

# PLAN MAESTRO PORTUARIO DEL LITORAL PACÍFICO

Planes Maestros, Puerto Caldera

Ministerio de Obras Públicas y Transportes de Costa Rica

23 ENERO 2020



## Contactos

**JAAP DE GROOT**  
Project Manager

M +31 646129936  
E jaap.degroot@arcadis.com

Arcadis Nederland B.V.  
P.O. Box 137  
8000 AC Zwolle  
The Netherlands

## Historia del Documento

Revisión	Fecha	Estado	Número de Documento	Razón para revisión	Autores	Revisó	Aprobó
<b>A</b>	21-10-2019	Final	C03061.000252 R6-IV	Final	Equipo del Proyecto	J. Camacho B. Winder	J. de Groot
<b>B</b>	23-01-2020	Final	C03061.000252 R6-IV	Final	Equipo del Proyecto	J. Camacho B. Winder	J. de Groot

# CONTENIDO

<b>RESUMEN EJECUTIVO</b>	<b>13</b>
<b>1 INTRODUCCIÓN</b>	<b>32</b>
1.1 General	32
1.2 Grupo de consultores	33
<b>2 ASPECTOS AMBIENTALES Y CONDICIONES DEL SITIO</b>	<b>34</b>
2.1 Mareas	34
2.2 Corrientes	35
2.3 Oleaje	39
2.3.1 Condiciones operacionales	40
2.3.1.1 <i>Condiciones en aguas profundas</i>	40
2.3.1.2 <i>Condiciones en aguas someras</i>	45
2.3.2 Condiciones extremas	55
2.3.2.1 <i>Aguas profundas</i>	55
2.3.2.2 <i>Aguas someras</i>	55
2.4 Viento	59
2.5 Sísmico	62
2.6 Subsuelo	66
2.7 Análisis de información	67
<b>3 ANÁLISIS DE PUERTO CALDERA</b>	<b>68</b>
3.1 Ubicación	68
3.2 Modelo de administración de Puerto Caldera	68
3.2.1 Introducción	68
3.2.2 Responsabilidades de funciones en Puerto Caldera	70
3.2.3 Datos de contratos	71
3.2.3.1 <i>Sociedad Portuaria de Caldera (SPC)</i>	71
3.2.3.2 <i>Sociedad Portuaria Granelera de Caldera (SPGC)</i>	71
3.2.3.3 SAAM	72
3.2.4 Contraprestaciones y tarifas	72
3.2.5 Inversiones	72

3.2.6	Obligaciones y mantenimiento de elementos en Puerto Caldera	73
3.2.6.1	<i>SPC: Terminal general</i>	73
3.2.6.2	<i>SPGC: Terminal granelera</i>	73
3.2.6.3	<i>INCOP/MOPT</i>	73
<b>3.3</b>	<b>Características comerciales de los Puertos de Caldera</b>	<b>74</b>
3.3.1	Características de movilización de carga	74
3.3.2	Importaciones versus exportaciones	75
3.3.3	Contenedores en TEU	76
3.3.4	Principales productos de graneles solidos	77
<b>3.4</b>	<b>Arribos de barcos</b>	<b>77</b>
<b>3.5</b>	<b>Eslora de los buques</b>	<b>79</b>
<b>3.6</b>	<b>Estadísticas de estadía</b>	<b>81</b>
3.6.1	Buques de contenedores	81
3.6.2	Buques graneleros	81
<b>3.7</b>	<b>Descripción de Puerto Caldera</b>	<b>82</b>
3.7.1	General	82
3.7.2	Accesos náuticos	82
3.7.2.1	<i>La dársena y canal de acceso</i>	82
3.7.2.2	<i>Fondeo</i>	86
3.7.2.3	<i>Rompeolas</i>	86
3.7.2.4	<i>Dragado de mantenimiento</i>	90
3.7.3	Infraestructuras y superestructuras existentes	95
3.7.3.1	<i>Los puestos</i>	95
3.7.3.2	<i>Áreas de almacenamiento de carga</i>	99
3.7.3.3	<i>Servicios</i>	100
3.7.3.4	<i>Edificios</i>	101
3.7.4	Personal	102
3.7.5	Otros	102
3.7.5.1	<i>Accesos del puerto</i>	102
3.7.5.2	<i>Área administrativa</i>	105
3.7.5.3	<i>Certificaciones</i>	105
3.7.6	Equipos de Puerto Caldera	106
<b>3.8</b>	<b>Análisis de manejo de carga en el Puerto de Caldera</b>	<b>108</b>
3.8.1	Manejo actual de la carga	108
3.8.1.1	<i>Contenedores</i>	108
3.8.1.2	<i>Graneles sólidos</i>	109
3.8.1.3	<i>Ro-ro</i>	110
3.8.1.4	<i>Acero</i>	111
3.8.1.5	<i>Carga general</i>	111
3.8.1.6	<i>Atún</i>	111

3.8.1.7	<i>Cruceros</i>	111
3.8.1.8	<i>Graneles líquidos</i>	111
<b>3.9</b>	<b>Capacidad del puerto actual</b>	<b>112</b>
3.9.1	Introducción	112
3.9.2	Productividad (Indicadores clave de rendimiento, KPI)	112
3.9.2.1	<i>Introducción</i>	112
3.9.2.2	<i>Productividad de las grúas</i>	113
3.9.2.3	<i>Productividad del muelle</i>	114
3.9.2.4	<i>Ocupación de puestos</i>	114
3.9.2.5	<i>Productividad del patio</i>	115
3.9.2.6	<i>Tiempo de permanencia</i>	115
3.9.2.7	<i>Disponibilidad del equipo</i>	115
3.9.3	Capacidad marítima (de la línea de atraque)	116
3.9.3.1	<i>Introducción</i>	116
3.9.3.2	<i>Capacidad</i>	117
3.9.4	Capacidad terrestre (almacenamiento)	119
3.9.4.1	<i>General</i>	119
3.9.4.2	<i>Contenedores</i>	120
3.9.4.3	<i>Vehículos</i>	120
3.9.4.4	<i>Carga general</i>	121
3.9.5	Capacidad de las puertas de acceso	121
3.9.6	Conclusiones	121
<b>3.10</b>	<b>Cuellos de botella de la capacidad y limitaciones de uso de los espacios</b>	<b>122</b>
<b>3.11</b>	<b>Interior / Área de influencia (<i>hinterland</i>)</b>	<b>123</b>
<b>3.12</b>	<b>Desempeño financiero</b>	<b>127</b>
3.12.1	Concesionario financiero (SPC, SPGC y SAAM)	127
3.12.1.1	<i>SPC</i>	127
3.12.1.2	<i>SPGC</i>	130
3.12.1.3	<i>SAAM</i>	131
3.12.2	Finanzas INCOP	132
3.12.3	Tarifas	137
3.12.4	Resumen	138
<b>4</b>	<b>PRONÓSTICOS DE CARGA PARA PUERTO CALDERA</b>	<b>139</b>
4.1	Desarrollo de la economía de Costa Rica	139
4.2	Sector marítimo de Costa Rica	139
4.3	Competencia entre Limón-Moín y Puerto Caldera	139
4.4	Controladores económicos	140
4.5	Desarrollos esperados por producto	141
4.5.1	Contenedores	141

4.5.2	Tráfico ro-ro vehículos	141
4.5.3	Tráfico ro-ro ferry Costa Rica-El Salvador	142
4.5.4	Carga general - Hierro y acero	142
4.5.5	Carga general - otra carga general	142
4.5.6	Carga general - fruta paletizada	143
4.5.7	Carga general - importaciones de atún	143
4.5.8	Cereales - introducción	143
4.5.9	Cereales - maíz	143
4.5.10	Cereales - trigo	144
4.5.11	Cereales - frijoles de soja	144
4.5.12	Cereales - arroz	144
4.5.13	Cereales - otros cereales	145
4.5.14	Cereales - pronóstico del tráfico de embarcaciones	145
4.5.15	Gráneles secos no comestibles - fertilizantes	145
4.5.16	Graneles secos no comestibles - <i>petcoke</i>	146
4.5.17	Graneles secos no comestibles – otros graneles secos	146
4.5.18	Grano seco no comestible: pronóstico de tráfico de buques	146
4.5.19	Graneles líquidos	146
4.6	Resumen del pronóstico de volumen de carga y de tráfico para Puerto Caldera	146
4.7	Restricciones de infraestructura o de mercado a los tamaños de los buques	148
4.8	Análisis FODA	148
4.9	Visión general del pronóstico del escenario base	149
4.10	Escenarios bajo y alto Puerto Caldera	151
<b>5</b>	<b>CAPACIDADES REQUERIDAS</b>	<b>156</b>
5.1	Náutica	156
5.1.1	Introducción	156
5.1.2	Criterios de diseño considerados	156
5.1.2.1	<i>Buques de diseño</i>	156
5.1.2.2	<i>Operaciones de pilotaje existentes</i>	156
5.1.2.3	<i>Servicios de remolcadores y atraques actuales</i>	157
5.1.3	Zonas de atraque	157
5.1.4	La dársena	158
5.1.5	Canal de acceso	162
5.1.6	Fondeo	162
5.1.7	Resumen de dimensiones de infraestructura marítima	163
5.2	Marítima	164
5.2.1	Contenedores	164
5.2.2	Carga general	165

5.2.3	Carga a granel	166
5.2.4	Vehículos	169
5.2.5	Ferry	170
5.2.6	Líquidos	171
5.2.7	Resumen	172
<b>5.3</b>	<b>Terrestre</b>	<b>174</b>
5.3.1	Contenedores	174
5.3.2	Carga general	176
5.3.3	Carga a granel	177
5.3.4	Vehículos	178
5.3.5	Ferry	178
5.3.6	Resumen	179
<b>6</b>	<b>EL PLAN MAESTRO</b>	<b>180</b>
6.1	Opciones	180
6.2	Opción 1	184
6.3	Opción 2	185
6.4	Opción 3	186
6.5	Opción 4	187
6.6	Opción 5 A	188
6.7	Opción 5 B	189
6.8	Opción 6 A	190
6.9	Opción 6 B	191
6.10	Opción 7 A	192
6.11	Opción 7 B	193
6.12	Opción 8	194
6.13	Análisis multicriterio	195
6.13.1	Metodología	195
6.13.2	Identificación de principales criterios por evaluar	196
6.13.2.1	<i>Factores técnicos</i>	197
6.13.2.2	<i>Factores operacionales</i>	197
6.13.2.3	<i>Ambiental y social</i>	198
6.13.2.4	<i>Costos</i>	198
6.13.2.5	<i>Riesgos</i>	198
6.13.3	Asignación de puntajes	199
6.13.4	Asignación de pesos relativos a los criterios	211
6.13.5	Conclusión	215
6.13.5.1	<i>Resultados del AMC análisis</i>	215
6.13.5.2	<i>Presentación del AMC análisis al cliente y selección de la opción preferida</i>	215

6.14	El Plan Maestro ( opción seleccionada)	217
<b>7</b>	<b>PROYECTOS</b>	<b>223</b>
7.1	Introducción	223
7.2	Mitigación de la sedimentación	223
7.2.1	General	223
7.2.2	Análisis del problema de sedimentación	225
7.2.3	Estimación del transporte de sedimentos longitudinal utilizando modelos numéricos	230
7.2.4	Conclusiones de sedimentación en el puerto	234
7.2.5	Diseño conceptual medidas por sedimentación	236
7.2.5.1	<i>Opción 1 – No hacer nada</i>	236
7.2.5.2	<i>Opción 2 – Extensión lateral del rompeolas existente</i>	237
7.2.5.3	<i>Opción 3 – Extensión perpendicular al sur del rompeolas existente</i>	237
7.2.5.4	<i>Opción 4 – Extensión perpendicular al norte del rompeolas existente</i>	238
7.2.5.5	<i>Opción 5 – Eliminación de arena usando un dispositivo flotante</i>	238
7.2.5.6	<i>Opción 6 – Remoción mecánica de la arena utilizando equipo de excavación</i>	238
7.2.6	Diseño recomendado	239
7.2.6.1	<i>Evaluación de las alternativas más factibles</i>	239
7.2.6.2	<i>Costos de inversión y mantenimiento de las opciones más factibles</i>	242
7.2.6.3	<i>Valor presente neto de las alternativas más viables</i>	243
7.2.6.4	<i>Diseño recomendado</i>	244
7.2.6.5	<i>Metodología de dragado y consideración de seguridad para la estabilidad del rompeolas</i>	245
7.2.7	Diseño Conceptual del espigón	247
7.2.7.1	<i>Puntos de partida</i>	247
7.2.7.2	<i>Diseño del espigón</i>	247
7.3	Desarrollo de la terminal de contenedores	250
7.3.1	Introducción	250
7.3.2	Diseño conceptual de las estructuras de atraque	250
7.3.2.1	<i>Criterio de diseño</i>	250
7.3.2.2	<i>Sismicidad</i>	250
7.3.2.3	<i>Perfil del suelo</i>	251
7.3.2.4	<i>Estructura del muelle existente</i>	255
7.3.2.5	<i>Opciones Puestos 1 – 3</i>	256
7.3.2.6	<i>Análisis multicriterio del muelle pantalla</i>	259
7.3.3	Almacenamiento	261
7.3.3.1	<i>Tipo de pavimento</i>	261
7.3.3.2	<i>Diseño conceptual de los patios contenedores</i>	263
7.3.3.3	<i>Diseño conceptual de los patios carga general</i>	267
7.3.4	Equipos adicionales	267
7.3.5	Instalación de escáneres	270
7.4	La construcción de un atracadero adicional para ferry, carga general y ro-ro	271



7.5	Mejora de la terminal a granel (puesto 4)	271
7.5.1	Diseño recomendado	273
7.5.2	Equipos adicionales	275
7.6	Área de estacionamiento de camiones	276
7.6.1	Introducción	276
7.6.2	Diseño funcional	276
7.6.3	Tamaño de estacionamiento	277
7.6.3.1	<i>Opciones de ubicación</i>	277
7.6.3.2	<i>Diseño y esquema de estacionamiento</i>	284
7.7	Medidas para disminuir el tiempo de inactividad en el Puesto 4	285
7.7.1	Introducción	285
7.7.2	Metodología	285
7.7.3	Diseño conceptual	286
7.7.3.1	<i>Extensión del rompeolas</i>	286
7.7.3.2	<i>Shoretension</i>	287
7.7.4	Diseño recomendado	291
7.8	Estabilización de la costa	292
7.8.1	Introducción	292
7.8.2	Diseño conceptual	293
7.8.2.1	<i>Opción 1 – Alimentación de la playa utilizando sedimentos dragados del puerto</i>	293
7.8.3	Diseño recomendado	295
7.8.3.1	<i>Concepto seleccionado</i>	295
7.9	Reubicación del puerto de servicio y desarrollo de instalaciones de guardacostas	299
7.9.1	Nueva ubicación del Puerto de Servicio y las facilidades para guardacostas	299
7.9.2	Especificaciones de los remolcadores	299
7.9.3	Atracadero para buques guardacostas	303
<b>8</b>	<b>ESTIMACIÓN DE LOS COSTOS</b>	<b>304</b>
8.1	Mitigación de la sedimentación	304
8.2	Desarrollo de terminal de contenedores	305
8.2.1	Fase A	305
8.2.2	Fase B	309
8.3	La construcción de un atracadero adicional para ferry, carga general y ro-ro.	310
8.4	Mejora de la terminal a granel (puesto 4)	311
8.5	Área de estacionamiento de camiones	312
8.6	Medidas para disminuir el tiempo de inactividad en el Puesto 4	312
8.7	Estabilización de la Costa	313
8.8	Reubicación del puerto de servicio y desarrollo de instalaciones de guardacostas	314

<b>9</b>	<b>ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO</b>	<b>315</b>
9.1	Introducción	315
<b>9.2</b>	<b>Ingresos</b>	<b>316</b>
9.2.1	Proyecto 2 y 3: terminal de contenedores, ro-ro y ferry	316
9.2.2	Proyecto 4+6: terminal de gráneles sólidos	318
9.2.3	Combinación proyectos	319
<b>9.3</b>	<b>Inversiones</b>	<b>320</b>
9.3.1	Proyecto 2 y 3: Terminal de contenedores, ro-ro y ferry	320
9.3.2	Proyecto 4+6: Terminal de graneles sólidos	321
9.3.3	Los proyectos combinados	321
<b>9.4</b>	<b>Los costos operacionales</b>	<b>322</b>
9.4.1	Proyecto 2 y 3: terminal de contenedores, ro-ro y ferry	322
9.4.2	Proyecto 4+6: terminal de graneles sólidos	324
9.4.3	Los proyectos combinados	325
<b>9.5</b>	<b>Factibilidad de los proyectos</b>	<b>326</b>
<b>9.6</b>	<b>Los costos financieros</b>	<b>326</b>
9.6.1	Proyecto 2 y 3: terminal de contenedores, roro y ferry	327
9.6.2	Proyecto 4+6: terminal de graneles sólidos	328
9.6.3	Los proyectos combinados	329
<b>9.7</b>	<b>Los pagos de canon</b>	<b>330</b>
<b>9.8</b>	<b>Flujos de caja</b>	<b>331</b>
9.8.1	Proyecto 2 y 3: terminal de contenedores, ro-ro y ferry	331
9.8.2	Proyecto 4+6: terminal de graneles sólidos	334
9.8.3	Los proyectos combinados	336
<b>9.9</b>	<b>Opciones de flujo de caja</b>	<b>337</b>
<b>9.10</b>	<b>Conclusiones y recomendaciones</b>	<b>339</b>
<b>10</b>	<b>PROGRAMA DE INVERSIONES</b>	<b>340</b>
10.1	General	340
10.2	Técnica	340
10.2.1	Fase A	343
10.2.1.1	<i>Trabajos marítimos</i>	343
10.2.1.2	<i>Trabajos en tierra</i>	354
10.2.2	Fase B	355
10.2.2.1	<i>Trabajos marítimos</i>	355
10.2.2.2	<i>Trabajos en tierra</i>	356
10.2.3	Fase C	357
10.3	Financiera	357

10.4	PPP Opciones	358
10.4.1	Introducción	358
10.4.2	Opción 1: "no hacer nada"	359
10.4.3	Opción 2: "invertir en infraestructura y equipo por el Gobierno"	359
10.4.4	Opción 3: "invertir en infraestructura y equipamiento por la concesionaria"	360
10.4.4.1	<i>Opción 3A: mantener el formato de 3 contratos de concesión</i>	360
10.4.4.2	<i>Opción 3B: Combine el contrato 1 y 2 en 1 contrato de concesión, mantenga el contrato 3, SAAM por separado</i>	360
10.5	Resume / Matriz de inversiones	362
<b>REFERENCIAS</b>		<b>365</b>
<b>APPENDICES</b>		<b>366</b>
<b>APÉNDICE</b>		
<b>APÉNDICE A OPCIONES DE PUERTO</b>		<b>367</b>
<b>APÉNDICE B CUADRO DE CARACTERÍSTICAS DE LAS OPCIONES Y ANÁLISIS PRELIMINAR AMBIENTAL</b>		<b>368</b>
<b>APÉNDICE C GRÁFICOS DE INTERPRETACIÓN DE SUBSUELO</b>		<b>377</b>
<b>APÉNDICE D PLAN MAESTRO</b>		<b>378</b>
<b>APÉNDICE E PLAN MAESTRO FASE A</b>		<b>379</b>
<b>APÉNDICE F PLAN MAESTRO FASE B</b>		<b>380</b>
<b>APÉNDICE G INFORMES TAREA 1, TAREA 2 Y TAREA 3</b>		<b>381</b>
<b>APÉNDICE H INFORME TAREA 4: DETERMINACIÓN DE ACTUACIONES DE URGENCIA EN PUERTO CALDERA</b>		<b>382</b>
<b>APÉNDICE I INFORME TAREA 5: PREPARACIÓN DE ESCENARIOS PREVISTOS DE TRÁFICO PARA CORTO, MEDIO Y LARGO PLAZO</b>		<b>383</b>
<b>APÉNDICE J INFORME TAREA 6: ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD DE LOS PUERTOS Y UTILIZACIÓN DE LOS ESPACIOS</b>		<b>384</b>

**APÉNDICE K INFORME TAREA 9: ELABORACIÓN DETALLADA DEL PLAN  
SELECCIONADO**

**385**

## RESUMEN EJECUTIVO

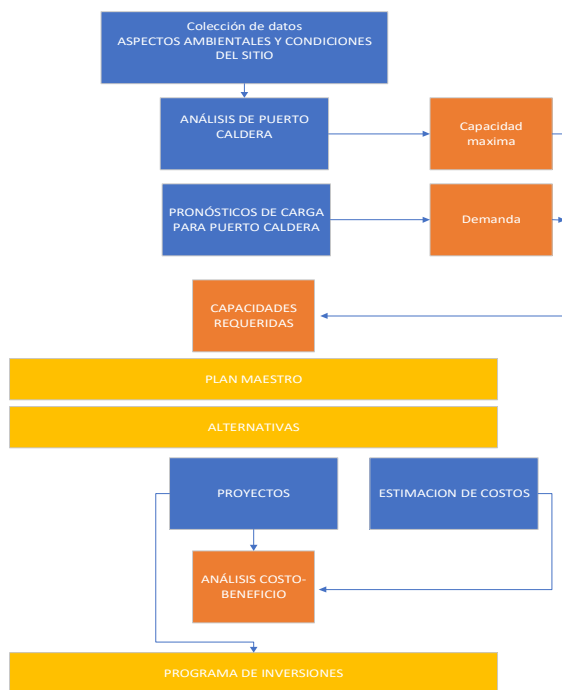
El Gobierno de la República lleva realizando un importante esfuerzo para mejorar la infraestructura del país, con el propósito de disminuir el rezago que tiene Costa Rica respecto a inversiones en infraestructura de transporte, reducir los costos y tiempos de viaje de personas y bienes e incrementar la seguridad vial. Es así como, el Programa de Infraestructura de Transporte (PIT) se enmarca dentro de este esfuerzo, que viene a complementar otros proyectos de infraestructura y transporte financiados por el BID en Costa Rica, y que se están ejecutando.

El Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT) ha encargado al consorcio Arcadis y Camacho y Mora y sus subcontratistas Port Consultants Rotterdam (PCR) y Gapro SA para preparar el Plan Maestro a largo plazo para los puertos a lo largo de la costa del Pacífico de Costa Rica. El objetivo principal es preparar un Plan Maestro o plan de desarrollo de puertos para los puertos de la costa del pacífico de Costa Rica con énfasis en Puerto Caldera. En este informe se presenta el plan maestro para Puerto Caldera.

### 0.0 INTRODUCCIÓN AL CONTENIDO DEL RESUMEN EJECUTIVO

En este resumen ejecutivo, se presentan los puntos clave del proyecto que definen el desarrollo en fases del Plan Maestro y su impacto en la sociedad y economía costarricense. La *Figura 0-1* presenta el diagrama de flujo de trabajo y de las actividades que se desarrollaron a lo largo del proyecto. Las tareas realizadas y la metodología de trabajo se presentan en la *Figura 0-2*.

En este resumen ejecutivo, se empieza por describir el desarrollo de la economía costarricense y su vínculo con el sector marítimo, enfatizando la competencia existente entre el Puerto Limón-Moín y Puerto Caldera, el último es el foco de este proyecto. En base a esta información se presentan los puntos más relevantes del pronóstico de volumen de carga y tráfico para Caldera. Con los resultados del estudio de mercado, se definen las capacidades requeridas en el puerto, referente a los buques de diseño - tipos de buque y sus dimensiones -, las dimensiones de la infraestructura marítima y consecuentemente, los puesto y patios necesarios para soportar las actividades ejercidas en la parte marítima. En base a toda la anterior información, se propusieron varias alternativas de diseño del desarrollo del puerto y se realizó un análisis multicriterio para determinar la mejor opción la cual se presenta en este resumen ejecutivo. Finalmente, se presentan los aspectos más relevantes del análisis Costo-Beneficio realizado y subsecuentemente, se proponen programas de inversión.



*Figura 0-1 Flujo de actividades del proyecto*

## Tareas

**Tarea 1,2,3:** Informe partes interesadas, Toma de datos iniciales, Análisis de la posición competitiva de los puertos del litoral Pacífico

**Tarea 4:** Determinación de actuaciones de urgencia en Puerto Caldera.

**Tarea 5:** Preparación de escenarios previstos de tráfico para corto, medio y largo plazo

**Tarea 6:** Análisis de la capacidad de los puertos y utilización de los espacios

**Tarea 7A+8:** Elaboración preliminar de Planes de desarrollo alternativos , Análisis multicriterio y selección de alternativas Caldera

**Tarea 7B:** Elaboración preliminar de Planes de desarrollo alternativos , Otros Puertos

**Tarea 7C:** Modelo Financiero

**Tarea 9:** Elaboración detallada del Plan seleccionado e informe final

**Tarea 10:** Difusión del Plan

Figura 0-2 Tareas realizadas

## 0.1 DESARROLLO DE LA ECONOMÍA DE COSTA RICA Y SU RELACIÓN CON EL SECTOR MARÍTIMO

### Economía costarricense

La economía costarricense ha mostrado un desarrollo estable por varios años. El PIB fue de 58,1 mil millones de USD en 2017, con un crecimiento promedio del PIB de 3,5% durante el período 2007-2017. En los próximos cinco años, el FMI espera tasas de crecimiento de la misma magnitud. En este informe, se adopta una cifra de 3,5% de crecimiento hasta 2035, y una cifra de 3,0% a partir de entonces. El nivel de vida es más alto que en otros países de América Latina. En 2017, el PIB per cápita era de 11.700 USD. Sólo Panamá tiene un PIB per cápita más alto (15.100 USD), pero Nicaragua, El Salvador, Honduras y Guatemala cuentan con una considerable baja, entre 2.200 USD y 4.500 USD. La población costarricense se situó en 4,95 millones de personas en 2017. La tasa de crecimiento es baja, del 1,2% anual y está disminuyendo lentamente.

La economía costarricense pasó de basarse sólo en la agricultura a desarrollarse de una forma más diversificada con el turismo, la fabricación (electrónica, componentes médicos) y los servicios de TI como sectores importantes. Los principales productos de importación (según su valor) son equipos electrónicos y maquinaria, productos químicos, vehículos, productos de plástico y caucho, productos derivados del petróleo y metales. Los principales productos de exportación son plátanos y otras frutas tropicales, instrumentos médicos, productos electrónicos y alimentos procesados. La gran deuda pública y la escasez de presupuesto, la ineficiencia del sector público y la infraestructura deficiente son los principales desafíos económicos.

### Sector Marítimo en Costa Rica

En relación al sector marítimo, Costa Rica tiene dos puertos principales: Limón y Moín (generalmente visto como un solo complejo portuario) en la costa del Caribe y Puerto Caldera, en la costa del Pacífico. Limón-Moín maneja más del doble de carga que Puerto Caldera, respectivamente 11,5 millones de toneladas contra 5,2 millones de toneladas. Ambos puertos sufren de congestión y limitaciones de infraestructura (profundidad del agua, número de atraques), aunque Limón-Moín más que Puerto Caldera. La distancia por carretera desde

Puerto Caldera al Área Metropolitana de San José es más corta que desde Limón-Moín y también menos congestionada. En Moín, APM Terminals está desarrollando la Terminal de Contenedores Moín (TCM). Este proyecto proporcionará a Costa Rica una terminal de contenedores de aguas profundas, capaz de recibir grandes buques portacontenedores.

### Competencia entre Limón-Moín y Puerto Caldera

Será posible realizar un arribo directo con un portacontenedores grande a un puerto costarricense (hasta 12.500-13.000 TEU en la fase 1 de TCM y hasta 20.000 TEU en la fase 2 de TCM). El efecto puede ser que las importaciones y Un tema importante para el pronóstico de futuros volúmenes de carga en Puerto Caldera es el grado en que la apertura de TCM cambiará la competencia entre Limón-Moín y Caldera. Con TCM en operación, hay dos efectos que posiblemente puedan afectar los volúmenes de carga en Puerto Caldera:

1. exportaciones en contenedores hacia y desde el Lejano Oriente elijan a la TCM para una línea principal directa en lugar de a Caldera, donde se necesita transbordo en Manzanillo (México) o Balboa (Panamá). Los arribos directos a la TCM desde el Lejano Oriente requerirían el paso del Canal de Panamá, pero ahorrarían en el tramo de transbordo necesario para llegar a Caldera. Sin embargo, Puerto Caldera seguirá teniendo un punto fuerte: su proximidad a San José. Los costos de transporte en Costa Rica son bastante altos en comparación con los estándares internacionales. Llegar al Área Metropolitana cuesta mucho menos desde Caldera que desde Limón-Moín, debido a la mayor distancia y al hecho de que la carretera RN 32 desde Limón a San José está más congestionada que la carretera RN 27 desde Puerto Caldera a San José. Sin embargo, con base en un análisis de los costos de transportes que posiblemente por marítimo y transporte por carretera, se espera que el efecto no sea muy fuerte. Este análisis tiene en cuenta que la ruta 32 está en proceso de ampliación. Puerto Caldera puede perder parte del mercado de contenedores a favor de TCM, pero solo de forma limitada.
2. Se puede esperar que TCM retire todo o la mayoría del tráfico de contenedores de las instalaciones portuarias existentes en Limón y Moín, resolviendo así la congestión y creando capacidad para un volumen de carga adicional. Esto podría abrir oportunidades para las importaciones de cereales desde los EE.UU. a Limón-Moín, en lugar de Caldera, lo que salvaría un pasaje por el Canal de Panamá. Puerto Caldera tiene algunos puntos fuertes: la profundidad máxima es de 13 m a lo largo del atracadero 4, por lo que el calado máximo de la embarcación es de alrededor de 12 m, mientras que en Limón-Moín el calado máximo es de 10,6 m. Esto puede ser una limitación para algunos de los importadores de cereales. El clima húmedo en la costa del Caribe no es muy adecuado para la descarga de cereales directamente en camiones (que es lo habitual en Costa Rica). Los argumentos más fuertes para importar por medio de Caldera son el hecho de que la mayoría de los importadores han invertido en silos en las cercanías de Caldera y los altos costos de transporte. Un análisis de los costos de ida y vuelta de los buques a granel y los costos de transporte por carretera muestra que el costo de pasar el canal de Panamá para llegar a Puerto Caldera desde el Golfo de los Estados Unidos se compensa fácilmente con los ahorros en los costos de transporte. Por lo tanto, no se espera que Puerto Caldera pierda cuota de mercado en el mercado de cereales.

## 0.2 RESUMEN DEL PRONÓSTICO DE VOLUMEN DE CARGA Y DE TRÁFICO PARA PUERTO CALDERA

En este resumen ejecutivo se presenta una descripción general del pronóstico de carga y tráfico para Puerto Caldera. El pronóstico en la tabla 0-2 es sólo el caso base, presentando una visión general de los volúmenes por grupo de productos principales y el tráfico de buques por grupo principal de productos. Se han desarrollado un escenario bajo y otro alto para Puerto Caldera, con base en las variaciones en las tasas de crecimiento de la carga y la evolución de la cuota de mercado portuaria. En el escenario bajo, se consideran menores tasas de crecimiento, así como una cierta pérdida de cuota de mercado para Limón-Moín después de la apertura de TCM. En el escenario alto, se han considerado mayores tasas de crecimiento. Las tablas completas de los tres escenarios de pronóstico -bajo, base y alto- están disponibles en los anexos de este informe. Es importante destacar que se usaron los resultados del escenario base para los cálculos financieros y los del escenario alto para el diseño del Plan Maestro, procurando así satisfacer las necesidades del puerto y los clientes si se diera el escenario alto.

Tabla 0-1 Resumen del volumen de carga del caso base de Puerto Caldera y pronóstico del tráfico de buques

Producto	unidad	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2030	2035	2040	TCAC 17-40
<b>Volumen de carga</b>														
Contenedores	1000 TEU	290	308	319	324	330	336	341	347	353	419	497	577	3,0%
Contenedores	1000 toneladas	2.142	2.369	2.454	2.497	2.541	2.585	2.628	2.672	2.715	3.224	3.830	4.439	3,2%
Ro-ro	1000 toneladas	65	165	579	680	681	682	683	685	686	692	698	705	10,9%
Carga general	1000 toneladas	608	546	533	519	527	536	545	554	563	624	714	805	1,2%
Cereales	1000 toneladas	1.739	1.758	1.794	1.829	1.881	1.932	1.982	2.031	2.078	2.293	2.495	2.684	1,9%
Graneles sólidos no comestibles	1000 toneladas	660	580	580	580	580	580	580	580	580	580	580	580	-0,6%
Graneles líquidos	1000 toneladas	6	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	2,4%
Total	1000 toneladas	5.219	5.428	5.950	6.115	6.220	6.325	6.429	6.531	6.632	7.422	8.327	9.223	2,5%
<b>Tráfico de buques</b>														
Contenedores	arribos	259	266	272	274	276	277	279	281	282	335	398	461	
Ro-ro	arribos	102	115	229	226	227	229	230	232	233	241	249	257	
Carga general	arribos	107	133	129	125	124	124	124	124	123	129	145	162	
Graneles sólidos	arribos	121	123	125	127	130	132	135	137	140	151	162	172	
Graneles líquidos	arribos	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Total	arribos	589	639	758	753	759	764	770	775	781	858	956	1.053	
Contenedores	arribos	259	266	272	274	276	277	279	281	282	335	398	461	
Ro-ro	arribos	102	115	229	226	227	229	230	232	233	241	249	257	
Carga general	arribos	107	133	129	125	124	124	124	124	123	129	145	162	
Graneles sólidos	arribos	121	123	125	127	130	132	135	137	140	151	162	172	
Graneles líquidos	arribos	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Total	arribos	589	639	758	753	759	764	770	775	781	858	956	1.053	
Contenedores	arribos	259	266	272	274	276	277	279	281	282	335	398	461	



La *Figura 0-3* presenta el volumen total en los casos de baja, base y alto, con volúmenes de contenedores y ro-ro convertidos en toneladas de acuerdo con el peso promedio observado en las estadísticas portuarias recientes. El escenario bajo y alto se basan en las variaciones en las elasticidades de la evolución de los productos básicos frente a los controladores económicos y las cuotas del mercado portuario.

También se calculó un escenario que supone una profundidad extendida, hasta 14 m. En este escenario, Puerto Caldera atraerá arribas de líneas principales y podrá mantener una mayor cuota en el mercado de contenedores en Costa Rica. Esto es más alto que en el escenario base ya que se espera que los mainliners tengan calados más pequeños en Caldera que los feeders.

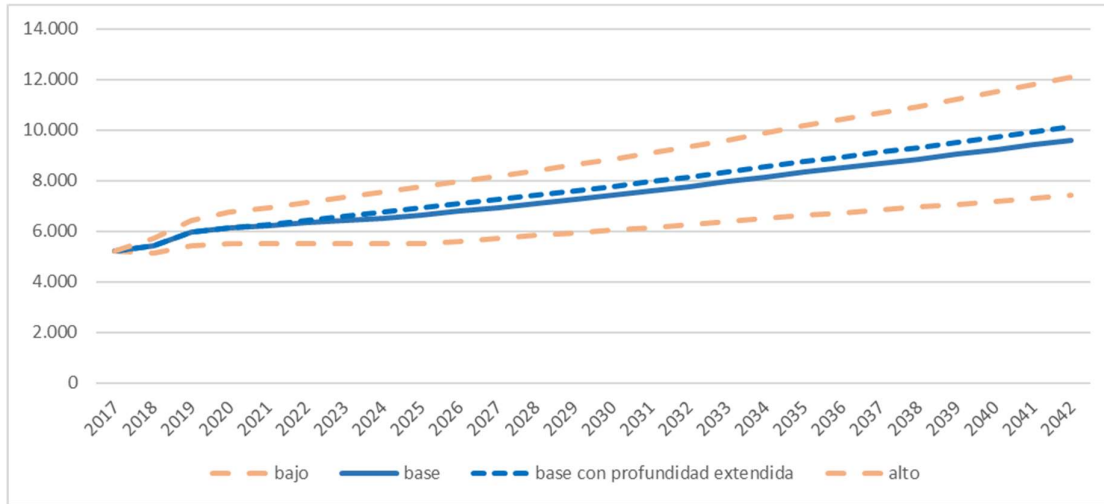


Figura 0-3 Pronóstico de los escenarios bajo, base, base con profundidad extendida y alto (1.000 toneladas) Fuente: Consultor

Se resume la posición competitiva y el potencial de mercado para Puerto Caldera en un análisis FODA.

Tabla 0-2: Análisis FODA del Puerto Caldera

Fortalezas	Oportunidades
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fuerte posición como puerto de entrada para casi todas las importaciones de cereales en Costa Rica.</li> <li>• Fuerte posición como el puerto mayor de la costa Pacífica de Costa Rica.</li> <li>• Alto rendimiento de operaciones dada la infraestructura y el equipo disponibles.</li> <li>• Buen crecimiento del volumen de carga en los últimos años</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Crecimiento del comercio con el Lejano Oriente (sobre todo con China).</li> <li>• Crecimiento de la economía de Costa Rica en varios sectores que generan importaciones y exportaciones marítimas.</li> <li>• Ampliación de la ruta 27 San José a Caldera.</li> </ul>
Debilidades	Amenazas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limitaciones en la infraestructura marítima (profundidad limitada de los puestos 1,2 y 3, El tiempo de inactividad en el Puesto 4).</li> <li>• Limitaciones en la superficie de los patios del puerto.</li> <li>• Limitaciones en las operaciones (descarga de graneles secos solo directamente en camiones).</li> <li>• Limitaciones en el acceso terrestre (capacidad limitada de puertas de acceso y escalas, falta de estacionamiento de camiones).</li> <li>• Todos estos factores resultan potencialmente en congestión y cargas por demoras.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollo y crecimiento del Terminal de Contenedores de Moín, resultando en perdido de mercado de contenedores.</li> <li>• Ampliación de la ruta 32 de San José a Limón-Moín, resultando en pérdida de mercado en general.</li> <li>• Pérdida de mercado de contenedores (y menos probable otra carga) por causa de demoras frecuentes / perdido de líneas de contenedores por causa de demoras frecuentes (ya existe una línea feeder exclusivamente entre Caldera y Balboa para que las demoras en Caldera no pueden afectar a otros puertos en una cadena de puertos múltiples).</li> </ul>

Los buques de diseño a considerar en el Plan Maestro se presentan en la Tabla 0-3.

Tabla 0-3: los buques de diseño

Producto	Tipo de buque	Tonelada	LOA [m]	Manga [m]	Calado [m]
Contenedores	mainliners	5,600 (TEU )	270	37,8	13
	mainliners	8,500 TEU	300	48,0	13
	feeders	2.000 (TEU)	200		11
Ro-ro		70.000	220	23,3	10
Carga general		23.000	180	28,0	10
Carga a granel	handymax	42.000	210	32,5	12
	handysize	35.000	180	32,0	10
Ferry		200 (camiones)	150	25	6

### 0.3 CAPACIDADES REQUERIDAS

En base a los resultados del pronóstico de tráfico de buques y las dimensiones de los buques de diseño, las dimensiones de la infraestructura marítima son determinadas en base a la guía de PIANC (2015). En la siguiente tabla se resumen las dimensiones de infraestructura marítima:

Tabla 0-4 Resumen las dimensiones de infraestructura marítima

Area	Profundidad náutica	Dimensiones
Canales navegables	16,8m	Min. 200m (ancho)
Dársena	15,5m	450m diámetro
Fondeo	17,4m	Área mostrada en la carta náutica

En la siguiente tabla se presentan información sobre los puestos y patios necesarios según el escenario base, profundidad extendida.

Tabla 0-5 Puestos necesarios (escenario base, profundidad extendida)

Cantidad de puestos	2019	2020	2021	2025	2030	2031	2035	2037	2040	2042
Contenedores puesto	0,70	0,72	0,74	0,86	1,03	1,06	1,22	1,29	1,41	1,50
Carga general / puesto Líquidos	0,59	0,58	0,58	0,62	0,67	0,68	0,75	0,78	0,83	0,86
Ro-ro / ferry puesto	0,11	0,13	0,22	0,25	0,26	0,26	0,27	0,27	0,28	0,28
Líquidos puesto	Insignificante									
Total puestos necesarios	1,40	1,42	1,55	1,73	1,95	2,00	2,23	2,34	2,52	2,64
<b>Total puestos construidos &gt; 2 Puesto nuevos 1 y 2 Longitud total del muelle ~570m</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>
<b>Nota: Las siguientes cargas serán manejadas en el existente puesto No. 4</b>										
Carga granel puesto (cereales)	0,57	0,58	0,59	0,66	0,72	0,74	0,79	0,81	0,85	0,87
Fertilizantes puesto	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
<i>en 2034 parte de fertilizantes a puesto 1 o 2</i>										
Total puestos necesarios	0,79	0,80	0,82	0,88	0,95	0,96	1,01	1,04	1,07	1,10
<b>Total puestos construidos &gt; 1 Puesto 4 (existente) Longitud total del muelle =250m</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
Total patios ha	11,05	11,15	11,37	12,32	13,63	13,93	15,20	15,80	16,76	17,45

Tabla 0-6 Patios necesarios (escenario base, profundidad extendida)

Patios de almacenamiento		2019	2020	2021	2025	2030	2031	2035	2037	2040	2042
Contenedores patios (RTG)	ha	4,23	4,30	4,46	5,18	6,15	6,37	7,31	7,75	8,47	8,98
Vacios	ha	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
<i>Puede ser un área fuera del puerto</i>											
Reefers	ha	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Área existente para reefers</i>											
Carga general	ha	1,16	1,13	1,15	1,23	1,36	1,40	1,56	1,63	1,76	1,84
Ro-ro / ferry	ha	2,66	2,73	2,76	2,92	3,12	3,16	3,34	3,42	3,54	3,62
Carga granel (cereales)	ha	No almacenamiento en el puerto									
Líquidos	ha	No almacenamiento en el puerto									
Total patios	ha	11,05	11,15	11,37	12,32	13,63	13,93	15,20	15,80	16,76	17,45

El puerto tiene una buena posición y funciona bien dada la infraestructura y el equipo disponibles. Pudo expandir su base de carga en los últimos años, pero ahora roza los límites de capacidad en varios campos: infraestructura marítima, patios, operaciones, acceso terrestre. Es necesario superar estas limitaciones para poder atender el crecimiento futuro y evitar la pérdida de mercado. Si Caldera logra superar sus límites de capacidad y expandir la capacidad, puede beneficiarse del crecimiento del comercio con el Lejano Oriente y de las importaciones y exportaciones marítimas generadas por la economía costarricense en general. Las siguientes limitaciones del Puerto existente fueron identificadas, que limitarían la capacidad futura del puerto para manejar la demanda que se pronostica:

- La capacidad y la profundidad de los puestos, que no son suficientes actualmente ni en el futuro.
- El almacenamiento de los contenedores puede convertirse en una limitación, principalmente debido a los 2 almacenes (bodegas) cerca del lado del mar, que ocupan un gran parte de área. Esta área no puede ser utilizada para el almacenamiento de los contenedores.
- Los problemas, como la falta de un estacionamiento para camiones, patios sin pavimento, la capacidad de las básculas y el escáner de contenedores se discuten, sedimentación en el puerto, mejora en el manejo de carga en el Puesto #4 y el correspondiente tiempo de retraso existente en éste.

El Plan Maestro fue desarrollado teniendo en cuenta la capacidad futura requerida, la capacidad existente y los posibles cuellos de botella que se formarían o los que ya se forman en el puerto.

## 0.4 EL PLAN MAESTRO

En base al pronóstico de carga y tráfico, y los requisitos funcionales y espaciales, se han desarrollado diferentes diseños de puertos. También se ha considerado la opción de construir un nuevo puerto de campo verde, sin embargo, debido a las siguientes razones éste no se consideró como una opción atractiva:

- Presencia de infraestructura existente y cerca de la Gran Área Metropolitana
- No perder inversiones recientes en el puerto (por ejemplo, el patio de *Reefers*)
- En caso de un nuevo puerto, doble mantenimiento (el existente y el nuevo puerto)
- Retorno alto puesto 4 y capacidad suficiente (no es necesario reubicar)
- Puestos nuevos para terminal de contenedores, retorno moderado
- Reubicar terminal de contenedores resultará probablemente en un proyecto no factible
- Un puerto en otra ubicación no generará más ingresos que en la ubicación actual. Esto significa que un nuevo puerto en otra ubicación será una desinversión
- La ubicación del puerto actual es la mejor ubicación para un puerto y también debe seleccionarse para un proyecto nuevo (*Green Field*). Es la ubicación más cercana cerca de la Gran Área Metropolitana y no tiene problemas ambientales.
- En caso de una nueva ubicación, el puerto antiguo podría usarse para cruceros. En caso de que los cruceros deban pagar la reubicación del puerto de carga, esto no resultará en un desarrollo factible.
- Más importante: Hay espacio suficiente, por lo menos hasta 2042-2045.

El AMC (Análisis Multi-Criterio) se llevó a cabo considerando los criterios presentados a continuación:

Tabla 0-7 Categorías y criterios usados para la comparación de opciones

Criterio	
Factores técnicos	Simplicidad de construcción
	Proceso de constructivo (duración, etapas, área y equipamiento requeridos, etc.)
	Flexibilidad futura o cambios intermedios (p.ej. simplicidad para acomodar los volúmenes de carga del escenario alto, etc.)
Factores operacionales	Tiempo de inactividad operacional (p.ej. áreas abrigadas)
	Eficiencia para el manejo de la carga (p.ej. interferencia entre tipos de carga, etc.)
	Accesibilidad terrestre (p.ej. distancia del muelle a la terminal, etc.)
	Accesibilidad náutica
Ambiente y sociedad	Áreas reclamadas y paisaje
	Impactos ambientales (corrientes/sedimentación, turbiedad del agua, emisiones de CO <sub>2</sub> , contaminación lumínica, acústica y del suelo, volúmenes excavados, etc.)
	Percepción social
Costos	Inversión inicial mediante la primera fase de expansión portuaria.
	CAPEX (" <i>Capital Expenditures</i> " o Inversión Inicial")
	OPEX (" <i>Operational Expenditures</i> " o Inversión de operación)
Riesgos	Inversión
	Construcción
	Institucional

En base a los resultados del AMC y las sugerencias propuestas por el cliente durante un workshop, la opción más favorable fue escogida y optimizada. El diseño del Plan Maestro seleccionado tiene las siguientes características principales:

- Nuevo puesto para operaciones ro-ro y ferry (Puesto 3, Prof. = -11,0 m; L = 210 m), emplazado en el espaldón del rompeolas ubicado en el sector oeste del puerto, con su consiguiente área de apoyo, en el sector suroeste, para maniobras y almacenamiento temporario asociado a dichas cargas (Ro-ro 3 ha y ferry 1 ha). Se le ha dado una mayor profundidad que la requerida (Prof. Min = -11,0 m) para proveer el puesto con mayor flexibilidad para posibles cambios en la demanda futura o diversificación de cargas; también se puede uniformizar con los Puestos 1 y 2 (Prof. = -14,0 m).
- Reacondicionamiento de los actuales Puesto 1, 2 y 3 para operaciones exclusivas de contenedores desarrollando un frente de atraque y amarre continuo y uniforme (Puesto 1 y 2, Prof. = -14,0 m, L = 570 m) configurando una terminal dedicada de contenedores (13 ha) que se ubica detrás de los Puestos 1 y 2 del puerto (con posibilidades de expansión en nuevos terrenos ganados al mar).
- Puesto para Carga a Granel:
  - o El Puesto 4 no se ampliará en esta opción, pero el método de descarga se modificará agregando descargadores continuos de buques, cintas y una estación de carga de camiones.
  - o El atraque se desplazará hacia el norte a fin de crear espacio para la extensión del atraque de contenedores.
- Nuevo puesto para carga general (Puesto 6, Prof. = -11,0 m; L = 250 m) al este del puerto en zona de nuevos terrenos por rellenar para área de apoyo para las operaciones de carga general (2 ha).
- Nueva dársena para buques entre el Puesto 5 y Puesto 6 y nuevo círculo de maniobras náuticas al noreste del puerto
- Relocalización de los servicios portuarios y de guardacostas dentro de la dársena debido a la reclamación de tierras donde se encuentran emplazados en la actualidad.

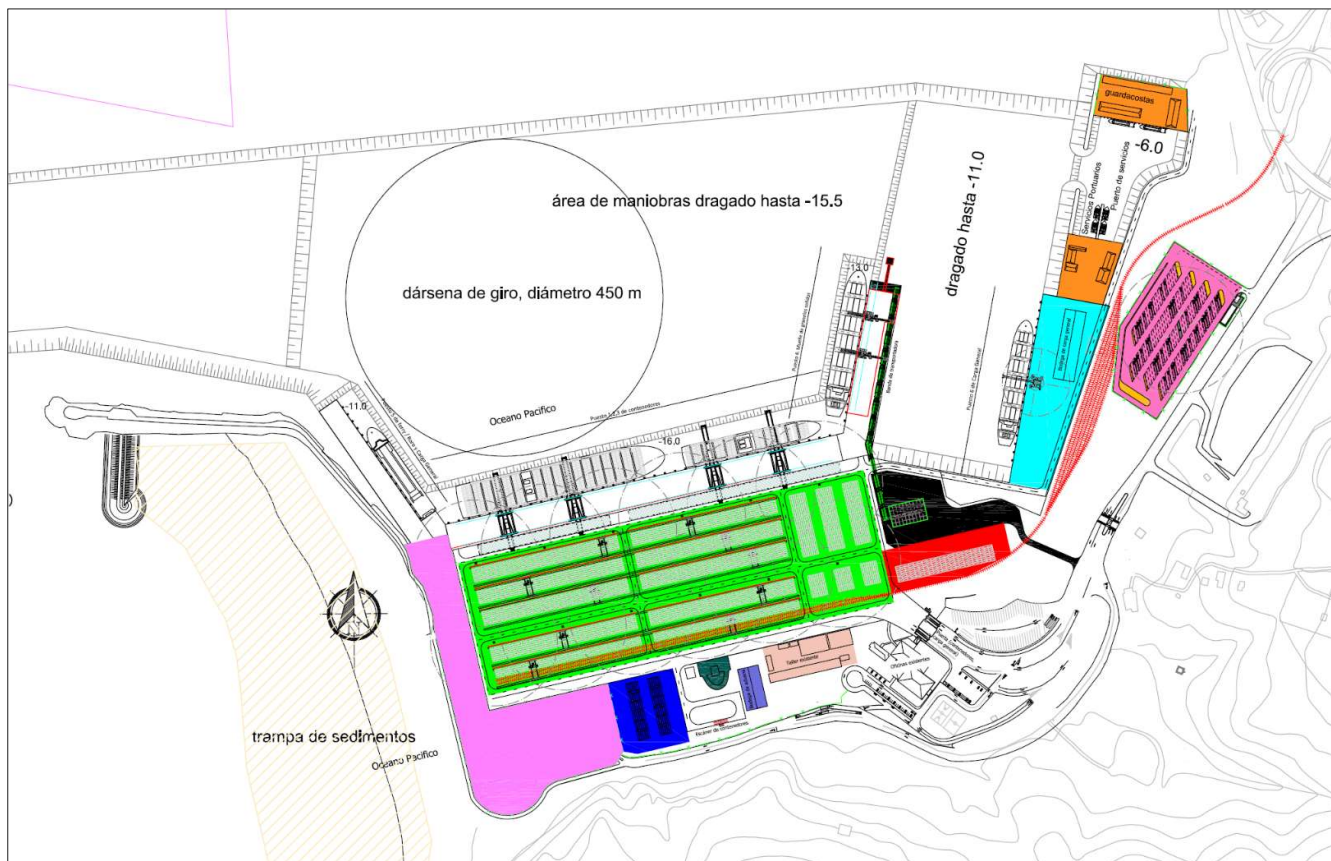


Figure 0-4 Plan Maestro de puerto Caldera Fase C

El Plan Maestro se puede dividir en 3 fases (A, B y C). El momento de las diversas fases depende del flujo de carga real y el Plan Maestro debe actualizarse cada 5 años.

El desarrollo total del Plan Maestro se realizará en 3 fases:

- Fase A: año 2020 - 2031
- Fase B: año 2031 - 2042
- Fase C: año 2042 -...

Las Fase A y Fase B describen los planes dentro de un período de concesión de 30 años. La fase C se puede construir después de ese período si el flujo de carga lo requiere.

Fase A:

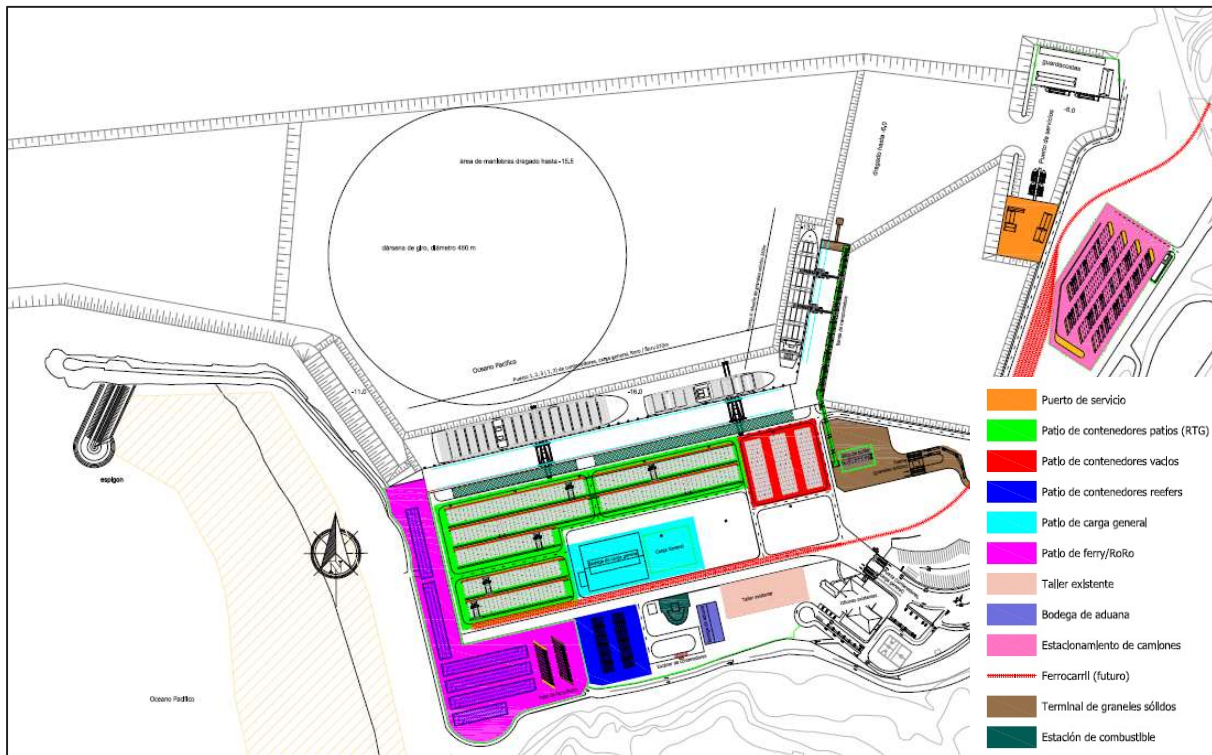


Figure 0-5 Plan Maestro de puerto Caldera Fase A

Las siguientes obras están programadas en la fase A:

1. Ampliación del muelle (puesto 4) con 15m;
2. Construcción del muelle frente a puesto 1, 2, 3 (Puestos nuevos 1 y 2);
3. Pavimento de algunos patios para contenedores/carga general;
4. Demolición de una bodega;
5. Construcción de las bandas transportadoras/ descargadores de buques y la estación de carga de camiones (para graneles sólidos)
6. Compra de equipos de manipulación de carga como STS y RTG's

En la misma fase, se construirán los proyectos de apoyo como:

1. La reubicación del puerto de servicio (remolcadores y pilotos)
2. La construcción del espigón para retener el sedimento
3. La construcción del espigón en la costa (playa)
4. La construcción del estacionamiento para camiones.

#### Fase B:

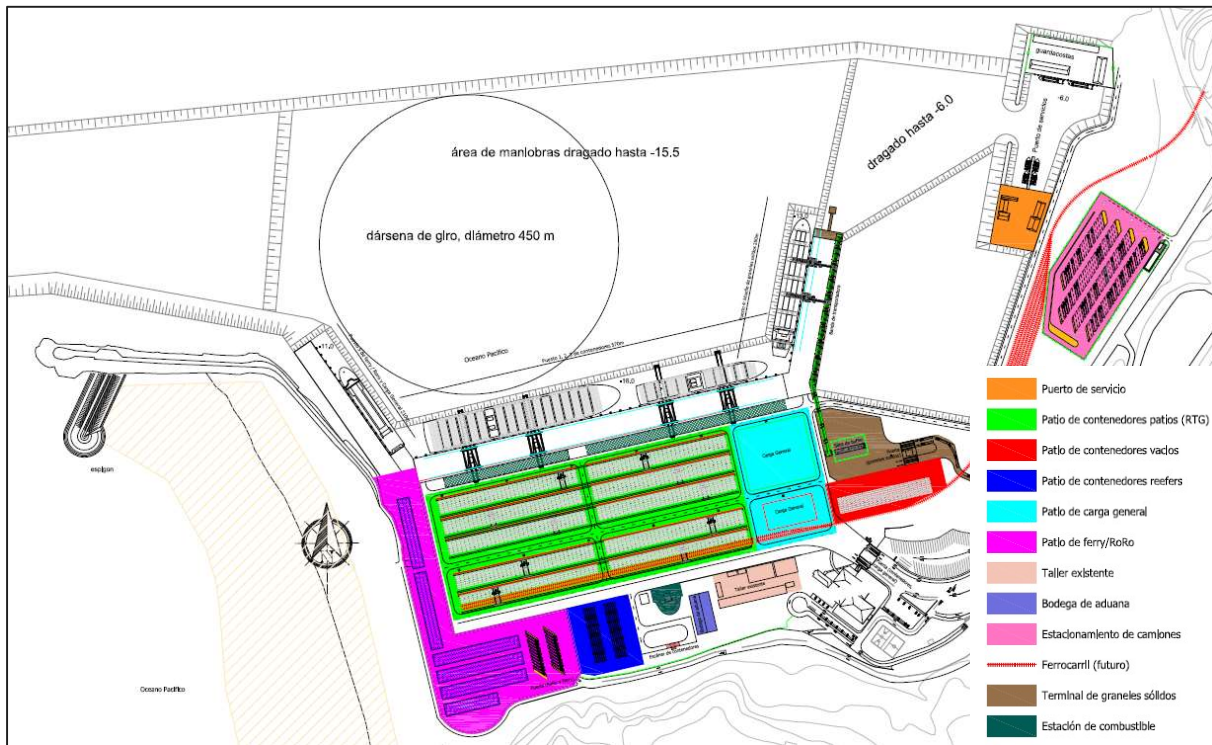


Figure 0-6 Plan Maestro de puerto Caldera Fase B

Las siguientes obras están programadas en la fase B:

1. Construcción del muelle de ro-ro/ferry;
2. Pavimento de más patios para contenedores/carga general;
3. Demolición de una bodega;
4. Compra de equipos de manipulación de carga.

El desafío durante el período de construcción es que las operaciones portuarias actuales no se interrumpirán. Esto requiere una planificación cuidadosa y una organización profesional del contratista. La Sección 10.2.1 a 10.2.3 informa sobre la fase de construcción, tanto para las obras marinas como para las obras en tierra.



### Fase C.

En la Fase C, se construirá un nuevo muelle de carga general en la bahía oriental del puerto. Esta zona también se debe dragar a una profundidad de 11 m.

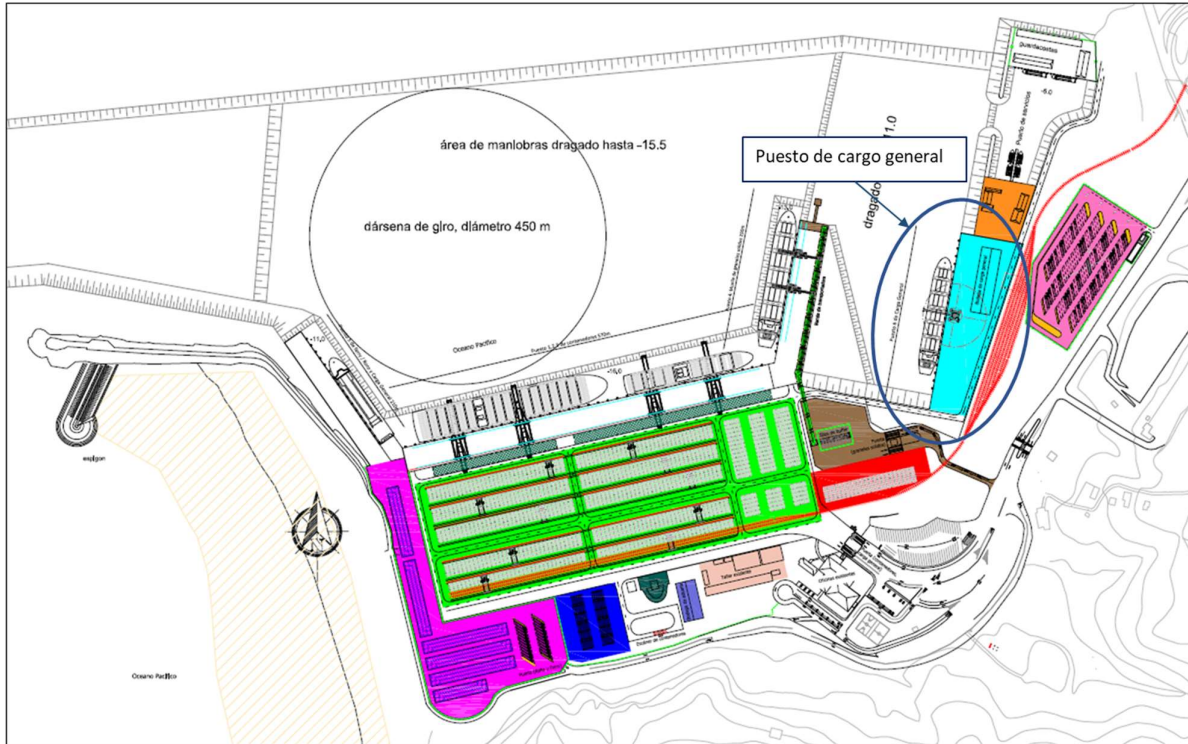


Figure 0-7 Plan Maestro de puerto Caldera Fase C

## 0.5 DEFINICIÓN DE PROYECTOS PARA EL DESARROLLO DE PUERTO CALDERA

La Fase B del Plan Maestro se presenta como un conjunto de 8 proyectos para un mejor y mayor desarrollo de Puerto Caldera y éstos son ilustrados en la Figure 0-6:

1. Mitigación del problema de sedimentación;
2. Desarrollo de terminal de contenedores;
3. La construcción de un atracadero adicional para ferry, carga general y RORO, este sería el nuevo Puesto # 3;
4. Mejora de la terminal granelera (Puesto #4);
5. Área de estacionamiento de camiones;
6. Medidas para disminuir el tiempo de inactividad en el atracadero 4;
7. Estabilización de la costa.
8. Reubicación del puerto de servicio y desarrollo de instalaciones de guardacostas.

Estos proyectos se analizan en Capítulo 7 a nivel de diseño conceptual.

El nuevo muelle de carga general en la dársena al este no se ha considerado como un proyecto, ya que no se requiere en base al análisis de pronóstico de carga. La necesidad de la nueva área de atraque de carga general dependerá de los requisitos futuros, y puede aumentar la flexibilidad de la capacidad del puerto en caso de que sea necesaria en el futuro.

