumen de pesca y proteger a las especies en peligro de extinción, haciendo respetar los periodos de vedas y permitiendo la explotación del lugar de manera sustentable.

Se podría aumentar el número de especies de pesca en explotación, sin embargo, esta decisión significaría llevar a cabo estudios adicionales, tanto biológicos para saber la capacidad de producción del lugar, como de impacto ambiental para reducir los posibles riesgos de desequilibrio ecológico, máxime considerando que en el lugar existen especies únicas, tanto de flora, como de fauna marina. También sería necesario un estudio de mercado para determinar los posibles compradores de un mayor volumen de producción, así como de vías de comunicación actuales y alternativas, a la vez que se requeriría ampliar la concesión a la captura de otras especies y modificar los estatutos de la Sociedad Cooperativa.

El esfuerzo pesquero, que tradicionalmente se dirige a la langosta y al abulón, puede extenderse a especies como la langostilla, el cangrejo de profundidad, pelágicos menores, merluzas, algas, entre otras. Las especies que actualmente se explotan, tienen aún potencial de crecimiento, por lo que puede proponerse aumentar el número



de embarcaciones al mayor número posible en términos de dicho potencial. Ello requeriría una inversión adicional en motores y embarcaciones.

Es necesario aumentar la vigilancia para mitigar en su totalidad la pesca clandestina, sobre todo que esta muchas veces se realiza sobre individuos pre-reproductores, limitando el crecimiento de las poblaciones.

En otros lugares con problemas similares, se han desarrollado criaderos con zonas exclusivas dentro del mar, donde además de proteger el crecimiento de las especies, se llevan a cabo estudios biológicos que permitan saber las causas de muerte de las especies y si estas pueden reducirse. Es importante en este sentido, sensibilizar a la gente de la importancia de todo el ecosistema en su conjunto para que puedan colaborar en la preservación del mismo, haciéndoles ver la gran riqueza biológica que poseen y que de ella depende, no solo su fuente de ingresos, sino también la preservación de especies únicas. Que puedan ver el gran potencial de crecimiento que tiene su localidad bajo un esquema de desarrollo sustentable, no solo en aspectos pesqueros, sino también turísticos y de industrialización del producto.

De forma paralela a lo propuesto en el párrafo anterior, se puede industrializar el producto pesquero a otras especies para darle un mayor valor agregado. Esto requeriría también una nueva fábrica de hielo, mayor número de vehículos y nuevas estrategias comerciales y de mercado, eliminando a los agentes intermediarios.

Otro gran potencial de crecimiento para el lugar es en el aspecto turístico. Actualmente en el lugar hacen escala barcos veleros de Estados Unidos y Canadá en su ruta hacia el puerto de Manzanillo. Sin embargo, debido a la carencia de infraestructura portuaria, solo pernoctan en sus barcos, sin descender a tierra. Con la existencia de nuevas instalaciones, se buscaría que estas personas se queden en el lugar, o bien, pasen un mayor tiempo, generando una derrama económica, tanto para el puerto como para la región. Un fuerte atractivo que se posee, por las condiciones del oleaje, es que el lugar se presta para llevar a cabo concursos de surfing.

Independientemente del proyecto, la Comunidad requiere urgentemente el suministro de agua potable de calidad. Si se considera la importancia que Punta Abreojos tiene para la economía regional, se podría presionar al Gobierno Estatal y Federal, así como a la CNA, para la construcción del acueducto que se tiene proyectado y explotar los acuíferos que se encuentran al centro de la península.

Todas las propuestas anteriores pueden ser objeto de estudios adicionales, que a su vez podrían dar lugar a nuevos proyectos y trabajos de tesis y que en el presente solo se les hace mención, pues ya será cuestión del trabajo conjunto entre el Gobierno Federal, los Gobiernos Estatal y Municipal, así como instituciones como la CONAPESCA, FONATUR, la propia SCT, SAGARPA y las instituciones de educación e investigación que puedan realizar y financiar los estudios para dichos proyectos. En todo ello se requiere el trabajo conjunto de diferentes especialistas como son: ingenieros, biólogos, psicólogos, juristas, economistas, geólogos y geotecnistas. Esto



---

último constituye una invitación a los actuales y futuros profesionistas que buscan hacia donde dirigir sus esfuerzos.

Finalmente, en todo este trabajo, ha sido evidente que la Ingeniería de Costas y la Ingeniería Marítima y Portuaria son áreas poco concurridas por los ingenieros civiles y, paradójicamente, debido a la enorme extensión de playas y litorales, al gran número de puertos y riqueza de biomasa con que cuenta nuestro país, se tiene un amplio potencial de crecimiento, por lo que requiere de especialistas de todas las áreas de la Ingeniería Civil: geotecnia, estructuras, hidráulica, construcción, hidrología, ambiental y de sistemas. Es importante también no olvidar que un proyecto, por muy bien hecho que este, siempre requerirá de los aspectos financieros para poder concretarse y en éste último aspecto, los ingenieros juegan un papel muy importante al negociar los créditos económicos y buscar que los proyectos sean rentables.

# APÉNDICES

# **APÉNDICE A**

## **CÁLCULO DE ROMPEOLAS Y ESPIGÓN**

- A.1. Cálculo de rompeolas.**
- A.2. Cálculo del espigón.**
- A.3. Volúmenes de obra del rompeolas y espigón.**

## APÉNDICE A. CÁLCULO DE ROMPEOLAS Y ESPIGÓN

El presente anexo contiene la memoria de cálculo para el diseño de los elementos de protección, consistentes en un dique rompeolas y un espigón, ambos construidos con núcleo y capa secundaria de roca, y el rompeolas reforzado en la parte expuesta al mar por una coraza de cubos ranurados de concreto reforzado.

### A.1. Cálculo del rompeolas.

De los elementos constitutivos del núcleo, la capa secundaria y la coraza partimos de los datos de oleajes que se calcularon en el capítulo III y que se muestran en la tabla A.1 a manera de resumen.

Tabla A.1 Datos de oleaje.

Dirección	Altura significativa	Periodo
	(m)	T (s)
SE	2.36	11.94
S	1.72	9.32
SW	1.38	7.66
W	1.79	7.96
NW	1.79	9.67

Fuente: cálculos del capítulo III.

### Cálculo del peso de los elementos.

Para el cálculo de los elementos del núcleo nos basamos en la fórmula de Hudson que se establece en el Shore Protection Manual.

$$W = \frac{\gamma_s H^3}{k_D \left( \frac{\gamma_s}{\gamma_{agua}} - 1 \right)^3 \cot \alpha}$$

Donde:  $W$ : es el peso del elemento, en ton

$H$ : es la altura de ola de diseño, en m

$\gamma_s$ : es el peso volumétrico del material, en ton/m<sup>3</sup>

$\gamma_{agua}$ : es el peso volumétrico del agua, en ton/m<sup>3</sup>

$K_D$ : es el coeficiente de trabazón del material

$\alpha$ : es el ángulo de inclinación del material



Para este proyecto se tomaron los siguientes valores:

- Altura de ola:  $H_0 = 4.0$  m calculada en el capítulo III de este trabajo.
- Periodo  $T = 14.71$  s.
- Pendiente en la zona de las obras de protección.

En base al plano de batimetría y topografía se midió la distancia en planta a lo largo de lo que será el eje del rompeolas, partiendo de la cota 0.0 NBMI a la cota.

$$-4.0 \text{ NBMI } s = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{4m}{137m} = 0.0029$$

- Coeficiente de refracción (de acuerdo al Shore Protection Manual) para roca.

$$K_r = 0.75$$

- Coeficiente de estabilidad de acuerdo a la tabla 7.8 del Shore Protection Manual.

Roca rugosa:	$K_D = 2.0$
Cubos ranurados:	$K_D = 5.5$ Costal Engineering Manual
Peso específico del agua:	$\gamma_{\text{agua}} = 1.025 \text{ ton/m}^3$

- Peso específico del material:

Roca	$\gamma_{\text{roca}} = 2.8 \text{ ton/m}^3$
Concreto	$\gamma_{\text{concreto}} = 2.2 \text{ ton/m}^3$

De la tabla A.1 se observa que la altura de ola más desfavorable es en la dirección SW, por lo tanto, partiendo de este dato, se obtendrá la altura de ola rompiente,  $H_b$ , para establecer si la ola romperá en la estructura o no.

De la gráfica 2-72 del Shore Protection Manual, se tiene.

$$H'_0 = K_r H_0 = 0.75(4.0) = 3.0 \text{ m}$$

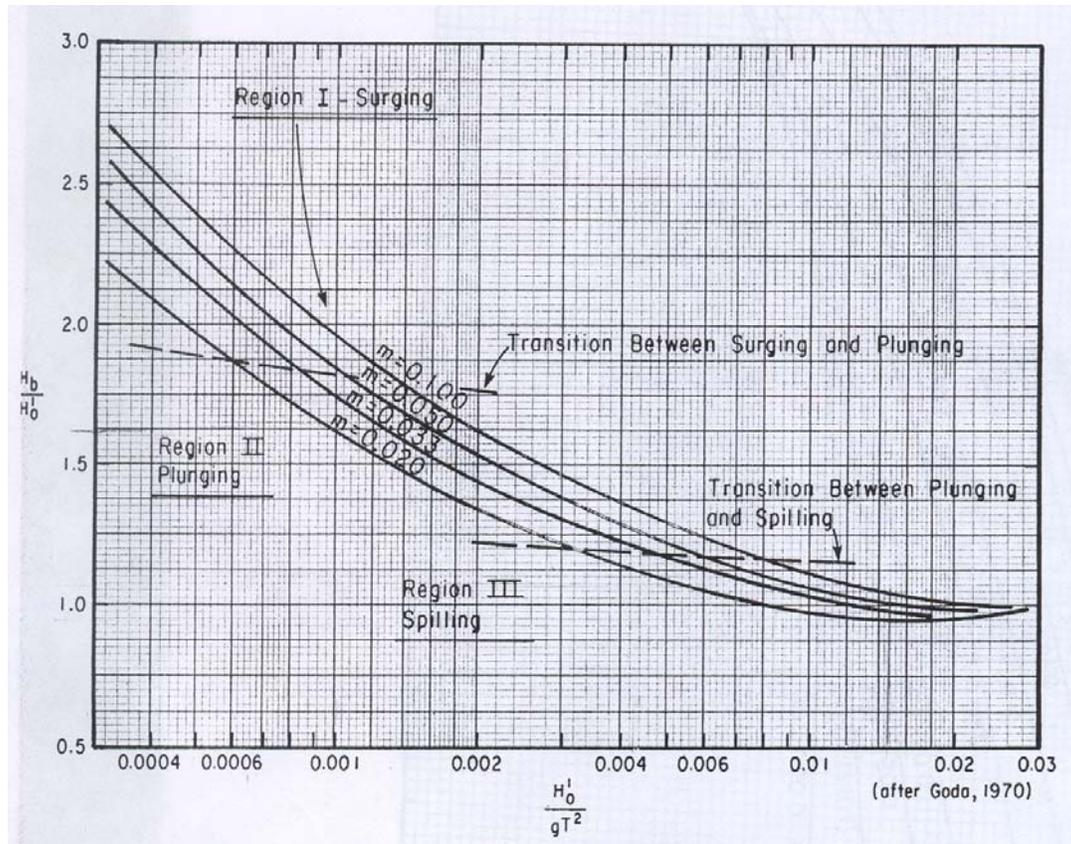
$$\frac{H'_0}{gT^2} = \frac{3.0}{9.81(14.71^2)} = \frac{3.0}{2122.73} = 0.0014$$

Con este dato obtenemos de la figura A.1 la relación:  $\frac{H_b}{H'_0}$ .

$$\frac{H_b}{H_0} = 1.6, \text{ despejando } H_b \text{ se tiene:}$$

$$H_b = 1.6 (3.0) = 4.8 \text{ m}$$

**Figura A.1 Altura de rompiente vs Profundidad de ola.**



Fuente: Shore Protection Manual.

Con el valor de  $H_b$  es posible obtener la longitud de la rompiente.

De la figura A.1 obtenida del Shore Protection Manual se tiene:

$$\frac{H_b}{gT^2} = \frac{4.8}{9.81(14.71^2)} = \frac{4.8}{2122.73} = 0.0022$$

De la gráfica se tiene una relación  $\frac{d_b}{H_b} = 1.05$

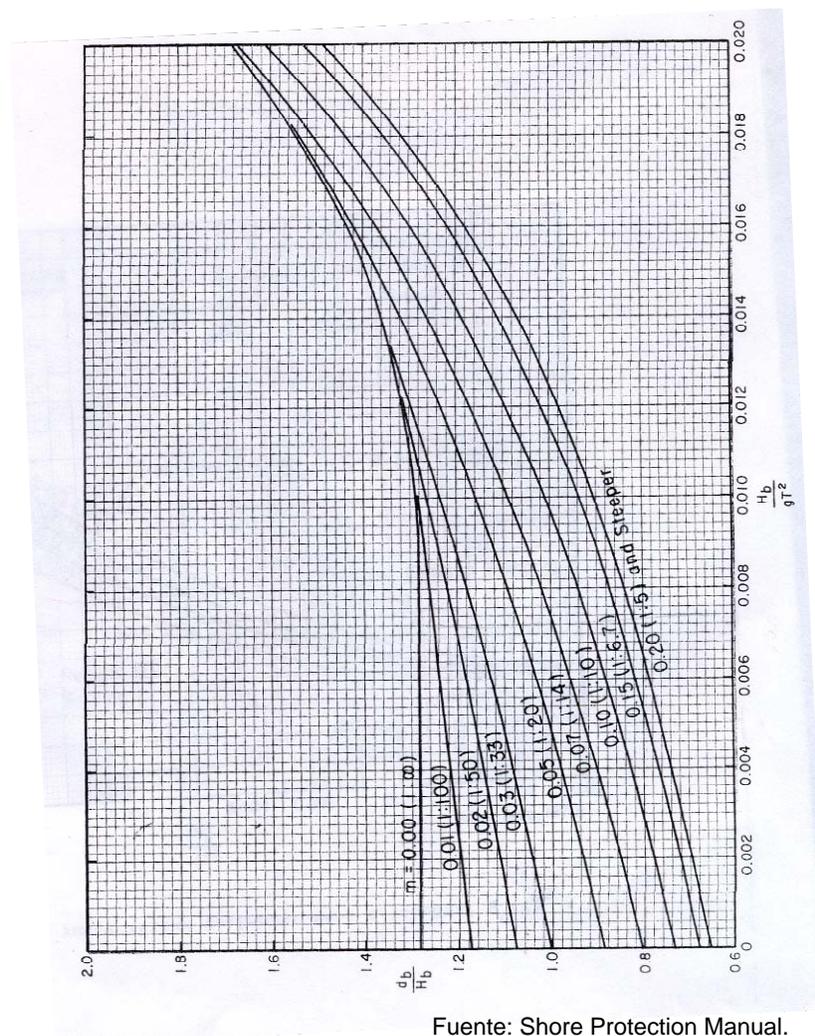
Despejando  $d_b$

$$d_b = 1.05 (4.8) = 5.04 \text{ m}$$

Considerando la localización de la estructura y la longitud de la rompiente se tiene que la ola rompe en ella; sin embargo, se tomará como ola de diseño  $H_0 = 4.0 \text{ m}$ .

Con los datos anteriores se calcula el peso de los elementos, sustituyendo los valores en la fórmula de Hudson.

**Figura A.2 Profundidad de rompiente.**



Fuente: Shore Protection Manual.



$$W = \frac{2.4(4.0)^3}{2\left(\frac{2.4}{1.025} - 1\right)^3 (1.5)} = \frac{153.60}{7.242} = 21.21 \text{ ton} \quad \text{para roca}$$

$$W = \frac{2.2(4.0)^3}{5.5\left(\frac{2.2}{1.025} - 1\right)^3 (1.5)} = \frac{140.80}{12.428} = 11.33 \text{ ton} \quad \text{para cubos de concreto}$$

Para el peso de los elementos de la capa secundaria se toma en cuenta el Shore Protection Manual, donde propone un peso entre  $W/10$  y  $W/15$ , quedando como sigue:

$$\frac{W}{10} = \frac{21.21}{10} = 2.121 \text{ ton} = 2121 \text{ kg}$$

$$\frac{W}{15} = \frac{21.21}{15} = 1.414 \text{ ton} = 1414 \text{ kg}$$

Para el núcleo el peso estará dado entre los rangos  $W/200$  y  $W/6000$

$$\frac{W}{200} = \frac{21.21}{200} = 0.106 \text{ ton} = 106 \text{ kg}$$

$$\frac{W}{6000} = \frac{21.21}{6000} = 0.0035 \text{ ton} = 3.5 \text{ kg}$$

- Niveles significativos.

Pleamar máxima registrada (NPMR) = 2.35 m

Nivel de bajamar mínima (NBMR) = -0.53 m

$$\text{Tomando el promedio de ambas} \quad N = \frac{NPMR + NBMR}{2} = \frac{2.35 + 0.53}{2} = 1.44 \text{ m}$$

Se considera que la elevación del núcleo estará 1.50 m por encima del promedio de los niveles máximo y mínimo registrados; por lo tanto el nivel será de:

$$N_{\text{núcleo}} = 1.44 + 1.50 = 2.94 \text{ m}$$

Tomando en cuenta este nivel se puede ajustar a:

$$N_{\text{núcleo}} = + 3.00$$



- Cálculo de los espesores de la capa secundaria y coraza.

Tomando la siguiente expresión para el cálculo del espesor se tiene:

$$r = nK_{\Delta} \left( \frac{W}{W_s} \right)^{1/3}$$

donde: r: es el espesor de la capa, en m  
n: es el número de capas  
W: es el peso del elemento  
W<sub>s</sub> es el peso específico de un elemento  
K<sub>Δ</sub>: es el coeficiente de acomodo

Considerando que la coraza estará constituida de elementos prefabricados de concreto, se tiene:

$$\begin{aligned}n &= 2 \\W &= 11.33 \text{ ton} \\W_s &= 2.2 \text{ ton/m}^3 \\K_{\Delta} &= 1.0\end{aligned}$$

Sustituyendo valores se tiene:

$$r = 2(1.0) \left( \frac{11.33}{2.2} \right)^{1/3} = 3.45 \text{ m}$$

Por lo tanto se puede establecer una espesor de la coraza igual a 3.5 m.

La capa secundaria estará compuesta de los siguientes parámetros.

$$\begin{aligned}n &= 2 \\W &= 1.76 \text{ ton, que es el peso medio del enrocamiento} \\W_s &= 2.4 \text{ ton/m}^3 \\K_{\Delta} &= 1.1\end{aligned}$$

Sustituyendo valores se tiene:

$$r = 2(1.1) \left( \frac{1.7}{2.4} \right)^{1/3} = 1.9 \text{ m}$$

La capa secundaria tendrá un espesor de 1.9 m

- Diseño de la coraza de la estructura.

Para obtener el volumen unitario de cada elemento de la coraza se utiliza la expresión siguiente:

$$V = \frac{W}{\gamma_s} = \frac{11.33}{2.2} = 5.15 \text{ m}^3$$

**Figura A.3 Dimensionamiento de cubos ranurados.**

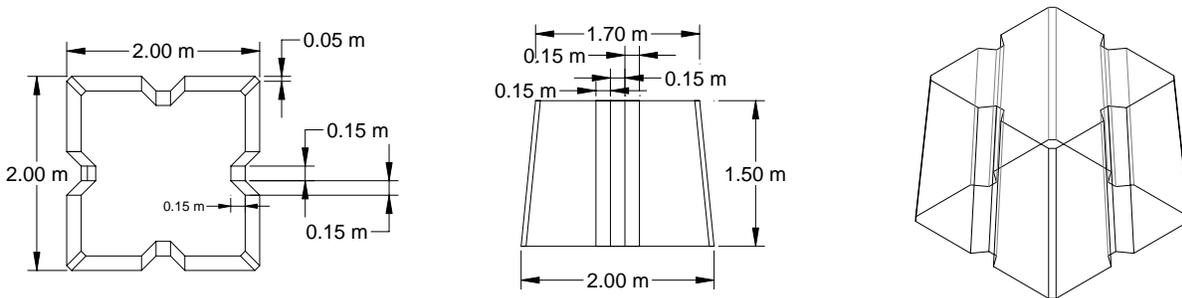
CALCULOS PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE CUBO		
$Ar=(Br+br)/2*hr*4$ 0.112	$Ach=(ch^2/2)*4$ 0.005	$Vi=W/Gc$ <b>5.1500</b>
		$L=V^{\wedge}.3333$ 1.7268
		$Ai=LB^{\wedge}2-(Ar+Ach)$ 3.883
		$As=Lb^{\wedge}2-(Ar+Ach)$ 2.773
		$V=(H/3)*(Ai+As+(Ai*As)^.5)$ <b>4.9687 IGUAL A Vi</b>
		1.46 Cambial LB, Lb y H hasta la igualdad
DIMENSIONES DEL CUBO		
BASE INFERIOR (LB)	BASE SUP.(Lb)	ALTURA (H)
2	1.7	1.5

Fuente: tabla de cálculos de Excel.

De la tabla anterior se obtienen las dimensiones de los cubos.

Se contemplan cubos ranurados de 11.33 ton, con una base mayor de 2.0 m, base menor de 1.7 m y una altura de 1.5 m. El peso específico para cada una de las piezas será de 2.2 ton/m<sup>3</sup>.

**Figura A.4 Dimensiones de cubos ranurados.**



Fuente: elaboración propia en base a diseño.

### Cálculo del Run-Up.

Utilizando las fórmulas establecidas por Ahrens y McCartney en el Costal Engineering Manual, para la estimación teórica se tiene:



$$R = H_1 \left( \frac{a\xi}{1 + b\xi} \right)$$

donde: R: es el valor del Run-Up, en m  
 a y b: son los coeficientes empíricos

$$a = 0.95$$

$$b = 0.69$$

$$\xi = \frac{\tan \theta}{\sqrt{\frac{H_i}{L_0}}}$$

En donde:

$\theta$ : Ángulo correspondiente al talud de la estructura del lado opuesto al oleaje.

$H_i$ : Altura de ola incidente o al pie del talud  $H_i = 4.0$  m

$L_0$ : Longitud del oleaje en aguas profundas  $L_0 = 1.56 T^2$

$$L_0 = 1.56 (19)^2 = 349.94 \text{ m}$$

Sustituyendo los datos en la expresión anterior se tiene lo siguiente:

$$\xi = \frac{\tan 33.69}{\sqrt{\frac{4}{349.94}}} = 6.23$$

Al sustituir los valores en la fórmula del Run-Up, obtenemos lo siguiente:

$$R = 4 \left( \frac{0.95(6.23)}{1 + (0.69)(6.23)} \right) = 4(1.1169) = 4.47 \text{ m}$$

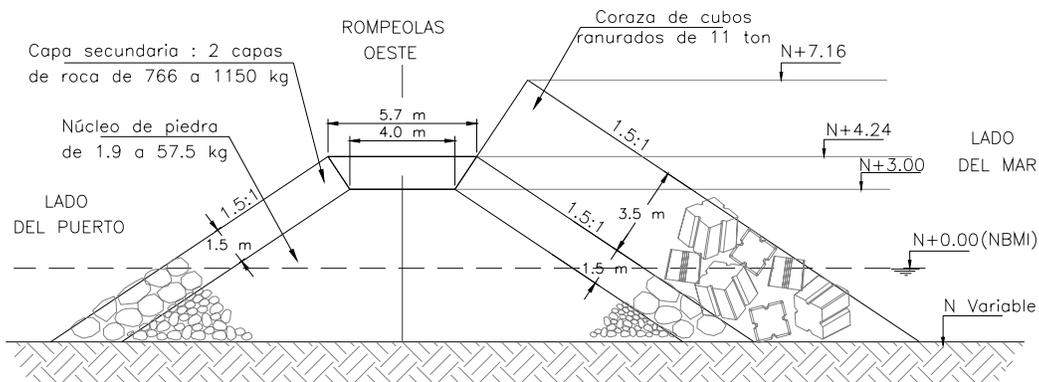
Con el valor del Run-Up y los datos de la tabla III. 7, se observan los siguientes niveles significativos:

Para el nivel de pleamar media = 1.44 NBMI

$$N = 4.47 + 1.445 = 5.91 \text{ NBMI}$$

Para el nivel de pleamar media superior = 1.66 NBMI

$$N = 4.47 + 1.66 = 6.13 \text{ NBMI}$$

**Figura A.5 Sección transversal del rompeolas.**

Fuente: elaboración propia.

Para el nivel de pleamar máxima registrada = 2.35 NBMI

$$N = 4.47 + 2.35 = 6.82 \text{ NBMI}$$

De la figura A.5 se establece que el nivel máximo para la corona será hasta la cota +7.16 NBMI.

## A.2. Cálculo del espigón.

Las consideraciones para el cálculo del espigón se describen a continuación.

- Abrigo a una flota pesquera de 80 embarcaciones ribereñas.
- Oscilaciones en los niveles de marea de aproximadamente 1.45 m.
- Corrientes analizadas con dirección Sur, Sureste y Suroeste, para la orientación de la estructura.
- Oleaje normal, con una altura de ola de diseño = 2.36 m, considerando que el espigón recibirá la fuerza de la ola de aguas profundas ya difractada por la escollera.
- Estructuras de protección a base de roca.
- Dirección y velocidad del viento, con objeto de orientar al espigón de protección.
- Calado máximo de las embarcaciones de 1.50 m.
- Núcleo y capa secundaria a base de enrocamiento.

Los pesos de los elementos de coraza y las características de las capas se calcularon considerando los siguientes datos:

Altura de ola:

$H = 2.36 \text{ m}$



Periodo:  $T = 11.94 \text{ s}$

Pendiente en la zona de la estructura:  $S = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{3.5}{88.5} = 0.039$

Coefficiente de refracción:  $K_r = 0.75$

Coefficiente de estabilidad de acuerdo a la tabla 7.8 del Shore Protection Manual:

Roca rugosa:  $K_D = 2.0$

Peso específico de los materiales.

Roca:  $\gamma_{roca} = 2.8 \text{ ton/m}^3$ .

Peso específico del agua:  $\gamma_{agua} = 1.025 \text{ ton/m}^3$

El valor de la ola refractada estará dado al aplicarle el valor del coeficiente de refracción, por lo tanto:

$H = 2.36 \text{ m}$

$H_0 = H K_r = 2.36 (0.75) = 1.77 \text{ m}$

Sustituyendo los valores en la fórmula de Hudson para el cálculo de los elementos, se tiene:

$$W = \frac{2.8(1.77)^3}{2\left(\frac{2.8}{1.025} - 1\right)^3 (1.5)} = \frac{15.526}{15.579} = 0.996 \text{ ton} \quad \text{para roca}$$

Para el peso de los elementos de la capa secundaria, basado en lo propuesto por el Shore Protection Manual, donde establece un peso entre  $\frac{W}{10}$  y  $\frac{W}{15}$ , quedando:

$$\frac{W}{10} = \frac{0.996}{10} = 0.09961 \text{ ton} = 99.6 \text{ kg}$$

$$\frac{W}{15} = \frac{0.996}{15} = 0.0664 \text{ ton} = 66.4 \text{ kg}$$

- Niveles significativos.

Se establecen los mismos niveles que se establecieron para la escollera, resultando lo siguiente:

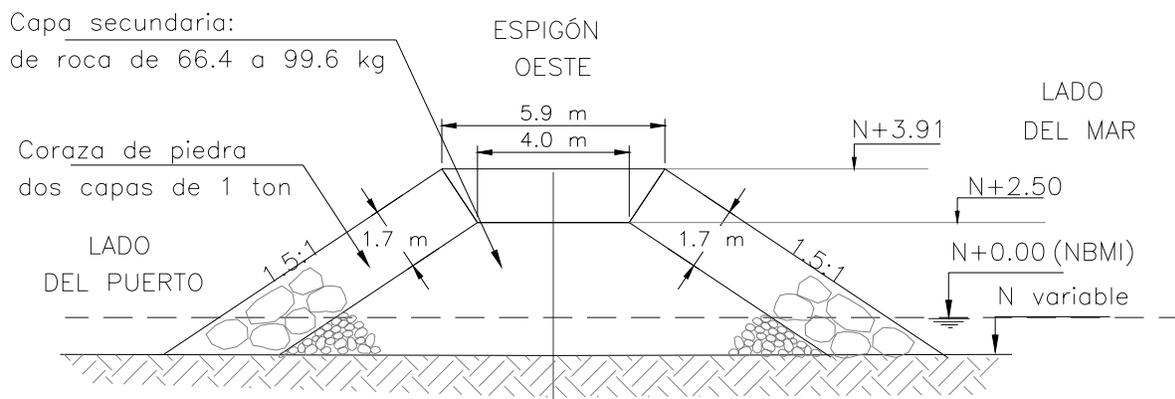
$$N_{\text{núcleo}} = 1.44 + 1.00 = 2.44 \text{ m}$$

Tomando en cuenta este nivel se puede ajustar a:

$$N_{\text{núcleo}} = + 2.50 \text{ NBMI}$$

- Cálculo de los espesores de la coraza.

**Figura A.6 Sección transversal tipo del espigón.**



Fuente: elaboración propia.

Retomando la expresión para el cálculo del espesor y considerando que la coraza estará constituida de roca, se tiene:

$$n = 2$$

$W = 0.996 \text{ ton}$ , se toma en cuenta el peso del elemento de roca.

$$W_s = 2.8$$

$$r = 21.1 \left( \frac{0.996}{2.2} \right)^{\frac{1}{3}} = 1.69 \text{ m}$$

Considerando lo anterior, se establece como espesor de la coraza para el espigón de 1.70 m.

En la figura A.6 se muestra una sección tipo del espigón.

### A.3. Volúmenes de obra del rompeolas y espigón.

Considerando la profundidad de desplante de la escollera y el espigón de protección, basándose en los datos de topografía y propiedades de la roca y en los planos de rompeolas y espigón, los volúmenes de obra requeridos para la construcción de estas, se indican en la tabla A.2.

Para el cálculo de éstos volúmenes se consideró previamente la porosidad de la roca, con el siguiente criterio: 37% para la capa secundaria 25%, para el núcleo, 47% para la coraza de cubos ranurados.

**Tabla A.2 Volúmenes de material.**

ROMPEOLAS						
Elemento	Material	Volumen geométrico (m <sup>3</sup> )	Porosidad (%)	Volumen real (m <sup>3</sup> )	Pateo morro (m <sup>3</sup> )	Volumen total (m <sup>3</sup> )
Capa secundaria	Roca	8,123.15	0.63	5117.58	571.21	<b>5688.79</b>
Núcleo	Roca	15,411.68	0.75	11558.76	1018.47	<b>12577.23</b>

CORAZA DEL ROMPEOLAS								
Elemento	Porosidad (%)	No. de capas	K $\Delta$	Volumen mortero (ton/m <sup>3</sup> )	Sección	Peso (ton)	Área por cubrir	No. de piezas
Cubos ranurados	47.00	0.63	5117.58	571.21	5688.79	11	2818.66	<b>1177.94</b>

ESPIGÓN ESTE						
Elemento	Material	Volumen geométrico (m <sup>3</sup> )	Porosidad (%)	Volumen real (m <sup>3</sup> )	Pateo morro (m <sup>3</sup> )	Volumen total (m <sup>3</sup> )
Capa secundaria	Roca	2,224.58	0.63	1401.49	290.18	<b>1691.67</b>
Núcleo	Roca	2,506.47	0.75	1879.85	395.34	<b>2275.19</b>

Fuente: elaboración propia.

# **APÉNDICE B**

## **POSICIONES DE ATRAQUE**



## APÉNDICE B. POSICIONES DE ATRAQUE

La simulación se realizó con el software Quantitative System Business Plus Versión 3.0 (QSB+), en el cual se introdujeron datos tales como: el número de embarcaciones, posiciones de atraque, tasa media de llegada de las embarcaciones y tiempo de servicio, parámetros que representan la demanda a satisfacer.

El programa propone dos tipos de arribo para las embarcaciones: una del tipo Poisson y otra que se presenta de forma constante, seleccionando para este análisis la primera opción.

Se optó porque el sistema partiera del número de embarcaciones registradas actualmente, dado que las embarcaciones en su totalidad son de tipo ribereño, por lo que no es necesario realizar una clasificación adicional para ingresarlas al sistema, solo se toma como base la totalidad de embarcaciones.

Se utilizaron los siguientes parámetros:

Flota ribereña  
Tasa tiempo de llegada ( $\lambda$ )= 10 x hora  
Tasa tiempo de servicio ( $\mu$ )= 8 x hora

Se especifico la unidad de tiempo en horas, ya que las actividades se realizan durante el día donde existe luz solar en las instalaciones y las condiciones climáticas presentan menos adversidades. La jornada se presenta de lunes a sábado, empleando de 5 a 8 horas para realizar la captura de las especies.

Después de introducir los parámetros y criterios mencionados, se realizaron las diversas iteraciones del programa, el cual ofrece como resultados los siguientes conceptos numéricos y probabilísticas:

$\lambda$ = Tasa media de llegada.  
 $\mu$ = Tasa media de servicio.

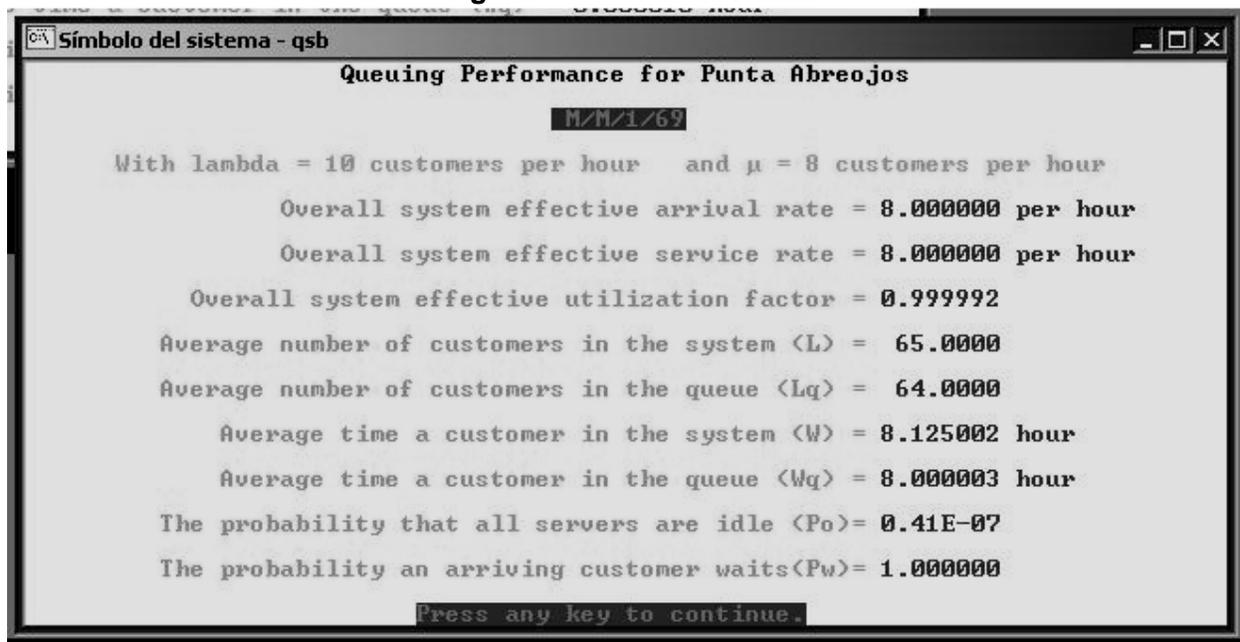
Factor de utilización del sistema.