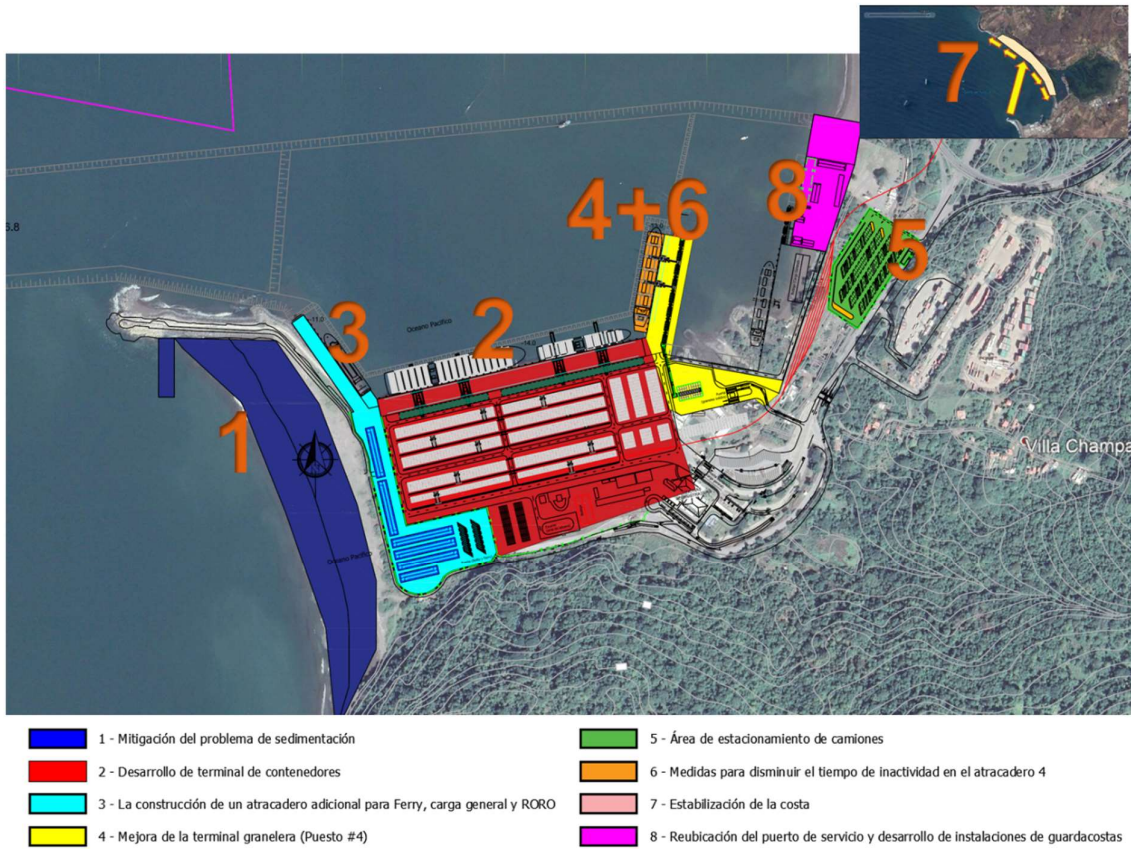


Figure 0-8 Los 8 proyectos identificados para un mayor desarrollo de Puerto Caldera

Todos estos proyectos se elaboraron en un diseño preliminar. Además, CAPEX y OPEX fueron determinados y utilizados como input para el modelo financiero.

## 0.6 ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO

Los siguientes proyectos se tuvieron en cuenta en el análisis financiero:

- Proyecto 2 (terminal de contenedores) y proyecto 3 (carga general/atracadero de ro-ro) juntos para formar una terminal multipropósito para casi todas las cargas, a excepción de los graneles sólidos.
- Proyecto 4+6 (embarcadero a graneles sólidos), donde se descargará todo graneles sólidos (cereales y fertilizantes).

La excepción a la división de carga es el PET coke que, aunque es a granel seco se manejará en la terminal multipropósito con el fin de evitar la contaminación de los cereales y fertilizantes en la terminal de los graneles sólidos, puesto 4.

Este informe analiza la viabilidad financiera de los proyectos 2, 3, el proyecto 4+6 y una combinación de estos. Esto se hace en una situación sin costos de financiamiento (suponiendo que el 100% de la inversión sea provista por el capital propio del inversionista) y una situación con costos de financiamiento (suponiendo que el 70% de la inversión esté cubierta por préstamos comerciales a 10 años con una tasa de interés del 9% y un período de gracia de 2 años, y el 30% restante será cubierto por el capital propio del inversor).

### Viabilidad de los proyectos financiados con capital propio del inversor.

La *Tabla 0-8* muestra los resultados. Para el proyecto 2 + 3 se da un resultado con un 15% de canon y con un 5% de canon, para demostrar la diferencia.

*Tabla 0-8: Resultados de la factibilidad financiera de los proyectos*

Proyecto	TIR
Proyecto 2+3 (canon 15%)	12,1%
Proyecto 2+3 (canon 5%)	17,5%
Proyecto 4+6 (canon 5%)	23,4%

### Viabilidad de los proyectos financiados con 70% de préstamos y 30% de capital propio

La *Tabla 0-9* ofrece una visión general de la viabilidad del proyecto si el 70% de las inversiones está cubierto por préstamos en base al escenario "base".

Tabla 0-9: Resumen de resultados financieros, proyectos combinados y comparación, USD millones, escenario base

Artículo	Total combinado	Terminal de graneles sólidos	Terminal contenedores Roro/ferry	de +
<b>Inversiones, total</b>	281	52	228	
<b>Capital propio</b>	89	20	69	
<b>TIR (30yr)-(capital propio)</b>	19,1%	49,6%	13,1%	
<b>PBP (período de pago)</b>	10	4	13	
<b>Efectivo acumulativo 10 años</b>	-13	30	-46	
<b>VAN</b>	69	47	22	
<b>Total ingresos INCOP 2020-2049</b>	367	28	339	
<b>Total Ingresos</b>	2820	557	2.263	
<b>% proporción de ingresos</b>	13%	5%	15%	

### Conclusiones y recomendaciones

Terminal de contenedores, ro-ro, ferry y carga general (Proyectos 2 y 3):

- Con un canon de 15%, el proyecto es marginalmente factible y no puede ser interesante para una concesionaria. Con un canon de 5%, el proyecto se vuelve factible. En el caso de un canon de 15% el proyecto se tendrían algunas carencias de efectivo en los primeros años, que tendrían que financiarse de alguna manera.
- Hay buenas razones para aplicar un canon de 5% al proyecto de terminal de contenedores, ya que efectivamente es una inversión en nueva infraestructura.

Terminal de graneles sólidos (Proyecto 4+6):

- Proyecto muy factible. Habría espacio para un canon más alto que el aplicado actualmente 5%.

Combinación de los proyectos:

- En una combinación de los proyectos, la terminal de graneles sólidos subsidia de manera cruzada la escasez inicial de efectivo en el terminal de contenedores.
- En un puerto con el tamaño de Puerto Caldera, sería más lógico tener un solo operador en lugar de 2 operadores separados.
- En la combinación, para ambos proyectos habría espacio para un canon más alto que el aplicado actualmente 5%, pero debajo de 15%.

Otros proyectos:

- Las inversiones y el mantenimiento de estos proyectos (como se detalla a continuación) pueden incluirse en las concesiones, a pesar de que los resultados de los terminales de contenedores son

demasiado marginales para apoyarlo en su participación en la inversión. La terminal de graneles sólidos puede apoyar fácilmente su participación en las inversiones.

- Mitigación del problema de sedimentación;
- Área de estacionamiento de camiones;
- Estabilización de la costa.
- Reubicación del puerto de servicio y desarrollo de instalaciones de guardacostas

Recomendaciones:

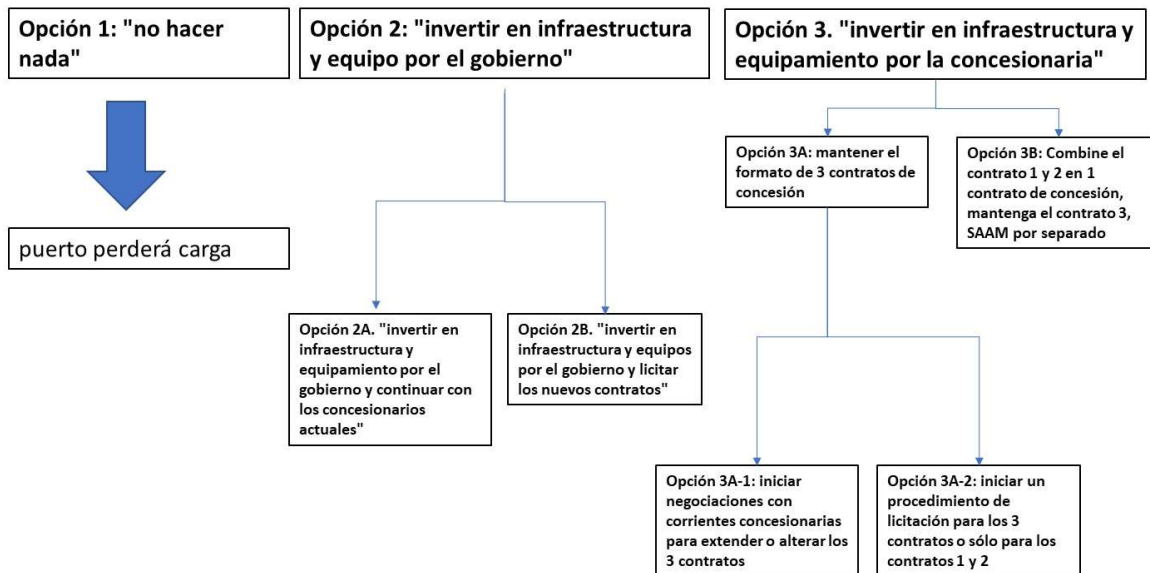
- Considerar negociar con SPC / SPGC o licitar los proyectos 2, 3, y 4+6 como una única concesión.
- Considerar cambiar la ley de concesión para permitir una estructura de tasas de canon menos rígida. En general, los proyectos serían mejor con un canon más bajo o ninguno en los años iniciales, y soportar un canon más alto en los años siguientes, una vez que la escasez de efectivo ha desaparecido. Esto es válido para una situación con dos concesiones, así como para otra con una sola concesión.
- Si se puede introducir una estructura de canon más flexible, es posible incluir los costos de inversión de otros proyectos en la concesión, estos proyectos son los siguientes:
  - Mitigación del problema de sedimentación;
  - Área de estacionamiento de camiones;
  - Estabilización de la costa.
  - Reubicación del puerto de servicio y desarrollo de instalaciones de guardacostas

### 0.7 PPP Opciones

Actualmente hay 3 concesiones:

1. Contrato de gestión SPC para el terminal multipropósito que finaliza en el año 2026
2. Contrato BOT SPGC para el atracadero 4, terminal de graneles sólidos que finaliza en el año 2026
3. Contrato para remolcadores, pilotos, etc. por SAAM que finaliza en el año 2026

Hay varias opciones para desarrollar y modernizar la infraestructura y el equipo del puerto de caldera:



Opción 1: "no hacer nada"

En esta opción, no se harán cambios en ninguno de los contratos y no habrá inversiones en infraestructura, con excepción de algunas inversiones menores por parte de la concesionaria.

En este estudio, se observó que el puerto trabaja más allá de su capacidad operativa (teórica), lo que implica que no puede manejar más carga sin aumentar el tiempo de espera para los buques. Como consecuencia, varias cosas podrían llegar a suceder:

- El puerto perderá carga a corto plazo
- las tasas de importación/exportación podrían subir, los precios de productos aumentan
- los buques buscan puertos alternativos o aumentan las tasas de demora para la espera.
- El puerto no puede manejar *main liners* solo *feeders*
- La posibilidad de exportar frutas (*reefers*) a China será muy limitada.
- El puerto se convertirá en un pequeño puerto muy local para cruceros, carga general etc.

Opción 2: "invertir en infraestructura y equipo por el gobierno"

En esta opción, el Gobierno, por medio del INCOP o del Ministerio de Obras Públicas y Transportes, invertirá en la infraestructura o equipos necesarios y extenderá los contratos actuales 1 y 2 o licitaciones en condiciones similares para los nuevos operadores/ concesionarias.

El Gobierno de Costa Rica necesita buscar financiación para la inversión. Se producirán interferencias durante la construcción de los muelles y patios por parte del contratista gubernamental y se dará lugar a reclamaciones del concesionario o contratista. Este último debido a las posibles interrupciones en las operaciones portuarias debido a las obras de construcción y conflictos de coordinación.

*Opción 2A. "invertir en infraestructura y equipamiento por el gobierno y continuar con los concesionarios actuales"*

Implicaciones

Rescindir el contrato actual 1 y 2 a la fecha de inicio del nuevo contrato. Dejar el contrato 3 (SAAM) tal como está. Las condiciones para la rescisión de los contratos se determinarán, como el valor del contrato, la "pérdida de ingresos" por los concesionarios, el valor de los activos de la concesionaria. ¿Cómo incorporar estas condiciones en el nuevo contrato?

*Opción 2B. "invertir en infraestructura y equipos por el Gobierno y licitar los nuevos contratos"*

Implicaciones

Finalizar el contrato actual 1 y 2. Dejar el contrato 3 (SAAM) tal como está. Las condiciones para la rescisión de los contratos se determinarán, como el valor del contrato, la "pérdida de ingresos" por los concesionarios, el valor de los activos de la concesionaria.

El INCOP necesita preparar los documentos de licitación y buscar operadores potenciales.

Opción 3. "invertir en infraestructura y equipamiento por la concesionaria"

La concesionaria tiene varias formas de invertir en nuevas infraestructuras y equipos:

*Opción 3A: mantener el formato de 3 contratos de concesión*

*Opción 3A-1: iniciar negociaciones con corrientes concesionarias para extender o alterar los 3 contratos*

Implicaciones:

Finalizar el contrato actual 1 y 2. Dejar el contrato 3 (SAAM) tal como está. Las condiciones para la rescisión de los contratos se determinarán, como el valor del contrato, la "pérdida de ingresos" por los concesionarios, el valor de los activos de la concesionaria. ¿Cómo incorporar estas condiciones en el nuevo contrato?

Convertir el contrato de gestión para terminal multipropósito (contenedores, carga general) en un contrato *BOT* durante 30 años e incluir condiciones contractuales de acuerdo con contratos similares internacionales. Iniciar negociaciones y discusiones y revisar la propuesta (s) por SPC.

Actualizar el Contrato BOT 2 para el terminal de graneles sólidos.

*Opción 3A-2: iniciar un procedimiento de licitación para los 3 contratos o sólo para los contratos 1 y 2*

Implicaciones:

Finalizar el contrato actual 1 y 2. Dejar el contrato 3 (SAAM) tal como está. Las condiciones para la rescisión de contratos se determinarán, como el valor del contrato, la "pérdida de ingresos" por la(s) concesionaria (es), el valor de los activos del concesionario. (\* ver nota).

El INCOP necesita preparar los documentos de licitación y buscar operadores potenciales.

Mantener los contratos por separado, implica que 2 operadores diferentes podrían estar operando en el puerto, causando interferencias y posibles problemas de coordinación.

*Opción 3B: Combine el contrato 1 y 2 en 1 contrato de concesión, mantenga el contrato 3, SAAM por separado*

*Opción 3B-1: iniciar negociaciones con las concesionarias de corrientes para los contratos 1 y 2 y modificar el contrato 3*

Implicaciones:

Finalizar el contrato actual 1 y 2. Dejar el contrato 3 (SAAM) tal como está. Las condiciones para la rescisión de los contratos se determinarán, por ejemplo, el valor del contrato, la "pérdida de ingresos" por los concesionarios, el valor de los activos del concesionario.

Convertir el contrato de gestión para terminal multipropósito (contenedores, carga general) y *BOT* de contrato para el Puesto 4 en un contrato *BOT* durante 30 años e incluya condiciones contractuales de acuerdo con la similar internacional contratos. Iniciar las negociaciones y la discusión, y revisar la propuesta (s) por SPC.

*Opción 3B-2: iniciar un procedimiento de licitación para los 3 contratos o sólo para los contratos 1 y 2*

Implicaciones:

Finalizar el contrato actual 1 y 2. Dejar el contrato 3 (SAAM) tal como está. Las condiciones para la rescisión de los contratos se determinarán, por ejemplo, el valor del contrato, la "pérdida de ingresos" por los concesionarios, el valor de los activos del concesionario.

El INCOP necesita preparar los documentos de licitación y buscar operadores potenciales.

# 1 INTRODUCCIÓN

## 1.1 General

El Gobierno de la República ha venido realizando un importante esfuerzo por mejorar la infraestructura del país, con el propósito de disminuir el rezago que tiene Costa Rica respecto a inversiones en ese campo del transporte, reducir los costos y tiempos de viaje de personas y bienes e incrementar la seguridad vial. Es así como, el Programa de Infraestructura de Transporte (PIT), se enmarca dentro de este esfuerzo, que viene a complementar otros proyectos de servicios básicos y transporte financiados por el BID en Costa Rica, y que se están ejecutando.

El PIT es financiado con recursos provenientes de dos contratos de préstamo suscritos entre la República de Costa Rica y el Banco Interamericano de Desarrollo, correspondientes al Contrato de préstamo N° 3071/OC-CR, por un monto hasta de cuatrocientos millones de dólares de los Estados Unidos de América (USD 400.000.000) y el Contrato de préstamo N° 3072/CH-CR, por un monto hasta de cincuenta millones de dólares de los Estados Unidos de América (USD 50.000.000).

El PIT está alineado con el Plan Nacional de Transportes (PNT) del 2011, e incluye proyectos que forman parte de la red vial estratégica del país y la región, así como algunas de las mejoras en la infraestructura portuaria contempladas en dicho Plan. Por otro lado, el PIT es consistente con la Estrategia del Banco del País (EBP), ya que se inscribe en el área de acción prioritaria de transporte, con lo que contribuye al logro de los objetivos definidos para la reducción de costos y tiempos de viaje de mercancías y personas, así como del objetivo estratégico del Banco, en cuanto a recuperar y mantener la infraestructura de transporte de Costa Rica, adaptarla al crecimiento de la demanda y fortalecer el funcionamiento institucional del sector mediante: i) mejoras de la calidad de la RVN para reducir costos y tiempos de viajes, con obras de seguridad vial insertas en los proyectos de rehabilitación o mediante obras específicas; y ii) mejora de la infraestructura portuaria, aumentando la eficiencia y seguridad y fomentando el transporte de cabotaje para reducir costos y aliviar la red vial.

En el marco del programa anterior, el Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT) ha encargado al consorcio Arcadis y Camacho y Mora y sus subcontratistas, Port Consultants Rotterdam (PCR) y Gapro SA, para preparar el Plan Maestro a largo plazo para los puertos a lo largo de la costa del Pacífico de Costa Rica.

El objetivo principal es preparar un Plan Maestro o plan de desarrollo para los puertos de la costa del pacífico de Costa Rica, con énfasis en Puerto Caldera.

El objetivo es definir el plan de desarrollo portuario que incluya planes de acción para corto, mediano y largo plazo, que permitan al Gobierno preparar presupuestos, asignaciones de personal, etc.

El proyecto se divide en diferentes tareas, cada una con sus propios entregables. Las siguientes tareas se llevarán a cabo en el marco del estudio:

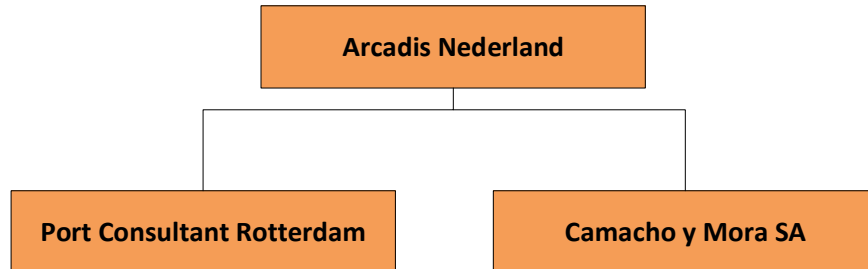
- Tarea 1: Informe partes interesadas
- Tarea 2: Toma de datos iniciales
- Tarea 3. Análisis de la posición competitiva de los puertos del litoral pacífico
- Tarea 4: Determinación de actuaciones de urgencia en Puerto Caldera. .
- Tarea 5: Preparación de escenarios previstos de tráfico para corto, medio y largo plazo.
- Tarea 6: Análisis de la capacidad de los puertos y utilización de los espacios.
- Tarea 7: Elaboración preliminar de planes de desarrollo alternativos
- Tarea 8: Análisis multicriterio y selección de alternativas
- Tarea 9: Elaboración detallada del plan seleccionado
- Tarea 10: Difusión del plan

Los informes para las tareas 1 a 6 y 9 se adjuntan como apéndice a este informe del plan maestro, mientras que las tareas 7 y 8 se describen en el informe principal.



## 1.2 Grupo de consultores

Para este proyecto Arcadis Nederland BV, con su vasta experiencia en puertos, será el consultor principal y la parte contractual. Mediante esta cooperación, unimos sus fuerzas con Port Consultants Rotterdam (PCR) y Camacho y Mora SA. Lo anterior de forma que se integren los conocimientos sobre economía del transporte, planificación portuaria, logística, estructuras marítimas, aspectos medioambientales y legislación.



## 2 ASPECTOS AMBIENTALES Y CONDICIONES DEL SITIO

### 2.1 Mareas

En las tablas de mareas de “Admiralty” se presentan los siguientes valores correspondientes al nivel medio del mar y los niveles medios de las pleamares y bajamares de sicigias. Puerto Culebra es el punto ubicado más al norte, cerca de Marina Papagayo, dentro del Golfo de Nicoya se presentan los datos de Puntarenas y Puerto Herradura, en Quepos también hay datos disponibles y finalmente en la Bahía del Rincón en el Golfo Dulce, donde también se encuentra Golfito, hay datos disponibles.

Tabla 2-1 Tablas de mareas de las Cartas Náuticas del Almirantazgo

Lugar	Lat N	Lon W	Alturas en metros sobre el datum				
			MHWS	MHWN	MLWN	MLWS	ML
<b>Puntarenas</b>	9°58'	84°50'	2,8	2,2	0,6	0	1,4
<b>Puerto Herradura</b>	9°38'	84°39'	2,8	2,2	0,6	0	1,4
<b>Quepos</b>	9°24'	84°10'	2,6	2,1	0,6	0	1,37
<b>Bahía del Rincón</b>	8°42'	83°29'	2,8	2,2	0,6	0	1,4
<b>Puerto Culebra</b>	10°38'	85°40'	2,8	2,2	0,6	0	1,4
<b>Golfito</b>	8°38'	83°10'	2,7	2,1	0,6	0	1,35

Los datos de mareas también se pueden contrastar con los del informe JICA en 1986, Tabla 2-2 y Figura 2-1.

Tabla 2-2 Tabla de mareas, estudio JICA 1986

	Caldera	Puntarenas
Rango de mareas mayor (m)	2,59	2,70
Rango de mareas promedio (m)	2,05	2,22
Rango de mareas menor (m)	1,51	1,70

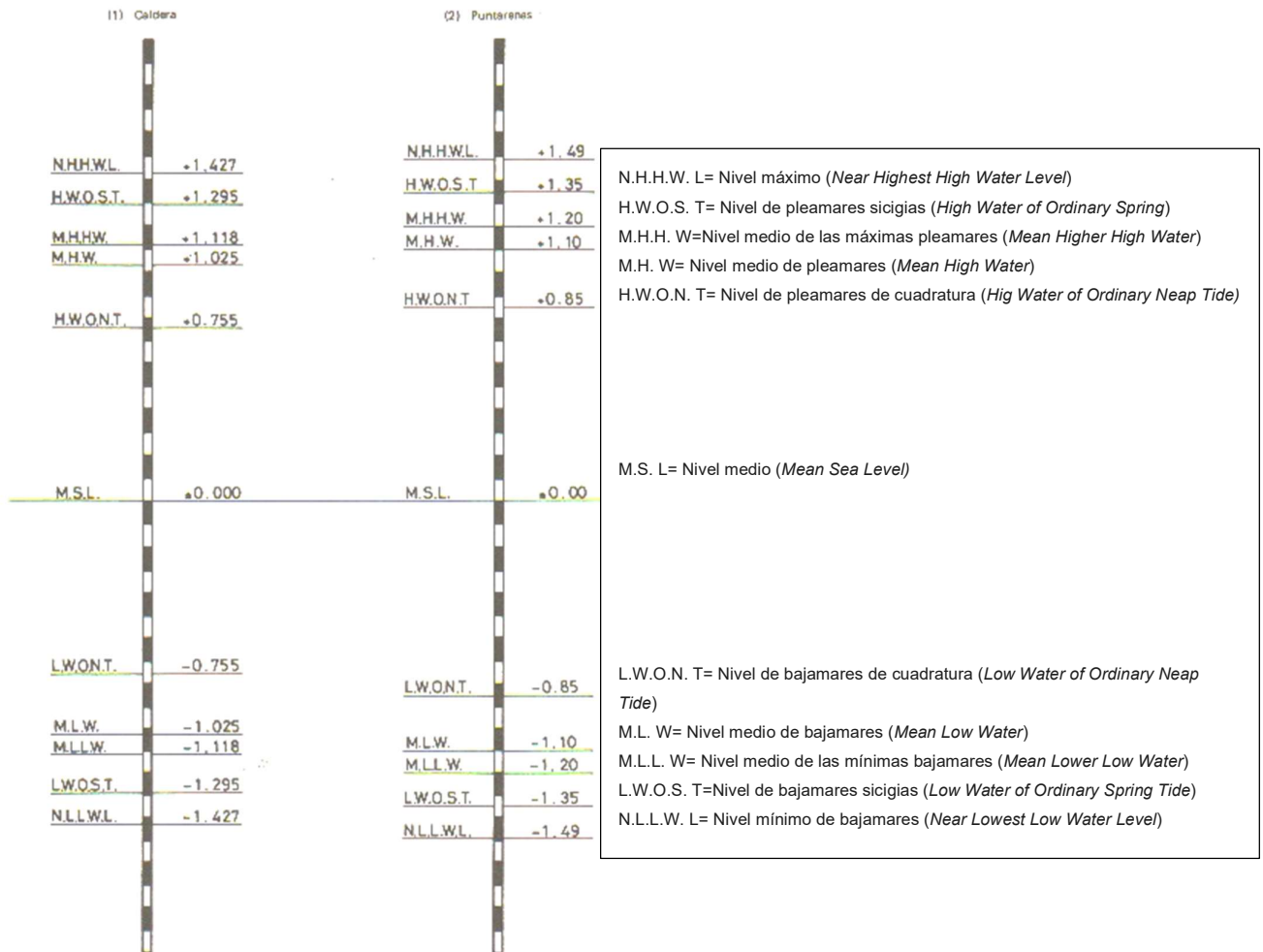


Figura 2-1 Rangos de mareas en Caldera y Puntarenas, estudio JICA 1986

## 2.2 Corrientes

Los datos de corrientes se obtuvieron del análisis hidrodinámico desarrollado en la tesis de Nayra Araya López en la Universidad de Costa Rica. En las siguientes figuras se representa el comportamiento de la velocidad del agua en vector magnitud y dirección del ciclo de marea completo,

De la Figura 2-2 a la Figura 2-5 se presentan las corrientes en el Golfo de Nicoya, donde se evidencia que las mayores velocidades se dan en los niveles de bajamar y de pleamar en los alrededores de Isla Bejuco, Isla Caballo e Isla Chira, debido a la reducción del área superficial. También se puede observar a lo largo del ciclo de marea cómo disminuye la velocidad al incrementar la profundidad.

De la Figura 2-6 a la Figura 2-9 se presentan las corrientes para Puntarenas y Caldera. En ellas se puede observar cómo las velocidades más altas aparecen en los niveles medios de marea baja y marea alta, principalmente en los alrededores de la Punta de Puntarenas y en el Estero, las zonas con menor profundidad. En toda el área las corrientes son siempre inferiores a 1 m/s.

Según el estudio JICA, 1986, las corrientes prevalecientes, durante los períodos de llenado y vaciado, son del norte y sur respectivamente en las áreas afuera del Puerto. La velocidad máxima de estas corrientes es de aproximadamente 22 cm/s en la nueva playa que se ha formado por sedimentación cerca del Puerto. En la dársena prevalece una corriente en el sentido de las manecillas del reloj con una velocidad máxima de 7 cm/s durante el proceso de vaciado.

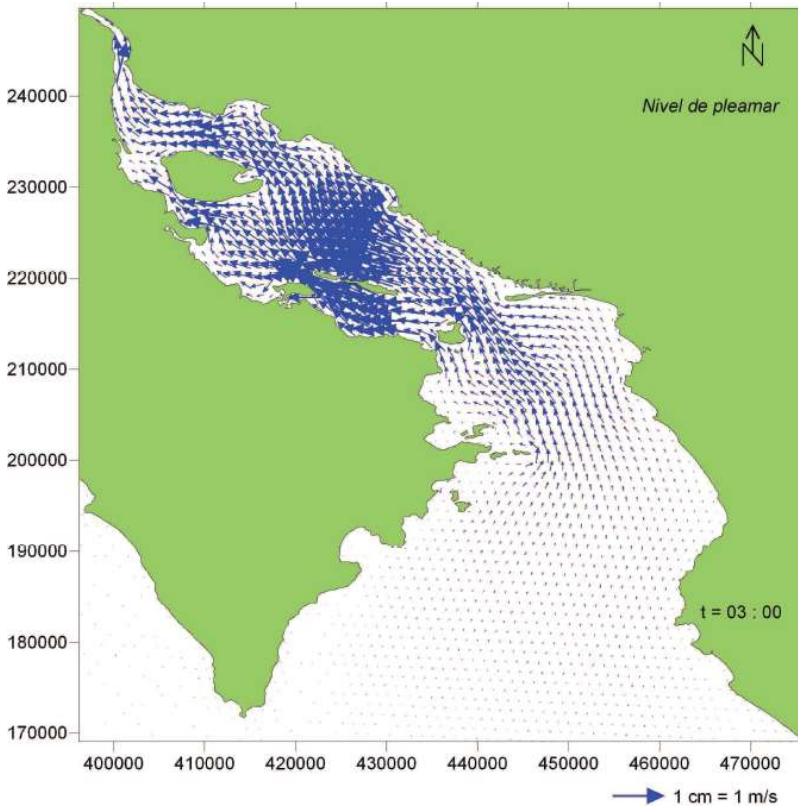


Figura 2-2 Comportamiento de las velocidades en el Golfo de Nicoya, en el nivel de pleamar

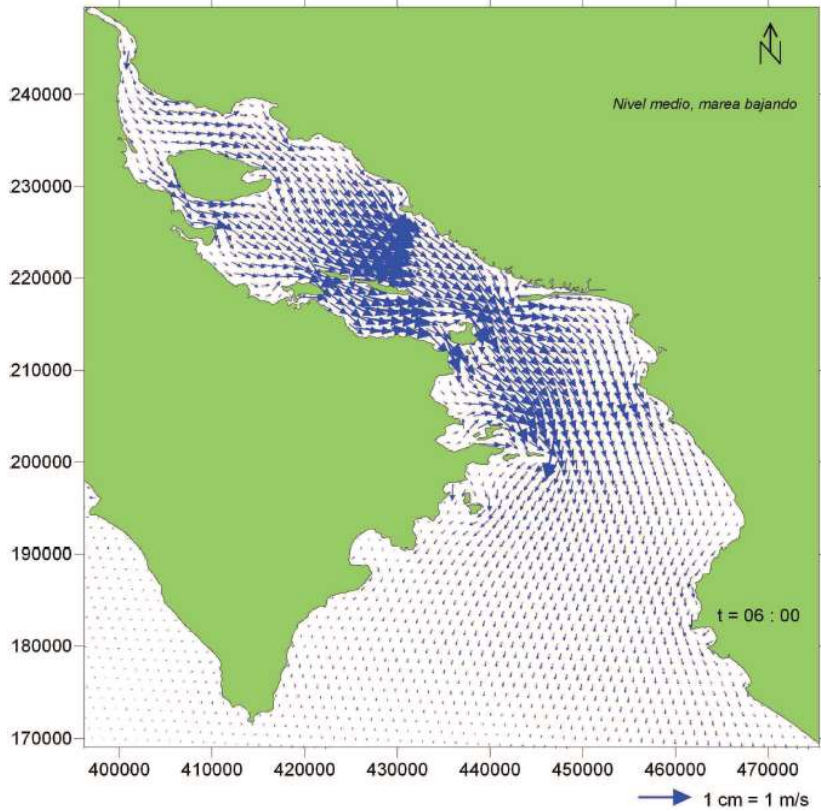


Figura 2-3 Comportamiento de las velocidades en el Golfo de Nicoya, en el nivel medio con marea bajando

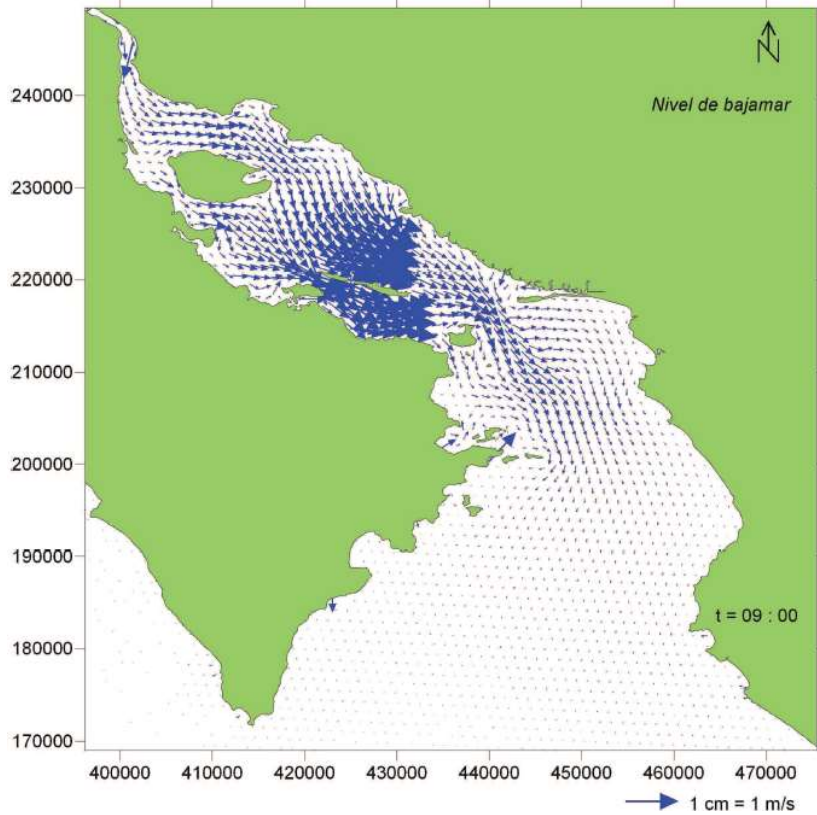


Figura 2-4 Comportamiento de las velocidades en el Golfo de Nicoya, en el nivel de bajamar

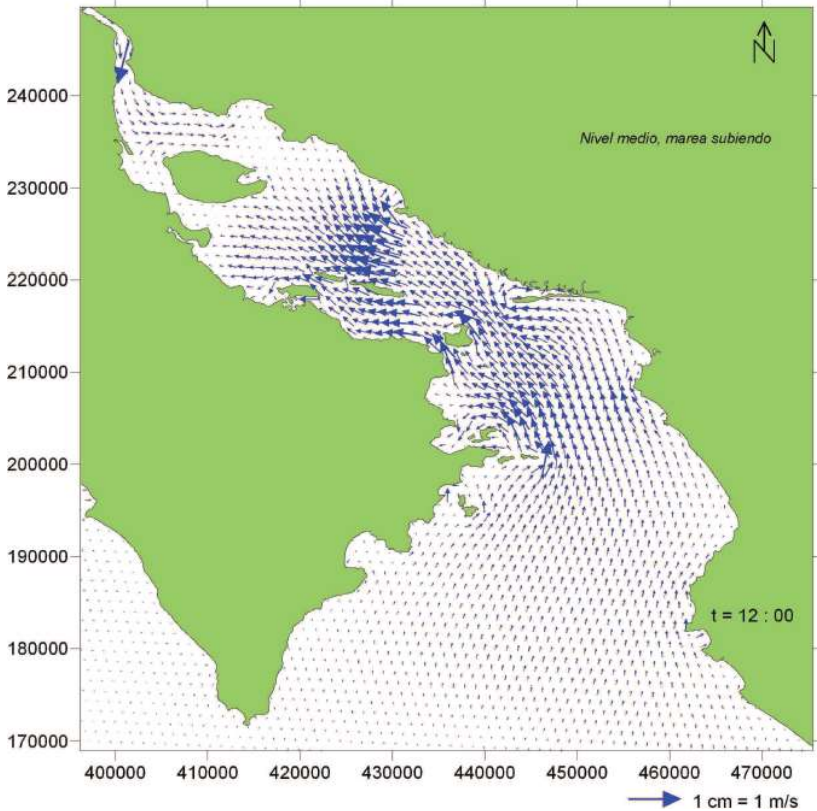


Figura 2-5 Comportamiento de las velocidades en el Golfo de Nicoya, en el nivel medio con marea subiendo

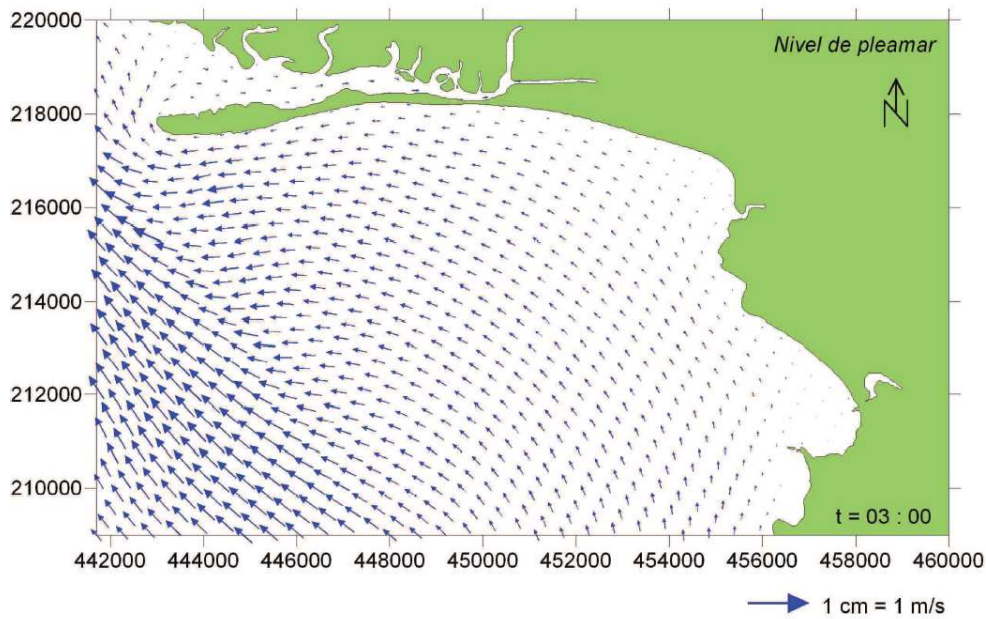


Figura 2-6 Comportamiento de las velocidades en Puntarenas y Caldera, en el nivel de pleamar

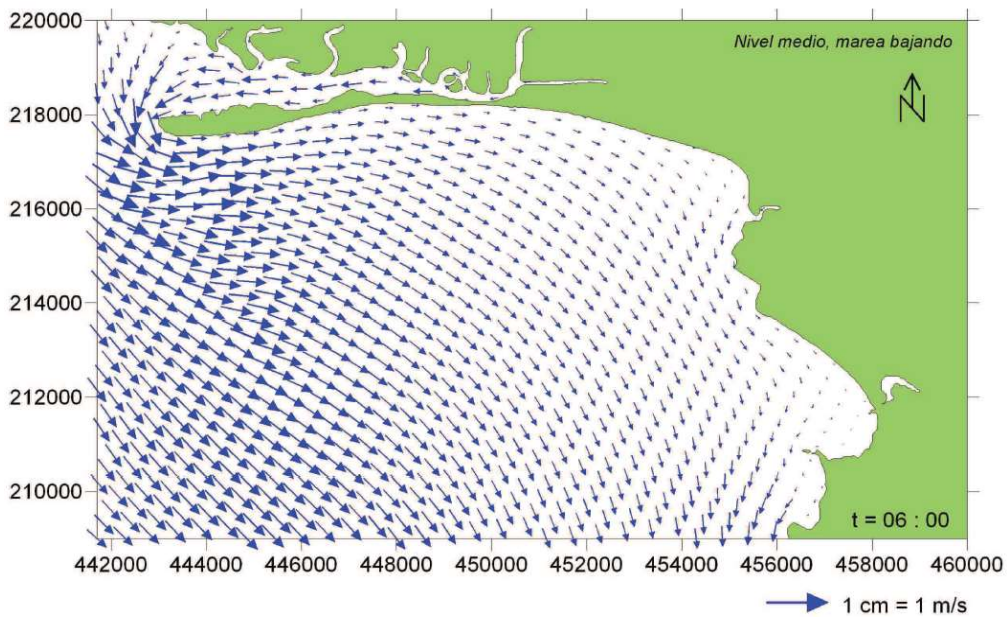


Figura 2-7 Comportamiento de las velocidades en Puntarenas y Caldera, en el nivel medio con marea bajando

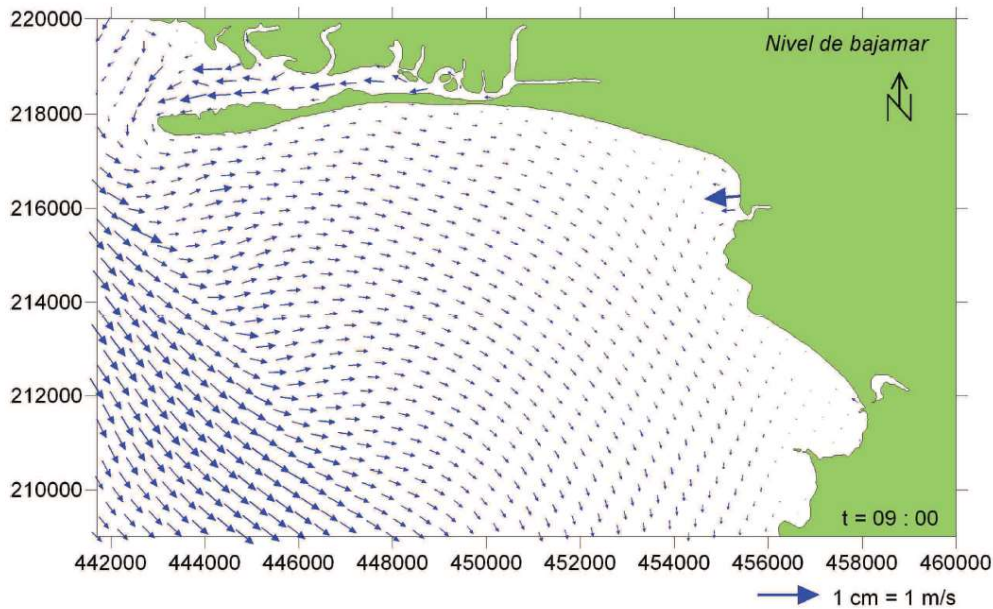


Figura 2-8 Comportamiento de las velocidades en Puntarenas y Caldera, en el nivel de bajamar

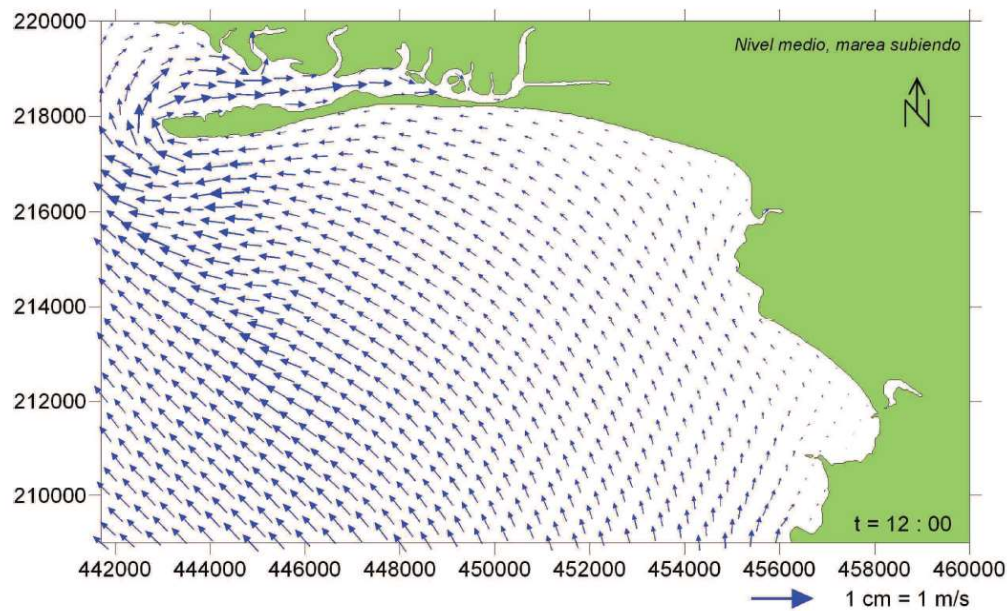


Figura 2-9 Comportamiento de las velocidades en Puntarenas y Caldera, en el nivel medio con marea subiendo

### 2.3 Oleaje

En esta sección se presenta toda la información disponible de los informes previos para la ampliación del rompeolas en Puerto Caldera de 2013 por Royal Haskoning y el estudio JICA 2010. Estos datos también se contrastan con nuestro propio modelo de oleaje aún por calibrar. Primero aparecen las condiciones operacionales en aguas profundas y someras y, finalmente, los datos de condiciones extremas.

## 2.3.1 Condiciones operacionales

### 2.3.1.1 Condiciones en aguas profundas

En el informe de Royal Haskoning en 2013 se utilizaron datos en aguas indefinidas de NOAA. En la Figura 2-10 y Tabla 2-3 se puede observar que las alturas de ola alcanzan hasta 3 metros, casi el 80% entre 1-2 m. Con las reseñas obtenidas del ECMWF en nuestro modelo el máximo rango alcanzado en aguas profundas frente al Golfo de Nicoya es de 3,5 m, Figura 2-11, Figura 2-12 y Tabla 2-4.

Respecto a los períodos, según los datos de NOAA más del 80% de los períodos pico se encuentran entre 10-16. En nuestro modelo se hallan entre períodos medios de 8 segundos y 12 segundos, ya que el oleaje dominante en la zona es de fondo, Tabla 2-4. La dirección principal del oleaje costa afuera (*offshore*) en nuestro modelo coincide con la de todos los casos en 210°N.

Por otra parte, en nuestro modelo obtuvimos de la base de datos ECMWF cifras tanto para oleaje de viento como de fondo. El oleaje de fondo alcanza alturas de ola de hasta 3 m, encontrándose más del 55% entre 1-1,5 m. Los períodos medios están principalmente entre 8-12 segundos como en el caso de oleaje conjunto. Para el oleaje de viento las alturas de ola llegan a alcanzar los 3 m aunque más del 91% se encuentra por debajo de 0,5 m. Los períodos medios se hallan entre 1-3 s más del 90%.

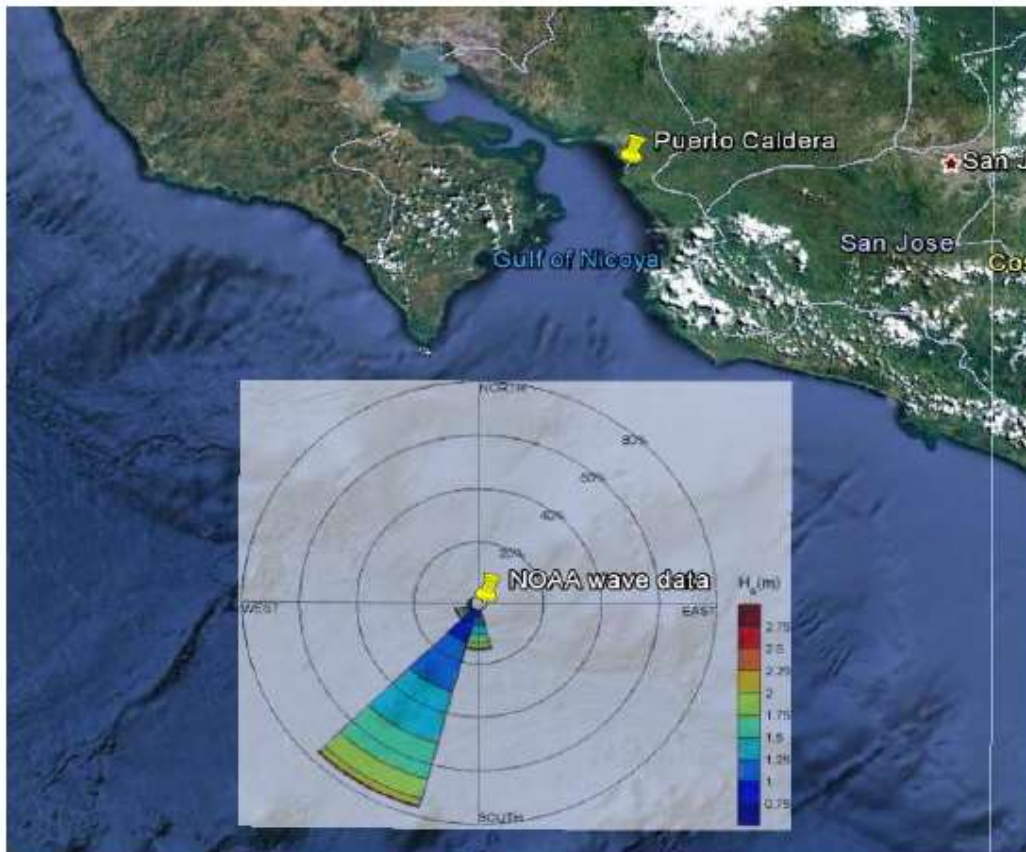


Figura 2-10 Rosa del oleaje offshore según la base de datos NOAA informe Royal Haskoning 2013



Tabla 2-3 Tablas de ocurrencia de  $H_s$  (m)-  $T_p$  (s) y  $H_s$  (m)- $Wdir$  ( $^{\circ}$ N) según la base de datos NOAA informe Royal Haskoning 2013

$H_s$ (m)	Dir ( $^{\circ}$ N)												
	180	185	190	195	200	205	210	215	220	225		230	>230
>3	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.01%	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.02%
3	0.00%	0.00%	0.00%	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%	0.01%	0.01%	0.01%	0.00%	0.00%	0.03%
2.75	0.00%	0.00%	0.02%	0.02%	0.02%	0.02%	0.01%	0.01%	0.01%	0.02%	0.02%	0.04%	0.15%
2.5	0.01%	0.09%	0.14%	0.11%	0.07%	0.16%	0.08%	0.06%	0.05%	0.04%	0.04%	0.07%	0.87%
2.25	0.08%	0.23%	0.37%	0.59%	0.51%	0.55%	0.36%	0.34%	0.28%	0.06%	0.29%	3.65%	
2	0.36%	0.63%	0.83%	1.22%	1.51%	1.64%	1.21%	1.17%	0.90%	0.28%	0.61%	10.36%	
1.75	0.57%	1.08%	1.51%	2.23%	2.41%	2.80%	2.46%	2.43%	1.67%	0.40%	0.84%	18.40%	
1.5	0.51%	0.85%	1.77%	3.35%	3.67%	4.00%	3.66%	3.33%	1.95%	0.60%	0.74%	24.42%	
1.25	0.48%	0.86%	1.83%	3.25%	4.18%	3.40%	3.77%	2.90%	1.62%	0.54%	0.97%	23.79%	
1	0.41%	0.47%	0.75%	1.59%	2.06%	2.57%	2.37%	1.80%	0.92%	0.50%	1.12%	14.57%	
0.75	0.12%	0.11%	0.09%	0.15%	0.15%	0.30%	0.27%	0.28%	0.14%	0.06%	0.19%	1.86%	
0.5	0.03%	0.02%	0.00%	0.01%	0.00%	0.01%	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.09%	
0.25	0.00%	0.00%	0.00%	0.01%	0.02%	0.02%	0.02%	0.02%	0.00%	0.00%	0.00%	0.06%	
0	2.57%	4.34%	7.29%	12.54%	14.59%	15.45%	14.22%	12.34%	7.55%	2.50%	4.87%	98.26%	

$H_s$ (m)	$T_p$ (s)										
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	>20	
>3	0.00%	0.02%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.02%
3	0.00%	0.02%	0.00%	0.00%	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.03%
2.75	0.00%	0.07%	0.02%	0.00%	0.02%	0.02%	0.02%	0.00%	0.00%	0.00%	0.15%
2.5	0.00%	0.18%	0.01%	0.02%	0.14%	0.42%	0.11%	0.01%	0.00%	0.00%	0.88%
2.25	0.02%	0.61%	0.01%	0.19%	0.91%	1.44%	0.45%	0.03%	0.00%	0.00%	3.66%
2	0.09%	1.30%	0.04%	0.79%	3.25%	3.97%	0.88%	0.06%	0.00%	0.00%	10.39%
1.75	0.15%	2.04%	0.22%	1.30%	7.60%	5.52%	1.53%	0.12%	0.00%	0.00%	18.48%
1.5	0.42%	1.52%	0.39%	2.57%	13.05%	5.26%	1.26%	0.07%	0.00%	0.00%	24.54%
1.25	0.47%	0.81%	0.55%	4.61%	13.18%	3.35%	0.78%	0.06%	0.01%	0.00%	23.81%
1	0.45%	0.44%	0.70%	5.20%	6.14%	1.39%	0.37%	0.02%	0.00%	0.00%	14.73%
0.75	0.16%	0.08%	0.19%	0.87%	0.48%	0.12%	0.03%	0.00%	0.00%	0.00%	1.93%
0.5	0.06%	0.11%	0.02%	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.20%
0.25	0.06%	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.06%
0	1.88%	7.20%	2.15%	15.55%	44.79%	21.49%	5.42%	0.38%	0.01%	0.00%	98.88%

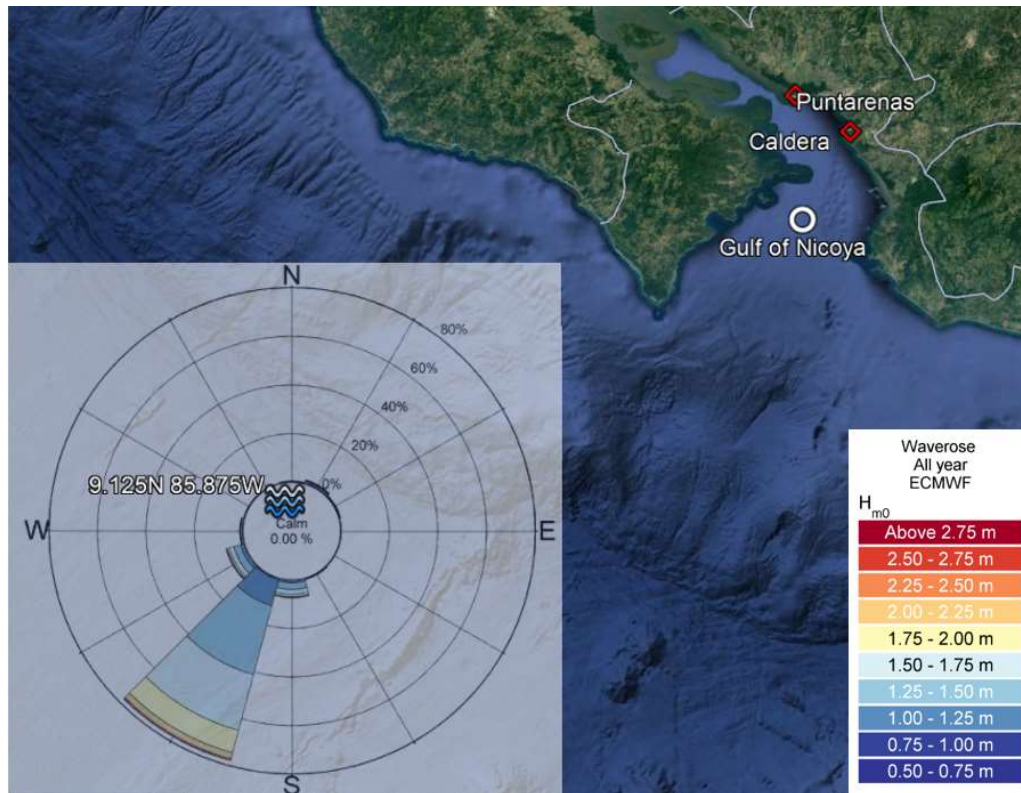


Figura 2-11 Rosa del oleaje total en aguas profundas para nuestro modelo basado en ECMWF

Tabla 2-4 Probabilidad de ocurrencia en aguas profundas de las alturas de ola significantes [m] para cada sector direccional según ECMWF en nuestro modelo, oleaje de viento (arriba), oleaje de fondo (medio), oleaje total (abajo)

Hs [m]		Dirección [°N]												Total
Inferior	Superior	-15 a 15	15 a 45	45 a 75	75 a 105	105 a 135	135 a 165	165 a 195	195 a 225	225 a 255	255 a 285	285 a 315	315 a 345	
< .50	.50	5,13	10,91	11,24	5,53	5,26	4,85	5,44	7,70	11,58	11,18	7,70	5,30	91,83
.50	1,00	,05	1,99	1,86	,03	,02	,02	,06	,31	1,04	,73	,20	,06	6,37
1,00	1,50	,00	,84	,27	,	,	,01	,01	,05	,12	,05	,00	,	1,35
1,50	2,00	,	,29	,01	,	,	,	,01	,02	,01	,01	,00	,	,34
2,00	2,50	,	,07	,	,	,	,	,00	,01	,	,	,	,	,08
2,50	3,00	,	,02	,	,	,	,	,	,00	,	,	,	,	,02
3,00	3,50	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,
3,50	>	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,
Total		5,18	14,13	13,38	5,56	5,28	4,88	5,52	8,09	12,75	11,96	7,90	5,35	100,00

Hs [m]		Dirección [°N]												Total
Inferior	Superior	-15 a 15	15 a 45	45 a 75	75 a 105	105 a 135	135 a 165	165 a 195	195 a 225	225 a 255	255 a 285	285 a 315	315 a 345	
< .50	.50	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,
.50	1,00	,01	,00	,	,01	,	,01	,11	,70	,23	,03	,01	,01	1,11
1,00	1,50	,23	,27	,19	,10	,12	,23	3,70	43,41	5,32	1,20	,37	,22	55,35
1,50	2,00	,16	,24	,11	,04	,04	,12	2,70	33,53	2,48	,40	,12	,15	40,10
2,00	2,50	,01	,03	,00	,01	,	,	,27	2,88	,17	,	,00	,00	3,37
2,50	3,00	,	,00	,	,	,	,	,01	,06	,00	,	,	,	,07
3,00	3,50	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,
3,50	>	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,
Total		,41	,55	,30	,14	,16	,36	6,79	80,59	8,20	1,63	,50	,38	100,00

Hs [m]		Dirección [°N]												Total
Inferior	Superior	-15 a 15	15 a 45	45 a 75	75 a 105	105 a 135	135 a 165	165 a 195	195 a 225	225 a 255	255 a 285	285 a 315	315 a 345	
< .50	.50	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,
.50	1,00	,00	,00	,	,01	,	,00	,09	,57	,16	,01	,01	,00	,87
1,00	1,50	,24	,40	,33	,19	,14	,38	3,87	40,48	4,50	,99	,28	,18	51,97
1,50	2,00	,34	,91	,40	,17	,17	,22	3,07	33,43	2,92	,39	,19	,17	42,39
2,00	2,50	,04	,37	,06	,00	,01	,02	,32	3,27	,38	,01	,01	,02	4,51
2,50	3,00	,00	,09	,00	,	,	,	,01	,11	,02	,	,00	,	,23
3,00	3,50	,	,01	,	,	,	,	,	,01	,	,	,	,	,02
3,50	>	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,
Total		,63	1,80	,80	,37	,32	,62	7,36	77,87	7,98	1,40	,48	,37	100,00

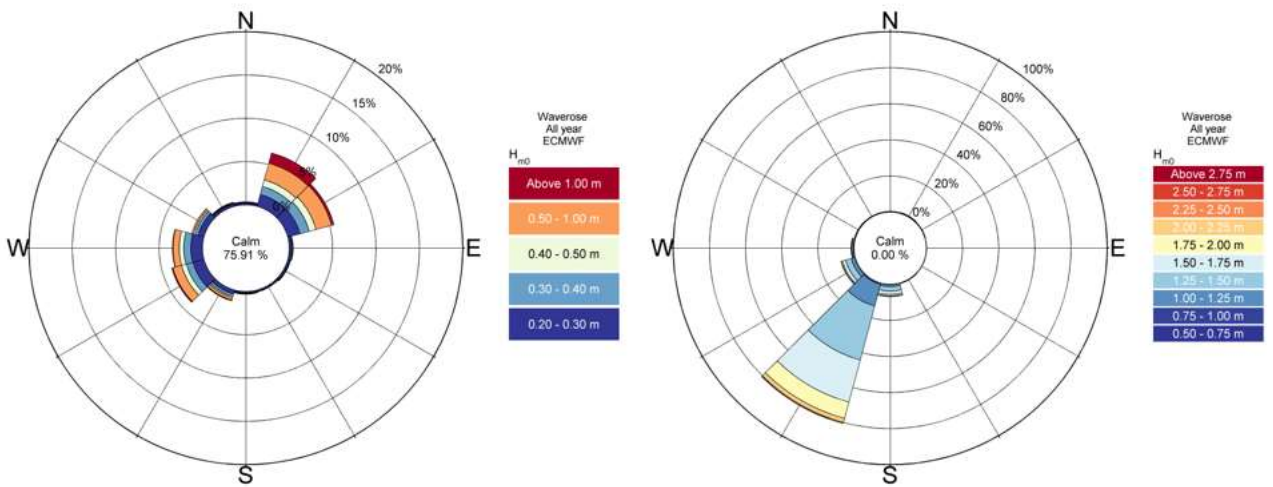


Figura 2-12 Rosa del oleaje de viento (izquierda) y de fondo (derecha) en aguas profundas para nuestro modelo basado en ECMWF

Tabla 2-5 Probabilidad de ocurrencia en aguas profundas de los periodos medios [s] para cada sector direccional según ECMWF en nuestro modelo, oleaje de viento (arriba), oleaje de fondo (medio), oleaje total (abajo)

Tm-1,0 [s]		Dirección [°N]												Total
Inferior	Superior	-15 a 15	15 a 45	45 a 75	75 a 105	105 a 135	135 a 165	165 a 195	195 a 225	225 a 255	255 a 285	285 a 315	315 a 345	
< 1,00	1,00	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,
1,00	2,00	4,64	6,80	6,92	4,92	4,80	4,44	4,96	6,33	7,95	7,67	6,03	4,75	70,21
2,00	3,00	,47	3,68	4,03	,60	,45	,41	,46	1,29	3,37	3,33	1,63	,54	20,26
3,00	4,00	,06	2,02	1,91	,03	,03	,03	,07	,33	1,14	,85	,22	,06	6,75
4,00	5,00	,01	1,10	,49	,00	,01	,01	,03	,09	,26	,10	,02	,00	2,10
5,00	6,00	,	,43	,03	,	,	,	,01	,03	,03	,02	,00	,	,56
6,00	7,00	,	,09	,	,	,	,	,00	,01	,00	,00	,	,	,11
7,00	>	,	,00	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,00
Total		5,18	14,13	13,38	5,56	5,28	4,88	5,52	8,09	12,75	11,96	7,90	5,35	100,00

Tm-1,0 [s]		Dirección [°N]												Total
Inferior	Superior	-15 a 15	15 a 45	45 a 75	75 a 105	105 a 135	135 a 165	165 a 195	195 a 225	225 a 255	255 a 285	285 a 315	315 a 345	
< 9,00	9,00	,32	,50	,28	,14	,15	,31	1,75	8,45	1,48	,23	,19	,20	13,99
9,00	10,00	,09	,05	,02	,01	,01	,05	1,90	21,01	2,59	,43	,19	,16	26,49
10,00	11,00	,00	,	,00	,	,	,	1,85	25,32	2,25	,47	,10	,03	30,02
11,00	12,00	,	,	,	,	,	,	,89	17,21	1,35	,32	,02	,	19,78
12,00	13,00	,	,	,	,	,	,	,30	6,69	,49	,13	,00	,	7,60
13,00	14,00	,	,	,	,	,	,	,08	1,67	,05	,05	,	,	1,85
14,00	15,00	,	,	,	,	,	,	,02	,21	,00	,00	,	,	,24
15,00	16,00	,	,	,	,	,	,	,	,03	,	,	,	,	,03
16,00	17,00	,	,	,	,	,	,	,	,01	,	,	,	,	,01
17,00	>	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,
Total		,41	,55	,30	,14	,16	,36	6,79	80,59	8,20	1,63	,50	,38	100,00

Tm-1,0 [s]		Dirección [°N]												Total
Inferior	Superior	-15 a 15	15 a 45	45 a 75	75 a 105	105 a 135	135 a 165	165 a 195	195 a 225	225 a 255	255 a 285	285 a 315	315 a 345	
< 9,00	9,00	,61	1,78	,79	,37	,31	,56	2,28	9,94	2,25	,32	,26	,29	19,74
9,00	10,00	,02	,02	,01	,00	,01	,06	2,00	20,19	2,33	,35	,16	,07	25,22
10,00	11,00	,	,	,	,	,	,	1,84	23,56	1,85	,35	,06	,01	27,66
11,00	12,00	,	,	,	,	,	,	,88	16,01	1,09	,23	,00	,	18,21
12,00	13,00	,	,	,	,	,	,	,28	6,36	,41	,11	,00	,	7,16
13,00	14,00	,	,	,	,	,	,	,07	1,58	,05	,05	,	,	1,74
14,00	15,00	,	,	,	,	,	,	,02	,19	,00	,00	,	,	,22
15,00	16,00	,	,	,	,	,	,	,	,03	,	,	,	,	,03
16,00	17,00	,	,	,	,	,	,	,	,01	,	,	,	,	,01
17,00	>	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,
Total		,63	1,80	,80	,37	,32	,62	7,36	77,87	7,98	1,40	,48	,37	100,00

En el estudio de oleaje de JICA en 2010, se calibraron parcialmente los datos de reanálisis del modelo Wave Watch III de NOAA entre 1979 y 2000 con medidas tomadas por un sensor de presión ultrasónico a una profundidad de 15 m al suroeste del rompeolas de Caldera entre 1978 y 1985. La serie temporal de datos parcialmente calibrados se ajustó a la función Gumbel de máximos, obteniendo el régimen medio que se presenta en la Figura 2-13.