L= Número promedio de unidades en el sistema.  
 $L_q$ = Número promedio de clientes en la cola.  
W= Tiempo promedio que un cliente espera en el sistema.  
 $W_q$ = Tiempo promedio que un cliente espera en la cola.  
 $P_o$ = La probabilidad de que todos los puntos de atraque se encuentren vacíos.

$P_w$ = La probabilidad de que cuando llegue una embarcación, ésta tenga que esperar.

Los resultados de las diversas iteraciones realizadas para el total de la flota ribereña de Punta Abreojos se indican en las figuras del presente anexo. La simulación partió desde la disposición de 1 posición de atraque hasta llegar al mínimo de posiciones requeridas, donde se establece que no existirá alguna embarcación en espera de ser atendida.

**Figura B.1 Primera corrida.**



Fuente: programa QSB.

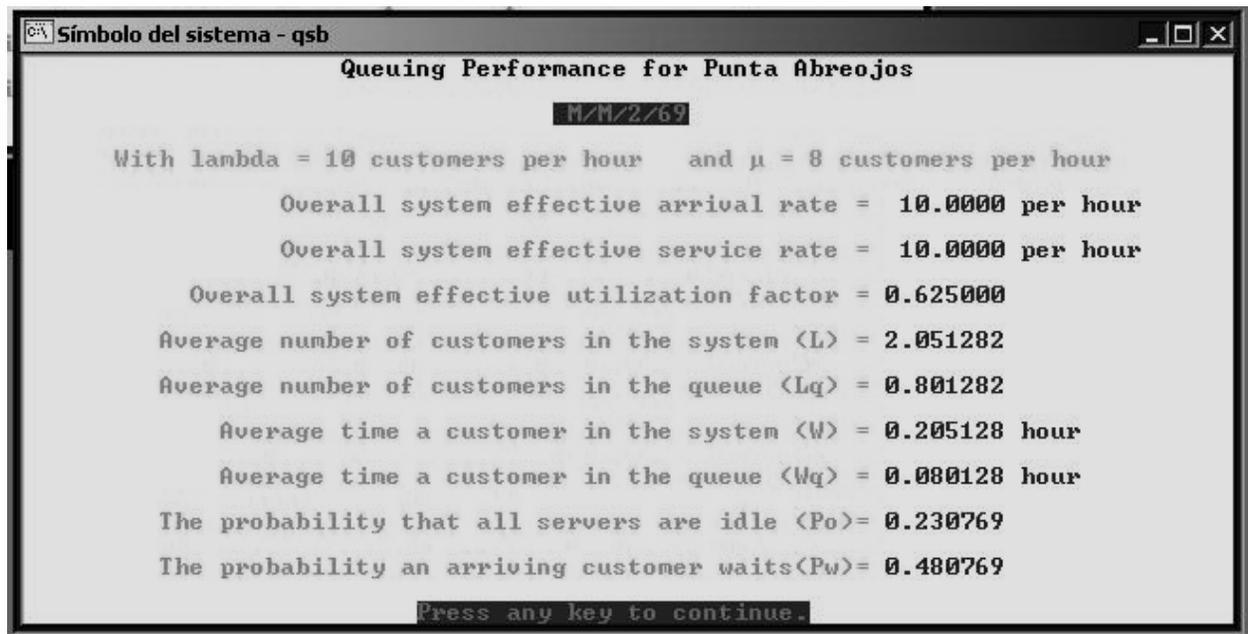
Con una posición de atraque se indica que existe un porcentaje de utilización del 0%, mientras que existe un 100% de probabilidad de que si arriba una embarcación en cualquier instante, esta tenga que esperar a ser atendida; esto nos indica que no se acepta la existencia de una sola posición de atraque (ver figura B.1).

Por lo que se opta por realizar un nuevo cálculo, ahora con dos posiciones de atraque. Con esto se observa que existe un 23% de probabilidad de que se encuentre disponible una posición, y una probabilidad de 48% de que una embarcación tenga que esperar para ser atendida; los resultados se muestran en la figura B.2

Realizando la simulación con 3 posiciones de atraque se muestran los resultados de la figura B.3.

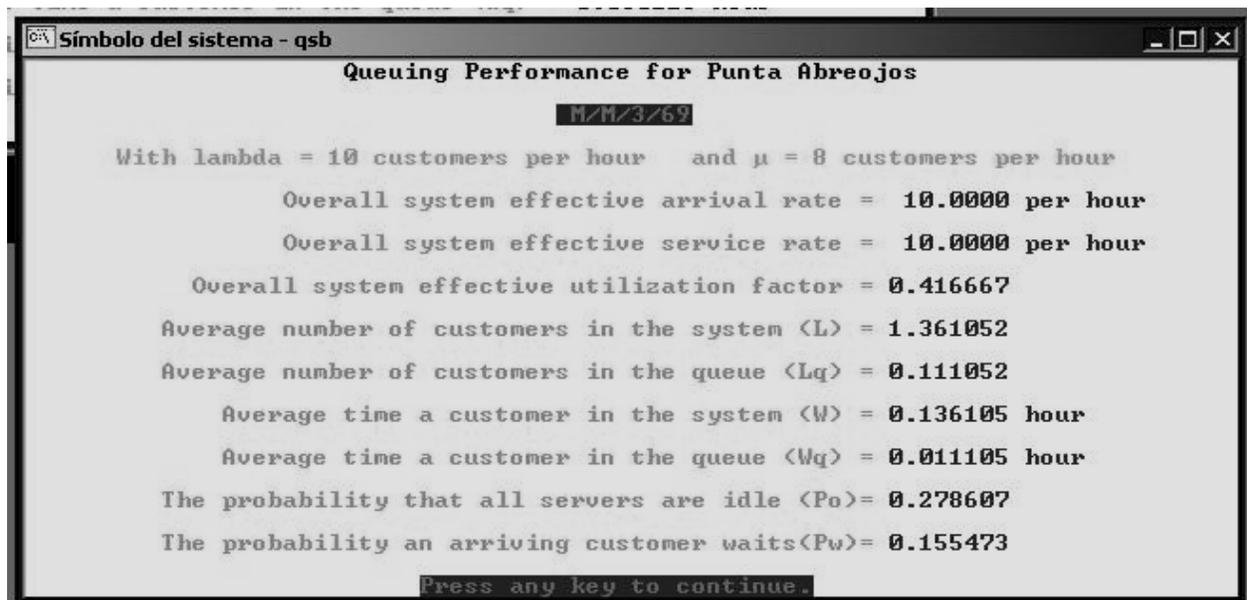
De la iteración B.3, se muestra que existe un 28% de probabilidad de que al llegar una embarcación esta sea atendida y un 15% de probabilidad de que tenga que esperar.

Figura B.2 Segunda corrida.



Fuente: programa QSB.

Figura B.3 Tercera corrida.

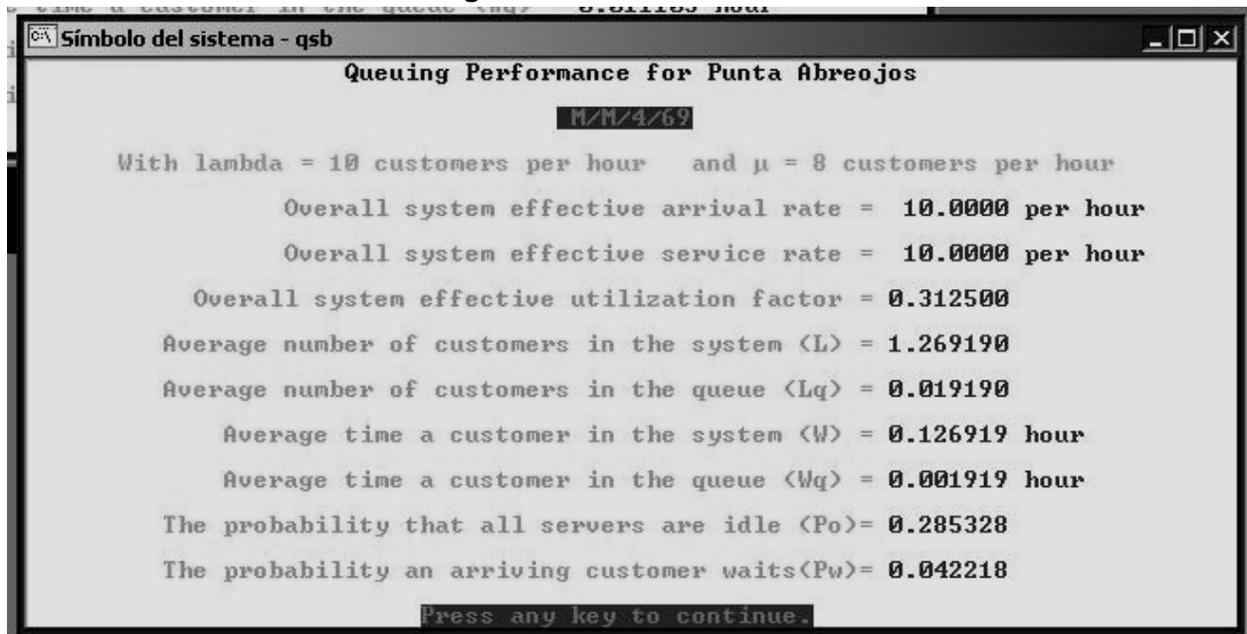


Fuente: programa QSB.

Con estos resultados aún no se garantiza que al arribar las embarcaciones estas sean atendidas inmediatamente, ocasionando un tiempo de espera para poder atracar y

realizar labores de descarga, por lo que se continúa programando para notar el comportamiento del sistema con 4 posiciones de ataque; los resultados se muestran en la figura B.4.

**Figura B.4 Cuarta corrida.**



Fuente: programa QSB.

Con 4 posiciones de ataque se garantiza que al arribar una embarcación, esta pueda ser atendida de inmediato, debido a que existe una probabilidad de 29% de que sea atendida y una probabilidad del 4% de que tenga que esperar.

Con 5 posiciones de ataque los resultados son los mostrados en la figura B.5. Se observa que no quedan embarcaciones sin ser atendidas, pues existe una probabilidad del 0.9% de que tengan que esperar.

Para el caso en estudio se propone la construcción de 6 posiciones de ataque, por lo que se realizaron dichas iteraciones para comprobar el comportamiento del sistema. Se puede observar que existe un 0.0% de probabilidad de que al arribar una embarcación esta tenga que esperar a ser atendida.

Como comprobación se realiza la sexta iteración, ahora con 6 posiciones de ataque, para verificar el comportamiento del sistema y si existe la posibilidad de espera de embarcaciones (ver figura B.6).

Con estas 6 posiciones de ataque se garantiza que al arribar las embarcaciones, con la metodología que se viene realizando actualmente por parte de los pescadores, estos sean atendidos totalmente, ya que se arrojan resultados del orden de 0.1% de que una embarcación tenga que esperar a ser atendida.

Figura B.5 Quinta corrida.

```
Símbolo del sistema - qsb
Queuing Performance for Punta Abreojos
M/M/5/69
With lambda = 10 customers per hour and mu = 8 customers per hour
Overall system effective arrival rate = 10.0000 per hour
Overall system effective service rate = 10.0000 per hour
Overall system effective utilization factor = 0.250000
Average number of customers in the system <L> = 1.253237
Average number of customers in the queue <Lq> = 0.003236
Average time a customer in the system <W> = 0.125324 hour
Average time a customer in the queue <Wq> = 0.000324 hour
The probability that all servers are idle <Po>= 0.286336
The probability an arriving customer waits<Pw>= 0.009709
Press any key to continue.
```

Fuente: programa QSB.

Figura B.6 Sexta corrida.

```
Símbolo del sistema - qsb
Queuing Performance for Punta Abreojos
M/M/6/69
With lambda = 10 customers per hour and mu = 8 customers per hour
Overall system effective arrival rate = 10.0000 per hour
Overall system effective service rate = 10.0000 per hour
Overall system effective utilization factor = 0.208333
Average number of customers in the system <L> = 1.250504
Average number of customers in the queue <Lq> = 0.000505
Average time a customer in the system <W> = 0.125050 hour
Average time a customer in the queue <Wq> = 0.000050 hour
The probability that all servers are idle <Po>= 0.286482
The probability an arriving customer waits<Pw>= 0.001917
Press any key to continue.
```

Fuente: Programa QSB.

# APÉNDICE C

## DISEÑO ESTRUCTURAL DEL MUELLE

- C.1. Datos del proyecto.
- C.2. Materiales y secciones propuestas.
- C.3. Análisis de cargas.
  - C.3.1. Cargas verticales.
  - C.3.2. Cargas horizontales.
- C.4. Análisis sísmico.
  - C.4.1. Condiciones de carga.
  - C.4.2. Combinaciones de carga.
- C.5. Modelo del muelle con el programa RAM AdvanceC.
  - C.5.1. Introducción de las fuerzas con el programa RAM AdvanceC.
- C.6. Diseño estructural y armado de las secciones.
  - C.6.1. Losa.
  - C.6.2. Trabe transversal T-1.
  - C.6.3. Trabe longitudinal T-2.
  - C.6.4. Trabe T-3.
  - C.6.5. Pantalla de atraque.
  - C.6.6. Armado de las pilas.
- C.7. Revisión de la subestructura por capacidad de carga.
- C.8. Conclusiones.
- C.9. Elementos adicionales al muelle.



## APÉNDICE C. DISEÑO ESTRUCTURAL DEL MUELLE

El presente documento contiene la memoria de cálculo del análisis estructural del muelle de concreto reforzado, del cual se diseñaron cada uno de los elementos que lo componen como son: losa, trabes, pilas de cimentación y pantallas de atraque.

El muelle tiene un ancho de 12 m y cuenta con una dársena de operaciones de 6 m de ancho por 20 m de largo que servirá también como atraque de embarcaciones.

A continuación se mencionan las consideraciones realizadas al diseño del mismo.

### C.1. Datos del proyecto.

Los datos generales considerados para diseño fueron los que se muestran en los siguientes renglones.

- El nivel de piso terminado de la losa del muelle es +1.80 sobre el NBMI.
- El muelle es en espigón y cuenta con dos tramos de 38 m de longitud por 12 m de ancho; adicionalmente, se tiene una pasarela en forma de “L” con un ancho de 6 m.
- La subestructura será a base de pilas de concreto de 0.6 m de diámetro.
- Tanto el muelle como la cimentación serán construidos a base de concreto reforzado.

### C.2. Materiales y secciones propuestas.

Las dimensiones de las secciones se muestran en el croquis de los marcos (figura C.1), en ambas direcciones “X” e “Y”.

Se propuso una subestructura compuesta por pilas de concreto de 0.6 m de diámetro y una superestructura consistente en losas de maniobras, trabes y pantallas de atraque.

Las propiedades mecánicas de los materiales empleados en el diseño de los diferentes elementos estructurales fueron las siguientes.

- Trabes, pilas, pantalla de atraque y losa  $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$
- Acero de refuerzo grado 42  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$
- Sección transversal de pilas 50 cm de diámetro desplantados en la cota -3.0 m con respecto al NBMI y a cada 4.50 m.

- Sección transversal trabe T-2 en "X" 30 x 50 cm
- Sección transversal trabe T-3 en "X" 25 x 50 cm
- Sección transversal trabe T-1 en "Y" 60 x 50 cm
- Pantalla de atraque 25 x 150 cm
- Sección losa 15 cm espesor

### Cargas para análisis y diseño de los diferentes elementos estructurales.

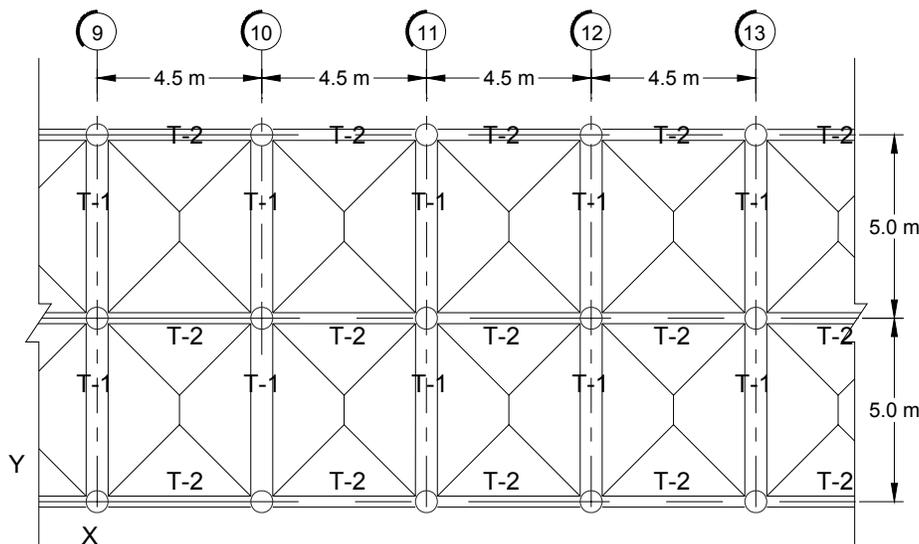
De acuerdo con lo anterior, se determinaron las acciones actuantes.

- Carga muerta, compuesta por el peso propio de la estructura.
- Carga viva máxima, 500 kg/m<sup>2</sup>.
- Carga sísmica, zona B de acuerdo al Manual de Diseño por Sismo de CFE.

### C.3. Análisis de cargas.

Se realizó la bajada de cargas por medio del método de áreas tributarias, por lo que al hacer la división en trapecios, se tiene un esquema como el que se muestra en la figura C.1. Las áreas tributarias para cada tablero son las que se muestran en la figura C.2, donde también se muestran las dimensiones de los tableros y la distribución de traveses y ejes.

Figura C.1 Dimensiones del muelle.



Fuente: elaboración propia.

El muelle se analizó en dos direcciones, considerando las cargas impuestas para cada una de ellas. Para cada uno de los casos se analizaron los marcos centrales por considerarse los más desfavorables. Se consideraron tableros de 4.5 x 5.0 m.

### C.3.1. Cargas verticales.

Las cargas sobre las traveses que se consideraron fueron las siguientes: como carga muerta únicamente se tomó el peso de la losa de concreto con espesor de 0.15 m. Como carga viva se consideró un valor de 500 kg/m<sup>2</sup> (ver tabla C.1).

**Tabla C.1 Análisis de cargas.**

Espesor	Peso Vol.	Wpp
m	kg/m <sup>3</sup>	kg
0.15	2,400	360
<b>Wm=</b>	360	Carga muerta
<b>Wv=</b>	500	Carga viva
<b>Wx=</b>	860	Carga total

Fuente: elaboración propia.

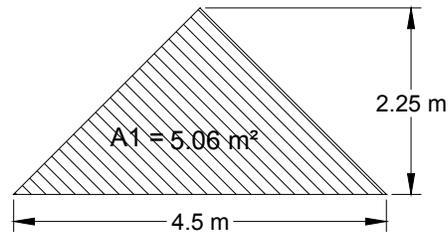
Se cargaron las traveses considerando las áreas tributarias. En la figura C.2 se muestra el área correspondiente a la trabe T-2.

Cargas verticales.

W muerta= 0.36 ton/m<sup>2</sup>  
 W viva= 0.5 ton/m<sup>2</sup>  
 W viva inst= 0.25 ton/m<sup>2</sup>

$$m = \frac{s}{l} = \frac{4.5}{5} = 0.90$$

**Figura C.2 Carga sobre trabe T-2.**



Fuente: elaboración propia.

$$w_{eq} = \frac{w_s * s}{3}$$

es decir:

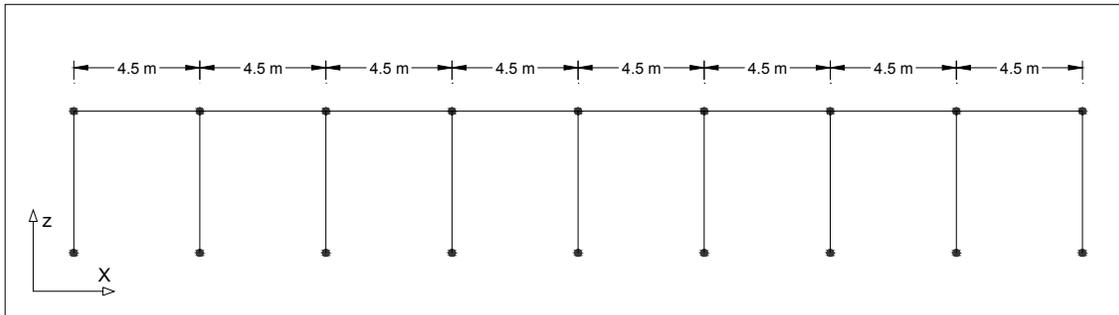
$$w_{eq} = \frac{(w * 4.5)}{3} = 1.5w$$

Transformando la carga a una carga uniformemente distribuida, se tiene:

W muerta= 0.54 ton/m x 2=1.08 ton/m  
 W viva= 0.75 ton/m x 2=1.50 ton/m  
 W viva inst= 0.375 ton/m \*2= 0.75 ton/m

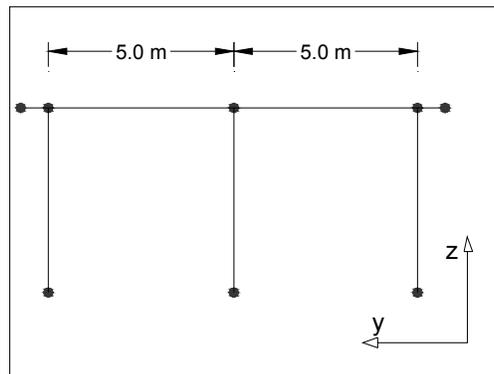
Posteriormente se analizaron los marcos en las dos direcciones ya planteadas, X e Y. La estructuración del marco en la dirección X se muestra en la figura C.3, mientras que para la dirección Y presentamos la figura C.4.

**Figura C.3 Análisis marco X1.**



Fuente: análisis en el programa RAM AdvanceC.

**Figura C.4 Análisis marco Y1.**



Fuente: análisis en el programa RAM AdvanceC.

$$m = \frac{s}{l} = \frac{4.5}{5} = 0.90$$

$$w_{eq} = \frac{w_s * s}{3} \frac{(3 - m^2)}{2}$$

$$w_{eq} = \frac{(w * 4.5) [3 - (0.9)^2]}{6} = 1.6425w$$

Transformando la carga a una carga uniformemente distribuida, se tiene:

- W muerta= 0.59 ton/m x 2= 1.18 ton/m
- W viva= 0.82 ton/m x 2= 1.64 ton/m
- W viva inst= 0.41 ton/m x 2= 0.82 ton/m



### C.3.2. Cargas horizontales.

#### Análisis Sísmico.

Carga muerta.

- Peso de losa =  $(0.15 \times 4.50 \times 12.0 \times 2.4) = 19.44$  ton
- Peso de traveses T-1 =  $(0.60 \times 0.35 \times 11.60 \times 2.4) = 5.85$  ton
- Peso de traveses T-2 =  $(0.30 \times 0.35 \times 3.90 \times 2.4) (3) = 2.95$  ton
- Peso de pantalla =  $(0.20 \times 0.55 \times 4.50 \times 2.4) (2) = 2.38$  ton

Total **30.61 ton**

Carga viva =  $(4.5 \times 12.0 \times 0.25) = 13.50$  ton

**Carga total = 30.61 + 13.50 = 44.11 ton (Por eje en dirección Y).**

- Carga por pila = 14.71 ton
- Peso propio de la pila =  $0.785 (0.60) 2 \times 1.70 \times 2.4 = 1.15$  ton
- Descarga por pila =  $14.71 + 1.15 = 15.86$  ton

### C.4. Análisis sísmico.

- Zona sísmica B
- Suelo tipo II
- Coeficiente sísmico  $c = 0.30$
- Ductilidad  $Q = 4$
- Carga viva reducida  $w = 0.25$  ton/m<sup>2</sup>
- F sísmica =  $15.86 (0.30/4) = 1.19$  ton

#### C.4.1. Condiciones de carga.

- CM: carga muerta
- CV: carga viva
- SL: sismo longitudinal (marco X)
- ST: sismo transversal (marco Y)

#### C.4.2. Combinaciones de carga.

Con objeto de calcular cargas en pilotes para la revisión de su capacidad, se emplearon combinaciones de carga en condiciones de trabajo, es decir, sin tomar en



cuenta los factores de carga, ya que las cargas factorizadas, de acuerdo al ACI, serán utilizadas para el diseño estructural de elementos de concreto.

c1	1.4pp + 1.7cv
c2	1.05pp + 1.275c <sub>vr</sub> + 1.275EQ
c3	pp + cv
c4	pp + c <sub>vr</sub> + EQ

### C.5. Modelo del muelle con el programa RAM AdvanceC.

Una vez determinadas las cargas que se impondrán sobre la estructura, se introdujeron los datos al programa tridimensional RAM Advanced para cada una de las combinaciones de cargas mencionadas anteriormente y en cada una de las dos direcciones por analizar: “X” e “Y”.

El procedimiento de diseño es introducir las cargas que se impondrán sobre el muelle, de esta forma el programa proporciona la información correspondiente a cada uno de los elementos de la estructura, tanto pilas como trabes, pantallas y losa, basado en los momentos máximos y las fuerzas cortantes y axiales impuestas para cada elemento en cada marco, en ambos sentidos.

#### C.5.1. Introducción de las fuerzas al programa RAM AdvanceC.

Primero se analizó el marco en dirección X, considerándose 20 nudos y basándose en la nomenclatura mostrada más adelante.

#### Dirección X.



RAM Advanced

#### Datos de Geometría.

##### NOMENCLATURA

Cm22	: Coeficiente Cm aplicado a elementos en flexión alrededor del eje 22 (H1)
Cm33	: Coeficiente Cm aplicado a elementos en flexión alrededor del eje 33 (H1)
d0	: Altura de la sección de inercia variable en el extremo J del miembro
DJX	: Distancia de tramo rígido a partir del nudo J en la dirección X
DJY	: Distancia de tramo rígido a partir del nudo J en la dirección Y
DJZ	: Distancia de tramo rígido a partir del nudo J en la dirección Z
DKX	: Distancia de tramo rígido a partir del nudo K en la dirección X
DKY	: Distancia de tramo rígido a partir del nudo K en la dirección Y
DKZ	: Distancia de tramo rígido a partir del nudo K en la dirección Z



dL	: Altura de la sección de inercia variable en el extremo K del miembro
Factor Ig	: Factor de reducción de la inercia (Inercia efectiva/Inercia bruta) para miembros de hormigón armado
K22	: Factor de longitud efectiva alrededor del eje 22
K33	: Factor de longitud efectiva alrededor del eje 33
L22	: Longitud del miembro para el cálculo de la capacidad axial
L33	: Longitud del miembro para el cálculo de la capacidad axial
Lb	: Longitud entre arriostres contra el pandeo torsional
RX	: Rotación en X
RY	: Rotación en Y
RZ	: Rotación en Z
TO	: 1 = Miembro de solo tracción 0 = Miembro normal
TX	: Traslación en X
TY	: Traslación en Y
TZ	: Traslación en Z

## Nudos.

**Tabla C.2 Restricciones.**

Nudo	X	Y	Z	Piso
[M]	[M]	[M]		
1	0	3.65	0	0
2	1	3.65	0	0
3	1	0	0	0
4	5.5	3.65	0	0
5	5.5	0	0	0
6	10	3.65	0	0
7	10	0	0	0
8	14.5	3.65	0	0
9	14.5	0	0	0
10	19	3.65	0	0
11	19	0	0	0
12	23.5	3.65	0	0
13	23.5	0	0	0
14	28	3.65	0	0
15	28	0	0	0
16	32.5	3.65	0	0
17	32.5	0	0	0
18	37	3.65	0	0
19	37	0	0	0
20	38	3.65	0	0

Fuente: programa RAM Advanced

En la tabla C.2 se muestra la cantidad total de nudos para el marco en estudio; asimismo, las restricciones correspondientes a cada uno de los nudos en las tres direcciones X, Y y Z.



## Dirección Y.

### Datos de Geometría

#### Nomenclatura.

Cm22	: Coeficiente Cm aplicado a elementos en flexión alrededor del eje 22 (H1)
Cm33	: Coeficiente Cm aplicado a elementos en flexión alrededor del eje 33 (H1)
d0	: Altura de la sección de inercia variable en el extremo J del miembro
DJX	: Distancia de tramo rígido a partir del nudo J en la dirección X
DJY	: Distancia de tramo rígido a partir del nudo J en la dirección Y
DJZ	: Distancia de tramo rígido a partir del nudo J en la dirección Z
DKX	: Distancia de tramo rígido a partir del nudo K en la dirección X
DKY	: Distancia de tramo rígido a partir del nudo K en la dirección Y
DKZ	: Distancia de tramo rígido a partir del nudo K en la dirección Z
dL	: Altura de la sección de inercia variable en el extremo K del miembro
Factor Ig	: Factor de reducción de la inercia (Inercia efectiva/Inercia bruta) para miembros de hormigón armado
K22	: Factor de longitud efectiva alrededor del eje 22
K33	: Factor de longitud efectiva alrededor del eje 33
L22	: Longitud del miembro para el cálculo de la capacidad axial
L33	: Longitud del miembro para el cálculo de la capacidad axial
Lb	: Longitud entre arriostres contra el pandeo torsional
RX	: Rotación en X
RY	: Rotación en Y
RZ	: Rotación en Z
TO	: 1 = Miembro de solo tracción    0 = Miembro normal
TX	: Traslación en X
TY	: Traslación en Y
TZ	: Traslación en Z

En la tabla C.3 mostramos la cantidad total de nudos correspondientes a un marco en la dirección X y sus respectivas coordenadas.

**Tabla C.3 Nudos.**

Nudo	X [M]	Y [M]	Z [M]	Piso
1	0.00	3.65	0.00	0
2	1.00	3.65	0.00	0
3	1.00	0.00	0.00	0
4	6.00	3.65	0.00	0
5	6.00	0.00	0.00	0
6	11.00	3.65	0.00	0
7	11.80	0.00	0.00	0
8	12.00	3.65	0.00	0

Fuente: programa RAM AdvanceC.

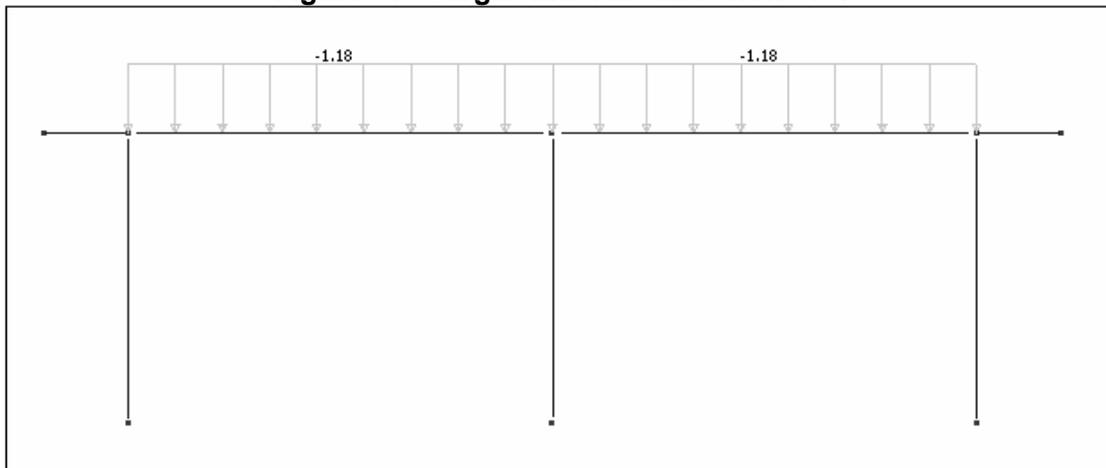
**Tabla C.4 Restricciones.**

Nudo	TX	TY	TZ	RX	RY	RZ
1	0	1	1	0	0	0
3	1	1	1	0	0	0
5	1	1	1	0	0	0
7	1	1	1	0	0	0
8	0	1	1	0	0	0

Fuente: programa RAM Advanced

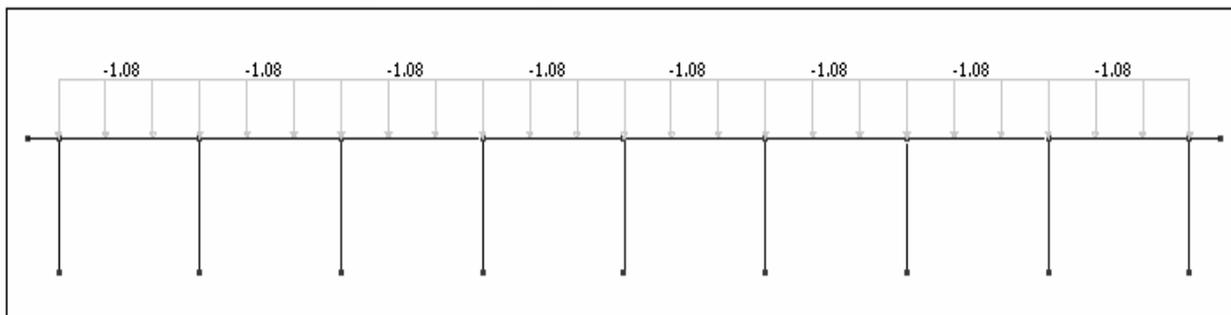
En la figura C.5 se muestra un marco en la dirección Y, con la carga muerta que se definió anteriormente. De forma semejante, se muestra en la figura C.6 un marco en la dirección X.

**Figura C.5 Cargas muertas dirección “Y”.**



Fuente: análisis en el programa RAM AdvanceC.

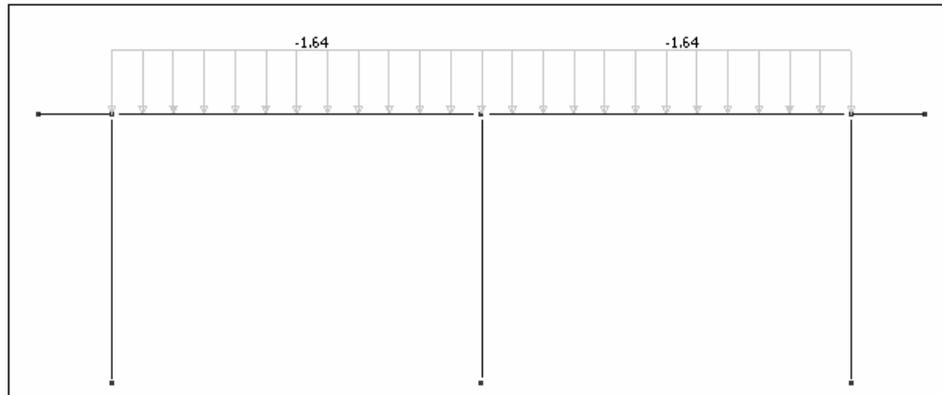
**Figura C.6 Cargas muertas dirección “X”.**



Fuente: análisis en el programa RAM AdvanceC.