También se presentó en el mismo estudio la probabilidad conjunta entre la altura de ola significativa y el período de pico, que se concentra entre los 10-16 segundos, Figura 2-14, mismo intervalo que en el estudio de Royal Haskoning 2013 ya que utilizaron la misma base de datos.

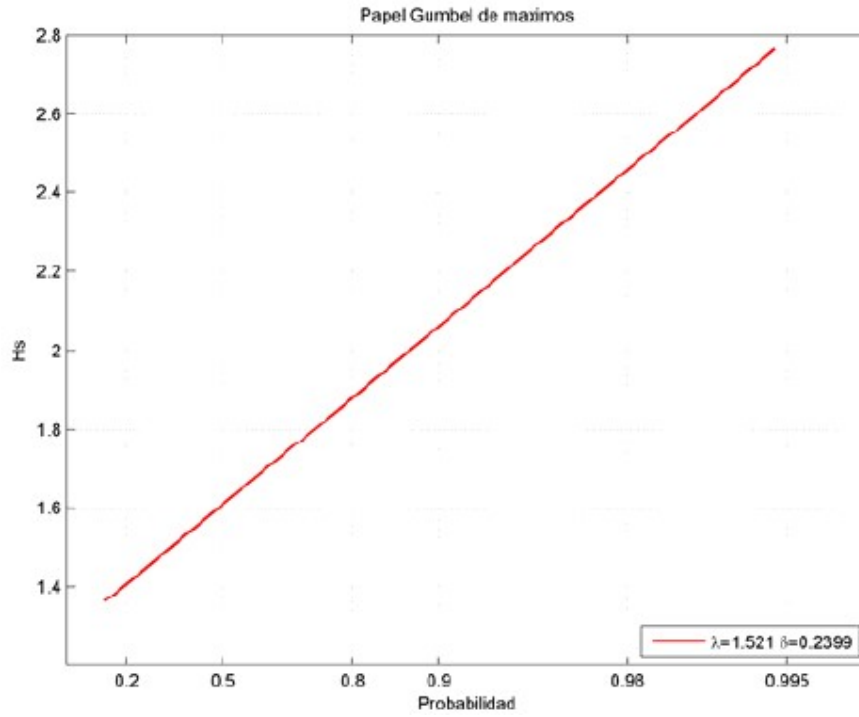


Figura 2-13 Régimen medio JICA 2010

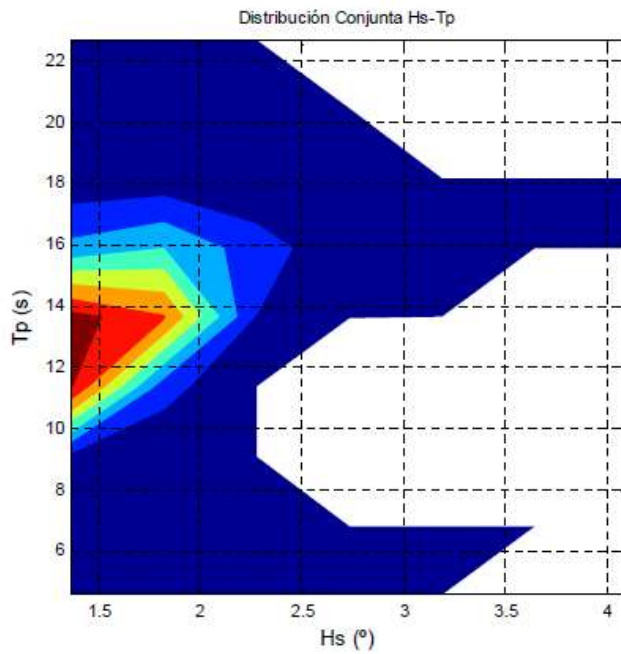


Figura 2-14 Probabilidad conjunta Hs- Tp, JICA 2010

### 2.3.1.2 Condiciones en aguas someras

En el informe de RH de 2013 se propagaron oleajes con SWAN donde se obtuvieron las alturas de oleaje para determinadas condiciones *offshore*, y así poder analizar la reducción de agitación en el puerto. En la Figura 2-15 se presenta la distribución espacial de  $H_s$  y  $H_{dir}$  para la simulación de calibración para la condición límite costa afuera:  $H_s=2,0$  m,  $T_p=14,0$  s,  $H_{dir}=210^\circ N$ .

Tanto en el informe de Royal Haskoning de 2013 como en el informe JICA 2010 no se presenta información de las condiciones normales de oleaje frente al puerto de Caldera. Estos datos son necesarios para la evaluación de la sedimentación y el tiempo de inactividad. Para obtener una idea de las condiciones normales, el modelo de oleaje a gran escala de Arcadis se aplicó para obtener el clima marítimo frente a Caldera. Cabe mencionar que este modelo no ha sido calibrado y se ha utilizado simplemente para tener una impresión general del clima marítimo en la zona.

De la Figura 2-16 a la Figura 2-18, así como en la Tabla 2-6 y Tabla 8-7, se presentan las condiciones en una ubicación frente a Puerto Caldera mediante la propagación en SWAN de nuestro modelo para oleaje de viento, de fondo y total. Los resultados muestran que las olas se aproximan desde  $210^\circ N$ . El 85% de los oleajes se encuentra por debajo de 1 m. El 95% de los periodos medios se halla entre 6 y 12 segundos.

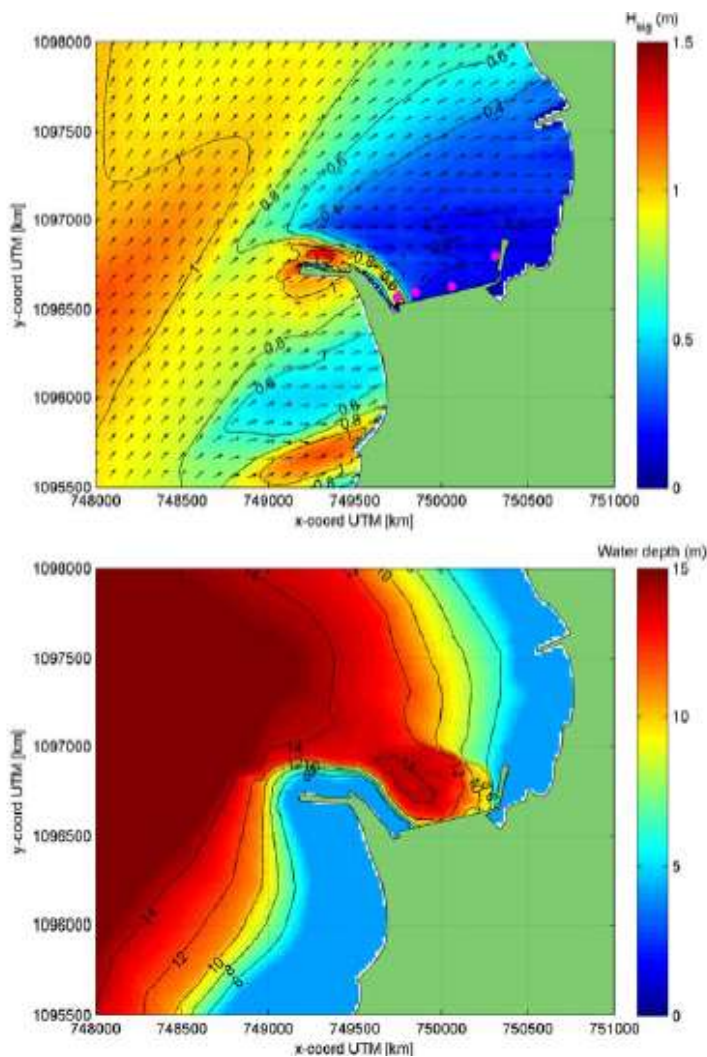


Figura 2-15 Distribución espacial de  $H_s$  y  $H_{dir}$  para la simulación de calibración para la condición límite costa afuera:  $H_s=2,0$  m,  $T_p=14,0$  s,  $H_{dir}=210$  (arriba) y la batimetría utilizada (abajo) en el informe de Royal Haskoning 2013 con los datos de NOAA

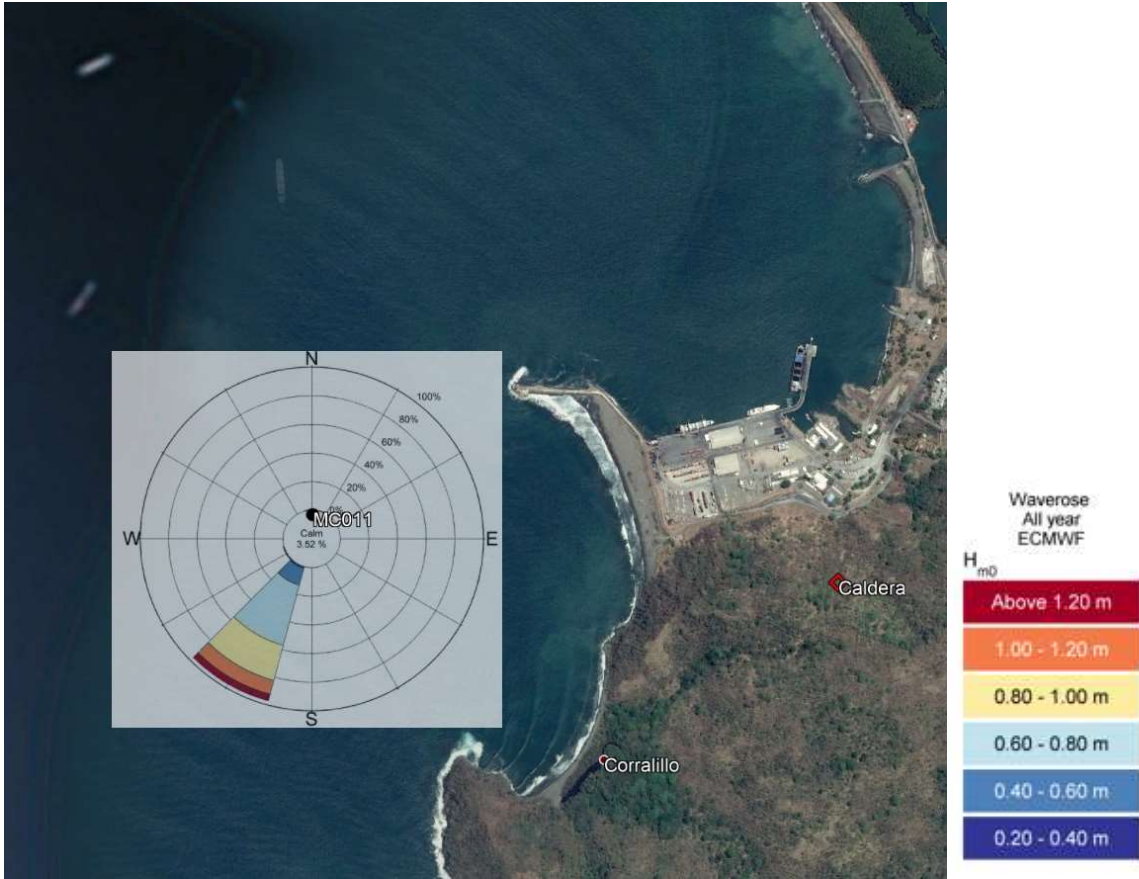


Figura 2-16 Localización de los resultados operacionales en aguas someras frente a caldera con la rosa de oleaje total de nuestro modelo basado en ECMWF

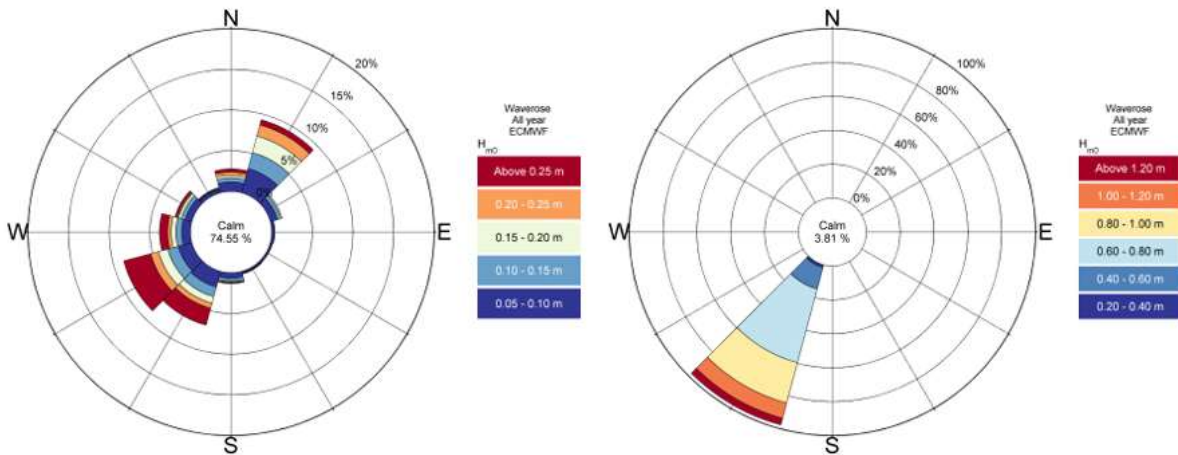


Figura 2-17 Rosas del oleaje en aguas someras para oleaje de viento (izquierda) y para oleaje de fondo (derecha) frente a Puerto Caldera, según nuestro modelo basado en ECMWF

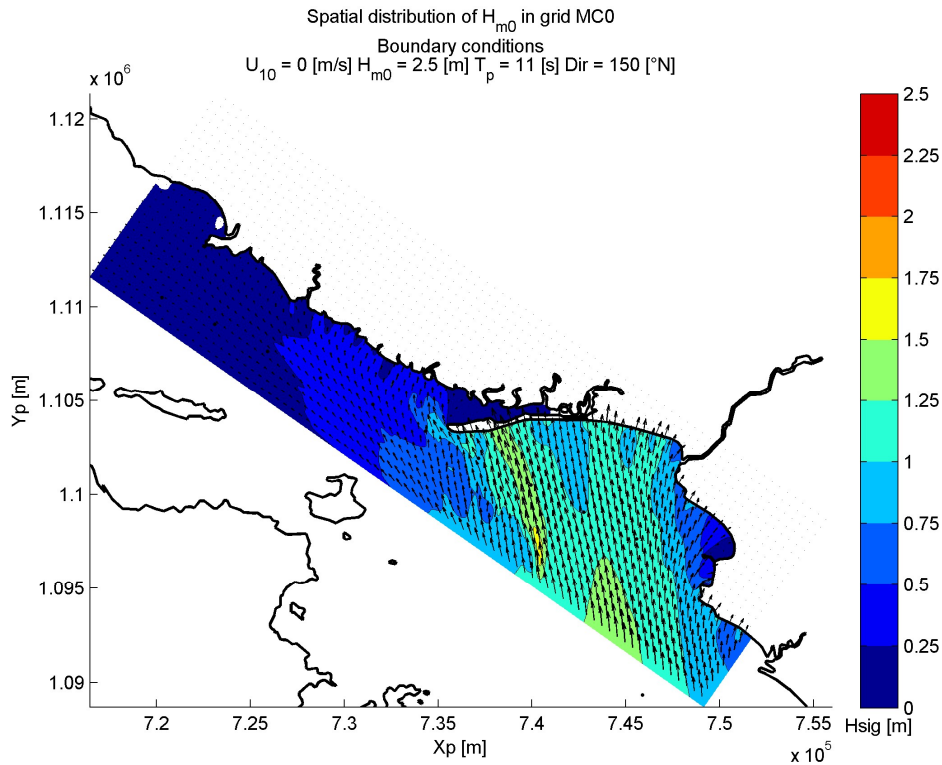
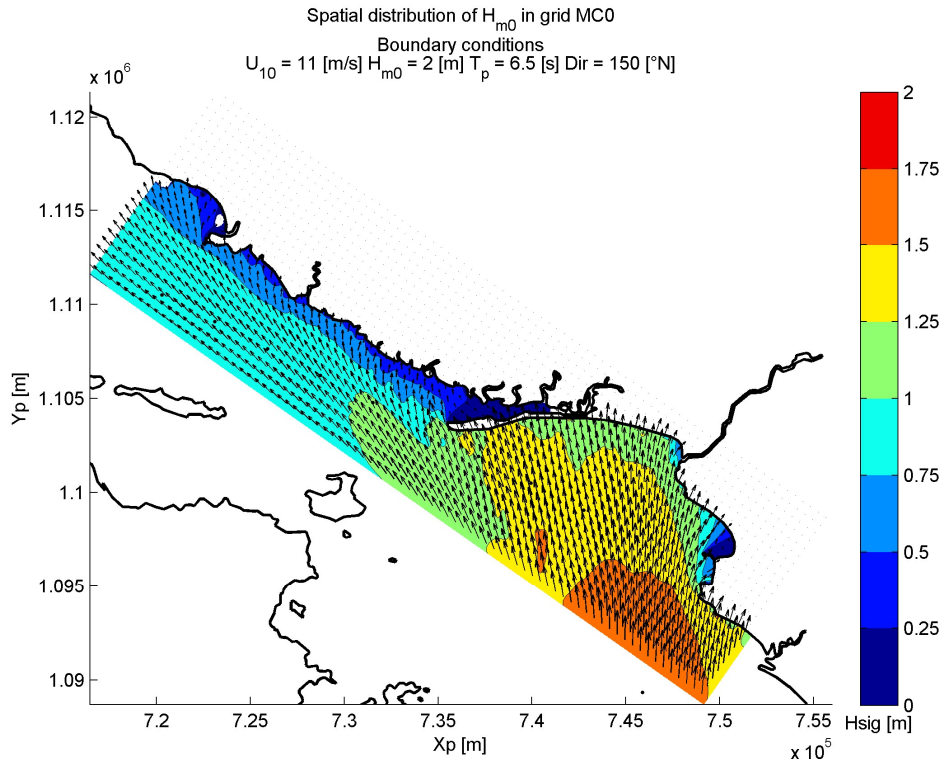


Figura 2-18 Distribución espacial de alturas de ola [m], las flechas muestran la dirección media de las olas, oleaje de viento (arriba) y de fondo (abajo) para las condiciones de contorno indicadas, según nuestro modelo basado en ECMWF propagado en aguas someras

Tabla 2-6 Probabilidad de ocurrencia para alturas de ola significativa [m] y sectores direccionales frente a Puerto Caldera, oleaje de viento (arriba), de fondo (medio) y total (abajo) según nuestro modelo basado en ECMWF

Hs [m]		Dirección [°N]											Total	
		-15 a 15	15 a 45	45 a 75	75 a 105	105 a 135	135 a 165	165 a 195	195 a 225	225 a 255	255 a 285	285 a 315		315 a 345
Inferior	Superior	15	45	75	105	135	165	195	225	255	285	315	345	
<	,10	5,51	9,78	4,28	2,88	2,48	2,41	7,09	14,09	8,43	5,78	7,17	4,65	74,55
,10	,20	,82	4,14	,61	,06	,06	,10	,50	2,07	2,53	1,32	,86	,19	13,26
,20	,40	,74	2,06	,01	,00	,00	,02	,14	1,58	2,77	1,13	,41	,06	8,93
,40	,60	,05	,00	, ,	, ,	, ,	, ,	,01	,63	1,25	,28	,04	, ,	2,26
,60	,80	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,	,40	,34	,01	, ,	, ,	,75
,80	1,00	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,	,09	,04	,01	, ,	, ,	,14
1,00	1,20	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,	,05	,01	, ,	, ,	, ,	,06
1,20	1,40	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,	,03	,00	, ,	, ,	, ,	,03
1,40	1,60	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,	,01	, ,	, ,	, ,	, ,	,01
1,60	1,80	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,	,00	, ,	, ,	, ,	, ,	,00
1,80	2,00	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,	,00	, ,	, ,	, ,	, ,	,00
2,00	2,20	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,
2,20	>	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,
Total		7,12	15,97	4,90	2,95	2,54	2,53	7,74	18,96	15,38	8,53	8,47	4,90	100,00

Hs [m]		Dirección [°N]											Total	
		-15 a 15	15 a 45	45 a 75	75 a 105	105 a 135	135 a 165	165 a 195	195 a 225	225 a 255	255 a 285	285 a 315		315 a 345
Inferior	Superior	15	45	75	105	135	165	195	225	255	285	315	345	
<	,20	,36	,38	, ,	, ,	, ,	, ,	,05	,58	,40	,19	,14	,19	2,29
,20	,40	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,	,01	1,51	, ,	, ,	, ,	, ,	1,52
,40	,60	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,	13,19	, ,	, ,	, ,	, ,	13,19
,60	,80	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,	44,95	, ,	, ,	, ,	, ,	44,95
,80	1,00	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,	24,71	, ,	, ,	, ,	, ,	24,71
1,00	1,20	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,	9,27	, ,	, ,	, ,	, ,	9,27
1,20	1,40	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,	3,07	, ,	, ,	, ,	, ,	3,07
1,40	1,60	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,	,83	, ,	, ,	, ,	, ,	,83
1,60	1,80	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,	,16	, ,	, ,	, ,	, ,	,16
1,80	2,00	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,	,02	, ,	, ,	, ,	, ,	,02
2,00	>	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,
Total		,36	,38	, ,	, ,	, ,	, ,	,07	98,27	,40	,19	,14	,19	100,00

Hs [m]		Dirección [°N]											Total	
		-15 a 15	15 a 45	45 a 75	75 a 105	105 a 135	135 a 165	165 a 195	195 a 225	225 a 255	255 a 285	285 a 315		315 a 345
Inferior	Superior	15	45	75	105	135	165	195	225	255	285	315	345	
<	,20	,26	,73	,11	,03	,01	,01	,04	,13	,09	,04	,03	,03	1,50
,20	,40	,28	,39	,00	,01	,00	,00	,05	1,09	,13	,03	,01	,02	2,02
,40	,60	,06	,01	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,	12,28	,13	,02	,00	,02	12,51
,60	,80	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,	43,52	,10	,00	, ,	,00	43,62
,80	1,00	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,	25,33	,16	, ,	, ,	, ,	25,49
1,00	1,20	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,	10,06	,05	, ,	, ,	, ,	10,10
1,20	1,40	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,	3,51	,02	, ,	, ,	, ,	3,53
1,40	1,60	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,	,97	,01	, ,	, ,	, ,	,97
1,60	1,80	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,	,22	, ,	, ,	, ,	, ,	,22
1,80	2,00	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,	,03	, ,	, ,	, ,	, ,	,03
2,00	2,20	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,	,00	, ,	, ,	, ,	, ,	,00
2,20	2,40	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,	,00	, ,	, ,	, ,	, ,	,00
2,40	>	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,	, ,
Total		,60	1,13	,11	,03	,01	,01	,09	97,14	,68	,09	,05	,07	100,00

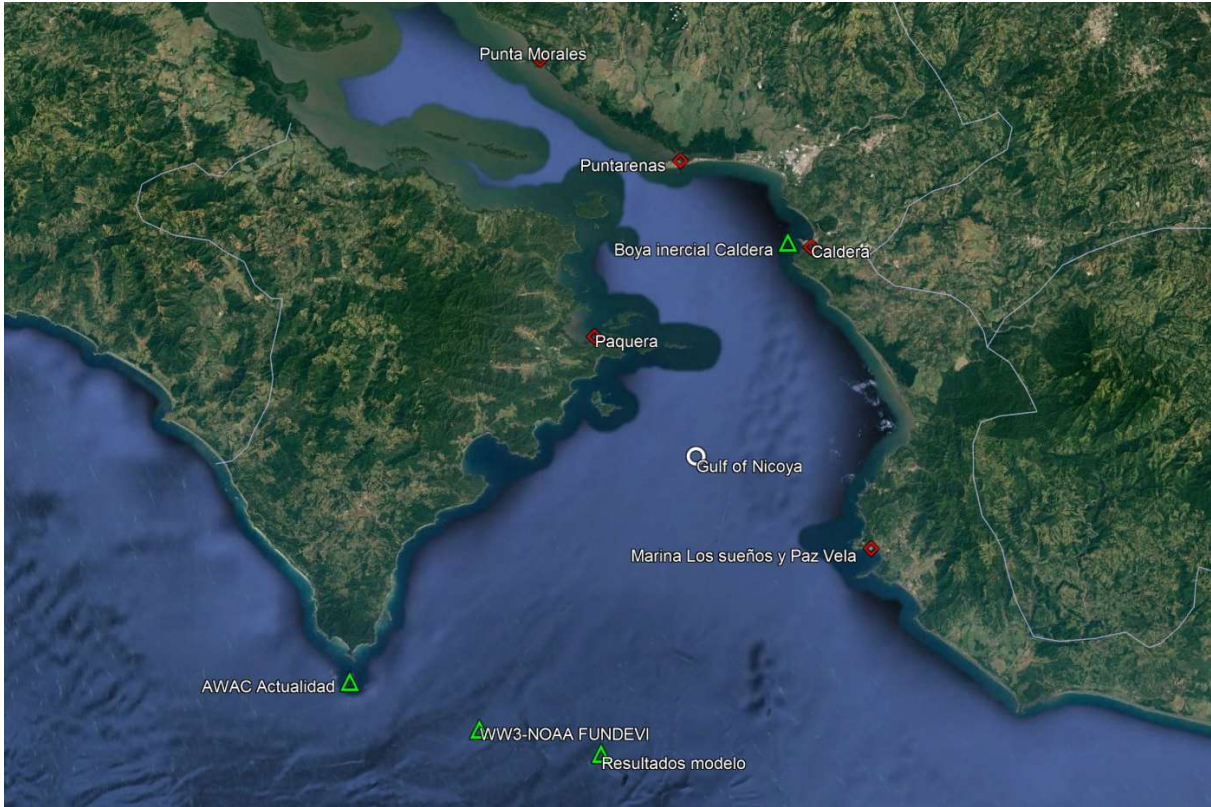


Tabla 2-7 Probabilidad de ocurrencia de alturas de ola significativa total [m] y periodo medio [s] según nuestro modelo basado en ECMWF

Hs [m]		Tm-1,0 [s]									Total
		< a	2,00 a	4,00 a	6,00 a	8,00 a	10,00 a	12,00 a	14,00 a	16,00 a	
Inferior	Superior	2,00	4,00	6,00	8,00	10,00	12,00	14,00	16,00	>	
<	,20	1,04	,14	,12	,14	,06	,00	,	,	,	1,50
,20	,40	,53	,14	,19	,49	,50	,16	,01	,	,	2,02
,40	,60	,01	,04	,09	5,03	6,87	,46	,01	,	,	12,51
,60	,80	,	,	,11	7,35	30,49	5,65	,02	,	,	43,62
,80	1,00	,	,	,26	2,64	12,82	9,63	,13	,	,	25,49
1,00	1,20	,	,	,13	1,01	3,40	5,23	,34	,	,	10,10
1,20	1,40	,	,	,05	,31	,82	1,91	,44	,	,	3,53
1,40	1,60	,	,	,01	,06	,19	,43	,28	,01	,	,97
1,60	1,80	,	,	,	,04	,03	,06	,09	,01	,	,22
1,80	2,00	,	,	,	,01	,00	,	,00	,01	,	,03
2,00	2,20	,	,	,	,00	,	,	,	,	,	,00
2,20	2,40	,	,	,	,	,00	,	,	,	,	,00
2,40	2,60	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,
2,60	>	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,
Total		1,58	,31	,97	17,08	55,18	23,54	1,33	,02	,	100,00

Finalmente, se han comparado los datos disponibles de nuestro modelo en la entrada del Golfo de Nicoya con las cifras disponibles parcialmente calibradas por FUNDEVI de la base NOAA, gracias a los medidores de oleaje situados en la zona AWAC. La comparación se ha realizado desde febrero de 2005, cuando comienzan las mediciones, hasta enero de 2017, fecha en la que termina nuestro modelo. En la Figura 2-19 se muestra la ubicación de los datos utilizados.

Cabe destacar que el modelado de oleaje no es objetivo del presente estudio, y no había simulaciones realizadas para obtener el clima marítimo del modelo de Arcadis en la ubicación exacta donde se tomaron las mediciones y calibrar el modelo basado en estas mediciones. Para obtener una idea de las diferencias entre los modelos, se ha realizado de manera indicativa una comparación entre el modelo de Arcadis y la serie parcialmente calibrada por FUNDEVI hasta 2017.



*Figura 2-19 Ubicación del medidor AWAC, de los datos de reanálisis WWIII parcialmente calibrados por FUNDEVI, de la boya inercial de Caldera y de los resultados obtenidos de nuestro modelo basado en ECMWF*

En la Figura 2-20 se puede observar la afinidad entre las diferentes bases de datos entre 2015 y 2017, la base parcialmente calibrada de FUNDEVI 2017 (basada en NOAA) y nuestro modelo no calibrado (basado en datos del ECMWF), aunque se subestiman algunos de los eventos de pico.

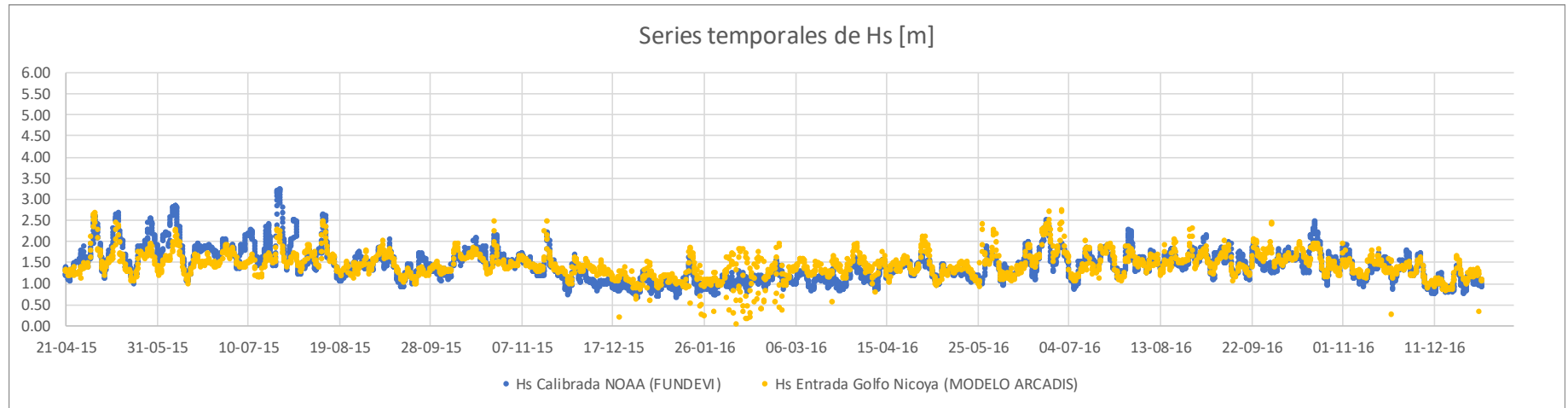
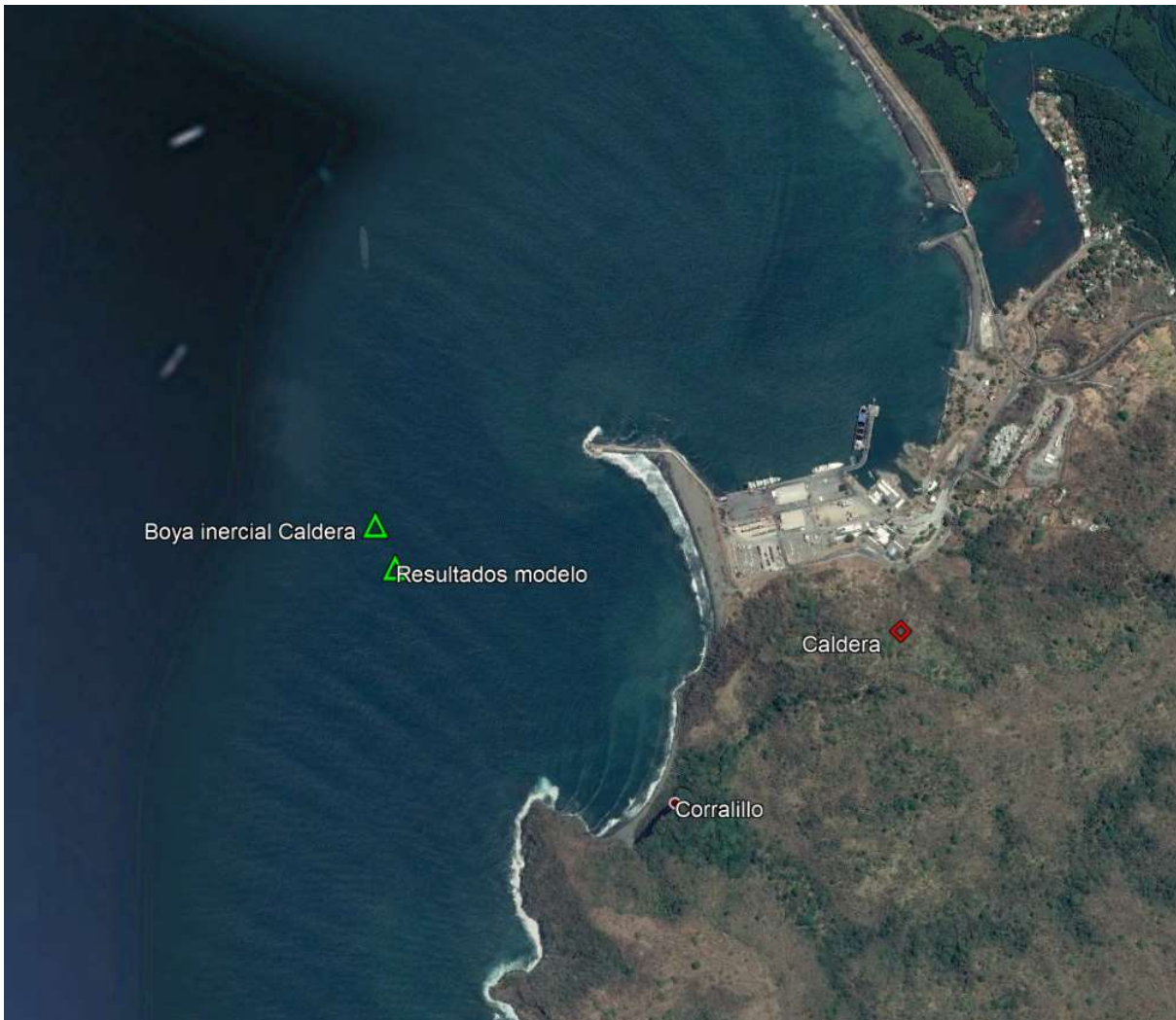


Figura 2-20 Series temporales de los datos de alturas de ola significativa [m] de NOAA parcialmente calibrados por FUNDEVI y los datos de nuestro modelo a la entrada del Golfo de Nicoya entre 2015 y 2017

De la misma manera, se han comparado los datos disponibles de nuestro modelo frente a Caldera con los de la boya inercial en la misma ubicación. En la Figura 2-21 se muestra la colocación de los datos de la boya y de nuestro modelo, donde se han cotejado los dos tipos de información.



*Figura 2-21 Ubicación de la boya inercial de Caldera y de los resultados en nuestro modelo*

Se han seleccionado los datos horarios de la boya del 22 de abril de 2015 al 1 de enero de 2017, y se han seleccionado los mismos de nuestra serie, en la que la información es cada 6 horas. Las tablas de ocurrencia de altura de ola y período de pico se presenta en la Tabla 8-8. Si las mediciones son correctas, se puede apreciar cómo los datos de reanálisis están subestimados.

Tabla 2-8 Tabla de ocurrencia de alturas de ola significativa [m] y período de pico [s] en la boya de Caldera (arriba) y períodos de pico [s] en nuestra serie de datos (abajo) basada en ECMWF

Hs [m]		Tp [s]											Total	
		< a	2,00 a	4,00 a	6,00 a	8,00 a	10,00 a	12,00 a	14,00 a	16,00 a	18,00 a	20,00 a		22,00 a
Inferior	Superior	2,00	4,00	6,00	8,00	10,00	12,00	14,00	16,00	18,00	20,00	22,00	>	
<	,20	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,
,20	,40	,	,	,	,01	,	,21	,31	,22	,15	,07	,01	,	,99
,40	,60	,	,	,03	1,30	,46	3,23	6,53	3,11	1,46	,14	,02	,	16,28
,60	,80	,	,13	3,13	1,19	3,19	13,19	9,26	2,95	,41	,14	,	,	33,57
,80	1,00	,	,02	2,01	,43	1,52	7,64	9,97	4,10	,67	,15	,	,	26,51
1,00	1,20	,	,	,53	,07	,39	2,31	6,39	1,98	,43	,07	,	,	12,16
1,20	1,40	,	,	,03	,	,03	,52	3,41	1,48	,24	,02	,	,	5,73
1,40	1,60	,	,	,	,	,	,08	1,38	,78	,24	,02	,	,	2,50
1,60	1,80	,	,	,	,	,	,06	,51	,57	,03	,	,	,	1,17
1,80	2,00	,	,	,	,	,	,	,18	,41	,04	,01	,	,	,64
2,00	2,20	,	,	,	,	,	,01	,03	,18	,03	,01	,	,	,26
2,20	2,40	,	,	,	,	,	,	,	,13	,01	,	,	,	,14
2,40	2,60	,	,	,	,	,	,	,	,04	,	,	,	,	,04
2,60	2,80	,	,	,	,	,	,	,	,01	,	,	,	,	,01
2,80	3,00	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,
3,00	3,20	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,
3,20	3,40	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,
3,40	3,60	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,
3,60	3,80	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,
3,80	4,00	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,
4,00	>	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,
Total		,	,17	7,02	2,15	8,56	30,66	34,47	14,24	2,29	,44	,	,	100,00

Hs [m]		Tp [s]											Total	
		< a	2,00 a	4,00 a	6,00 a	8,00 a	10,00 a	12,00 a	14,00 a	16,00 a	18,00 a	20,00 a		22,00 a
Inferior	Superior	2,00	4,00	6,00	8,00	10,00	12,00	14,00	16,00	18,00	20,00	22,00	>	
<	,20	1,21	,12	,04	,12	,08	,12	,	,	,	,	,	,	1,69
,20	,40	,40	,16	,08	,28	,60	,56	,08	,	,	,	,	,	2,17
,40	,60	,	,04	,08	3,95	6,56	1,81	,	,	,	,	,	,	12,44
,60	,80	,	,	,12	6,04	24,16	11,56	,4	,	,	,	,	,	42,29
,80	1,00	,	,	,12	4,31	10,27	11,56	,4	,	,	,	,	,	26,66
1,00	1,20	,	,	,	1,41	2,13	4,03	2,09	,	,	,	,	,	9,67
1,20	1,40	,	,	,	,48	,44	,97	,72	,04	,	,	,	,	2,66
1,40	1,60	,	,	,	,24	,20	,32	,81	,08	,	,	,	,	1,65
1,60	1,80	,	,	,	,04	,08	,20	,12	,08	,08	,	,	,	,60
1,80	2,00	,	,	,	,	,	,	,	,08	,08	,	,	,	,16
2,00	2,20	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,
2,20	2,40	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,
2,40	2,60	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,
2,60	2,80	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,
2,80	3,00	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,
3,00	3,20	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,
3,20	3,40	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,
3,40	3,60	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,
3,60	3,80	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,
3,80	4,00	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,
4,00	>	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,	,
Total		1,61	,32	,44	16,87	44,54	31,13	4,63	,28	,16	,	,	,	100,00

En la Figura 2-22 se presenta una comparación de las dos series de datos, del modelo ECMWF y la boya inercial de Caldera, entre 2015 y 2017. Se puede observar en ella que los eventos de pico que se muestran en las mediciones no ocurren en la serie de datos del modelo de reanálisis no calibrado de Arcadis. Se requiere un estudio más detallado de los datos, modelación de oleaje y calibración para obtener un clima marítimo más fiable cerca del puerto y una mayor confianza en la modelación de oleaje y los resultados de las mediciones. El modelo debería ser calibrado teniendo en cuenta tanto las mediciones en la ubicación cerca de Caldera como en la del medidor AWAC. Sin embargo, esto no forma parte del presente estudio.

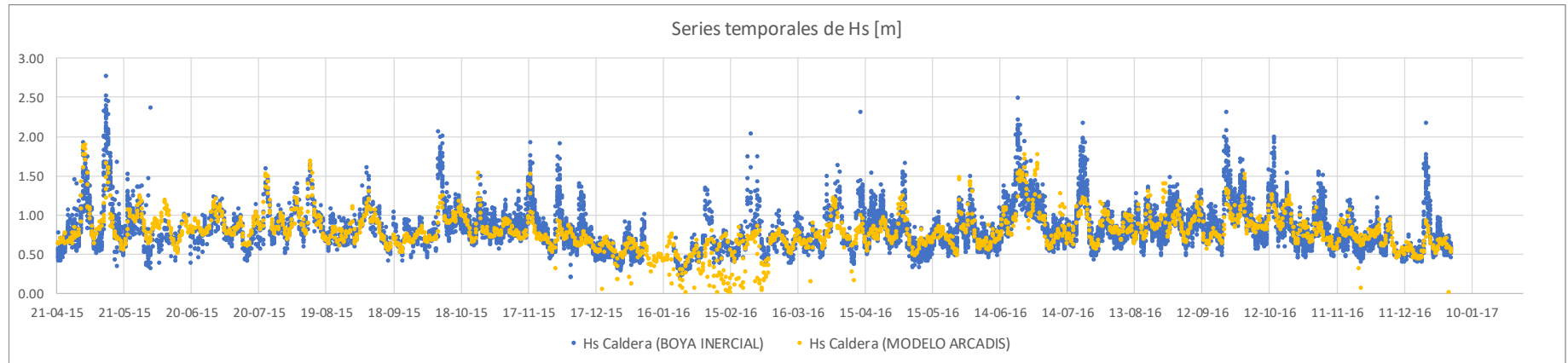
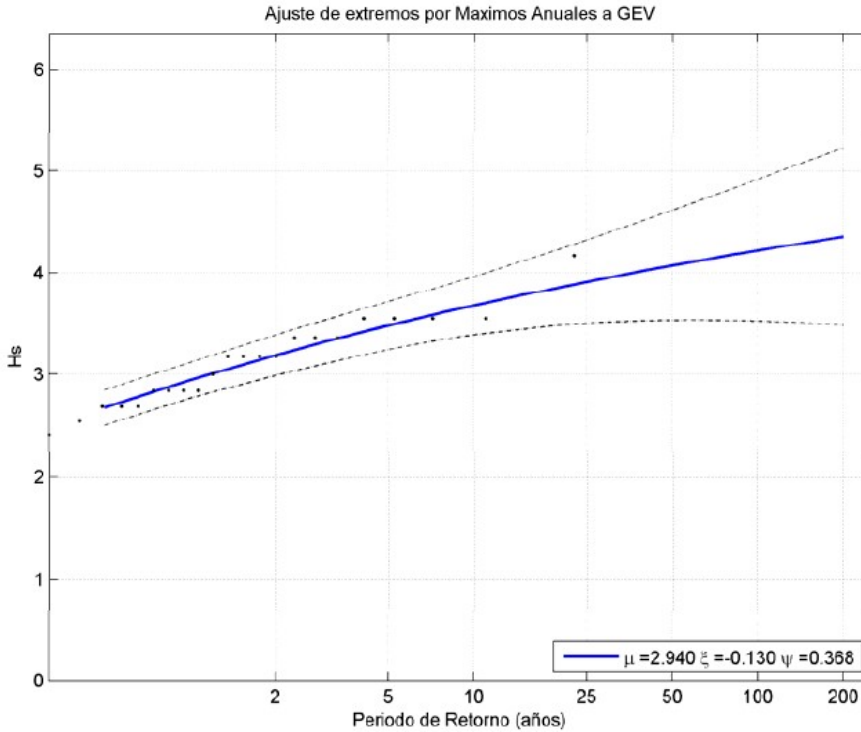


Figura 2-22 Comparación de los datos de altura de ola significativa [m] de nuestro modelo de ECMWF y los mismos de la boya inercial de Caldera

## 2.3.2 Condiciones extremas

### 2.3.2.1 Aguas profundas

Para el análisis extremal en aguas indefinidas se han recopilado los datos del estudio JICA en 2010, que es información parcialmente calibrada de WWIII. Mediante la aplicación de la función GEV se obtiene como resultado los datos que se presentan en la Figura 2-23, con una altura de ola significativa para un período de retorno de 100 años de 4,2 m.



Régimen extremal escalar

Período de retorno	Banda media	Banda Inferior	Banda superior
Tr (años)	Hs (m)	Hs (m)	Hs (m)
1	3.0	2.8	3.2
5	3.4	3.2	3.7
25	3.9	3.5	4.4
50	4.1	3.6	4.6
100	4.2	3.6	4.9

Figura 2-23 Régimen extremal en aguas indefinidas por el estudio JICA 2010 mediante datos parcialmente calibrados de WWIII

### 2.3.2.2 Aguas someras

Para los datos de régimen extremal en aguas someras se presenta la información del estudio de JICA, que también son datos de NOAA parcialmente calibrados. En la Figura 2-24, se muestra la ubicación de los puntos de estudio mediante OLUCA-SP y en la Figura 2-25 los resultados en el punto 2, donde se encontraba el oleómetro ultrasónico desde 1978 para el estudio JICA 1986.

Coordenadas de los puntos de control en la zona del proyecto

Punto de Control	Coordenada X	Coordenada Y	Coordenada Z
Pto No. 1	456379.8056	209206.3327	8.0
Pto No. 2	456069.3727	209968.5906	15.5
Pto No. 3	456639.3870	210682.7022	10.0
Pto No. 4	456752.9539	210682.7022	5.0
Pto No. 5	457012.5353	210552.9115	2.0

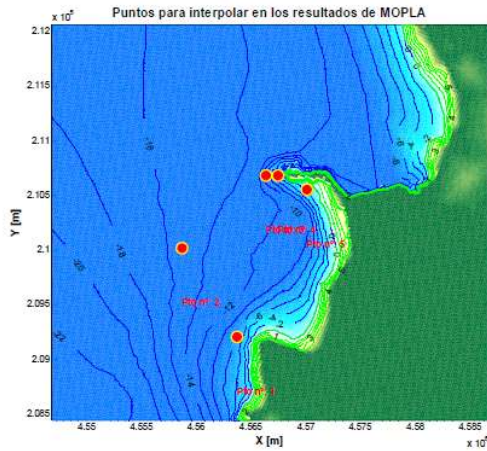


Figura 2-24 Ubicación de puntos de control cerca del rompeolas, JICA 2010

Comparación de alturas de olas significantes en el punto de control No.2.

Periodo de Retorno (años)	Altura de ola significativa (m), JICA (1986)	Altura de ola significativa (m), DI-MOPT
5	3.692	3.76
10	3.980	3.89
20	4.259	3.99
25	4.348	4.02
30	4.419	4.04
40	4.531	4.07
50	4.617	4.09
100	4.881	4.15

Figura 2-25 Comparación datos de JICA 1986 a partir de los datos del oleómetro y de JICA 2010 mediante calibración de WWIII

En la Figura 2-26 se presenta el gráfico del ajuste de extremos por máximos anuales a GEV de la serie reconstruida de WWIII parcialmente calibrada por JICA 2010 en el punto de control 4 correspondiente al morro del rompeolas.



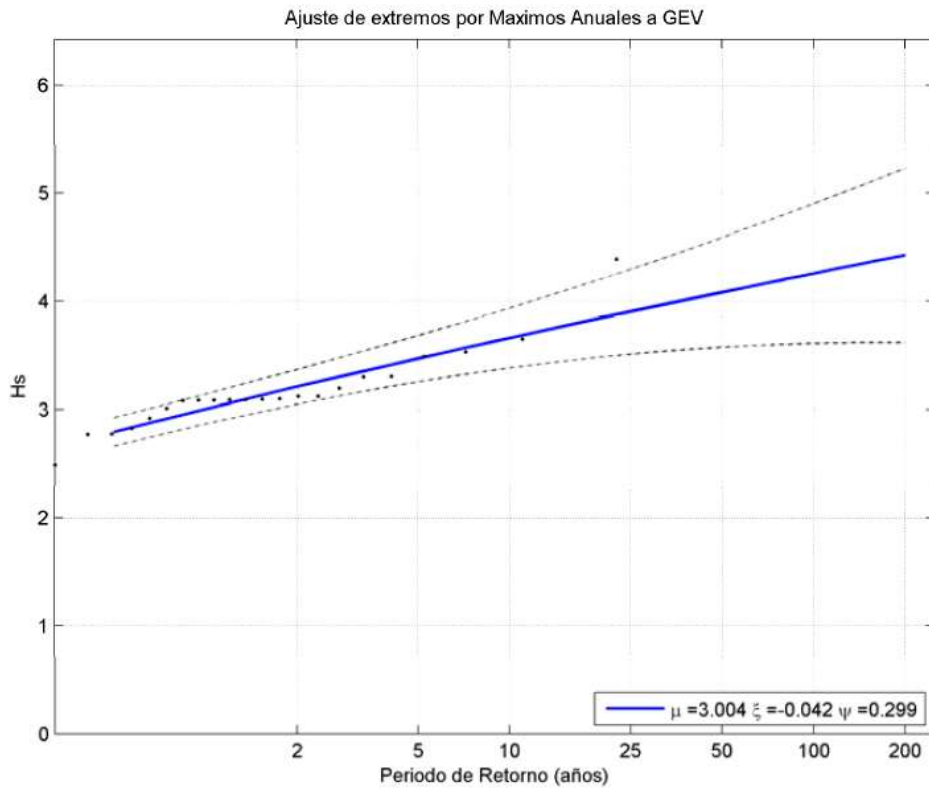


Figura 2-26 Régimen extremal de oleaje escalar en el punto No. 4 frente al morro del rompeolas (JICA 2010)

En el mismo estudio se determinan los parámetros de la ROM que definen el carácter general de la obra de la reparación del rompeolas de Caldera, determinando las condiciones de diseño, que se presentan en la Tabla 2-9.

Tabla 2-9 Vida útil, Tr y PF definidos por JICA 2010 según los parámetros de la ROM

Vida útil (años)	50
Máxima probabilidad de falla	0,1
Período de retorno (años)	475

Se determinaron entonces mediante dos procedimientos distintos las alturas de ola de cálculo para el diseño de la reparación del rompeolas. Primeramente, se definió la altura de ola de cálculo aplicable a la formulación de Losada y Giménez-Curto por medio de la simulación de Montecarlo, Figura 2-27, donde se obtuvo un valor para una probabilidad máxima de falla de 10% de 5,1m.

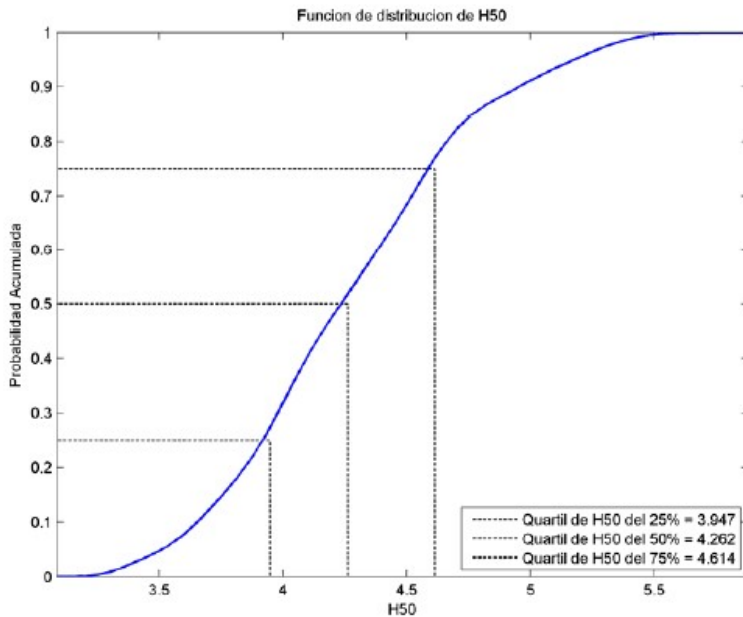


Figura 2-27 Función acumulada de H50, simulada mediante Montecarlo, para todos los estados de mar de toda la vida útil JICA 2010

En segundo lugar, se aplicó la formulación de Van der Meer, para la cual la altura de ola significativa aplicable se obtuvo de la Figura 2-26 para un periodo de retorno de 475 años, como se definió en la Tabla 2-9, equivalente a 4,65 m.

Nota: Las condiciones del oleaje presentadas en esta sección se dieron en la ubicación en alta mar y en lugares costeros alrededor del puerto de Caldera. Estas condiciones, que se derivaron del estudio de JICA (1986 y 2010), Haskoning (2013) y complementarias por Arcadis (2018), se utilizan para el estudio del plan maestro.

## 2.4 Viento

En aguas profundas disponemos de datos de viento que obtuvimos de la base de información de ECMWF. En la Figura 2-28 que se identifican los mayores vientos desde las direcciones de 30°N, con vientos de hasta 14 m/s y sólo un 2,22% excediendo los 8 m/s de viento. En estas direcciones se observa una estacionalidad de los datos entre diciembre y abril, como se puede observar en la Figura 2-29.

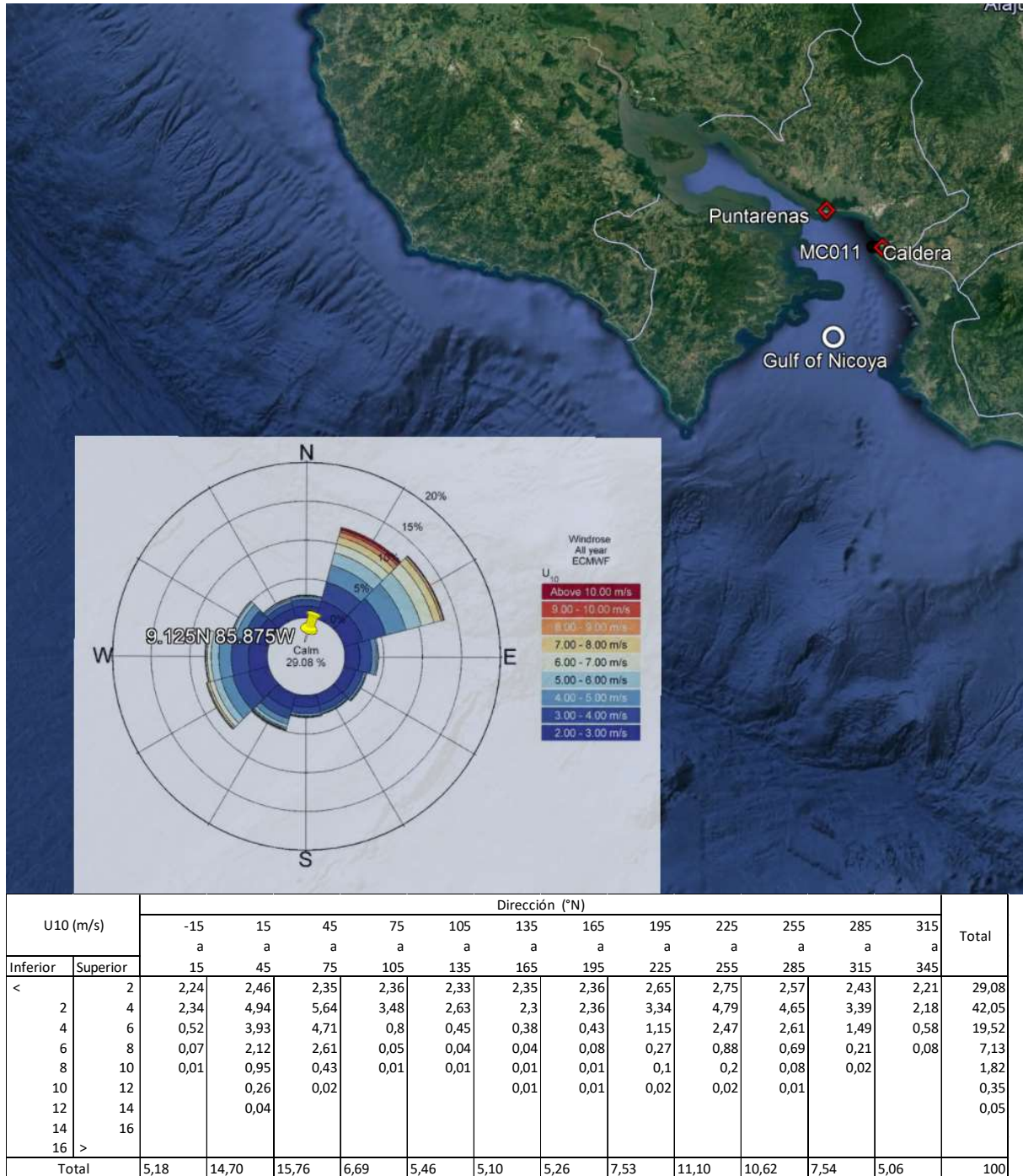


Figura 2-28 Rosa de los vientos en aguas profundas y tabla de ocurrencia de velocidad de viento [m/s] y dirección [°N]

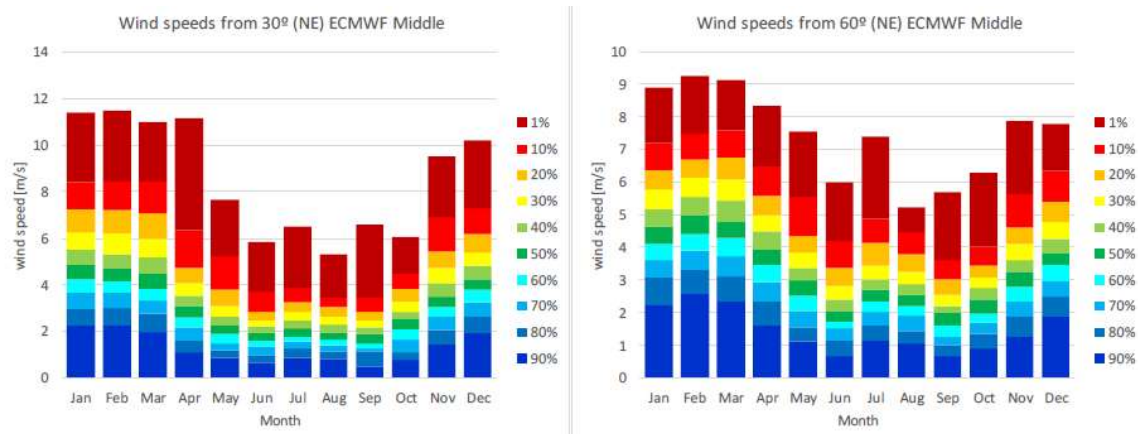


Figura 2-29 Estacionalidad del viento en aguas profundas

Esta información se puede también verificar con el modelo climático global de datos de viento NEMS de NOAA en San José con el gráfico que se presenta en la *web meteoblue*, Figura 2-30.

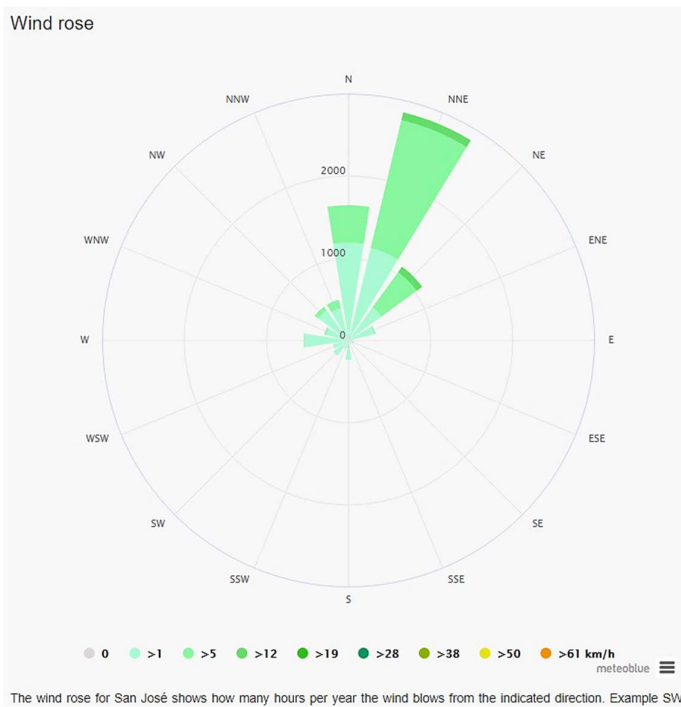


Figura 2-30 Rosa de los vientos de la web meteoblue basado en el modelo climático global NEMS de NOAA

Finalmente, se contrastan los datos con el informe del “Régimen extremal de la velocidad media del viento para la zona costera del Pacífico de Costa Rica” preparado por la Dirección de Infraestructura del Ministerio de Obras Públicas y Transportes en 2006. El estudio utiliza los datos del *Summary of Synoptic Meteorological Observation (SSMO)*, que se separa en las áreas definidas en la Figura 2-31 (áreas 10 y 11 para Costa Rica).

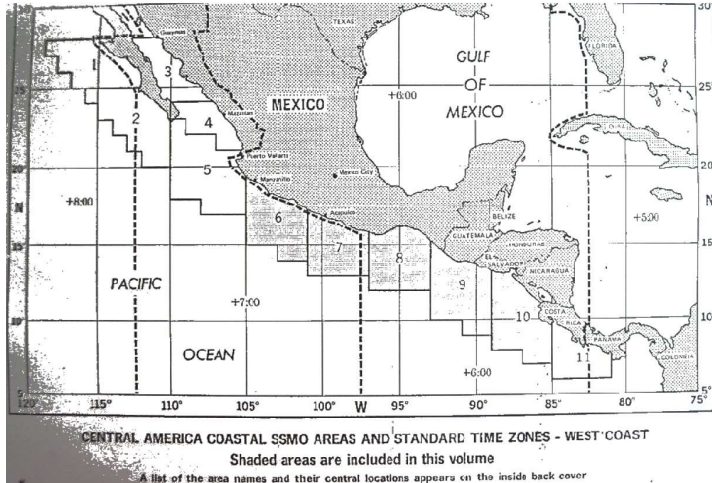


Figura 2-31 Regiones del Comando Oceanográfico Naval.

En el análisis extremal se obtienen los valores en la Tabla 2-10 y Tabla 2-11. De los resultados se concluye que en la región 10, que incluye el Golfo de Nicoya, las mayores velocidades provienen del sector norte N, NE y NW, al contrario que la región 11 donde proceden del sector sur S, SE, SW y W. La zona 10 es la que recibe vientos más fuertes.