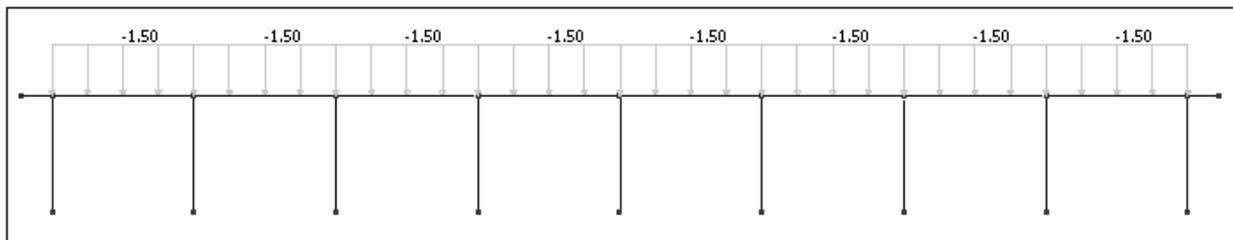
### Carga viva.

**Figura C.7 Carga viva en la dirección “Y”.**



Fuente: análisis en el programa RAM AdvanceC.

**Figura C.8 Carga viva en la dirección “X”.**

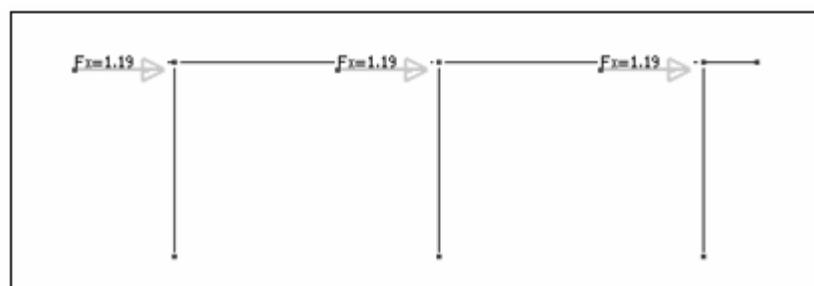


Fuente: análisis en el programa RAM AdvanceC.

### Sismo transversal.

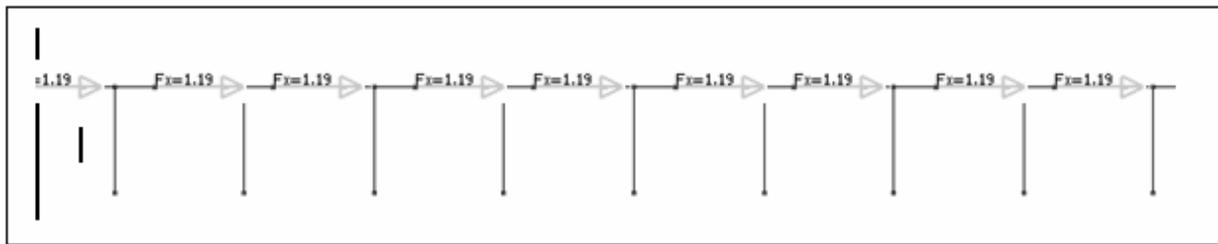
Para el análisis de un posible sismo en la dirección transversal, se cargaron los marcos de forma horizontal. Los correspondientes dibujos se muestran en las figuras C.9 y C.10

**Figura C.9 Carga sismo en la dirección “Y”.**



Fuente: análisis en el programa RAM AdvanceC.

**Figura C.10 Sismo en la dirección “X”.**



Fuente: análisis en el programa RAM AdvanceC.

### **C.5.2. Resultados del análisis estructural del programa RAM AdvanceC.**

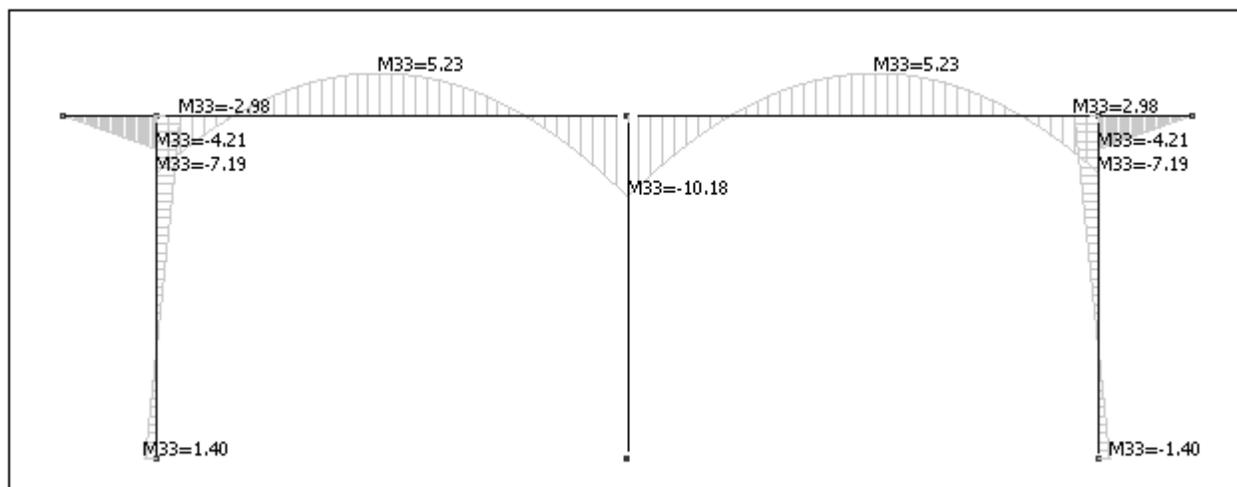
Una vez introducidos estos datos, se realizó la corrida del programa. Los resultados del mismo muestran la determinación de los momentos máximos, las fuerzas cortantes, así como las cargas recibidas por cada elemento y las áreas de acero necesarias para las secciones.

Para el diseño se tomaron los momentos y las fuerzas máximas.

### **Resultados del análisis de la trabe T-1.**

Los resultados obtenidos al cargar la trabe T-1 con la combinación c1 fueron los mostrados en la figura C.11 y de igual forma para la combinación c2 se muestra la figura C.12.

**Figura C.11 Momentos en trabe T-1 debidos a la combinación c1.**



Fuente: análisis en el programa RAM AdvanceC.



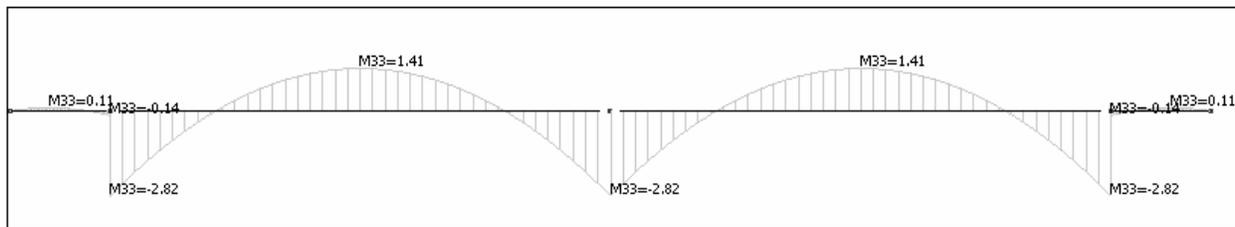
Los momentos máximos encontrados en la trabe T-2 son los que se muestran a continuación.

Momento máximo (-) = 6.93 ton-m (c1)  
Momento máximo (+) = 3.80 ton-m (c1)

### Resultados del análisis de la trabe T-3.

Para la trabe T-3 se presenta la figura C.15 para la combinación c1 y C.16 para la combinación c2.

**Figura C.15 Momentos en trabe T-3 debidos a la combinación c1.**



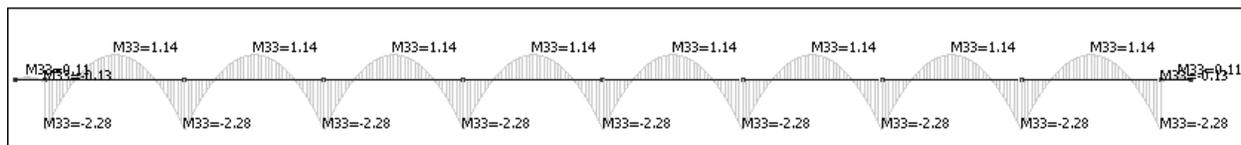
Fuente: análisis en el programa RAM AdvanceC.

Momento máximo (-) = 2.82 ton-m  
Momento máximo (+) = 1.41 ton-m

### Resultados del análisis de la pantalla de atraque.

De acuerdo al análisis realizado para la pantalla de atraque con las combinaciones ya mencionadas, son las mostradas en la figura C.16. Únicamente se muestran los resultados obtenidos para la combinación c2, debido a que fueron los más desfavorables.

**Figura C.16 Momentos en trabe T-3 debidos a la combinación c2.**



Fuente: análisis en el programa RAM AdvanceC.

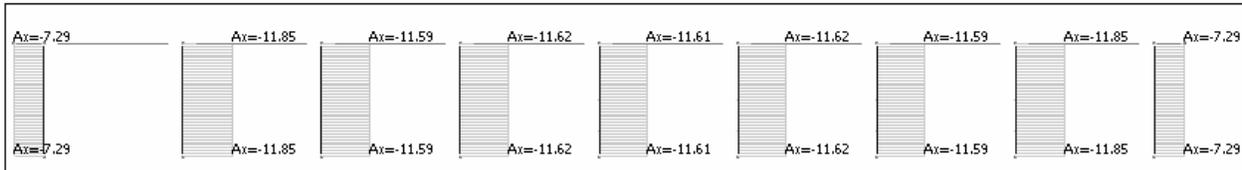
Los momentos máximos obtenidos para la pantalla de atraque fueron los siguientes:

Momento máximo (-) = 2.28 ton-m  
Momento máximo (+) = 1.14 ton-m

## Resultado de análisis en pilas.

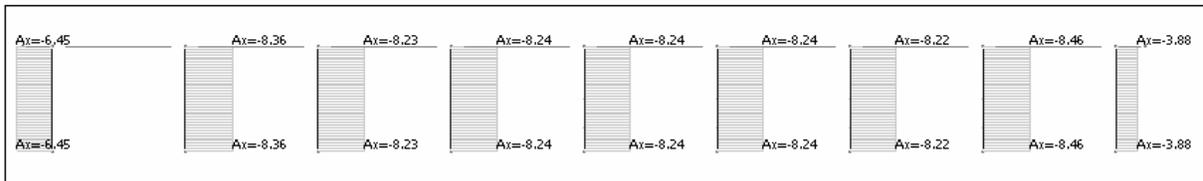
Se analizaron, primeramente, las pilas contenidas en el marco central en la dirección X, presentándose las cargas mostradas en la figura C.17, siendo las cargas más desfavorables la c3 y la c4.

**Figura C.17 Descargas en pilas en X debido a la combinación c3 = PP + CV.**



Fuente: análisis en el programa RAM AdvanceC.

**Figura C.18 Descargas en pilas en X debido a la combinación c4 = PP + CV + EQ.**



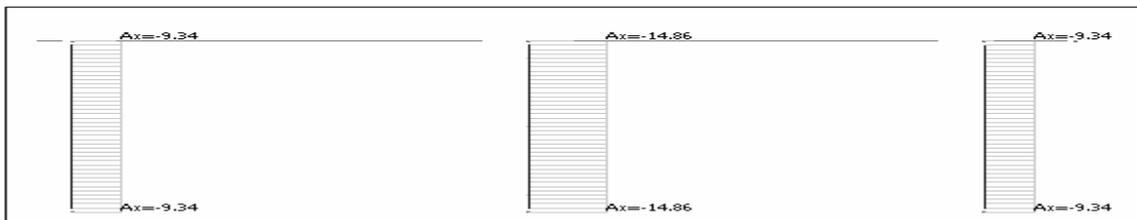
Fuente: análisis en el programa RAM AdvanceC.

La carga máxima actuante en pilas fue de:

$$P \text{ max} = 11.85 \text{ ton (dirección X)}$$

Posteriormente se llevó a cabo el análisis en la dirección Y, cargándose las pilas de acuerdo como se muestra en la figura C.19 para la combinación c3, y la figura C.20 para la combinación c4.

**Figura C.19 Descargas en pilas en Y debido a la combinación c3 = PP + CV.**



Fuente: análisis en el programa RAM AdvanceC.

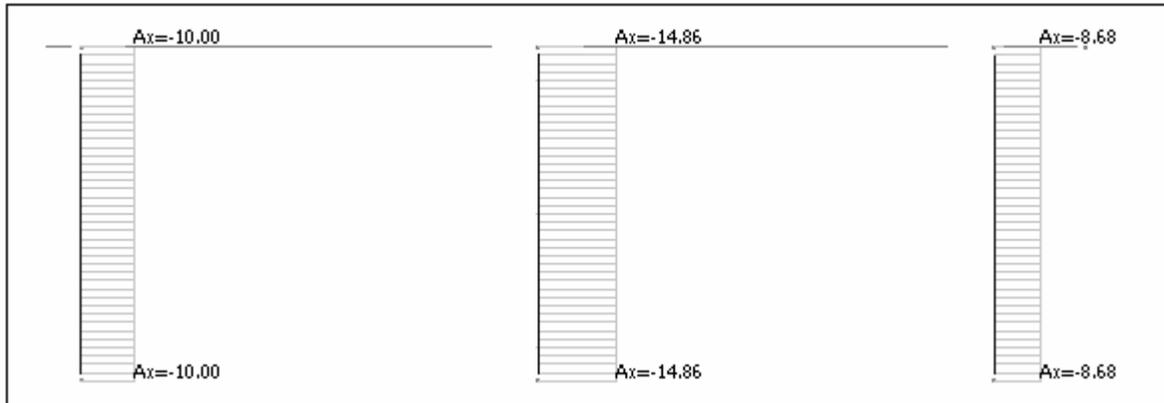
Las cargas máximas obtenidas fueron las siguientes:

$$P \text{ max} = 14.86 \text{ ton (dirección Y)}$$

Por lo tanto la descarga total debido a las dos direcciones, se estima como.

$$P \text{ max total} = 11.85 \text{ ton} + 14.86 \text{ ton} = 26.71 \text{ ton}$$

**Figura C.20 Descargas en pilas en Y debido a la combinación c4 = PP + CV + EQ.**



Fuente: análisis en el programa RAM AdvanceC.

## C.6. Diseño estructural y armado de las secciones.

En base al análisis estructural realizado y a las áreas de acero que arrojó el programa, los armados de las secciones quedaron como se muestra a continuación.

### C.6.1. Losa.

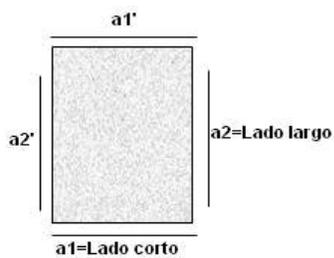
Para el cálculo del acero de refuerzo en la losa, se empleó el método de los coeficientes para diseño de losas, que se encuentra en las Normas Técnicas de Concreto, el cual se representa por medio de la siguiente ecuación.

$$M_u = k10^{-4}W_u a_1^2 \quad \text{momento flexionante por unidad de ancho}$$

$$W_u = F_c W = (1.4) (860) = 1,204 \text{ kg/m}^2 \quad \text{carga última}$$
$$a_1 = 4.50 \text{ m} \quad \text{lado corto}$$
$$a_2 = 5.00 \text{ m} \quad \text{lado largo}$$
$$m = a_1 / a_2 = 0.90$$

$$d = \frac{\text{Perimetro del tablero}}{300} \quad \text{peralte efectivo mínimo}$$

En el cálculo del peralte efectivo mínimo, la longitud de los lados discontinuos se incrementará 50 % si los apoyos de la losa no son monolíticos con ella, y 25% cuando lo sean, en éste caso si son monolíticos.

**ANÁLISIS DE LOSA**

	Longitud cm	1= Continuo 2= Discontinuo	Factor de Corrección	Long. Corregida cm
$a_1$ =	4.5	1	1.00	4.50
$a_2$ =	5	1	1.00	5.00
$a_1'$ =	4.5	1	1.00	4.50
$a_2'$ =	5	1	1.00	5.00
				<u>19.00</u> m

Espesor propuesto = 15 cm

**Materiales :**

Concreto	$f'_c$ =	250	kg/cm <sup>2</sup>
Acero	$f_y$ =	4,200	kg/cm <sup>2</sup>
Factor de carga	FC=	1.4	

**Constantes y especificaciones :**

$f^*c$ =	200	kg/cm <sup>2</sup>
$f''c$ =	170	kg/cm <sup>2</sup>
$p_{mím}$ =	0.0026	
$p_b$ =	0.0190	
$p_{max}$ =	0.0143	
$r$ =	5	cm

Primeramente se realizó el análisis de cargas para la losa, con lo que se obtuvo:

**ANÁLISIS DE CARGAS**

	Espesor m	Peso Vol. kg/m <sup>3</sup>	$W_{PP}$	
Losa =	0.15	2,400	360	
Mortero =	0	2,100	0	
Yeso =	0	1,500	0	
		<b>Wm=</b>	<b>360</b>	<b>kg/m<sup>2</sup></b>
		<b>Wv=</b>	<b>500</b>	<b>kg/m<sup>2</sup></b>
		<b>Ws=</b>	<b>860.0</b>	<b>kg/m<sup>2</sup></b>
$W_u = W_s \times 1.4 =$	1,204	<b>kg/m<sup>2</sup></b>		

Sí  $f_s > 2520 \text{ kg/cm}^2$  o  $W > 380 \text{ kg/m}^2$

El peralte efectivo mínimo se obtendrá multiplicando por:

$$0.0324 \sqrt{f_s W_u}$$



### Estimación del peralte de la losa:

$$d \text{ min} = \text{perim}/300 = 6.0 \text{ cm}$$

Si

$$f_s = 0.6 f_y = 2,520 \text{ kg/cm}^2 > 2,000 \text{ kg/cm}^2$$

$$W_u = 1,204 \text{ kg/cm}^2 > 380 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Factor de corrección del perímetro} = 1.305$$

$$d = d \text{ min} * \text{factor} = 7.83 \text{ cm}$$

$$d \text{ redondeado} = 8 \text{ cm}$$

$$h = d + r = 13 \text{ cm}$$

$$\text{Se usará } h = 15 \text{ cm}$$

Una vez obtenidos los momentos de diseño, se calcularán las áreas de acero con la siguiente expresión.

$$A_s = \frac{b d f_c'' \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 M u}{F_r b d^2 f_c''}} \right)}{f_y}$$

Mu: momento último actuante

B: ancho de la sección = 100 cm

d: peralte efectivo de la sección, 15 cm

f<sub>y</sub>: esfuerzo de fluencia del acero, 4200 kg/cm<sup>2</sup>

f<sub>c</sub>'': esfuerzo de compresión de diseño del concreto, 250 kg/cm<sup>2</sup>

F<sub>r</sub>: factor de reducción, 0.9

Separación máxima = 50 cm

S max = 50 cm o 3.5 h = 52.5 cm

Empleando el método de los coeficientes, se tiene la tabla C.5, en donde se muestran los momentos máximos negativos y positivos y los coeficientes k para, finalmente, obtener el área de acero necesaria a cada sección.

Se requiere varilla No.3 en ambos sentidos en dos lechos, a cada 25 cm en el lecho superior y @27 cm en el lecho inferior.

**Tabla C.5 Tablas de momento y áreas de acero.**

Tablero	Momento	Claro	Coeficiente	Mu= K*M	As	S
			K	kg*m	cm <sup>2</sup>	cm
Interior						
Todos los bordes continuos	Negativo en bordes	corto	333	81189	2.81	25
		largo	320	78019	2.69	26
	Positivo	corto	158	38522	2.64	27
		largo	127	30964	2.64	27

Fuente: elaboración propia.

Para el cálculo de la fuerza cortante que actúa en la losa, se emplea la siguiente ecuación:

$$V_u = \left( \frac{a_1}{2} - d \right) \left( 0.95 - 0.5 \frac{a_1}{a_2} \right) W_u$$

$$a_1/a_2 = 0.86 \quad \text{relación claro corto a claro largo}$$

$$W_u = 1,204 \text{ kg/m}^2 \quad \text{carga última de diseño}$$

Cálculo de la fuerza cortante que resiste el concreto:

$$V_{cr} = F_R b d 0.5 \sqrt{f_c^*}$$

### Revisión por cortante N.T.C. 96 4.3.3 F

La fuerza cortante máxima ocurre en el claro corto del tablero.

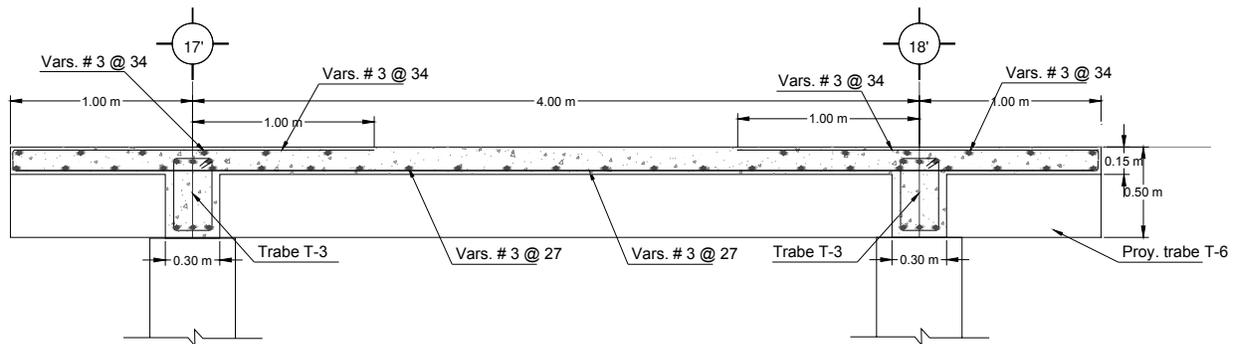
$$V_u = \frac{(0.5a_1 - d)w_u}{1 + \left( \frac{a_1}{a_2} \right)^6} = 1,706 \text{ kg}$$

$$V_{CR} = 0.5 * F_R b d \sqrt{f_c^*} = 4,525 \text{ kg}$$

$$V_{cr} > V_u \quad \text{OK}$$

Dado que  $V_u < V_{cr}$ , no será necesario colocar acero de refuerzo transversal (estribos) para tomar el cortante, y solo se utilizará para la unión de varillas antes del colado.

**Figura C.21 Armado de la losa del muelle.**



Fuente: elaboración propia.

### C.6.2. Diseño de la trabe transversal T-1.

De acuerdo a los datos del programa, para la trabe T-1 tenemos un momento máximo (+) = 5.23 ton-m.

#### Diseño por flexión concreto

$f'_c =$	250	kg/cm <sup>2</sup>
$f^*_c =$	200	kg/cm <sup>2</sup>
$f''_c =$	170	kg/cm <sup>2</sup>
$\text{sqr}(f'_c) =$	15.81	
$p_{\text{mím}} =$	0.0026	As min= 7.12 cm <sup>2</sup>
$p_b =$	0.0190	
$p_{\text{max}} =$	0.0143	

#### Acero de refuerzo diseño momento

$f_y =$	4200	kg/cm <sup>2</sup>
---------	------	--------------------

$M_u =$	5.23	ton-m
---------	------	-------

#### Base

$b =$	60	cm
-------	----	----

$d =$	14.8	
-------	------	--

usando

$d =$	45.0	cm
-------	------	----

$R =$	4.30	
-------	------	--

$Fr f'_c/2 =$	76.50	
---------------	-------	--

$q =$	0.0285	
-------	--------	--

$p =$	0.0012	
-------	--------	--

$p =$	0.0026	
-------	--------	--

$As =$	7.12	cm <sup>2</sup>
--------	------	-----------------

Usando varillas del No.6 se tiene:



2	No. 3	0.71	As= 1.43	
2	No. 6	2.85	<u>As= 5.70</u>	
			7.13	

Para el momento M max (-) = 10.18 ton-m:

**Diseño por flexión**

concreto

$f'c =$	250		kg/cm <sup>2</sup>	
$f^*c =$	200		kg/cm <sup>2</sup>	
$f''c =$	170		kg/cm <sup>2</sup>	
$\text{sqr}(f'c) =$	15.81			
$p_{\text{mím}} =$	0.0026		As min=	7.12 cm <sup>2</sup>
$p_b =$	0.0190			
$p_{\text{max}} =$	0.0143			

**Acero de refuerzo**

diseño  
momento

$f_y =$	4200		kg/cm <sup>2</sup>	
$\mu =$	10.18		ton-m	

Base

usando

$b =$	60		cm	
$d =$	20.6			
$d =$	45.0		cm	
$R =$	8.38			
$Fr f''c/2 =$	76.50			
$q =$	0.0563			
$p =$	0.0023			
$p =$	0.0026			
$As =$	7.12		cm <sup>2</sup>	

Usando varillas del No.6 se tiene:

2	No. 3	0.71	As= 1.43	
2	No. 6	2.85	<u>As= 5.70</u>	
			7.13	

Para el diseño por cortante se consideraron las máximas fuerzas cortantes obtenidas del análisis del programa, cuya imagen se muestra en la figura C.22, donde podemos apreciar que los valores máximos se tienen en los extremos de las trabes, mientras que cerca del centro es de cero.

Por lo tanto, V max = 11.70 ton

**Diseño por cortante.**

Vu = 5.90 ton

Estribos: 2 No. 3       $A_v = 1.43 \text{ cm}^2$

Separación máxima:

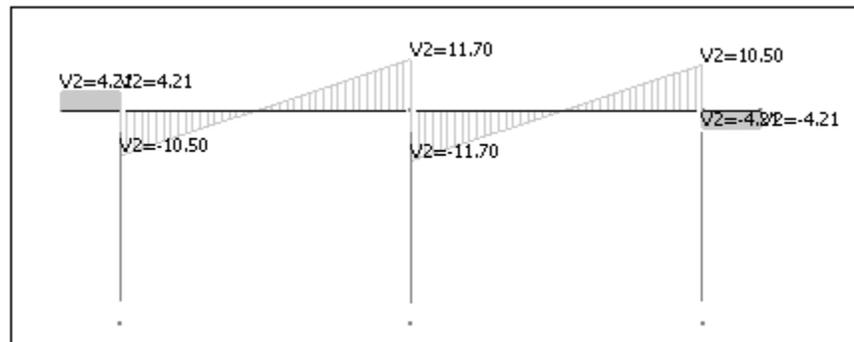
$F_r = 0.80$        $f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$

$S \leq (F_r * A_v * f_y * D) / 3.5 b = 22.80 \text{ cm}$

Cortante resistente del concreto:

$$V_{CR} = 0.5 * F_R b d \sqrt{f_c^*} = 15.27 \text{ ton}$$

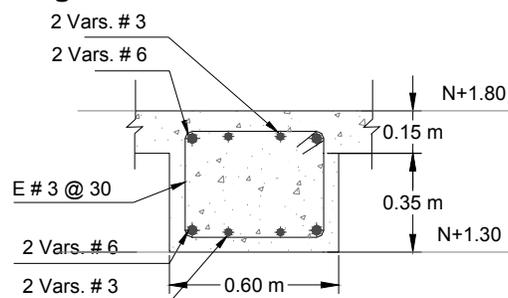
**Figura C.22 Fuerzas cortantes máximas debidas a la combinación c1 = 1.4pp + 1.7CV.**



Fuente: análisis en el programa RAM AdvanceC.

Como la sección a cortante soporta 15.27 ton > que las 11.70 ton que se espera tener en la viga, se recomienda colocar estribos con fines constructivos @ 30 cm. El armado con las cantidades de acero ya especificadas se muestra en la figura C.23.

**Figura C.23 Armado de trabe T-1.**



Fuente: elaboración propia.



### C.6.3. Trabe longitudinal T-2.

De acuerdo a los datos del programa, para la trabe T-2 tenemos un momento máximo (+) = 3.8 ton-m:

#### DISEÑO POR FLEXION

Concreto

$f'c =$	250	kg/cm <sup>2</sup>
$f^*c =$	200	kg/cm <sup>2</sup>
$f''c =$	170	kg/cm <sup>2</sup>
$\text{sqr}(f'c) =$	15.81	
$p_{\text{mím}} =$	0.0026	As min= 3.56 cm <sup>2</sup>
$p \text{ b} =$	0.0190	
$p \text{ max} =$	0.0143	

Acero de refuerzo

$f_y =$	4200	kg/cm <sup>2</sup>
---------	------	--------------------

DISEÑO

Momento

$M_u =$	3.80	ton-m
---------	------	-------

Base

$b =$	30	cm
-------	----	----

usando

$d =$	17.8	
-------	------	--

$d =$	45.0	cm
-------	------	----

$R =$	6.26	
-------	------	--

$F_r f''c/2 =$	76.50	
----------------	-------	--

$q =$	0.0418	
-------	--------	--

$p =$	0.0017	
-------	--------	--

$p =$	0.0026	
-------	--------	--

$A_s =$	3.56	cm <sup>2</sup>
---------	------	-----------------

Usando varillas del No.4 se tiene:

$$3 \text{ No } 4 \quad 1.27 \quad A_s = 3.80$$

Para el momento  $M \text{ max } (-) = 6.93 \text{ ton-m}$

#### DISEÑO POR FLEXION

Concreto

$f'c =$	250	kg/cm <sup>2</sup>
$f^*c =$	200	kg/cm <sup>2</sup>
$f''c =$	170	kg/cm <sup>2</sup>
$\text{sqr}(f'c) =$	15.81	
$p_{\text{mím}} =$	0.0026	As min= 3.56 cm <sup>2</sup>
$p \text{ b} =$	0.0190	
$p \text{ max} =$	0.0143	

Acero de refuerzo

$f_y =$	4200	kg/cm <sup>2</sup>
---------	------	--------------------

DISEÑO

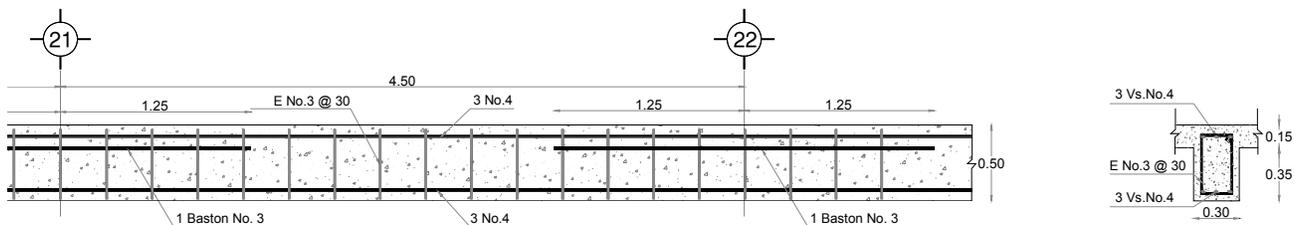
	$M_u =$	6.93	ton-m
Base	$b =$	30	cm
	$d =$	24.0	
usando	$d =$	45.0	cm
	$R =$	11.41	
	$Fr f''c/2 =$	76.50	
	$q =$	0.0776	
	$p =$	0.0031	
	$p =$	0.0031	
	$A_s =$	4.24	cm <sup>2</sup>

Usando varillas del No.4 corridas se tiene:

2	No. 4	1.27	$A_s = 3.80$
2	No. 3	0.71	$A_s = 0.71$
			<u>4.51</u>

Para esta trabe se emplearán 3 varillas del No.4 corridas y en las zonas de los momentos negativos máximos se empleará 1 bastón del No.3.

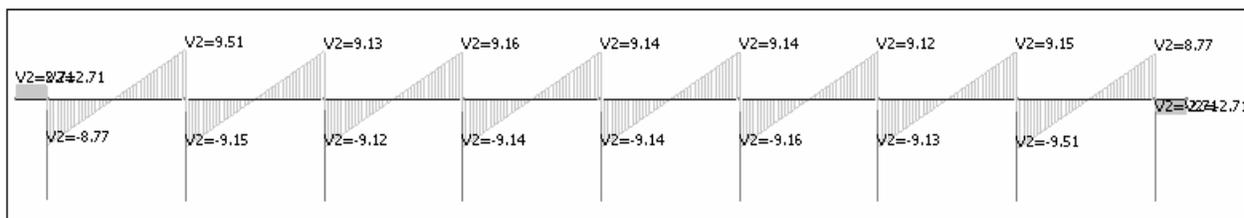
Figura C.24 Armado de trabe T-2.



Fuente: elaboración propia.

Para el diseño por cortante se consideraron las máximas fuerzas cortantes obtenidas del diagrama de cortante.

Figura C.25 Fuerzas cortantes máximas en T-2 debidas a la combinación  $c1 = 1.4pp + 1.7 CV.$



Fuente: elaboración propia.



Por lo tanto,  $V_{max} = 9.51$  ton:

**DISEÑO POR CORTANTE**

cortante  $V_u = 9.51$  ton

Estribos 2 No. 3  $A_v = 1.43$  cm<sup>2</sup>

Separación máxima:

F.R= 0.80  $f_y = 4200$  kg/cm<sup>2</sup>

$S \leq (F_r \cdot A_v \cdot f_y \cdot D) / 3.5b = 45.60$  cm

Cortante resistente del concreto :

$$V_{CR} = 0.5 \cdot F_R \cdot b \cdot d \cdot \sqrt{f_c} = 7.64 \text{ ton}$$

**Tabla C.6 Áreas de acero en trabe transversal T-1.**

s(cm)	V <sub>us</sub> (ton)	V <sub>cr</sub> (ton)	V total (ton)
45	4.79	7.64	12.43
40	5.39	7.64	13.02
35	6.16	7.64	13.79
30	7.18	7.64	14.82
25	8.62	7.64	16.26
20	10.77	7.64	18.41

Fuente: elaboración propia.

Se recomienda colocar estribos con fines constructivos: E No.3 @ 30 cm.

**C.6.4. Trabe T-3.**

De acuerdo a los datos del programa, para la trabe T-3 tenemos un momento máximo (+) = 1.41 ton-m.