Los resultados de la región 10 coinciden con los obtenidos por ECMWF en aguas profundas y el modelo de NOAA en San José, con vientos predominantes N, NE. Esto se debe a que la elevación en la topografía de la región norte se reduce a 500m en comparación con los 3500 m que se alcanzan en el sur, lo que permite el paso de vientos del noreste que alcanzan 16 m/s mar adentro y más de 19 m/s en San José según los datos presentados. En el análisis extremal para un período de retorno de 50 años alcanzan 31,5 m/s.

Tabla 2-10 Velocidad media horaria del viento para la Región 10, según diferentes periodos de retorno

Períodos de retorno $T_r$ (años)	Valor de la variable (m/s)							
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
1	14,53	20,4	15,79	9,77	10,37	11,84	12,04	12,47
5	19,05	25,11	19,44	13,21	13,26	14,39	14,37	17,74
25	23,56	29,61	22,88	16,63	16,05	16,8	16,57	23,43
50	25,5	31,5	24,3	18,09	17,22	17,8	17,47	25,99
100	27,44	33,36	25,7	19,55	18,38	18,78	18,37	28,61

Tabla 2-11 Velocidad media horaria del viento para la Región 11, según diferentes periodos de retorno

Períodos de retorno Tr (años)	Valor de la variable (m/s)							
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
1	10,09	11,58	9,64	9,58	13,75	14,76	14,81	10,7
5	13,39	14,67	13,26	13,25	19,16	18,5	18,38	13,49
25	16,63	17,58	16,98	17,06	25	22,23	21,94	16,2
50	18,01	18,8	18,6	18,73	27,63	23,84	23,48	17,35
100	19,38	19,99	20,23	20,43	30,33	25,44	25,01	18,5

## 2.5 Sísmico

Costa Rica y, en general, América Central se ubican en los límites convergentes de la Placa de Cocos, Placa de Caribe, Placa de Nazca y la Placa Norteamericana. Esta localización hace que la región sea propensa a experimentar sismos de moderada y alta intensidad. En los últimos 500 años se han registrado eventos con magnitudes Mw entre 5,5 y 8,0. (Benito *et ál*, 2009).

Para el caso particular de Costa Rica, adicional a la actividad entre placas, se debe sumar la sismicidad por fallamiento local y los sismos de origen volcánico, pero estos últimos son generalmente de intensidades menores.

Esta condición sismológica ha incentivado a que se realicen diversos estudios en la región, con el fin de caracterizar el marco sismo tectónico del territorio. Un ejemplo de esto es el desarrollado dentro del proyecto RESIS II, financiado por el Gobierno de Noruega bajo la gestión del Centro de Coordinación para la Prevención de los Desastres Naturales en América Central y República Dominicana (CEPRENAC), en el cual, como parte de los objetivos del trabajo, se hace una caracterización de los sismos mayores ocurridos en Costa Rica desde 1772.

A continuación, se presenta una tabla con el resumen de ellos y se completa la información con datos de la Red Sismológica Nacional, para actualizar el registro hasta marzo del 2018.

Tabla 2-12 Caracterización de los sismos mayores ocurridos en Costa Rica desde 1772

ORIGEN	FECHA	IMM	Mw	DESCRIPCIÓN
Subducción	27 de febrero de 1916	IX	7,3	Terremoto de Papagayo, con epicentro en el Golfo de Papagayo. Causó mucho daño en la zona de Santa Cruz, Guanacaste y en la costa noroeste de la Península de Nicoya. En Santa Cruz se cayeron las torres de la iglesia, y en El Coco se produjeron algunas grietas en el terreno (Tristán, 1916).
Subducción	21 de diciembre de 1939	VIII	7,3	Este fue el terremoto intraplaca de mayor tamaño registrado en el siglo XX, que fue sentido con intensidad máxima IMM VIII en la zona suroeste de San José y Los Santos. Produjo dos muertes y muchas edificaciones dañadas y casas destruidas (Rojas, 2004). El epicentro estuvo ubicado en la zona de Puriscal, a unos 60 Km de profundidad.
Subducción	5 de diciembre de 1941	IX	7,4	Terremoto de Golfito, con epicentro en el Golfo Dulce. Fue sentido en todo el país y causó mucho daño a la zona sur, especialmente en Golfito donde se informó sobre la ocurrencia de licuefacción. Boschini (1989) se refirió a la muerte de dos personas en Palmar Norte y una en Palmar Sur. Ambraseys y Adams (1996) advierten sobre cuatro decesos más en Golfito. Este evento en Puerto Cortés y alrededores derribó árboles, casas, objetos de establecimientos comerciales y armarios; destruyó la escuela e inhabilitó la iglesia y el atracadero. Hubo licuefacción y daños

ORIGEN	FECHA	IMM	Mw	DESCRIPCIÓN
				en el andarivel del transporte de banana y en las líneas del ferrocarril (Arroyo 2001).
Subducción	5 de octubre de 1950	VIII	7,8	Es conocido como el terremoto de Nicoya, y el sismo de mayor tamaño del margen convergente durante el siglo XX, el cual alcanzó una intensidad VIII en la provincia de Guanacaste y tiene una magnitud de Mw 7,8 estimada a partir del grado de intensidad. Provocó daños en muchas edificaciones, así como gran cantidad de deslizamientos y también causó varios heridos (Montero 1984).
Subducción	9 de setiembre de 1952	VIII	7	Es conocido como el terremoto de Quepos, asociado al proceso de subducción y localizado en la zona pacífica central del país, al sur de Quepos. Causó daños importantes en los poblados de la costa pacífica central, así como otros del Valle Central como Grecia, Palmares y Atenas (Montero y Climent, 1990).
Subducción	3 de abril de 1983	VIII	7,3	Es conocido como el terremoto del Sábado Santo o de Golfito. Su epicentro se localizó en el Golfo Dulce y fue clasificado como de tipo interfase por subducción de la Placa del Coco bajo la Microplaca de Panamá. Se sintió en todo el país, generó intensidades IMM de VII y VIII en Golfito y alrededores y causó graves daños en la zona sur del país, donde se presentaron colapsos totales y parciales de algunas construcciones. En estas, por lo general, no se habían respetado las mínimas normas de seguridad o bien se asentaban sobre rellenos insuficientemente compactados. En la región cercana al epicentro causó gran cantidad de deslizamientos y licuefacción y se informó acerca de 300 heridos en la zona sur, el Pacífico Central y el Valle Central (Montero y Mora, 1985).
Subducción	25 de marzo de 1990	VIII	7,1	El terremoto del Golfo de Nicoya o de Cóbano fue una parte de una serie sísmica caracterizada por la ocurrencia de dos eventos gemelos asociados a una misma ruptura en la parte superior de la zona de subducción y localizados en la entrada del Golfo de Nicoya. Se registraron daños importantes en Cóbano, Puntarenas centro y Mata de Limón, dos personas murieron y hubo varios heridos. En las zonas costeras cercanas al epicentro se presentó el fenómeno de licuefacción y un pequeño tsunami en Tambor y Montezuma (Barquero y Boschini, 1991).
Subducción	20 de agosto de 1999	VIII	6,9	Es conocido como el terremoto de Dominical. Tuvo origen en la zona de subducción, al sur de la costa de Dominical. Se informó sobre deslizamientos en Dominical y Tinamaste y el sismo se sintió en todo el país. Incluso fue sentido por el personal de un barco que se encontraba en la zona oeste de la Isla del Caño (Rojas y Redondo, 2002; Bilek y Lithgow-Bertelloni, 2005).
Fallamiento transcurrente entre las placas del Coco y Nazca	25 de diciembre de 2003	VIII	6,5	Fue el último terremoto asociado a esta fuente sísmica y ocurrió en el Puerto Armuelles con Mw 6,5. Dejó importantes daños, efectos secundarios como asentamientos diferenciales y licuefacción, así como varios heridos y el colapso de algunas construcciones en mal estado (Barquero, 2004).
Fallamiento local (cortical)	15 de febrero de 1772	VIII	6	En el siglo XVI se informó en esta fecha el primer terremoto superficial en Costa Rica asociado a un fallamiento local, con una magnitud estimada de Mw 6,0 (Peralto y Montero, 1994), conocido como el terremoto de Barva de Heredia. Este evento aparece documentado en los archivos de la Curia Metropolitana, ya que causó el colapso del convento y la iglesia de Barva. Además, hubo varias casas dañadas y personas heridas y posiblemente esté relacionado con el Sistema de Falla de Alajuela (Peralto y Montero, 1999).

ORIGEN	FECHA	IMM	Mw	DESCRIPCIÓN
Fallamiento local (cortical)	7 de mayo de 1882	IX	7,6	En el siglo XIX se recuerda este evento, conocido como terremoto de San Estanislao. Provocó deformaciones permanentes a lo largo de la costa atlántica de Costa Rica, Nicaragua y Panamá. En Matina se informa que ningún vecino había sentido un sismo más fuerte que este y que se produjeron grietas profundas, licuefacción e inundaciones por tsunami. Se registró destrucción en los alrededores de Cartago y hubo muertos y heridos. Se cree que está relacionado con la fuente sísmica del sector oeste del Cinturón Deformado del Norte de Panamá y Costa Rica (Rojas, 1993).
Fallamiento local (cortical)	2 de septiembre de 1841	IX	6,4	Fue el terremoto que produjo mayor cantidad de muertes y pérdidas en el siglo XIX, ya que causó una enorme destrucción entre Cartago y San José. Fallecieron 36 personas y hubo muchos heridos. Este sismo, conocido como terremoto de Cartago, sirvió de base para que se desarrollaran las primeras normas constructivas de Costa Rica, pues el presidente en ese momento, Lic. Braulio Carrillo, decretó fortalecer las construcciones y aumentar el ancho de las calles para reducir el riesgo. El origen de este sismo puede estar relacionado con el sistema de la Falla Lara, al norte de Cartago (Peraldo y Montero, 1999).
Fallamiento local (cortical)	24 de agosto de 1853	VIII	6	Conocido como temblor de Cañas, este evento afectó a la población de Cañas en el noroeste de Costa Rica. Se menciona que los estragos en la Villa de Cañas fueron de bastante consideración, y se destecharon enteramente todas las casas, cayendo algunas y quedando desplomadas las demás. También se presenció la destrucción de gran parte de la montaña, grandes oquedades en la tierra y aperturas de grietas (Peraldo y Montero, 1999).
Fallamiento local (cortical)	30 de diciembre de 1888	VIII	6	Fue uno de los terremotos del siglo XIX más recordados en el Valle Central del país, conocido como el terremoto de Fraijanes. Registró una intensidad IMM VIII en la zona norte de Alajuela y causó muchos daños en las construcciones del Valle Central. Además, hubo varios heridos y una víctima mortal, y fue acompañado de un importante deslizamiento que dio origen a la actual laguna de Fraijanes. El epicentro se asocia al Sistema de Falla de Alajuela (Alvarado <i>et ál.</i> , 1998).
Fallamiento local (cortical)	5 de mayo de 1910	VIII	6,4	Uno de los movimientos más recordados a inicio del siglo XX fue el que destruyó la ciudad de Cartago, conocido como el terremoto de Santa Mónica. Fue desastroso, provocó la destrucción del 90 % de la infraestructura de la ciudad de Cartago y se registraron 800 víctimas, entre muertos y desaparecidos, y unos 5.000 heridos. Fue sentido en todo el país y también generó daños en otras ciudades del Valle Central. Se originó en la Falla Agua Caliente que pasa junto al sur de Cartago (Montero, 1983)
Fallamiento local (cortical)	29 de agosto de 1911	IX	6,2	En este sismo se informó de caídas de casas y formación de múltiples grietas y grandes deslizamientos en Toro Amarillo y alrededores. Varias casas resultaron dañadas en Sarapiquí, Naranjo, Grecia y San Ramón. Alvarado <i>et ál</i> (1988) localizan el epicentro en el área de Toro Amarillo, donde tuvo una densidad máxima IMM de IX.
Fallamiento local (cortical)	10 de octubre de 1911	VIII	6,5	Conocido como el terremoto de Guatuso, en la zona epicentral, produjo según los informes, árboles arrancados de raíz, derrumbes en el camino y muchas grietas. En las hornillas del Miravalles, se registró una sacudida muy fuerte en dirección NE-SW (Tristán, 1912).
Fallamiento local (cortical)	4 de marzo de 1924	X	7	En el siglo XX, este fue uno de los terremotos más destructivos ocurridos en Costa Rica. Alcanzó intensidades máximas de IMM IX grados en el occidente del Valle Central, provocó mucho daño en la infraestructura, cambios en el relieve, gran cantidad de deslizamientos y varios heridos. Se generaron muchas réplicas, que se mantuvieron por



ORIGEN	FECHA	IMM	Mw	DESCRIPCIÓN
				más de dos meses y algunas de ellas de moderada magnitud, que contribuyeron al incremento de daños y al pánico de la población de aquel entonces. Este evento se ha asociado con la Falla Tárcoles (Montero, 1999).
Fallamiento local (cortical)	30 de diciembre de 1952	VIII	6,2	Conocido como terremoto de Patillos, fue originado por una falla local, muy superficial, con epicentro en el flanco noroeste del Macizo del Volcán Irazú. Causó múltiples deslizamientos, y dejó un saldo de 23 fallecidos (Montero, 1983).
Fallamiento local (cortical)	1 de septiembre de 1955	VIII	6,1	Terremoto de los Bajos del Toro. Hay informe de destrucción de casas en Río Segundo. La ermita de Toro Amarillo colapsó junto con otras edificaciones en los alrededores. Se informó sobre daños de consideración en San Juanillo y Grecia y en los comercios de Naranjo. Fue sentido en Ciudad Quesada, Zarceró, Río Cuarto y San José. (Alvarado <i>et ál.</i> , 1988).
Fallamiento local (cortical)	14 de abril de 1973	IX	6,5	Fue un terremoto importante de fallamiento superficial en la cadena volcánica de Costa Rica, que causó importantes daños en la zona de Tilarán: más de 500 viviendas afectadas, 84 totalmente destruidas, 1537 evacuados y provocó la muerte de 23 personas. Fue originado en la Falla Chiripa, con movimiento predominante de desplazamiento horizontal derecho (Montero, 1984).
Fallamiento local (cortical)	3 de julio de 1983	VIII	6,2	Conocido como terremoto de Buena Vista. Este evento causó daños en pequeñas edificaciones, caminos y en la Carretera Interamericana, así como deslizamientos y la pérdida de una vida humana, afectando un área de unos 400 km <sup>2</sup> . Fue atribuido a la Falla Buena Vista con rumbo N12°, de tipo dextral con componente vertical y una longitud mínima de 30 km (Boschini <i>et ál.</i> , 1988).
Fallamiento local (cortical)	22 de diciembre de 1990	VIII	6	Éste fue el terremoto de Piedras Negras, asociados también al fallamiento local. Tanto ese sismo como dos anteriores dejaron muchos daños en la infraestructura y en el ambiente, e importantes pérdidas económicas, además de varias personas fallecidas y decenas de heridos (Barquero y Boschini, 1991).
Fallamiento local (cortical)	22 de abril de 1991	X	7,7	Fue otro sismo importante ocurrido en esta región, conocido como el terremoto de Limón, sumamente destructivo, que provocó grandes pérdidas, pues dejó 585 heridos y 102 muertes entre Costa Rica y Panamá. Generó intensidades máximas de X en la zona mesosísmica y provocó un levantamiento vertical de 0,5 y 1,5 m, a lo largo del sector Caribe, desde Puerto Limón hasta una zona próxima a la frontera de Panamá. La ruptura se inició a una profundidad cercana a 20 km y se propagó hacia arriba, alcanzando el piso oceánico y generando un tsunami pequeño. La zona donde se localizaron las réplicas implica una falla que tuvo una longitud de 85 km por unos 45 km de ancho, medidos a lo largo de la inclinación de la falla, que pertenece al sector oeste de la zona sísmica del Cinturón Deformado del Norte de Panamá-Costa Rica (Ponce <i>et ál.</i> , 1994).
Fallamiento local (cortical)	10 de julio de 1993	VIII	6	Terremoto de Pejibaye. Su epicentro coincide prácticamente con las trazas de las fallas Atirro-Tucurrique y Turrialba. Este evento dejó daños en Pejibaye, El Humo, Tuis y Turrialba y en la zona mesosísmica se generaron deslizamientos (Barquero y Peraldo, 1993).
Fallamiento local (cortical)	20 de noviembre de 2004	VIII	6,4	Este sismo tuvo lugar en Damas y fue asociado a un fallamiento de tipo normal profundo, con inicio de ruptura a 25 km de profundidad. Provocó licuefacción como uno de sus principales efectos secundarios. En la zona de Parrita, Quepos y en poblaciones de la región de León Cortés, hubo caída de objetos y daños importantes en estructuras con bajo nivel

ORIGEN	FECHA	IMM	Mw	DESCRIPCIÓN
				de ingeniería. En San José también se sintió con fuerza y se informó la caída de objetos y ventanas quebradas (Barquero, 2009).
Fallamiento local (cortical)	8 de enero de 2009	IX	6,2	Este sismo ocurrió hace unos años en Cinchona, fue el último terremoto de cadena volcánica, que provocó la muerte de 25 personas y 15 desaparecidos, cerca de 300 heridos y gran destrucción de infraestructura y carreteras en la zona de Vara Blanca, Poasito y Cinchona, además de causar prácticamente la desaparición de este último poblado, que fue reubicado en otro sector de la región (Barquero, 2009).
Subducción	5 de setiembre del 2012	VII	7,6	"La mayor parte de los daños informados fueron en la zona de la Península de Nicoya, específicamente en Nicoya, Santa Cruz, Nandayure y Sámará. En la provincia de Puntarenas se informó sobre daños en algunas construcciones, que incluyen el hospital y la Municipalidad de Puntarenas. En los cantones de Grecia, Naranjo y Valverde Vega se presentaron daños importantes en viviendas y algunos edificios. En el Valle Central, aunque el sismo provocó alarma general en la población, sólo se habló sobre algunos vidrios quebrados, caída de objetos y láminas de cielorraso en edificios. (Red Sismológica Nacional, 2018).
Fallamiento local (cortical)	2 de julio del 2016	VI	5,4	Enjambre sísmico con epicentro 6 km al norte de Bijagua de Upala. Las magnitudes van desde 2,6 a 5,4 con profundidades menores a 18 km. Fue sentido en Upala, La Fortuna, Tilarán, Bagaces, Liberia, San Carlos, Esparza, y en las provincias de Heredia y Alajuela. También se sintió en Nicaragua. Se habla sobre caída de objetos en Bijagua de Upala. (Red Sismológica Nacional, 2018).
Fallamiento local (cortical)	30 de noviembre del 2016	VI	5,5	Este sismo de magnitud 5,5 Mw se originó en la parte intermedia entre los macizos volcánicos del Irazú y Turrialba. Ha sido el de mayor magnitud en este sector oriental de la Cordillera Volcánica Central desde el Terremoto de Patillos de 1952 (Mw 6,0). La secuencia sísmica se prolongó hasta el día 6 de diciembre. El sismo fue sentido en una parte importante del territorio nacional, con una intensidad máxima de VI+ en Pacayas y Capellades. A pesar de la cercanía del punto del hipocentro con el volcán Turrialba, no ha habido consecuencias eruptivas inmediatas. (Red Sismológica Nacional, 2018).

## 2.6 Subsuelo

Las condiciones del subsuelo en Puerto Caldera pueden dividirse en tres zonas; a saber, el sector en que están construidos los puestos de atraque del uno al tres; el puente de acceso y puesto cuatro, las dársenas de maniobras y el rompeolas.

En las zonas de los puestos de atraque del uno al tres, se cuenta con suficiente información para este Plan Maestro. A lo largo del tiempo, desde la concepción del puerto hasta el día de hoy se han llevado a cabo los estudios de suelo originales, los del rediseño del extremo oeste (junto al rompeolas) del puesto uno (para la losa de alivio); además, los estudios geotécnicos adicionales hechos para valoraciones posteriores a la construcción del estado de la pantalla frente a la pantalla de acceso; por lo que, en caso de que se considere la profundización de estos puestos y tomando en cuenta el alcance de este Plan Maestro, la información actual sería suficiente para llevar a cabo los diseños conceptuales y estimados de costos.

En la zona del puesto cuatro y a lo largo de este se cuenta con estudios de suelos relativamente profundos, así como estudios de refracción sísmica que darían información suficiente, dentro del alcance y limitaciones de este Plan Maestro, para que, en caso de considerarse la ampliación de este puesto se pueda llevar a cabo el diseño conceptual y los estimados de costos.

En el caso de los dragados, frente a los puestos uno al cuatro y para la dársena de maniobras, considerando las profundidades a que se podría dragar, se tomará en cuenta para este plan maestro que los materiales son granulares.

En el caso del rompeolas, al igual que para las dársenas de maniobras y frentes de los puestos de atraque, los materiales son esencialmente granulares; supuesto que se hará para las consideraciones por hacer en este Plan Maestro. Una vez definidas la longitud y demás características del rompeolas, en la fase de diseño final fuera de nuestro alcance, se definirían los estudios detallados por llevar a cabo. Para este Plan se considera la información disponible como adecuada.

La información disponible es la entregada como parte de este contrato, por lo que no se adjunta en este informe.

## 2.7 Análisis de información

Las diferentes partes interesadas proporcionaron una gran cantidad de datos, informes y diversos documentos. Estos documentos han sido analizados y revisados. Mucha de la información necesaria para la preparación del Plan Maestro y el esquema de expansión del puerto está disponible. Sin embargo, los siguientes datos/estudios se recomiendan para obtener datos más detallados o que falten:

- Obtener un clima de viento fiable en Caldera. Investigar si hay mediciones de viento disponibles cerca de Caldera u obtener datos más detallados de reanálisis de viento con resultados en Puerto Caldera. Estos datos de viento se pueden utilizar para evaluar y optimizar la línea de atraque con respecto al viento y, por lo tanto, para mejorar la operatividad del puerto (expansión).
- Lograr un clima de oleaje fiable (normal y extrema) en la entrada del puerto y dentro del puerto teniendo en cuenta la difracción alrededor del morro del rompeolas y la refracción en los taludes de las zonas someras causados por sedimentos sobrepasando el rompeolas. Debido a la acumulación de sedimentos, las olas refractan dentro de la dársena portuaria atacando el atraque #4 perpendicular a los barcos atracados (acciones transversales). Tanto las condiciones normales (para las operaciones portuarias) como las extremas (para atraques durante tormentas y diseño de estructuras) deberían obtenerse usando un modelo que incorpore todos los efectos en aguas someras. El modelo debe ser calibrado utilizando datos de boyas obtenidos durante los últimos años. Estos datos de oleaje pueden ser utilizados para optimizar la configuración de la extensión del rompeolas y evaluar su impacto en las tasas de sedimentación y en el tiempo de ineffectividad en los atraques.
- Obtener imágenes de satélite de alta resolución para la sección costera cerca de Caldera sujeta a acumulación y erosión. Estas imágenes se pueden utilizar para evaluar la sedimentación y volúmenes de erosión, así como sus escalas temporales. Estas no son necesarias para la elaboración del plan maestro, pero sí ayudan a una mejor comprensión de la erosión de la costa.

Se observa que dependiendo del Plan Maestro del puerto podría haber una necesidad adicional de datos requeridos. La información es suficiente para la viabilidad del Plan Maestro y no afecta las conclusiones finales. Para obtener información más detallada (diseño detallado), esto debe estudiarse más a fondo. Por ejemplo, si se desarrolla un puerto en una nueva ubicación, o si la extensión propuesta se sitúa en un área donde aún no hay datos disponibles. Esto concierne especialmente a los datos geotécnicos.

### 3 ANÁLISIS DE PUERTO CALDERA

#### 3.1 Ubicación

Puerto Caldera está ubicado en el Golfo de Nicoya. Ver el mapa siguiente.

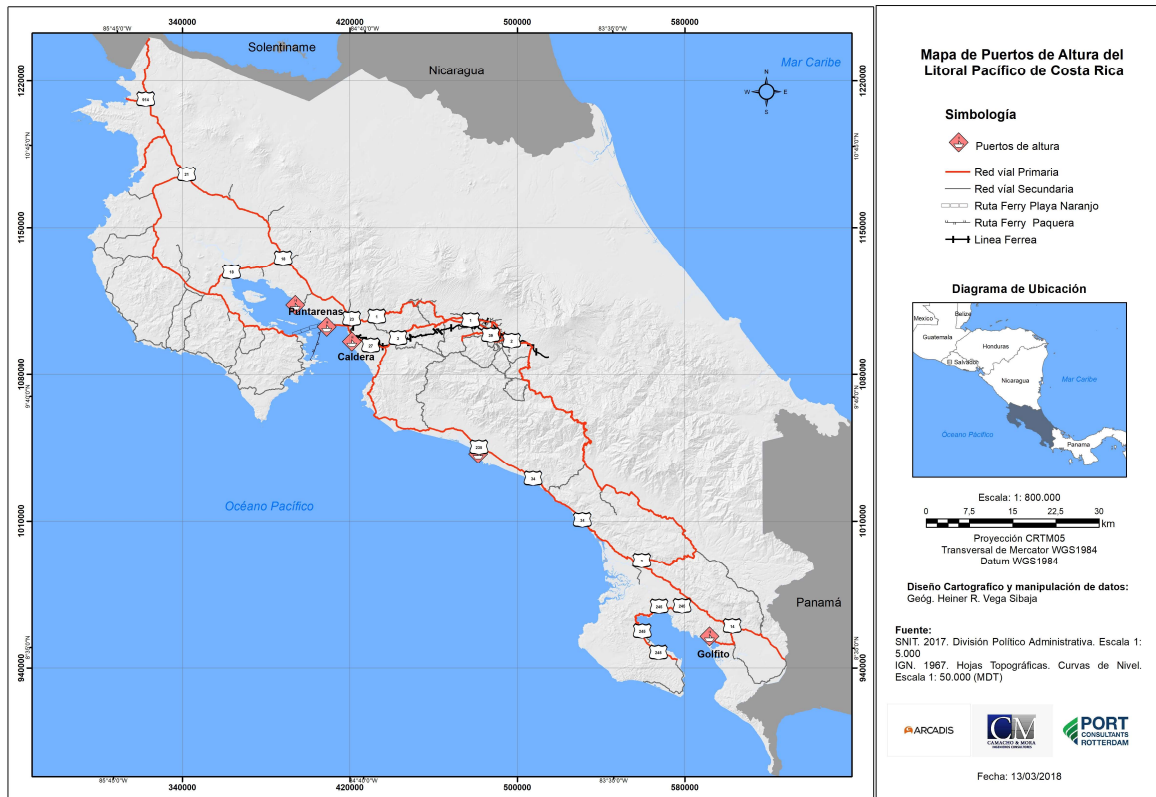


Figura 3-1 Puertos de altura y la ubicación de Puerto Caldera

#### 3.2 Modelo de administración de Puerto Caldera

##### 3.2.1 Introducción

El puerto Caldera se ha convertido en un tipo de modelo de propietario, que se ha traducido en tres concesiones (Plan Nacional de Transporte de Costa Rica 2011-2035):

1. La explotación de los puertos 1, 2 y 3 por la Sociedad Portuaria de Caldera (SPC).
2. Concesión de Obra con Servicios Públicos para la Construcción y Operación de la Terminal. Granelera (Puerto 4) por la Sociedad Portuaria de Granel de Caldera (SPGC).
3. Concesión de Gestión del Servicio Público de Remolcadores por SAAM.

Los 3 contratos finalizan en 2026.

El plazo de las 3 concesiones es de 20 años, contados a partir de la fecha de la orden de inicio de labores, de acuerdo con los procedimientos establecidos en el cartel de la licitación y en el contrato. El plazo podrá prorrogarse durante el último tercio anterior a su vencimiento. El plazo total de la concesión (SPGC) incluidas las prórrogas aprobadas, no podrá ser superior a 50 años y, en las otras concesiones, de 25 años.

Es importante notar que el concesionario tiene la obligación de mantener los bienes incluidos en la concesión en buen estado, para cumplir con los servicios establecidos y todos los requerimientos de producción establecidos en ella. El INCOP, por su parte, debe asegurar los derechos del concesionario y

prestar la adecuada colaboración, para que este pueda ejecutar sin obstáculos ni retrasos en forma idónea el objeto de la concesión. <sup>1</sup>

#### **La explotación de un muelle actual por SPC**

La primera concesión fue otorgada a SPC en 27 de mayo de 2006. La orden de inicio de esta concesión fue otorgada el 11 de agosto 2006 para la gestión del muelle de Caldera y otras instalaciones terrestres (como almacenes, terminales de pasajeros, etc.); por los siguientes 20 años para desarrollar una terminal multipropósito.

Los servicios provistos por la concesionaria son:

- Servicios relacionados con escalas comerciales realizadas por todo tipo de embarcaciones que soliciten atraque.
- Servicios requeridos en relación con la carga general, los contenedores, los vehículos, la saquería y el sobre chasis en las instalaciones portuarias, como la carga y descarga, la transferencia y el almacenamiento.

Las tarifas que cobra SPC por estos servicios son aprobadas por ARESEP (Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos de Costa Rica).

#### **Concesión de obra con servicios públicos para la construcción y operación de la terminal granelera por SPGC**

La segunda concesión se otorgó a SPGC el 7 de abril de 2006. La orden respectiva de inicio fue el 11 de agosto de 2006 para los siguientes 20 años para construir y explotar un nuevo muelle de granel y su gestión operativa. El muelle del puesto 4 fue construido mediante la concesión BOT con SPGC y se inauguró en febrero de 2015 y, a partir de entonces, la SPGC ha estado operando en el mismo, aunque la SPC en algunas ocasiones también lo utiliza dependiendo de la ocupación.

Los servicios que se prestarán en el área concesionada del puerto son:

- Amarre y desamarre de buques.
- Estancia y muelle.
- Carga y descarga de mercaderías.
- Estiba y descarga.
- Gestión de carga o transferencias.
- Atención a los barcos en términos de suministros.
- Otros servicios relacionados y accesorios a los anteriores, como logística, servicios operacionales y marítimos para productos a granel y graneleros.

Las tarifas son indexadas y en caso de discrepancia, el diferendo lo resuelve ARESEP, y si no existe diferendo, la indexación la resuelve INCOP

#### **Concesión de gestión del servicio público de remolcadores por SAAM**

La tercera concesión se otorgó el 11 de agosto de 2006 a SAAM. La orden de inicio era del 12 de diciembre 2006 con el fin de proporcionar servicios de pilotaje, remolque y servicios de amarre por un período de 20 años. Como en la concesión de SPC, las tarifas están aprobadas por ARESEP.

---

<sup>1</sup> El estado de Costa Rica es y será en todo momento el dueño de los bienes objeto de la concesión, así como de las mejoras que en ellos se realicen. Los bienes muebles que se ceden al gestor en la concesión están incluidos en el Anexo 2 del contrato. El concesionario estará imposibilitado legalmente para imponer cualquier tipo de gravamen o limitación sobre los bienes objeto de las concesiones.

### 3.2.2 Responsabilidades de funciones en Puerto Caldera

Tabla 3-1 Funciones principales del puerto de Caldera

Función	Entidad
<b>Autoridad Portuaria</b>	INCOP, MOPT
<b>Autoridad Marítima</b>	Capitanía
<b>Operación Portuaria</b>	SPC, SPGC,
<b>Ayudas para navegar (boyas)</b>	INCOP
<b>Dragado (canal de acceso, dársena)</b>	SPGC, hasta 1,6 millón de m3 durante la concesión
<b>Dragado (al lado los puestos 1, 2, 3)</b>	SPC
<b>Dragado (al lado del puesto 4)</b>	SPGC
<b>Rompeolas</b>	Administración concedente
<b>Infraestructura portuaria (muelles) Puestos 1, 2, 3 Puesto 4</b>	SPC, SPGC
<b>Superestructura principal (equipo)</b>	SPC, SPGC
<b>Edificio de INCOP y otros</b>	SPC
<b>Otros edificios de concesionario</b>	SPC, SPGC
<b>Actividades de manejo de carga</b>	SPC, SPGC
<b>Pilotaje</b>	SAAM
<b>Remolcadores</b>	SAAM
<b>Servicios de amarre</b>	SPC, SPGC

### 3.2.3 Datos de contratos

#### 3.2.3.1 Sociedad Portuaria de Caldera (SPC)

El objeto de este contrato consiste en la prestación de los servicios relacionados con las escalas comerciales, realizadas por todo tipo de embarcaciones, y que soliciten el atraque para tales fines en los puestos uno, dos y tres en el Puerto de Caldera, así como los servicios requeridos en relación con la carga general, contenedores, vehículos, saquería y sobre chasis en las instalaciones portuarias, tales como, carga y descarga, transferencia y almacenamiento, bajo el régimen de concesión de gestión de servicios públicos.

- Contrato original Fecha: 16 de noviembre del 2005.
- Adendum 1: Fecha 16 de diciembre del 2005.
- Adendum 2: Fecha 2 de febrero del 2006.
- Adendum 3: Fecha 7 de junio del 2012.

Plazo de la concesión: 20 años. El contrato finaliza en 2026.

Área: Plano de catastro ver Figura 3-2.

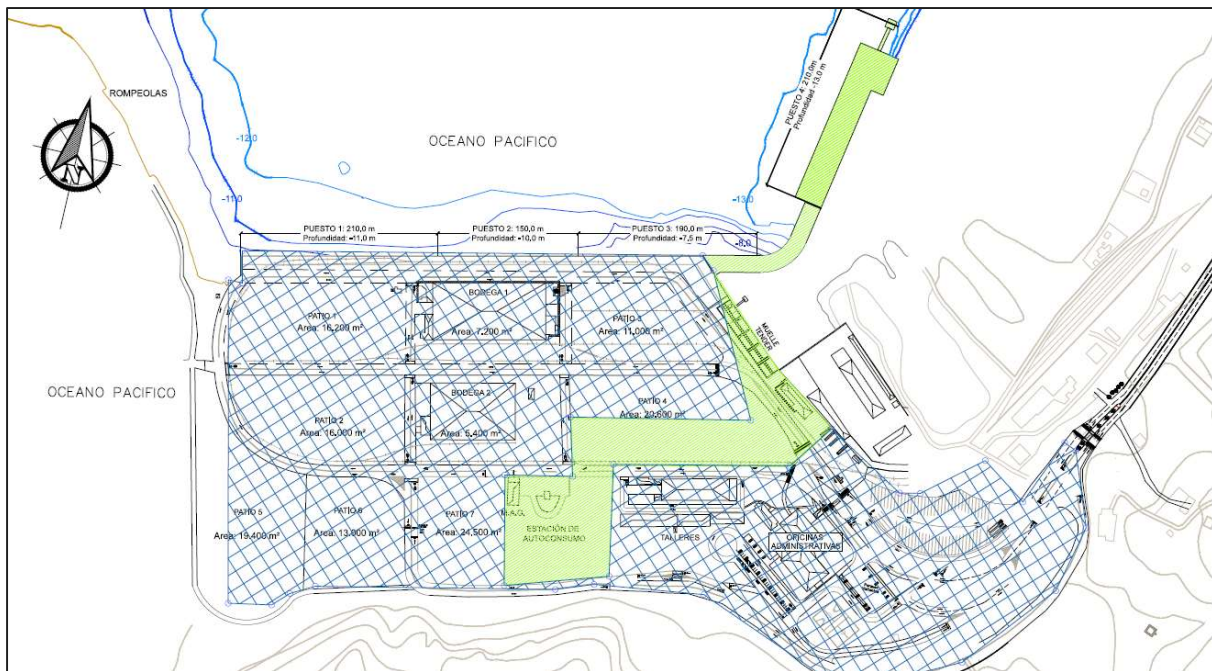


Figura 3-2 Esquema de Puerto Caldera, área con sombra azul es la concesión de administración del atracadero 1, 2 y 3 (SPC), un área con sombra verde es concesionada a SPGC

Fuente: SPC

#### 3.2.3.2 Sociedad Portuaria Granelera de Caldera (SPGC)

El objeto de este contrato consiste en la explotación del servicio de carga y descarga de productos a granel, así como el diseño, planificación, financiamiento, construcción, mantenimiento y la explotación en la nueva Terminal Granelera de Puerto Caldera.

- Contrato original Fecha: 24 de febrero del 2006.
- Adendum 1: Fecha 24 de febrero del 2006.
- Adendum 2: Fecha 17 de enero del 2012.

El contrato finaliza en 2026.

### 3.2.3.3 SAAM

Objeto: El presente contrato tiene por objeto la concesión por parte de la administración concedente al gestor, de forma exclusiva, los servicios de remolcadores portuarios en los puertos de Punta Morales, Puntarenas, Caldera y en la Boya de Férrica.

- Contrato original Fecha: 17 de mayo del 2006.
- Adendum 1: Fecha 25 de enero del 2010.
- Adendum 2: Fecha 31 de julio del 2013.

El contrato finaliza en 2026.

## 3.2.4 Contraprestaciones y tarifas

La contraprestación es el canon que pagan los concesionarios:

- SPC: 15% de ingresos brutos.
- SPGC: 5% de ingresos brutos.
- SAAM: 5% de ingresos brutos.

Las contraprestaciones varían según el contrato de concesión. Para la terminal de Puerto Caldera, SPC, el canon anual equivale al 15% de los ingresos brutos generados por la concesión otorgada durante todo el plazo respectivo a favor del INCOP, pagadero trimestralmente por periodo vencido dentro de los 5 días hábiles posteriores al trimestre correspondiente. En el caso de la concesión de la Terminal Granelera de Puerto Caldera, SPGC, el concesionario pagará al INCOP un canon equivalente al 5% de los ingresos brutos generados y en la concesión de los remolcadores con Sudamericana Agencias Aéreas y Marítimas S.A. será de un 5% de la facturación neta, excluyendo impuestos de ventas.

Para SPC las tarifas son fijas, puede solicitarse un reajuste por medio del INCOP a la Autoridad Reguladora de Servicios Públicos. En todos los importes el INCOP es el titular, en el caso de SPC Y SAAM las tarifas son reguladas por la ARESEP ante petición de INCOP, la última vez que fueron actualizadas estas fue en el 2012 para SPC y 2016 para SAAM.

En cuanto a SPGC, las tarifas se indexan mediante una fórmula que se ajusta anualmente, de acuerdo con la variación del Indicador IPP. El índice de precios del productor (**IPP**) es un indicador de la evolución de los precios de venta del productor, correspondientes al primer canal de comercialización o distribución de los bienes transados en la economía de los EE. UU.

## 3.2.5 Inversiones

El Estado de Costa Rica es y será en todo momento el dueño de los bienes objeto de estas concesiones, así como de las mejoras que en ellos se realicen. Los bienes muebles que se ceden al gestor en la concesión están incluidos en el Anexo 2 del contrato de concesión en el caso de la SPC. El concesionario estará imposibilitado legalmente para imponer cualquier tipo de gravamen o limitación sobre los bienes objeto de las concesiones.

INCOP sería el dueño de todo, y si el concesionario compra equipo cuando finalice la concesión todo pasa a manos del INCOP.

SPC: El contrato de concesión de SPC es de tipo administrativo, regido por la Ley de Contratación Administrativa que no obliga a obra nueva o inversiones.

SPGC no tiene definido un monto fijo de inversión anual, sino que debe mantener un nivel de servicio establecido en el contrato y aplicar el Plan de Mantenimiento establecido por el diseñador del muelle, para mantenerlo en buenas condiciones.

El Contrato de SPGC sí permite inversión en infraestructura, de hecho, así fue como se construyó el Puesto 4.



### 3.2.6 Obligaciones y mantenimiento de elementos en Puerto Caldera

#### 3.2.6.1 SPC: Terminal general

En lo que se refiere a los bienes inmuebles, los contratos de concesiones incluyen como área dentro de la cual se desarrollará la concesión (241.069,69 m<sup>2</sup>) para la SPC; esta comprende los puestos de atraque uno, dos y tres, todas las construcciones, estructuras, bodegas de almacenamiento, patios, parqueo(s), edificios adjuntos a las bodegas, edificio administrativo, y casetas, así como red contra incendios, red de acueducto y alcantarillado y red eléctrica.

El concesionario es el encargado de la administración y mantenimiento del edificio administrativo; y se compromete a conservar los espacios que hoy ocupan las instituciones de Gobierno: Dirección General de Aduanas, Ministerio de Agricultura y Ganadería, Ministerio de Seguridad, Ministerio de Comercio Exterior, Dirección General de Migración y Extranjería, Banco Crédito Agrícola de Cartago y el Banco Popular y de Desarrollo Comunal. Asimismo, el INCOP se reserva para su uso la segunda planta de dicho edificio. El concesionario no cobrará a estas entidades y cada una deberá cubrir los costos directos o proporcionales y el mantenimiento de sus instalaciones y servicios.

El INCOP se comprometió a entregar los bienes descritos en la forma más limpia posible sin que existan equipos de terceros. Los costos de reparación, refaccionamiento y mantenimiento de los bienes entregados al gestor serán considerados parte de la estructura productiva modelo que fundamentan las tarifas. El concesionario a partir de la fecha de inicio se obliga a mantener y conservar las instalaciones preexistentes donde prestará los servicios públicos objeto de la concesión, de forma que se asegure la continuidad y eficiencia del servicio público que se presta mediante estas. Esta obligación se mantiene aún en los casos en que algunas de estas obras deban ser demolidas o aprovechadas solo parcialmente en el proyecto. El concesionario debe conservar en condiciones normales de utilización y funcionamiento el área sobre la que se presta la concesión, sus accesos, señalización y servicios.

En cuanto a los bienes muebles de equipos, maquinaria, instrumentos y repuestos destinados a las operaciones de carga en la terminal de Caldera, estos se incluyen como parte de la concesión de gestión.

#### 3.2.6.2 SPGC: Terminal granelera

La SPGC a partir de la fecha de inicio se obliga a mantener y conservar las instalaciones preexistentes donde prestará los servicios públicos objeto de la concesión, de forma que se asegure la continuidad y eficiencia del servicio público que se presta mediante estas. El área incluida en la concesión (31.512,47 m<sup>2</sup>) corresponde al sector del mar donde se construyó el puesto de atraque correspondiente al nuevo muelle para la terminal de productos a granel, en la actualidad el puesto de atraque mismo. Así como las construcciones, estructuras y redes de servicio.

SPGC es responsable de dragar en el canal de acceso y dársena hasta una cantidad de 1,6 millones de m<sup>3</sup> durante el plazo remanente de la concesión 16 años (desde 2010 hasta 2026), 100.000 m<sup>3</sup> de sedimentos anuales.

#### 3.2.6.3 INCOP/MOPT

El Estado de Costa Rica es y será en todo momento el dueño de los bienes objeto de esta concesión, así como de las mejoras que en ellos se realicen. Los bienes muebles que se ceden al gestor en la concesión están incluidos en el Anexo 2 del contrato de concesión. El concesionario estará imposibilitado legalmente para imponer cualquier tipo de gravamen o limitación sobre los bienes objeto de las concesiones.

Según el contrato de concesión de INCOP con la SPGC la Administración Concedente ejecutará la construcción y mantenimiento de las obras de abrigo necesarias para mitigar la acción del mar, tanto en el atraque de las naves como en los procesos de sedimentación en el canal de acceso y las áreas de aguas abrigadas, que garanticen la operación de las instalaciones objeto de la concesión. En el primer contrato la

Administración Concedente se comprometió a la reconstrucción del rompeolas a su costo, en una longitud de entre 360 y 395 metros. En la adenda se mantuvo la obligación de la administración concedente de reparar el rompeolas, y se ampliaron y aclararon los criterios de intervención respectivos.

El INCOP, por su parte, debe asegurar los derechos del concesionario y prestar la adecuada colaboración para que este pueda ejecutar sin obstáculos ni retrasos en forma idónea el objeto de la concesión.

El INCOP tiene la obligación de fiscalizar que se ejecuten adecuadamente los contratos de concesión, las operaciones, rendimientos, plan de mantenimiento y pago del canon.

El Estado costarricense es propietario de la infraestructura del muelle en administración del INCOP, que sería el dueño de parte de los equipos. Si el concesionario compra equipo, cuando finaliza la concesión todo pasa a manos del INCOP.

El MOPT ha decidido apoyar al INCOP en el compromiso para reparar el rompeolas y restituirlo a su condición original, mediante la restitución de 50 metros perdido del diseño original, aprovechando los recursos frescos provenientes del empréstito del BID. Cabe destacar que el mantenimiento sostenido del rompeolas durante toda la concesión es responsabilidad de la administración concedente, conformada por INCOP como principal interesado, responsable del puerto y promotor de la concesión y el MOPT/CNC en representación del Poder Ejecutivo.

### **3.3 Características comerciales de los Puertos de Caldera**

#### **3.3.1 Características de movilización de carga**

El volumen de carga en Puerto Caldera ha crecido con una tasa de desarrollo anual compuesta (CAGR) del 4,6% desde 2007-2017; de 3,34 millones de toneladas en 2007 a 5,22 millones de toneladas en 2017. El puerto se vio algo afectado por la crisis de 2009, cuando los volúmenes cayeron a 2,89 millones de toneladas, pero se ha recuperado a partir de entonces.

Los tipos de carga más importantes son la de contenedores y los graneles sólidos. La carga en contenedores creció de 0,92 millones de toneladas en 2007 a 2,14 millones de toneladas en 2017, una tasa compuesta anual de 8,8%. Los graneles sólidos crecieron de 1,95 millones de toneladas en 2007 a 2,41 millones de toneladas en 2017, una tasa compuesta anual de 2,1%. Ver la Tabla 3-2 y la Figura 3-3.

El volumen de carga general se ha desarrollado de 0,23 millones de toneladas en 2007 a 0,6 millones de toneladas en 2017, lo que equivale a una tasa compuesta anual de 10,0%. Una gran parte del volumen de carga general consiste en importaciones de productos de hierro y acero (74% en 2017). El volumen de graneles líquidos fue bastante volátil desde 2007 hasta 2017, se ha reducido a 6.000 toneladas en 2017, desde un pico de 187.000 toneladas en 2014. La mayor parte del volumen de líquido se refiere a las importaciones de diésel. El volumen de ro-ro no se ha desarrollado mucho, con una CAGR de 2,5% de 0,05 millones de toneladas en 2007 a 0,07 millones de toneladas en 2017. Llegó a su punto máximo en 2016 con 0,9 millones de toneladas.

Tabla 3-2 Volumen de carga en Puerto Caldera 2007-2017 por tipo de carga (1.000 toneladas)

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	CAGR '07-'17
<b>Carga general</b>	229	314	118	188	291	315	308	345	424	581	596	10,0%
<b>Contenedores</b>	919	1.195	1.001	1.268	1.376	1.520	1.540	1.744	1.809	1.965	2.142	8,8%
<b>Graneles Líquido</b>	94	16	55	3	146	142	181	187	26	43	6	-24,4%
<b>Graneles Sólido</b>	1.952	1.826	1.595	1.779	2.033	1.907	1.896	1.952	2.088	2.206	2.409	2,1%
<b>Otros</b>	96	62	109									n.a.
<b>Ro-Ro</b>	51	54	12	36	47	57	53	57	74	89	65	2,5%
<b>Total</b>	<b>3.342</b>	<b>3.467</b>	<b>2.890</b>	<b>3.275</b>	<b>3.893</b>	<b>3.941</b>	<b>3.978</b>	<b>4.286</b>	<b>4.421</b>	<b>4.885</b>	<b>5.218</b>	<b>4,6%</b>

Fuente: COCATRAM estadísticas, GAGR = una tasa de crecimiento anual compuesta.

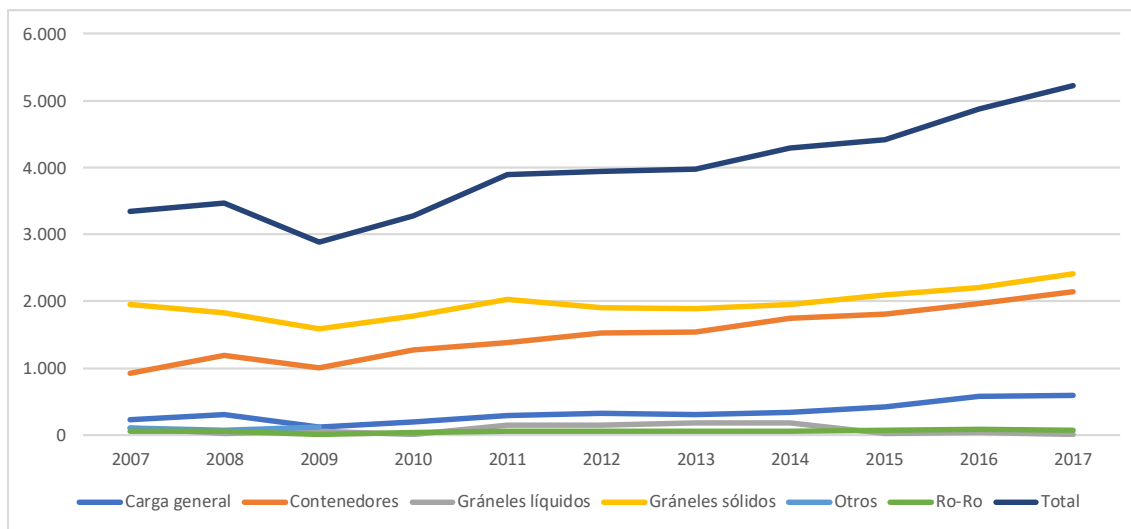


Figura 3-3 Volumen de carga en Puerto Caldera 2007-2017 por tipo de carga (1.000 toneladas)

Fuente: COCATRAM estadísticas.

### 3.3.2 Importaciones versus exportaciones

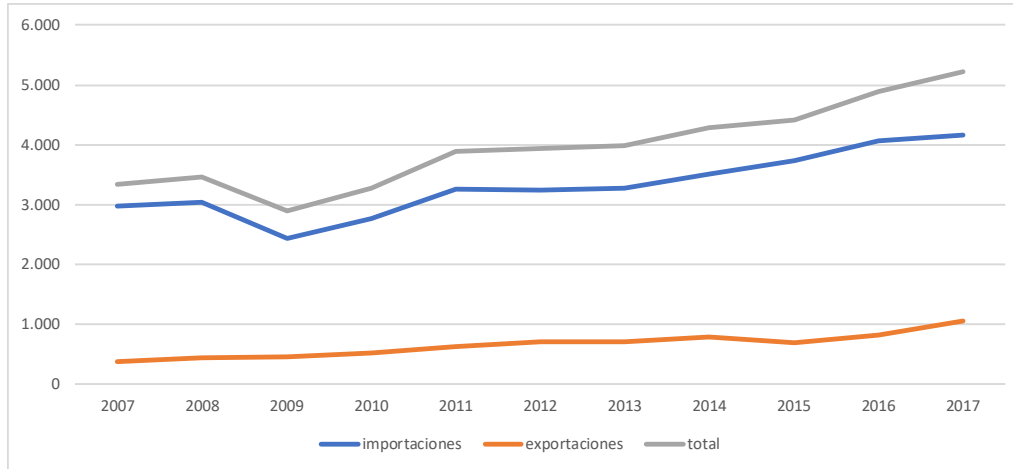
En 2017, las importaciones totales en Puerto Caldera fueron de 4,17 millones de toneladas frente a 1,05 millones de toneladas de exportaciones, lo que significa que el 80% del volumen total fueron importaciones y el 20% fueron exportaciones. En 2007, estos porcentajes fueron 89% y 11%, respectivamente. Ver Figura 3-4 y Figura 3-4 para importaciones versus exportaciones.

En carga contenerizada, en 2017, el 56% son importaciones y el 44% son exportaciones. El saldo mejoró bastante desde 2007, cuando el 69% fueron importaciones y el 31% fueron exportaciones. En el caso de la carga general, la participación de las importaciones pasó del 100% en 2007 al 83% en 2017. Los graneles sólidos, el ro-ro y los graneles líquidos son casi exclusivamente importaciones.

**Tabla 3-3 Volumen de carga en Puerto Caldera 2007-2017 por importación y exportación (1.000 toneladas)**

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	CAGR '07-'17
<b>Importaciones</b>	2.974	3.035	2.440	2.766	3.264	3.241	3.279	3.504	3.731	4.068	4.168	3,4%
<b>Exportaciones</b>	368	432	450	509	629	700	699	782	689	817	1.050	11,1%
<b>Total</b>	<b>3.342</b>	<b>3.467</b>	<b>2.890</b>	<b>3.275</b>	<b>3.893</b>	<b>3.941</b>	<b>3.978</b>	<b>4.286</b>	<b>4.421</b>	<b>4.885</b>	<b>5.218</b>	<b>4,6%</b>

Fuente: COCATRAM estadísticas.

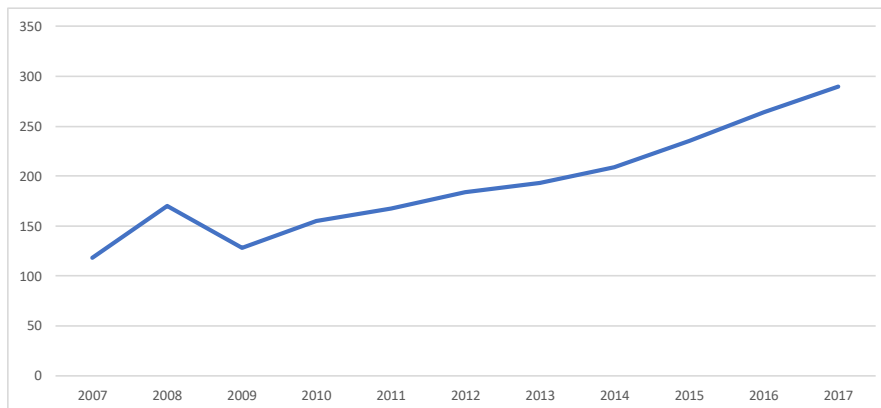


**Figura 3-4 Volumen de carga en Puerto Caldera 2007-2017 por importación y exportación (1.000 toneladas)**

Fuente: COCATRAM estadísticas.

### 3.3.3 Contenedores en TEU

El volumen de contenedores creció de 118.000 TEU en 2007 a 290.000 TEU en 2017, una CAGR de 9,4%. Ver la Figura 3-5. La importación y exportación total de TEU están equilibradas, pero para los contenedores importados, la proporción de contenedores llenos es mucho más alta que para las exportaciones. En 2017, la división llena versus vacía fue 88% llena y 12% vacía para las importaciones y 55% llena y 45% vacía para las exportaciones. La división en 2008 no fue muy diferente para las importaciones (91% lleno y 9% vacío), pero estaba 40% lleno y 60% vacío para las exportaciones.



**Figura 3-5 Volumen de contenedores en Puerto Caldera 2007-2017 (1.000 TEU)**

Fuente: COCATRAM estadísticas.

### 3.3.4 Principales productos de graneles sólidos

Caldera es el puerto más importante de Costa Rica para la importación de cereales. El arroz, la soja, el maíz y el trigo son los mayores volúmenes de cereales. Otras importaciones de comestibles graneles sólidos son la malta, la sal y la harina de soja.

El puerto también importa graneles sólidos no comestibles, especialmente coque y fertilizantes, así como urea y yeso. Consulte la Tabla 3-4 para obtener una descripción general de las principales categorías de graneles sólidos de 2011 a 2017.

Tabla 3-4 Volumen de graneles sólidos en Puerto Caldera 2011-2017 por producto principal (1.000 toneladas)

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	CAGR '11-'17
<b>Arroz</b>	58	81	81	67	99	103	130	14,2%
<b>Frijol de soja</b>	214	269	256	245	280	304	310	6,3%
<b>Maíz</b>	600	664	670	714	774	841	863	6,2%
<b>Trigo</b>	225	251	240	273	251	284	268	3,0%
<b>Otros graneles secos comestibles</b>	175	148	153	162	191	189	205	2,7%
<b>Total graneles secos comestibles</b>	<b>1.274</b>	<b>1.412</b>	<b>1.401</b>	<b>1.461</b>	<b>1.595</b>	<b>1.721</b>	<b>1.776</b>	<b>5,7%</b>
<b>Petcoke</b>	35	126	132	130	119	130	141	26,0%
<b>Fertilizante</b>	248	164	158	199	167	246	212	-2,6%
<b>Otros graneles sólidos no comestibles</b>	276	199	193	151	225	102	269	-0,4%
<b>Total graneles sólidos no comestibles</b>	<b>560</b>	<b>488</b>	<b>484</b>	<b>479</b>	<b>511</b>	<b>478</b>	<b>623</b>	<b>1,8%</b>
<b>Total graneles sólidos</b>	<b>1.834</b>	<b>1.900</b>	<b>1.885</b>	<b>1.940</b>	<b>2.107</b>	<b>2.199</b>	<b>2.399</b>	<b>4,6%</b>

Fuente: INCOP estadísticas.

## 3.4 Arribos de barcos

El número total de arribos de buques no ha aumentado en Caldera; en 2007 hubo 611 y en 2017 hubo 615. El pico fue en 2011 con 671. Dentro de las categorías de tipo de carga, ha habido cambios. En la carga general, el número total de arribos ha fluctuado, pero se mantuvo dentro del mismo orden de magnitud, lo que significa que, con el aumento de volumen en estas categorías, el tamaño promedio de los arribos ha aumentado. Este efecto es aún más fuerte en el caso de la carga en contenedores, en la que el número de embarques disminuyó ligeramente entre 2007 y 2017, pero el volumen de carga creció significativamente. En las importaciones de graneles secos, el número de arribos de buques no creció a la misma velocidad que el volumen, lo que significa un aumento en el tamaño también para esta categoría.

El número de buques refrigerados tradicionales ha disminuido a cero arribos en 2017, lo que está en consonancia con las tendencias internacionales para utilizar contenedores refrigerados en lugar de buques

refrigerados tradicionales. El número de arribos ro-ro ha aumentado ligeramente, aproximadamente a la misma velocidad que el volumen de ro-ro. Los arribos de buques a graneles líquidos casi han desaparecido y el número de cruceros se ha reducido de un máximo de 70 en 2009 a 17 en 2017. Consulte la Tabla 3-5 y la Figura 3-6. La categoría otros incluyen principalmente barcazas.

Tabla 3-5 Arribo de embarcaciones en Puerto Caldera 2007-2017 por categoría de tipo de carga

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	CAGR '07-'17
<b>Convencional</b>	68	105	70	20	13	33	45	58	63	75	89	2,7%
<b>Frigoríficos</b>	38	62	55	48	52	25	31	29	15	2	0	N.a
<b>Portacontenedor</b>	279	244	222	355	273	284	265	251	270	258	253	-1,0%
<b>Ro-ro</b>	81	77	46	71	71	74	69	73	81	94	102	2,3%
<b>Granelero líquido</b>	9	88	27	13	18	12	10	12	16	5	1	-19,7%
<b>Granelero sólido</b>	91	4	84	75	105	112	110	103	127	113	121	2,9%
<b>Cruceros</b>	45	36	70	54	57	51	49	35	29	21	17	-9,3%
<b>Otros</b>		39	26	33	82	20	27	23	27	21	32	-2,2%*
<b>Total</b>	611	655	600	669	671	611	606	584	628	589	615	0,1%

Fuente: COCATRAM estadísticas.

\* CAGR 2008-2017

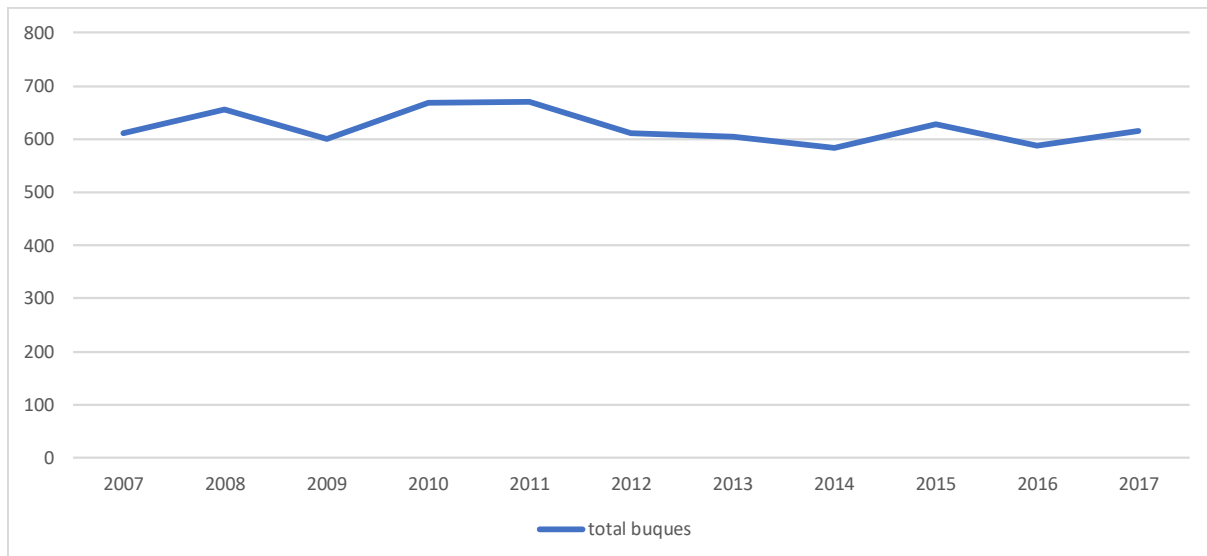


Figura 3-6 Total de arribos de buques en Puerto Caldera 2007-2017

Fuente: COCATRAM estadísticas.

### 3.5 Eslora de los buques

A continuación, se presenta una descripción general del promedio de buques portacontenedores y buques a graneles sólidos en Puerto Caldera. Esto se basa en un análisis de registros de arribos para buques portacontenedores y buques a graneles sólidos en Puerto Caldera (como se presentó en Informes de Gestión reciente).

Características del barco contenedor:

- Tipo: Panamax.
- DWT (TPM) entre 10.000 y 30.000 toneladas.
- Capacidad máxima 2.200 TEU.
- LOA (Eslora) entre 170 y 210 m.
- Calados reales que van desde los 7,5m hasta los 10,5m dependiendo del peso de los contenedores a bordo.

Características del granelero:

- Tipo: Handymax y Ocasionalmente Supramax.
- LOA (Eslora) entre 180 m y 200 m.
- DWT (TPM) entre 28.000 toneladas y 40.000 toneladas. Ocasionalmente, los graneleros son de alrededor de 60.000 DWT (TPM) arriban a Caldera, pero estos generalmente no están completamente cargados.
- Calados entre 10 m a 12,5 m.

Características de los barcos con carga general:

- LOA (Eslora) entre 150 m y 175 m.
- DWT (TPM) entre 14.000 toneladas y 23.000 toneladas.

Características de los barcos con vehículos:

- LOA (Eslora) 195 m.
- DWT (TPM) 55.000 toneladas.

Características de los tanqueros:

- LOA (Eslora) entre 130 m y 185 m.
- DWT (TPM) entre 10.000 toneladas y 33.000 toneladas.

El consultor ha obtenido la eslora (LOA) de todos los buques que arriban en Puerto Caldera en 2016 desde el sitio *web* de INCOP y ha presentado los datos en la Figura 3-7 por producto.

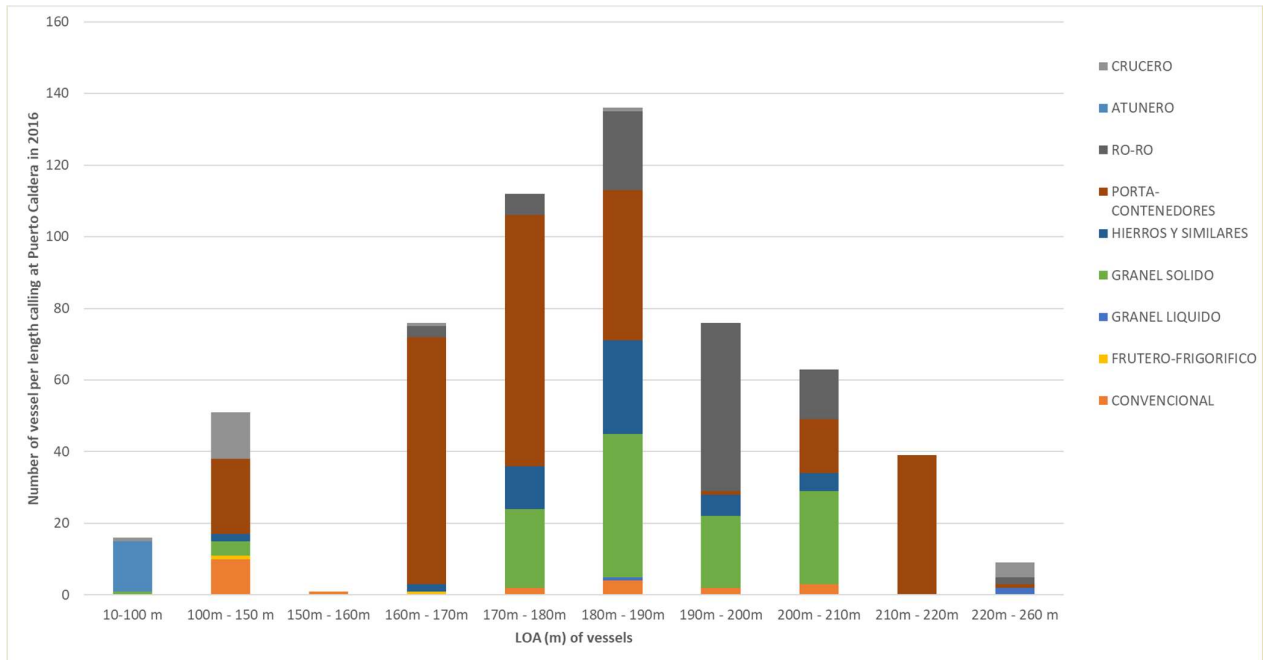


Figura 3-7 Distribución de la eslora total de los buques por producto en 2016 (Fuente: INCOP).

El consultor no tiene datos con respecto al calado y la manga de estos buques. Por lo tanto, los valores típicos para los buques principales se obtienen de las directrices PIANC (*Permanent International Association of Navigation Congresses*, <http://www.pianc.org/>).

Los resultados se enumeran en la tabla a continuación.

Tabla 3-6 Dimensiones típicas de los buques que arriban a Puerto Caldera.

Tipo de carga	Eslora	Calado	Manga
Contenedores (pequeño)	140 m	7,7 m	22,3 m
Contenedores (grande)	210 m	10,7 m	30 m
Graneles sólidos (pequeño)	170 m	10 m	25,4 m
Graneles Sólidos (grande)	210 m	12,3 m	31,7 m
Acero (pequeño)	170 m	9,7 m	25,3 m
Acero (grande)	210 m	12,5 m	30 m
Carga general (pequeño)	100 m	6,7 m	15,1 m
Carga general (grande)	210 m	12,5 m	30 m
Ro-ro (pequeño)	160 m	7,8 m	24,8 m
Ro-ro (grande)	210 m	11,0 m	32,2 m

Toma en cuenta que los buques más grandes podrían no estar llegando por problemas de limitación de calada.



### 3.6 Estadísticas de estadía

En los informes de gestión están disponibles las estadísticas de estadía para buques portacontenedores y buques a graneles sólidos. Los datos de respuesta en esta sección se basan en un análisis de los años 2015, 2016 y los primeros 6 meses de 2017.

#### 3.6.1 Buques de contenedores

La Tabla 3-7 muestra el tiempo promedio de espera antes del atraque y el movimiento de la grúa por hora por buque por trimestre para los años 2015 y 2016 y el primer semestre en 2017. El tiempo de espera promedio ha sido de 12 horas a 20 horas, sin un desarrollo claro. En el segundo y tercer trimestre de 2016, había bajado a cerca de 12 horas, pero después el tiempo promedio de espera aumentó nuevamente. Desde el tercer trimestre de 2015, el número de movimientos por barco por hora ha sido bastante constante de 58 a 60 movimientos por barco por hora. Durante el año 2015, se dio una mejora.

Tabla 3-7 Estadísticas operativas del manejo de contenedores en Puerto Caldera 2015, 2016 y primer semestre de 2017.

	2015 Q1	2015 Q2	2015 Q3	2015 Q4	2016 Q1	2016 Q2	2016 Q3	2016 Q4	2017 Q1+Q2
<b>Promedio de tiempo de espera en horas</b>	16	16	13	20	20	12	13	18	15
<b>Movimientos promedio por barco por hora</b>	53	56	58	58	60	59	59	60	60

Fuente: Informes de Gestión, Q = trimestre.

#### 3.6.2 Buques graneleros

La productividad del manejo de buques graneleros afecta a los que vienen con cereales y fertilizantes y que se manejan en el puesto 4. El tiempo de espera promedio antes del atraque ha mejorado desde el primer y segundo trimestre de 2015, pero solo ha sido menor de 2 días en el tercer trimestre de 2015. En parte, el tiempo de espera está relacionado con las condiciones climáticas, y el atracadero 4 está algo expuesto al oleaje. Ver la Tabla 3-8.

El volumen promedio descargado por barco por hora ha sido mayormente entre 500 y 575 toneladas, con picos de 665 y 725 toneladas respectivamente en el segundo y cuarto trimestre de 2016. En la práctica, la tasa promedio de descarga es 500-600 toneladas por hora, dependiendo de la cantidad de grúas empleadas. Esto puede ser de 1 a 4 grúas (equipo de barco) simultáneamente. En ocasiones, también se utiliza una de las portuarias móviles del puerto.

Tabla 3-8 Estadísticas operativas de manejo de graneles sólidos en Puerto Caldera 2015, 2016 y primer semestre de 2017

	2015 Q1	2015 Q2	2015 Q3	2015 Q4	2016 Q1	2016 Q2	2016 Q3	2016 Q4	2017 Q1+Q2
<b>Promedio de tiempo de espera en horas</b>	227	114	43	53	57	94	72	100	60
<b>Promedio de descarga de toneladas del buque por hora</b>	523	521	491	575	570	665	537	725	562

Fuente: Informes de gestión.

### 3.7 Descripción de Puerto Caldera

#### 3.7.1 General

Puerto Caldera es el principal puerto en la costa del Pacífico de Costa Rica. Se ubica aproximadamente a 100 km del Valle Central, latitud 9°54'40"N y longitud 84°43'20"W. Actualmente maneja un total de 5,2 millones de toneladas de carga anual, incluidos los contenedores, graneles y carga general. El Puerto fue construido en la bahía de Caldera situada al Este del Golfo de Nicoya; sus instalaciones incluyen los puestos de atraque, área de apoyo marginal, rompeolas de enrocamiento, dársena de atraque, canal de acceso, ayudas a la navegación e instalaciones de apoyo.

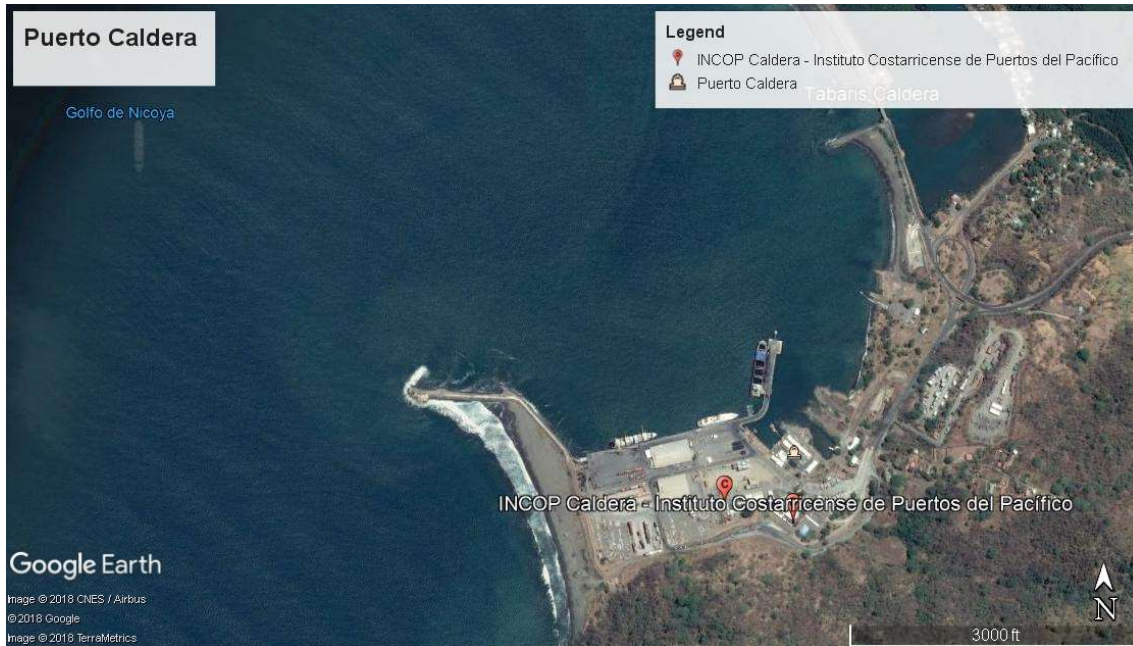


Figura 3-8 Ubicación de Puerto Caldera

#### 3.7.2 Accesos náuticos

##### 3.7.2.1 La dársena y canal de acceso

En la dársena y canal de acceso se tendrá una profundidad de NMBS -12 m. La variación del nivel de marea (rango) se presenta en la Tabla 3-9. Cuando se navega con ventanas de marea, estos niveles de agua pueden añadirse (en parte) al NMBS para obtener la profundidad de agua disponible. El rango de marea promedio en el puerto de Caldera es del orden de 2 m.

Tabla 3-9 Tabla de mareas, estudio JICA 1986

	Caldera
Rango de mareas mayor (m)	2,59
Rango de mareas promedio (m)	2,05
Rango de mareas menor (m)	1,51

Un barco que navega por el canal en un cierto estado de mar (dirección de ola, altura significativa, período pico) se encontrará con olas altas y bajas. Algunas de estas olas con direcciones, longitudes y alturas desfavorables causarán grandes movimientos verticales, mientras que otras no lo harán. Las olas más "desfavorables" causarán una respuesta vertical tan grande de la nave que la nave tocará el fondo. Sin

embargo, nunca hay una certeza, sino solo una "probabilidad" de que un barco encuentre o no estas olas desfavorables y que toque el fondo durante un tránsito específico.

Además de la respuesta del barco a las olas, también la escora debida al viento y el efecto *squat* (variación del calado por navegación en aguas poco profundas) causa movimientos verticales del barco en navegación. El efecto *squat* es el efecto combinado de hundimiento y asiento debido a la velocidad de avance de la nave. El *squat* aumenta al incrementarse la velocidad y disminuir la profundidad del agua. Los buques portacontenedores y los transportistas de automóviles son especialmente propensos a los picos de los fuertes vientos cruzados. El balanceo del barco causa un hundimiento de la quilla de balance del barco y, por lo tanto, aumenta el calado .

La UKC requerida y, por lo tanto, la profundidad, están determinadas por el más estricto de los siguientes dos criterios de la UKC:

- a. Criterio de maniobra: Para que el barco siga siendo controlable y maniobrable, se debe mantener un determinado UKC. El 'margen de maniobrabilidad' (MM) se utiliza para definir el espacio libre bajo el barco promediado en tiempo. Por lo tanto, la distancia promediada en el tiempo entre el barco y el fondo del canal siempre debe exceder un valor mínimo para garantizar una maniobrabilidad adecuada.
- b. Criterio de contacto con el fondo: para que el barco evite el contacto con el fondo, la combinación de respuesta de movimiento vertical y de *squat* con viento y olas debe exceder el UKC bruto de la nave.

Como se explicó anteriormente, los factores relacionados con la nave son los más importantes en el diseño vertical de canales. Aparte del calado , los factores de la nave se pueden estimar por separado para el *squat* ya descrito, la escora dinámica y el margen de respuesta de la ola, o se pueden combinar. En lugar de estimar cada uno por separado, un enfoque más simple para la etapa de diseño conceptual es combinarlos en un factor F relacionado con el barco que incluya todos estos efectos de la nave. Una aproximación depende de la velocidad de la nave, la intensidad de los efectos de las olas en el buque de diseño con su calado máximo T y el tipo de canal (Tabla 3-10).

Tabla 3-10 Componentes de profundidad de canal y estimaciones de proyecto de aire para diseño conceptual (fuente PIANC 2014)

Descripción	Velocidad del barco	Condiciones de oleaje	Fondo del canal	Canal interior	Canal exterior
<b>Factores relacionados con el barco <math>F_s</math></b>					
	$\leq 10$ kts				1,10 $T$
	10 - 15 kts	Ninguno			1,12 $T$
	> 15 kts				1,15 $T$
<b>Depth <math>h</math></b>	Todos	Swell reducido ( $H_s < 1$ m)			1,15 $T$ a 1,2 $T$
		Swell moderado ( $1$ m < $H_s < 2$ m)			1,2 $T$ a 1,3 $T$
		Swell alto ( $H_s > 2$ m)			1,3 $T$ a 1,4 $T$
<b>Añadir para el tipo de fondo del canal</b>					
Todo	Todo		Barro	Ninguno	Ninguno
			Arena/Arcilla	0,4 m	0,5 m
			Roca/Coral	0,6 m	1,0 m
<b>Altura de obra muerta libre (ADC)</b>					
<b>ADC</b>	Todo	Todo		0,05 Hst	0,05 Hst + 0,4 T

**Notas:**

Para factores relacionados con el barco: Suponga que  $T > 10$  m. Si  $T < 10$  m, use valor para  $T = 10$  m ( $T$  es el calado del barco)

**Swell** significa olas con períodos pico  $T_p$  mayores de 10 s

Para los valores de oleaje **swell** del canal externo, use un valor más bajo para períodos más pequeños del oleaje **swell** y un valor más alto para lapsos más grandes del oleaje **swell**

El valor de la altura de ola significativa  $H_s$  depende de la operación requerida, el tipo de barco de diseño, nivel de accesibilidad, período de oleaje y dirección relativa del oleaje.

1. Hst es la distancia desde la superficie del mar hasta la parte superior del barco.
2. Densidad de agua de mar asumida para  $T$ . Ajustes adicionales requeridos si es agua fresca.

Profundidad de la dársena de maniobra.

Siguiendo la Tabla 3-10, el calado máximo de barcos capaces de maniobrar con seguridad a través de la dársena con una profundidad náutica garantizada de NMBS -12 m es:

$$12 = 1,2 * T + 0,5 \text{ m} \rightarrow T = 9,6 \text{ m}$$

El nivel de agua puede añadirse al llegar y salir usando las ventanas de marea. En este caso, el calado máximo del buque capaz de arribar al puerto es del orden de 11,5 m.

### Ancho de la dársena

En el centro del círculo de giro, la profundidad mínima es de aproximadamente 11,7 m NMBS (Nivel Medio de Bajamares de Sicigias). El diámetro del círculo de giro máximo es de 450 m. Por regla general, el círculo de giro necesario debe ser 1,4 - 1,6 x la longitud del buque, dependiendo de las condiciones ambientales, del tipo de barco y del uso de los propulsores y remolcadores. Entonces la longitud máxima de la embarcación que puede atracar en Puerto Caldera es de 280-320 m.

Por lo tanto, el ancho de la dársena de maniobras es suficiente para los barcos de diseño considerados en este momento.



Figura 3-9 Batimetría y área de maniobras en Puerto Caldera. (Para la última versión <http://www.mopt.go.cr/wps/portal/Home/informacionrelevante/maritimoportuaria/planosBatimetricos/>), Anexo 1 incluirse una escala adecuada

### Profundidad del canal

Siguiendo la Tabla 3-10, el calado máximo de barcos capaces de maniobrar con seguridad a través de la cuenca con una profundidad náutica garantizada de NMBS -12 m es:

$$1,3 * T + 0,5 \text{ m} = 12,0 \text{ m} \rightarrow T=8,8\text{m}$$

El nivel de agua se puede añadir al llegar y salir usando las ventanas de marea. En este caso, el calado máximo del buque capaz de atracar en el muelle es del orden de 11 m (profundidad en el muelle).

### Anchura del canal

En este momento no existe un canal dragado, por lo que no hay restricciones en términos de ancho de canal.

### 3.7.2.2 Fondeo

Las zonas de fondeo temporal previo al atraque en el puerto se pueden encontrar en las cartas náuticas, Figura 3-10. La profundidad máxima en el sitio de anclaje temporal es 12,9 m hasta 15,9 m. La hondura de agua requerida en el fondeadero depende de la escora inducida por el viento y la respuesta a las olas. De acuerdo con la Tabla 3-10, la profundidad de agua requerida se toma como  $1,3 * T$  (calado del barco) + 0,5 m. Esto significa que, dependiendo de la ubicación dentro del fondeadero, el calado máximo de la nave varía entre: 12 y 10 m. Esto debe ser verificado en la etapa de diseño detallado.

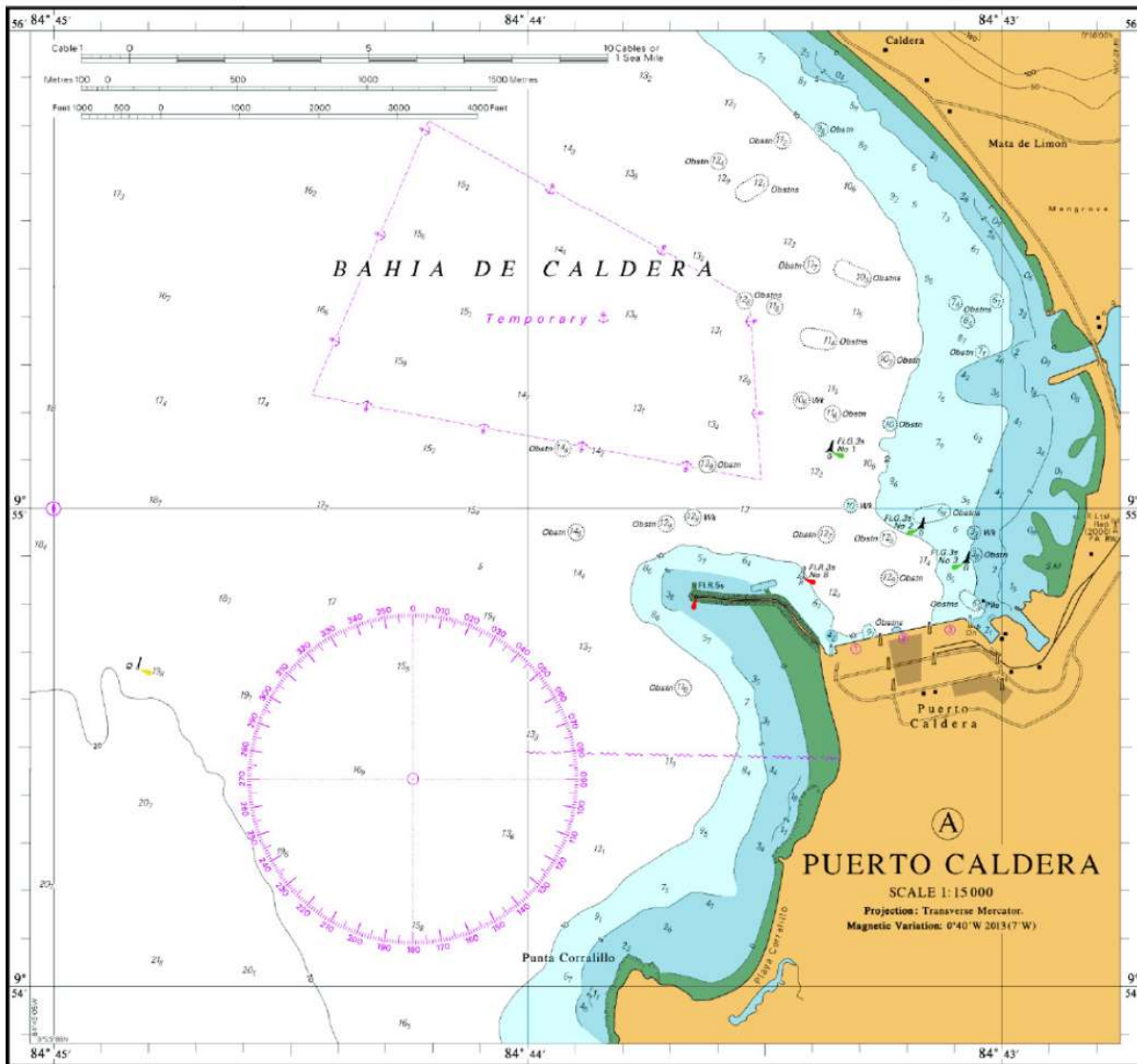


Figura 3-10 Carta náutica de Puerto Caldera

### 3.7.2.3 Rompeolas

Para 1981 Puerto Caldera ya contaba con un rompeolas de una longitud de 250 metros, Figura 3-11. El que se diseñó originalmente para resistir oleajes con olas significativas de  $H_{1/3}=3\text{m}$ ; sin embargo, en las ocasiones en que ha sufrido daños las olas habrían tenido un  $H_{1/3}$  superior a este valor de diseño. Actualmente el rompeolas está en proceso de reparación (rehabilitación y reforzamiento).



Figura 3-11 Rompeolas de Puerto Caldera

Desde un inicio se dieron problemas de sedimentación, motivo por el cual se amplió 50 metros cambiando su dirección 45° hacia el oeste respecto al alineamiento principal.

Entre 1981 y 1992 se continuó alargando en esta misma dirección para contener los sedimentos que continuaban ingresando, pero afectado por tormentas con fuertes oleajes siguió perdiendo longitud e ingresándose arena al puerto. La máxima longitud alcanzada en este periodo fue de 315 metros, adicionales a los 250 metros ya existentes. Al final de este espacio alcanzó los 272 metros, 78 metros menos que los 350 que se recomendaron en el estudio JICA de 1986.

Entre 1992 y 2000 no hubo más obras y la longitud se conservó en 272 metros. En 2001 se amplió de nuevo un total de 123 metros hasta llegar a los 395 metros. Debido a una tormenta en 2002 se produjeron más daños a la estructura del rompeolas, reduciendo de nuevo su longitud a 335 metros.

Durante 2011 se vuelven a perder aproximadamente 16 metros por fuertes condiciones de oleaje, llegando a una longitud de 320 metros, que es lo disponible hasta la fecha.

El rompeolas tiene una estructura de tipología en talud que consta principalmente de un terraplén de materiales pétreos (rocas) y elementos artificiales de concreto (dolos), colocados en diferentes capas. Los pesos de las rocas que lo conforman varían entre 4- 8 toneladas, a partir de la ampliación de 2001 se utilizaron dolos con un peso de 3,5 toneladas, sección H-H, Figura 3-13. En el informe de 2004 según Royal Haskoning se deberían haber utilizado elementos artificiales de hormigón de 15-25 toneladas, que nunca se posicionaron.

A fecha de agosto de 2013, según el Informe de Factibilidad de Proyecto de la Rehabilitación y Reforzamiento del Rompeolas de Puerto Caldera, el morro del rompeolas estaba compuesto por un manto de protección de rocas con un rango entre 3 a 8 toneladas. Posteriormente el MOPT, entre 2014 y 2016, colocó rocas de coraza provisionalmente con un peso entre 8 y 15 t en el extremo del morro y los 60 m contiguos a este en la cara externa.

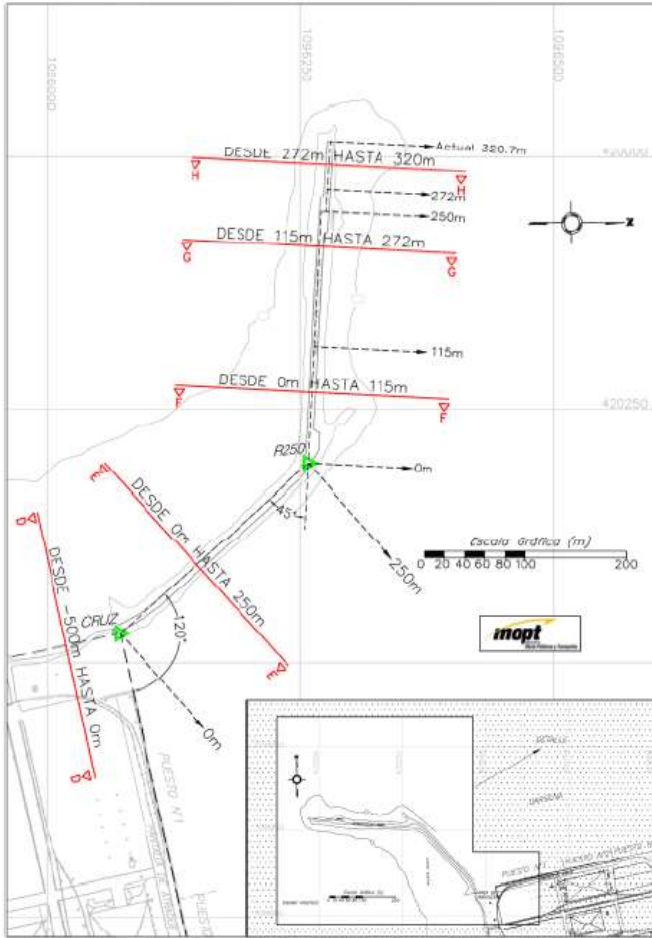


Figura 3-12 Planta y secciones del rompeolas de Caldera en 2012



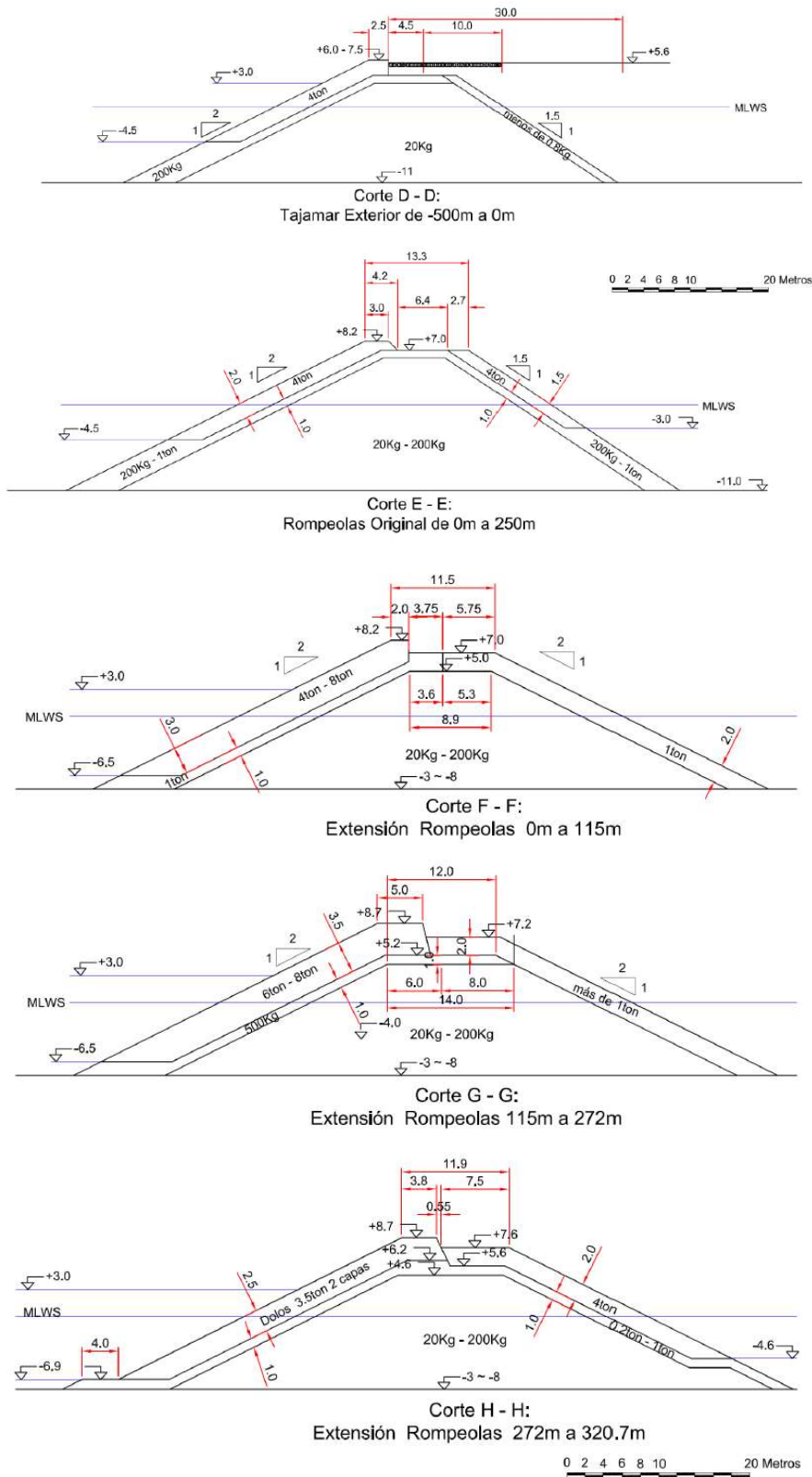


Figura 3-13 Secciones del rompeolas de Caldera

### 3.7.2.4 Dragado de mantenimiento

Una de las mayores problemáticas del puerto es la acumulación de sedimentos en las dársenas que dificulta las operaciones portuarias, Figura 3-14. De la Figura 3-17 a la Figura 3-22 se puede apreciar en las batimetrías, en nivel medio de bajamares sicigias (NMBS), desde 2013 a 2016 el problema de sedimentos en la esquina izquierda del puesto de atraque 1. En la Tabla 3-11 se muestran los valores aproximados de las profundidades en la esquina del puesto de atraque 1 y el área frente al rompeolas seguido del puesto 1, donde se pierden aproximadamente 80 metros de línea de atraque.



Figura 3-14 Rompimiento del oleaje frente al primer puesto de atraque por efecto de la poca profundidad debida a la sedimentación

Tabla 3-11 Valores aproximados de profundidades extraídos de las batimetrías del MOPT

Año	Profundidad esquina puesto 1	Profundidad centro área C- 10
<b>Febrero 2013</b>	10 m	9 m
<b>Octubre 2013</b>	10 m	2 m
<b>2º Semestre 2014</b>	9 m	0 m
<b>2º Semestre 2015</b>	0 m	0m
<b>2º Semestre 2016</b>	0,9 m	-0,5 m
<b>2º Semestre 2017</b>	10 m	8 m

En la Figura 3-15 se muestran los volúmenes de sedimento acumulados durante los años y en la Figura 3-16 los dragados de mantenimiento en la zona. En la batimetría de 2017 se puede observar el efecto del dragado en 2017.

## Batimetrías

Año	Volumen acumulado (m³)	Diferencia de volumen (m³)	Año	Volumen acumulado (m³)	Diferencia de volumen (m³)	Año	Volumen acumulado (m³)	Diferencia de volumen (m³)
II. 2007	507.222	-	II. 2012	Campaña de Dragado 2012		I. 2017	Campaña de Dragado 2017	
II. 2008	686.882	179.660	I. 2013	57.946	57.946	II. 2017	86.838	86.838
I. 2009	Campaña de Dragado 2009		II. 2013	129.312	71.365			
II. 2009	36.253	36.253	I. 2014	159.820	30.509			
I. 2010	89.555	53.302	II. 2014	225.678	65.858			
II. 2010	207.907	118.352	I. 2015	256.975	31.296			
I. 2011	257.813	49.906	II. 2015	326.598	69.624			
II. 2011	430.597	172.784	I. 2016	359.078	32.480			
I. 2012	534.739	104.142	II. 2016	422.008	62.930			



Figura 3-15 Volúmenes acumulados de sedimento en Puerto Caldera

## PROYECTOS. Dragado

### Mantenimiento

Año	Volumen dragado (m³)	Costo (USD \$)	Costo (USD/m³)	Dragador	Equipo
2009	586.274	5.680.766	9,7	Sociedad Portuaria Regional de Barranquilla S.A.	• Virgen del Rocío • La arenosa
2012	466.997	2.434.468	5,2	Jan de Nul	• Il Principe • Al Idrisi (2012)
2017	452.657	3.458.642	7,6	Jan de Nul	• Il Principe • Filippo Brunelleschi
<b>Total</b>	<b>1.505.928</b>				

### Capital

Año	Volumen dragado (m³)	Costo (USD \$)	Costo (USD/m³)	Dragador	Equipo
2012	842.097	5.219.870	6,2	Jan de Nul	• Il Principe • Al Idrisi (2012)



Figura 3-16 Trabajos de mantenimiento de dragado

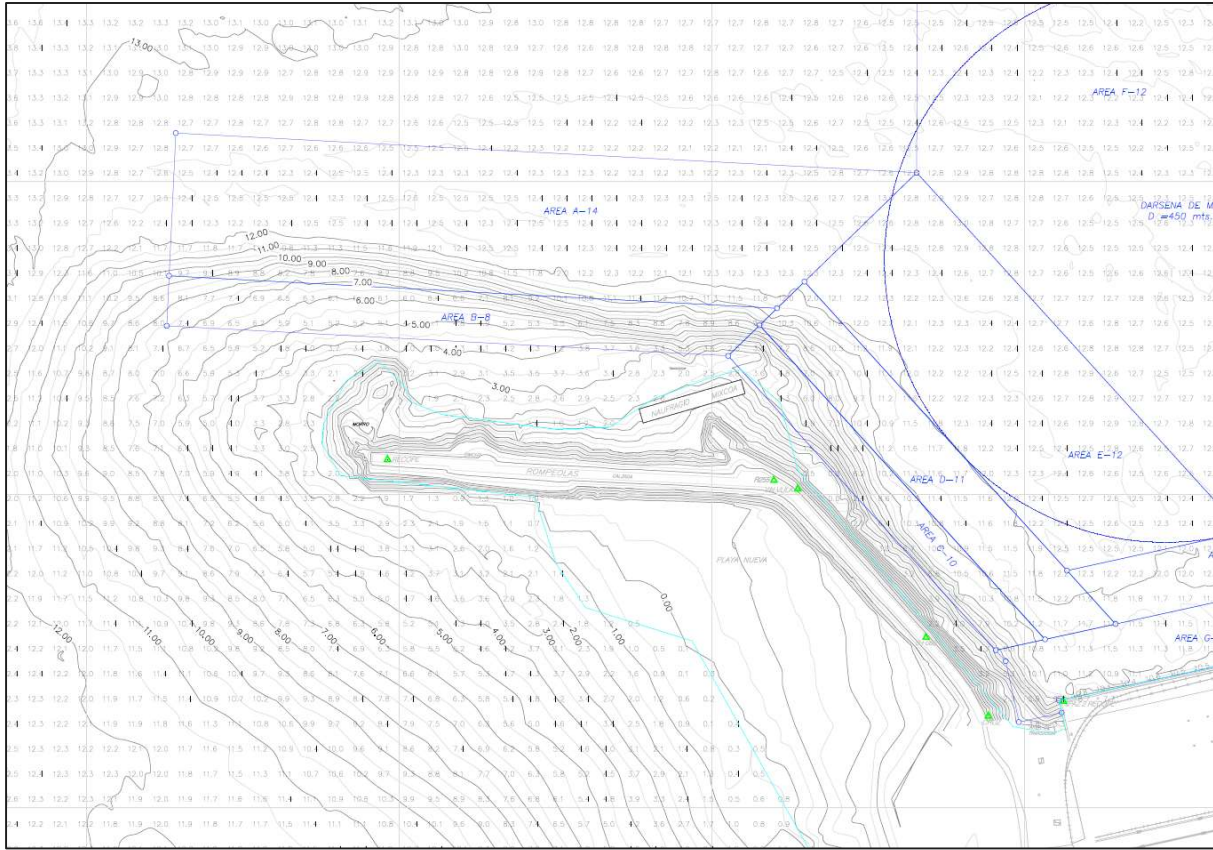


Figura 3-17 Batimetría del rompeolas febrero 2013 NMBS

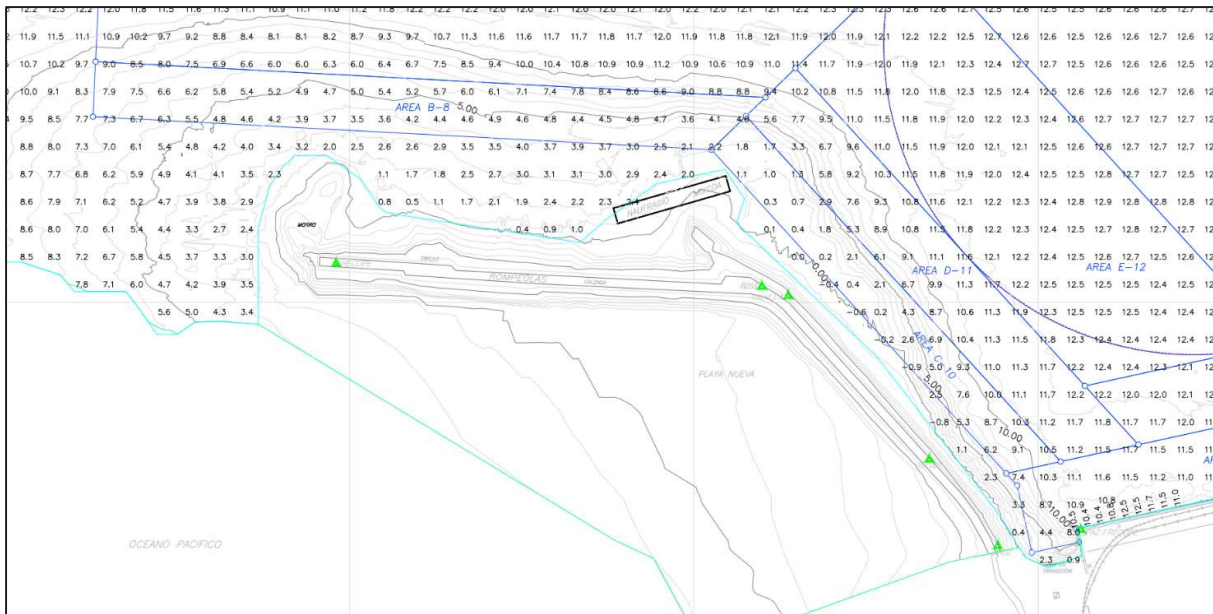


Figura 3-18 Batimetría del rompeolas octubre 2013 NMBS

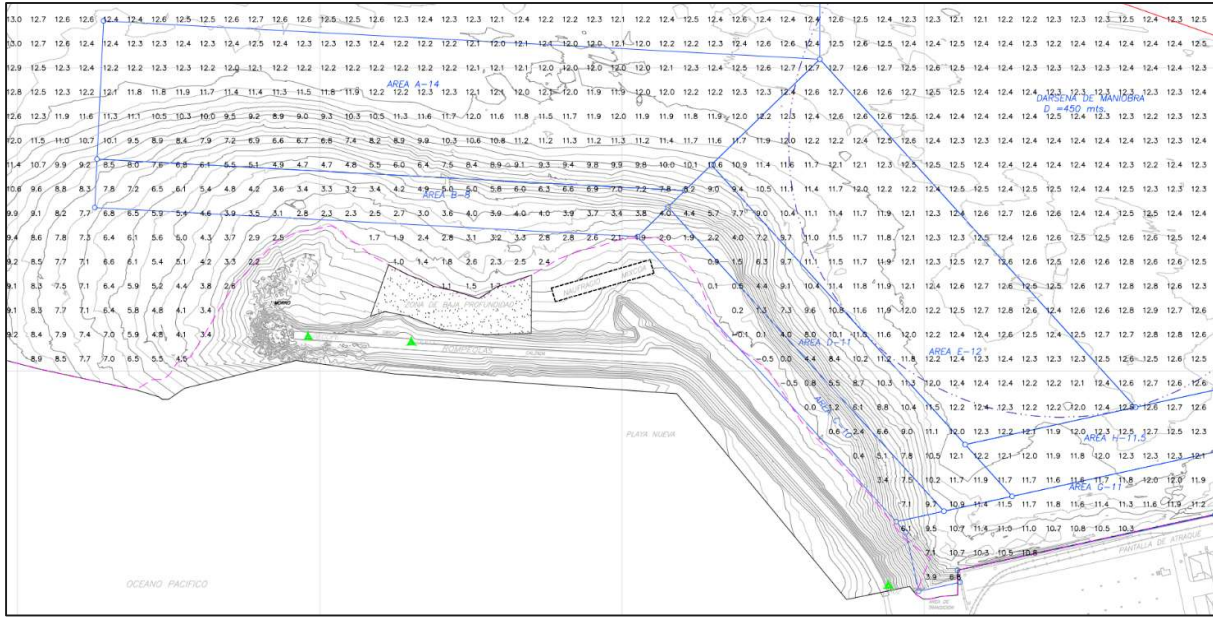


Figura 3-19 Batimetría del rompeolas 2º semestre de 2014 NMBS

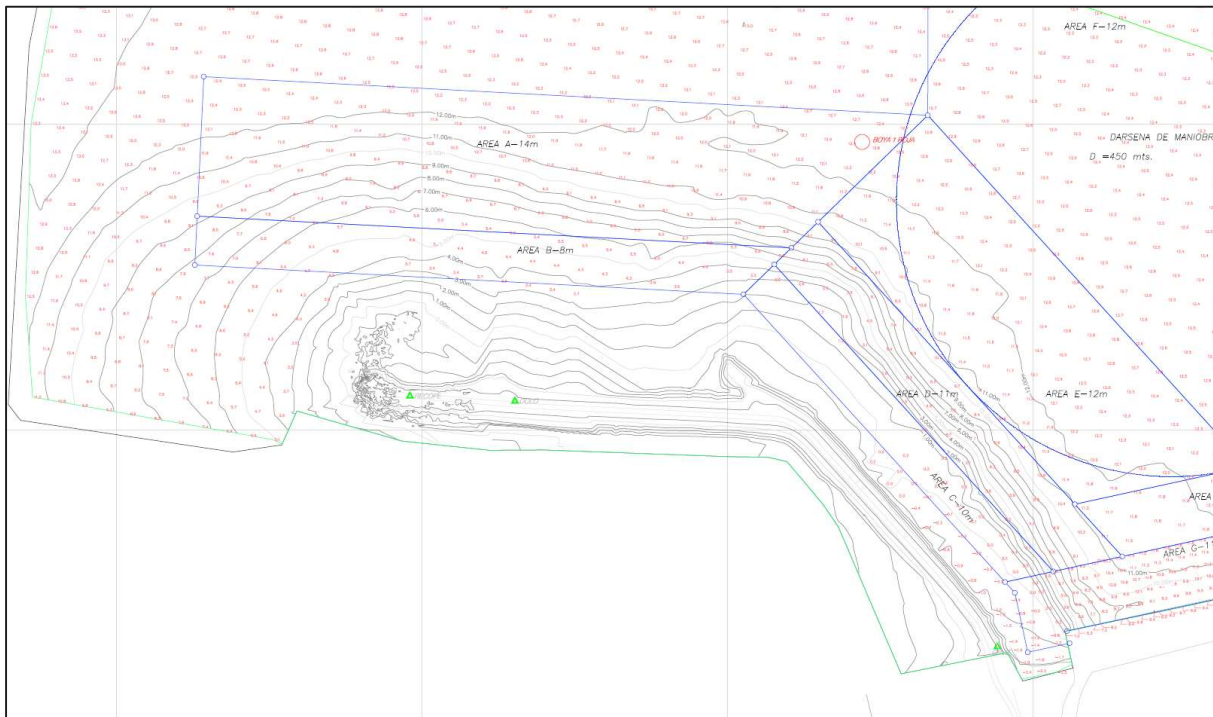


Figura 3-20 Batimetría del rompeolas 2º semestre 2015 NMBS

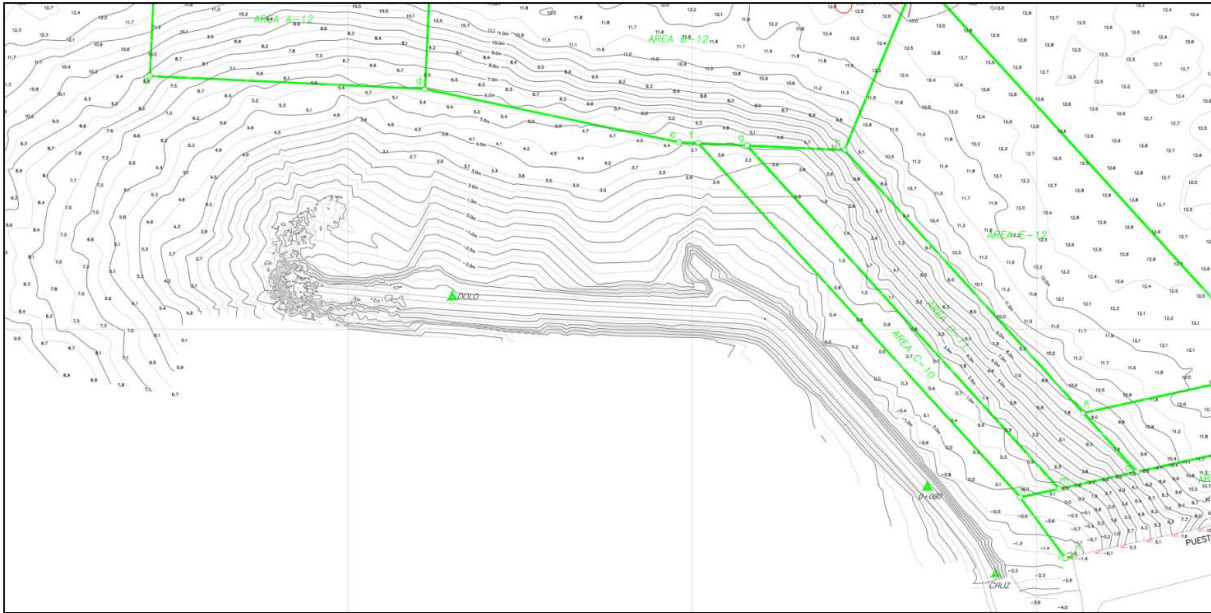


Figura 3-21 Batimetría del rompeolas 2º semestre de 2016 NMBS

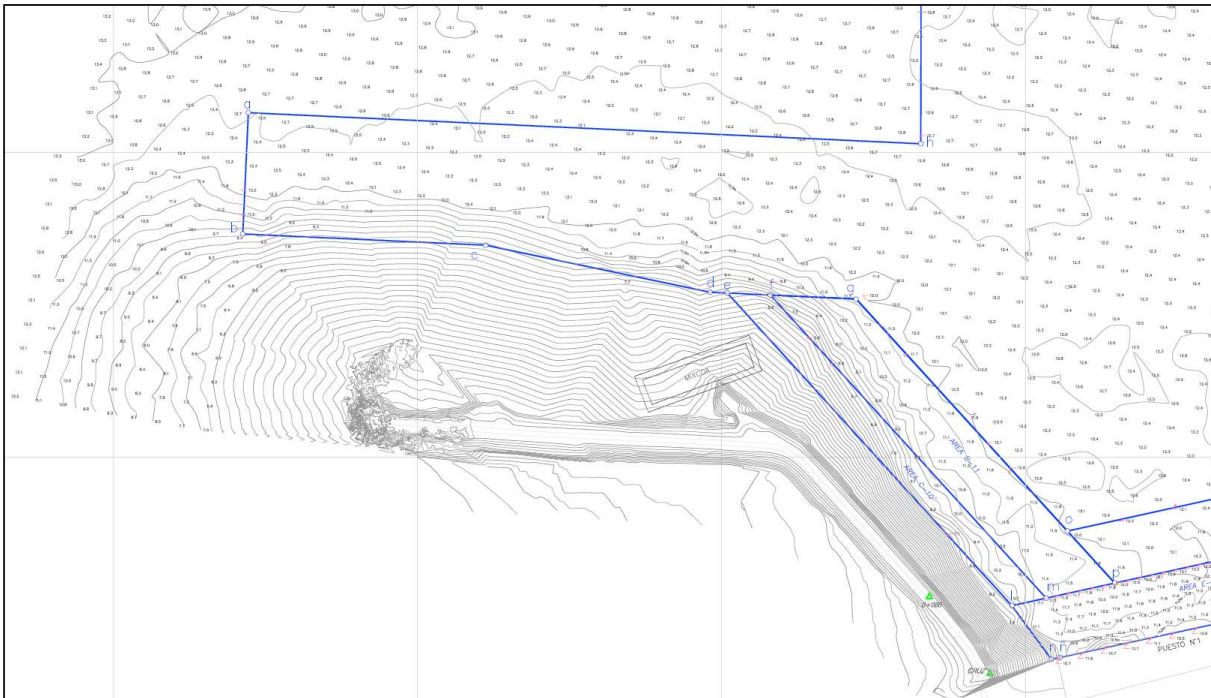


Figura 3-22 Batimetría del rompeolas 2º semestre de 2017 NMBS

### 3.7.3 Infraestructuras y superestructuras existentes

#### 3.7.3.1 Los puestos

El puerto cuenta con cuatro puestos de atraque. Estos fueron diseñados y construidos para diferentes profundidades de operación: -11,0m, -10,0m, -7,5m y -13,0m; los puestos del uno al tres se ubican a lo largo de un muelle marginal de 490m de largo; el puesto No. 4 fue construido recientemente y su acceso se da por medio de un puente; no tiene áreas marginales de apoyo.



Figura 3-23 Esquema de Puerto Caldera

Frente a estos puestos se encuentra la dársena de maniobras. El detalle de los puestos se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 3-12 Características de los puestos en Puerto Caldera

Puesto No.	Profundidad (m)	Longitud (m)
No. 1	-11,0	210
No. 2	-10,0	150
No. 3	-7,5	190
No. 4	-13 presente (-16 diseño)	250 (ver Figura 3-23, Plataforma 180m)

**El puesto No. 1**, de -11,0m consiste en una pantalla de tablestaca de acero, tipo Z-45, anclada a una viga posterior con pilotes inclinados acoplados. La longitud del puesto es de 210m y fue terminado en 1982. El extremo oeste de este puesto, en una extensión de 43,5m y está provisto de una plataforma de alivio por las características de los suelos subyacentes.

**Puesto No. 2**, de -10,5m, consiste en una pantalla de tablestaca de acero (Z-45).

**Puesto No. 3** en pantallas de tablestaca de acero (Z-25), todas ancladas a vigas con pilotes acoplados. Ambos fueron terminados en junio de 1980. En la zona de tierra de los puestos Nos. 1 y 2 (de -11,0 y -10,0m) se tienen las vigas y rieles para la instalación de una grúa.

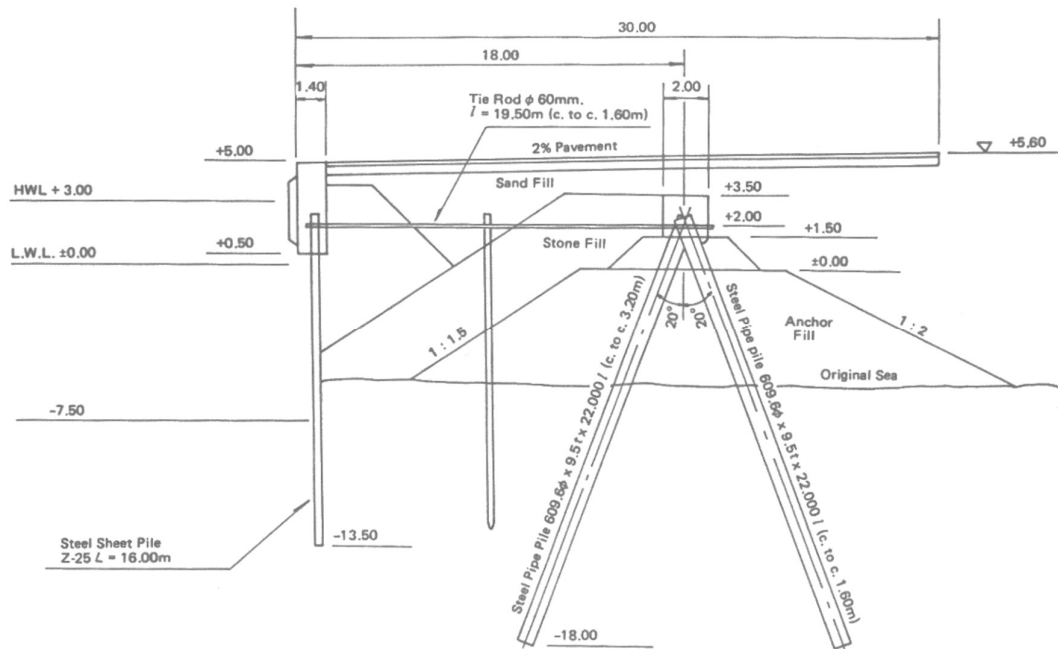


Figura 3-24 Sección típica puesto No. 3 (Fuente. JICA)

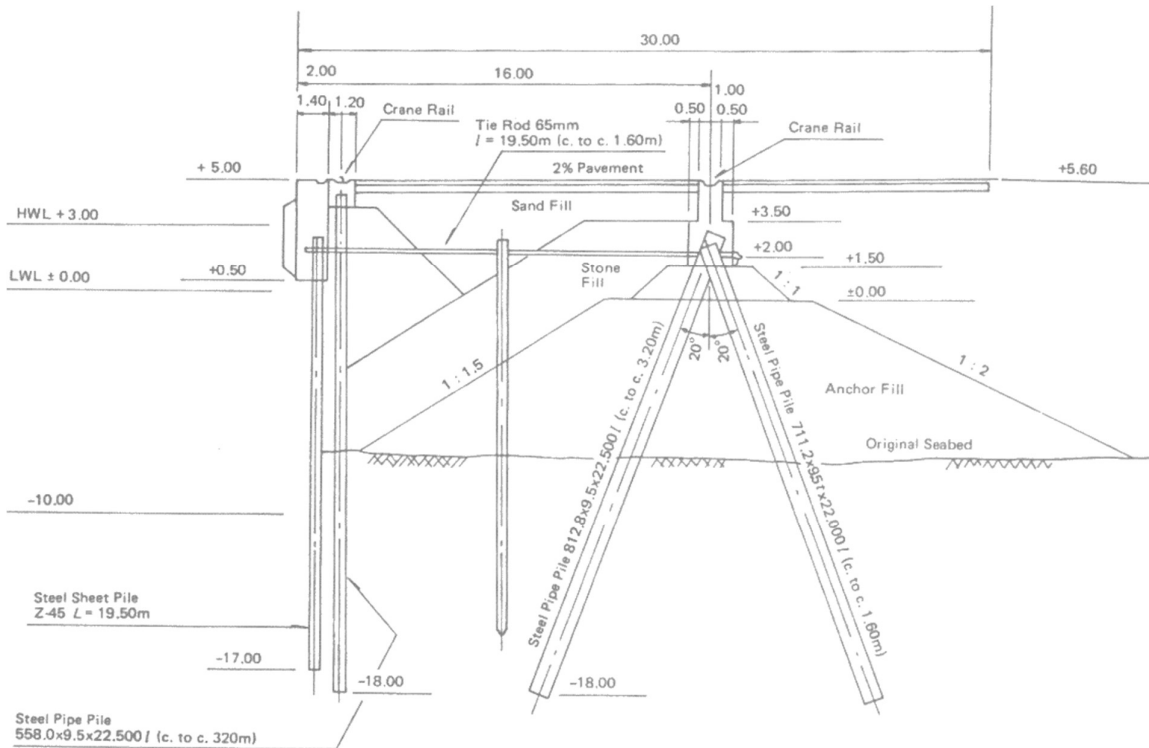


Figura 3-25 Sección típica puesto No. 2 (Fuente. JICA)



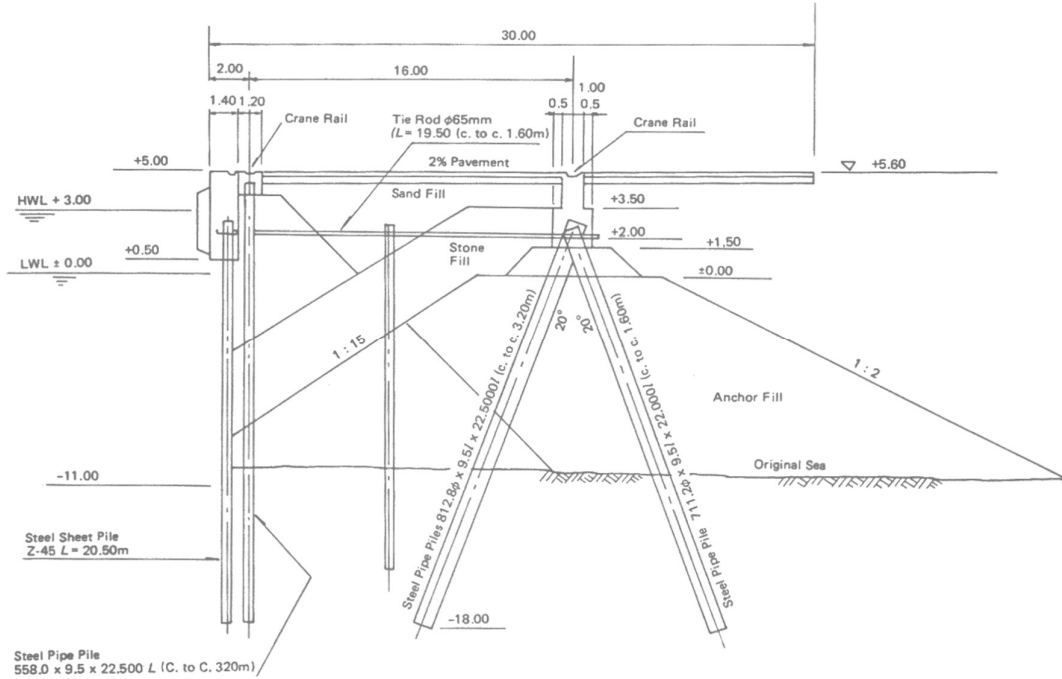


Figura 3-26 Sección típica puesto No. 1 (Fuente. JICA)

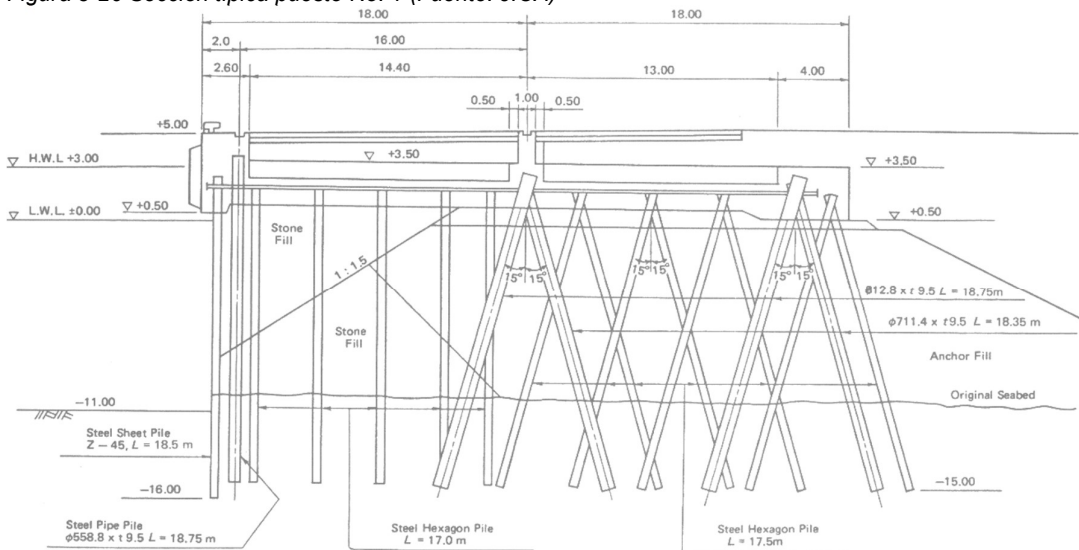


Figura 3-27 Sección típica puesto No. 1, Sección rediseñada (Fuente. JICA)

La terminal granelera, **Puesto No. 4** con una profundidad actualmente de -13,0 m, fue diseñada para una profundidad máxima de -16,0m; su construcción terminó en el año 2014 y está compuesta por un puente de acceso y un muelle sobre pilotes.

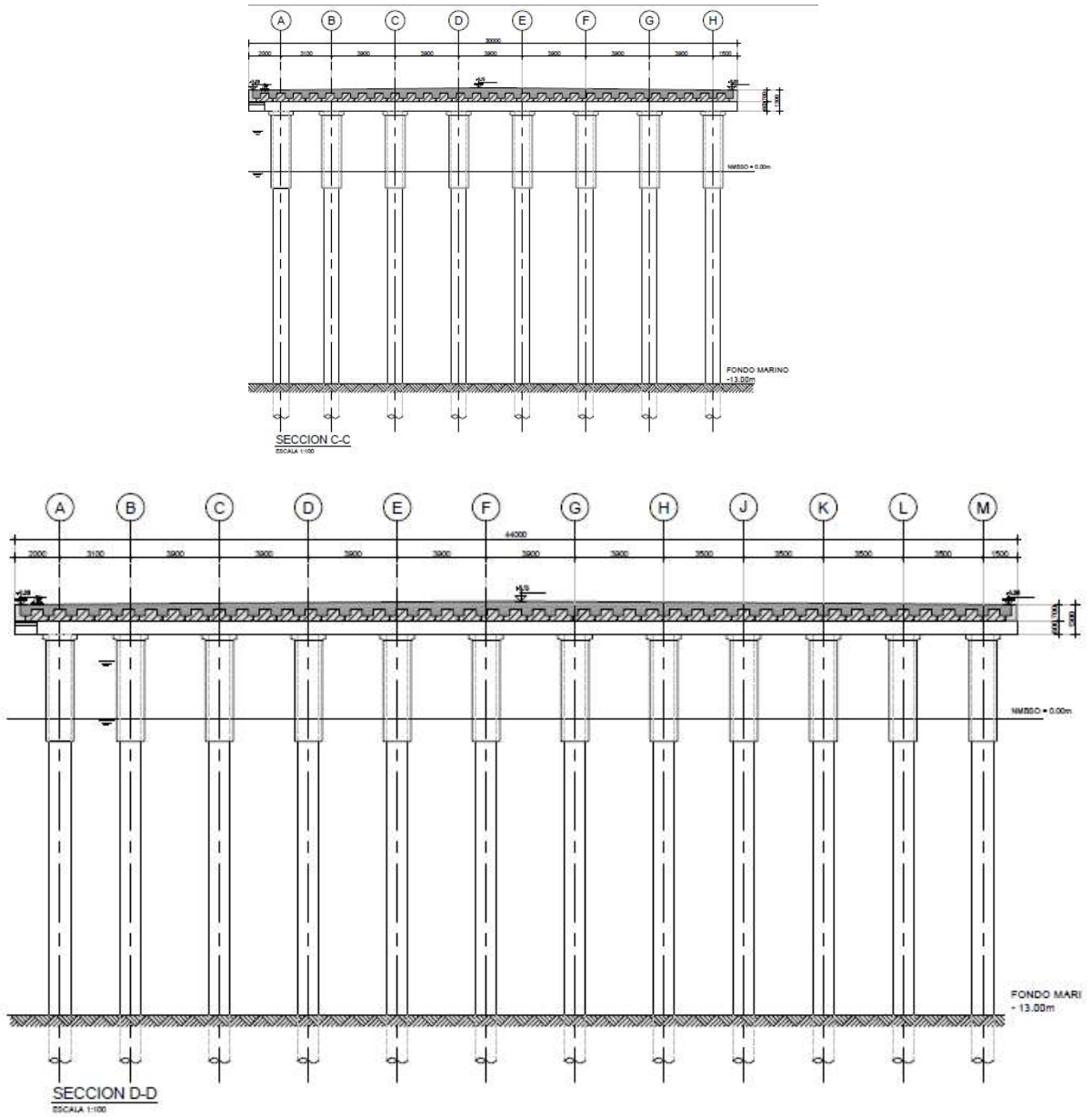


Figura 3-28 Secciones típicas puesto No. 4, (Fuente. Royal Haskoning)

La dársena del muelle tiene problemas de sedimentación, afectando los especialmente los puestos de -11 y -10m. El diseño y construcción del muelle para tres profundidades han ocasionado problemas al INCOP ya que, a pesar de contar con 490m de pantalla, solo 360m permiten el atraque de barcos de 15.000 a 20.000 DWT.

### 3.7.3.2 Áreas de almacenamiento de carga

Puerto Caldera tiene 7 patios de almacenamiento con un área abierta de aproximadamente 110.000 m<sup>2</sup>. Además, el puerto tiene dos almacenes con un área de 12.600 m<sup>2</sup> de almacenamiento cubierto. Originalmente, el puerto manejaba principalmente carga en paletas, lo que hacía que los almacenes se construyeran cerca del muelle para reducir el transporte de un depósito a otro y viceversa. Al día de hoy sería beneficioso que los depósitos se reubicaran más lejos del muelle. Las áreas de acopio se utilizan principalmente para contenedores, vehículos, carga general y productos de acero.