**DISEÑO POR FLEXION**

Concreto	$f'_c = 250$ kg/cm <sup>2</sup>
	$f^*_c = 200$ kg/cm <sup>2</sup>
	$f''_c = 170$ kg/cm <sup>2</sup>
	$\text{sqr}(f'_c) = 15.81$
	$p_{m\acute{i}m} = 0.0026$ As min= 2.96 cm <sup>2</sup>
	$p_b = 0.0190$
	$p_{max} = 0.0143$
Acero de refuerzo	$f_y = 4200$ kg/cm <sup>2</sup>
DISEÑO	
Momento	$M_u = 1.41$ ton-m



Base	$b =$	25	cm
	$d =$	11.9	
usando	$d =$	45.0	cm
	$R =$	2.79	
	$Fr f''c/2 =$	76.50	
	$q =$	0.0184	
	$p =$	0.0007	
	$p =$	0.0026	
	$As =$	2.96	cm <sup>2</sup>

Usando:

2	No 4	1.27	$As = 3.80$
1	No 3	0.71	$As = 0.71$
			<u>3.25</u>

Para el momento M max (-) = 2.82 ton-m

**DISEÑO POR FLEXION**

Concreto	$f''c =$	250	kg/cm <sup>2</sup>
	$f^*c =$	200	kg/cm <sup>2</sup>
	$f''c =$	170	kg/cm <sup>2</sup>
	$\text{sqr}(f''c) =$	15.81	
	$p_{\text{mím}} =$	0.0026	$As_{\text{min}} = 2.96 \text{ cm}^2$
	$p_b =$	0.0190	
	$p_{\text{max}} =$	0.0143	

Acero de refuerzo	$f_y =$	4200	kg/cm <sup>2</sup>
-------------------	---------	------	--------------------

DISEÑO Momento	$M_u =$	2.82	ton-m
----------------	---------	------	-------

Base	$b =$	25	cm
------	-------	----	----

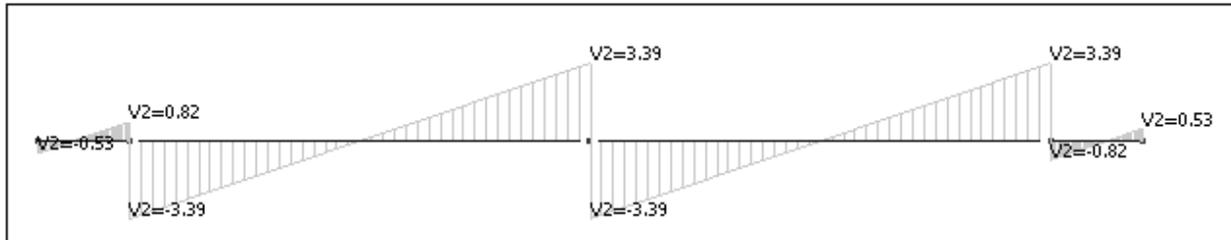
usando	$d =$	16.8	
	$d =$	45.0	cm
	$R =$	5.57	
	$Fr f''c/2 =$	76.50	
	$q =$	0.0371	
	$p =$	0.0015	
	$p =$	0.0026	
$As =$	2.96	cm <sup>2</sup>	

Usando:

2	No 4	1.27	$As = 3.80$
1	No 3	0.71	$As = 0.71$
			<u>3.25</u>

Para el diseño por cortante se consideraron las máximas fuerzas cortantes obtenidas del diagrama de cortante.

**Figura C.26 Fuerzas cortantes máximas en T-3 debidas a la combinación  $c1 = 1.4pp + 1.7 CV$ .**



Fuente: análisis en el programa RAM AdvanceC.

Por lo tanto  $V_{max} = 3.39 \text{ ton}$

Estribos	2	No.	3	$A_v =$	1.43	$\text{cm}^2$
----------	---	-----	---	---------	------	---------------

Separación máxima:

$FR = 0.80$        $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

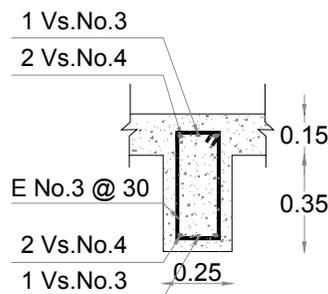
$S \leq (FR \cdot A_v \cdot f_y \cdot D) / 3.5b = 54.72 \text{ cm}$

Cortante resistente del concreto :

$6.36 \text{ ton}$

Como el cortante máximo  $V_{max} = 3.39 \text{ ton} < V_{cr} = 6.36 \text{ ton}$ , en teoría no es necesario la colocación de estribos; sin embargo, se recomienda colocar estribos con fines constructivos: E No.3 @ 30 cm.

**Figura C.27 Armado final de la T-3.**



Fuente: elaboración propia.



### C.6.5. Pantalla de atraque.

De acuerdo a los datos del programa, para la trabe T-1 tenemos un momento máximo (+) = 1.14 ton-m.

#### DISEÑO POR FLEXION

Concreto

$f'c =$	250	kg/cm <sup>2</sup>
$f^*c =$	200	kg/cm <sup>2</sup>
$f''c =$	170	kg/cm <sup>2</sup>
$\text{sqr}(f'c) =$	15.81	
$p_{\text{mím}} =$	0.0026	As min= 3.43 cm <sup>2</sup>
$p b =$	0.0190	
$p \text{ max} =$	0.0143	

Acero de refuerzo

$f_y =$	4200	kg/cm <sup>2</sup>
---------	------	--------------------

DISEÑO

Momento

$M_u =$	2.82	ton-m
---------	------	-------

Base

$b =$	20	cm
-------	----	----

usando

$d =$	18.8	
-------	------	--

$d =$	65.0	cm
-------	------	----

$$R = 3.34$$

$$Fr f''c/2 = 76.50$$

$$q = 0.0221$$

$$p = 0.0009$$

$$p = 0.0026$$

$As =$	3.43	cm <sup>2</sup>
--------	------	-----------------

Usando

3

No

4

1.27

As =

3.80

Por lo tanto, para el momento  $M \text{ max } (-) = 2.28 \text{ ton-m}$ , en la parte superior se tiene un armado.

#### DISEÑO POR FLEXION

Concreto

$f'c =$	250	kg/cm <sup>2</sup>
$f^*c =$	200	kg/cm <sup>2</sup>
$f''c =$	170	kg/cm <sup>2</sup>
$\text{sqr}(f'c) =$	15.81	
$p_{\text{mím}} =$	0.0026	As min= 3.43 cm <sup>2</sup>
$p b =$	0.0190	
$p \text{ max} =$	0.0143	

Acero de refuerzo

$f_y =$	4200	kg/cm <sup>2</sup>
---------	------	--------------------

DISEÑO

Momento

$M_u =$	2.28	ton-m
---------	------	-------

Base

$b =$	20	cm
-------	----	----

usando

$d =$	16.9	
-------	------	--

$d =$	65.0	cm
-------	------	----

$$R = 2.70$$

$$Fr f''c/2 = 76.50$$

$$q = 0.0178$$

$$p = 0.0007$$

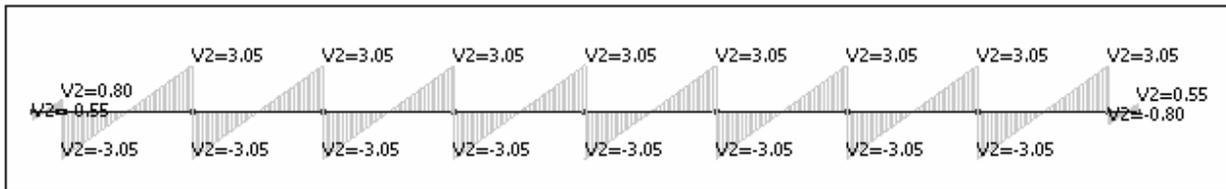
$$p = 0.0026$$

$As =$	3.43	cm <sup>2</sup>
--------	------	-----------------

Usando 3 No 4 1.27 As = 3.80

Para el diseño por cortante se consideraron las máximas fuerzas cortantes obtenidas del diagrama de cortante.

**Figura C.28 Fuerzas cortantes máximas en la pantalla.**



Fuente: análisis en el programa RAM AdvanceC.

### C.6.6. Armado de las pilas.

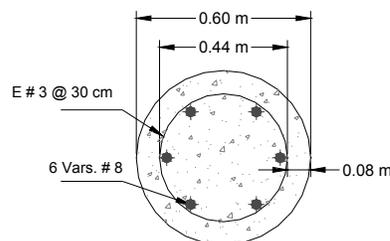
**Tabla C.6 Columnas.**

Columna No.	F axial ton	M33 ton*m	M22 ton.m	Carga id	A cálculo cm <sup>2</sup>	A min cm <sup>2</sup>	A max cm <sup>2</sup>	Long m
2	-7.65	4.56	0.0	2	2.59	28.25	226	3.65
12	-9.45	-5.06	0.0	2	2.76	28.25	226	3.65
13	-9.31	-4.99	0.0	2	2.70	28.25	226	3.65
14	-9.33	-4.97	0.0	2	2.67	28.25	226	3.65
15	-9.33	-4.94	0.0	2	2.64	28.25	226	3.65
16	-9.33	-4.91	0.0	2	2.60	28.25	226	3.65
17	-9.3	-4.89	0.0	2	2.58	28.25	226	3.65
18	-9.56	-4.74	0.0	2	2.34	28.25	226	3.65
19	-4.05	-5.83	0.0	2	5.05	28.25	226	3.65

Fuente: elaboración propia.

Por lo tanto, el armado necesario para la pila es de 28.25 cm<sup>2</sup>, lo cual se cumple colocando 6 varillas del No. 8 que correrán a lo largo de toda la pila y estribos del No. 3.

**Figura C.29 Armado de pila para muelle.**



Fuente: elaboración propia.

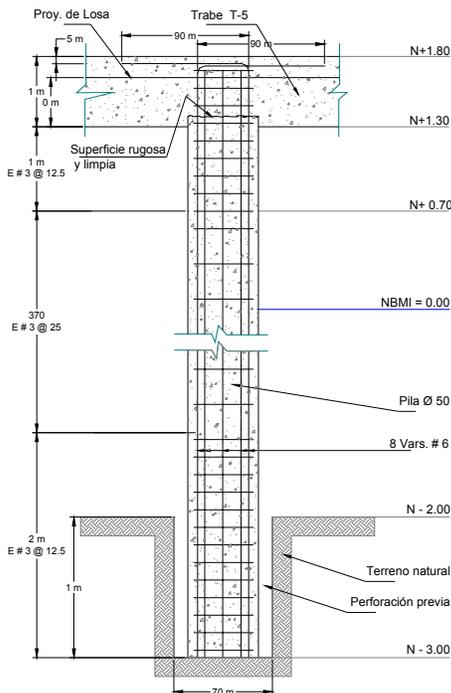
### Diseño de estribos.

Longitud ≤ En los extremos	}	$\frac{850}{\sqrt{4,200}} \phi$	Máximo desplazamiento	=	33.31	cm	
		48 $\phi$		=	45.72	cm	
		$1/2 l$ ..... e la columna		=	30.00	cm	<b>(Rige)</b>

### Longitud de estribos en los extremos

Longitud en los extremos	}	$H/6$	=	60.8	cm	<b>(Rige)</b>
		$H_{col}$	=	60	cm	
		60 cm				

**Figura C.30 Separación de estribos en la pila del muelle.**



Por lo tanto se emplearán E No.3 @ 30 cm y en sus extremos E No.3 @ 15 cm en una longitud de 60 cm, de acuerdo al croquis.

Fuente: elaboración propia.



### **C.7. Revisión de la sub-estructura por capacidad de carga.**

De todas las combinaciones realizadas, la máxima carga esperada es:

$$P \text{ max} = 26.71 \text{ ton}$$

De acuerdo al estudio de mecánica de suelos, la capacidad de carga para pilas de 60 cm de diámetro se estima en 27.7 ton, lo cual es mayor que la máxima carga esperada de 26.71 ton; por lo tanto, el muelle se encuentra en condiciones de seguridad.

Para el análisis del muelle se estimaron las pilas actuando desde la cota -2.00 m; sin embargo, de acuerdo a la recomendación dada por el estudio de mecánica de suelos de que las pilas deberán penetrar en el estrato firme al menos 1.00 m, finalmente el diseño del muelle queda con pilas de 50 cm de diámetro, desplantadas en la cota -3.00 m.

# **APÉNDICE D**

## **DISEÑO DE DEFENSAS Y BITAS**

### **D.1. Defensas.**

**D.1.1 Energía normal de ataque.**

**D.1.2. Energía de ataque ( $E_t$ ).**

### **D.2. Bitas.**

## APÉNDICE D. DISEÑO DE DEFENSAS Y BITAS

En este anexo se presentan las memorias de cálculo y las consideraciones pertinentes para llegar al diseño de los elementos que facilitarán el atraque de las embarcaciones, que son las bitas y las defensas.

- La longitud efectiva de atraque son 80 m, a lo largo de la cual se distribuirán los elementos de amarre y atraque.
- El peso de las embarcaciones, en promedio y totalmente cargadas, es de 500 kg.

### D.1. Defensas.

Las defensas tienen como finalidad el amortiguar el choque entre las embarcaciones y la defensa del muelle, al realizar las maniobras de atraque y desembarque. El diseño de las defensas depende de diversos factores, entre los que se cuentan los siguientes: el tamaño, forma y peso de la embarcación de diseño, la forma de las defensas, la velocidad de las embarcaciones que provoca una energía normal de atraque y las condiciones de viento que imperan en el lugar.

#### D.1.1. Energía normal de atraque.

La energía normal de atraque es la energía que produce la embarcación al hacer contacto con el muelle; dicha energía deberá ser absorbida por la deformación de las defensas. Las velocidades de atraque se sitúan típicamente entre los 150 y 300 m/s; los ángulos de atraque están alrededor de los 50° y 150° grados, dependiendo del tamaño de la embarcación. Para el cálculo de esta energía se emplea la fórmula:

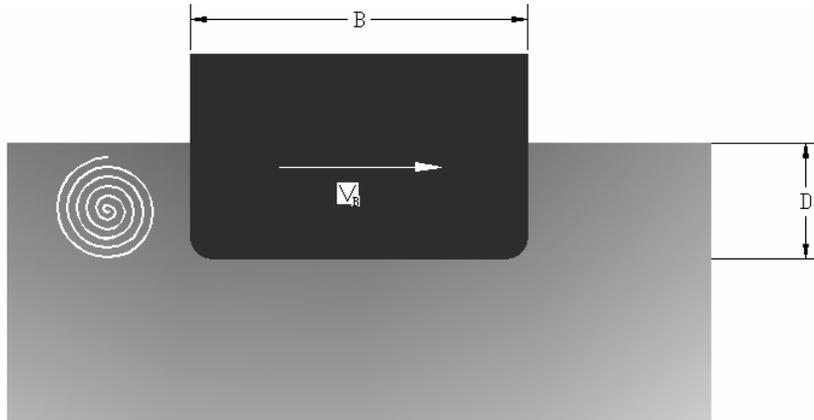
$$E_N = 0.50M_D(V_A)^2 C_M C_E C_S C_C$$

donde:  $M_D$  = desplazamiento de la embarcación = 0.50 ton.  
 $V_A$  = velocidad de aproximación de la embarcación = 0.30 m/s.  
 $C_M$  = coeficiente de masa agregada o factor de masa hidrodinámica y toma en cuenta la masa de agua que transporta la embarcación al desplazarse de costado en el agua; es decir, el impulso del agua que al ser acarreada continúa empujando contra la embarcación y esto, en efecto, aumenta su masa total (ver figura D.1).

El coeficiente de masa agregada se calcula con la expresión:

$$C_M = \frac{M + M_V}{M}$$

**Figura D.1 Masa de agua transportada por la embarcación.**



Fuente: FENTEK, sistema de defensas para muelles y barcos, 2001.

donde:  $M$  = masa de la nave = 0.50 ton (desplazamiento en ton)

$M_V$  = masa virtual =  $\frac{\rho L_{OA} (D)^2 \pi}{4}$ , donde  $\rho$  = densidad del agua de mar  
LOA = eslora entre perpendiculares  
 $D$  = calado de la embarcación = 0.85 m

Por lo que, sustituyendo valores, obtenemos que:

$$M_V = 1.025 \times (0.85)^2 \times 6.00 \times (3.141516) / 4$$

Por lo que  $M_V = 3.48$  ton

Con este valor tenemos que:

$$C_M = \frac{0.50 + 3.48}{0.50} = 7.96$$

$C_E$  = coeficiente de excentricidad. Toma en cuenta la energía disipada en la rotación de la embarcación, cuando el vector velocidad, aplicado al centro de gravedad, no pasa por el punto de contacto (ver figura D.2).

La expresión para el cálculo de este coeficiente es:

$$C_E = \frac{K^2}{K^2 + R^2}$$

donde:  $K = \text{radio de rotación} = [(0.19)C_B + 0.11](L_{BP})$ ,

donde:  $C_B = \text{coeficiente de bloque}$ , y se define como:

$$C_B = \frac{M_D}{L_{BP} B D \rho_{SW}}$$

donde:  $M_D = \text{desplazamiento de la embarcación} = 3.48 \text{ m}$

$B = \text{manga de la embarcación} = 2.2 \text{ m}$

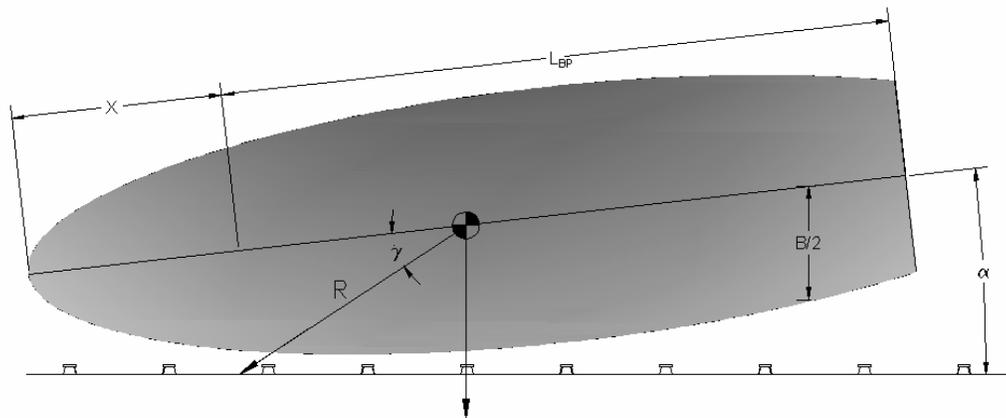
$D = \text{calado de la embarcación} = 0.85 \text{ m}$

$\rho_{SW}$  es la densidad de agua de mar =  $1.025 \text{ ton/m}^3$

Al sustituir valores queda:

$$C_B = \frac{3.48}{6.0 \times 2.20 \times 0.85 \times 1.025} = 0.302$$

**Figura D.2 Energía disipada por la rotación de la embarcación.**



Fuente: FENTEK, sistema de defensas para muelles y barcos, 2001.

Por lo que  $K = [0.19(0.302) + 0.11](6.00) = 1.00 \text{ m}$

$R =$  distancia del centro de gravedad del buque al punto de impacto, y viene dada por la expresión:



$$R = \left[ \left( \frac{L_{BP}}{2} - X \right)^2 + \left( \frac{B}{2} \right)^2 \right]^{1/2}$$

en donde se considera que  $X = \frac{L_{BP}}{4}$ , donde:

$$L_{BP} = \text{eslora entre perpendiculares} = 6.00 \text{ m}$$

Por lo tanto, el atraque se llevara a cabo a  $\frac{1}{4}$  de la eslora entre perpendiculares, es decir:

$$X = 1.50 \text{ m}$$

por lo que al sustituir valores, el valor de R, será igual a:

$$R = \left[ \left( \frac{6}{2} - 1.50 \right)^2 + \left( \frac{2.20}{2} \right)^2 \right]^{1/2} = 1.86 \text{ m}$$

El coeficiente de excentricidad será igual a:

$$C_E = \frac{(1.00)^2}{[(1.00)^2 + (1.86)^2]} = 0.22$$

$C_C$  = coeficiente de configuración del muelle (ver figura D.3). Toma en cuenta el efecto amortiguador del agua atrapada entre la embarcación y el muelle, de tal forma que como se trata de una estructura cerrada, se considera el margen de holgura bajo la quilla, si este entre el calado de la embarcación es mayor a 0.50, entonces el coeficiente de configuración del muelle valdrá:

$C_C = 0.90$ , comprobando lo anterior tenemos que:

$$K_C = 1.15 \text{ m}$$

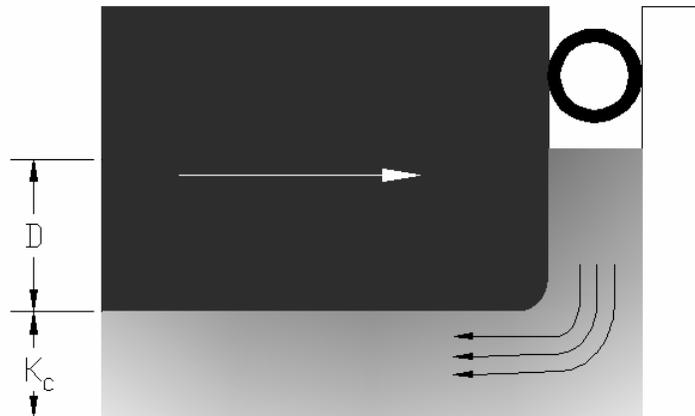
$$D = 0.85 \text{ m}$$

por lo que  $K_C/D = 1.36 > 0.50$

Luego:

$$C_C = 0.90$$

**Figura D.3 Efecto amortiguador del agua atrapada entre la embarcación y el muelle.**



Fuente: FENTEK, sistema de defensas para muelles y barcos, 2001.

Finalmente, calculamos el coeficiente de deformación CS, que es con lo que se toma en cuenta la energía absorbida por la deformación elástica del casco de la embarcación.

Cuando se utiliza una defensa blanda, definida por una deformación de más de 150 mm, este coeficiente no se toma en cuenta, pero para fines prácticos se considera que para el cálculo de las defensas el valor de Cc, será igual a 1.00.

De la expresión anterior se tiene:

$$E_n = 0.50 \times 0.50 \times (0.30)^2 \times 7.90 \times 0.22 \times 0.90 \times 1.0$$
$$E_n = 0.035 K_N \cdot m$$

### **Fuerza de ataque de la embarcación.**

La fuerza horizontal originada por el impacto de la embarcación al atracar depende de:

Masa o desplazamiento de la embarcación ( $M_1$ ).- este dato es conocido, ya que es el desplazamiento en toneladas de peso muerto de la embarcación, que para nuestro caso es de  $M_1 = 0.50$  ton.

Masa hidrodinámica ( $M_2$ ).- este peso se conoce como masa adicional (cilindro de agua), cuya expresión de cálculo es la siguiente:



$$M_2 = \frac{\pi H^2}{4} (\rho E)$$

donde:  $\rho$  = peso específico del agua de mar = 1,025 kg/m<sup>3</sup>  
H = calado máximo de la embarcación = 0.85 m  
E = eslora de la embarcación = 7.00 m

Por lo que la fuerza de la masa hidrodinámica ( $M_2$ ), vale:

$$M_2 = 4.071 \text{ ton}$$

El peso total a considerar en el ataque será de:

$$M_a = M_1 + M_2 = 4.57 \text{ ton}$$

### Velocidad de acercamiento ( $V_t$ ).

Esta velocidad depende de varios factores como son: el tamaño de la embarcación, la pericia del piloto, las facilidades para el ataque, las condiciones climáticas y de los niveles del mar, etc.

En la tabla D.1 se muestran las velocidades de aproximación normales de ataque máximas en relación al peso de la embarcación (TPM).

**Tabla D.1 Velocidades de aproximación máxima al muelle.**

Velocidades máximas de ataque $V_t$ (m/s)					
Condiciones	Acercamiento	Hasta 1000 TPM	5000-1000 TPM	1000 a 5000 TPM	> 5000 TPM
Viento y oleaje fuertes	Difícil	0.75	0.55-0.40	0.3	0.2
	Favorable	0.6	0.45-0.30	0.2	0.15
Viento y oleaje moderado	Aceptable	0.45	0.35-0.20	0.15	0.15
	Difícil	0.25	0.20-0.15	0.1	0.1
Calma (Área protegida)	Favorable	0.2	0.15-0.12	0.1	0.1

Fuente: Manual de Dimensionamiento Portuario de la SCT. 2002.

De acuerdo al proyecto del refugio pesquero, se obtendrá una área de calma y la embarcación se está manejando con un tonelaje de peso muerto inferior a las 1000 ton, por lo que se tendrá que la velocidad de aproximación máxima de la embarcación ribereña será:

$$V_t = 0.20 \text{ m/s}$$



### D.1.2. Energía de atraque (Et).

La energía cinética de atraque de una embarcación se calcula con la siguiente expresión:

$$E_T = \frac{1}{2g} (M_a V_t^2)$$

donde: Ma = masa de la embarcación  
V = velocidad de la embarcación al aproximarse

Sustituyendo valores en la ecuación de la energía, tenemos que:

$$E_t = 0.035 \text{ ton}\cdot\text{m}$$

Finalmente concluimos, tras haber realizado ambos análisis, que la energía de atraque es muy pequeña al tratarse de embarcaciones ribereñas, lo que hace aceptables las defensas construidas a base de llantas de camión en buen estado que ya se habían propuesto.

### D.2. Bitas.

Las bitas constituyen los denominados elementos de amarre para las embarcaciones y consiste en determinar su tipo, capacidad, cantidad y ubicación dentro del muelle, siendo la fuerza que interviene en estos casos la debida al viento, la cual tratará de despegar la embarcación del muelle en espigón.

La presión del viento debe considerarse aplicada perpendicularmente sobre la área expuesta de la embarcación, totalmente descargada y actuando tanto transversalmente, como longitudinalmente. Esto es debido a que mientras menor peso tenga la embarcación, más fácil será que sea movida por el viento.

Los diferentes criterios para calcular la fuerza del viento sobre la nave atracada se indican a continuación:

De acuerdo al Manual de Diseño por Viento de la CFE (1993), nos indica que la velocidad regional en la zona de Baja California Sur se define como la máxima probable en una zona o región determinada para un cierto periodo de recurrencia.

Con base en lo anterior, se estableció lo siguiente:

Para la zona 1 se considera un periodo de retorno de 50 años y la estructura estaría considerada dentro del grupo B, para lo cual se considera una velocidad del viento de  $U = 90 \text{ km/h}$ .



$$U = 90 \text{ km/h} = 25 \text{ m/s}$$

Se tomara un valor de  $k = 1.40$

$$q = 39.06$$
$$A_n = 0.30 \times 7.00 = 2.10 \text{ m}^2$$

Por lo que la fuerza del viento vale:

$$F_v = 1.40 \times 39.06 \times 2.10 = 114.83 \text{ kg}$$

### Manual de Diseño por Viento, CFE (1993).

Se calculará la fuerza del viento en la zona de estudio.

### Cálculo de la altura expuesta de la embarcación.

$$\text{Calado mínimo} \quad C_{MIN} = C_M - \frac{P_N}{0.60(E)(M)}$$

donde:  $C_m$  = calado medio de las embarcaciones = 0.85 m  
 $P_n$  = presión normal = 0.60 (desplazamiento) = 0.60 x 0.50 = 0.30 ton  
 $E$  = eslora = 7.00 m  
 $M$  = manga de la embarcación

Por lo que sustituyendo valores, el calado mínimo vale:

$$C_{MIN} = 0.85 - \frac{0.30}{0.60(7.00)(2.20)} = 0.81 \text{ m}$$

Es decir:

$$H = 1.15 \times \text{puntal} = 1.15 \times 1.00 = 1.15 \text{ m}$$

La altura de la embarcación expuesta al viento vale:

$$h = H - C_{min} = 1.15 - 0.81 = 0.34 \text{ m}$$

$$A_{exp} = h \times E + 15\% = (0.34 \times 7.00) + 0.36 = 2.74 \text{ m}^2$$

El muelle se clasificaría como una estructura dentro del grupo B, tipo 2.



Velocidad regional 150 km/hr

**Factor de tamaño (Fc).**

Este factor toma en cuenta el tiempo en que la ráfaga del viento actúa de manera efectiva sobre una construcción de dimensiones dadas. Considerando la clasificación de las estructuras de acuerdo a su tamaño (tabla D.2), este factor puede determinarse de acuerdo a la tabla D.3.

**Tabla D.2 Tipos de estructura de acuerdo a su tamaño.**

Clase de estructura según su tamaño	
Clase	Descripción
A	Todo elemento de recubrimiento de fachadas y sus respectivos sujetadores
	Todo elemento estructural aislado expuesto directamente a la acción del viento, asimismo, toda las construcciones cuya mayor dimensión, ya sea horizontal o vertical sea menor a 20 m
B	Todas las construcciones cuya mayor dimensión, ya sea horizontal o vertical varíe entre 20 y 50 m
C	Todas las construcciones cuya mayor dimensión, ya sea horizontal o vertical sea mayor a 50 m

Fuente: Manual de Diseño de Obras Civiles, Diseño por Viento, CFE, 1993.

**Tabla D.3 Factor de tamaño Fc.**

Factor de tamaño, Fc	
Clase de estructura	Fc
A	1.0
B	1.0
C	0.9

Fuente: Manual de Diseño de Obras Civiles.  
 Diseño por Viento, CFE, 1993.

De acuerdo a los datos anteriores, tenemos que para la clase de estructura clase C, el valor del factor Fc, es igual a:

$$F_c = 0.90$$

**Cálculo del valor de rugosidad y altura,  $F_{RZ}$ .**

Este factor de rugosidad y altura establece la variación de la velocidad del viento con la altura Z. Dicha variación esta en función de la categoría del terreno y del tamaño de la construcción.

Se obtiene para nuestro caso de la expresión:

$$F_{RZ} = 1.56 \left[ \frac{10}{\delta} \right]^{\alpha}, \text{ para } Z \leq 10$$

en donde:

$\delta$ : es la altura, medida a partir del nivel del terreno de desplante, por encima de la cual la variación de la velocidad del viento no es importante y se puede suponer constante; a esta altura se le conoce como altura gradiente;  $\delta$  y  $Z$  están dadas en metros

$\alpha$ : es el exponente que determina la forma de la variación de la velocidad del viento con la altura y es adimensional

Los coeficientes  $\alpha$  y  $\delta$  están en función de la rugosidad del terreno, de acuerdo a la tabla D.4 y D.5. En la tabla D.6 se indican los valores que se aconsejan para estos coeficientes.

$$\begin{aligned} Frz &= 1.56 (10/\delta)^{\alpha} && \text{para } z \leq 10 \text{ m} \\ \alpha &= 0.105 && \text{terreno tipo 1 clase C} \\ \delta &= 245 \text{ m} \end{aligned}$$

Por lo que:

$$Frz = 1.56 (10/245)^{0.105} = 1.11$$

Por lo que  $F_{\infty} = F_C F_{RZ} = 0.90 \times 1.11 = 1.00$

### **Factor de topografía, $F_T$ .**

Este factor toma en cuenta el efecto topográfico local del sitio en donde se desplantara la estructura.

En la tabla D.6 se muestran los valores que se recomiendan con base en la experiencia para el factor de topografía, de acuerdo a las características topográficas del sitio.

De acuerdo a la tabla D.4 vemos que  $F_T$  vale:

$$F_T = 1$$

Por lo que la velocidad de diseño,  $V_D$ , en km/hr, se obtiene de la ecuación:

$$V_D = F_T \times F_{\alpha} \times V_R, \text{ donde } V_R = \text{velocidad regional}$$



**Tabla D.4 Categorías del terreno.**

Categoría del terreno según su rugosidad			
Categoría	Descripción	Ejemplos	Limitaciones
1	Terreno abierto, prácticamente plano y sin obstrucciones	Franjas costeras planas, zonas de pantanos, campos aéreos, pastizales y tierras de cultivo sin bardas alrededor, y superficies nevadas planas.	La longitud mínima de este tipo de terreno en la dirección del viento debe ser de 2000 m ó 10 veces la altura de la construcción a diseñar.
2	Terreno plano u ondulado con pocas obstrucciones	Campos de cultivo o granjas con pocas obstrucciones tales como setos o bardas alrededor árboles y construcciones dispersas.	Las obstrucciones tienen alturas de 1,5 a 10 m en una longitud mínima de 1500 m.
3	Terreno cubierto por numerosas obstrucciones estrechamente espaciadas	Áreas urbanas, suburbanas y de bosques, o cualquier terreno con numerosas obstrucciones estrechamente espaciadas. El tamaño de las construcciones corresponde al de casas y viviendas.	Las obstrucciones presentan alturas de 3.0 m a 5.0 m ó 10 veces la altura de la construcción mayor.
4	Terreno con numerosas obstrucciones largas, altas y estrechamente espaciadas	Centros de grandes ciudades y complejos industriales bien desarrollados.	Por lo menos el 50% de los edificios tienen una altura mayor que 20 m. Las obstrucciones miden de 10 a 30 m de altura. La longitud mínima de este tipo de terreno en la dirección del viento debe ser la mayor entre 400 m y 10 veces la altura de la construcción.

Fuente: Manual de Diseño de Obras Civiles, Diseño por Viento, CFE, 1993.

**Tabla D.5 Variaciones de la velocidad del viento.**

Categoría del terreno	Clase de estructura			S (m)
	A	B	C	
1	0.099	0.101	0.105	245
2	0.128	0.131	0.138	315
3	0.156	0.16	0.171	390
4	0.17	0.177	0.193	455

Fuente: Manual de Diseño de Obras Civiles, Diseño por Viento, CFE, 1993.

**Tabla D.6 Características del terreno y factor  $F_T$ .**

Factor de topografía local, $F_T$		
Sitios	Topografía	$F_T$
Protegidos	Base de promontorios y faldas de serranías de lado de sotavento.	0.8
	Valles cerrados.	0.9
Normales	Terreno prácticamente plano, campo abierto, ausencia de cambios topográficos importantes, con pendientes menores del 5%.	1
Expuestos	Terrenos inclinados con pendientes entre 5 y 10%, valles abiertos y litorales planos.	1.2
	Climas de promontorios, colinas ó montañas, terrenos con pendientes mayores que 10%, cañadas cerradas y valles que formen un embudo o cañón, islas.	1.2

Fuente: Manual de Diseño de Obras Civiles, Diseño por Viento, CFE, 1993.