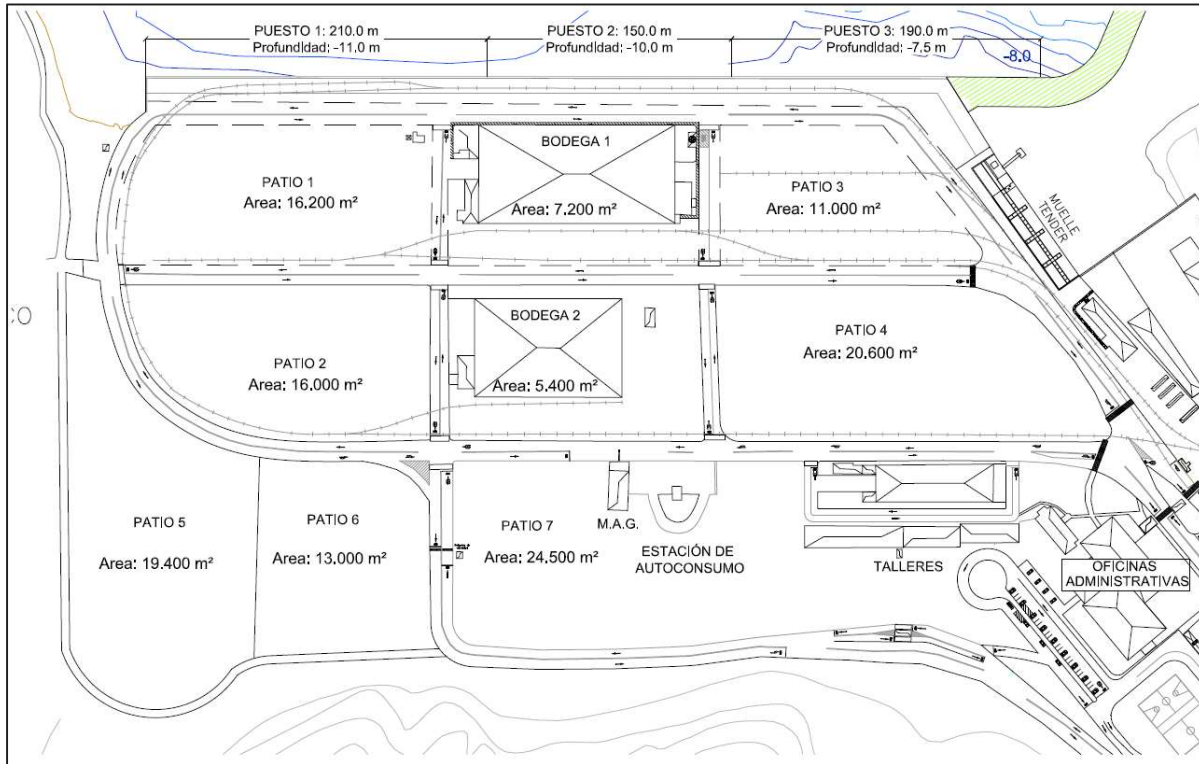


Figura 3-29 Descripción general de las áreas de patio en Puerto Caldera  
Fuente: SPC.



Figura 3-30 patios en Puerto Caldera

### 3.7.3.3 Servicios

Sistema de energía: Suministrado por el ICE (Instituto Costarricense de Electricidad), en media tensión 34500 V, trifásico, aéreo. Consumo promedio mensual 220 KWh.

Sistema de agua: Suministrado por el AyA (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados), consumo promedio mensual 4500 m<sup>3</sup>.

Sistema de comunicaciones: Frecuencia VHF para comunicación con los buques e interna operativa y cableado estructurado mediante fibra óptica y UTP para CCTV, datos y voz.

A nivel de sistemas de información el puerto tiene:

- ERP: Softland.
- TOS: SOP (herramienta desarrollada internamente; sin embargo, falta desarrollar algunos módulos e interfaces para ser un TOS).

## 3.7.3.4 Edificios

Oficinas: Edificio administrativo 4600 m<sup>2</sup> (cantidad oficinas: 48 + oficinas de INCOP). Edificio de operaciones 1.000 m<sup>2</sup> (cantidad oficinas: 14). Almacén fiscal 250 m<sup>2</sup> (cantidad oficinas: 6).

Tabla 3-13 Edificios Ingeniería – Almacén – Proveduría -

	Area (m <sup>2</sup> )	Personal (un)	Densidad
Gerencia	315	14	
Ingeniería y seguridad	170	9	
Financiero y Archivo	434	21	
Intercambio	32	4	
Seguridad	34	2	
Almacén de materiales	29	3	
Gerencia Técnica	77	6	
Almacén Fiscal	53	6	
Almacenaje	39	4	
Operaciones	119	14	
Salud Ocupacional	35	2	
Consultorio médico	8	2	
Monitoreo	17	2	
<b>SPC y SPGC</b>	<b>1360</b>	<b>89</b>	<b>15 m<sup>2</sup>/persona</b>
TI (y Consultorio INCOP)	110	7	
MAG			
Archivo INCOP	482	13	
Procomer			
Senasa	40	4	
Proveduría INCOP	21	3	
Proveduría INCOP	66	1	
Muni	12	1	
Aduanas	28	2	
AyA	35	1	
INCOP	540	60	
Senasa (Fumigación)	31	2	
Contraloría de Servicios	14	1	
<b>Gobierno</b>	<b>1378</b>	<b>95</b>	<b>15 m<sup>2</sup>/persona</b>
DHL			
CMC	80	8	
Asocaldera	60	4	
Alquiler	83	13	
<b>Alquilado a 3ros</b>	<b>143</b>	<b>17</b>	<b>8 m<sup>2</sup>/persona</b>

Fuente: SPC.

### 3.7.4 Personal

En 2018 SPC / SPGC tiene 236 empleados y aproximadamente 600 trabajadores en compañías de estibadores. Ver Anexo G para más detalle.

### 3.7.5 Otros

#### 3.7.5.1 Accesos del puerto

Dentro del área del puerto hay 3 puertas (entradas / salidas),

- El ingreso principal del puerto
- Puerta 1
- Puerta 2

El ingreso principal del puerto tiene 2 carriles de entrada y salida; este acceso no posee básculas.



Figura 3-31 Las puertas de puerto Caldera



*Figura 3-32 La puerta-1 de Puerto Caldera*

La puerta 1 tiene 4 carriles, 2 entradas y 2 salidas. Hay 2 básculas, una para la entrada y una para la salida.



*Figura 3-33 Puerta-1 de entrada / salida.*



*Figura 3-34 La puerta 2 tiene 2 carriles, 1 para entrada y una para la salida. No hay básculas*



*Figura 3-35 Estación de pesaje con una báscula por sentido*

Acceso y estación de pesaje en lado sur del recinto portuario. El acceso se compone de un carril de entrada y otro de salida. La estación de pesaje se compone de un carril de entrada y otro de salida, ambos adaptados con básculas.





*Figura 3-36 Estacionamiento para camiones y cabezales*

Este estacionamiento es utilizado principalmente por camiones de contenedores y carga general.

Actualmente hay un estacionamiento para camiones cerca de la 'segunda' entrada del puerto. Este estacionamiento tiene una capacidad de aproximadamente 62 camiones, pero algunos son muy ajustados o demasiado apretados para entrar o salir. Prácticamente, solo hay alrededor de 40-50 lugares para camiones.

### 3.7.5.2 Área administrativa

El área administrativa está ubicada cerca de la entrada del puerto y tiene su propia área de estacionamiento para su personal. El edificio de administración es un inmueble de dos niveles tanto para la concesionaria como para el INCOP y otras agencias y entidades gubernamentales.

### 3.7.5.3 Certificaciones

El puerto posee las siguientes certificaciones:

- ISO 9001:2015.
- ISO 14001:2015.
- ISO 28000: 2007 certificación, ISPS, BASC.
- ISO 50000 Eficiencia Energética
- PBIP Protección a los Buques e Instalaciones Portuarias.
- OEA/PROFAC.

Atención de emergencias: Se cuenta con protocolos de atención e incluidos en el Plan de Emergencias y Plan de Salud Ocupacional del puerto.

### 3.7.6 Equipos de Puerto Caldera

Puerto Caldera tiene equipos (multipropósito) para el manejo de contenedores, gráneles sólidos, carga general y acero. La vida útil (restante) de todos esos elementos depende del tipo y la utilización del equipo. Lo principal presente en el Puerto de Caldera se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 3-14 Equipo principal presente en Puerto Caldera

Tipo de equipo	Fabricante	Número	Capacidad	Año
<b>Grúa Móvil LHM550</b>	Liebherr	1	144t	2017
<b>Grúa Móvil LHM550</b>	Liebherr	1	144t	2014
<b>Grúa Móvil LHM500</b>	Liebherr	1	140t	2007
<b>Reach Stackers</b>	Luna / Liebherr	15	45t	Varios
<b>Montacarga (3 t)</b>	Caterpillar / Hyster	10	3t	Varios
<b>Montacarga (12 t)</b>	Valmet	1	12t	desconocido
<b>Montacarga (16 t)</b>	Valmet / Kalmar	5	16t	Varios
<b>Remolcador</b>	Eagle / Magnum / Kalmar	20	desconocido	Varios
<b>Remolque (terminal tractor)</b>	SISU, C-Carrier, Novatech	20	desconocido	Varios
<b>Tolvas móviles</b>	De 70m3	3	70m3	Varios
<b>Tolvas móviles</b>	De SPGC	6	35m3	Varios
<b>Almejas</b>	De SPGC	3	35m3	
<b>Almejas</b>	Anvil	4	13 yardas cúbicas	
<b>Almejas</b>	Verstegen	4	10m3	
<b>Almejas</b>	Verstegen	2	5m3	

Tabla 3-15 Estado del equipo principal presente en Puerto Caldera

Lista de Equipos									
Clase de Equipo	Código de Equipo	Fabricante	Año de Fabricación	Inicio de Operación	Horas Totales de Equipo	Horas promedio por año	Edad de equipo en años	Vida útil en años	Vida útil remanente en años
Montacargas 3 Ton	M3T-CAT1	Caterpillar	2006	Jan-07	14428.1	1,321	11	10	-1
	M3T-CAT2		2006		14909.6	1,365	11	10	-1
	M3T-CAT3		2006		14501.6	1,328	11	10	-1
	M3T-CAT4		2006		13418.6	1,228	11	10	-1
	M3T-CAT7		2008		14436	1,455	9	10	1
	M3T-CAT8	2008	13811.8	1,392	9	10	1		
	M3T-HTR1	Hyster	2014	Dec-14	3537.4	1,178	3	10	7
	M3T-HTR2		2014		3428.2	1,142	3	10	7
	M3T-HTR3		2014		3517.8	1,172	3	10	7
	M3T-HTR4		2014		3371.4	1,123	3	10	7
Montacargas 12 Ton	M12T-VT24	Valmet	1991		17292.9	1,525	26	10	-16
Montacargas 16 Ton	M16T-VT7	Kalmar	1991	Aug-06	19736.6	1,740	26	10	-16
	M16T-KR1		1998		20333	1,793	19	10	-9
	M16T-KR2	Kalmar	2007	Aug-07	13823.8	1,337	10	10	0
	M16T-KR3		2007		10951.9	1,059	10	10	0
	M16T-KR4		2007		10803.1	1,045	10	10	0
Reachstacker 45 Ton	RS45T-LU1	Luna	1998	Aug-06	11454.1	1,010	19	10	-9
	RS45T-LU2		1998		9820.7	866	19	10	-9
	RS45T-LB1	Liebherr	2007	Jun-07	37902	3,606	10	10	0
	RS45T-LB2		2007		35581.7	3,386	10	10	0
	RS45T-LB3		2007		32133.7	3,058	10	10	0
	RS45T-LB4		2007		23439.7	2,230	10	10	0
	RS45T-LB5		2015		11914	3,664	2	10	8
	RS45T-LB6		2015		12027	3,698	2	10	8
	RS45T-LB7	2015	12218	3,757	2	10	8		
	RS45T-LB8	2015	11552.5	3,552	2	10	8		
	RS45T-LB9	2015	11438.5	3,517	2	10	8		
	RS45T-LB10	2018	191.1				10	10	
	RS45T-LB11	2018	156.6				10	10	
	Terminal Tractor	TR-EG5	Eagle	1994	Aug-06	13987.9	1,233	23	10
TR-MG6		Sisu-Magnum	1998	13326.4		1,175	19	10	-9
TR-MG7			1998	13616.1		1,200	19	10	-9
TR-KR8		Kalmar	2007	Jul-07	23746	2,277	10	10	0
TR-KR9			2007		18825.1	1,805	10	10	0
TR-KR10			2007		22783.4	2,185	10	10	0
TR-KR11			2007		19155	1,837	10	10	0
TR-KR12			2007		21165.3	2,030	10	10	0
TT-CY1			Capacity		2015	Jan-15	8380.5	2,872	2
TT-CY2		2015		8340.4	2,858		2	10	8
TT-CY3		2015		8396.3	2,878		2	10	8
TT-CY4		2015		8499.2	2,913		2	10	8
TT-CY5		2015		8422	2,886		2	10	8
TT-CY6		2015		7935.4	2,720		2	10	8
TT-CY7		2015		8401	2,879		2	10	8
TT-CY8		2015		7762.3	2,660		2	10	8
TT-CY9		2015		7404.1	2,538		2	10	8
TT-CY10		2015		7005.2	2,401		2	10	8
TT-CY11	2015	8349.9		2,862	2		10	8	
TT-CY12	2015	8125.8		2,785	2		10	8	
Grúas Móviles	GM140T-LB1	Liebherr	2007	Jul-07	37601.1	3,606	10	25	15
	GM140T-LB2	Liebherr	2014	Aug-14	16368.7	4,905	3	25	22
	GM140T-LB3	Liebherr	2018	juni 2018			0	25	25
	STC 250HY3	Sany	2014	Jan-15	3914	1,341	3	20	17
Otros Equipos	Back Hoe	JCB	1997	Aug-06	5573.8	491	20	10	-10
	Minicargador	Bobcat	2009	Jan-09	407.4	46	8	10	2

Nota: La fecha de Agosto 2006, corresponde al mes en que se recibieron en concesión. El datocorrecto de fecha de puesta en marcha, al menos en lo que año se refiere, podrían coincidir con el año de fabricación.

### 3.8 Análisis de manejo de carga en el Puerto de Caldera

#### 3.8.1 Manejo actual de la carga

Puerto Caldera tiene dos concesionarios para el manejo de carga:

- Sociedad Portuaria de Caldera (SPC).
- Sociedad Portuaria Granelera de Caldera (SPGC).



Figura 3-37 Grúa móvil (LHM550)



Figura 3-38 Grúa móvil (LHM500)



Figura 3-39 Reachstacker y tractor de terminal combinación



Figura 3-40 Tolvas móviles

Aunque SPC es responsable por los puestos 1, 2 y 3 y SPGC lo es por el puesto 4, en realidad la demarcación no es clara. Aunque en principio el puesto de atraque n° 4 se desarrollaría únicamente para operaciones para graneles sólidos, también se utiliza para acero y contenedores.

Las operaciones de manejo de carga en el puerto continúan durante 365 días por año, 24 horas por día. SPC / SGPC funciona en 3 turnos por día de 8 horas. Informan que nunca tuvieron un paro. En 2018, SPC y SPGC tiene 236 empleados y aproximadamente 600 empleados trabajan para compañías de estibadores.

##### 3.8.1.1 Contenedores

Puerto Caldera es un puerto “feeder” alimentador y el transbordo de contenedores es casi cero. El puerto recibe aproximadamente 5 a 6 líneas de contenedores por semana, lo que resultó en un número total de buques portacontenedores que acudieron al puerto de 259 en todo 2017.

La eslora (LOA) de los buques portacontenedores oscila entre 140 a 220 m y están equipados con 2 a 4 grúas. Los portacontenedores son prioritarios en comparación con otros de carga y se manejan en los puestos 1, 2 y 4. Son descargados por una o dos grúas móviles del puerto junto con las grúas del barco.

Los contenedores se transportan al patio de almacenamiento por medio de tractores de terminal. Ellos son descargados por *reachstackers* que apilan contenedores llenos hasta un máximo de 4 contenedores de altura e incluso vacíos hasta un máximo de hasta 5 contenedores de altura.

Puerto Caldera tiene un factor de TEU para contenedores llenos de 1,66 por contenedor, y tenían los siguientes tiempos promedio de permanencia (Dwell time) en 2017.

Tabla 3-16 Promedio de tiempo de espera de los contenedores en Puerto Caldera 2017

	Exportaciones (lleno)	Exportaciones (vacío)	Importaciones (lleno)	Importaciones (vacío)
Tiempo promedio de permanencia ( <i>dwell time</i> ):	1,6 días	2,1 días	3,7 días	3,9 días

Fuente: SPC.



Figura 3-41 Descarga de dos buques portacontenedores en el muelle 1 y 2 con equipo de barco y grúas móviles

### 3.8.1.2 Graneles sólidos

Los graneles sólidos importados consisten principalmente en cereales y fertilizantes y son transportados por buques graneleros que generalmente están en el rango de 170m a 210 m. Estos buques tienen un calado máximo en el rango de 10 a 12,8 m de acuerdo con PIANC. El tamaño promedio del embarque es de aproximadamente 20.000 toneladas y los graneleros se descargan con equipo de barco y grúas móviles en los atracaderos 1 y 4.

Los procedimientos fitosanitarios normalmente toman de 2 a 3 días, ya que las muestras deben ser investigadas en un laboratorio antes de que puede empezar la descarga. La instalación de laboratorio más cercana se encuentra en San José, aproximadamente a una hora y media en auto desde Puerto Caldera.

Los buques graneleros se descargan a una tasa promedio de 675 tph para los fertilizantes y 745 tph para los granos. Los graneles sólidos se descarga desde la bodega de los buques con grúas de buque o móviles en tolvas móviles, que descargan directamente en camiones a granel.



Figura 3-42 Descarga de un granelero seco con el equipo del buque en el atraque 4

No hay instalaciones de almacenamiento para productos de graneles sólidos en la terminal, todos los granos se transportan directamente al interior por camiones a granel. Hay espacio de estacionamiento limitado para camiones en Puerto Caldera, lo que dificulta la descarga de graneleros secos. Además, los camiones a granel se pesan en una báscula al entrar y salir de la terminal. El puerto tiene dos estaciones de pesaje, cada uno con 2 básculas (entrada y salida), ver Figura 3-43. En total 2 básculas de 100 ton, una de 60 ton y otra de 40 ton.



Figura 3-43 Estaciones de pesaje

### 3.8.1.3 Ro-ro

Los buques ro-ro tienen una eslora (LOA) en el rango de 160 m a 210 m y usan una rampa de cuarto para la descarga de vehículos. Su calado máximo está en el rango de 7,8 a 11 m según PIANC.

Por Puerto Caldera se importan vehículos nuevos y usados; el tamaño promedio del embarque (*Call size*) en 2017 fue de 400 vehículos por llegada de embarcación. Los nuevos se descargan a una velocidad de 106 vehículos por hora y los usados a 94 por hora. Los autos se estacionan de manera intermedia en los patios de almacenamiento 5 y 7. El tiempo de permanencia (*Dwell time*) de las unidades en el patio se estima en 7 días.



Figura 3-44 Atraque de un buque que transporta automóviles en el puesto 1

#### 3.8.1.4 Acero

Los buques que transportan acero tienen una eslora (LOA) en el rango de 160 a 210 m. Su calado máximo está en el rango de 9,7 a 12,5 m de acuerdo con PIANC y se manejan en el atracadero 1 y 4. El acero es manejado por el equipo del barco y las grúas móviles.

#### 3.8.1.5 Carga general

Los buques de carga general tienen un tamaño promedio del embarque (*Parcel size*) aproximadamente 8.000 toneladas tienen una LOA en el rango de 110 a 210 m. El calado máximo de estos buques está en el rango de 6,7 a 12,5 m según PIANC. El cargo general se almacena de forma intermedia en un almacén abierto o en una de las bodegas.

#### 3.8.1.6 Atún

Los atuneros tienen una eslora (LOA) que no excede los 100 m; poseen un calado máximo de 3,1 m según PIANC. Debido a la longitud limitada y el calado, los barcos pueden atracar en el atracadero 3. El atún se transporta directamente al interior del país sin almacenamiento intermedio en Puerto Caldera.

#### 3.8.1.7 Cruceros

Los buques de crucero hacen escala en el atracadero 3 de Puerto Caldera y tienen prioridad sobre todos los buques de carga. A veces depende del tamaño del crucero, atracan en el 2 y en ocasiones en 1 o 4, las prioridades cambian de conformidad con el RGSP. Los movimientos de autobús y taxi relacionados con un arribo de crucero utilizan las mismas áreas logísticas en las que se da el transporte de carga, lo que no se considera óptimo para ambas corrientes logísticas.

#### 3.8.1.8 Graneles líquidos

Puerto Caldera importa actualmente una cantidad insignificante de líquidos. En 2013 se manejó un total de 181.000 t de graneles líquidos; sin embargo, en los últimos años el volumen de carga líquida se ha reducido significativamente. En 2016, el puerto manejó aproximadamente 43.000 toneladas y en 2017 unas 6.000 toneladas.

## 3.9 Capacidad del puerto actual

### 3.9.1 Introducción

En esta sección, se analizará la capacidad del puerto de Caldera. El estudio se basa en el uso de la infraestructura y el equipo, incluida la grúa móvil portuaria recientemente adquirida (2018).

En las diversas secciones, se calculará la productividad marítima y del lado de tierra. Los datos del informe de las tareas 1, 2 y 3 se utilizarán en estos análisis.

La pregunta clave es: ¿Cómo medir la capacidad de los puertos y terminales?

La respuesta: en general, la capacidad del puerto es en principio una función del calado (ver Tabla 3-25), la longitud del atraque, el área de patio, la densidad del patio y las horas de funcionamiento y las cifras teóricas de productividad de manejo de carga comparadas con otros puertos.

Los indicadores clave de rendimiento (KPI) se usarán para calcular la productividad del puerto.

Sin embargo, la "productividad" de muchos puertos y terminales está realmente muy por debajo de su 'capacidad' inherente. Los dos temas interrelacionados se pueden describir de la siguiente manera:

- Capacidad: Una medida de los volúmenes que puede manejar un puerto o terminal con una calidad de servicio definida.
- Productividad: Una medida de la efectividad y eficiencia reales de una operación y su comparación o 'punto de referencia' contra otros puertos y para los clientes, un reflejo del nivel de servicio por recibir.

### 3.9.2 Productividad (Indicadores clave de rendimiento, KPI)

#### 3.9.2.1 Introducción

Los KPI (Indicadores clave de rendimiento) se utilizan en los puertos para medir la productividad, con el fin de compararlos dentro del puerto o con otros similares. En algún momento en los contratos de concesión, estas cifras se utilizan para medir el rendimiento y establecer descuentos cuando el puerto no puede cumplir con los KPI del contrato.

En este informe, se usan para calcular la productividad y la capacidad de manejo de carga total del puerto. En el Informe de las Tareas 1, 2 y 3 se ha discutido la eficiencia y el rendimiento del puerto.

Los siguientes indicadores se comentan en las siguientes secciones:

- Productividad de las grúas
- Productividad de los muelles
- Ocupación de puestos
- Productividad de patios
- Tiempo de permanencia
- Disponibilidad del equipo



### 3.9.2.2 Productividad de las grúas

La productividad de grúas se define como la cantidad de carga, en TEU's o toneladas, manejada por año por grúa o por hora.

Esta ha sido calculada para las cargas más importantes en Puerto Caldera, contenedores y graneles sólidos.

#### Contenedores

En Puerto Caldera, cerca del 70% de los contenedores son manipulados por las grúas portuarias móviles y el 30% restante por el equipo del buque. En la actualidad, la productividad por barco es aproximadamente 57 movimientos por hora por 2 grúas portuarias móviles y una grúa del barco, lo que da el siguiente resultado:

- Una grúa portuaria móvil (MHC) mueve 20 contenedores por hora;
- Una grúa del barco: 17 movimientos de contenedores por hora.

Estos son rendimientos brutos, las tasas de manejo efectivas totales por barco son de aproximadamente 31 movimientos por hora basado en el "turnaround" de los barcos.

57 movimientos de contenedores por hora bruto resultan en 31 movimientos de contenedores por hora efectivos.

Recientemente se ha comprado una grúa adicional que aumenta la capacidad en 20 movimientos por hora. Dado que es difícil operar con 3 grúas y embarcaciones de un barco, este incremento se aplica cuando hay más de una nave en el puerto. Esta cifra, 42 movimientos por hora, se usará para calcular la capacidad total del puerto.  $57+20 = 77$  movimientos de contenedores por hora bruto resultan en 42 movimientos de contenedores por hora efectivos, calculado en la misma manera con 2 grúas y 1 una grúa del barco.

#### Graneles sólidos

Los graneles sólidos se descargan principalmente por grúas móviles y por grúas de buques con una tasa de 740 toneladas por hora (resultado bruto); lo que es alrededor de 445 t / h por barco efectivo.

Las grúas descargan directamente en las tolvas, usualmente 3 tolvas por barco, alrededor de 250 t/h por tolva.

### 3.9.2.3 Productividad del muelle

#### Contenedores

La productividad del muelle se define como la cantidad de TEU's manejado por año por metro lineal de atraque.

Tabla 3-17 Referencia para descarga de contenedores

Rendimiento puertos	TEUs / Año / m
<b>Puerto Caldera (Grúas móviles)</b>	1,124*

\* Basado en 50% Puesto 1 + 17% Puesto 2 + 33% Puesto 4 una longitud de 258m (ver tabla 7-16 de informe tarea 1,2,3)

#### Graneles sólidos

Tabla 3-18 Referencia para descarga de graneles sólidos

Rendimiento puertos	Toneladas / Año / m
<b>Puerto Caldera (Grúas móviles)</b>	10,132*

\* Basado en 33% Puesto 1 + 67% Puesto 4 una longitud de 237m (ver tabla 7-16 de informe tarea 1,2,3)

### 3.9.2.4 Ocupación de puestos

La ocupación de puestos de atraque permitida y la de puestos de atraque actual se presentan en la Tabla 3-19.

Tabla 3-19 Ocupación de puestos de atraque

Puesto	Ocupación de puestos de atraque permitido	Ocupación de puestos de atraque actual
<b>Puesto 1</b>	50%	79%
<b>Puesto 2</b>	50%	37%
<b>Puesto 3</b>	35%	0%*
<b>Puesto 4</b>	45%	70%
<b>Total:</b>	N/A	46%

\* utilizado principalmente por los buques de crucero y otras embarcaciones de menor calado, que no está incluido en las estadísticas del SPC

### 3.9.2.5 Productividad del patio

#### Contenedores

La productividad del patio se define como la cantidad de TEU's manejados por año por hectárea.

La productividad del patio se calcula en función del área total de los patios utilizados para los contenedores (patio 1 a 4 y patio 6), lo cual es un área de 77.000 m<sup>2</sup> más las vías, resulta en 9,7 ha total.

Tabla 3-20 Productividad del patio de contenedores

Rendimiento puertos	TEUs / Año / ha
<b>Puerto Caldera</b>	30.000 (290.000/9,7)

Nota: El volumen de contenedores creció de 290.000 TEU en 2017; El área total de los patios utilizados para los contenedores es 9,7 ha

#### Vehículos

Los vehículos están estacionados de manera intermedia en los patios 5 y 7 que cubren un área total de aproximadamente 33.000 m<sup>2</sup> o 3,3 ha. La productividad se calcula con base en las cifras de rendimiento de 2017.

Tabla 3-21 Referencia para almacenamiento de vehículos

Rendimiento puertos	Vehiculos / Año / ha
<b>Puerto Caldera</b>	12.200(40.260 vehículos/3,3)

### 3.9.2.6 Tiempo de permanencia

Los tiempos de permanencia son un factor importante para la relación de ocupación del patio. Los siguientes aplican en Puerto Caldera:

Tabla 3-22 Tiempo de permanencia por producto en Puerto Caldera (fuente SPC)

Mercancía	Tiempo de permanencia
<b>Contenedores (lleno)</b>	3,0 días
<b>Contenedores (vacío)</b>	2,25 días
<b>Vehículos</b>	3 días
<b>Acero / productos de acero</b>	2-7 días
<b>Carga general</b>	5 días

Nota: las eólicas como una carga ocasional el tiempo de permanencia son muy altas

### 3.9.2.7 Disponibilidad del equipo

Actualmente el puerto cuenta con 3 grúas móviles para el manejo de toda la carga, principalmente contenedores. En el caso de que dichas grúas no estén disponibles, se pueden usar y se utilizan los equipos de los barcos. El análisis de requerimientos de más equipo u otro tipo de equipos se realizará en la tarea 7.

### 3.9.3 Capacidad marítima (de la línea de atraque)

#### 3.9.3.1 Introducción

La capacidad máxima actual de la línea de atraque del puerto se puede determinar aplicando la ocupación de puestos de atraque permitida para cada puesto. Con esto se asume que los tipos de carga crecen de manera uniforme y que no se harán estructuras adicionales. En las siguientes secciones, la capacidad de los patios se determinará y se comparará con la capacidad de la línea de atraque.

Las tasas máximas internacionalmente aceptadas de ocupación para puestos de atraque de buques se presentan en la Tabla 3-23.

Tabla 3-23 Referencia para ocupación basada en terminales especializadas (Fuente: PIANC WG158)

Tipo de atraque	1 atraque	2 atraque	3 atraque
<b>Carga general</b>	35%	60%	70%
<b>Contenedores</b>	30%	50%	60%
<b>Graneles sólidos</b>	45%	65%	75%

PIANC da una razón promedio entre tiempos de espera con tiempo de servicio por tipo de mercancía; los valores se presentan en la Tabla 3-23 y se basan en una distribución de patrones de llegada Erlang 2 ([https://es.wikipedia.org/wiki/Distribuci%C3%B3n\\_de\\_Erlang](https://es.wikipedia.org/wiki/Distribuci%C3%B3n_de_Erlang)) -y una distribución Erlang 2-distribuida. Debe notarse que estos valores son conservadores para terminales de contenedores, ya que los buques usualmente arriban con programaciones predefinidas.

Se utilizan las siguientes relaciones entre el tiempo de espera y el de servicio de PIANC:

- 0,1 para portacontenedores.
- 0,2 para buques de carga general.
- 0,3 para graneleros.

Teniendo en cuenta los tiempos de respuesta en Puerto Caldera, los siguientes tiempos de espera promedio se consideran aceptables:

- 2,2 horas para portacontenedores.
- 7,6 horas para buques de carga general.
- 13,7 horas para graneleros.

### 3.9.3.2 Capacidad

La capacidad de la línea de atraque se calculará utilizando las tasas de manejo por buque y la ocupación permitida considerando la grúa adicional, comprada en 2018.

Tabla 3-24 Volumen por año por tipo de carga

Carga	Unidad	Tasa de manipulación por barco por hora***	Volumen por año / por puesto
Contenedores	Contenedores	42*	367.920
Contenedores	toneladas	540**	4.732.944
Ro-ro	toneladas	100	876.000
Carga general	toneladas	161	1.410.360
Cereales	toneladas	445	3.894.696
Graneles sólidos	toneladas	440	3.854.400
Gráneles líquidos	toneladas	250	2.190.000

\* incluida la nueva grúa móvil en uso desde 2018 Ver Sección 3.9.2.2 \*\* 12,85 toneladas por contenedor, \*\*\* datos obtenido de SPC y SPGC

La carga se divide entre los puestos por ocupación solo para calcular la capacidad de los puestos que cumple con las normas en sección 3.9.3.1 y la siguiente manera:

Puesto 1: se usan solo para contenedores, ro-ro y carga general

Puesto 2: se usan solo para contenedores, ro-ro y carga general

Puesto 3: se usan para graneles líquidos y cruceros

Puesto 4: se usan solo para cereales y graneles líquidos

Tabla 3-25 División de carga

	Puesto 1	Puesto 2	Puesto 3	Puesto 4
Contenedores	50%	50%		
Ro-ro	40%	40%		
Carga general	10%	10%		
Cereales				50%
Graneles sólidos				50%
Graneles líquidos			50%	
Cruceros			50%	
	100%	100%	100%	100%

Nota: Debido a la insuficiente profundidad del agua, el puesto 3 no se puede usar para manipular contenedores o graneles sólidos

Los datos de Tabla 3-24 y Tabla 3-25 se usan para calcular la capacidad total de puerto de Caldera. Ver la siguiente tabla.

Tabla 3-26 Capacidad de Puerto Caldera

	Ocupación de puestos de atraque permitido	Volumen en toneladas por año	Tiempo de servicio en Puerto Caldera por barco en horas	Tiempos de respuesta promedio en horas por barco
<b>Puesto 1</b>	50%	1.428.516	16,5*	1,98
<b>Puesto 2</b>	50%	1.428.516	16,5*	1,98
<b>Puesto 3</b>	35%	383.250	62**	1,86
<b>Puesto 4</b>	45%	1.743.547	45***	13,5
		4.983.829		

\*para contenedores, vehículos y carga general, \*\* para graneles líquidos, \*\*\* para graneles sólidos (Datos de SPC, para graneles líquidos estimado por los consultores.

Ejemplo de calculación, puesto 1:  $50\% \times 4.732.944 + 40\% \times 876.000 + 10\% \times 1.410.360 = 2.857.032 \times 50\% = 1.428.516$

Utilizando las razones de atraques internacionalmente aceptadas, tasas de des(carga) de buques, el puerto de Caldera tiene una capacidad aproximada de 5 millones de toneladas por año (utilizando la división en Tabla 3-25) con tiempos de espera aceptables, Ver Tabla 3-26.

Debido a la sedimentación, el puesto 1 no se puede usar al 100% después de un período sin dragado. El puesto 3 se puede emplear principalmente por cruceros y embarcaciones pequeñas, mientras que el puesto 4 presenta un tiempo de inactividad de alrededor del 10% debido a las condiciones climáticas.

En resumen, considerando el equipo existente y la disponibilidad del puesto 1, Puerto Caldera tiene una capacidad de alrededor de 5 millones de toneladas / año, dependiendo del tipo de carga.

El hecho de que el puerto maneje actualmente más carga que la capacidad calculada, se debe a la aceptación de tiempos de espera grandes por los buques. En la tarea 7, se analizarán las acciones por tomar para mejorar la eficiencia del puerto.

### 3.9.4 Capacidad terrestre (almacenamiento)

#### 3.9.4.1 General

La capacidad terrestre del puerto se determinará por la cantidad de puestos para contenedores y las áreas de almacenamiento de otros tipos de carga. El tiempo de permanencia de la carga es el factor principal para definir la capacidad.

Para calcular la capacidad del lado de tierra, se considerarán las áreas de almacenamiento y los usos que se les dan (ver Tabla 3-27):

Tabla 3-27 Patios de Puerto Caldera (Fuente: SPC)

Nombre	Área (m <sup>2</sup> )	Usado por:
<b>Patio 1</b>	16.200	Contenedores / Carga general
<b>Patio 2</b>	16.000	Contenedores / Carga general
<b>Patio 3</b>	11.000	Contenedores / Carga general
<b>Patio 4</b>	20.600	Contenedores / Carga general
<b>Patio 5</b>	19.400	Vehículos
<b>Patio 6</b>	13.000	Contenedores / Refrigerados
<b>Patio 7</b>	24.500	Contenedores / Vehículos Refrigerados
<b>Total:</b>	<b>120.700</b>	

Nota: La carga general se almacena principalmente en las bodegas; los graneles solidos se transportan directamente fuera del puerto.

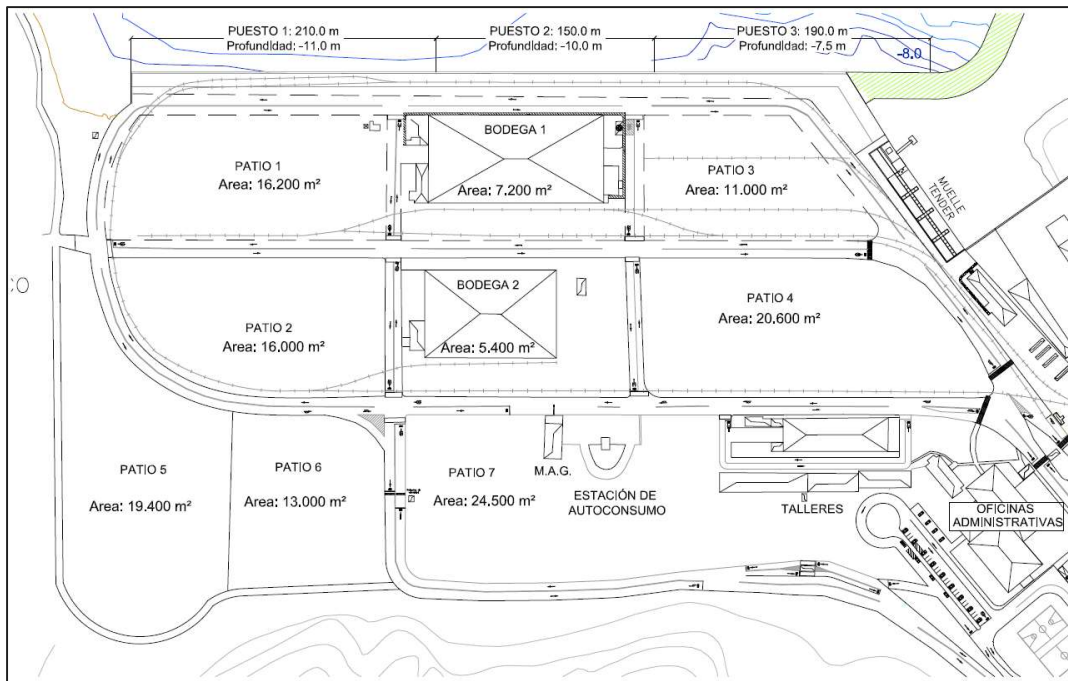


Figura 3-45 Patios en el Puerto Caldera en m<sup>2</sup>

### 3.9.4.2 Contenedores

Supuestos:

- Tiempo de permanecia: promedio 2,8 días.
- Operaciones por *reachstackers*; un TEU de almacenamiento necesita 58,9 m<sup>2</sup> de área.
- 4 contenedores de altura promedio.
- Incluido un factor pico de 1,3 y 70% ocupación.

Tabla 3-28 Capacidad de los patios para contenedores

Contenedores patios	Disponible en m <sup>2</sup>	Puestos disponibles usando <i>reachstackers</i>	Tiempo de permanecia	Volumen en TEU por año
1	8.100	138**	2,8	38.612
2	16.000	272	2,8	76.270
3	11.000	187	2,8	52.436
4	20.600	350	2,8	98.198
6	13.000	221	2,8	61.969
7	9.000*	153	2,8	42.902
<b>Total</b>	<b>85.800</b>	<b>1.319</b>		<b>370.387</b>

\*total 24.000m<sup>2</sup> \*\*8.100/58,9 = 138

La capacidad total de almacenamiento para contenedores es de aproximadamente 370.000 TEU por año. En 2017, el puerto manejó 290.000 TEU (2,1 millones de toneladas).

### 3.9.4.3 Vehículos

Supuestos:

- Tiempo de permanecia: promedio 3 días
- Un vehículo pesa 1,6 tonelada (promedio)
- Área de almacenamiento por vehículo 12 m<sup>2</sup>
- Se incluye un factor pico de 1,3 y 70% ocupación

Tabla 3-29 Capacidad de los patios para vehículos

Vehículos	Disponible en m <sup>2</sup>	Puestos disponibles	Tiempo de permanecia	Volumen en vehículos por año	Volumen en toneladas por año
<b>Patios</b>					
5	13.000	1.083	3	70.972	113.447
7	15.000*	1.250	3	81.891	130.900
<b>Total</b>	<b>28.000</b>	<b>2.333</b>		<b>152.863</b>	<b>244.347</b>

\*total 24.000m<sup>2</sup> (9.000m<sup>2</sup> para contenedores)

La capacidad total de almacenamiento para vehículos es de aproximadamente 240.000 toneladas por año. En el año 2017 el puerto manejó 65.000 toneladas.



### 3.9.4.4 Carga general

La carga general se almacena en el patio 1 y en los 2 almacenes.

Supuestos:

- Tiempo de permanecia: promedio 5 días
- Factor de estiba es 2
- Factor bruto / neto es 0,7
- Factor pico es 1,2

(Área bodega 1 + 2 es 12.600m<sup>2</sup>) + (50% del patio 1 = 16.200/2 = 8.100m<sup>2</sup>) = 20.700m<sup>2</sup>

Tabla 3-30 Capacidad de los patios y bodegas para carga general

Carga general	Disponible en m <sup>2</sup>	Disponible en toneladas	Tiempo de permanecia	Volumen en toneladas por año
<b>Patio 1</b>	8.100	13.608	3	1.655.640
<b>Bodega 1+2</b>	12.600	21.168	3	2.575.440
<b>Total</b>	20.700	34.776		4.231.080

La capacidad total de almacenamiento para carga general es de aproximadamente 4,2 millones de toneladas por año. En el año 2017, el puerto manejó 600.000 toneladas.

### 3.9.5 Capacidad de las puertas de acceso

En total hay 6 carriles de entrada y salida. Suponiendo un tiempo de espera de 3 minutos por camión ambos para entrar y salir (ver informe tarea 4). Un año tiene 365 x 24 x 60 = 525.600 minutos. Por carril 175.200 camiones pueden entrar o salir. La cantidad total de camiones que pueden entrar y salir en un año es de aproximadamente 1 millón de camiones. (Carga promedio por camión 15 toneladas) = 15 millones de toneladas.

El informe de la tarea 4 dice que en el año 2017 la cantidad total de camiones que entran y salen es de alrededor de 500.000.

### 3.9.6 Conclusiones

En el lado marítimo (la línea de atraque) el puerto trabaja a su máxima capacidad. En el año 2017 se superó la capacidad máxima lo que resultó en un tiempo adicional de espera de los buques (ver informe de las tareas 1,2,3). Se espera que esto también se presentara en el año 2018 y en adelante; incluso considerando la grúa móvil recientemente adquirida.

Para la mayoría de la carga la capacidad de almacenamiento es, por el momento, suficiente; sin embargo, la capacidad de almacenamiento para contenedores está llegando a su capacidad máxima.

En resumen:

Capacidad de la línea de atraque (lado marítimo) =	5 millones toneladas (ver división en Tabla 3-25)
Capacidad terrestre (almacenamiento) =	9,3 millones toneladas
Capacidad de acceso de las puertas =	15 millones de toneladas

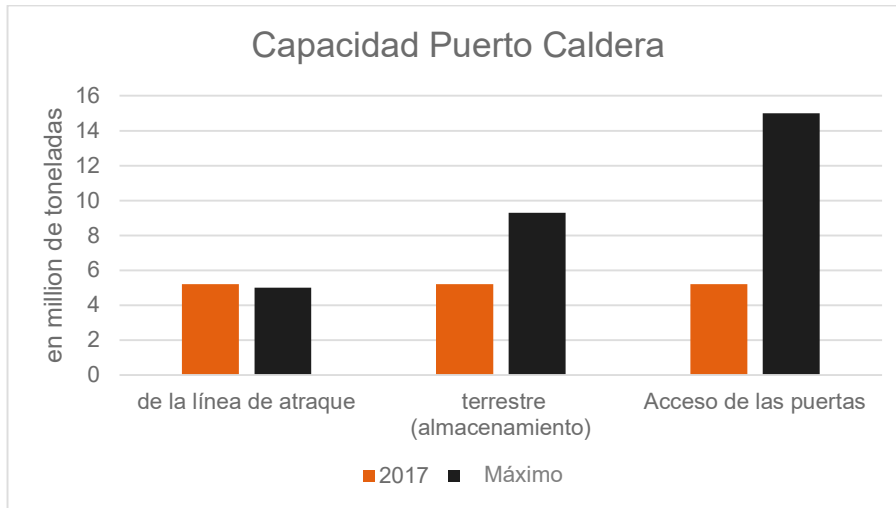


Figura 3-46 Capacidad Puerto Caldera con la infraestructura y equipos existentes

### 3.10 Cuellos de botella de la capacidad y limitaciones de uso de los espacios

Las posibles limitaciones detectadas son:

1. La capacidad y la profundidad de los puestos, que no son suficientes actualmente ni en el futuro.
2. El almacenamiento de los contenedores puede convertirse en una limitación, principalmente debido a los 2 almacenes (bodegas) cerca del lado del mar, que ocupan un gran parte de área. Esta área no puede ser utilizada para el almacenamiento de los contenedores.
3. Los problemas, como la falta de un estacionamiento para camiones, patios sin pavimento, la capacidad de las básculas y el escáner de contenedores se discuten y resuelven en el informe de la tarea 4.
4. Con base en algunas reglas generales, se determina la longitud máxima y el calado de un buque. Con la distribución actual del puerto, la longitud y el calado pueden ser de 208 m y 11,3 m. Para embarcaciones más grandes, la profundidad en los puestos debe llevarse hasta la profundidad requerida. Los buques maniobran en el área frente a los puestos de atraque, esta zona incluye un círculo de giro máximo de 450 m, que es suficiente para atracar un buque de aproximadamente 280 m. Sin embargo, en algunos sitios la profundidad es de alrededor de 12 m, lo que puede ser poco profundo para las naves con esta longitud (280m). Lo mismo es válido para el sitio de anclaje, que puede no ser lo suficientemente profundo para los buques más grandes; en ese caso este sitio de anclaje debería desplazarse hacia el exterior.

### 3.11 Interior / Área de influencia (*hinterland*)

Solo hay 2 caminos de acceso hacia y desde el puerto de Caldera, ruta 27 y ruta 23.



Figura 3-47 Vías de acceso de Puerto Caldera

**Sistemas de transporte para el puerto.** El Plan Maestro debe mostrar los sistemas de transporte que alimentarán al puerto. En el caso de Caldera, las posibilidades por estudiar están circunscritas al transporte vial y al de ferrocarril. Este último no tiene una actividad que cubra los requerimientos para uso del puerto, pero debe considerarse en el plan pensando que ya hay la infraestructura y podría ofrecer una opción competitiva. El transporte vial existe, pero su capacidad está muy limitada para el desarrollo futuro, a menos que se la amplíe en varios sectores donde el número de carriles deberá incrementarse. El volumen del sistema vial debe permitir un acceso directo al puerto sin interrupciones por falta de capacidad o de puentes de intercambio adecuados. El número de carriles, la calidad de pavimento, la seguridad vial, la facilidad de acceso, entre otras, deben ser condiciones adecuadas al tráfico generado en el puerto.

Existen dos rutas principales de acceso a Puerto Caldera.

#### Ruta 27

El Estado de Costa Rica, por medio del Ministerio de Obras Públicas y Transportes, encomendó, mediante la figura de concesión, el diseño, planificación, financiamiento, construcción, rehabilitación, ampliación, reparación, mantenimiento y conservación de la carretera San José – Caldera (Ruta Nacional N°27) a la Sociedad Concesionaria Autopistas del Sol S.A.; la cual trabaja bajo el nombre comercial Globalvia Ruta 27).

La Ruta Nacional 27 consta de 76,8 km de longitud. Inicia en el Parque Metropolitano de La Sabana, en la provincia de San José y termina en Caldera, Puntarenas. Su construcción inició en mayo del año 2008 y finalizó en enero del 2010. La velocidad de circulación a lo largo de toda la carretera es de 80 km/h.

La autopista consta de tres secciones principales, el primer tramo es entre San José (km 0) y Ciudad Colón con 14,2 km y tiene 2 carriles por sentido, excepto en los intercambios de circunvalación y el Centro Comercial Multiplaza Escazú, donde se amplía a 3 carriles por sentido.

El segundo tramo es de Ciudad Colón a Orotina y consiste en 38,8 km. La mayor parte del trayecto cuenta con 1 carril por sentido y se amplía 1 carril más para el ascenso, esto en los tramos montañosos. Este

sector tiene problemas en la estabilidad de los taludes, lo que ha provocado derrumbes y cierres temporales, principalmente en los meses más lluviosos (de agosto a octubre).

El último tramo de 23,8 km es de Orotina a Caldera, consta de 1 carril por sentido, pero se amplía en los pasos a desnivel a dos carriles por sentido.

En el gráfico siguiente se presenta el tránsito promedio diario a lo largo de la carretera, iniciando en San José y terminando en Caldera; de igual manera y en forma de barras, los diferentes tiempos de viaje por cada segmento a diferentes horas y días de la semana.

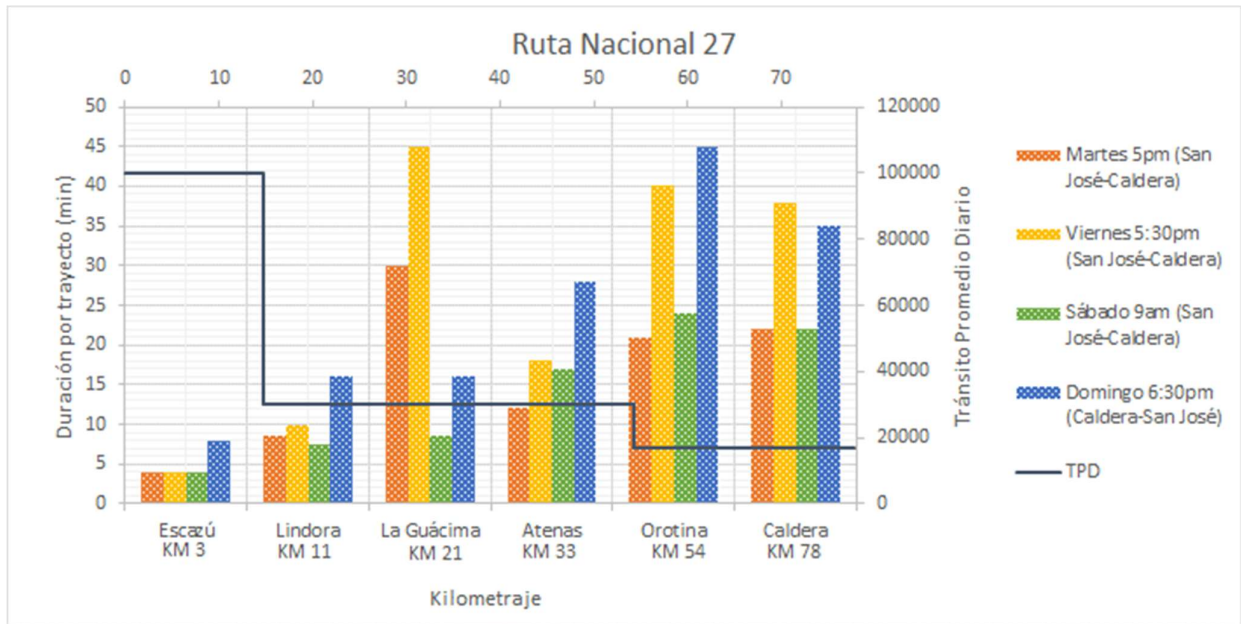


Figura 3-48 Gráfico 1 RN27 Elaboración propia basada en información MOPT

En el gráfico siguiente se presentan los tiempos de viaje acumulados a lo largo de la ruta 27, en ambos sentidos y para diferentes días de la semana.



Figura 3-49 Gráfico 2 RN27 Elaboración propia basada en información MOPT

**Ruta 23**

La ruta 23 une Caldera con Barranca. Tiene 13 km de longitud y va desde la entrada a Puerto Caldera hasta la unión con la Ruta Nacional 1 en Barranca. Cuenta con 2 carriles, uno por sentido.

Esta carretera presenta una problemática importante ya que durante mareas y oleajes extraordinarios un tramo de la carretera se inunda y se vuelve intransitable, lo cual afecta la comunicación entre la Ruta 27 y la Interamericana Norte RN1.

En el gráfico siguiente se presenta el tránsito promedio diario a lo largo de la carretera; de igual manera y en forma de barras, los diferentes tiempos de viaje por cada segmento a diferentes horas y días de la semana.

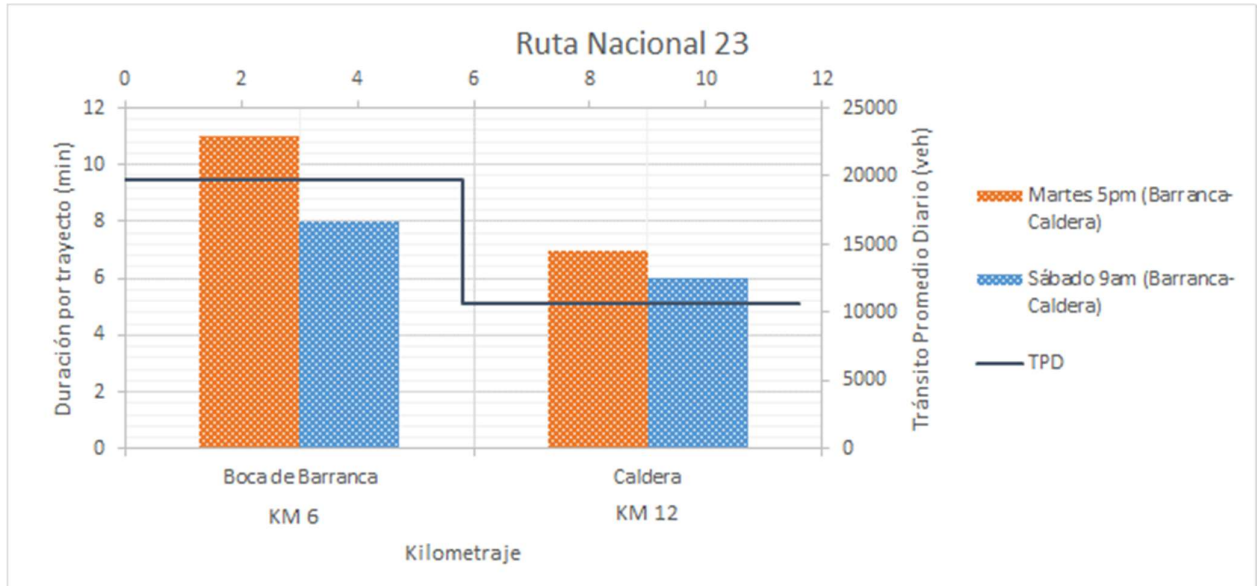


Figura 3-50 Gráfico 1 RN23 Elaboración propia basada en información MOPT

En el gráfico siguiente se presentan los tiempos de viaje acumulados a lo largo de la ruta 23, en un sentido y para diferentes días de la semana.



Figura 3-51 Gráfico 2 RN23 Elaboración propia basada en información MOPT

En los gráficos siguientes presenta las mediciones de deflectometría (FWD) y del índice de regularidad internacional para esta ruta; las zonas en rojo expresarían un deterioro mayor y dan una idea de que el mantenimiento puede ser requerido.

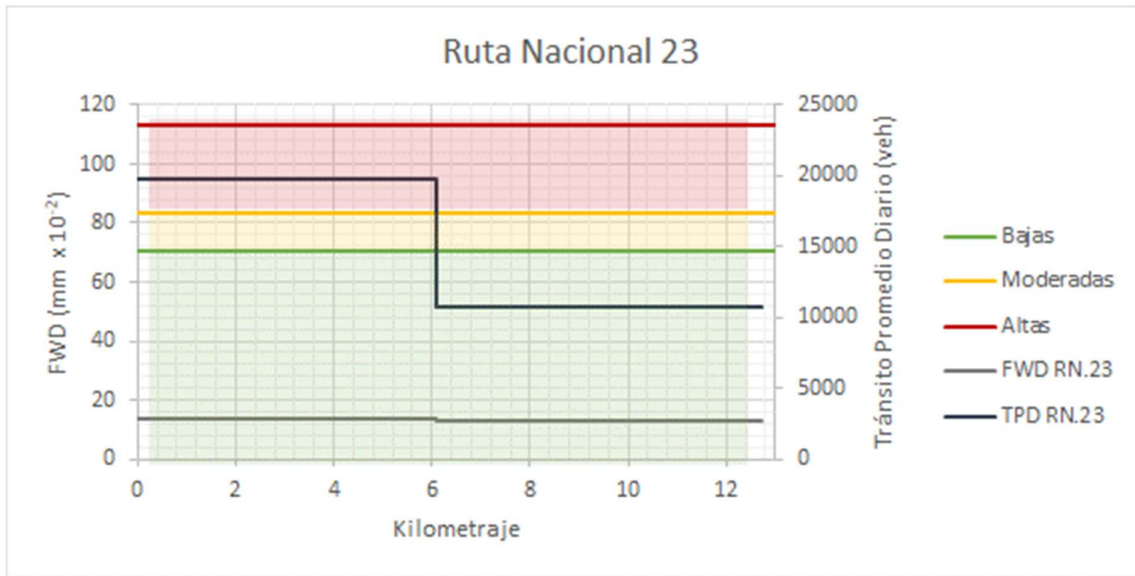


Figura 3-52 Gráfico 3 RN23 Elaboración propia basada en información MOPT

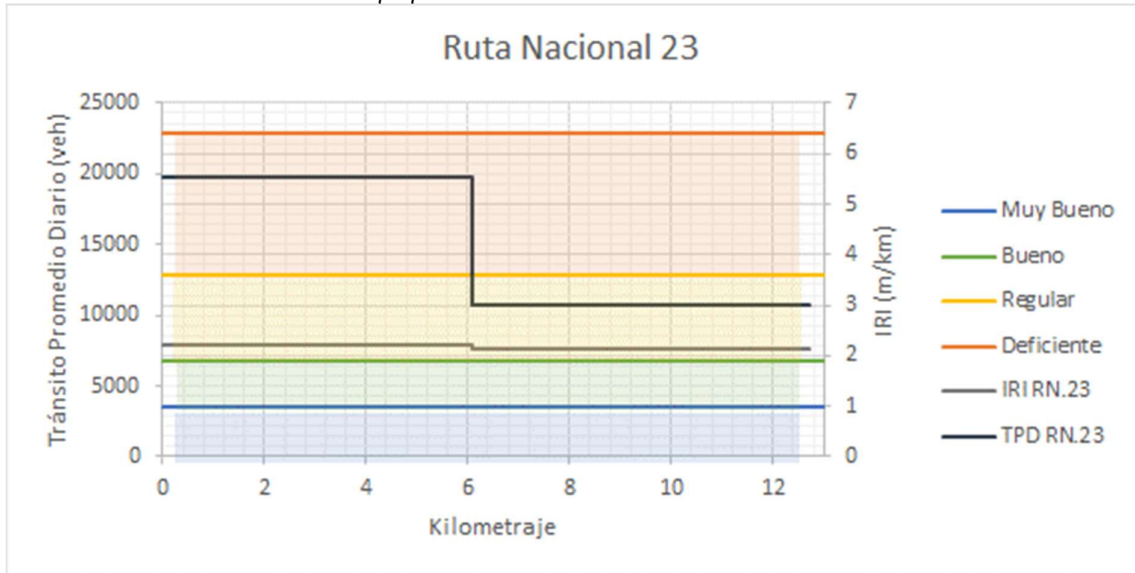


Figura 3-53 Gráfico 4 RN23 Elaboración propia basada en información MOPT

Para la funcionalidad del puerto es vital tener una interconexión ágil y permanente, tanto con las redes de transporte (terrestres y marítimas) como con los centros de producción y consumo.

## 3.12 Desempeño financiero

### 3.12.1 Concesionario financiero (SPC, SPGC y SAAM)

En esta sección se presentan los resultados financieros de las tres concesiones vigentes en Puerto Caldera, la terminal general SPC, la terminal granelera SPGC y los remolcadores SAAM. Los datos se obtuvieron de los informes anuales de la Unidad Técnica de Supervisión y Control del INCOP, en adelante escrito como UTSC.

#### 3.12.1.1 SPC

La terminal gestionada por el concesionario SPC se encarga de movilizar mercadería general, frutas, atún, vehículos, hierro y contenedores. En la Tabla 3-31 se presentan los datos anuales de productividades e ingresos correspondientes del concesionario SPC. En la Figura 3-54 se puede observar de 2008 a 2016 cómo la mayor parte de la productividad total corresponde a la carga contenerizada en un 79% de media.

También se observa un crecimiento a lo largo de los años de la producción total, el máximo crecimiento entre 2015 y 2016, probablemente por la inauguración de la terminal granelera que libera espacio de los muelles del concesionario SPC, ya que la SPGC puede operar en su propia terminal.

La información de la mercancía contenerizada se presenta también en unidades TEUS en la Figura 3-54.

Tabla 3-31 Productividades, ingresos y canon del concesionario SPC de 2008 a 2016.

Año	Productividad contenedores [TEU]	Productividad contenedores [TM]	Productividad total [TM]	Desarrollo de la productividad [%]	Ingresos [\$]	Canon 15% [\$]	Desarrollo del canon [%]
2008	169.896	1.198.049	1.617.979	100%	18.667.484	2.800.123	100%
2009	127.485	991.001	1.204.604	74%	14.355.801	2.153.370	77%
2010	155.307	1.250.647	1.553.631	96%	16.985.654	2.547.848	91%
2011	168.043	1.395.712	1.725.125	107%	20.747.631	3.112.145	111%
2012	184.315	1.519.194	1.901.661	118%	22.232.118	3.334.818	119%
2013	193.095	1.539.818	1.912.684	118%	24.349.869	3.652.480	130%
2014	209.061	1.749.754	2.163.269	134%	27.499.566	4.124.935	147%
2015	235.278	1.808.881	2.286.723	141%	31.545.106	4.731.766	169%
2016	264.371	1.974.683	2.653.942	164%	39.417.020	5.912.553	211%

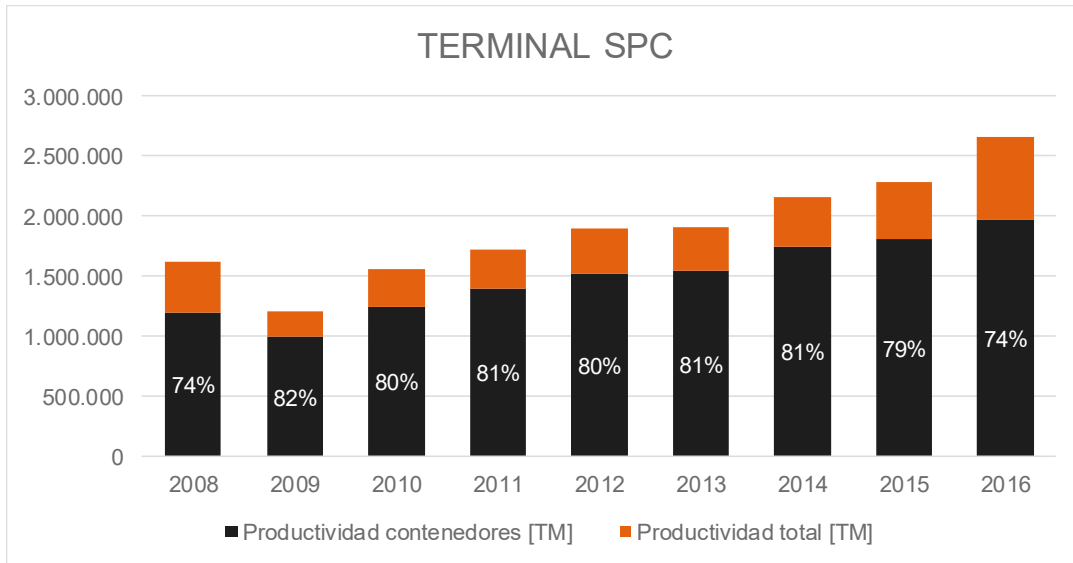


Figura 3-54 Productividad total en TM del concesionario SPC (azul), la productividad de carga contenerizada (naranja) y su % sobre el total desde 2008 a 2016

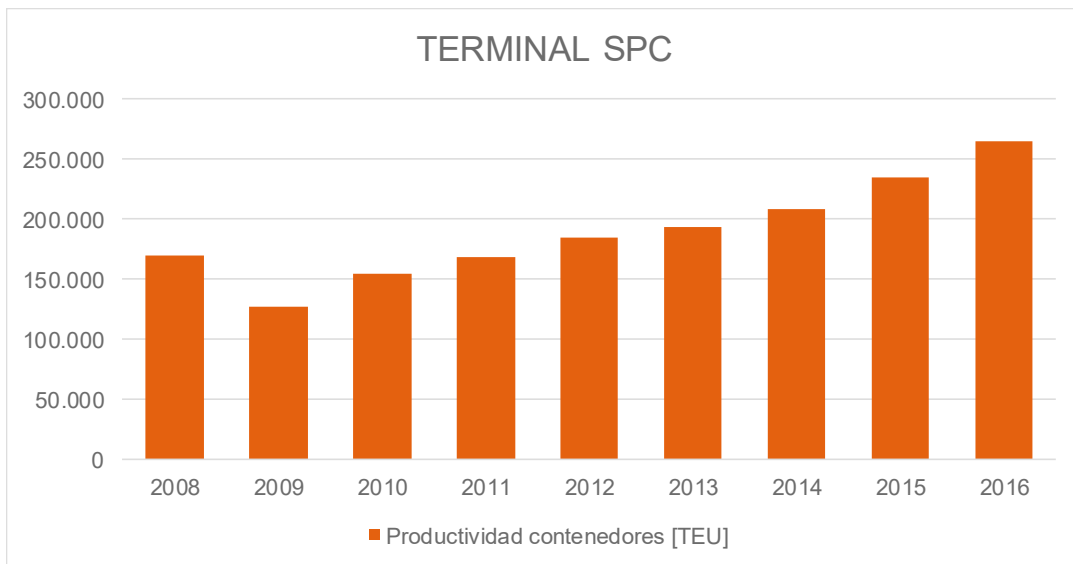


Figura 3-55 Productividad de la carga contenerizada en TEU de SPC desde 2008 a 2016

Por otra parte, en la Figura 3-56 se representan los ingresos anuales entre 2008 y 2016 y el canon del 15%. De nuevo se puede observar un crecimiento a lo largo de los años con el mayor incremento entre los años 2015 y 2016, cuando comienza a trabajar el puesto 4, la terminal granelera. La tasa de crecimiento de los ingresos (y por eso también del canon) fue mayor que la de la productividad (211 vs. 164, año 2016).



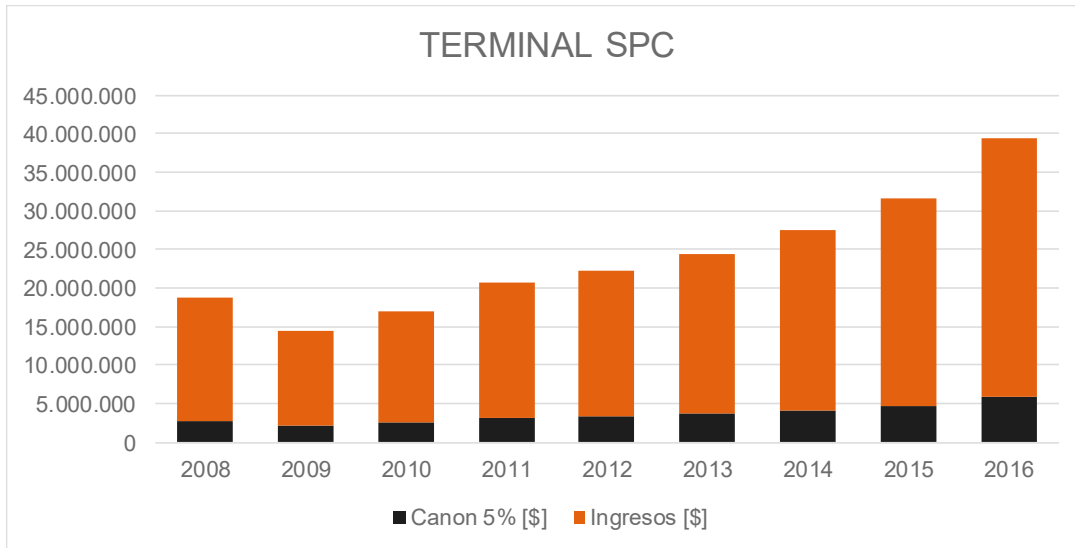


Figura 3-56 Ingresos del concesionario SPC y canon de 2008 a 2016

### 3.12.1.2 SPGC

Respecto a la terminal granelera, operada por el concesionario SPGC, moviliza graneles sólidos, importación y exportación de graneles líquidos. Entre los productos comestibles los que más se movilizan son maíz amarillo, trigo y soya y entre los no comestibles fertilizantes, escoria y carga de combustible. Sin embargo, se puede observar en la Tabla 3-32 y Figura 3-57 cómo la importación de graneles sólidos es en la mayoría de los años el 99% de la producción total. En 2011 se empieza a exportar graneles líquidos y en este año se puede ver también un incremento en la importación de graneles líquidos, ya que en marzo del mismo año RECOPE importa búnker desde la terminal.

Tabla 3-32 Productividades, ingresos y canon del concesionario SPGC de 2008 a 2016

Año	Productividad contenedores [TEU]	Productividad contenedores [TM]	Productividad total [TM]	Desarrollo de la productividad [%]	Ingresos [\$]	Canon 15% [\$]	Desarrollo del canon [%]
2008	1.825.916	1.842.046	100%	6.971.177	348.559	100%	2008
2009	1.756.329	1.768.126	96%	6.634.928	331.746	95%	2009
2010	1.758.006	1.778.330	97%	6.753.650	337.683	97%	2010
2011	2.028.975	2.175.299	118%	8.810.221	440.511	126%	2011
2012	1.905.735	2.047.974	111%	8.695.766	434.788	125%	2012
2013	1.884.597	2.065.431	112%	8.710.842	435.542	125%	2013
2014	1.939.414	2.126.916	115%	8.938.016	446.901	128%	2014
2015	2.117.964	2.144.635	116%	14.902.088	745.104	214%	2015
2016	2.197.724	2.241.022	122%	16.093.896	804.695	231%	2016

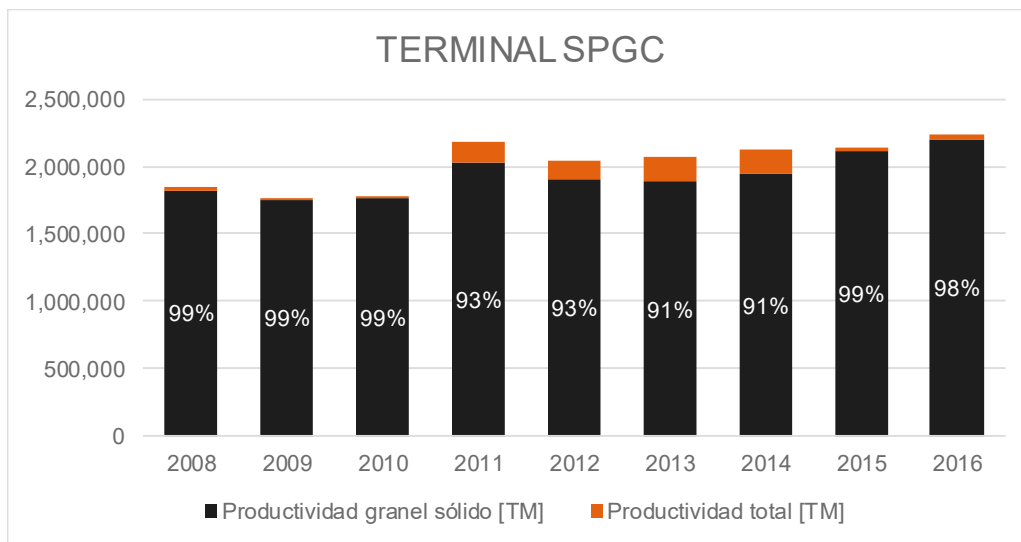


Figura 3-57 Productividad total en TM del concesionario SPGC (azul), la productividad de gráneles sólido (naranja) y su % sobre el total desde 2008 a 2016

En la Figura 3-58 se puede observar el crecimiento en los ingresos del concesionario a lo largo de los años, se destaca también el cambio de ingresos en 2015 con el comienzo de las operaciones de la terminal

granelera en el puesto 4. En este caso, la tasa de crecimiento de los ingresos / canon fue mayor que la tasa correspondiente de la productividad (231 vs. 122), que corresponde a aplicación de tarifa indexada a partir de inicio de operaciones de la terminal.

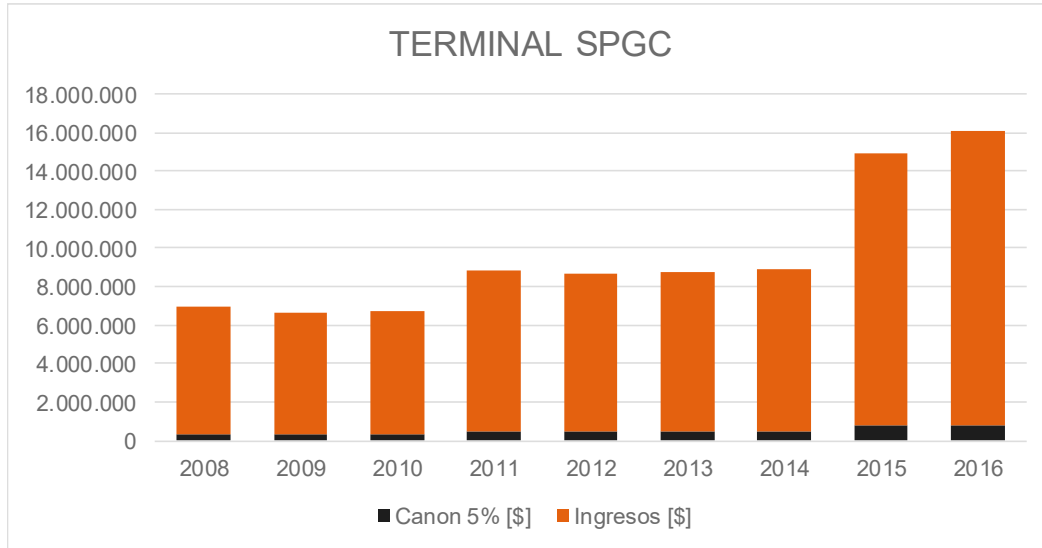


Figura 3-58 Ingresos del concesionario SPGC y canon de 2008 a 2016

### 3.12.1.3 SAAM

Finalmente, en la Tabla 3-33 y la Figura 3-59 se observan los ingresos del concesionario de remolcadores en Puerto Caldera y el monto del canon correspondiente.

Tabla 3-33 Ingresos y canon del concesionario SAAM de 2008 a 2016

Año	Ingresos [\$]	Canon 5% [\$]	Desarrollo del canon [%]
2008	4.427.662	221.383	100%
2009	3.581.092	179.055	81%
2010	4.919.188	245.959	111%
2011	5.678.904	283.945	128%
2012	6.254.385	312.719	141%
2013	4.871.607	243.580	110%
2014	5.151.832	257.592	116%
2015	5.852.634	292.632	132%
2016	6.824.973	341.249	154%

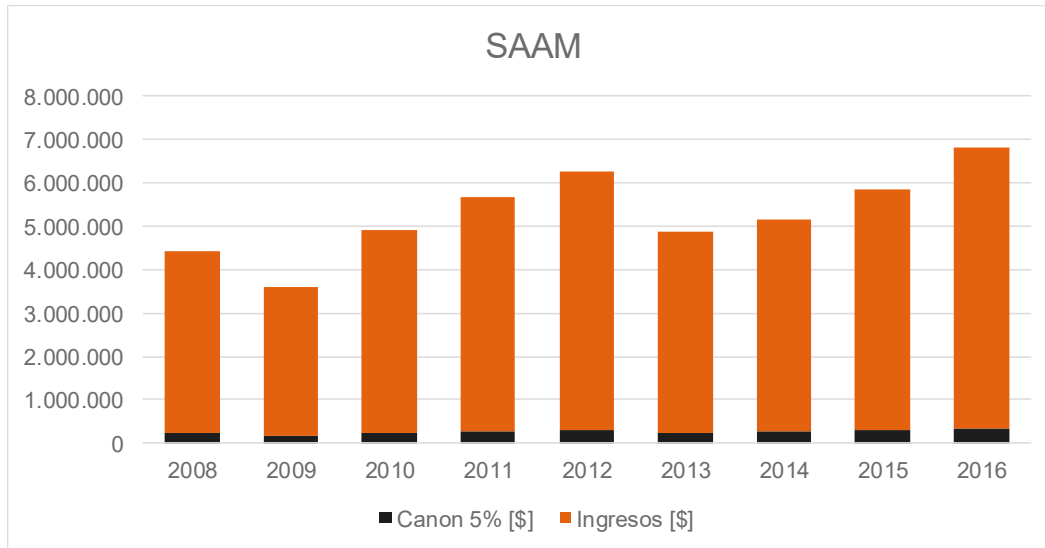


Figura 3-59 Ingresos del concesionario SAAM y canon de 2008 a 2016

### 3.12.2 Finanzas INCOP

Para el análisis de los resultados financieros del INCOP, se dispone de 3 fuentes de datos, los informes anuales de los concesionarios de Puerto Caldera realizados por la UTSC, los ingresos disponibles en el INCOP y los que se presentan en los presupuestos ordinarios del Ministerio de Hacienda de Costa Rica.

En la Tabla 3-34 se presentan los ingresos realizados por los concesionarios al INCOP y su total, estos datos también aparecen en la Figura 3-60, donde se puede observar su crecimiento desde 2008 a 2016.

Tabla 3-34 Ingresos por canon al INCOP (US\$) presentados en los informes anuales del UTSC

INCOP Ingresos por canon					
Informes UTSC [\$]					
Año	SPC	SPGC	SAAM	TOTAL	Desarrollo del total
2008	2.800.123	348.559	221.383	3.370.065	100%
2009	2.153.370	331.746	179.055	2.664.171	79%
2010	2.547.848	337.683	245.959	3.131.490	93%
2011	3.112.145	440.511	283.945	3.836.601	114%
2012	3.334.818	434.788	312.719	4.082.325	121%
2013	3.652.480	435.542	243.580	4.331.603	129%
2014	4.124.935	446.901	257.592	4.829.427	143%
2015	4.731.766	745.104	292.632	5.769.502	171%
2016	5.912.553	804.695	7.058.496	7.058.496	209%

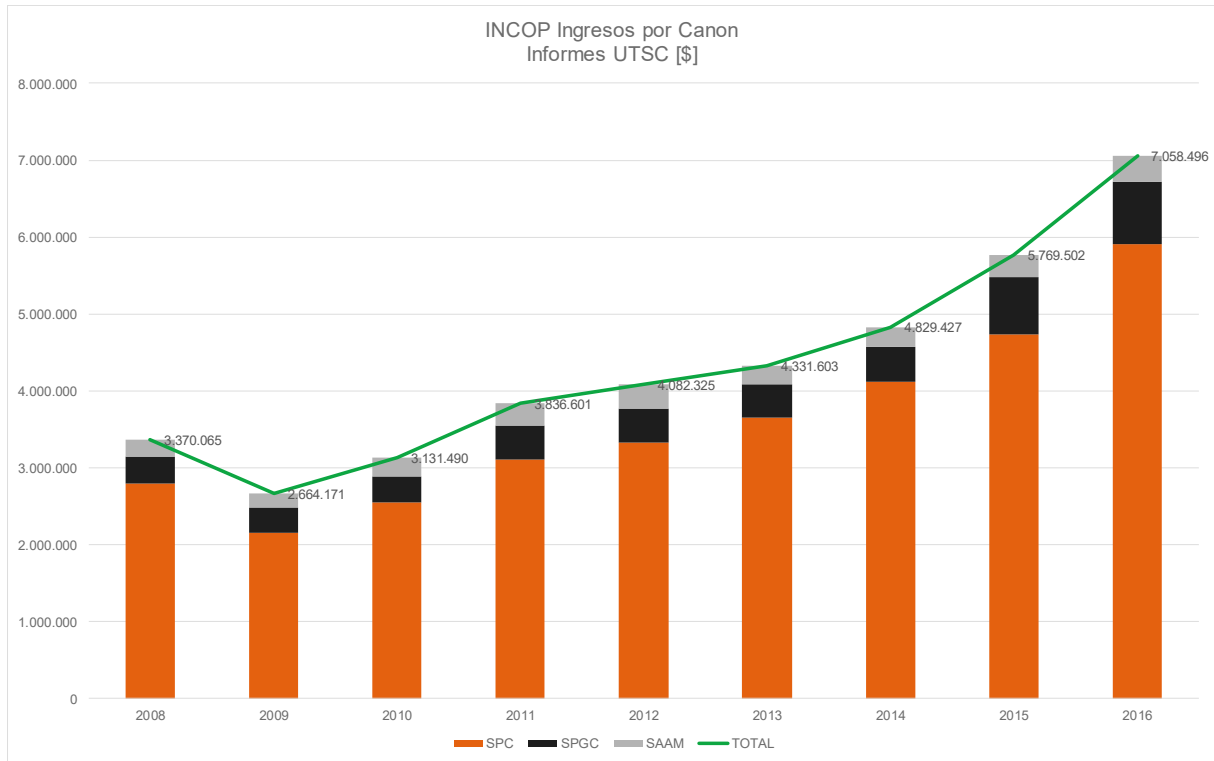


Figura 3-60 Ingresos por canon al INCOP presentados en los informes anuales del UTSC [€]

Por otra parte, se dispone de datos ofrecidos en la web del INCOP de los años 2014 y 2015, Figura 3-61. Para comparar estos resultados con los del UTSC se ha obtenido las equivalencias a fin de cada año de colones costarricenses a dólares de los Estados Unidos, Tabla 3-35.

Con este cambio se obtuvieron los resultados de la Tabla 2-16, en los que se pueden ver grandes diferencias con los resultados ofrecidos por la UTSC.

Tabla 3-35 Cambio de CRC a USD a fecha de fin de cada año según la web cambio.today

Fecha	USD	CRC
31 DIC 2013	1	500
31 DIC 2014	1	539
31 DIC 2015	1	540
31 DIC 2016	1	548
31 DIC 2017	1	565

INSTITUTO COSTARRICENSE DE PUERTOS DEL PACÍFICO (INCOP)  
(Puerto Caldera, Costa Rica)

## ESTADOS DE RESULTADOS

 Por los años que terminaron el 31 de diciembre del 2015 y 2014  
(Expresados en colones costarricenses)

	Notas	2015	2014
<b>Ingresos de operación</b>			
Ingresos por servicios	17	1.777.041.425	1.673.610.561
Ingresos por canon	18	2.019.408.980	1.786.602.068
<b>Total ingresos</b>		<b>3.796.450.405</b>	<b>3.460.212.629</b>
<b>Gastos de operación</b>			
Administrativos	19	3.153.604.272	3.177.836.641
Gastos de depreciación y amortización		389.091.612	574.936.064
<b>Total gastos de operación</b>		<b>3.542.695.884</b>	<b>3.752.772.705</b>
<b>Déficit de operación</b>		<b>253.754.521</b>	<b>(292.560.076)</b>
<b>Otros ingresos y gastos, neto</b>			
Intereses		26.319.142	26.985.303
Diferencia cambiaria, neta		(11.822.157)	158.369.387
Otros ingresos		119.042.107	108.758.394
<b>Total otros ingresos y gastos, neto</b>		<b>133.539.092</b>	<b>294.113.084</b>
<b>Superávit antes de otras obligaciones</b>		<b>387.293.613</b>	<b>1.553.008</b>
Ley 8776 Comisión de Emergencia (3%)		11.618.808	46.590
Ley de protección al trabajador CCSS (7%)		27.110.553	108.711
<b>Superávit del año</b>		<b>348.564.252</b>	<b>1.397.707</b>
Impuesto sobre la renta	24	109.023.890	---
<b>Superávit neto</b>		<b>239.540.362</b>	<b>1.397.707</b>

Figura 3-61 Resultados financieros del INCOP para 2014 y 2015 [CRC]

Tabla 3-36 Resultados financieros del INCOP en 2014 y 2015

Año	Ingresos por servicio [CRC]	Ingresos por canon [CRC]	Ingresos por servicio [\$]	Ingresos por canon [\$]
2014	1.673.610.561	1.786.602.068	3.102.611	3.312.080
2015	1.777.041.425	2.019.408.980	3.290.391	3.739.162

Se presentan también los resultados financieros presentes en los presupuestos ordinarios disponibles en la web del Ministerio de Hacienda de Costa Rica para los años 2017 y 2018, donde aparecen los resultados desde el año 2013, Figura 3-62 y Figura 3-63. En estos datos los ingresos de Canon se encuentran dentro de los derechos administrativos, donde ocupan la mayor parte de estos ingresos. Aplicando los cambios a USD se obtienen los resultados de la Tabla 3-37.

Tabla 3-37 Resultados de los presupuestos ordinarios presentados en el Ministerio de Hacienda de Costa Rica [CRC] y [\$]

Año	Presupuestados [CRC]	Presupuestados [USD]	Efectivos [CRC]	Efectivos [USD]	Derechos administrativos efectivos [CRC]	Derechos administrativos efectivos [USD]
2013	6.760.500.000	13.518.296	6.758.600.000	13.514.497	2.245.500.000	4.490.102
2014	5.731.600.000	10.625.487	7.046.600.000	13.063.290	2.829.010.000	5.244.540
2015	4.819.100.000	8.923.103	6.012.700.000	11.133.186	3.151.300.000	5.834.984
2016	5.248.800.000	9.573.560	6.516.100.000	11.885.055	1.786.470.000	3.258.436

Detalle	2013*		2014*		2015*		2016**		2017***	Tasas de variación ingresos efectivos				Tasa var. Ingresos Presupuestados 2017/Ingresos Efectivos 2016
	Ingreso Presup	Ingreso Efectivo	Ingreso Presup	Ingreso Efectivo	Ingreso Presup	Ingreso Efectivo	Ingreso Presup	Ingreso Efectivo	Ingreso Presup	2013/2012	2014/2013	2015/2014	2016/2015	
<b>Ingresos Corrientes</b>	<b>4.195,3</b>	<b>3.721,4</b>	<b>4.145,0</b>	<b>4.373,3</b>	<b>4.339,4</b>	<b>4.894,4</b>	<b>4.940,2</b>	<b>2.740,4</b>	<b>5.528,0</b>	-1,2%	17,5%	11,9%	-44,0%	101,7%
<b>Ingresos No Tributarios</b>	<b>4.195,3</b>	<b>3.721,4</b>	<b>4.145,0</b>	<b>4.373,3</b>	<b>4.339,4</b>	<b>4.894,4</b>	<b>4.940,2</b>	<b>2.740,4</b>	<b>5.528,0</b>	-1,2%	17,5%	11,9%	-44,0%	101,7%
Venta de Bienes y Servicios	1.614,0	1.441,4	1.634,9	1.515,7	1.523,6	1.713,9	1.585,8	938,4	1.711,6	1,3%	5,2%	13,1%	-45,2%	82,4%
Derechos Administrativos	2.533,4	2.245,5	2.486,0	2.829,0	2.802,8	3.151,3	3.341,6	1.786,5	3.802,0	-1,9%	26,0%	11,4%	-43,3%	112,8%
Ingresos a la Propiedad	47,9	34,6	24,1	28,6	12,9	28,6	12,8	12,6	14,4	-49,7%	-17,3%	0,1%	-56,1%	14,5%
Otros ingresos No tributarios	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	3,0	0,0	0,0%	0,0%	0,0%	385,5%	-100,0%
<b>Ingresos de capital</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>20,5</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>4,5</b>	<b>0,0</b>	0,0%	0,0%	-100,0%	0,0%	-100,0%
Venta de activos	0,0	0,0	0,0	20,5	0,0	0,0	0,0	4,5	0,0	0,0%	0,0%	-100,0%	0,0%	-100,0%
<b>Financiamiento</b>	<b>2.565,3</b>	<b>3.037,2</b>	<b>1.586,6</b>	<b>2.652,9</b>	<b>479,7</b>	<b>1.118,2</b>	<b>308,6</b>	<b>3.771,2</b>	<b>917,5</b>	-38,2%	-12,7%	-57,8%	237,2%	-75,7%
Superávit Libre	2.265,3	1.641,6	562,7	2.113,9	479,7	361,8	29,7	2.475,8	917,5	-75,2%	28,8%	-82,9%	584,2%	-62,9%
Superávit Especifico	300,0	1.395,6	1.023,9	539,0	0,0	756,4	278,9	1.295,4	0,0	241,3%	-61,4%	40,3%	71,3%	-100,0%
<b>TOTAL INGRESOS</b>	<b>6.760,5</b>	<b>6.758,6</b>	<b>5.731,6</b>	<b>7.046,6</b>	<b>4.819,1</b>	<b>6.012,7</b>	<b>5.248,8</b>	<b>6.516,1</b>	<b>6.445,5</b>	-15,2%	4,3%	-14,7%	8,4%	-1,1%

\* Montos al 31 de diciembre de cada año.

\*\* Montos presupuestados al 30 de junio 2016 y estimación de ingresos efectivos al 31 de diciembre 2016

\*\*\* Montos incorporados en el Presupuesto Ordinario 2017

Fuente: Liquidaciones presupuestarias, correspondiente a los periodos 2013-2014-2015, ejecuciones Presupuestarias al 30 de junio 2016, así como el Presupuesto Ordinario 2017, suministrado por el SENASA.

Figura 3-62 Presupuestos ordinarios del año 2017 presentados en el Ministerio de Hacienda de Costa Rica [CRC]

Detalle	2014		2015		2016		2017		2018	Tasas de Variación			
	Presupuestados	Efectivos	Presupuestados	Efectivos	Presupuestados	Efectivos	Presupuestados	Efectivos	Presupuestados	15/14	16/15	17/16	Ingresos 2018/Ingresos Efectivos 2017
<b>Ingresos Corrientes</b>	<b>4.145,03</b>	<b>4.373,30</b>	<b>4.339,35</b>	<b>4.894,42</b>	<b>4.940,21</b>	<b>2.740,42</b>	<b>5.527,97</b>	<b>3.500,48</b>	<b>6.826,92</b>	12%	-44%	28%	95%
<b>Ingresos No Tributarios</b>	<b>4.145,03</b>	<b>4.373,30</b>	<b>4.339,35</b>	<b>4.894,42</b>	<b>4.940,21</b>	<b>2.740,42</b>	<b>5.527,97</b>	<b>3.500,48</b>	<b>6.826,92</b>	12%	-44%	28%	95%
Venta de Bienes y Servicios	1.634,92	1.515,70	1.523,60	1.713,87	1.585,83	938,37	1.711,57	888,28	1.994,13	13%	-45%	-5%	124%
Derechos Administrativos	2.485,99	2.829,01	2.802,81	3.151,30	3.341,57	1.786,47	3.802,01	2.588,93	4.800,20	11%	-43%	45%	85%
Ingresos a la Propiedad	24,12	28,59	12,94	28,63	12,81	12,57	14,39	23,27	32,59	0%	-56%	85%	40%
Otros ingresos No tributarios	0,00	0,00	0,00	0,62	0,00	3,01	0,00	0,00	0,00	0%	385%	-100%	0%
<b>Ingresos de capital</b>	<b>0,00</b>	<b>20,45</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>4,52</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	-100%	0%	-100%	0%
Venta de activos	0,00	20,45	0,00	0,00	0,00	4,52	0,00	0,00	0,00	-100%	0%	-100%	0%
<b>Financiamiento</b>	<b>1.586,61</b>	<b>2.652,89</b>	<b>479,71</b>	<b>1.118,23</b>	<b>308,55</b>	<b>3.771,17</b>	<b>917,52</b>	<b>5.501,76</b>	<b>2.384,49</b>	-58%	237%	46%	-57%
Superávit Libre	562,70	2.113,90	479,71	361,84	29,68	2.475,79	917,52	3.475,29	1.509,92	-83%	584%	40%	-57%
Superávit Especifico	1.023,91	538,99	0,00	756,39	278,87	1.295,38	0,00	2.026,47	874,57	40%	71%	56%	-57%
<b>TOTAL INGRESOS</b>	<b>5.731,64</b>	<b>7.046,64</b>	<b>4.819,06</b>	<b>6.012,65</b>	<b>5.248,76</b>	<b>6.516,11</b>	<b>6.445,48</b>	<b>9.002,24</b>	<b>9.211,42</b>	-15%	8%	38%	2%

\* Montos al 31 de diciembre de cada año.

\*\* Montos presupuestados al 30 de junio 2017 y estimación de ingresos efectivos al 31 de diciembre 2017

\*\*\* Montos incorporados en el Presupuesto Ordinario 2018

Fuente: Liquidaciones presupuestarias, correspondiente a los periodos 2014-2015-2016, ejecuciones Presupuestarias al 30 de junio 2017, así como el Presupuesto Ordinario 2018.

Figura 3-63 Presupuestos ordinarios del año 2018 presentados en el Ministerio de Hacienda de Costa Rica [CRC]

Finalmente se exponen en la Tabla 3-38 los resultados de los ingresos de canon de las diferentes fuentes, que se representan también en la Figura 3-64, donde se pueden observar las grandes diferencias principalmente en el año 2016. Estas discrepancias podrían obedecer a los periodos contables de registro según el INCOP. En cualquiera de los casos, se puede concluir que los ingresos de canon representan un alto porcentaje de los ingresos totales, alrededor del 40%.

Tabla 3-38 Comparación de las diferentes fuentes de resultados financieros del INCOP

Año	Ingresos efectivos totales del MH [USD]	Derechos administrativos efectivos MH [USD]	Cánones UTSC [USD]	Ingresos por Canon INCOP [USD]
2013	13.514.497	4.490.102	4.331.603	---
2014	13.063.290	5.244.540	4.829.427	3.312.080
2015	11.133.186	5.834.984	5.769.502	3.739.162
2016	11.885.055	3.258.436	7.058.496	---



Figura 3-64 Comparación de los ingresos del INCOP por canon según las diferentes fuentes y el porcentaje respecto a los ingresos totales del MH [\$]



### 3.12.3 Tarifas

En esta sección se presentan las tarifas vigentes para los diferentes servicios. En la Figura 3-65 aparecen las tarifas para los concesionarios SPC y SPGC. Se puede observar cómo para las tarifas independientes de los concesionarios, la estadía y el muellaje, estas son más elevadas para la terminal granelera, de \$0,39 a \$0,49 la primera y de \$0,17 a \$0,10 la segunda.

También aparece en la tabla la tarifa para la concesionaria de los remolcadores en la sección de "Atención de embarcaciones de pasajeros".

SERVICIO	UND TARIF.	TARIFA MÁX US \$	SERVICIO	UND TARIF.	TARIFA MÁX US \$	SERVICIO	UND TARIF.	TARIFA MÁX US \$	SERVICIO	UND TARIF.	TARIFA MÁX US \$
Estadía SPC	M/E/H	\$0.39	Muellaje			Recepción y Despacho			De 30.1 Tons hasta 40 Tons	HR/FRAC	\$111.93
Estadía SPGC	M/E/H	\$0.49	Importación			Importación			De más de 40 Tons	HR/FRAC	\$158.99
Amarre y desamarre SPC	TRB	\$0.14	Mercadería General	TM	\$0.56	Mercadería General	TM	\$3.09	Grúa Movil - Hora	HR/FRAC	\$818.51
Amarre y desamarre SPGC	TRB	\$0.17	Contenedores Llenos	CONT	\$0.49	Contenedores Llenos	CONT	\$13.68	Grúa Movil - MOV	MOV	\$49.95
Limpieza del muelle SPC-SPGC	TM	\$0.10	Contenedores Vacios	CONT	\$1.30	Contenedores Vacios	CONT	\$13.68	Spread		
Carga y descarga			Contenedores despacho directo	CONT	\$0.49	Vehiculos	TM	\$0.44	De 20 Pies	MOV	\$1.08
Importación			Vehiculos	TM	\$0.56	Prod.Pereced y carne-paletizada	TM	\$0.44	De 40 Pies	MOV	\$1.87
Mercadería General	TM	\$10.69	Prod.Pereced y carne-paletizado	TM	\$0.56	Hierro y Similares	TM	\$0.44	Tractores	HR/FRAC	\$21.39
Contenedores Llenos	MOV	\$62.49	Hierro y similares	TM	\$0.56	General en Tránsito	TM	\$3.09	Carretas de 25 a 30 Tons.	HR/FRAC	\$4.99
Contenedores Vacios	MOV	\$30.90	General en Tránsito	TM	\$0.23	Exportación			Tarimas/Paletas	DIA	\$0.21
Vehiculos	TM	\$7.73	Contenedores en Tránsito	CONT	\$0.23	Mercadería General	TM	\$3.09	Bobcat BC-01 T3000	HR/FRAC	\$57.75
Granel - Atun	TM	\$2.32	Vehiculos	TM	\$0.56	Contenedores Llenos	CONT	\$13.68	Demoras En Las Operaciones De Carga		
Produc. Pereced-Banano-Otras frut	CAJAS	\$0.10	Mercadería general desp directo	TM	\$0.56	Contenedores Vacios	CONT	\$13.68	Demoras (General)	HORA	\$18.71
Hierro y similares	TM	\$4.04	Granos y Otros Graneles	TM	\$0.72	Vehiculos	TM	\$0.44	Falsos Fletes de lunes a viernes	EVENTO	\$494.19
Granos	TM	\$4.92	Exportación			Prod.Pereced y carne-paletizado	TM	\$0.44	Personal De Refuerzo		
Otros Graneles	TM	\$6.32	Mercadería General	TM	\$0.44	Hierro y similares	TM	\$0.44	Estibadores de Refuerzo	HORA/H	\$9.00
Exportación			Contenedores Llenos	CONT	\$0.49	General en Tránsito	TM	\$3.09	Guarda Cabos	HORA/H	\$9.00
Mercadería General	TM	\$7.49	Contenedores Vacios	CONT	\$1.30	Servicios Complementarios			Eléctricistas	HORA/H	\$9.00
Contenedores Vacios	MOV	\$30.90	Vehiculos	TM	\$0.44	Trasiego y Movilización			Operador de Báscula	HORA/H	\$9.00
Contenedores Llenos	MOV	\$62.49	Prod.Pereced y carne-paletizado	TM	\$0.44	Reestiba por tierra			Operador de Maquinaria	HORA/H	\$9.00
Vehiculos	TM	\$7.73	Hierro y Similares	TM	\$0.44	Mercadería General	TM	\$11.69	Personal de Bodega	HORA/H	\$9.00
Granel - Atun	TM	\$2.32	General en Tránsito	TM	\$0.44	Contenedores Llenos	CONT	\$62.49	Otros Servicios		
Produc. Pereced-Banano-Otras frut	CAJA	\$0.10	Contenedor en Tránsito	CONT	\$0.23	Contenedores Vacios	CONT	\$30.90	Servicios a Cont -refrigerados	UNID /HRS	\$0.60
Hierro y Similares	TM	\$4.04	Mercadería general desp Directo	TM	\$0.44	Vehiculos	TM	\$0.44	Ingreso de veh. a zona Portuaria	VEH	\$0.51
Granos	TM	\$4.92	Granos y Otros Graneles	TM	\$0.72	Prod.Pereced y carne-paletizado	TM	\$0.44	Báscula	VEH	\$0.25
Otros Graneles	TM	\$6.32	Almacenaje			Hierro y similares	TM	\$0.44	Vigilancia	HORA	\$9.00
Transferencia de mercadería			Mercadería General	TM/D/CIF	\$0.14	General en Tránsito	TM	\$3.09	Atención de embarcaciones de pasajeros		
Importación			Vehiculos	TM/D/CIF	\$0.14	Contenedores Vacios	CONT	\$30.90	Embarcaciones mayores a 13.000 TRB		
Mercadería General	TM	\$2.12	Hierro y Similares	TM/D/CIF	\$0.14	Movilización de Tapas	MOV	\$62.49	Tarifa por 12 horas	Evento	\$4,561.20
Contenedores Llenos	MOV	\$64.24	Cont Lleno de 20 FT día 6 al día 10	CONT/DIA	\$3.92	Mov de entrepuentes, aparejos y similares	MOV	\$62.49	Tiempo Adicional	HR/FRAC	\$380.10
Contenedores Vacios	MOV	\$33.06	Cont Lleno de 20 FT a partir día 11	CONT/DIA	\$7.27	Carga general.	TM	\$10.69	Embarcaciones menores a 13.000 TRB		
Prod.Pereced y carnes-paletizado	TM	\$2.12	Cont Lleno de 40 ft día 6 al día 10	CONT/DIA	\$7.27	Consolidacion y descons Conts	TM	\$4.96	Tarifa por 12 horas	Evento	\$3,370.95
Vehiculos sin tracción propia	TM	\$0.90	Cont Lleno de 40 FT a partir día 11	CONT/DIA	\$13.43	Transferencia Cont en patio	CONT	\$51.23	Tiempo Adicional	HR/FRAC	\$280.92
Reestiba Contenedores Llenos	MOV	\$62.49	Cont Vacio de 20 FT día 6 al día 10	CONT/DIA	\$1.68	Transferencias entre zonas portuarias	MOV	\$51.23	Embarque y desembarque		
Reestiba Contenedores Vacios	MOV	\$30.90	Cont Vacio de 20 FT a partir día 11	CONT/DIA	\$3.92	Mov de Contenedores			En Tránsito	PASAJERO	\$3.12
General en Tránsito	TM	\$2.12	Cont Vacio de 40 FT día 6 al día 10	CONT/DIA	\$3.92	En Pisos	MOV	\$4.36	Desembarcados	PASAJERO	\$4.99
Exportación			Cont Vacio de 40 FT a partir día 11	CONT/DIA	\$7.27	En Pantalla	MOV	\$4.36	Embarcados	PASAJERO	\$4.99
Mercadería General	TM	\$1.48	Tolvas, Almejas y equipo portuario	UNIDAD DIARIA	\$1.15	En Bodega	MOV	\$4.36	Fondeo de Embarcaciones		
Contenedores Llenos	MOV	\$64.24	Mercadería Peligrosa	KILO/DIA	\$0.01	Alquiler de Equipo y Maquinaria			Embarcaciones menores 3000TRB	TRB/DIA	\$0.11
Contenedores Vacios	MOV	\$33.06	No Etiquetado	KILO/DIA	\$0.05	Montacargas y Grúas			Embarcaciones mayores 3000TRB y menores 13000TRB	HR/FRAC	\$62.50
Prod.Pereced y carne-paletizado	TM	\$0.27				Hasta 4 tons	HR/FRAC	\$14.13	Embarcaciones mayores de 13000 TRB	HR/FRAC	\$80.00
						De 4.1 Tons hasta 6 Tons	HR/FRAC	\$17.51			
						De 6.1 Tons hasta 10 Tons	HR/FRAC	\$27.36			
						De 10.1 Tons hasta 20 Tons	HR/FRAC	\$44.22			
						De 20.1 Tons hasta 30 Tons	HR/FRAC	\$81.00			

Figura 3-65 Tarifas vigentes de los concesionarios SPC y SPGC [\$/]

Tanto para SPC como para SAAM, las tarifas son reguladas por ARESEP ante solicitud del INCOP; la última vez que fueron actualizadas fue en el año 2012 para SPC y 2016 para SAAM.

En el caso de SPGC las tarifas fueron establecidas desde el 2001 cuando se elaboró el cartel. Cuando la terminal entró en funcionamiento en 2015 se realizó una indexación mediante IPP de USA. Este proceso lo realiza el concesionario anualmente, bajo aprobación o rechazo del INCOP; en caso de discrepancia lo resuelve ARESEP, motivo por el cual las tarifas de SPGC son variables según el índice mencionado. Como se observa en la siguiente imagen, el índice bajó en el 2015 y a partir del año 2016 comenzó a incrementar hasta llegar a 202,1 en marzo de 2018.

Year	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
2006	159.9	158.0	159.1	160.7	161.2	161.8	161.7	162.3	160.3	158.9	159.8	160.5
2007	160.1	161.8	164.1	165.9	167.5	167.2	168.5	166.1	167.4	168.6	171.4	170.4
2008	172.0	172.3	175.1	176.5	179.8	182.4	185.1	182.2	182.2	177.4	172.0	168.8
2009	170.4	169.9	169.1	170.3	171.1	174.3	172.4	174.2	173.2	173.8	175.7	176.0
2010	178.0	176.9	179.1	179.5	179.9	179.0	179.5	180.0	180.0	181.2	181.6	182.6
2011	184.5	186.7	189.3	191.6	192.7	191.6	192.4	191.8	192.8	191.9	191.9	191.2
2012	192.1	193.0	194.5	195.0	193.8	192.9	193.3	195.5	196.9	196.4	194.5	193.8
2013	194.9	196.4	196.7	196.0	196.9	197.3	197.3	197.9	197.3	196.9	196.1	196.5
2014	198.1	198.9	200.3	202.1	201.8	202.9	203.0	202.5	201.7	200.4	198.2	195.4
2015	192.2	192.6	193.6	193.1	196.0	197.7	197.4	196.3	193.4	192.4	191.6	190.1
2016	189.9	188.8	189.2	190.3	191.7	193.8	193.5	192.6	193.2	193.7	192.4	193.7
2017	195.4	196.0	196.3	198.0	197.0	197.8	197.6	198.4	199.6	199.4	200.4	200.1 (P)
2018	201.3 (P) 201.2 (P)		202.1 (P)									

Figura 3-66 Índices PPI WPUFD49207 utilizados para el cálculo de la indexación tarifaria (2018), donde se resaltan los correspondientes a febrero, septiembre (2016) y marzo de 2018, como se muestra en el análisis de la segunda solicitud tarifaria ordinaria anual, presentada por la concesionaria SPGC en 2018

### 3.12.4 Resumen

La producción y los ingresos en Puerto Caldera se incrementan cada año. La tasa de crecimiento de los ingresos fue mayor debido a un aumento de la carga.

En el año 2015 bajaron las tarifas de SPGC, producto de la indexación con el IPP; que según los últimos datos proporcionados ha aumentado de nuevo hasta marzo de 2018. Este incremento se vio favorecido con el inicio de las operaciones en 2015 de la nueva terminal granelera, beneficiando a los tres concesionarios, pero principalmente a la SPGC.

Aún queda por verificar la información de los ingresos del INCOP según las diferentes fuentes para conocer la influencia de las concesiones, aunque según el INCOP podría obedecer a los períodos contables de registro. Sin embargo, con los resultados obtenidos se prevé abarcan alrededor del 40% de los ingresos totales del INCOP.

## 4 PRONÓSTICOS DE CARGA PARA PUERTO CALDERA

### 4.1 Desarrollo de la economía de Costa Rica

- La economía costarricense ha mostrado un desarrollo estable por varios años. El PIB fue de 58,1 mil millones de USD en 2017, con un crecimiento promedio del PIB de 3,5% durante el período 2007-2017. Para los próximos cinco años, el FMI espera tasas de crecimiento de la misma magnitud. En este informe, se adopta una cifra de 3,5% de crecimiento hasta 2035, y otra de 3,0% a partir de entonces.
- El nivel de vida es más alto que en otros países de América Latina. En 2017, el PIB *per cápita* era de 11.700 USD. Solo Panamá tiene un PIB *per cápita* más alto (15.100 USD), pero Nicaragua, El Salvador, Honduras y Guatemala cuentan con una considerable baja, entre 2.200 USD y 4.500 USD.
- La población se situó en 4,95 millones de personas en 2017. La tasa de crecimiento es baja, del 1,2% anual y está disminuyendo lentamente.
- La economía costarricense se ha desarrollado desde una basada en la agricultura a una economía más diversificada, con el turismo, la fabricación (electrónica, componentes médicos) y los servicios de TI como sectores importantes. Las principales líneas de importación (según su valor) son equipos electrónicos y maquinaria, productos químicos, vehículos, artículos de plástico y caucho, productos derivados del petróleo y metales. Los principales rubros de exportación son plátanos y otras frutas tropicales, instrumentos médicos, productos electrónicos y alimentos procesados.
- La gran deuda pública y la escasez de presupuesto, la ineficiencia del sector público y la infraestructura deficiente son los principales desafíos económicos.

### 4.2 Sector marítimo de Costa Rica

Costa Rica tiene dos puertos principales: Limón y Moín (generalmente visto como un solo complejo portuario) en la costa del Caribe y Puerto Caldera en la costa del Pacífico. Limón-Moín maneja más del doble de carga que Puerto Caldera, respectivamente 11,5 millones de toneladas contra 5,2 millones de toneladas. Ambos puertos sufren de congestión y limitaciones de infraestructura (profundidad del agua, número de atraques), aunque Limón-Moín más que Puerto Caldera. La distancia por carretera desde Puerto Caldera al Área Metropolitana es más corta que desde Limón-Moín y también menos congestionada.

En Moín, APM Terminals ha desarrollado la Terminal de contenedores Moín (TCM). Este proyecto aguas profundas, capaz de recibir grandes buques portacontenedores proporcionará a Costa Rica una terminal de. Aunque el inicio de las operaciones se ha retrasado hasta el primer trimestre de 2019, se espera que el proyecto tenga un gran impacto en la logística de tal medio de transporte de Costa Rica.

### 4.3 Competencia entre Limón-Moín y Puerto Caldera

Un tema importante para el pronóstico de futuros volúmenes de carga en Puerto Caldera es el grado en que la apertura de TCM cambiará la competencia entre Limón-Moín y Caldera. Con TCM en operación hay dos efectos que posiblemente puedan afectar los volúmenes de carga en Puerto Caldera:

1. Es posible realizar un arribo directo con un portacontenedores grande a un puerto costarricense (hasta 12.500-13.000 TEU en la fase 1 de TCM y hasta 20.000 TEU en la fase 2 de TCM). El efecto puede ser que las importaciones y exportaciones en contenedores hacia y desde el Lejano Oriente elijan a la TCM para una línea principal directa en lugar de a Caldera, donde se necesita transbordo en Manzanillo (México) o Balboa (Panamá). Los arribos directos a la TCM desde el Lejano Oriente requerirían el paso por el Canal de Panamá, pero ahorrarían en el tramo de transbordo necesario para llegar a Caldera.

Sin embargo, Puerto Caldera seguirá teniendo un punto fuerte: su proximidad a San José. Los costos de transporte en Costa Rica son bastante altos en comparación con los estándares internacionales. Llegar al Área Metropolitana cuesta mucho menos desde Caldera que desde Limón-Moín, debido a la mayor distancia y al hecho de que la carretera RN32 desde Limón a San José está más congestionada que la RN 27 desde Puerto Caldera a San José. Sin embargo, con base en un análisis de los costes de transporte marítimo y transporte por carretera, se espera que el

efecto no sea muy fuerte. Este análisis tiene en cuenta que la ruta 32 está en proceso de ampliación. Puerto Caldera puede perder parte del mercado de contenedores a favor de TCM, pero solo de forma limitada.

2. Se puede esperar que TCM retire todo o la mayoría del tráfico de contenedores de las instalaciones portuarias existentes en Limón y Moín, resolviendo así la congestión y creando capacidad para un volumen de carga adicional. Esto podría abrir oportunidades para las importaciones de cereales desde los EE.UU. a Limón-Moín, en lugar de Caldera, lo que salvaría un pasaje por el Canal de Panamá.

Puerto Caldera tiene algunos puntos fuertes: la profundidad máxima es de 13 m a lo largo del atracadero 4, por lo que el calado máximo de la embarcación es de alrededor de 12 m, mientras que en Limón-Moín el calado máximo es de 10,6 m. Esto puede ser una limitación para algunos de los importadores de cereales. El clima húmedo en la costa del Caribe no es muy adecuado para la descarga de cereales directamente en camiones (que es lo habitual en Costa Rica). Los argumentos más fuertes para importar por Caldera son el hecho de que la mayoría de los importadores han invertido en silos en las cercanías de Caldera y los altos costos de transporte. Un análisis de los costes de ida y vuelta de los buques a granel y los de transporte por carretera muestra que el coste de pasar el Canal de Panamá para llegar a Puerto Caldera desde el Golfo de los Estados Unidos se compensa fácilmente con los ahorros en los costes de transporte. Por lo tanto, no se espera que Puerto Caldera pierda cuota de mercado en el mercado de cereales.

#### 4.4 Controladores económicos

Para cada producto básico o grupo de productos, se ha definido un controlador económico o una combinación de controladores. Esto puede ser PIB, población o el desarrollo de un sector económico específico. La siguiente tabla muestra los controladores que se han aplicado por producto o grupo de productos.

Tabla 4-1: Controladores económicos aplicados por producto o grupo de productos

Producto básico	Subgrupo	Controlador económico
<b>Contenedores</b>		Desarrollo del PIB
<b>Ro-ro vehículos</b>		Combinación de desarrollo del PIB y población
<b>Ro-ro ferry CR-ES</b>		Supuestos sobre la utilización de la capacidad
<b>Carga general</b>		
	Hierro y acero	Desarrollo del PIB
	Carga general	Desarrollo del mercado de carga general
	Atún	Desarrollo del mercado de atún
	Frutas paletizadas	Desarrollo del mercado de los buques frigoríficos
<b>Cereales</b>		
	Maíz	Combinación de desarrollo del PIB y población
	Trigo	Combinación de desarrollo del PIB y población
	Frijoles de soja	Combinación de desarrollo del PIB y población
	Arroz	Desarrollo de la población

Producto básico	Subgrupo	Controlador económico
	Otros cereales	Combinación de desarrollo del PIB y población
<b>Gráneles solidos no comestibles</b>		
	Fertilizantes	Desarrollo del mercado de fertilizantes
	<i>Petcoke</i>	Desarrollo del mercado de <i>petcoke</i>
	Otros gráneles secos	Desarrollo del mercado de otros gráneles secos
<b>Graneles líquidos</b>		Desarrollo del mercado de graneles líquidos
<b>Cruceros</b>		desarrollo del mercado de cruceros

## 4.5 Desarrollos esperados por producto

A continuación, se proporciona un resumen de la argumentación principal y los resultados por producto. Esto se refiere al caso base, sin grandes adaptaciones a Puerto Caldera.

### 4.5.1 Contenedores

- El volumen de contenedores en Puerto Caldera fue de 290.000 TEU en 2017, con 259 arribos por buques portacontenedores.
- Se espera que el volumen de contenedores en Costa Rica se desarrolle a una elasticidad de 1,0 contra el PIB, como se observó en el pasado.
- Se supone que la participación de mercado de Puerto Caldera se desarrolle del 20% en 2017-2019 al 18% en 2025, como resultado de una mayor competencia de la nueva terminal de contenedores de Moín.
- Esto da como resultado un volumen anual de contenedores de 353.000 TEU en 2025 y 577.000 TEU en 2040.
- Se espera que el tamaño promedio del arribo se incremente desde 1.145 TEU a 1.250 TEU para el año 2025. Esto da como resultado 282 arribos en 2025 y 461 arribos en 2040. En el escenario de base se asume que la profundidad del puerto no aumenta.
- También se produjo un escenario que supone una profundidad extendida, hasta 14 m. En este escenario, Puerto Caldera atraerá arribos de líneas principales y podrá mantener una mayor cuota en el mercado de contenedores en Costa Rica. En este escenario, el volumen de contenedores se desarrolla hasta 392.000 TEU en 2025 y a 641.000 en 2040. El número de arribos de buques se desarrolla a 332 en 2025 y a 577 en 2040. Esto es más alto que en el escenario base, ya que se espera que los *mainliners* tengan *callizes* más pequeños en Caldera que los *feeders*.

### 4.5.2 Tráfico ro-ro vehículos

- El volumen de ro-ro en Puerto Caldera fue de 65.000 toneladas en 2017, con 102 arribos de buques ro-ro.
- Se espera que el volumen de ro-ro en Costa Rica se desarrolle a una elasticidad de 0,9 contra una combinación de PIB y población. En los últimos 5 años, tal situación fue 1,0, pero con una tendencia a la baja en comparación con años anteriores. Por lo tanto, se adopta una elasticidad ligeramente más conservadora de 0,9 para el futuro.
- Se espera que la participación de mercado de Puerto Caldera se desarrolle del 90% en 2017 al 75% para 2020, debido a la competencia creciente de Limón y Moín. Cabe destacar que una cuota de mercado del 75% sigue siendo bastante alta en comparación con la cuota de mercado media del 21% de 2007-2012.

- Esto da como resultado un volumen de ro-ro anual de 62.000 toneladas en 2025 y 81.000 toneladas en 2040.
- Se espera que el tamaño promedio de los arribos sea de 800 toneladas, sin cambios. Esto está en línea con los tamaños de arribos observados en el período 2012-2017, que dio como resultado 77 arribos en 2025 y 101 en 2040.

### 4.5.3 Tráfico ro-ro ferry Costa Rica-El Salvador

- 3 servicios cada semana, o 156 servicios al año.
- Creciendo hacia la utilización de capacidad máxima en 2020, lo que significa 600 camiones por semana o 31,200 por año.

### 4.5.4 Carga general - Hierro y acero

- En 2017, el 75% de toda la carga general manipulada en Puerto Caldera fue de hierro y de acero, por lo que se proporciona un pronóstico por separado para este grupo de productos. En 2017, Puerto Caldera manejó 364.000 toneladas de esa línea.
- El consumo de hierro y acero en Costa Rica se basa en los datos de *World Steel Association*. Desde 2007-2015 fue creciendo constantemente, de 2015 a 2016 hubo una disminución. Entre 2007-2015, el consumo de acero creció a una elasticidad de 1,5 frente al PIB. Si se incluye 2016 (año más reciente disponible), la elasticidad fue 1,2. Se supone que el descenso en 2016 fue temporal, por lo que se adopta una elasticidad de 1,5 en el pronóstico.
- La cuota promedio del consumo que se importó en el período 2011-2016 fue del 67%, pero en 2016 fue del 98%. En el pronóstico, se espera que la participación de las importaciones pase de un 80% estimado en 2017 a un 65% en 2020, manteniéndose constante a partir de entonces.
- Del volumen total de importaciones, la participación promedio de las importaciones marítimas fue del 83% en el período 2011-2016. En el pronóstico, se adopta el 80%.
- La cuota de mercado promedio de Caldera en el período 2011-2016 fue del 60%, que también se adopta en el pronóstico.
- Esto lleva a un volumen de importación de hierro y acero para Caldera de 387.000 toneladas en 2025 y 644.000 toneladas en 2040.
- Siempre ha habido volúmenes de exportación de hierro y acero (y chatarra) de Costa Rica, que van del 16% al 29% del volumen total de consumo. Las exportaciones marítimas de Caldera han sido más modestas, en el rango de 1% a 5% del volumen total manejado en Puerto Caldera. En el pronóstico, se adopta un volumen de exportación del 5% del volumen de importación, lo que resulta en 19.000 toneladas de exportaciones en 2025 y 32.000 toneladas en 2040.
- Por lo tanto, las importaciones y exportaciones juntas resultan en un volumen de hierro y acero de 399.000 toneladas en 2025 y 663.000 toneladas en 2040.
- Las estadísticas de INCOP sugieren un tamaño promedio de arribo de 5.379 toneladas. En el pronóstico se aplica el valor de 5.500 toneladas. El número esperado de arribos de buques es 73 en 2025 y 121 en 2040.

### 4.5.5 Carga general - otra carga general

- El volumen de otras cargas generales en Puerto Caldera fue de 130.000 toneladas en 2018, dividido en 128.300 toneladas de importaciones y 1.400 toneladas de exportaciones.
- El volumen en Costa Rica no muestra un desarrollo claro. En promedio, se importaron 326.000 toneladas por año en los puertos, con un bajo de 220.000 toneladas en 2012 y un máximo de 382.000 en 2016. En el pronóstico, se adopta un volumen promedio de 325.000 toneladas de importaciones por año.
- La cuota de mercado de Puerto Caldera se desarrolló de niveles de 10% -14% en 2011-2014 (con un mínimo de 3% en 2012) a aproximadamente 40% en 2016-2017. En el pronóstico, se adopta una cuota de mercado del 40%.
- Esto resulta en un nivel de importación de 130.000 toneladas por año.

- También ha habido pequeños volúmenes de exportaciones de Caldera, que van de 400 a 7.000 toneladas por año. En el pronóstico, se adopta un promedio de 2.000 toneladas por año.
- Esto da como resultado un volumen total de carga general de 132.000 toneladas por año.
- Aplicando un tamaño de arribo promedio de 6.017 toneladas, el número de arribos esperados de buques es 22.

#### 4.5.6 Carga general - fruta paletizada

- En 2017, se exportaron 82.000 toneladas de fruta paletizada de Caldera en buques frigoríficos tradicionales.
- A pesar de que en los años 2016 y 2017 hubo un aumento, desde un mínimo de 30.000 toneladas en 2015, se espera que la fruta paletizada generalmente se elimine poco a poco. Cada vez más, los contenedores refrigerados se utilizan para la exportación de fruta. La flota de frigoríficos tradicional consiste en embarcaciones con una edad promedio alta, y ya casi no hay órdenes para frigoríficos nuevos. En el pronóstico, se espera que el volumen de fruta paletizada vaya gradualmente de 82.000 toneladas en 2017 a cero para el 2028.
- No hay datos sobre el número de arribos de buques en 2017, pero sobre la base de datos para 2011-2016, se puede obtener un tamaño de llamada promedio de 2,300 toneladas. Esto se aplica al volumen de exportación de fruta paletizada, lo que da como resultado unos 36 arribos estimados en 2017, que gradualmente irán a cero en 2028.

#### 4.5.7 Carga general - importaciones de atún

- El atún congelado se importa por Caldera en pequeñas cantidades. En 2017, el volumen fue de 11.000 toneladas.
- No hay un desarrollo claro en el volumen de importación de atún congelado. Se extendió entre 8.000 y 13.000 toneladas por año en los años 2011-2017. En el pronóstico, se adopta un volumen de 10.000 toneladas por año.
- El tamaño promedio de arribos es de 525 toneladas, lo que significa que se realizan un promedio de 19 arribos por año.

#### 4.5.8 Cereales - introducción

- Casi el 100% de los cereales importados en Costa Rica se traen por Puerto Caldera, aunque una buena parte proviene del Golfo de los EE.UU., para que los buques tengan que pasar por el Canal de Panamá. Los costos adicionales del paso del canal y los días agregados de navegación se compensan con los menores costos de transporte terrestre desde Caldera a los principales centros de consumo, en comparación con el transporte terrestre desde Limón-Moín.
- Como se argumentó anteriormente, existen fuertes argumentos para usar Puerto Caldera, siendo el principal los altos costos de transporte por carretera en Costa Rica. Por lo tanto, no se espera que Caldera pierda cuota de mercado de cereales a Limón-Moín.
- De acuerdo con las entrevistas con los importadores de cereales, en los últimos años hay un fuerte crecimiento de las importaciones debido a una mayor demanda de forraje, como resultado de un aumento en la ingesta de proteínas de la carne y los lácteos por parte de los costarricenses. Por lo tanto, se utiliza una combinación del PIB y el desarrollo de la población como controlador económico para la mayoría de los cereales.
- No hay datos separados sobre el tamaño promedio de los arribos para los cereales, solo el tamaño promedio de los arribos para todo el granel seco. Esta cifra fue bastante constante a lo largo de los años a aproximadamente 19.000 toneladas por viaje .

#### 4.5.9 Cereales - maíz

- En 2017, se importaron 863.000 toneladas de maíz por Caldera.

- El consumo de maíz en 2017 fue de 860.000 toneladas, según el Departamento de Agricultura de EE.UU. La elasticidad contra el PIB y la población fue de 0,9 durante el período 2007-2017, pero de 1,8 en el período 2013-2017.
- La producción nacional fue más o menos constante a 18.000-20.000 toneladas.
- En el pronóstico, adoptamos una elasticidad de 1,6 en los años 2018-2020, y luego la reduciremos gradualmente a 0,8 en el 2030. Esto implica la suposición de que en algún momento se habrá alcanzado un nivel máximo de ingesta de proteínas de la carne y los lácteos, y que ya no habrá crecimiento acelerado, debido al aumento de la ingesta de proteínas de origen animal.
- Durante el período 2007-2017, se importó en promedio 97% del consumo. En el pronóstico, adoptamos el 98%.
- La cuota de mercado de Caldera (período 2011-2017) fue en promedio el 95% de todas las importaciones. Ha aumentado de niveles cercanos al 90% a casi el 100%. En el pronóstico, asumimos que la cuota de mercado pasará del 100% en 2017 al valor observado en 2020 de 95%.
- Esto resulta en un volumen de 1.036.000 toneladas de maíz en 2025 y 1.333.000 en 2040.

#### 4.5.10 Cereales - trigo

- En 2017, se importaron 268.000 toneladas de trigo por Caldera.
- El consumo de trigo en 2017 fue de 240.000 toneladas, según el Departamento de Agricultura de EE.UU. La elasticidad frente al PIB y la población fue de 0,7 en el período 2007-2017, pero de 1,1 en el período 2013-2017.
- No hay producción doméstica de trigo en Costa Rica.
- Hay algunas exportaciones, 50.000 toneladas en 2017 de acuerdo con USDA. Probablemente estos sean transportados por tierra, ya que no aparecen en las estadísticas portuarias.
- En el pronóstico, por lo tanto, adoptamos una elasticidad de 1,1 en los años 2018-2020, luego la reduciremos gradualmente a 0,8 para el 2030, con la misma argumentación que para el desarrollo del consumo de maíz.
- Durante el período 2007-2017, en promedio se importó el 120% del consumo y el 17% fue reexportado nuevamente. En el pronóstico, adoptamos 120% y 20% respectivamente.
- La cuota de mercado de Caldera (período 2011-2017) fue, en promedio, del 95% de todas las importaciones. Ha disminuido de niveles cercanos al 100% a poco más del 90%. En el pronóstico, asumimos que la cuota de mercado se mantendrá en el 95%.
- Esto resulta en un volumen de 330.000 toneladas de trigo en 2025 y 420.000 en 2040.

#### 4.5.11 Cereales - frijoles de soja

- En 2017, se importaron 310.000 toneladas de frijoles de soja por Caldera.
- No existe una larga serie de datos disponibles sobre el consumo de soja en Costa Rica, pero el USDA habla de 306.000 toneladas en 2016 y 310.000 toneladas en 2017. Esto coincide con las importaciones por Caldera, por lo que se supone que todos los granos de soya consumidos son importados y todas las importaciones anuales se manejan por Caldera. La elasticidad contra el PIB y la población fue de 2,5 durante el período 2011-2017 y de 1,8 durante el período 2013-2017.
- En el pronóstico, adoptamos una elasticidad de 1,8 en los años 2018-2020, luego la reduciremos gradualmente a 1,3 para el 2030, con la misma argumentación que para el desarrollo del consumo de maíz y trigo.
- Se asume que se importará el 100% del consumo.
- Se supone que la cuota de mercado de Caldera permanecerá en 100%.
- Esto da como resultado un volumen de 419.000 toneladas de soja en 2025 y 620.000 en el 2040.

#### 4.5.12 Cereales - arroz

- En 2017, se importaron 130.000 toneladas de arroz por Caldera.
- El arroz se cultiva en Costa Rica, pero también se importa. Asimismo, hay exportaciones limitadas, probablemente por carretera a los países vecinos, ya que no aparecen en las estadísticas portuarias.



- A diferencia del maíz, el trigo y la soja, el arroz es solo para consumo humano. El consumo general fue más o menos constante durante los últimos 10 años, ya que el consumo *per cápita* está disminuyendo constantemente, por lo que es igual al crecimiento de la población. Por lo tanto, el consumo anual total se mantiene igual a más o menos en 232.000 toneladas.
- La producción local solía abastecer entre el 60% al 80% del consumo, pero esta cifra se ha reducido en los últimos años. En 2017, el 54% del consumo fue importado. Se espera que los niveles de producción mejoren lentamente, y que para 2025 el 50% del consumo sea importado. Este valor se mantiene constante a partir de entonces.
- La cuota de mercado de Caldera fue alrededor del 95% en 2012-2017, y del 102% en 2017. Se espera que la cuota de mercado de Caldera caerá de 102% en 2017 a 95% in 2020, manteniéndose constante después.
- Esto da como resultado que un volumen de arroz se desarrolle gradualmente hacia abajo hasta 110.000 toneladas para 2025, manteniéndose constante a partir de entonces.

#### 4.5.13 Cereales - otros cereales

- Esta categoría incluye cebada, harina de soja y otros cereales y derivados en cantidades menores. En 2017, se importó un total de 168.000 toneladas de otros cereales por Caldera.
- Los volúmenes de importación han aumentado ligeramente, de 154.000 toneladas en 2011 a 168.000 en 2017, con un descenso de 130.000 y 133.000 toneladas en 2012 y 2013. Se supone que las importaciones anuales equivalen al consumo anual.
- La elasticidad frente al PIB y la población fue de 0,6 durante el período 2011-2017 y 2,3 para 2013-2017, pero hasta 0,1 en el período 2015-2017. Esto se debe a la caída en 2012-2013, a la recuperación en los años 2014-2015 y a la estabilización del volumen en 2015-2017. En el pronóstico, suponemos una elasticidad de 0,5 en los años 2018-2020, disminuyendo lentamente a 0,3 para 2030.
- Se supone que Puerto Caldera ha tenido una cuota de mercado del 100% en el período 2011-2017, ya que ninguno de los principales productos en esta categoría aparece en las estadísticas de Limón-Moín. En el pronóstico, se supone que la cuota de mercado se mantendrá en el 100%.
- Esto da como resultado un volumen de otros cereales de 183.000 toneladas en 2025 y 201.000 toneladas en 2040.