Sustituyendo valores tenemos que:

$$\text{Velocidad de diseño} \quad V_D = 1.0 \times 1.0 \times 150 = 150.00 \text{ km/hr}$$

### Presión dinámica de base.

Se presenta cuando el viento actúa sobre un obstáculo, generando presiones sobre su superficie, que varían de acuerdo a la intensidad de la velocidad y dirección del viento, y se determina por medio de la ecuación:

$$qz = 0.0048 G V_D^2$$

donde:  $G$  = factor de corrección por altura, con respecto al nivel del mar  
 $V_G$  = velocidad de diseño en km/hr y por temperatura

El factor de 0.0048 corresponde a un medio de la densidad del aire y el valor de  $G$ , se obtiene por la expresión:

$$G = \frac{0.392 \Omega}{273 + \tau}$$

en donde:

$\Omega$  = presión barométrica en mm de mercurio = 760mm de Hg, para el nivel del mar, con elevación 0.00

$\tau$  = temperatura ambiental, la cual fue considerada para 10 msnm en La Bocana, B.C.S. (Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Koppen, 1998, México, Enriqueta García).

$$\tau = 20.80^\circ \quad \text{temperatura media anual}$$

$$G = \frac{0.392 \times 760}{273 + 20.80} = 1.014$$

$$273 + 20.80$$

$$qz = 0.0048 \times 1.014 (150.00)^2$$

$$qz = 109.51 \text{ kg/m}^2$$

Fuerza producida por el viento:

$$Fv = 1.3 \times 109.51 \times 2.74 = 390.07 \text{ kg}$$

Si el No. de bitas = 29





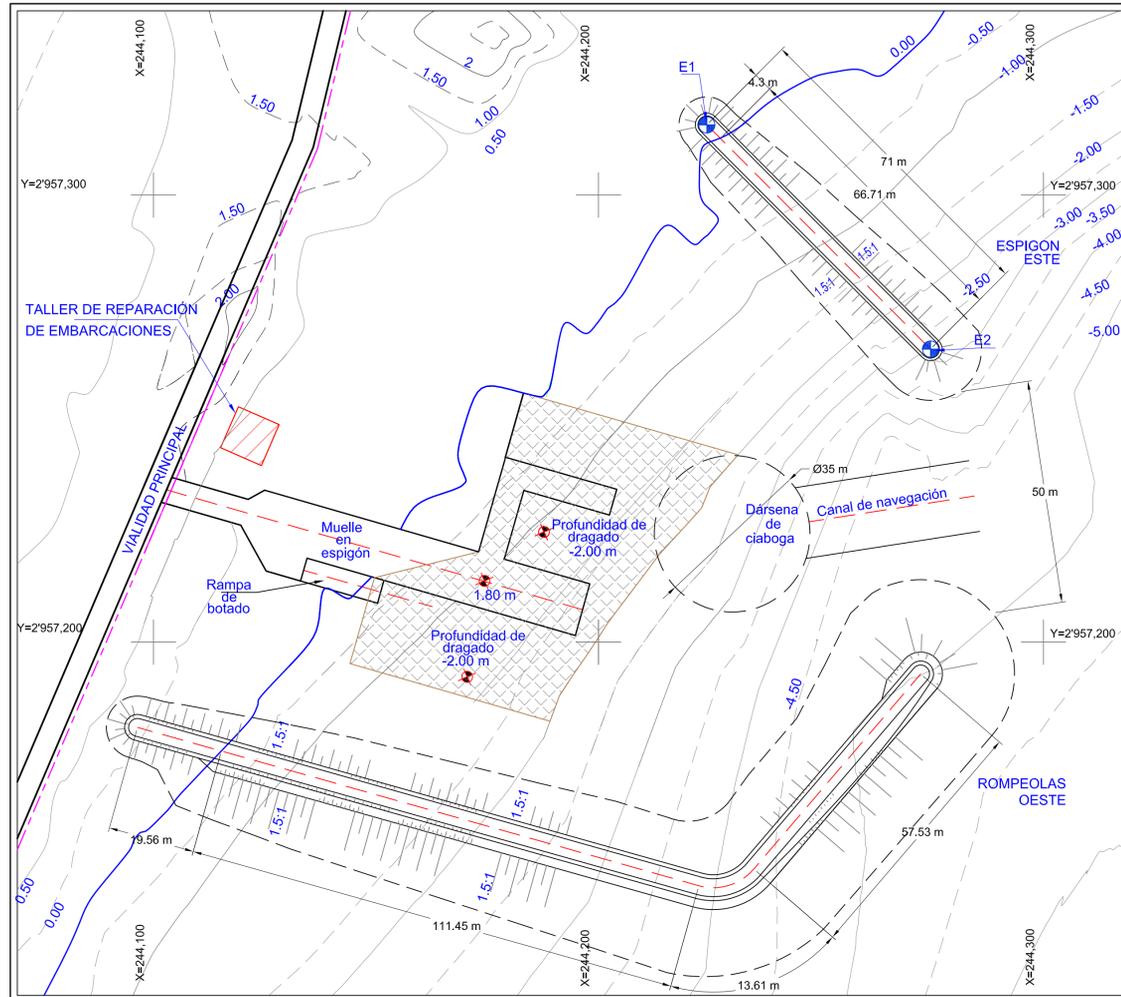
---

A su vez, la bita se anclará a la losa del muelle por medio de 4 anclas de acero de refuerzo de  $\frac{1}{2}$ " de diámetro, unidas por medio de una placa estructural y coladas posteriormente con concreto de  $f'c$  de  $150 \text{ kg/cm}^2$ , para darle la rigidez requerida en este tipo de elemento de amarre.

# **APÉNDICE E**

## **PLANOS**

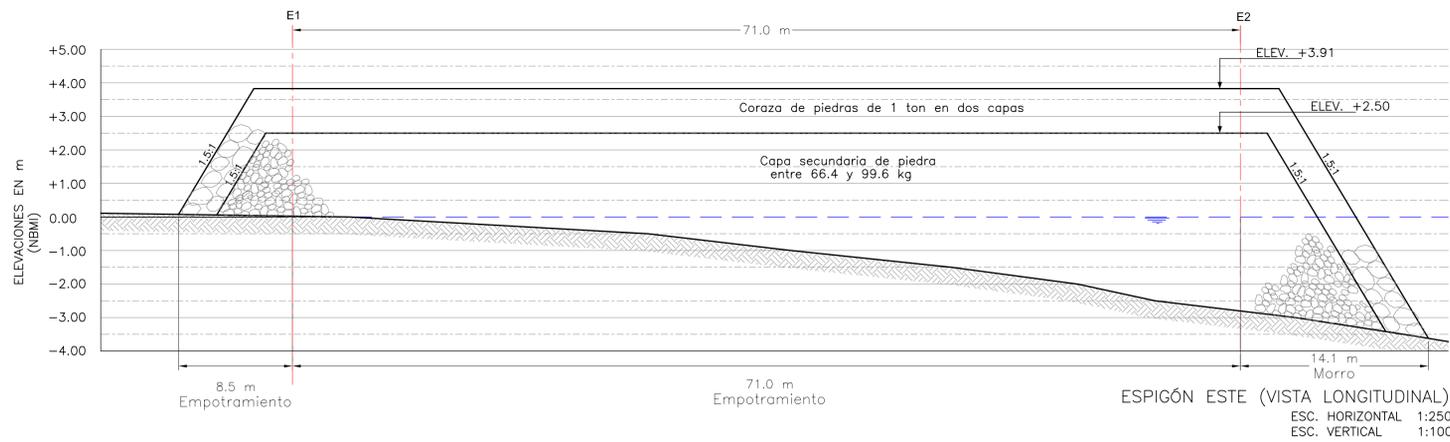
- E.1. Plano rompeolas Norte.**
- E.2. Plano espigón Sur.**
- E.3. Plano muelle y rampa de botado (estructuración).**
- E.4. Plano muelle y rampa de botado (estructurales).**



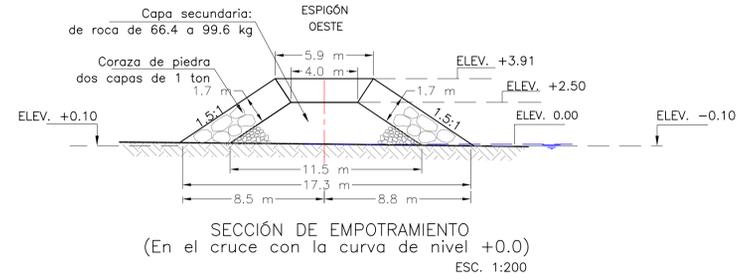
PLANTA DE LOCALIZACIÓN DE ESCOLLERA Y ESPIGÓN  
ESC: 1:750



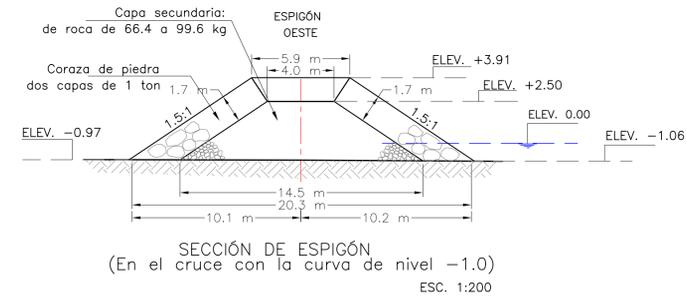
CANTIDADES DE OBRA ESPIGÓN ESTE			
ELEMENTO	VOL. REAL m <sup>3</sup>	PATEO MORRO m <sup>3</sup>	VOL. TOTAL m <sup>3</sup>
CAPA SECUNDARIA: ROCAS ENTRE 66.4 kg y 99.6 kg	1,879.85	395.34	2,275.19
CORAZA DE ROCA DE 1 ton	1,401.49	290.18	1,691.67



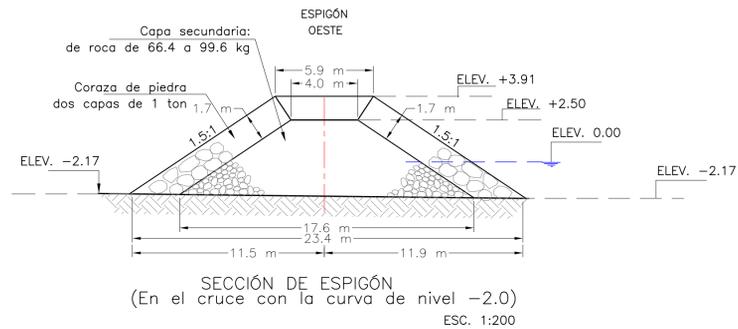
ESPIGÓN ESTE (VISTA LONGITUDINAL)  
ESC. HORIZONTAL 1:250  
ESC. VERTICAL 1:100



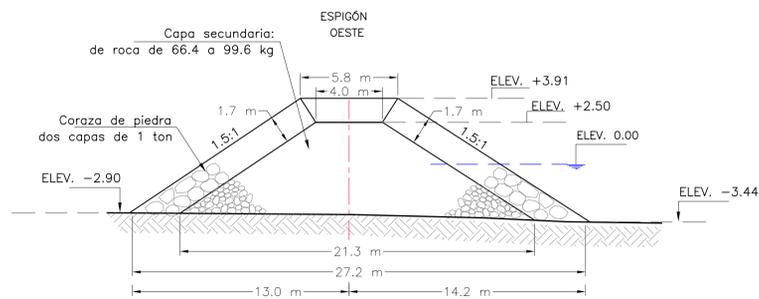
SECCIÓN DE EMPOTRAMIENTO  
(En el cruce con la curva de nivel +0.0)  
ESC. 1:200



SECCIÓN DE ESPIGÓN  
(En el cruce con la curva de nivel -1.0)  
ESC. 1:200

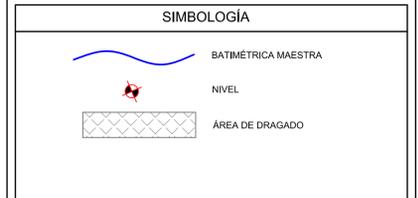


SECCIÓN DE ESPIGÓN  
(En el cruce con la curva de nivel -2.0)  
ESC. 1:200

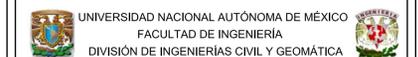


SECCIÓN DEL MORRO DEL ESPIGÓN  
ESC. 1:200

VÉRTICES DE EJE DEL ESPIGÓN		
PUNTO	LOCALIZACIÓN	
	X	Y
E1	244,321.76	2,957,595.43
E2	244,372.02	2,957,545.28



- NOTAS**
- El norte considerado es el astronómico.
  - Elevaciones y niveles en metros.
  - Las cotas están referidas al Nivel de Bajamar Media Inferior (NBM) con elevación 0.00.
  - El sistema de coordenadas es el UTM, zona 12, de acuerdo al sistema utilizado por INEGI.
  - La roca para la conformación del núcleo y la capa secundaria será obtenida del Banco Cerro "El Carrizo".
  - La distancia de acarreo del material producto de la explotación de banco hasta el sitio de la obra es de 33 km, aproximadamente.
- MATERIALES:**
- Los volúmenes de obra son los volúmenes reales obtenidos al aplicar las siguientes porosidades:
  - Núcleo: 25 %.
  - Capa secundaria 37 %.



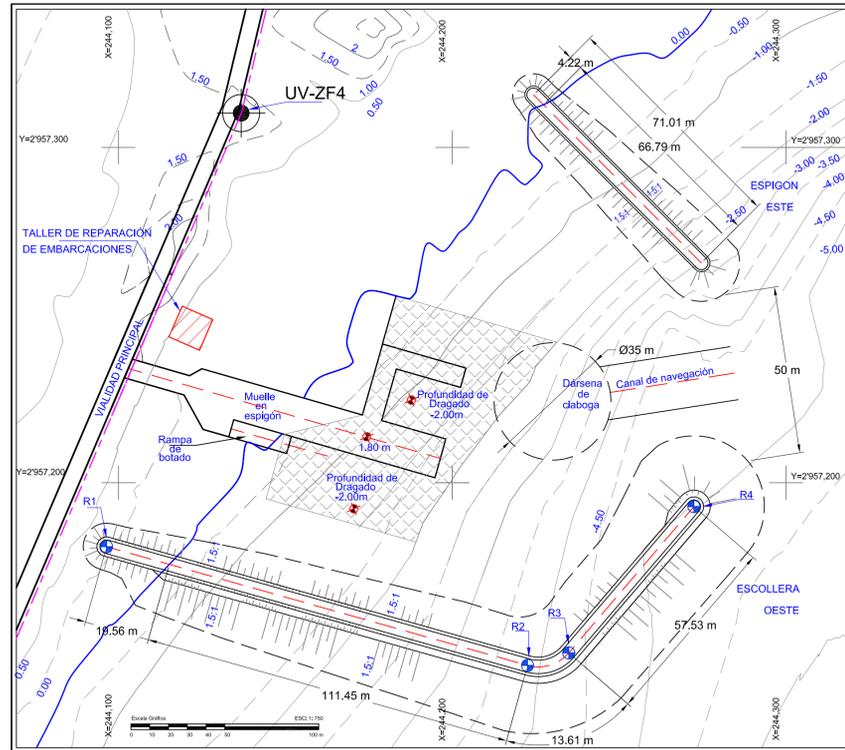
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
DIVISIÓN DE INGENIERÍAS CIVIL Y GEOMÁTICA

TESIS PROFESIONAL  
Propuesta Técnica y Evaluación Económica para Solucionar la Problemática del Campo Pasquero de Punta Abrejos, B.C.S.

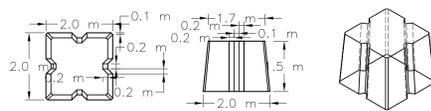
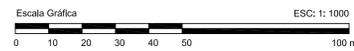
TESISTAS:  
- Miguel Ángel Chávez Martínez  
- Jorge Enrique Curiel Moreno  
- Octavio Estrada Colín

TUTOR:  
M. I. Oscar Enrique Martínez Jurado.

PLANO: Espigón Este  
FECHA: JUNIO 2006  
ESCALA: INDICADAS  
CLAVE: E-01  
No. DE PLANO: 01



PLANTA DE LOCALIZACIÓN DE ESCOLLERA Y ESPIGÓN  
ESC: 1:1,000

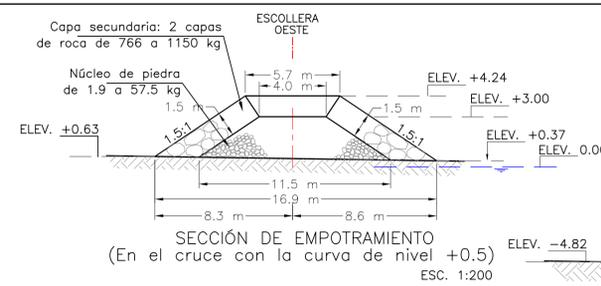


PESO ESPECÍFICO DE 2.20 ton/m<sup>3</sup>  
VOLUMEN = 5.15 m<sup>3</sup>  
DIMENSIONES DE LOS CUBOS DE  
11.00 ton DE PESO  
ESC: 1:100

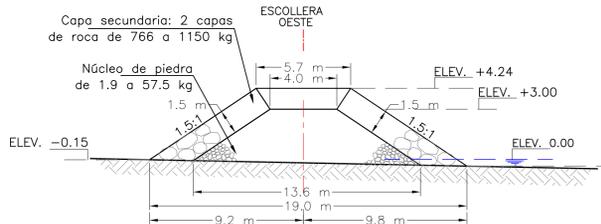
VÉRTICES DE EJE DEL ROMPEOLAS		
SIMBOLOGÍA	LOCALIZACIÓN	
	X	Y
R1	244,096.96	2,957,180.93
R2	244,223.09	2,957,145.51
R3	244,235.44	2,957,149.25
R4	244,272.94	2,957,192.87

CUANTIFICACIÓN DE CUBOS EN ROMPEOLAS			
ELEMENTO	CUERPO PIEZAS	MORRO PIEZAS	VOL. TOTAL PIEZAS
CORAZA DE CUBOS RANURADOS DE 11.00 ton	1,178	741	1,920

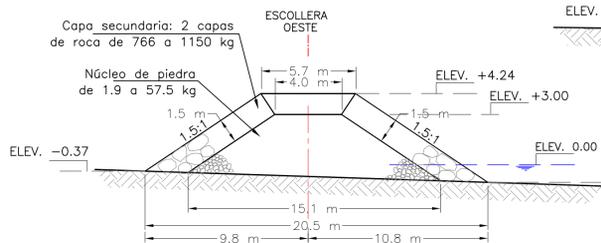
CUANTIFICACIÓN DE ROCA EN ROMPEOLAS			
ELEMENTO	CUERPO m <sup>3</sup>	MORRO m <sup>3</sup>	VOL. TOTAL m <sup>3</sup>
CAPA SECUNDARIA: DOS CAPAS DE ROCA DE 766 A 1150 KG.	5,117.58	571.21	5,688.79
NUCLEO: DE PIEDRA DE 1.9 A 57.5 KG.	11,558.76	1,018.47	12,577.23



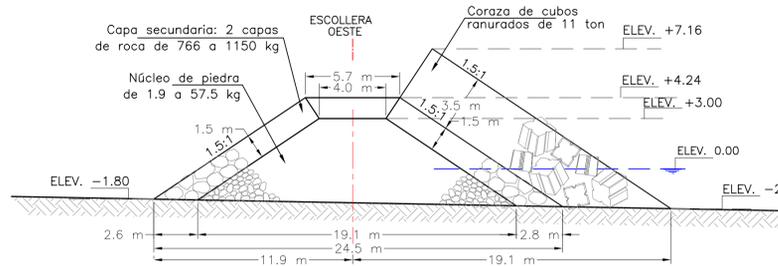
SECCIÓN DE EMPOTRAMIENTO  
(En el cruce con la curva de nivel +0.5)  
ESC: 1:200



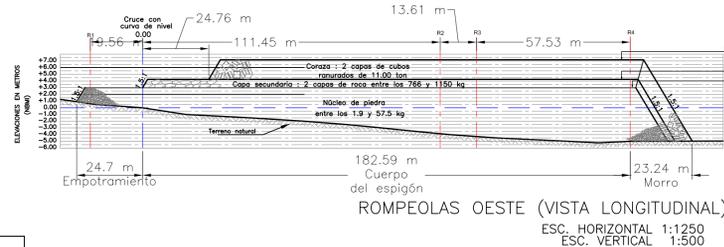
SECCIÓN DE ESCOLLERA  
(En el cruce con la curva de nivel 0.0)  
ESC: 1:200



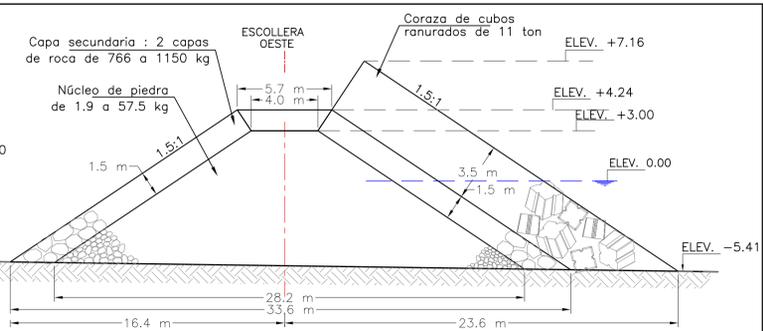
SECCIÓN DE ESCOLLERA  
(En el cruce con la curva de nivel -1.0)  
ESC: 1:200



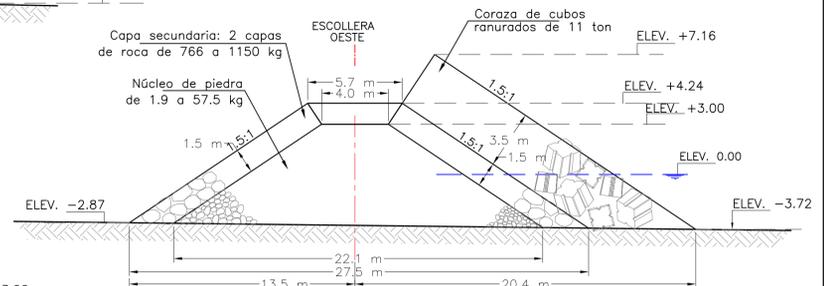
SECCIÓN DE ESCOLLERA  
(En el cruce con la curva de nivel -2.0)  
ESC: 1:200



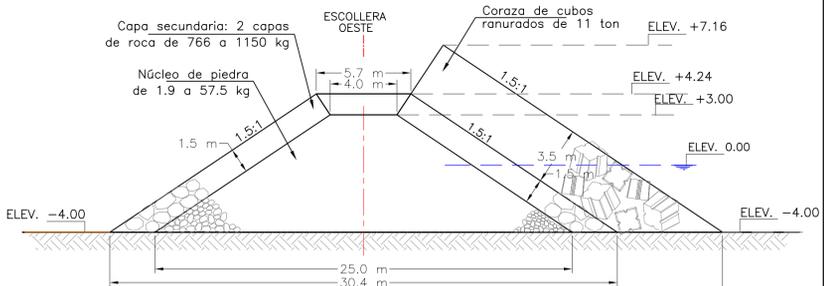
ROMPEOLAS OESTE (VISTA LONGITUDINAL)  
ESC. HORIZONTAL 1:1250  
ESC. VERTICAL 1:500



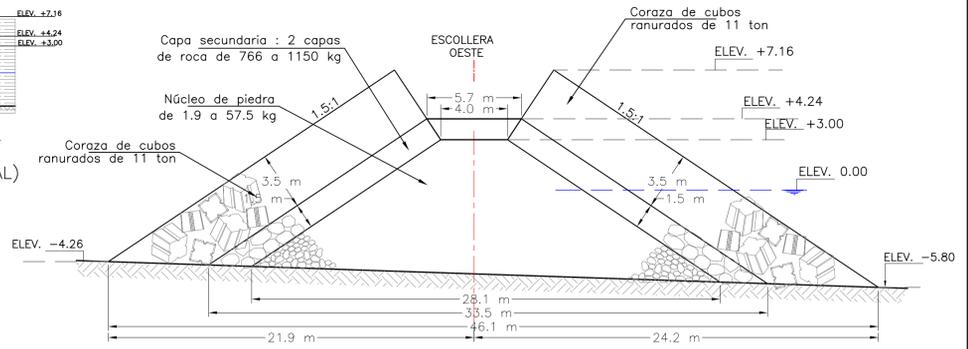
SECCIÓN DE ESCOLLERA  
(En el cruce con la curva de nivel -5.0)  
ESC: 1:200



SECCIÓN DE ESCOLLERA  
(En el cruce con la curva de nivel -3.0)  
ESC: 1:200



SECCIÓN DE ESCOLLERA  
(En el cruce con la curva de nivel -4.0)  
ESC: 1:200



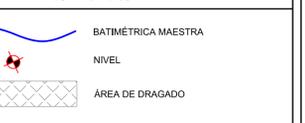
SECCIÓN EN EL MORRO DE LA ESCOLLERA  
ESC: 1:200



LOCALIZACIÓN GENERAL



LOCALIZACIÓN PARTICULAR



SIMBOLOGÍA

NOTAS

- El norte considerado es el astronómico.
- Elevaciones y niveles en metros.
- Dimensiones en centímetros, excepto si se especifica otra unidad.
- Las cotas están referidas al Nivel de Bajamar Media Inferior (NBMi) con elevación 0.00.
- Elipsoide de referencia = WGS-84.
- El sistema de coordenadas es el UTM, zona 12, de acuerdo al sistema utilizado por INEGI.
- La longitud de Escollera Oeste = 205.54 m.
- Longitud del Espigón Este = 71 m.
- La roca para la conformación del núcleo y la capa secundaria será obtenida del Banco Cerro "El Carrizo", que se encuentra ubicado en las coordenadas X=254,009.382, Y=2,986,365.9015.
- La distancia de acarreo del material producto de la explotación de banco hasta el sitio de la obra es de 33 km, aproximadamente.

MATERIALES:

- Los volúmenes de obra son los volúmenes reales obtenidos al aplicar las siguientes porosidades:

Núcleo: 25 %  
Capa secundaria 37 %

Los cubos serán fabricados a base de mortero-cemento-arena de médano-agua de mar, para dar una resistencia mínima de f'c= 200 kg/cm<sup>2</sup>, de los cuales, para formar un metro cúbico de mortero, será necesario aplicar las siguientes proporciones:

Cemento tipo CPP\_30R = 390 kg.  
Arena de médano = 1875 kg.  
Agua de mar = 190 litros.  
Aditivo POLIHEDD-R1 = 1.545 mililitros.

COORDENADAS:  
- Coordenadas del punto de referencia UV-ZF4:  
X = 244,136.86 Y = 2,957,310.37.

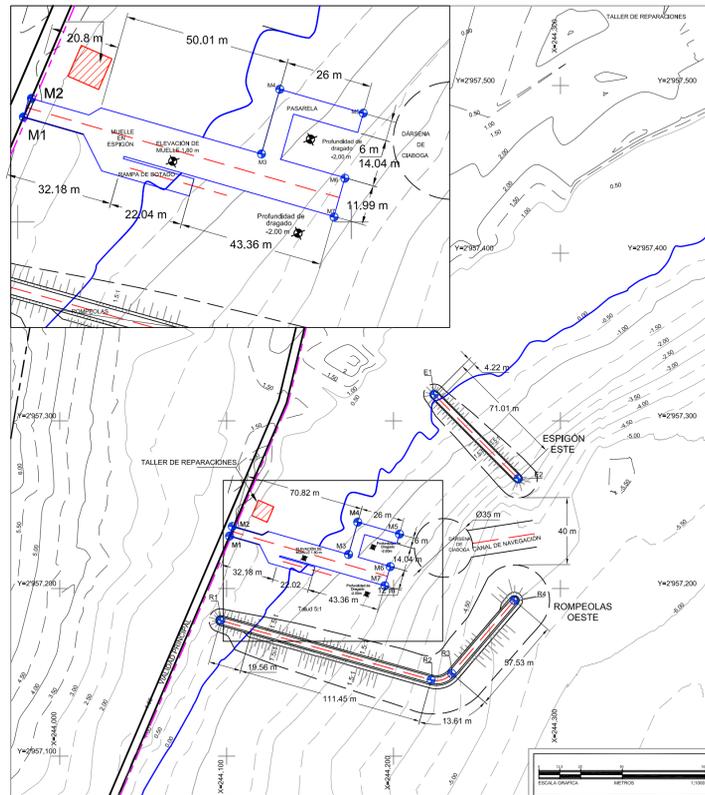
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
DIVISIÓN DE INGENIERÍAS CIVIL Y GEOMÁTICA

TESIS PROFESIONAL  
Propuesta Técnica y Evaluación Económica para Solucionar la Problemática del Campo Pesquero de Punta Abreojos, B.C.S.

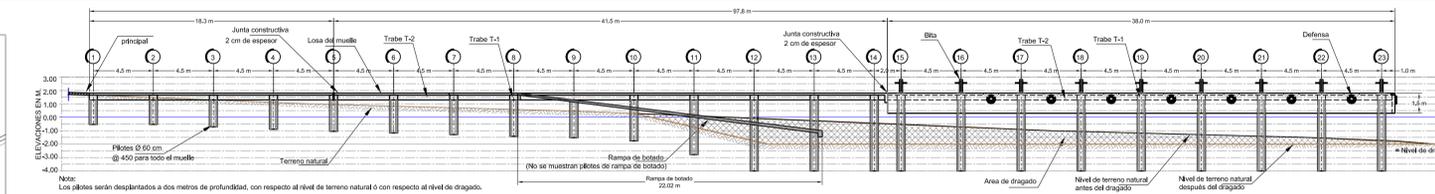
TESISTAS:  
- Miguel Angel Chávez Martínez  
- Jorge Enrique Curiel Moreno  
- Octavio Estrada Colín

TUTOR:  
M. I. Oscar Enrique Martínez Jurado.

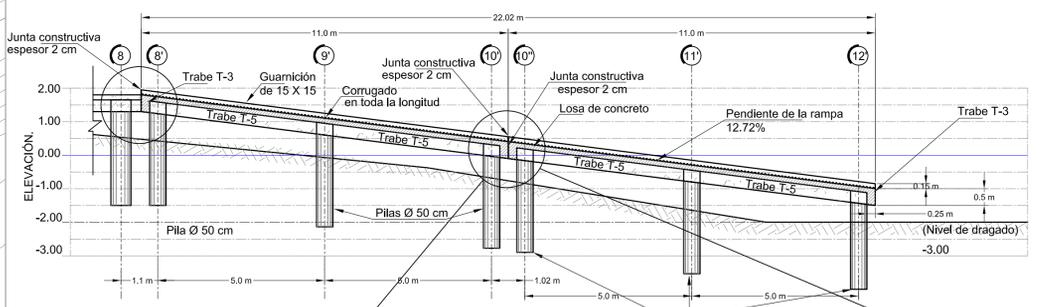
PLANO: Rompeolas Oeste  
FECHA: ESCALA: INDICADAS CLAVE: H-02 No. DE PLANO: 02



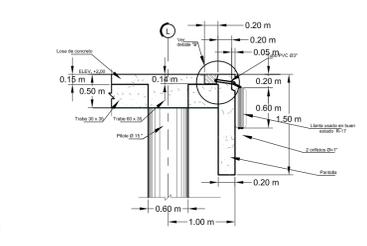
PLANTA DE LOCALIZACIÓN



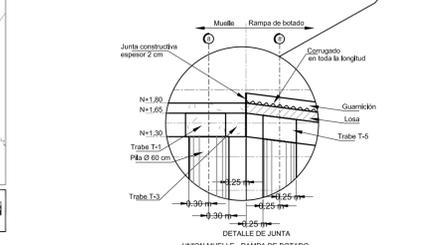
CORTE A-A: ESTRUCTURACIÓN DE MUELLE Y RAMPA DE BOTADO  
ESCALA 1 : 250



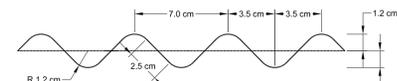
ESTRUCTURACIÓN DE LA RAMPA DE BOTADO  
ESCALA 1 : 100 S/E



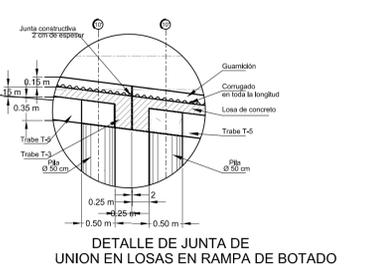
DETALLE "A": DEFENSA  
ESC. 1:50



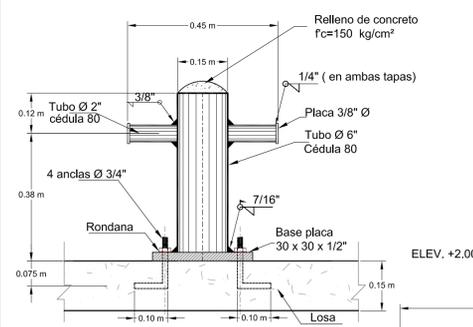
DETALLE DE JUNTA  
UNION MUELLE - RAMPA DE BOTADO  
S/E



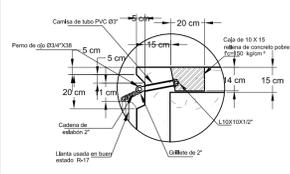
DETALLE DEL CORRUGADO DE LA LOSA  
ESC 1:2.5



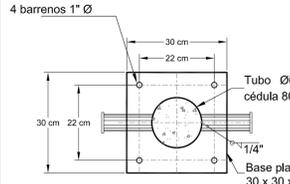
DETALLE DE JUNTA DE  
UNION EN LOSAS EN RAMPA DE BOTADO  
S/E



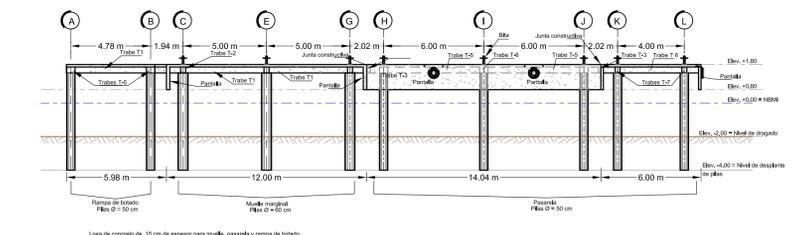
DETALLE DE BITA  
ESC. 1:10



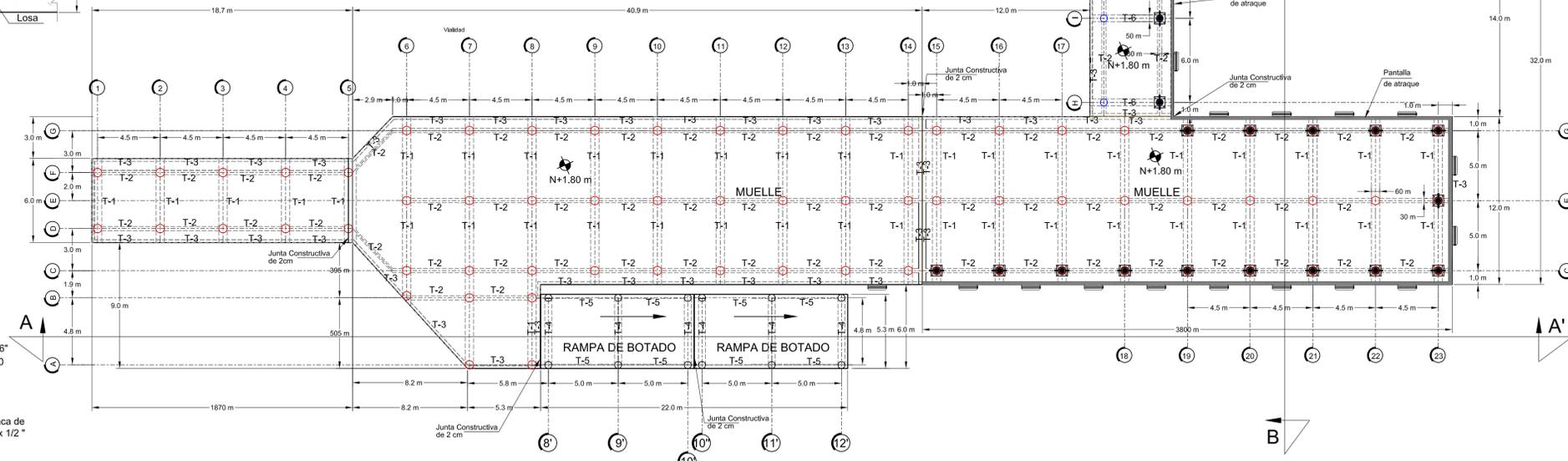
DETALLE "B": ANLAJE DE DEFENSA  
ESC. 1:5



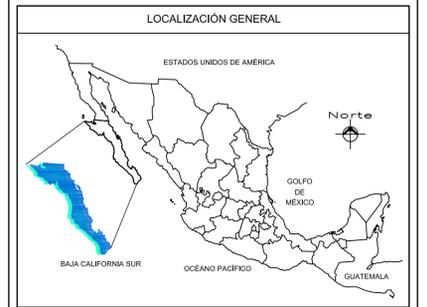
BITA EN PLANTA  
ESC. 1:10



CORTE B-B: ESTRUCTURACIÓN DE RAMPA DE BOTADO, MUELLE Y PASARELA  
ESCALA 1 : 200



ESTRUCTURACIÓN DE MUELLE Y RAMPA DE BOTADO  
ESCALA 1 : 200

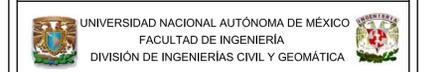


**SIMBOLOGÍA**

	BATIMÉTRICA MAESTRA		BITA
	BATIMÉTRICA SECUNDARIA		PILOTE
	TOPOGRÁFICA MAESTRA		
	TOPOGRÁFICA SECUNDARIA		
	NIVEL		
	LÍNEA CERO		

**NOTAS**

- El norte considerado es el astronómico.
  - Elevaciones y niveles en metros.
- MATERIALES:**
- Anclaje para lantanas en acero inoxidable 304 Tipo KBII 304 55 CF 1/2-2-3/4 características de Hilli o similar en calidad y comportamiento.
  - Para las defensas se colocarán pernos de ojo de diámetro  $\frac{3}{4}$ " X  $\frac{3}{4}$ " de una sola pieza, con tuerca y rondana galvanizada por inmersión caliente.
  - Las defensas estarán fabricadas con lantanas usadas de R-17.
  - Las juntas constructivas estarán fabricadas con relleno tipo Sikaflex 295 UV ó similar en características y comportamiento y tendrán un espesor de 2 cm.
  - Concreto  $f_c=250$  kg/cm<sup>2</sup>.
  - En la losa de la rampa de botado se usará concreto antideslave.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
DIVISIÓN DE INGENIERÍAS CIVIL Y GEOMÁTICA

TESIS PROFESIONAL  
Propuesta Técnica y Evaluación Económica para Solucionar la Problemática del Campo Pesquero de Punta Abreojos, B.C.S.

TESISTAS: - Miguel Angel Chávez Martínez  
- Jorge Enrique Curiel Moreno  
- Octavio Estrada Collin

TUTOR: M. I. Oscar Enrique Martínez Jurado.

FECHA: Mayo 2006	ESCALA: Las indicadas	CLAVE: H-03	No. DE PLANO: 63
------------------	-----------------------	-------------	------------------



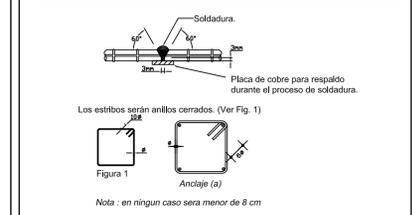
**NOTAS:**

ELEVACIONES:  
- En metros, referidas al Nivel de Bajamar Media Inferior (NBMI = 0.0).

MATERIALES:  
- Concreto f'c = 250 kg/cm<sup>2</sup>.  
- Acero fy = 4200 kg/cm<sup>2</sup>.  
- Cemento CPP-30-R resistente a sulfatos.  
- Las juntas constructivas serán fabricadas con relleno tipo SIKAFLEX 295 UV ó similar en características y comportamiento.

ARMADOS Y ANCLAJES:  
1.- Los detalles de armados y anclajes no especificados se ajustarán a la siguiente tabla:

COLUMNA	DIÁMETRO	TRABAJE	ANCLAJE SUPERIOR	ESQUINA	RADIO DE GIRE	REQUERIMIENTO
cm	cm	cm	cm	cm	cm	MINIMO REC.
ALABRE	Ø100	80	80	80	4	3
ALA	510*	40	30	30	3.0	1.0
AL	380*	40	40	30	4.0	3.0
AL	150*	60	60	30	5.0	4.0
AL	80*	80	80	40	7.0	5.0
AL	340*	80	80	30	6.0	5.0
AL	100	80	80	100	7.0	5.0



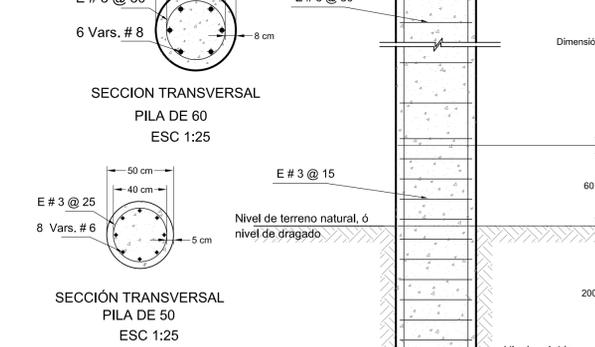
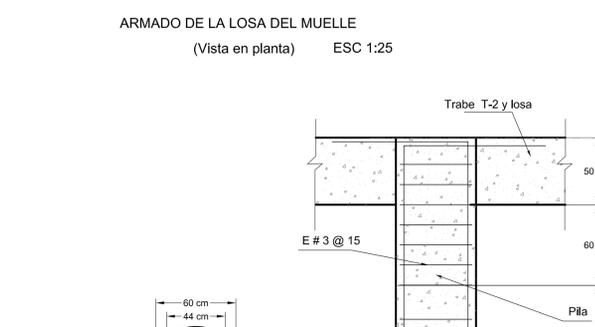
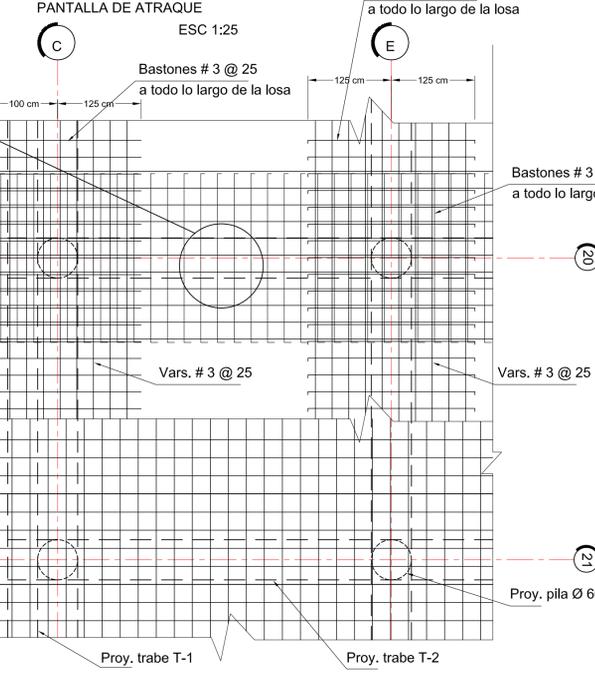
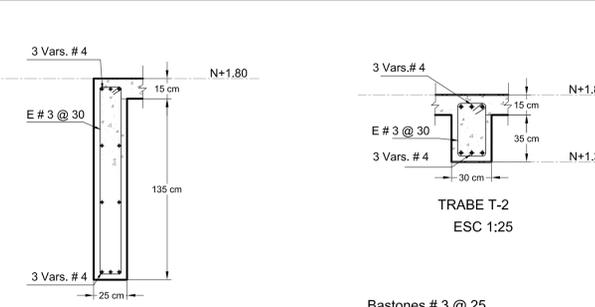
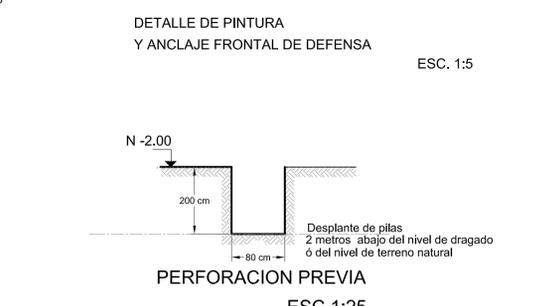
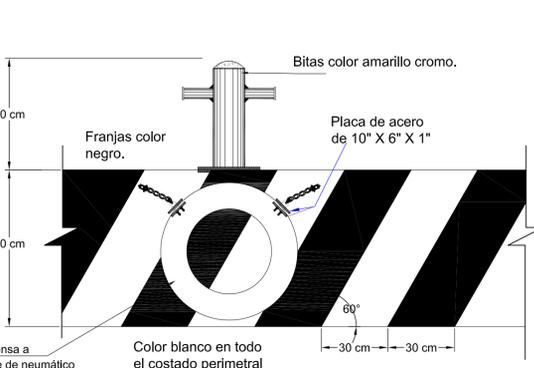
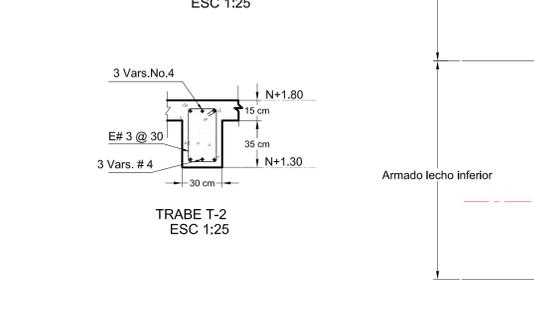
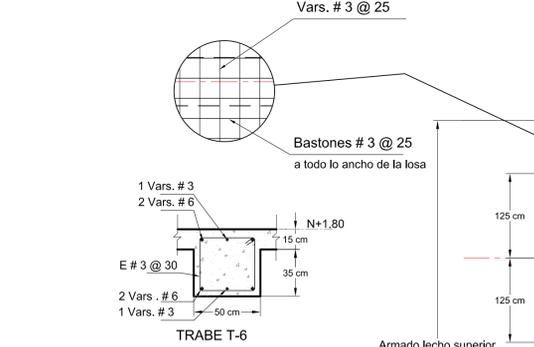
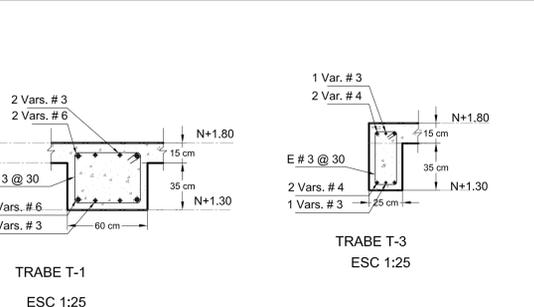
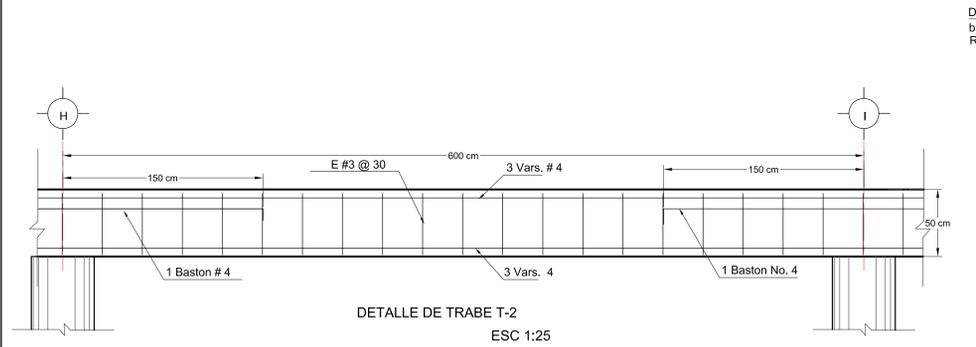
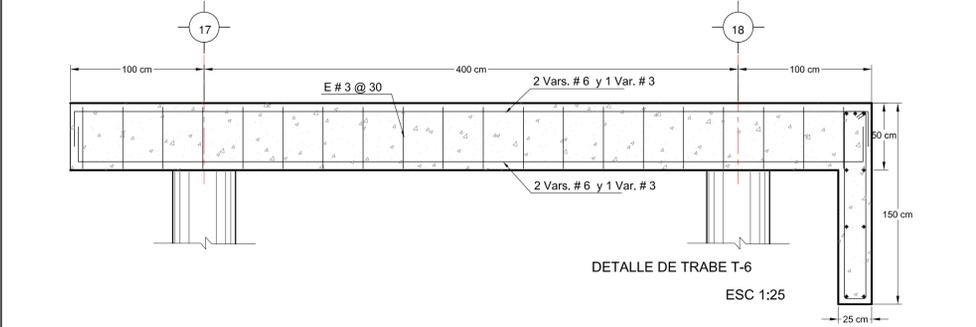
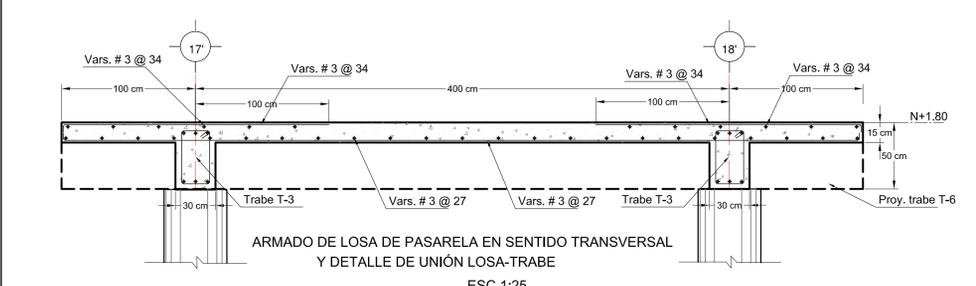
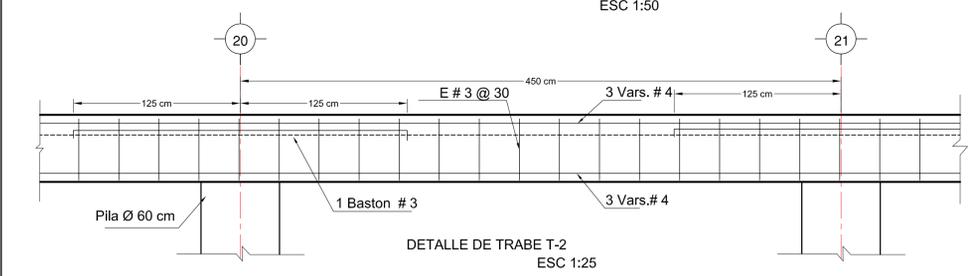
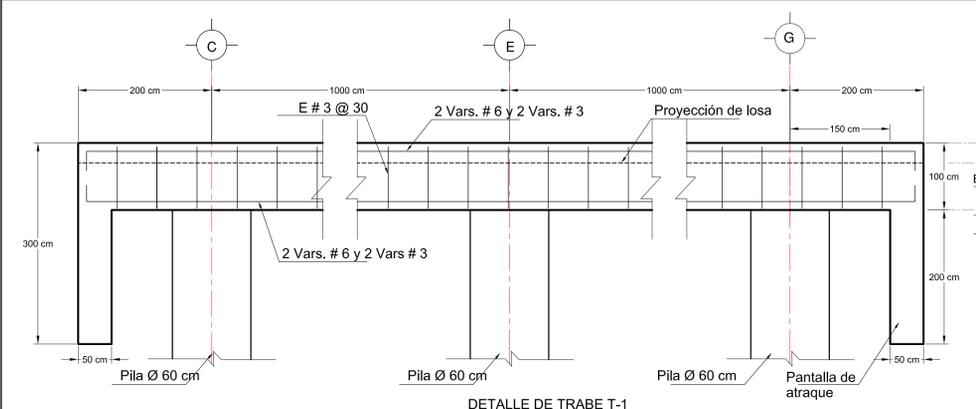
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
DIVISIÓN DE INGENIERÍAS CIVIL Y GEOMÁTICA

TESIS PROFESIONAL  
Propuesta Técnica y Evaluación Económica para Solucionar la Problemática del Campo Pesquero de Punta Abreojos, B.C.S.

TESISTAS:  
- Miguel Angel Chávez Martínez  
- Jorge Enrique Curiel Moreno  
- Octavio Estrada Colín

TUTOR:  
M. I. Oscar Enrique Martínez Jurado.

PLANO: Muelle y rampa de bolado (estructurales)  
FECHA: Mayo 2006  
ESCALA: Las Indicadas  
CLAVE: H-04  
No. DE PLANO: 04



# **ANEXOS**

# **ANEXO 2**

## **ESPECIFICACIONES DEL CONCRETO**

- 2.1. Dosificación del concreto.**
- 2.2. Pruebas para concreto.**
  - 2.2.1. Pruebas de campo.**
  - 2.2.2. Pruebas de laboratorio.**
- 2.3. Componentes del concreto.**
  - 2.3.1. Cemento CPP 30-R.**
  - 2.3.2. Aditivo Polyheed R-1**
  - 2.3.3. Desmoldante Separol de Sika.**
  - 2.3.4. Curacreto de Fester.**



## **ANEXO 2. ESPECIFICACIONES DEL CONCRETO**

El concreto es un material durable y resistente que prácticamente puede adquirir cualquier forma y esta es la razón principal por la que es un material de construcción tan importante.

La mezcla íntima de los componentes del concreto convencional produce una masa plástica que puede ser moldeada y compactada con relativa facilidad; pero gradualmente pierde esta característica hasta que al cabo de algunas horas se torna rígida y comienza a adquirir el aspecto, comportamiento y propiedades de un cuerpo sólido, para convertirse finalmente en el material mecánicamente resistente que es el concreto endurecido.

La representación común del concreto convencional en estado fresco, lo identifica como un conjunto de fragmentos de roca, globalmente definidos como agregados, dispersos en una matriz viscosa constituida por una pasta de cemento de consistencia plástica. Esto significa que en una mezcla así hay muy poco o ningún contacto entre las partículas de los agregados, característica que tiende a permanecer en el concreto ya endurecido.

Consecuentemente con ello, el comportamiento mecánico de este material y su durabilidad en servicio dependen de tres aspectos básicos:

- a) Las características, composición y propiedades de la pasta de cemento, o matriz cementante, endurecida.
- b) La calidad propia de los agregados, en el sentido más amplio.
- c) La afinidad de la matriz cementante con los agregados y su capacidad para trabajar en conjunto.

En primer aspecto, debe contemplarse la selección de un cementante apropiado, el empleo de una relación agua/cemento conveniente y el uso eventual de un aditivo necesario, con todo lo cual debe resultar potencialmente asegurada la calidad de la matriz cementante.

En cuanto a la calidad de los agregados, es importante adecuarla a las funciones que debe desempeñar la estructura, a fin de que no representen el punto débil en el comportamiento del concreto y en su capacidad para resistir adecuadamente y por largo tiempo los efectos consecuentes de las condiciones de exposición y servicio a que esté sometido.



Finalmente, la compatibilidad y el buen trabajo de conjunto de la matriz cementante con los agregados, depende de diversos factores, tales como las características físicas y químicas del cementante, la composición mineralógica y petrográfica de las rocas que constituyen los agregados y la forma, tamaño máximo y textura superficial de éstos.

## **2.1. Dosificación del concreto.**

El objetivo al diseñar una mezcla de concreto, consiste en determinar la combinación más práctica y económica de los materiales con los que se dispone para producir un concreto que satisfaga los requisitos de comportamiento bajo las condiciones particulares de su uso.

Para lograr tal objetivo, una mezcla de concreto bien proporcionada deberá poseer las propiedades siguientes:

- a) En el concreto fresco, trabajabilidad aceptable.
- b) En el concreto endurecido, durabilidad, resistencia y presentación uniforme.
- c) Economía.

La elección de las características de la mezcla se realiza en base al uso que se propone dar al concreto, a las condiciones de exposición, tamaño y forma de los miembros, y a las propiedades físicas del concreto (tales como la resistencia) que se requieren para la estructura.

A pesar de ser una característica importante, otras propiedades tales como la durabilidad, la permeabilidad y la resistencia al desgaste pueden tener igual o mayor importancia. El concreto se vuelve más resistente con el tiempo, siempre y cuando exista humedad disponible y se tenga una temperatura favorable. Por tanto, la resistencia a cualquier edad particular no solo es función de la relación agua – cemento, sino también del grado de hidratación que alcance el cemento.

Aunque desde los primeros casos del concreto siempre hubo interés por su durabilidad, fue en las últimas décadas cuando adquirió mayor relevancia por las erogaciones requeridas para dar mantenimiento a las numerosas estructuras que se deterioraron prematuramente.

Para realizar la dosificación del concreto a emplear para el proyecto de Punta Abreojos, existen muchos factores a considerar. El primero es el ambiente en el que se realizará la obra; esto implica que el concreto debe estar hecho con agua de mar y se encontrará en un ambiente salino, por lo tanto, estará expuesto al ataque de los sulfatos y esto requiere un cemento con puzolanas que puedan contrarrestar el efecto de los



sulfatos. El cemento indicado en este caso, será el cemento Pórtland puzolánico CPP 30R, elaborado por CEMEX.

El segundo aspecto a considerar es que en el lugar donde se prevé realizar la obra se encuentra rodeado de bancos arena de playa, lo que implica que en el factor económico conviene hacer uso de este material.

El tercer aspecto básico a considerar es que la zona tiene un clima muy caluroso, lo que implica una deshidratación muy rápida del concreto, efecto que es necesario minimizar con un curado a base de una membrana que evite en la medida de lo posible esta rápida deshidratación. La membrana que cumple con estas características es la creada por la sustancia curacreto de Fester. Además, es necesario que el concreto sea trabajable y que la cantidad de agua empleada sea reducida; por ello, es necesario agregar un aditivo que cumpla con estas especificaciones, como el Polyheed R-1.

Para efectos de este trabajo y considerando que una dosificación requiere de diversas mezclas, mismas que serán probadas para elegir la ideal, únicamente se mostrará un ejemplo de un proporcionamiento hecho, basado en los datos de campo con la información investigada para casos similares al necesario para Punta Abreojos.

### **Datos de proyecto.**

Concreto:

- a)  $f'c = 200 \text{ kg/cm}^2$
- b) Revenimiento =  $5 \pm 2 \text{ cm}$
- c) Tamaño máximo de agregado = 4.75
- d) Condiciones rígidas

Cemento:

- a) PVSS = 1515
- b) Densidad =  $3.1 \text{ kg/m}^3$

Arena:

- a) PVSS 1532
- b) Densidad =  $2.64 \text{ kg/m}^3$



De la resistencia requerida de  $f'c = 200 \text{ kg/cm}^2$ , se puede obtener una relación agua-cemento de 0.55 de las curvas de Abrahams.

De la relación agua-cemento de 0.55 y con la densidad del agregado de 2.64, se obtiene la relación agregado-cemento, en peso equivalente a 7.6.

Sustituyendo en la ecuación para encontrar la equivalencia de  $1 \text{ m}^3$  de concreto.

$$(0.55/1000) + (C/3.1 \times 1000) + (8.5C/2.64 \times 1000) = 1$$

por lo tanto,  $C = 309 \text{ kg/m}^3$ .

Los pesos de los demás componentes por  $\text{m}^3$  de concreto serán los siguientes:

- a) Agua =  $0.55 \times 309 = 170 \text{ kg}$
- b) Arena =  $6 \times 309 = 1875 \text{ kg}$
- c) Aditivo Polyheed R1 =  $1.545 \text{ l/m}^3$ , según especificaciones del fabricante
- d) Peso volumétrico =  $2374 \text{ kg/m}^3$

## 2.2. Pruebas para concreto.

La resistencia del concreto es un parámetro para medir su calidad; ésta es una mezcla de proporciones dadas que se ven afectadas muy seriamente por el grado de compactación.

### 2.2.1. Pruebas de campo.

Para verificar la calidad del concreto en el campo, es necesario medir la trabajabilidad, que es el grado en que se puede manejar el concreto con cierta facilidad para las necesidades que se cubrirán con su empleo, sin perder la resistencia requerida. Aunque no existe una prueba de campo que refleje fielmente el grado de trabajabilidad, si existe una prueba para detectar variaciones en la uniformidad de una mezcla de proporciones nominales determinadas, llamada prueba de "revenimiento".

Para realizar la prueba de revenimiento, se necesita un cono truncado de 30 mm de altura, el cual debe colocarse en una superficie lisa con la abertura más pequeña hacia arriba y llenarse con concreto en 4 capas. Cada capa se apisona 25 veces con una varilla de acero estándar redondeada en la punta y la superficie superior se aplanan con ayuda de una cuchara.

El molde debe estar firmemente sostenido durante toda la operación; esto se logra con ayuda de asas o estribos ajustados al molde. Inmediatamente después de llenarlo, se levanta lentamente el cono y, al faltarle apoyo, el concreto se abatirá o reventará.

Posteriormente, se mide la diferencia de alturas entre el molde y el cono formado por el concreto (ver figura 2.1), y esa longitud se puede considerar como un parámetro de la calidad del concreto, siendo de  $5 \pm 2$  cm, de acuerdo a lo marcado en el proyecto de Punta Abreojos.

**Figura 2.1 Medición del revenimiento del concreto.**



Fuente: imagen proporcionada por la empresa INPROMEX, S.A. de C.V.

### **2.2.2. Pruebas de laboratorio.**

Las pruebas de laboratorio para el concreto se realizan para las muestras tomadas en campo. Se vacía una de ellas en un recipiente de acero con base ajustable mediante prensas, el cual tiene forma cilíndrica y 150 mm de diámetro por 300 mm de altura.

Las muestras cilíndricas se compactan en tres capas con una varilla punta de bala de 16mm de diámetro o en 2 capas, con un vibrador de inmersión.

Por cada colado se tienen que tomar 4 muestras o “testigos”, los cuales tienen que ser fechados y clasificados (ver figura 2.2).

Las muestras tomadas son descimbradas a las 24 horas y, posteriormente, son curadas al sumergirse en su totalidad en piletas con agua (ver figura 2.3) para, posteriormente, ser llevadas al laboratorio y ser probadas a los 7, 14 y 28 días.

**Figura 2.2 Muestras de concreto.**



Fuente: imagen proporcionada por la empresa INPROMEX, S.A. de C.V.

**Figura 2.3 Curado de muestras de concreto.**



Fuente: imagen proporcionada por la empresa INPROMEX, S.A. de C.V.

Las muestras son probadas en el laboratorio con una prensa estándar, como se muestra en la figura 2.4.

La resistencia obtenida debe ser proporcional al tiempo de curado, como se muestra en la tabla 2.1. En caso de que la resistencia de la muestra tomada sea inferior a la especificada en la tabla, el lote de cubos elaborado con ese mismo concreto debe ser desechado.

### **2.3. Componentes del concreto.**

El concreto se compone de cemento, agregados (arena, agua, grava) y aditivos. A continuación, se describen las propiedades de cada uno de los componentes.

**Figura 2.4 Prueba de resistencia para cilindros de concreto.**



Fuente: imagen proporcionada por la empresa INPROMEX, S.A. de C.V.

**Tabla 2.1 Resistencia esperada de las muestras de concreto.**

Días de curado	% de resistencia mínimo esperado	Resistencia mínima (kg/cm <sup>2</sup> )
7	70	140
14	80	160
28	100	200

Fuente: IMCyC.

### **2.3.1. Cemento CPP 30R.**

El cemento CPP 30R fragua rápido con desarrollo de mayor resistencia a los 3 días, lo que permite desmoldar o descimbrar en menor tiempo que otros cementos. Esta elaborado principalmente con “clinker gris”, yeso natural y puzolanas naturales. Su clasificación es CPP (cemento Pórtland puzolánico) de la actual norma mexicana para cementos en México, NMX-C-414-ONNCCE.



El nivel de resistencias a la compresión del CPP 30R sobrepasa los límites mínimos de la clase resistente 30 de la norma mencionada (ver tabla 2.2). Por su tamaño de partículas, resulta conveniente para dar acabados finos o tersos a las obras y su tiempo de fraguado permite realizar con comodidad las operaciones de transporte, colocación y acabado.

**Tabla 2.2 Resistencias usando cemento CPP 30-R.**

<b>3 días</b>	<b>28 días</b>	
<b>Mínima</b>	<b>Mínima</b>	<b>Máxima</b>
204 kg/cm <sup>2</sup>	306 kg/cm <sup>2</sup>	510 kg/cm <sup>2</sup>
20 N/mm <sup>2</sup>	30 N/mm <sup>2</sup>	50 N/mm <sup>2</sup>

Fuente: CEMEX.

La incorporación de puzolanas naturales en su formulación, mejoran la durabilidad de las obras, por lo que su uso es muy recomendable para obras expuestas a agresiones químicas. El cemento CPP 30R es un cemento adecuado para todos los climas del país.

### **Modo de empleo.**

Para mejores resultados es necesario seguir las recomendaciones siguientes:

- a) Seleccionar cuidadosamente los agregados (arena y grava), los cuales deben ser resistentes, de tamaño adecuado y libres de arcilla o impurezas como grasas, aceites, azúcares, materia orgánica, etc.
- b) Para la realización de la mezcla es necesario seleccionar una superficie dura y que no absorba humedad.
- c) Sobre una superficie se mezcla el cemento con los agregados y se debe añadir el agua necesaria para que la mezcla sea moldeable.
- d) Se coloca de manera uniforme la mezcla dentro de un molde o cimbra previamente tratados con algún desmoldante y desaloja el aire atrapado mediante vibración o varillado.
- e) Se deja en reposo la mezcla dentro del molde o cimbra el tiempo necesario hasta que alcance la madurez conveniente, mínimo 8 días en climas cálidos y 14 en climas fríos
- f) Se debe mantener húmeda la superficie del colado, protegiéndolo de la evaporación de la humedad o se inicia el humedecimiento de la superficie,



aproximadamente unas 4 horas después del colado y aún después de descimbrar o desmoldar, durante el mayor tiempo posible.

- g) Se prepara la cantidad de mezcla que se vaya a utilizar en las próximas 2 horas, aproximadamente, y se debe evitar revivir la mezcla.

### **2.3.2. Aditivo Polyheed R-1.**

El POLYHEED R1 es un aditivo retardante, reductor de agua de medio rango, multicomponente y libre de cloruros. Su aplicación permite las siguientes ventajas.

- a) Una reducción de agua de medio rango (5 a 15%) y un excelente desempeño a través de un amplio rango de asentamiento, especialmente el rango difícil de 150 a 200 mm de asentamiento en el concreto.
- b) Aumenta el tiempo de fraguado del concreto a lo largo del rango de dosificación recomendado.
- c) Calidad en trabajabilidad, bombeabilidad y acabado, aún en mezclas de concreto con bajas cantidades de materiales cementicios y/o mezclas que contengan cenizas volantes.
- d) Desarrollo de resistencias comparable con los aditivos reductores y retardantes en todas las edades.
- e) Mejor desempeño con un amplio rango de cementos, cenizas volantes, escorias granuladas y agregados (incluyendo la grava y las arenas manufacturadas).
- f) POLYHEED R1 cumple con los requisitos de la norma ASTM C494 para aditivos retardantes tipo B y reductores de agua y retardantes tipo D, específicamente.
- g) Reduce el contenido de agua para un asentamiento dado.
- h) Mejores características del tiempo de fraguado.
- i) Incremento en el desarrollo de las resistencias a la compresión y a la flexión en todas las edades.
- j) Mejoramiento en la durabilidad del concreto al daño, ocasionado por congelamiento y deshielo.
- k) Reducción de contracciones.



El POLYHEED R1 ayuda a la producción de un concreto de calidad, proporcionando las siguientes ventajas especiales:

- a) Trabajabilidad y bombeabilidad superior en aplicaciones en clima caluroso.
- b) Reduce la segregación.
- c) Mejores características de acabado en pisos y en cualquier aplicación donde se utilice encofrado.
- d) Desempeño consistente en concretos con asentamiento bajo, medio rango de asentamiento de 150 a 200 mm y alto asentamiento del concreto.

El POLYHEED R1 resulta efectivo ya sea como un aditivo único o como parte de un sistema de aditivos de MBT.

### **2.3.3. Desmoldante Separol de Sika.**

El objetivo del uso de este producto es que permite desmoldar con facilidad elementos hechos a base de concreto de su molde o cimbra.

El desmoldante Separol se aplica de manera uniforme en la superficie del molde o cimbra que tenga contacto directo del concreto antes de proceder al vaciado de este.

#### **Ventajas.**

- a) Se obtienen superficies lisas del concreto.
- b) Fácil retiro de la cimbra.
- c) No quedan restos de concreto adheridos al molde.
- d) Se alarga la vida útil de los moldes.
- e) Se evitan los gastos ocasionados por las reparaciones cosméticas.
- f) Ahorro de tiempo.
- g) Rápida limpieza de los moldes.
- h) Menores costos de reposición de moldes

El desmoldante Separol de Sika tiene un desempeño de 4.5 a 5.5 m<sup>2</sup>/lt.



### **2.3.4. Curacreto de Fester.**

#### **Membrana base agua para curado de concreto.**

Cumple con la norma ASTM C-309 tipo 2 clase A.

Es un líquido blanco compuesto de derivados parafínicos (base agua), que al ser aplicado sobre superficies de concreto recién colado, forma una película que evita la evaporación excesiva de agua.

#### **Usos.**

Para curar elementos de concreto en cualquier posición, tales como muros, columnas, cimentaciones, trabes, estructuras, losas inclinadas, pavimentos de concreto hidráulico, pisos, rampas, escaleras, etc. En construcción de pistas de aeropuertos construidos con pavimento de concreto hidráulico, pavimentos de concreto hidráulico urbano, estacionamientos e industria en general.

#### **Ventajas.**

- a) Asegurar la resistencia de proyecto del concreto.
- b) Reduce la posibilidad de agrietamientos.
- c) Por su acción reflectiva Curafest blanco emulsionado disminuye el riesgo de fisuramientos, reduciendo la temperatura del concreto.
- d) El color de Curafest blanco emulsionado permite identificar las áreas donde se ha aplicado el producto, desapareciendo unos días después.
- e) Curafest reduce costos de operación con respecto al curado tradicional con agua.
- f) Es eficiente para curar el concreto en lugares de escaso abastecimiento de agua.
- g) Fácil de aplicar.
- h) No es tóxico por inhalación.

# **ANEXO 3**

## **HURACANES, OLEAJE Y VIENTOS**

**3.1. Huracanes.**

**3.2. Oleaje.**

**3.3. Vientos.**

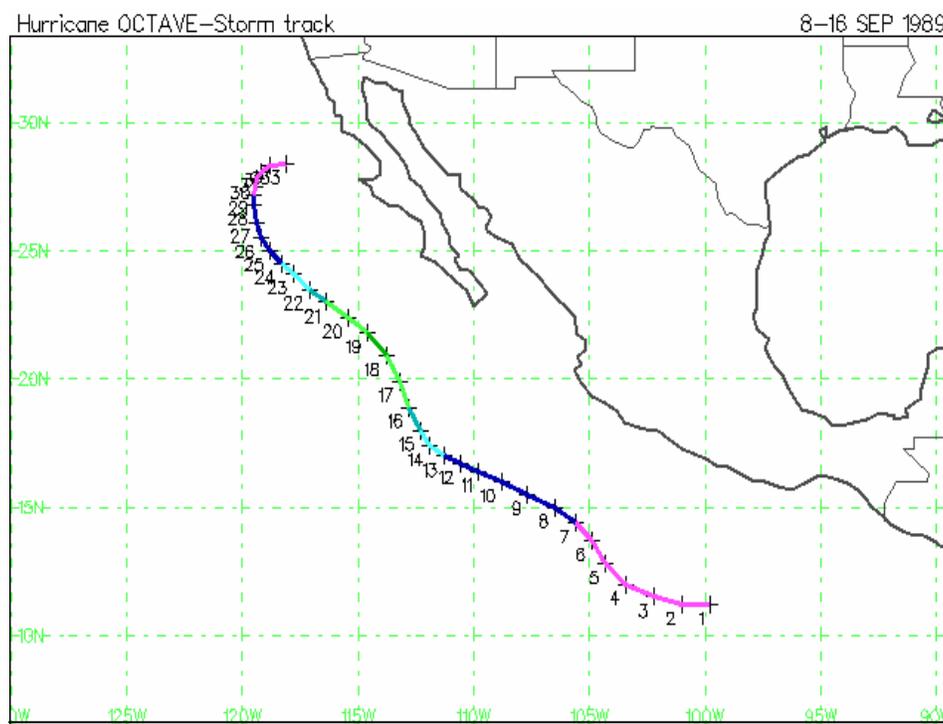
## ANEXO 3. HURACANES, OLEAJE Y VIENTOS

En la zona del Océano Pacífico ha habido una serie de eventos físicos causados por fuerzas de la naturaleza, los cuales inciden directamente en el análisis de este trabajo. En el presente anexo se verá lo concerniente a los huracanes, el oleaje y los vientos.

### 31. Huracanes.

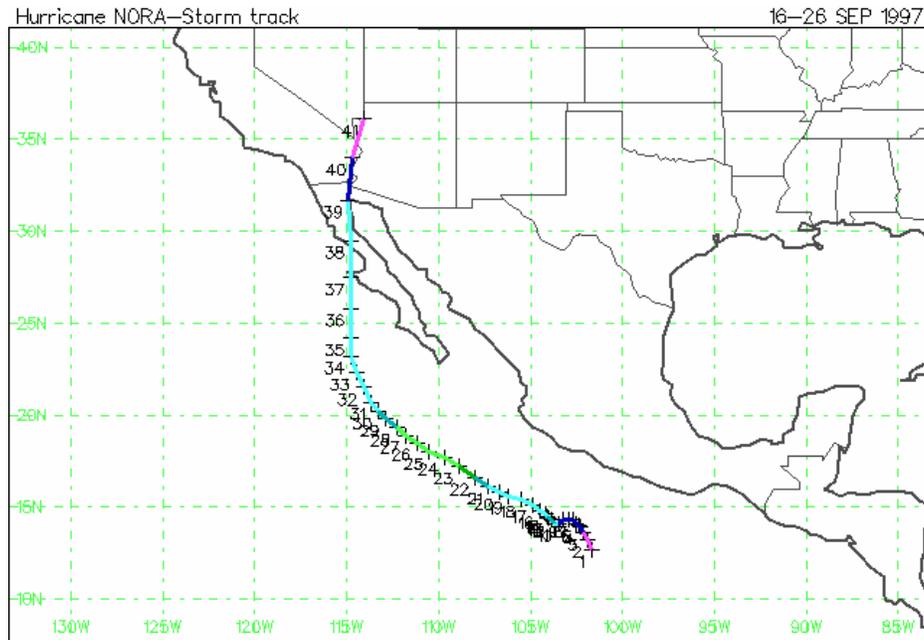
A continuación, se muestran las trayectorias de los principales huracanes que se suscitaron en la zona de interés para el presente documento.

Figura 3.1 Trayectoria ciclónica del huracán "OCTAVE".



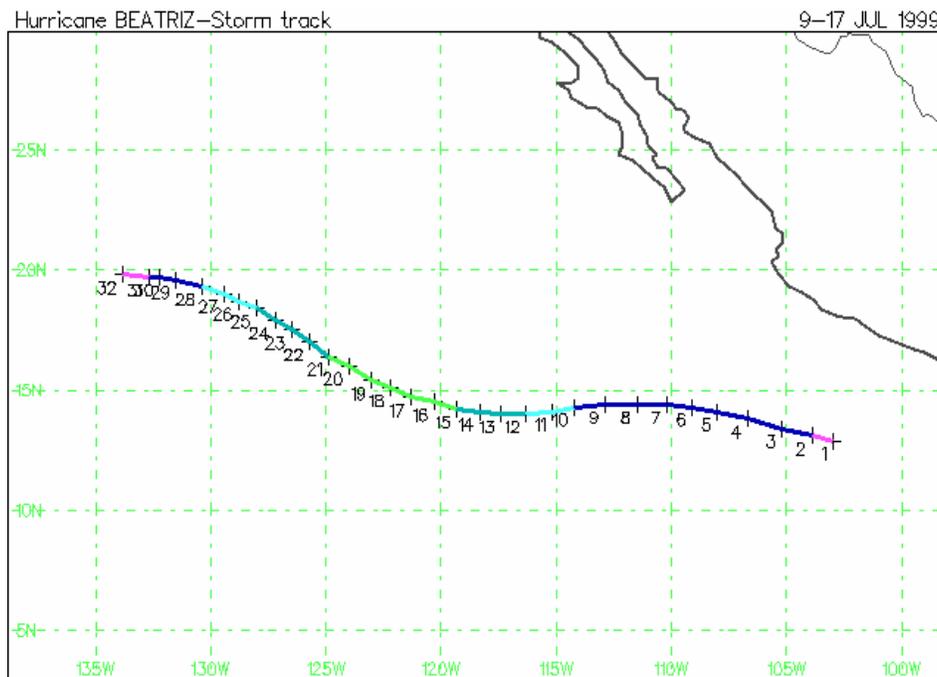
Fuente : Weather Unisys Hurricane, 2005. Servicio Meteorológico Nacional.

**Figura 3.2 Trayectoria ciclónica del huracán “NORA”.**



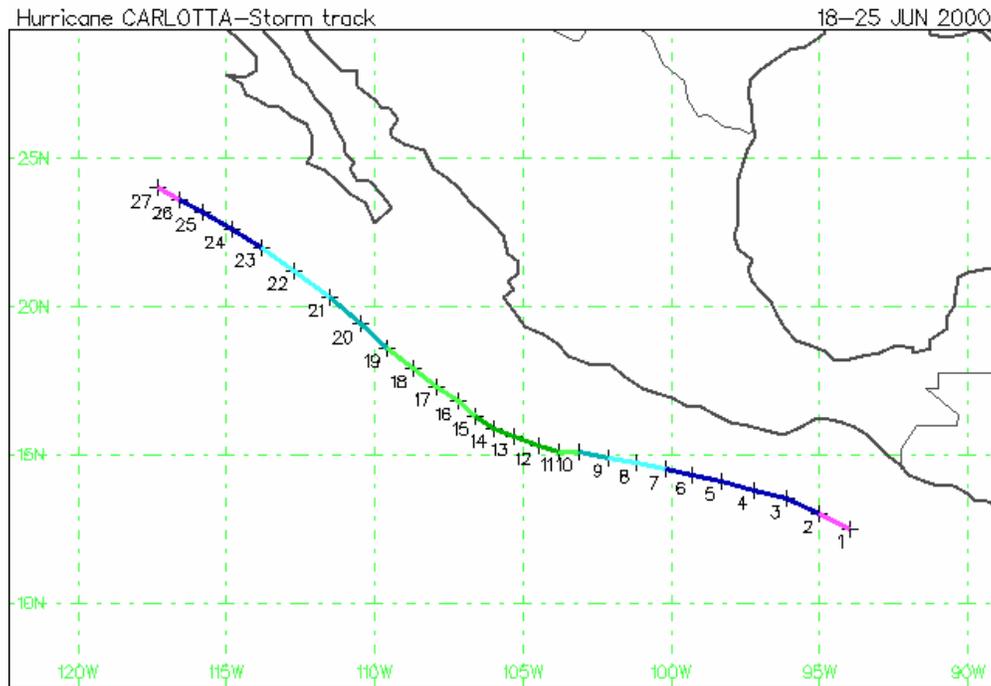
Fuente : Weather Unisys Hurricane, 2005. Servicio Meteorológico Nacional.

**Figura 3.3 Trayectoria ciclónica del huracán “BEATRIZ”.**



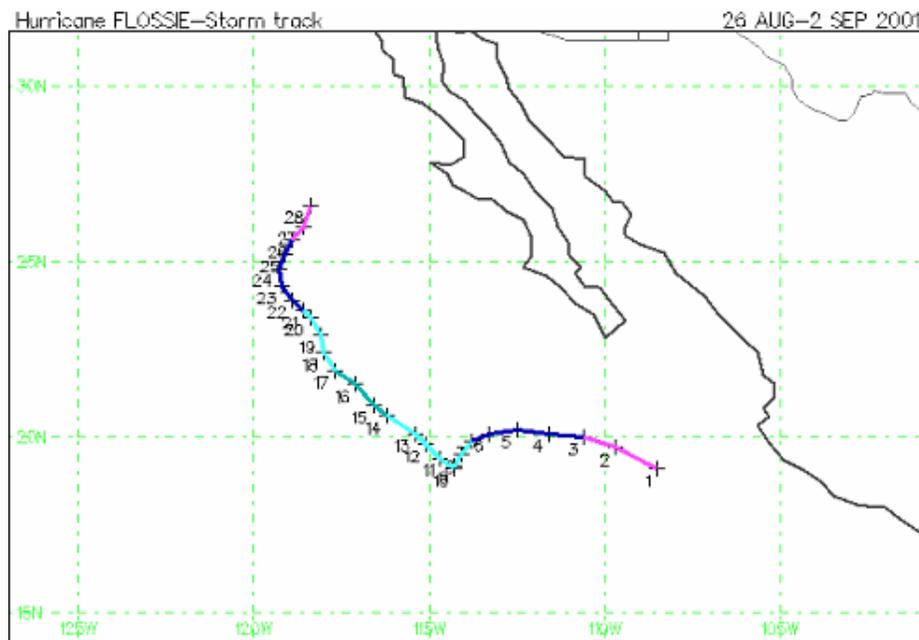
Fuente : Weather Unisys Hurricane, 2005. Servicio Meteorológico Nacional.

**Figura 3.4 Trayectoria ciclónica del huracán “CARLOTA”.**



Fuente : Weather Unisys Hurricane, 2005. Servicio Meteorológico Nacional.

**Figura 3.5 Trayectoria ciclónica del huracán “FLOSSIE”.**



Fuente : Weather Unisys Hurricane, 2005. Servicio Meteorológico Nacional.



Luego, se muestran los datos de los principales huracanes que se presentaron en la zona de interés (ver tablas de la A.1 a la A.5).

**Tabla 3.1 Datos del huracán “OCTAVE”.**

Date: 8-16 SEP 1989							
Hurricane: OCTAVE							
ADV	LAT	LON	DATE	TIME	WIND	PR	STAT
1	11.20	-99.80	08-09-89	18:00:00	25	1010	TROPICAL DEPRESSION
2	11.20	-101.00	09-09-89	00:00:00	25	1009	TROPICAL DEPRESSION
3	11.50	-102.20	09-09-89	06:00:00	25	1009	TROPICAL DEPRESSION
4	12.00	-103.40	09-09-89	12:00:00	30	1008	TROPICAL DEPRESSION
5	12.80	-104.30	09-09-89	18:00:00	30	1007	TROPICAL DEPRESSION
6	13.70	-104.90	10-09-89	00:00:00	30	1006	TROPICAL DEPRESSION
7	14.40	-105.60	10-09-89	06:00:00	35	1005	TROPICAL STORM
8	15.00	-106.50	10-09-89	12:00:00	35	1004	TROPICAL STORM
9	15.50	-107.70	10-09-89	18:00:00	40	1002	TROPICAL STORM
10	16.00	-108.80	11-09-89	00:00:00	45	1000	TROPICAL STORM
11	16.40	-109.80	11-09-89	06:00:00	50	996	TROPICAL STORM
12	16.70	-110.60	11-09-89	12:00:00	60	992	TROPICAL STORM
13	17.00	-111.30	11-09-89	18:00:00	70	985	HURRICANE-1
14	17.40	-111.90	12-09-89	00:00:00	80	975	HURRICANE-1
15	18.00	-112.30	12-09-89	06:00:00	90	965	HURRICANE-2
16	18.90	-112.80	12-09-89	12:00:00	105	955	HURRICANE-3
17	19.90	-113.20	12-09-89	18:00:00	110	950	HURRICANE-3
18	20.90	-113.80	13-09-89	00:00:00	115	948	HURRICANE-4
19	21.80	-114.60	13-09-89	06:00:00	110	950	HURRICANE-3
20	22.40	-115.40	13-09-89	12:00:00	105	955	HURRICANE-3
21	23.00	-116.40	13-09-89	18:00:00	90	968	HURRICANE-2
22	23.50	-117.10	14-09-89	00:00:00	80	977	HURRICANE-1
23	24.10	-117.80	14-09-89	06:00:00	70	985	HURRICANE-1
24	24.50	-118.30	14-09-89	12:00:00	60	990	TROPICAL STORM
25	25.00	-118.80	14-09-89	18:00:00	55	995	TROPICAL STORM
26	25.50	-119.20	15-09-89	00:00:00	45	998	TROPICAL STORM
27	26.10	-119.40	15-09-89	06:00:00	40	1002	TROPICAL STORM
28	26.80	-119.50	15-09-89	12:00:00	35	1005	TROPICAL STORM
29	27.20	-119.50	15-09-89	18:00:00	30	1007	TROPICAL DEPRESSION
30	27.80	-119.40	16-09-89	00:00:00	30	1008	TROPICAL DEPRESSION
31	28.10	-119.20	16-09-89	06:00:00	25	1009	TROPICAL DEPRESSION
32	28.30	-118.80	16-09-89	12:00:00	25	1010	TROPICAL DEPRESSION
33	28.40	-118.10	16-09-89	18:00:00	20	1012	TROPICAL DEPRESSION

Fuente : Weather Unisys Hurricane, 2005. Servicio Meteorológico Nacional.



**Tabla 3.2 Datos del huracán “NORA”.**

Date: 16-26 SEP 1997							
Hurricane: NORA							
ADV	LAT	LON	DATE	TIME	WIND	PR	STAT
1	12.70	-101.70	16-09-97	06:00:00	25	1004	TROPICAL DEPRESSION
2	13.20	-101.90	16-09-97	12:00:00	30	1003	TROPICAL DEPRESSION
3	13.60	-102.10	16-09-97	18:00:00	35	1001	TROPICAL STORM
4	13.90	-102.30	17-09-97	00:00:00	40	1000	TROPICAL STORM
5	14.00	-102.40	17-09-97	06:00:00	40	998	TROPICAL STORM
6	14.10	-102.50	17-09-97	12:00:00	50	996	TROPICAL STORM
7	14.30	-102.70	17-09-97	18:00:00	55	994	TROPICAL STORM
8	14.30	-102.90	18-09-97	00:00:00	55	990	TROPICAL STORM
9	14.30	-103.20	18-09-97	06:00:00	60	990	TROPICAL STORM
10	14.10	-103.50	18-09-97	12:00:00	75	980	HURRICANE-1
11	14.10	-103.70	18-09-97	18:00:00	90	970	HURRICANE-2
12	14.30	-103.90	19-09-97	00:00:00	90	972	HURRICANE-2
13	14.40	-104.00	19-09-97	06:00:00	85	973	HURRICANE-2
14	14.50	-104.10	19-09-97	12:00:00	80	974	HURRICANE-1
15	14.60	-104.20	19-09-97	18:00:00	80	976	HURRICANE-1
16	14.80	-104.50	20-09-97	00:00:00	70	978	HURRICANE-1
17	15.10	-104.90	20-09-97	06:00:00	70	982	HURRICANE-1
18	15.40	-105.50	20-09-97	12:00:00	65	987	HURRICANE-1
19	15.60	-106.20	20-09-97	18:00:00	70	985	HURRICANE-1
20	15.80	-106.70	21-09-97	00:00:00	75	979	HURRICANE-1
21	16.10	-107.30	21-09-97	06:00:00	95	970	HURRICANE-2
22	16.60	-108.00	21-09-97	12:00:00	115	950	HURRICANE-4
23	17.20	-108.90	21-09-97	18:00:00	110	951	HURRICANE-3
24	17.70	-109.70	22-09-97	00:00:00	110	952	HURRICANE-3
25	18.00	-110.50	22-09-97	06:00:00	110	953	HURRICANE-3
26	18.50	-111.20	22-09-97	12:00:00	110	955	HURRICANE-3
27	18.90	-111.80	22-09-97	18:00:00	105	957	HURRICANE-3
28	19.30	-112.30	23-09-97	00:00:00	95	961	HURRICANE-2
29	19.80	-112.90	23-09-97	06:00:00	90	973	HURRICANE-2
30	20.20	-113.30	23-09-97	12:00:00	80	983	HURRICANE-1
31	20.70	-113.70	23-09-97	18:00:00	70	980	HURRICANE-1
32	21.50	-114.10	24-09-97	00:00:00	75	979	HURRICANE-1
33	22.30	-114.50	24-09-97	06:00:00	75	979	HURRICANE-1
34	23.20	-114.80	24-09-97	12:00:00	75	979	HURRICANE-1
35	24.20	-114.80	24-09-97	18:00:00	75	979	HURRICANE-1
36	25.80	-114.80	25-09-97	00:00:00	75	979	HURRICANE-1
37	27.50	-114.80	25-09-97	06:00:00	75	981	HURRICANE-1
38	29.50	-114.80	25-09-97	12:00:00	65	984	HURRICANE-1
39	31.70	-114.90	25-09-97	18:00:00	55	990	TROPICAL STORM
40	34.00	-114.70	26-09-97	00:00:00	30	997	TROPICAL DEPRESSION
41	36.10	-114.10	26-09-97	06:00:00	25	1004	TROPICAL DEPRESSION

Fuente : Weather Unisys Hurricane, 2005. Servicio Meteorológico Nacional.



**Tabla 3.3 Datos del huracán “BEATRIZ”.**

Date: 9-17 JUL 1999							
Hurricane: BEATRIZ							
ADV	LAT	LON	DATE	TIME	WIND	PR	STAT
1	12.90	-103.00	09-07-99	06:00:00	30	1008	TROPICAL DEPRESSION
2	13.10	-103.90	09-07-99	12:00:00	35	1005	TROPICAL STORM
3	13.40	-105.20	09-07-99	18:00:00	40	1002	TROPICAL STORM
4	13.80	-106.70	10-07-99	00:00:00	45	1000	TROPICAL STORM
5	14.10	-108.00	10-07-99	06:00:00	45	1000	TROPICAL STORM
6	14.30	-109.10	10-07-99	12:00:00	45	1000	TROPICAL STORM
7	14.40	-110.20	10-07-99	18:00:00	50	997	TROPICAL STORM
8	14.40	-111.50	11-07-99	00:00:00	55	994	TROPICAL STORM
9	14.40	-112.90	11-07-99	06:00:00	60	990	TROPICAL STORM
10	14.30	-114.20	11-07-99	12:00:00	65	985	HURRICANE-1
11	14.10	-115.20	11-07-99	18:00:00	75	980	HURRICANE-1
12	14.00	-116.30	12-07-99	00:00:00	85	975	HURRICANE-2
13	14.00	-117.40	12-07-99	06:00:00	90	970	HURRICANE-2
14	14.10	-118.30	12-07-99	12:00:00	90	970	HURRICANE-2
15	14.20	-119.30	12-07-99	18:00:00	100	960	HURRICANE-3
16	14.50	-120.30	13-07-99	00:00:00	105	956	HURRICANE-3
17	14.70	-121.30	13-07-99	06:00:00	105	955	HURRICANE-3
18	15.10	-122.20	13-07-99	12:00:00	105	956	HURRICANE-3
19	15.40	-123.00	13-07-99	18:00:00	100	960	HURRICANE-3
20	16.00	-124.00	14-07-99	00:00:00	100	961	HURRICANE-3
21	16.40	-124.90	14-07-99	06:00:00	95	965	HURRICANE-2
22	17.00	-125.70	14-07-99	12:00:00	95	967	HURRICANE-2
23	17.50	-126.50	14-07-99	18:00:00	90	970	HURRICANE-2
24	17.90	-127.20	15-07-99	00:00:00	85	975	HURRICANE-2
25	18.40	-128.00	15-07-99	06:00:00	80	978	HURRICANE-1
26	18.70	-128.80	15-07-99	12:00:00	75	980	HURRICANE-1
27	19.00	-129.40	15-07-99	18:00:00	65	987	HURRICANE-1
28	19.30	-130.40	16-07-99	00:00:00	60	992	TROPICAL STORM
29	19.60	-131.50	16-07-99	06:00:00	55	995	TROPICAL STORM
30	19.70	-132.20	16-07-99	12:00:00	45	1000	TROPICAL STORM
31	19.70	-132.70	16-07-99	18:00:00	30	1004	TROPICAL DEPRESSION
32	19.80	-133.80	17-07-99	00:00:00	25	1007	TROPICAL DEPRESSION

Fuente : Weather Unisys Hurricane, 2005. Servicio Meteorológico Nacional.



**Tabla 3.4 Datos del huracán “CARLOTTA”.**

<b>Date: 18-25 JUN 2000</b>							
<b>Hurricane: CARLOTTA</b>							
<b>ADV</b>	<b>LAT</b>	<b>LON</b>	<b>DATE</b>	<b>TIME</b>	<b>WIND</b>	<b>PR</b>	<b>STAT</b>
1	12.50	-94.00	18-06-00	18:00:00	30	1003	TROPICAL DEPRESSION
2	13.00	-95.00	19-06-00	00:00:00	35	1002	TROPICAL STORM
3	13.50	-96.10	19-06-00	06:00:00	45	1000	TROPICAL STORM
4	13.80	-97.20	19-06-00	12:00:00	50	998	TROPICAL STORM
5	14.10	-98.30	19-06-00	18:00:00	55	995	TROPICAL STORM
6	14.30	-99.30	20-06-00	00:00:00	60	992	TROPICAL STORM
7	14.50	-100.20	20-06-00	06:00:00	65	989	HURRICANE-1
8	14.70	-101.20	20-06-00	12:00:00	75	985	HURRICANE-1
9	14.90	-102.10	20-06-00	18:00:00	85	981	HURRICANE-2
10	15.10	-103.10	21-06-00	00:00:00	110	962	HURRICANE-3
11	15.10	-103.80	21-06-00	06:00:00	135	932	HURRICANE-4
12	15.30	-104.50	21-06-00	12:00:00	135	934	HURRICANE-4
13	15.60	-105.30	21-06-00	18:00:00	130	938	HURRICANE-4
14	15.90	-106.00	22-06-00	00:00:00	115	949	HURRICANE-4
15	16.30	-106.60	22-06-00	06:00:00	100	960	HURRICANE-3
16	16.80	-107.20	22-06-00	12:00:00	100	960	HURRICANE-3
17	17.30	-107.90	22-06-00	18:00:00	100	960	HURRICANE-3
18	17.90	-108.70	23-06-00	00:00:00	100	960	HURRICANE-3
19	18.60	-109.60	23-06-00	06:00:00	95	963	HURRICANE-2
20	19.40	-110.50	23-06-00	12:00:00	85	970	HURRICANE-2
21	20.30	-111.50	23-06-00	18:00:00	75	979	HURRICANE-1
22	21.20	-112.70	24-06-00	00:00:00	65	987	HURRICANE-1
23	22.00	-113.80	24-06-00	06:00:00	55	994	TROPICAL STORM
24	22.60	-114.80	24-06-00	12:00:00	45	999	TROPICAL STORM
25	23.20	-115.80	24-06-00	18:00:00	35	1002	TROPICAL STORM
26	23.60	-116.60	25-06-00	00:00:00	30	1004	TROPICAL DEPRESSION
27	24.00	-117.30	25-06-00	06:00:00	25	1004	TROPICAL DEPRESSION

Fuente : Weather Unisys Hurricane, 2005. Servicio Meteorológico Nacional.



**Tabla 3.5 Datos del huracán “FLOSSIE”.**

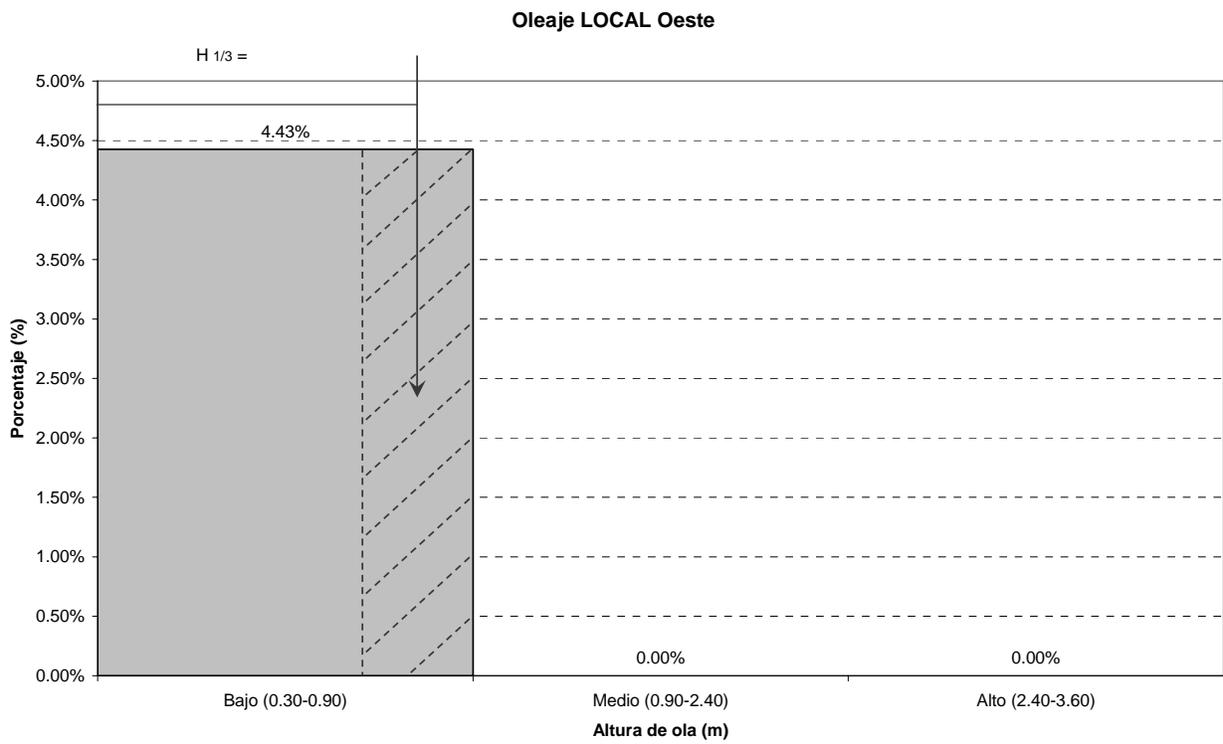
Date: 26 AUG-2 SEP 2001							
Hurricane: FLOSSIE							
ADV	LAT	LON	DATE	TIME	WIND	PR	STAT
1	19.10	-108.50	26-08-01	06:00:00	30	1004	TROPICAL DEPRESSION
2	19.70	-109.70	26-08-01	12:00:00	30	1004	TROPICAL DEPRESSION
3	20.00	-110.60	26-08-01	18:00:00	35	1003	TROPICAL STORM
4	20.10	-111.60	27-08-01	00:00:00	40	1002	TROPICAL STORM
5	20.20	-112.50	27-08-01	06:00:00	45	1000	TROPICAL STORM
6	20.10	-113.30	27-08-01	12:00:00	55	994	TROPICAL STORM
7	19.90	-113.80	27-08-01	18:00:00	65	989	HURRICANE-1
8	19.50	-114.10	28-08-01	00:00:00	65	989	HURRICANE-1
9	19.20	-114.30	28-08-01	06:00:00	65	989	HURRICANE-1
10	19.10	-114.30	28-08-01	12:00:00	70	985	HURRICANE-1
11	19.40	-114.70	28-08-01	18:00:00	70	985	HURRICANE-1
12	19.80	-115.10	29-08-01	00:00:00	75	983	HURRICANE-1
13	20.10	-115.40	29-08-01	06:00:00	80	980	HURRICANE-1
14	20.60	-116.20	29-08-01	12:00:00	85	977	HURRICANE-2
15	20.90	-116.60	29-08-01	18:00:00	90	972	HURRICANE-2
16	21.50	-117.10	30-08-01	00:00:00	85	975	HURRICANE-2
17	21.90	-117.70	30-08-01	06:00:00	80	979	HURRICANE-1
18	22.40	-118.00	30-08-01	12:00:00	70	983	HURRICANE-1
19	22.90	-118.10	30-08-01	18:00:00	65	987	HURRICANE-1
20	23.40	-118.40	31-08-01	00:00:00	65	989	HURRICANE-1
21	23.60	-118.60	31-08-01	06:00:00	60	994	TROPICAL STORM
22	23.90	-118.90	31-08-01	12:00:00	55	997	TROPICAL STORM
23	24.30	-119.20	31-08-01	18:00:00	50	999	TROPICAL STORM
24	24.80	-119.30	01-09-01	00:00:00	40	1002	TROPICAL STORM
25	25.20	-119.10	01-09-01	06:00:00	35	1005	TROPICAL STORM
26	25.60	-118.90	01-09-01	12:00:00	30	1005	TROPICAL DEPRESSION
27	26.00	-118.60	01-09-01	18:00:00	30	1006	TROPICAL DEPRESSION
28	26.60	-118.40	02-09-01	00:00:00	25	1007	TROPICAL DEPRESSION

Fuente : Weather Unisys Hurricane, 2005. Servicio Meteorológico Nacional.

### 3.2. Oleaje.

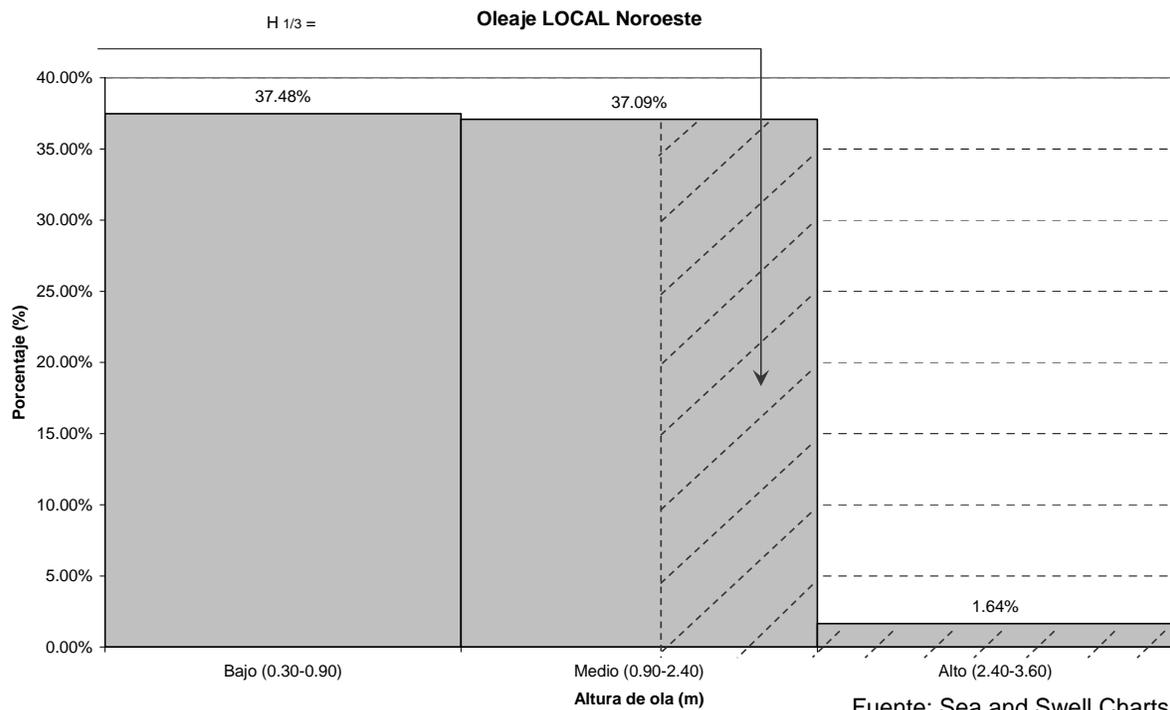
Ahora bien, con respecto al oleaje, tanto para el considerado por el Sea & Swell, así como para el del Ocean Wave Statistics, se hicieron uso de unos histogramas con el fin de obtener la altura de ola del tercio superior. Estos histogramas se muestran en las figuras A.6, A.7, A.8 y A.9, para el Sea & Swell, y en las figuras A.10 y A.11, para el Ocean Wave Statistics.

**Figura 3.6 Histograma de oleaje local, dirección Oeste.**



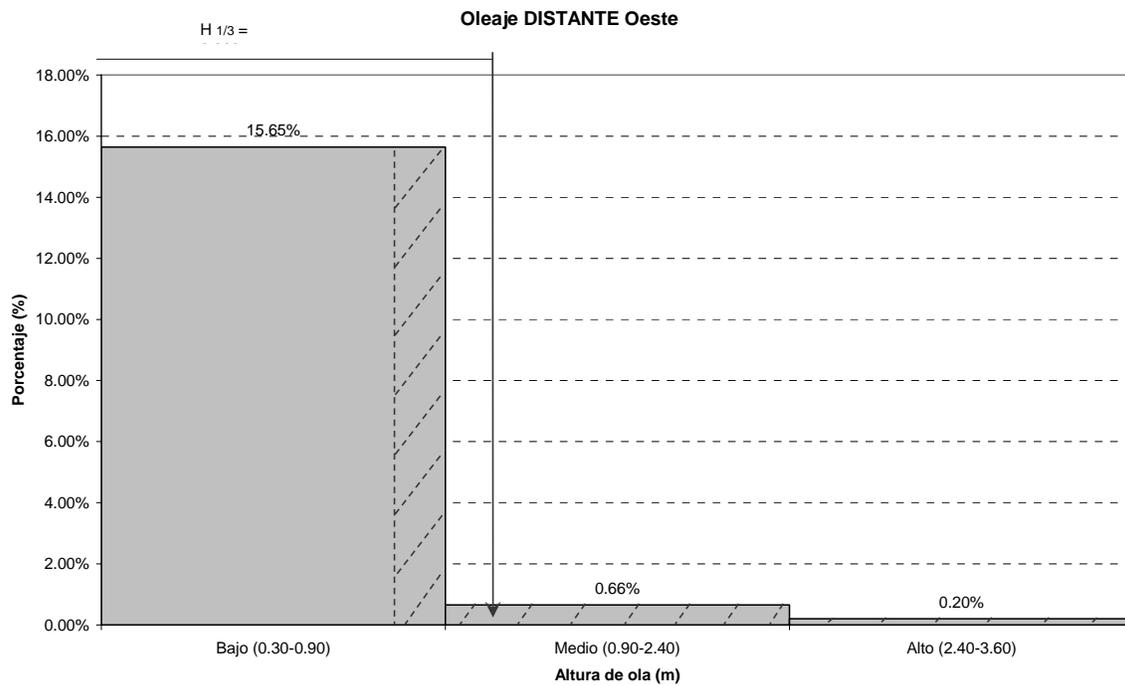
Fuente: Sea and Swell Charts.

**Figura 3.7 Histograma de oleaje local, dirección Noroeste.**



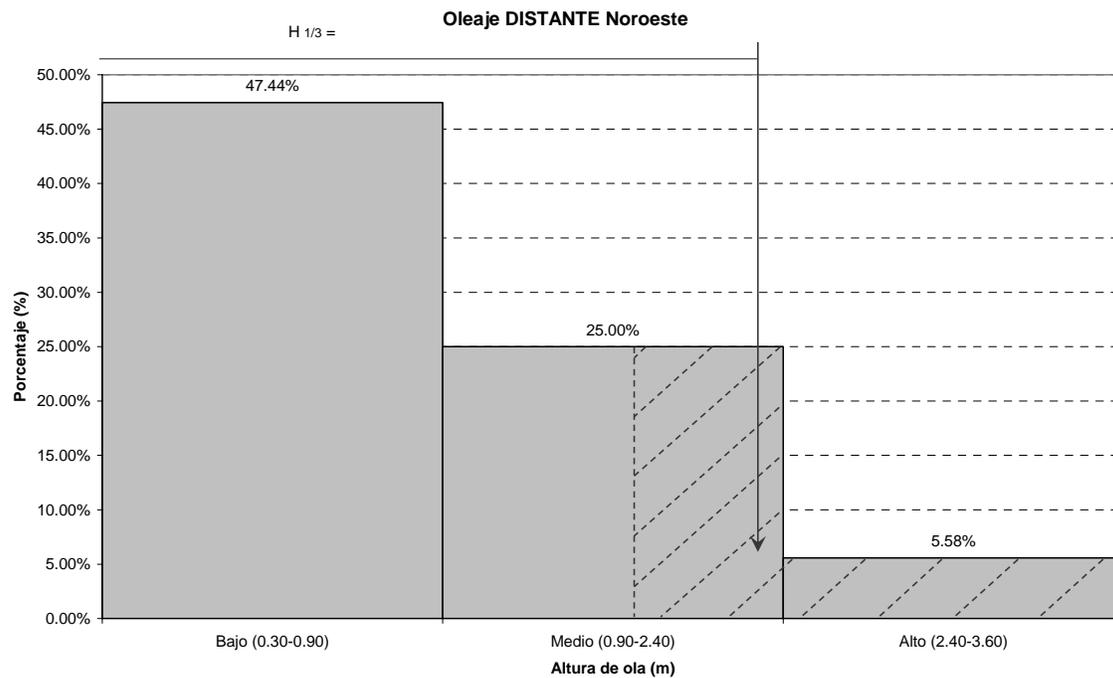
Fuente: Sea and Swell Charts.

**Figura 3.8 Histograma de oleaje distante, dirección Oeste.**



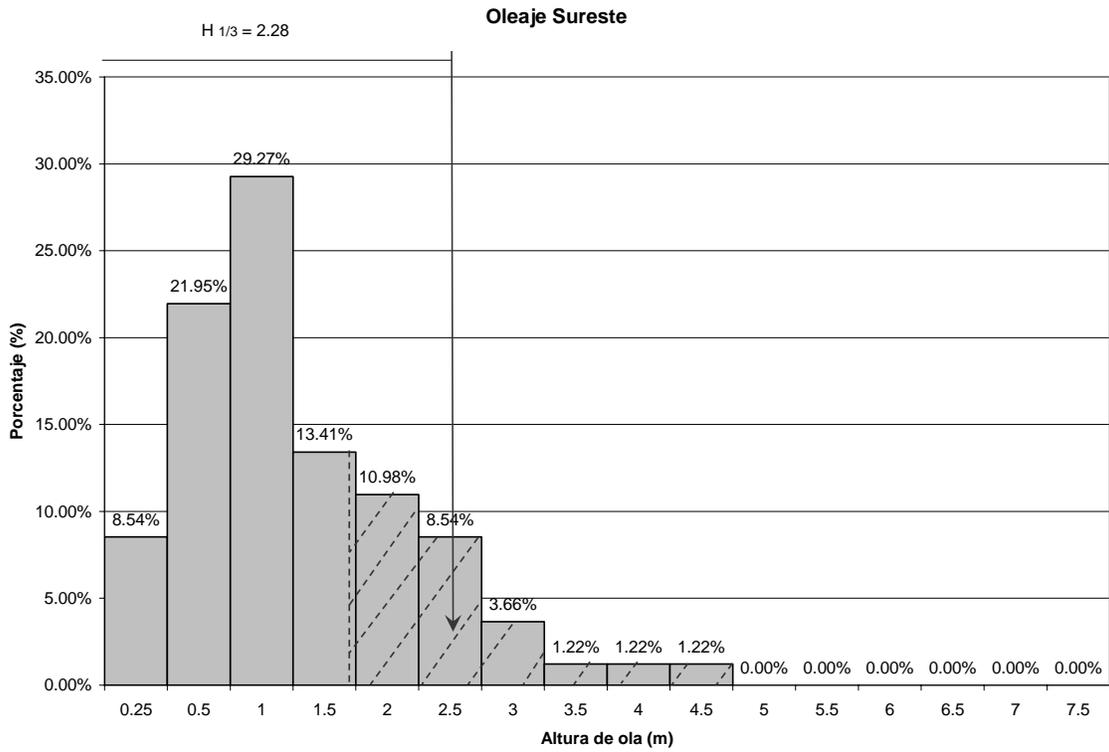
Fuente: Sea and Swell Charts.

**Figura 3.9 Histograma de oleaje distante, dirección Noroeste.**



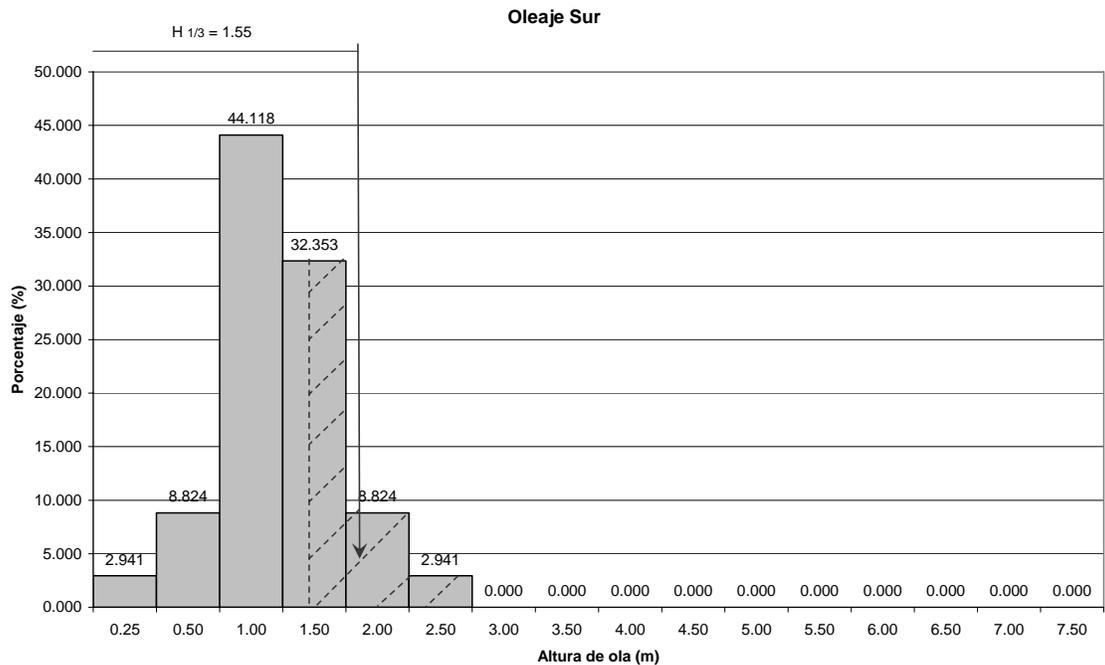
Fuente: Sea and Swell Charts.

**Figura 3.10 Histograma de oleaje, dirección Sureste.**



Fuente: Ocean Wave Statistics.

**Figura 3.11 Histograma de oleaje, dirección Sur.**

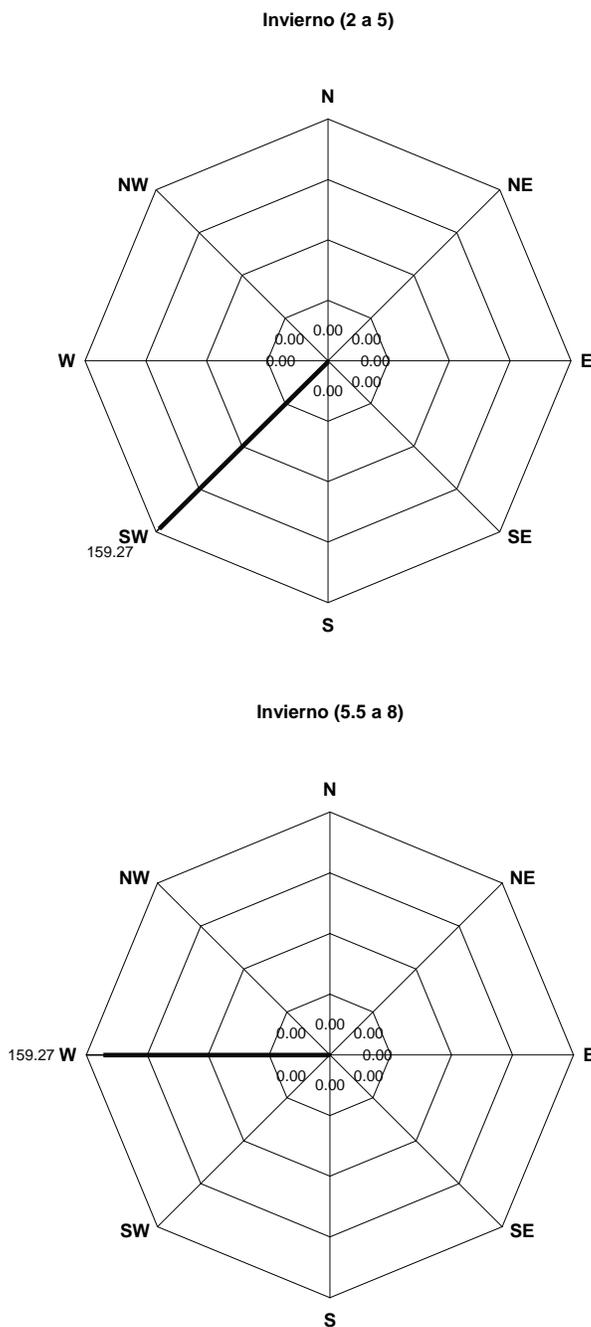


Fuente: Ocean Wave Statistics.

### 3.3. Vientos.

Las figuras A.12, A.13, A.14 y A.15 muestran los diagramas de Lenz estacionales de velocidades medias y máximas con las frecuencias de incidencia establecidas por rangos de dirección.

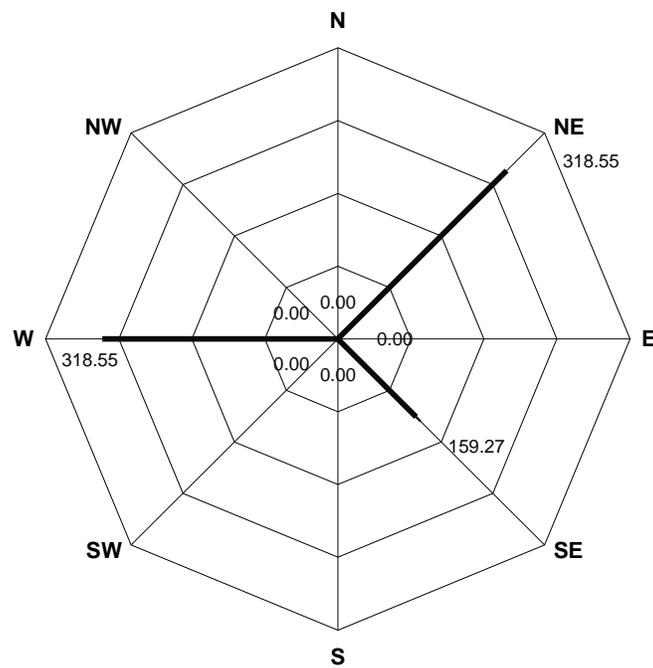
**Figura 3.12 Rosas de velocidades del viento para el Invierno.**



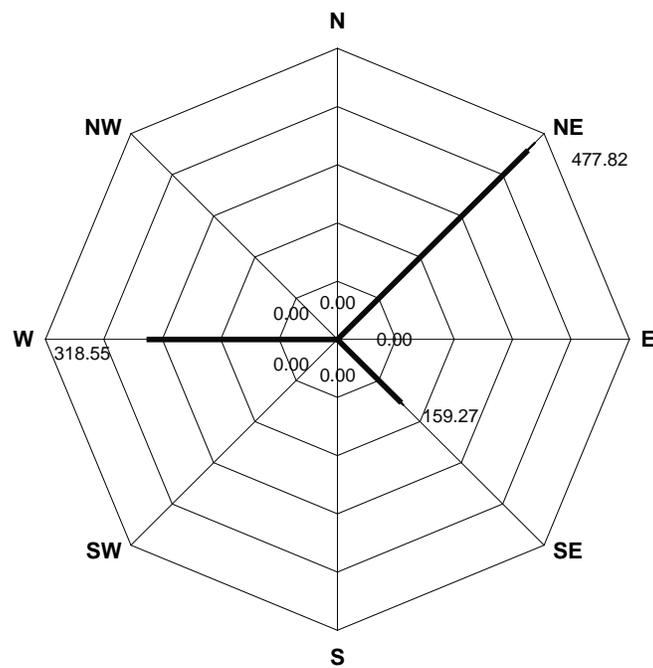
Fuente: datos del Servicio Meteorológico Nacional.



**Inverno (8.5 a 14)**

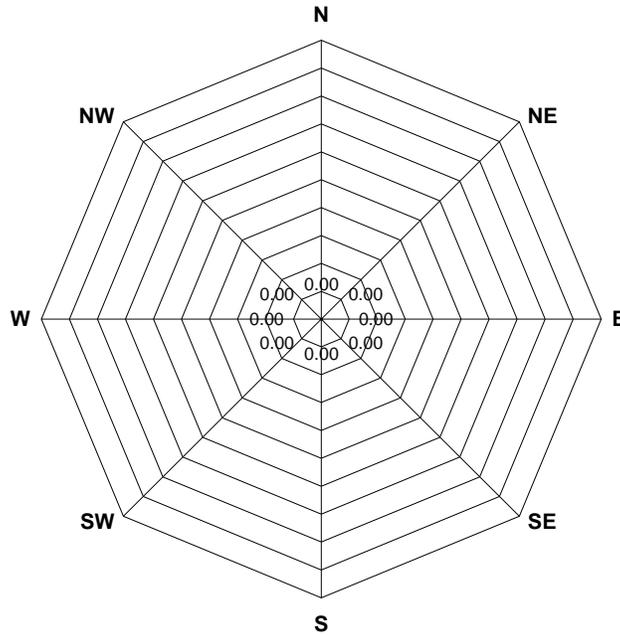


**Invierno (> 14.5)**

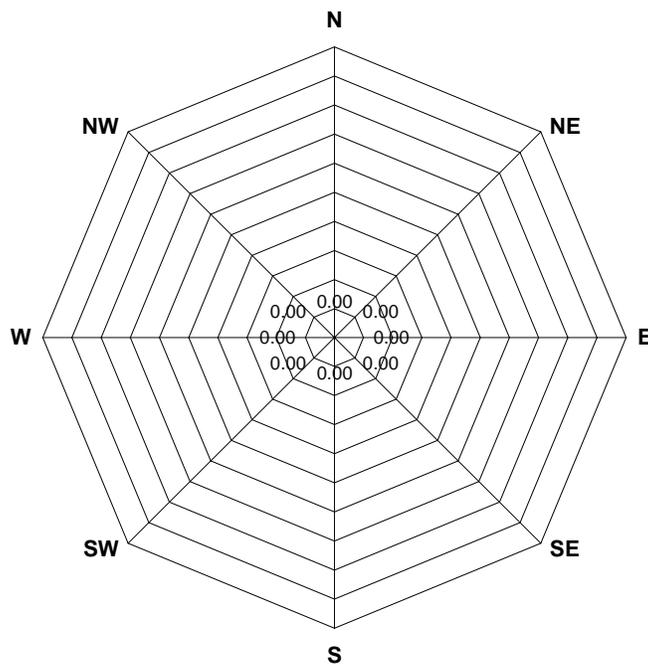


Fuente: datos del Servicio Meteorológico Nacional.

**Figura 3.13 Rosas de velocidades del viento para la Primavera.**  
Primavera (2 a 5)



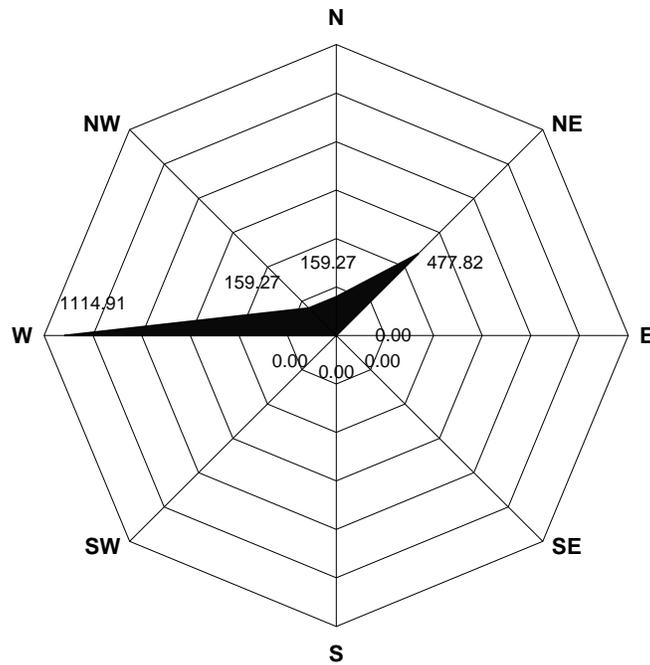
Primavera (5.5 a 8)



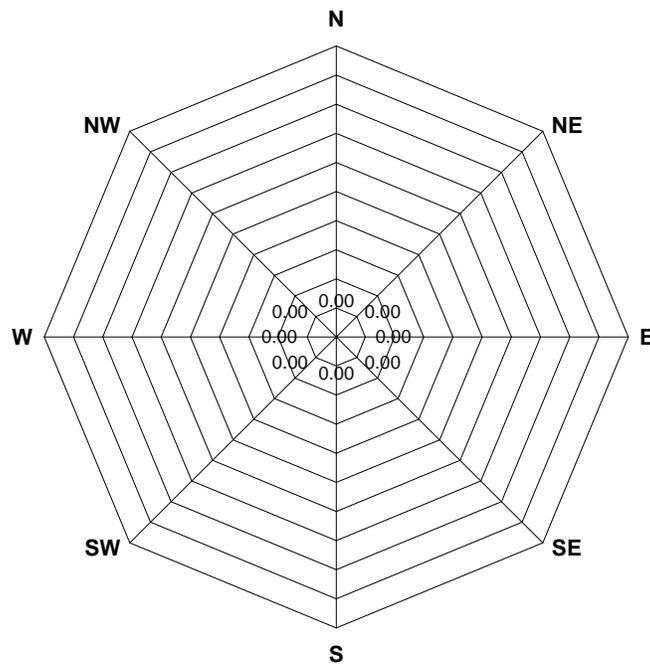
Fuente: datos del Servicio Meteorológico Nacional.



**Primavera (8.5 a 14)**



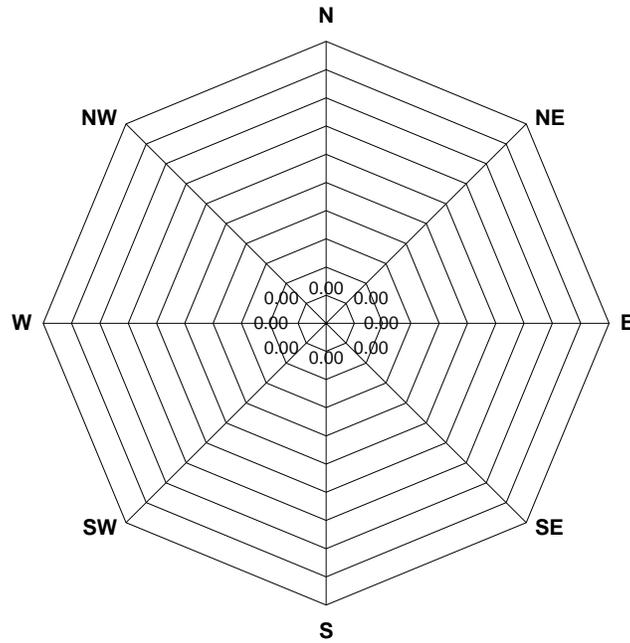
**Primavera (>14.5)**



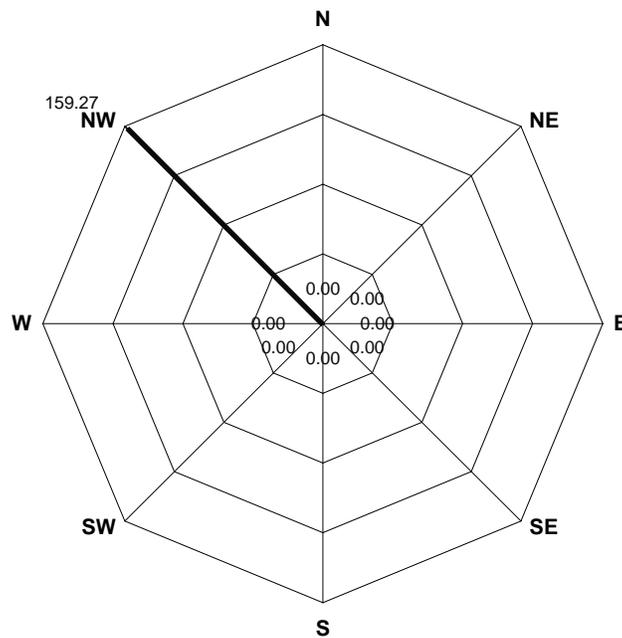
Fuente: datos del Servicio Meteorológico Nacional.

**Figura 3.14 Rosas de velocidades del viento para el Verano.**

Verano (2 a 5)



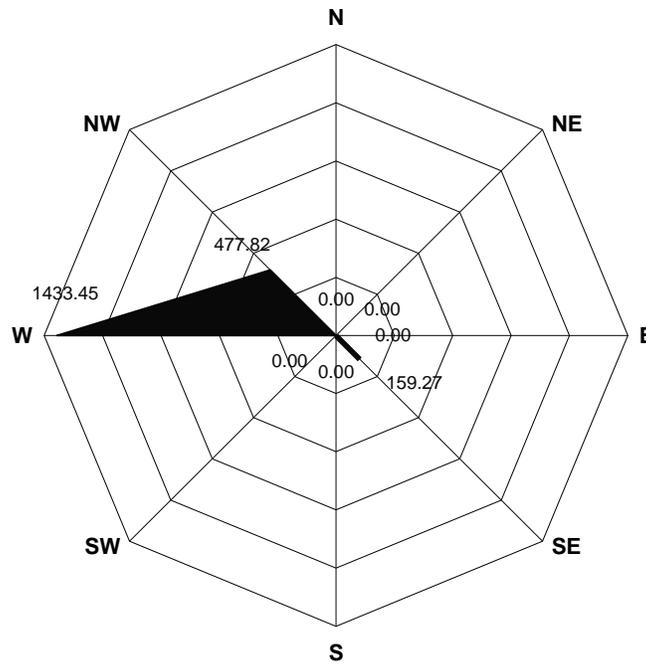
Verano (5.5 a 8)



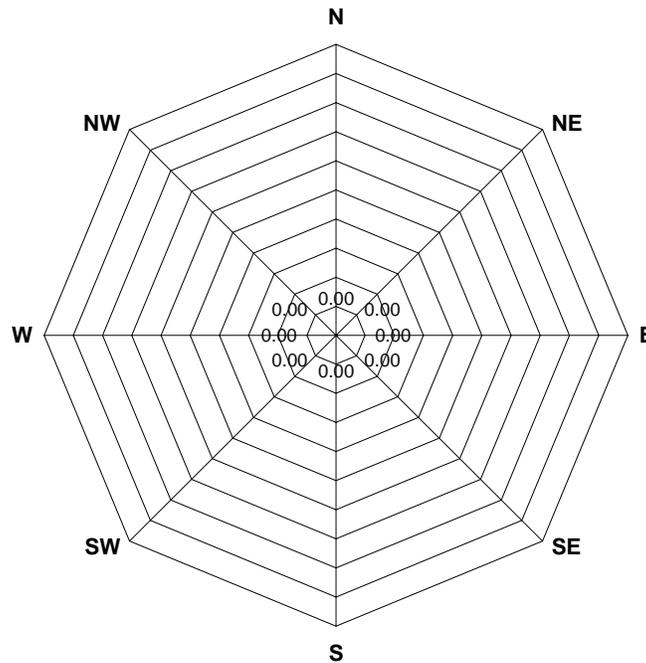
Fuente: datos del Servicio Meteorológico Nacional.



**Verano (8.5 a 14)**



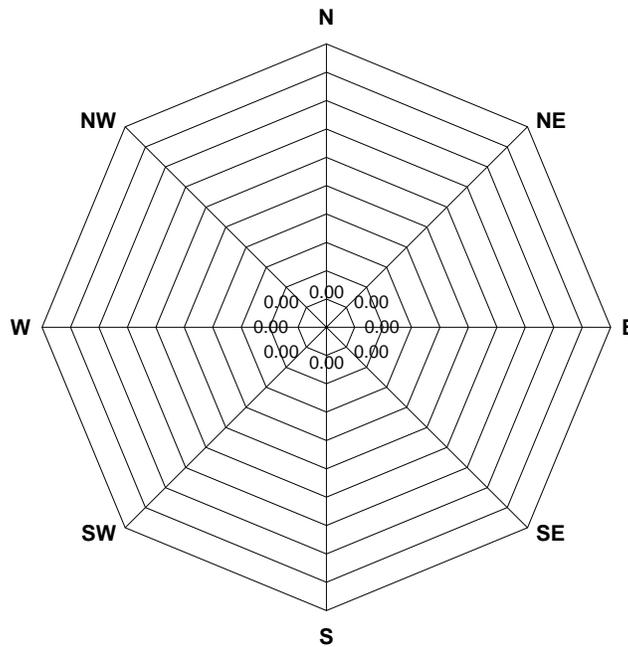
**Verano (>14.5)**



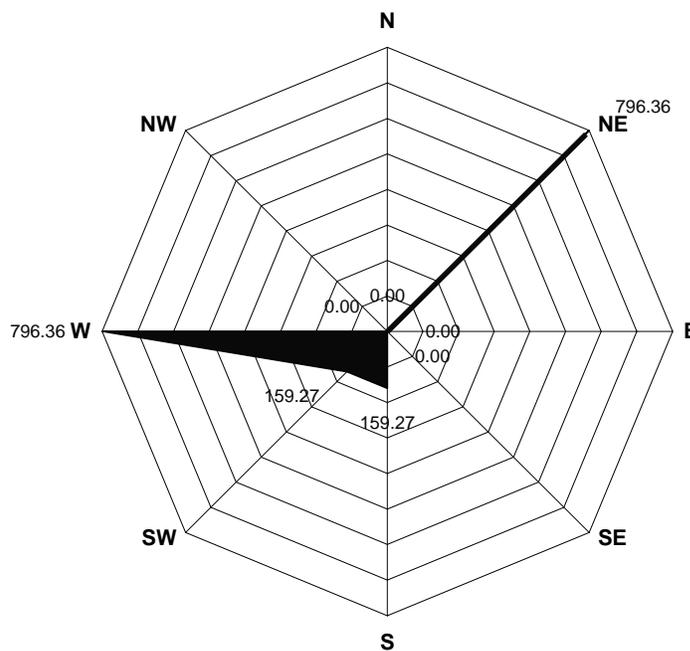
Fuente: datos del Servicio Meteorológico Nacional.

**Figura 3.15 Rosas de velocidades del viento para el Otoño.**

Otoño (2 a 5)



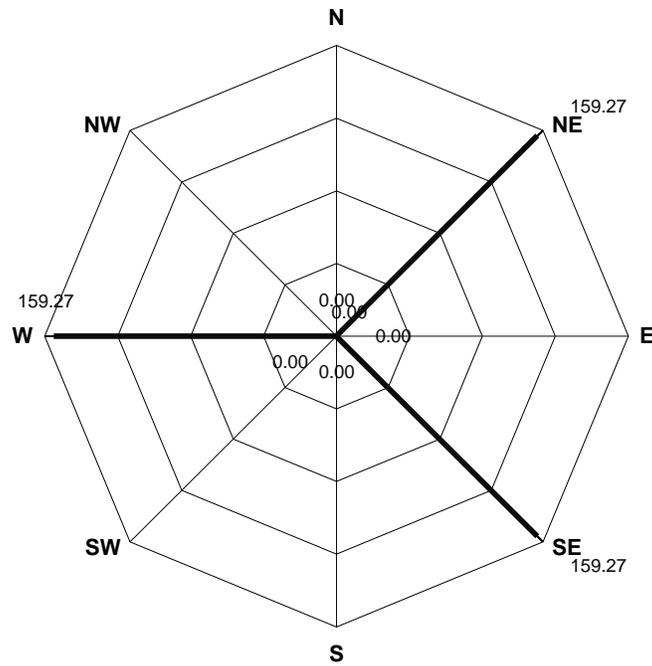
Otoño (5.5 a 8)



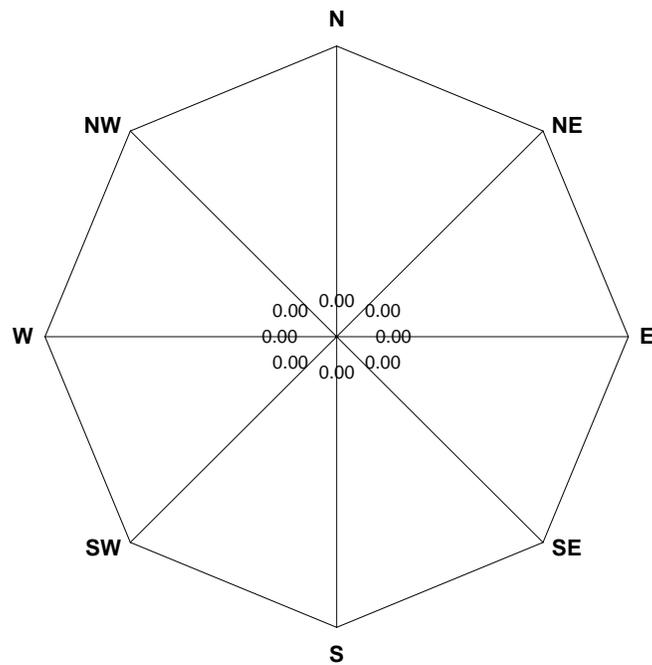
Fuente: datos del Servicio Meteorológico Nacional.



Otoño (8.5 a 14)



Otoño (>14.5)



Fuente: datos del Servicio Meteorológico Nacional.

# **BIBLIOGRAFÍA**



## BIBLIOGRAFÍA

### LIBROS CONSULTADOS

1. **Estadísticas de pesca de la región de Baja California Sur.**
  - Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca.
  - 1987-2003.
2. **Shore Protection Manual. Volume I.**
  - Department of the Army, US Army Corps of Engineers.
  - USA 1995.
3. **Operación, Administración y Planeación Portuarias.**
  - López Gutierrez Hector.
  - Editorial Escribanía.
  - México, D.F. 1999.
4. **Manual de diseño de obras civiles. Hidrotecnia. Hidráulica marítima.**
  - Comisión Federal de Electricidad.
  - Instituto de Investigaciones de la Industria Eléctrica.
  - México 1970.
5. **Manual del ingeniero civil.**
  - Frederick S. Merrit.
  - Tercera edición.
  - Tomo IV.
  - Mc Graw Hill
6. **Manual de Dimensionamiento Portuario.**
  - Dirección General de Puertos.
  - Coordinación General de Puertos y Marina Mercante.
  - Secretaría de Comunicaciones y Transportes.
  - México. 2001.
7. **Registros mensuales de vientos locales.**
  - Comisión Nacional del Agua.
  - México DF. 1985-2001.
8. **Memorias. Curso Práctico de Obras Marítimas de concreto.**
  - Dirección General de Puertos y Marina Mercante.
  - México D.F. 2005.



- 
- 9. Normas de construcción e instalación de costas y puertos.**
    - Secretaría de Comunicaciones y Transportes.
    - México 1984.
  
  - 10. Ingeniería marítima y portuaria.**
    - Macdonell M.G.: Pindter, V. J.; Herrejon de la T.L.; Piza, O.J. y López.
    - Editorial Alfa Omega.
    - México D.F. 2000.
  
  - 11. Aniversario Punta Abreojos, Libro Conmemorativo.**
    - Instituto Nacional de Pesca.
    - Punta Abreojos BCS, México, 1997.
  
  - 12. Ingeniería de Ríos y Costas. Apuntes.**
    - José H. Aguilar. Aboyen Orozco y Sempere Ramirez.
    - Editorial Arte y Fotografía S. A.
    - México D.F. Octubre de 1977.
  
  - 13. Tecnología del concreto.**
    - A.M. Neville.
    - Tomos I, II, y III.
    - Instituto mexicano del concreto A.C.
    - México D.F. 1999.
  
  - 14. Costos de construcción pesada. Volumen 2.**
    - Leopoldo Varela Alonso.
    - BIMSA CMDG. S.A. DE C.V.
    - Julio 2004.
  
  - 15. Manual de Diseño por sismo.**
    - Comisión Federal de Electricidad.
    - México 1998.
  
  - 16. Weather Unisys Hurricane.**
    - Servicio Meteorológico Nacional.
    - 2005.
  
  - 17. Sea and Swell Charts.**



## CARTAS Y PUBLICACIONES

### **18. Carta de Uso de Suelo y vegetación, San Isidro, escala 1:2500,000. Clave F12-4.**

- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.

### **19. Censos de población, (2000).**

- Gobierno del Estado de Baja California Sur y Municipio de Mulegé.
- BCS, México. año 2000.

### **20. Tablas numéricas de predicción de mareas 2005. Océano Pacífico.**

- Dirección General Adjunta de Oceanografía, Hidrografía y Meteorología.
- Secretaría de Marina-Armada de México.
- México, 2004.

### **21. Anuarios de pesca, (1998-2003).**

- Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca.
- México 2004.

## PÁGINAS WEB CONSULTADAS

### **22. <http://dgp.sct.gob.mx/fileadmin/Atlas/bcs.pdf>**

- Mapa del estado de Baja California Sur.
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes.
- Fecha de consulta: enero 2006

### **23. <http://www.lachsr.org/es/thesaurus/00000202>.**

- Evaluación económica.
- Fecha de consulta: enero 2006

### **24. <http://www.bcs.gob.mx>**

- Gobierno del Estado de Baja California Sur.
- Fecha de consulta: enero 2006

### **25. <http://www.imcyc.com>**

- Página del Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto.
- Fecha de consulta: enero 2006

### **26. [http://www.cemexmexico.com/co/co\\_lp.html](http://www.cemexmexico.com/co/co_lp.html)**

- Página de CEMEX concretos.
- Fecha de consulta: enero 2006



**27. <http://www.fester.com.mx/index.cfm?fuseaction=products.main&CatId=6>**

- Fester. Productos para concreto.
- Fecha de consulta: enero 2006

**28. <http://www.cat.com/cda>**

- Distribuidor de vehículos y maquinaria pesada Caterpillar.
- Fecha de consulta: enero 2006

**OTROS DOCUMENTOS CONSULTADOS**

**29. Archivo fotográfico, de mecánica de suelos y diseño de la empresa MB Desarrollos Integrales.**

- 2005 y 2006.

**30. Archivo fotográfico de la empresa Ingeniería y Proyectos de México.**

- De la obra prolongación y rehabilitación de escolleras en la boca de Tampachiche, Laguna de Tamiahua Veracruz.
- Tampachiche Veracruz. 2005 y 2006.