#### 4.5.14 Cereales - pronóstico del tráfico de embarcaciones

- Se aplica un promedio de 19.000 toneladas por barco a las importaciones totales de cereales en Caldera. Con un volumen total de 2.078.000 toneladas en 2025 y 2.684.000 toneladas en 2040, esto da como resultado 109 arribos de buques en 2025 y 141 en 2040.

#### 4.5.15 Gráneles secos no comestibles - fertilizantes

- Los fertilizantes solían importarse por Puerto Caldera y la Terminal Fertica. Este último ha cerrado después de 2015; todas las importaciones de fertilizantes del Pacífico ahora se realizan por Puerto Caldera. La combinación de los datos de importación de FAOSTAT sobre fertilizantes con las estadísticas portuarias del Pacífico sugiere que la cuota de mercado promedio de los puertos del Pacífico fue del 80%. También hay pequeños volúmenes de exportación, pero no a granel por los puertos. Lo más probable es que estas exportaciones sean a países cercanos, en carretera o en contenedores.
- No hay un desarrollo claro en el volumen de fertilizantes. Las estadísticas de importaciones y utilización de FAOSTAT y BID no coinciden, pero están en el mismo orden de magnitud. Todas las estadísticas muestran una alta volatilidad año tras año.
- En el pronóstico, se adopta una importación (y utilización) promedio de 350.000 toneladas por año, en línea con los datos de importación promedio de FAOSTAT de 339.000 toneladas.
- Se supone que la cuota de mercado de Puerto Caldera se mantendrá en un promedio del 80%. Esto resulta en una importación anual de 280.000 toneladas de fertilizantes.

#### 4.5.16 Graneles secos no comestibles - *petcoke*

- Desde 2012, cada año se importan entre 120.000 y 140.000 toneladas de *petcoke* por Puerto Caldera.
- Se supone que estos niveles de importaciones continuarán, a un promedio de 130.000 toneladas por año.

#### 4.5.17 Graneles secos no comestibles – otros graneles secos

- Esta categoría incluye las importaciones de sal, yeso y cantidades menores de graneles sólidos no especificados. En 2017, se importó un total de 239.000 toneladas de otros graneles secos no comestibles por Caldera.
- Los volúmenes de importación fueron bastante volátiles, con picos en 2011 de 259.000 toneladas (incluidas 115.000 toneladas de *clinker*, que parece ser un volumen de importación aislado) y un pico en 2017 de 239.000 toneladas. En 2016, el volumen fue de tan solo 43.000 toneladas.
- No hay un desarrollo específico, por lo que el pronóstico supone un promedio de 170.000 toneladas por año, como se observó en el período 2011-2017.

#### 4.5.18 Grano seco no comestible: pronóstico de tráfico de buques

- Se aplica un promedio de 19.000 toneladas por barco al total de previsión de peso seco no comestible en Caldera. Con un volumen total de 580.000 toneladas anuales, esto da como resultado 31 arribos de buques.

#### 4.5.19 Graneles líquidos

- Las estadísticas muestran las importaciones de diésel por Puerto Caldera, a un nivel de 140.000-180.000 toneladas por año en el período 2011-2014. Desde entonces, las importaciones de diésel bajaron a cero en 2017. El puerto también maneja pequeños volúmenes de importación de aceites vegetales, desde cero hasta un máximo de 9.000 toneladas en 2015. También hay cantidades muy limitadas de exportaciones de diésel, alrededor de 1.000 a 2.000 toneladas por año, aunque con un pico de 10.000 toneladas en 2014.
- Se espera que los niveles de importación de diésel antes de 2014 no regresen y que los niveles de importación y exportación de líquidos continúen como están: en promedio 10.000 toneladas de aceites vegetales y diésel por año, principalmente importaciones y exportaciones muy limitadas.
- Con base en un análisis de los arribos de buques para el período 2007-2017, los tamaños de las vistas de los buques deben estar en el rango de 4.500-6.300 toneladas. En el pronóstico adoptamos 5.000 toneladas, por lo que se esperan un promedio de 2 arribos por año.

### 4.6 Resumen del pronóstico de volumen de carga y de tráfico para Puerto Caldera

La Tabla 4-2 y la Figura 4-1 presentan una descripción general de la previsión de comercio y tráfico para Puerto Caldera. *La previsión en la tabla es solo el caso base*, presentando una visión general de los volúmenes por grupo de productos principales y el tráfico de buques por grupo principal de productos. La figura presenta el volumen total en los casos de baja, base y alto, con volúmenes de contenedores y ro-ro convertidos en toneladas de acuerdo con el peso promedio observado en las estadísticas portuarias recientes. El escenario bajo y alto se basan en las variaciones en las elasticidades de la evolución de los productos básicos frente a los controladores económicos y las cuotas del mercado portuario. Las tablas completas de los tres escenarios de pronóstico están disponibles en los anexos de este informe.

Tabla 4-2 resumen del volumen de carga del caso base de Puerto Caldera y pronóstico del tráfico de buques

Producto	unidad	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2030	2035	2040	TCA C 17- 40
<b>Contenedores</b>	1000 TEU	290	308	319	324	330	336	341	347	353	419	497	577	3,0%
<b>Contenedores</b>	1000 toneladas	2.142	2.369	2.454	2.497	2.541	2.585	2.628	2.672	2.715	3.224	3.830	4.439	3,2%
<b>Ro-ro</b>	1000 toneladas	65	165	579	680	681	682	683	685	686	692	698	705	10,9%
<b>Carga general</b>	1000 toneladas	608	546	533	519	527	536	545	554	563	624	714	805	1,2%
<b>Cereales</b>	1000 toneladas	1.739	1.758	1.794	1.829	1.881	1.932	1.982	2.031	2.078	2.293	2.495	2.684	1,9%
<b>Graneles sólidos no comestibles</b>	1000 toneladas	660	580	580	580	580	580	580	580	580	580	580	580	-0,6%
<b>Graneles líquidos</b>	1000 toneladas	6	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	2,4%
<b>Total</b>	1000 toneladas	5.219	5.428	5.950	6.115	6.220	6.325	6.429	6.531	6.632	7.422	8.327	9.223	2,5%

**Tráfico de buques**

<b>Contenedores</b>	arribas	259	266	272	274	276	277	279	281	282	335	398	461	
<b>Ro-ro</b>	arribas	102	115	229	226	227	229	230	232	233	241	249	257	
<b>Carga general</b>	arribas	107	133	129	125	124	124	124	124	123	129	145	162	
<b>Graneles sólidos</b>	arribas	121	123	125	127	130	132	135	137	140	151	162	172	
<b>Graneles líquidos</b>	arribas	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
<b>Total</b>	arribas	589	639	758	753	759	764	770	775	781	858	956	1.053	

Se espera que el volumen de carga en Puerto Caldera se desarrolle de los actuales 5,2 millones de toneladas en 2017 a 6,1 millones de toneladas en el corto plazo (2020), a 6,6 millones de toneladas en el medio plazo (2025) hasta 9,2 millones de toneladas en el largo plazo (2040). El crecimiento relativamente limitado se debe a la competencia que Puerto Caldera experimentará en Limón-Moín, cuando se abra la nueva TCM, para quitar parte del mercado de contenedores de Puerto Caldera.

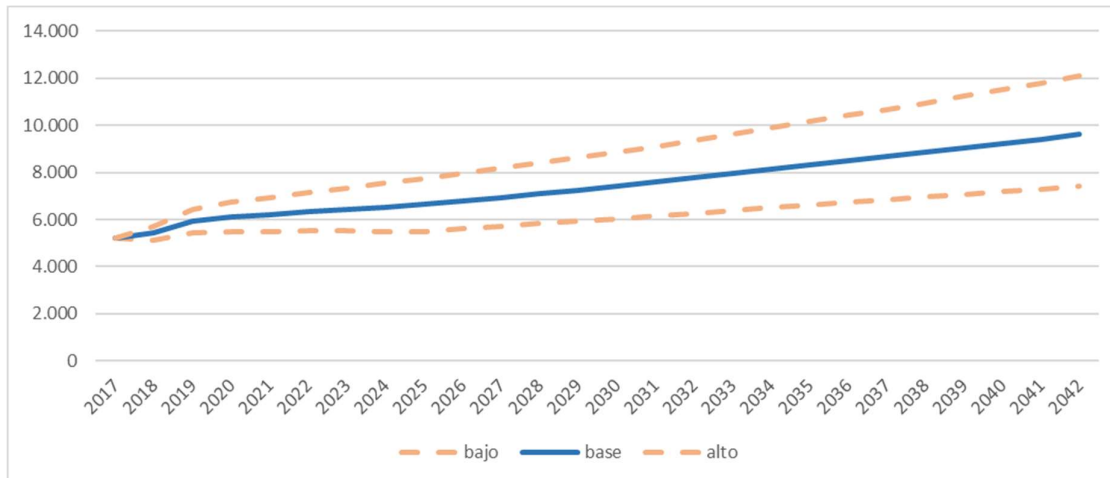


Figura 4-1 Pronóstico de volumen de carga para los escenarios bajo, base y alto (1000 toneladas)

#### 4.7 Restricciones de infraestructura o de mercado a los tamaños de los buques

La infraestructura marítima actual en Puerto Caldera tiene sus limitaciones en términos de tamaño de la nave. El buque a granel máximo que se traerá completamente cargado es de aproximadamente 50.000 toneladas. Un análisis de recipiente a granel seca llama sígnale un acrecentamiento en arribos de buques con 45.000 a 50.000 toneladas de carga a granel seco. En 2016, hubo 11 buques que trajeron más de 45.000 toneladas, mientras que en 2011 no hubo ninguno. Sin embargo, la mayoría de los arribos de naves está muy por debajo de este tamaño. Se espera que la fragmentación del mercado y la variedad de los productos básicos (cereales, varios tipos de fertilizantes, y otra carga seca a granel) dicta que siguen siendo pequeños tamaños de arribos, en lugar de las limitaciones de la infraestructura. Solo que, para los cereales principales, comercializados en grandes cantidades, puede haber alguna limitación en el tamaño de los buques en Caldera.

El portacontenedor máximo en el puesto de atraque 1 tiene una capacidad de aproximadamente 3.000 TEU. Algunos más grandes de hasta 4.500 TEU podrían ser recibidos en el puesto de atraque 4, pero esto interferiría con las operaciones de carga seca a granel. En el mercado de contenedores, una mayor profundidad generaría la posibilidad de atraer arribos directos de líneas desde el Lejano Oriente. Esto requeriría la capacidad de recibir embarcaciones de hasta 8.000 TEU (que necesitan una profundidad de 14,5 m), en comparación con Puerto Quetzal en Guatemala, que tiene dos arribos directos desde el Lejano Oriente y uno del Mediterráneo, con tamaños en el rango de 4.700 a 6.800 TEU y un tamaño máximo de buque de 7.800 TEU.

#### 4.8 Análisis FODA

Se resume la posición competitiva y el potencial de mercado para Puerto Caldera en un análisis FODA.

Tabla 4-3: Análisis FODA del Puerto Caldera

Fortalezas	Oportunidades
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fuerte posición como puerto de entrada para casi todas las importaciones de cereales en Costa Rica.</li> <li>• Fuerte posición como el puerto mayor de la costa Pacífica de Costa Rica.</li> <li>• Alto rendimiento de operaciones dada la infraestructura y el equipo disponibles.</li> <li>• Buen crecimiento del volumen de carga en los últimos años</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Crecimiento del comercio con el Lejano Oriente (sobre todo con China).</li> <li>• Crecimiento de la economía de Costa Rica en varios sectores que generan importaciones y exportaciones marítimas.</li> <li>• Ampliación de la ruta 27 San José a Caldera.</li> </ul>
Debilidades	Amenazas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limitaciones en la infraestructura marítima (profundidad limitada de los puestos 1,2 y 3, El tiempo de inactividad en el Puesto 4).</li> <li>• Limitaciones en la superficie de los patios del puerto.</li> <li>• Limitaciones en las operaciones (descarga de graneles secos solo directamente en camiones).</li> <li>• Limitaciones en el acceso terrestre (capacidad limitada de puertas de acceso y escalas, falta de estacionamiento de camiones).</li> <li>• Todos estos factores resultan potencialmente en congestión y cargas por demoras.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollo y crecimiento de la Terminal de Contenedores de Moín, resultando en pérdida de mercado de contenedores.</li> <li>• Ampliación de la ruta 32 de San José a Limón-Moín, resultando en pérdida de mercado en general.</li> <li>• Pérdida de mercado de contenedores (y menos probable otra carga) por causa de demoras frecuentes / perdido de líneas de contenedores por causa de demoras frecuentes (ya existe una línea feeder exclusivamente entre Caldera y Balboa para que las demoras en Caldera no pueden afectar a otros puertos en una cadena de puertos múltiples).</li> </ul>

El puerto tiene una buena posición y funciona bien dada la infraestructura y el equipo disponibles. Pudo expandir su base de carga en los últimos años, pero ahora roza los límites de capacidad en varios campos: infraestructura marítima, patios, operaciones, acceso terrestre. Es necesario superar estas limitaciones para poder atender el crecimiento futuro y evitar la pérdida de mercado. La posición competitiva frente a Limón-Moín será más importante en los próximos años, se espera que la inauguración de la Terminal de Contenedores de Moín en 2019 y la ampliación de la carretera 32 impulsen el complejo portuario de Limón-Moín. Si Caldera logra superar sus límites de capacidad y expandir la capacidad, puede beneficiarse del crecimiento del comercio con el Lejano Oriente y de las importaciones y exportaciones marítimas generadas por la economía costarricense en general.

## 4.9 Visión general del pronóstico del escenario base

La Tabla 4-4 proporciona una descripción general del pronóstico del escenario base para Puerto Caldera, tanto para el volumen de carga como para el tráfico de embarcaciones.

Tabla 4-4: Visión general del pronóstico de los volúmenes de carga y tráfico de buques

Producto	unidad	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2030	2035	2040
<b>Volumen de carga</b>													
<b>Contenedores</b>	1000 TEU	290	308	319	324	330	336	341	347	353	419	497	577
<b>Contenedores</b>	1000 toneladas	2.142	2.369	2.454	2.497	2.541	2.585	2.628	2.672	2.715	3.224	3.830	4.439
<b>Ro-ro</b>	1000 toneladas	65	165	579	680	681	682	683	685	686	692	698	705
<b>Carga general</b>	1000 toneladas	608	546	533	519	527	536	545	554	563	624	714	805
<b>Cereales</b>	1000 toneladas	1.739	1.758	1.794	1.829	1.881	1.932	1.982	2.031	2.078	2.293	2.495	2.684
<b>Graneles sólidos no comestibles</b>	1000 toneladas	660	580	580	580	580	580	580	580	580	580	580	580
<b>Graneles líquidos</b>	1000 toneladas	6	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
<b>Todos los productos</b>	1000 toneladas	5.219	5.428	5.950	6.115	6.220	6.325	6.429	6.531	6.632	7.422	8.327	9.223
<b>Tráfico de buques</b>													
<b>Contenedores</b>	arribos	259	266	272	274	276	277	279	281	282	335	398	461
<b>Ro-ro</b>	arribos	102	115	229	226	227	229	230	232	233	241	249	258
<b>Carga general</b>	arribos	107	133	129	125	124	124	124	124	123	129	145	162
<b>Granel seco</b>	arribos	121	123	125	127	130	132	135	137	140	151	162	172
<b>Graneles líquidos</b>	arribos	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
<b>Total</b>	arribos	589	639	758	753	759	764	770	775	781	858	953	1.053

La Tabla 4-5 da una visión general de pronóstico en el escenario de profundidad extendida.

Tabla 4-5: Visión general del pronóstico de los volúmenes de carga y tráfico de buques en el escenario de profundidad extendida

Producto	unidad	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2030	2035	2040
<b>Volumen de carga</b>													
Contenedores	1000 TEU	290	308	319	324	337	350	363	377	392	465	553	641
Contenedores	1000 toneladas	2.142	2.369	2.454	2.497	2.594	2.693	2.797	2.905	3.016	3.583	4.255	4.933
Ro-ro	1000 toneladas	65	165	579	680	681	682	683	685	686	692	698	705
Carga general	1000 toneladas	608	546	533	519	527	536	545	554	563	624	714	805
Cereales	1000 toneladas	1.739	1.758	1.794	1.829	1.881	1.932	1.982	2.031	2.078	2.293	2.495	2.684
Graneles sólidos no comestibles	1000 toneladas	660	580	580	580	580	580	580	580	580	580	580	580
Graneles líquidos	1000 toneladas	6	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Todos los productos	1000 toneladas	5.219	5.428	5.950	6.115	6.273	6.434	6.598	6.764	6.934	7.781	8.753	9.717
<b>Tráfico de buques</b>													
Contenedores	arribos	259	266	272	274	281	289	303	317	332	419	498	577
Ro-ro	arribos	102	115	229	226	227	229	230	232	233	241	249	257
Carga general	arribos	107	133	129	125	124	124	124	124	123	129	145	162
Granel seco	arribos	121	123	125	127	130	132	135	137	140	151	162	172
Graneles líquidos	arribos	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
<b>Total</b>	arribos	589	639	758	753	765	776	794	812	830	942	1.056	1.169

## 4.10 Escenarios bajo y alto Puerto Caldera

Se han desarrollado un escenario bajo y otro alto para Puerto Caldera, con base en las variaciones en las tasas de crecimiento de la carga y la evolución de la cuota de mercado portuaria. En el escenario bajo, se consideran menores tasas de crecimiento, así como una cierta pérdida de cuota de mercado para Limón-Moín después de la apertura de TCM. En el alto, se han planteado mayores tasas de crecimiento. La Tabla 4-6 proporciona una visión general de las variaciones en los supuestos de crecimiento y cuota de mercado para el escenario bajo y alto, en comparación con el base.

Tabla 4-6: Variaciones en el escenario bajo y alto frente a las suposiciones del base

Producto	Escenario base	Escenario bajo	Escenario alto
<b>Contenedores</b>	Elasticidad al PIB: 1,0 Cuota de mercado: 20% a 18%	Elasticidad al PIB: 0,8 Cuota de mercado: 20% a 16%	Elasticidad al PIB: 1,2 Cuota de mercado: 20%
<b>Ro-ro vehículos</b>	Elasticidad al PIB-pob: 0,9 Cuota de mercado: 90% a 75%	Elasticidad al PIB: 0,7 Cuota de mercado: 90% a 65%	Elasticidad al PIB: 1,1 Cuota de mercado: 90 a 85%
<b>Ro-ro ferry CR-ES</b>	2 servicios a la semana 200 camiones por servicio	3 servicios a la semana 200 camiones por servicio	4 servicios a la semana 200 camiones por servicio
<b>Acero y hierro</b>	Elasticidad al PIB: 1,5 a 1,0 Cuota de mercado: 80% a 65%	Elasticidad al PIB: 1,3 a 0,8 Cuota de mercado: 80% a 55%	Elasticidad al PIB: 1,7 a 1,2 Cuota de mercado: 80% a 75%
<b>Carga general</b>	Volumen Costa Rica: 325.000 toneladas Cuota de mercado: 40%	Volumen Costa Rica: 260.000 toneladas Cuota de mercado: 40% a 30%	Volumen Costa Rica: 360.000 toneladas Cuota de mercado: 40% a 50%
<b>Atún</b>	10.000 toneladas	8.000 toneladas	12.000 toneladas
<b>Fruta paletizada</b>	Reducción a cero para 2028	Reducción a cero para 2024	Reducción a cero para 2032
<b>Maíz</b>	Elasticidad al PIB-pob: 1,6 a 0,8 Cuota de mercado: 100% a 95%	Elasticidad al PIB: 1,5 a 0,6 Cuota de mercado: 100% a 90%	Elasticidad al PIB: 1,7 a 1,0 Cuota de mercado: 100%
<b>Trigo</b>	Elasticidad al PIB-pob: 1,1 a 0,8 Cuota de mercado: 95%	Elasticidad al PIB: 1,0 a 0,6 Cuota de mercado: 95% a 90%	Elasticidad al PIB: 1,2 a 1,0 Cuota de mercado: 95%
<b>Frijoles de soja</b>	Elasticidad al PIB-pob: 1,8 a 1,3 Cuota de mercado: 100%	Elasticidad al PIB: 1,6 a 1,0 Cuota de mercado: 100% a 90%	Elasticidad al PIB: 2,0 a 1,6 Cuota de mercado: 100%
<b>Arroz</b>	Costa Rica cons.: 232.000 toneladas Proporción de importación 54% a 50% Cuota de mercado: 102 a 95%	Costa Rica cons.: 200.000 toneladas Proporción de importación e 54% a 40% Cuota de mercado: 102% a 90%	Costa Rica cons.: 260.000 toneladas Proporción de importación 54% a 60% Cuota de mercado: 102% a 100%
<b>Otros cereales</b>	Elasticidad al PIB -pob: 0,5 a 0,3 Cuota de mercado: 100%	Elasticidad al PIB: 0,4 a 0,1 Cuota de mercado: 100% to 90%	Elasticidad al PIB: 0,6 a 0,5 Cuota de mercado: 100%
<b>Fertilizantes</b>	Importaciones Costa Rica: 350.000 toneladas Cuota de mercado: 80%	Importaciones Costa Rica: 320.000 toneladas Cuota de mercado: 70%	Importaciones Costa Rica: 380.000 toneladas Cuota de mercado: 90%
<b>Petcoke</b>	Volumen 130.000 toneladas	Volumen 110.000 toneladas	Volumen 150.000 toneladas
<b>Otros graneles sólidos no comestibles</b>	Volumen 170.000 toneladas	Volumen 130.000 toneladas	Volumen 210.000 toneladas
<b>Graneles líquidos</b>	Volumen 10.000 toneladas	Volumen 5.000 toneladas	Volumen 15.000 toneladas

Fuente: cálculos del consultor

Las Tabla 4-6 y Tabla 4-7 dan una visión general de los escenarios bajo y alto, respectivamente. La Figura 4-2 muestra el pronóstico de los volúmenes de carga de los tres escenarios en una única figura.



Tabla 4-7: Visión general del pronóstico del escenario bajo (volúmenes de carga y tráfico de buques) para Puerto Caldera

Producto	unidad	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2030	2035	2040
<b>Volumen de carga</b>													
Contenedores	1000 TEU	259	305	314	312	310	307	304	301	297	341	391	440
Contenedores	1000 toneladas	2.142	2.352	2.420	2.405	2.387	2.366	2.342	2.315	2.285	2.623	3.011	3.391
Ro-ro	1000 toneladas	65	128	400	464	465	465	466	467	468	472	477	482
Carga general	1000 toneladas	608	487	452	396	396	396	395	395	406	459	514	568
Cereales	1000 toneladas	1.739	1.699	1.690	1.678	1.720	1.761	1.800	1.838	1.873	2.017	2.149	2.270
Graneles sólidos no comestibles	1000 toneladas	660	464	464	464	464	464	464	464	464	464	464	464
Graneles líquidos	1000 toneladas	6	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
<b>Todos los productos</b>	1000 toneladas	5.219	5.135	5.430	5.494	5.505	5.510	5.509	5.502	5.500	6.041	6.622	7.180
<b>Tráfico de buques</b>													
Contenedores	arribos	259	235	242	240	238	236	234	231	228	262	301	339
Ro-ro	arribos	102	84	157	152	153	153	154	155	156	160	165	170
Carga general	arribos	107	119	109	97	93	90	87	84	86	96	106	116
Granel seco	arribos	121	114	113	113	115	117	119	121	123	131	138	144
Graneles líquidos	arribos	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>Total</b>	arribos	589	582	649	635	628	621	614	606	603	660	723	783

Fuente: cálculos del consultor

Tabla 4-8: Visión general del pronóstico del escenario alto (volúmenes de carga y tráfico de buques) para Puerto Caldera

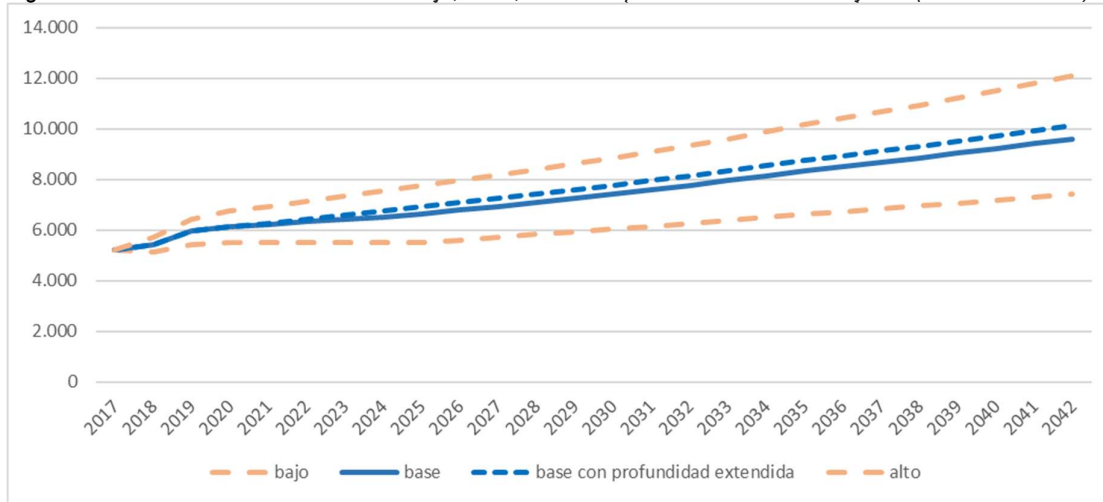
Producto	unidad	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2030	2035	2040
<b>Volumen de carga</b>													
Contenedores	1000 TEU	290	310	323	337	351	366	381	397	414	508	624	745
Contenedores	1000 toneladas	2.142	2.385	2.488	2.593	2.702	2.815	2.933	3.056	3.185	3.912	4.806	5.735
Ro-ro	1000 toneladas	65	202	757	896	898	900	901	903	905	913	921	928
Carga general	1000 toneladas	608	595	615	635	651	668	685	703	721	815	943	1.088
Cereales	1000 toneladas	1.739	1.798	1.858	1.918	1.978	2.038	2.098	2.157	2.215	2.503	2.779	3.042
Graneles sólidos no comestibles	1000 toneladas	660	702	702	702	702	702	702	702	702	702	702	702
Graneles líquidos	1000 toneladas	6	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
<b>Todos los productos</b>	1000 toneladas	5.219	5.698	6.435	6.758	6.946	7.138	7.334	7.536	7.742	8.860	10.166	11.511
<b>Tráfico de buques</b>													
Contenedores	arribos	259	238	249	259	270	281	293	305	318	391	480	573
Ro-ro	arribos	102	132	288	288	290	292	295	297	299	309	319	328
Carga general	arribos	107	146	148	150	152	153	155	157	159	169	189	216
Granel seco	arribos	121	132	135	138	141	144	147	150	154	169	183	197
Graneles líquidos	arribos	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
<b>Total</b>	arribos	589	680	850	864	879	895	911	928	945	1.056	1.194	1.340

Fuente: cálculos del consultor

Tabla 4-9: Visión general del pronóstico del escenario alto (volúmenes de carga y tráfico de buques) para Puerto Caldera con la profundidad extendida para los contenedores

Tipo de carga	unidad	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2030	2035	2040
Contenedores	1000TEU	290	310	323	337	358	380	404	429	455	559	687	819
	1000ton	2.142	2.385	2.488	2.593	2.756	2.928	3.109	3.301	3.503	4.303	5.286	6.309
Ro-Roro	1000ton	65	202	757	896	898	900	901	903	905	913	921	928
Carga General	1000ton	608	595	615	635	651	668	685	703	721	815	943	1.088
Cereales Graneles sólidos	1000ton	1.739	1.798	1.858	1.918	1.978	2.038	2.098	2.157	2.215	2.503	2.779	3.042
Graneles sólidos no comestible	1000ton	660	702	702	702	702	702	702	702	702	702	702	702
Graneles Líquidos	1000ton	6	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
<b>Total</b>	<b>1000ton</b>	<b>5.219</b>	<b>5.698</b>	<b>6.435</b>	<b>6.758</b>	<b>7.000</b>	<b>7.250</b>	<b>7.510</b>	<b>7.781</b>	<b>8.061</b>	<b>9.251</b>	<b>10.647</b>	<b>12.085</b>

Figura 4-2 Pronóstico de los escenarios bajo, base, base con profundidad extendida y alto (1.000 toneladas)



Fuente: cálculos del consultor

## 5 CAPACIDADES REQUERIDAS

### 5.1 Náutica

#### 5.1.1 Introducción

Para asegurarse de que los diseños del Plan Maestro cumplan con todos los requisitos, se realizó una evaluación preliminar para determinar las dimensiones del canal de aproximación, el área de giro, las dársenas del puerto y las zonas de maniobra.

La previsión de comercio y tráfico (capítulo 4) proporciona los requisitos del puerto en términos de tipo, tamaño y número de embarcaciones que arriban al puerto y que deben atracar allí simultáneamente.

El diseño del canal de entrada, las áreas de maniobra y las dársenas portuarias (alineación, anchura y profundidad) se basan en las pautas de PIANC, la opinión de expertos y las experiencias en proyectos similares.

En este capítulo primero se presentan los criterios por considerar para el diseño. Las siguientes secciones muestran las dimensiones de los diversos componentes de infraestructura húmeda.

#### 5.1.2 Criterios de diseño considerados

##### 5.1.2.1 Buques de diseño

Los buques de diseño por ser considerados en el Plan Maestro se presentan en la Tabla 5-1.

Tabla 5-1: los buques de diseño

Producto	Tipo de buque	Tonelada	LOA [m]	Manga [m]	Calado [m]
Contenedores	<i>mainliners</i>	5,600 (TEU)	270	37,8	13
	<i>mainliners</i>	8,500 TEU	300	48,0	13
	<i>feeders</i>	2.000 (TEU)	200		11
Ro-ro		70.000	220	23,3	10
Carga general		23.000	180	28,0	10
Carga a granel	<i>handymax</i>	42.000	210	32,5	12
	<i>handysize</i>	35.000	180	32,0	10
Ferry		200 (camiones)	150	25	6

##### 5.1.2.2 Operaciones de pilotaje existentes

Esta sección presenta una descripción de los procedimientos de los pilotos, y los cuales son aplicados actualmente.

Las maniobras de atraque y desatraque se realizan por el piloto práctico de turno. El pilotaje de todas las operaciones comerciales se hace desde Caldera y para ello se cuenta con 4 pilotos que ingresan los buques a 1,5 nm (2,8 Km) fuera del puerto.

Toda embarcación, cualquiera que sea su nacionalidad, tráfico, clasificación, eslora, calado y superior a los 250 TRB que deba usar el canal de acceso, atracar, desatraque o realizar cualquier movimiento o maniobra

dentro de la rada, deberá cumplir con el reglamento establecido por la Autoridad Portuaria y con las normas establecidas por el Prestatario del Servicio. La asistencia del piloto oficial es obligatoria para asesorar al Capitán de la nave en las maniobras de atraque y desatraque al muelle. El capitán debe, acatar estrictamente las indicaciones que le formule el práctico. El espacio libre especificado bajo la quilla es de 1 metro, una decisión tomada por el INCOP en la que el gestor no interviene.

El viento máximo con el que se puede atracar los barcos depende de la embarcación. Para el transporte de vehículos el máximo es 20 nudos (37 Km/h), los portacontenedores un máximo de 25 nudos (46,3 Km/h) y, para graneleros, un máximo 30 a 35 nudos (55,6-64,8 Km/h).

### 5.1.2.3 Servicios de remolcadores y atraques actuales

Esta sección presenta una descripción de los procedimientos actuales para los remolcadores,

Los servicios prestados por la concesionaria SAAM incluyen remolcadores, pilotaje y lanchaje. Toda nave con Tonelaje de Registro Bruto (TRB) superior a 500 toneladas está obligada a utilizar remolcador para las maniobras de atraque y desatraque.

Los remolcadores, arrendados o propiedad del Gestor, que lleguen a Puerto Caldera para la reposición o ampliación de la flota, deberán disponer de un tiro de bolardo (*bollard pull*) mínimo de 35 toneladas, motores marinos, equipos contra incendio (espuma y agua), medios de comunicación estándar internacional, así como corresponder a las características de remolcadores empleados a escalainternacional para un tráfico semejante al de la costa del Pacífico costarricense.

En condiciones normales, las maniobras de atraque de los remolcadores se efectúan dentro de los siguientes parámetros.

Tabla 5-2: Tiempos de operación de los remolcadores de la concesionaria SAAM

Servicio	Caldera	Puntarenas	Punta Morales
<b>Atraque</b>	60 minutos	60 minutos	60 minutos
<b>Desatraque</b>	60 minutos	60 minutos	60 minutos
<b>Tiempo de desplazamiento desde Puerto Caldera</b>	5 minutos	50-60 minutos	110- 120 minutos

### 5.1.3 Zonas de atraque

El barco debe poder permanecer en el muelle, incluso para el nivel más bajo de agua. Por lo tanto, las profundidades son relativas al nivel más bajo de agua (NMBS).

El espacio libre debajo de la quilla (UKC) es la distancia entre la quilla del barco y la parte inferior del canal. En este estudio, la UKC (Figura 5-1) está relacionada con el llamado fondo "náutico". El UKC se expresa a menudo como un porcentaje del calado del barco.

El fondo náutico corresponde a la profundidad mínima mantenida; no se consideran los márgenes de sobre dragado ni las trampas de sedimentación.

En esta etapa se estima un UKC mínimo de 1m para que el barco permanezca en el puesto atraque. Este UKC incluye los movimientos inducidos por las olas, la escora provocada por los remolcadores y la escora inducida por el viento.

Un UKC de 1m es el aconsejado para el puesto de atraque y se considera suficiente para las áreas de atraque. Lo anterior conforme las prácticas usuales en otros puertos (incluyendo el Puerto de Rotterdam). En la etapa de diseño detallado (no es parte del alcance del Plan Maestro), este número de referencia puede ser investigado/confirmado por estudios detallados.

En vista de lo anterior, los calados máximos estimados de la nave para cada puesto de amarre son:

Tabla 5-3: los calados máximos estimados de la nave para cada amarre

Producto	Tipo de buque	Ton	LOA [m]	Manga [m]	Calado [m]	Fondo náutico [m]
	<i>mainliners</i>	5.600 (TEU)	270	37,8	13	14
<b>Contenedores</b>	<i>mainliners</i>	8.500 TEU	300	48,0	13	14
	<i>feeders</i>	2.000 (TEU)	200		11	12
<b>Ro-ro</b>		70.000	220	23,3	10	11
<b>Carga general</b>		23.000	180	28,0	10	11
<b>Carga a granel</b>	<i>handymax</i>	42.000	210	32,5	12	13
	<i>handysize</i>	35.000	180	32,0	10	11
<b>Ferry</b>		200 (camiones)	150	25	6	7

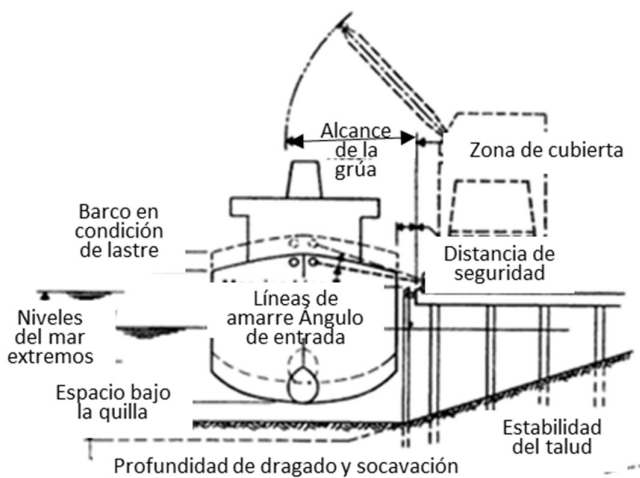


Figura 5-1: Espacio libre debajo de la quilla

### 5.1.4 La dársena

#### Ancho de la dársena

El diámetro del círculo de giro máximo es de 450 m. Por regla general, el círculo de giro necesario debe ser 1,4 - 1,6 x la longitud del buque, dependiendo de las condiciones ambientales, del tipo de barco y del uso de los propulsores y remolcadores. Entonces la longitud máxima de la embarcación que puede atracar en Puerto Caldera es de 280-320 m.

Por lo tanto, el ancho de la dársena de maniobras existente es suficiente para los barcos de diseño considerados en el Plan Maestro.

La dársena se utiliza como canal de aproximación a los atraques, así como a la de giro. La longitud de la dársena debe proporcionar espacio suficiente para que los buques de diseño se detengan. Teniendo en cuenta la baja velocidad del barco al entrar en el puerto y un ancho que cuenta con cierta deriva del barco, debe considerarse una longitud de 600 m (dos veces la longitud del barco de diseño) en el diseño del Plan Maestro del puerto.

La dársena del puerto debe proporcionar un área de giro suficientemente protegida del oleaje. Con el fin de reducir el costo de dragado y el de la construcción del rompeolas (si es aplicable para proporcionar suficiente deflector de la dársena), es preferible reducir el diámetro si es posible (por ejemplo, mediante el uso de remolcadores como se explica a continuación).

Para permitir las maniobras de giro en el puerto al llegar o salir, se debe proporcionar un diámetro mínimo de la dársena de giro. Con base en varias pautas, el diámetro mínimo de la dársena de giro en relación con la longitud del barco de diseño se expresa continuación. Esta guía de diseño conceptual debe optimizarse con más detalle mediante el uso de simulaciones de maniobra de barcos. La recomendación de ([9] PIANC, 2014) se considera conservadora, ya que PIANC no impone ninguna restricción, por ejemplo. uso de remolcadores y propulsores, condiciones de corriente moderadas, etc.

*Tabla 5-4: Recomendaciones generales para el diámetro de la dársena de maniobras basado en guías internacionales*

Referencia	Diámetro del círculo de giro	Comentario
<b>PIANC (2014)</b>	2,0 * LOA	-
<b>CEM</b>	1,5 * LOA	Baja velocidad de corriente
	1,2 * LOA	Sin corriente
<b>ROM</b>	1,8 * LOA	Remolcadores, no propulsores
	1,6 * LOA	Remolcadores & propulsores
	1,4 * LOA	Remolcadores & propulsores y margen de seguridad porque las condiciones están por debajo de las limitantes en la ROM página 256
<b>UFC</b>	1,5 * LOA	Remolcadores & condiciones de corrientes y viento moderadas

En Caldera, los remolcadores se utilizan para girar los barcos de diseño, y las condiciones ambientales (especialmente el viento y las corrientes) son relativamente tranquilas. En más del 98% del tiempo la velocidad del viento es menos de 8m/s (Ver Figura 3-1) y la velocidad de corriente en la dársena está por el orden de 7 cm/s (Ver Sección 3.2.4). Por lo tanto, en la presente etapa del proyecto, se aplica un diámetro de dársena de giro de 1,5 veces la longitud del barco.

Esto da como resultado los siguientes diámetros para los diferentes barcos:

Tabla 5-5: Diámetros de la dársena de giro para los diferentes barcos

Producto	tipo de buque	ton	LOA [m]	Manga [m]	Calado [m]	Diámetro del círculo de giro [m]
<b>Contenedores</b>	<i>mainliners</i>	5.600 (TEU)	270	37,8	13	405
	<i>mainliners</i>	8.500 TEU	300	48,0	13	450
	<i>feeders</i>	2.000 (TEU)	200		11	300
<b>Ro-ro</b>		70.000	220	23,3	10	330
<b>Carga general</b>		23.000	180	28,0	10	270
<b>Carga a granel</b>	<i>handymax</i>	42.000	210	32,5	12	315
	<i>handysize</i>	35.000	180	32,0	10	270
<b>Ferry</b>		200 (camiones)	150	25	6	225

Las dimensiones mencionadas anteriormente deben verificarse y optimizarse en la etapa de diseño detallado, mediante simulaciones de maniobra en tiempo real, que incluyen, además de las dimensiones de la infraestructura, el efecto de remolcadores, vientos y olas.

#### Fondo náutico de la dársena

Cuando se navega con ventanas de marea, estos niveles de agua pueden añadirse (en parte) al NMBS para obtener la profundidad de agua disponible.

Un barco que navega por el canal en un cierto estado de mar (dirección de ola, altura significativa, período pico) se encontrará con olas altas y bajas. Algunas de estas olas con direcciones, longitudes y alturas desfavorables causarán grandes movimientos verticales, mientras que otras no lo harán. Las más "desfavorables" causarán una respuesta vertical tan grande de la nave que esta tocará el fondo. Sin embargo, nunca hay una certeza, sino solo una "probabilidad" de que un barco encuentre o no estas olas desfavorables y que toque el fondo durante un tránsito específico.

Además de la respuesta del barco a las olas, también la escora debida al viento y el efecto *squat* (variación del calado por navegación en aguas poco profundas) causa movimientos verticales del barco en navegación. El efecto *squat* es el efecto combinado de hundimiento y asiento debido a la velocidad de avance de la nave, e incrementa al aumentar la velocidad y disminuir la profundidad del agua. Los buques portacontenedores y los transportistas de automóviles son especialmente propensos a los picos de los fuertes vientos cruzados. El balanceo del barco causa un hundimiento de la quilla de balance del barco y, por lo tanto, aumenta el calado del barco.

La UKC requerida y, por lo tanto, la profundidad, está determinada por el más estricto de los siguientes dos criterios (para la UKC):

- c. Criterio de maniobra: Para que el barco siga siendo controlable y maniobrable, se debe mantener un determinado UKC. El 'margen de maniobrabilidad' (MM) se utiliza para definir el espacio libre bajo el barco promediado en tiempo. Por lo tanto, la distancia promediada en el tiempo entre el barco y el fondo del canal siempre debe exceder un valor mínimo para garantizar una maniobrabilidad adecuada.
- d. Criterio de contacto con el fondo: para que el barco lo evite, la combinación de respuesta de movimiento vertical y de *squat* con viento y olas debe exceder el UKC bruto del barco.



Como se discutió anteriormente, los factores relacionados con la nave son los más importantes en el diseño vertical de canales. Aparte del calado, los factores de la nave se pueden estimar por separado para el *squat* de la nave ya descrito, la escora dinámica y el margen de respuesta de la ola, o también se pueden combinar. En lugar de estimar cada uno por separado, un enfoque más simple para la etapa de diseño conceptual es combinarlos en un factor F relacionado con el barco que incluya todos estos efectos del barco. Una aproximación depende de la velocidad de la nave, la intensidad de los efectos de las olas en la nave de diseño con su calado máximo T y el tipo de canal (Tabla 5-6).

Tabla 5-6: Componentes de profundidad de canal y estimaciones de proyecto de aire para el diseño conceptual (fuente PIANC 2014)

Descripción	Velocidad del barco	Condiciones de oleaje	Fondo del canal	Canal interior	Canal exterior	
<b>Factores relacionados con el barco <math>F_s</math></b>						
<b>Depth <math>h</math></b>	$\leq 10$ kts			1,10 T		
	10 - 15 kts	Ninguno		1,12 T		
	$> 15$ kts			1,15 T		
	Todos		Swell reducido ( $H_s < 1$ m)			1,15 T a 1,2 T
			Swell moderado ( $1 \text{ m} < H_s < 2$ m)			1,2 T a 1,3 T
			Swell alto ( $H_s > 2$ m)			1,3 T a 1,4 T
<b>Añadir para el tipo de fondo del canal</b>						
Todo	Todo		Barro	Ninguno	Ninguno	
			Arena/Arcilla	0,4 m	0,5 m	
			Roca/Coral	0,6 m	1,0 m	
<b>Altura de obra muerta libre (ADC)</b>						
<b>ADC</b>	Todo	Todo		0,05 Hst	0,05 Hst + 0,4 T	

**Notas:**

1. Para factores relacionados con el barco: Suponga que  $T > 10$  m. Si  $T < 10$  m, use valor para  $T = 10$  m (T es el calado del barco)
2. *Swell* significa olas con períodos pico  $T_p$  mayores de 10 s
3. Para los valores de oleaje *swell* del canal externo, use un valor más bajo para períodos más pequeños del oleaje *swell* y un valor más alto para períodos más grandes del oleaje *swell*
4. El valor de la altura de ola significativa  $H_s$  depende de la operación requerida, el tipo de barco de diseño, nivel de accesibilidad, período de oleaje y dirección relativa del oleaje.
5. Hst es la distancia desde la superficie del mar hasta la parte superior del barco.
6. Densidad de agua de mar asumida para T. Ajustes adicionales requeridos si es agua fresca.

Seguendo la Secciones 2.3.1, la altura de las olas de 1m se excede en menos de un 1% en el área del puerto. Por lo tanto, en la Tabla 5-6 se selecciona el “Swell reducido,  $H_s < 1$  m”. Entonces profundidad náutica requerida para el buque con el calado más grande es:

$$1,15 * 13 (T) + 0,5 \text{ m} = 15,5 \text{ m}$$

## 5.1.5 Canal de acceso

### Anchura del canal

Siguiendo PIANC (2014), los siguientes anchos de canal se determinan para los mayores buques de diseño y se considera un canal de una vía:

Tabla 5-7: los anchos de canal para los mayores buques de diseño y un canal de una vía

Producto	tipo de buque	ton	LOA [m]	Manga [m]	Calado [m]	Anchura del canal [m]
Contenedores	mainliners	5.600 (TEU)	270	37,8	13	160
	mainliners	8.500 TEU	300	48,0	13	200

### Profundidad del canal

Las condiciones  $H_s=2,0$  m,  $Dir=210^\circ N$ ,  $T_p=14,0$  s ( $T_p$ : periodo de pico del oleaje), que se supera un 1% del tiempo (referido a la Figura 6 de la Referencia [3]). Siguiendo la Tabla 5-6 (*Swell* moderado,  $1\text{ m} < H_s < 2\text{ m}$ ), el calado requerido en el canal de acceso para el barco de diseño más grande es:

$$1,25 * 13 (T) + 0,5\text{ m} = 16,8\text{ m}$$

## 5.1.6 Fondeo

Las zonas de fondeo temporal previo al atraque en el puerto se pueden encontrar en las cartas náuticas, Figura 5-2. La profundidad máxima en el sitio de anclaje temporal es 12,9 m hasta 15,9 m. La hondura de agua requerida en el fondeadero depende de la escora inducida por el viento y la respuesta a las olas. De acuerdo con la Tabla 5-6 (*Swell* alto,  $2\text{ m} < H_s$ ), la profundidad de agua requerida se toma como  $1,3 * T$  (calado del barco)  $+0,5$  m.

El calado requerido en el fondeo para el barco de diseño más grande es:

$$1,3 * 13 (T) + 0,5\text{ m} = 17,4\text{ m}$$

Dado que el área de anclaje está expuesta, oleajes más grandes se hallan presentes en esta área en comparación con, por ejemplo, la zona de atraque, lo que resulta en un mayor movimiento del barco. Como resultado, se requerirá una mayor profundidad de dragado en el área de anclaje. La embarcación debe poder permanecer en el fondeo independientemente del nivel del agua. Por lo tanto, la profundidad en el fondeo para el barco de diseño más grande es NMBS-17,4 m. Esto significa que, para futuros buques de diseño, el área de anclaje existente debe desplazarse hacia el oeste para proporcionar suficiente profundidad para contenedores grandes.

La nueva ubicación del área de anclaje debería considerar otro desarrollo en el Golfo de Nicoya. Hay un proyecto identificado en la región, que debe considerarse al ubicar el área de anclaje futura. El proyecto está relacionado con la instalación de una monoboya para RECOPE, que se describe con más detalle en el Apéndice L-14. Teniendo en cuenta el espacio requerido y disponible para la instalación de la monoboya, el área de maniobra requerida para los buques que se aproximan / salen la instalación y el margen de seguridad asociado (consultar el Apéndice L-14 para más detalles), se propone una nueva área de anclaje para el puerto de Caldera, que se muestra en la Figura 5-3.

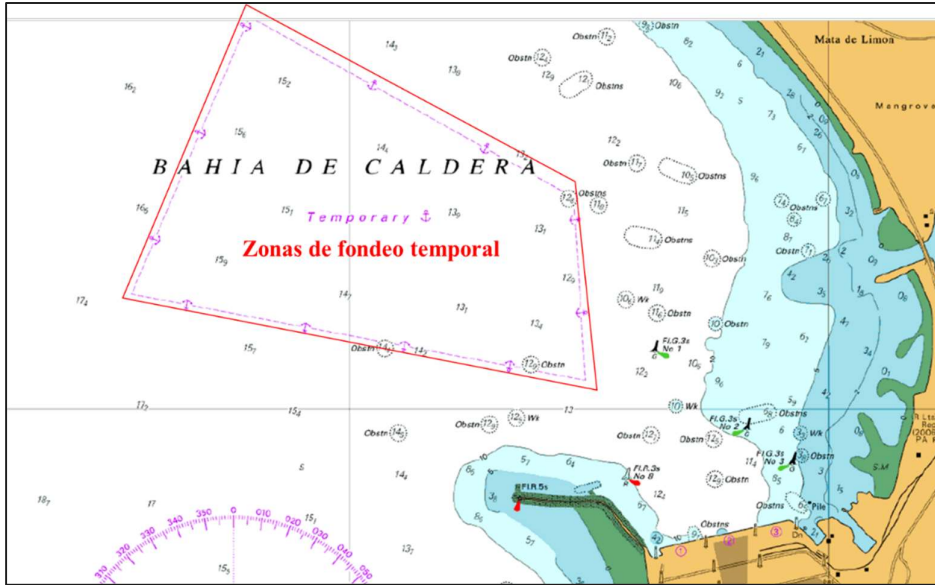


Figura 5-2: Ubicación de la zona de fondeo temporal existente



Figura 5-3: Ubicación propuesta para área de fondeo futura

### 5.1.7 Resumen de dimensiones de infraestructura marítima

En la siguiente tabla se resumen las dimensiones de infraestructura marítima:

Tabla 5-8: Resumen de las dimensiones de infraestructura marítima

Area	Profundidad náutica	Dimensiones
<b>Canales navegables</b>	16,8m	Min. 200m (ancho)
<b>Dársena</b>	15,5m	450m diámetro
<b>Fondeo</b>	17,4m	Área mostrada en la carta náutica (Figura 5-3)

## 5.2 Marítima

La capacidad marítima expresa los volúmenes que pueden ser operados en una terminal para un determinado nivel de servicio. En términos prácticos se traduce en el número de puestos de amarre y atraque requeridos, cada uno con sus dimensiones características (longitud y calado) para un determinado volumen de carga futura. El número de puestos requeridos para cada tipo de carga se puede calcular con la siguiente fórmula:

$$n^{\circ} \text{ puestos de amarre y atraque requeridos} = \frac{\text{volumen de carga (año 2042)}}{\text{productividad efectiva por puesto}}$$

La productividad por cada puesto depende principalmente de los sistemas de transferencia buque-muelle por utilizar para cada tipo de carga. Consecuentemente, para cada tipo de carga, se ha realizado el análisis que se detalla en las siguientes subsecciones.

A la vez, resulta importante resaltar que la idea rectora que se estableció para la elaboración del presente Plan Maestro es el aumento de las productividades efectivas, lo máximo posible, en cada puesto hasta alcanzar su capacidad, sin incurrir en tiempos de demoras excesivos, para luego tomar la decisión de construir nuevos puestos de amarre y atraque en un desarrollo por etapas. Finalmente, cabe destacar que varios puestos de amarre y atraque se encuentran al límite de su capacidad o limitan la actividad portuaria por diversos motivos (tiempos de espera, dimensiones generales, calados disponibles, etc.) por lo que se requerirán obras de importancia en el corto a mediano plazo.

### 5.2.1 Contenedores

Para operarlos 680.000 TEU/año, volumen de contenedores pronosticado en el escenario base (con profundidad extendida, Tabla 4-5) para 2042, se requieren equipos de transferencia buque-muelle con productividades mayores a los equipos existentes en la actualidad. Con base en la demanda futura y los cálculos realizados, en el Plan Maestro se propone instalar entre 2 y 3 grúas pórtico por cada puesto de amarre y atraque (en al menos dos puestos), con la posibilidad de utilizar 4 en un solo puesto (un total de 5 grúas pórtico se requerirían en total).<sup>2</sup> Estos aparatos logran productividades efectivas promedio de 25-35 movimientos por hora; pero para la elaboración del Plan Maestro, se asume como valor de productividad efectiva media 25 movimientos por hora (PIANC, 2014) como se expresa en la Tabla 5-1. A su vez, y también basado en los cálculos realizados, se propone combinar dichas grúas pórticos con 1 o 2 grúas móviles similares a las existentes para las operaciones con buques de cabotaje regional o *feeders*, los cuales, de acuerdo con el estudio de mercado, compondrán la mayor parte de la flota de diseño futura.

La productividad efectiva promedio entre ambos puestos será de 68 movimientos por hora, asumiendo que se usan 3 grúas pórtico en un puesto (para los de línea directa o *mainliners*) y 2 grúas pórtico con una grúa móvil (para los de cabotaje regional o *feeders*) en el otro. Limitando la ocupación máxima del puesto a 55%, valor 5% superior a lo presentado en la tarea 6, ya que se utiliza un *benchmark* propio de PCR y se adopta un valor menos teórico como relación entre el tiempo de espera y el tiempo de servicio (0,15 a 0,20, aunque podría ser mayor también) para operaciones en los dos puestos (de acuerdo con el estudio de mercado no se prevé la operación de dos buques *mainliners* en simultáneo) y un factor de relación FEU/TEU de 1,75 de acuerdo con el pronóstico, la productividad alcanzada por puesto es de 453.569 TEU por año. Un resumen de los datos utilizados en el cálculo se presenta en la Tabla 5-1. Se asume un valor típico de 330 días operacionales al año, descontando días festivos, tomando en cuenta domingos (con productividad reducida) y días de tormenta.

<sup>2</sup> Para las opciones en las que se comparte un puesto de contenedores con carga general, son necesarias al menos 6 grúas STS para no superar la ocupación máxima. Para el caso en el que la carga general tenga un puesto separado, podrían utilizarse 5 grúas STS + 1 grúa móvil.

Tabla 5-1: Datos utilizados en el cálculo de la productividad por puesto de contenedores

Datos	Valor
Volumen 2042 (escenario base, TEU)	680.000
Volumen 2042 (escenario alto, TEU)	879.000
Productividad neta grúa pórtico (mov/h)	25
Productividad neta grúa móvil (mov/h)	11
Productividad grúas total/ puesto(mov/h)	68
TEU factor	1,75
Horas laborales/día (h/día)	21
Días/año	330
Ocupación máxima	55%
Productividad promedio/puesto (TEU/año)	453.569
Puestos requeridos (escenario base en 2042)	1,5
Puestos requeridos (escenario alto en 2042)	1,94
LOA mainliners (m)	290
LOA feeders (m)	200
Longitud puestos (m)	590

El volumen de contenedores pronosticado para el año 2042 para el escenario base (680.000 TEU) podrá ser operado en 2 puestos de amarre y atraque con al menos 5 grúas pórtico y 1 grúa móvil, alcanzando una productividad de 453.569 TEU por año por puesto. Uno de los puestos estará disponible para recibir buques de líneas directas o *mainliners* (LOA = 290 m), mientras que el otro será para buques de cabotaje regional o *feeders* (LOA = 200 m), totalizando un frente de amarre y atraque 590 metros de longitud. Por otro lado, es importante resaltar que en escenario base uno de los puestos tendrá capacidad remanente por lo que podría ser compartido con otra tipología de carga compatible y que resultaría, para el escenario base, en una terminal multipropósito.

Sin embargo, para los volúmenes de contenedores para el año 2042 en el escenario alto (879.000 TEU), se requerirán ambos puestos de amarre y atraque dedicados casi en su totalidad para la carga en contenedores si se mantiene el mismo equipamiento (5 grúas pórticos y 1 grúa móvil) que el propuesto para el escenario base (5 grúas pórtico y 1 grúa móvil). La productividad anual puede ser incrementada en caso de que se opere con mayor cantidad de grúas pórticos por puesto (hasta 4 o 5 para buques de línea directa y hasta 3 para buques de cabotaje regional) y sin grúas móviles ni buques con utillaje propio. Esto también permitiría reducir el factor de ocupación de los puestos (ya con 6 grúas pórticos -3 en cada puesto- a valores menores de 50% en el escenario alto), como así también que, en el escenario alto, uno de los puestos podría compartirse con otra tipología de carga. Pero para poder tomar decisiones adecuadas, será necesario un constante monitoreo de la evolución de la flota y los volúmenes de carga manteniendo el presente Plan Maestro como idea rectora para el ordenamiento de los espacios náuticos y terrestres del puerto.

## 5.2.2 Carga general

Para trabajar las 846.000 ton/año, volumen pronosticado de carga general en el escenario base para 2042, se propone, con base en el análisis realizado, aumentar la productividad promedio actual (234 ton/h para bobinas de acero y 142 ton/h para fajos de acero) hasta una productividad promedio de 300 ton/h.

Una de las razones es que los buques de carga general, y especialmente los que transportan hierro (el principal producto de carga general manejado en el puerto), son los que cuentan con un mayor tiempo de espera mientras son descargados, además de operar principalmente en el Puesto 4 que posee un factor de ocupación elevado (70%). Por lo tanto, implementar mejoras en los equipos de transferencia buque-muelle permitiría lograr productividades alrededor de 1.150.000 ton/año/puesto. Un resumen de los datos utilizados

en el cálculo se presenta en la Tabla 5-2. *Pet coke* no se manejará en el puesto 4 y se considerará como carga general.

Tabla 5-2: Datos utilizados en el cálculo de la productividad por puesto de carga general

Datos	Valor
Volumen 2042 (escenario base, ton)	846.000 +140.000 (Pet coke)
Volumen 2042 (escenario alto, ton)	1.154.000 +140.000 (Pet coke)
Productividad grúas total (ton/h)	300
Horas laborales/día (h/día)	21
Días/año	330
Ocupación máxima	55%
Productividad/puesto carga general (ton/año)	1.143.450
Puestos requeridos (escenario base en 2042)	0,86
Puestos requeridos (escenario alto en 2042)	1,13
LOA buque de diseño (m)	220
Longitud puesto (m)	250

Las mejoras en productividad se pueden lograr con la instalación de grúas pórticos con gancho/balde y pluma de giro 360 grados en la horizontal. Sin embargo, la decisión para implementar nuevas grúas pórticos irá asociada a la necesidad de realizar un nuevo puesto para carga general, situación que ocurre en el escenario alto como se describe en el siguiente párrafo. Mientras tanto, se podrá operar con grúas móviles e inclusive productividades un poco menores a las utilizadas en el cálculo. Para ello será necesario un constante monitoreo de la evolución de la flota y los volúmenes de carga manteniendo el presente Plan Maestro como idea rectora para el ordenamiento de los espacios náuticos y terrestres.

Con la productividad utilizada para el cálculo y con el volumen de carga general proyectado para el año 2042 en el escenario base (846.000 ton), el número necesario de puestos requeridos para amarre y atraque es 1, suficiente también para el escenario alto (con un volumen estimado en 1.154.000 ton). La ocupación de este puesto sería alrededor de 40% para el escenario base, por lo que podría compartir el puesto con otro tipo de carga. Sin embargo, para el escenario alto, esto ya no sería viable y se debería diseñar un puesto exclusivo para carga general, que tendría un factor de ocupación del orden de 55%, valor no ideal que podría generar ciertas demoras en la operación, pero que se considera aceptable ya que, si no, se requerirían dos puestos de atraque para carga general. En otras circunstancias podría considerarse esta opción, pero la capacidad marítima de Caldera es limitada, y se aconseja que los puestos nuevos por construir estén dedicados a carga con mayor volumen (y mayor ocupación) o que requieran de un puesto independiente. La longitud del puesto de carga general tendría que alcanzar 220 m, debido a que la longitud media de los buques actuales es de aproximadamente de 175 m y de acuerdo con el estudio de mercado no se prevé un incremento significativo de la flota, mientras que, en caso de diseñar un nuevo puesto para carga general en el escenario alto, se podría aumentar la flexibilidad adoptando una longitud de muelle mínima de 250 m.

### 5.2.3 Carga a granel

El volumen de carga a granel pronosticado para 2042 es 3.342.000 -140.000 (*Pet coke*) ton para el escenario base; de dicho volumen más del 80% de las cargas a operar corresponde a agro graneles (2.762.000 toneladas).

A su vez, es importante resaltar que, pese al volumen por trabajar relativamente elevado en el futuro para una terminal de agro graneles, el promedio de arribo estimado en el año 2042 es de solamente 19.000 ton por buque tipo *Handysize*. Aunque poseen una capacidad máxima de carga de 30.000 a 35.000 ton, el volumen promedio por trabajar es relativamente pequeño en cada arribo. Esto se explica a que, en su mayoría, las cargas están y estarán comercialmente fragmentadas entre varios importadores, los cuales también son numerosos en Costa Rica, lo que resulta en lotes aún más pequeños (y diversos) para manejar

en muelle por importador y por arribo de buque. Por último, se estiman 176 arribos para el año 2042, lo que implica aproximadamente un buque cada dos días en Puerto Caldera para los que no se han identificado, en el estudio de mercado, tendencias claras en la consolidación de importadores comerciales para agro graneles, ni del aumento de cada fracción comercial importada.

Aunque los volúmenes son relativamente pequeños y la carga está fragmentada para varios clientes, los consultores recomiendan mecanizar el método de descarga en puesto 4 mediante un equipo de descarga especializado y un almacenamiento intermedio.

Los cereales serán descargados por el nuevo sistema propuesto, mientras que los fertilizantes lo serán por los métodos actuales en el puesto 4. El nuevo sistema mecanizado es capaz de manejar los fertilizantes, pero requiere una limpieza exhaustiva al cambiar de cereales a fertilizantes.

El sistema de descarga consiste en 2 descargadores continuos que descargan los granos en una tolva con cintas (bandas) transportadoras. Estas cintas corren a una estación de carga de camiones en un terreno en la tierra. Para cumplir con la velocidad de descarga de los 2 descargadores de barcos, se necesitan aproximadamente 10 puntos de carga de camiones (capacidad efectiva de 200 ton / h cada punto). Todos estos puntos tienen un búfer con suficiente capacidad (factor pico 2).

El área de la estación de carga de camiones es suficiente para su movimiento . Se supone que esperarán en la nueva área de estacionamiento para ese tipo de vehículo.

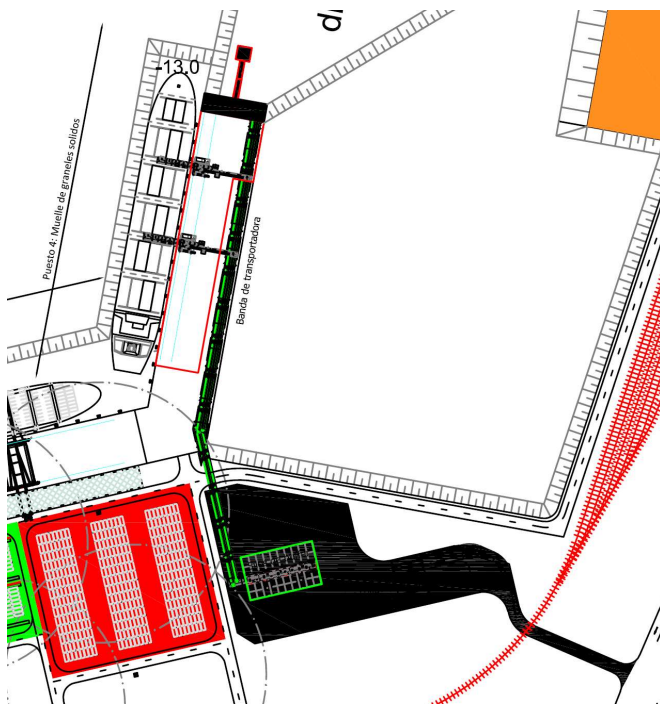


Figura 5-4 Terminal de carga a granel

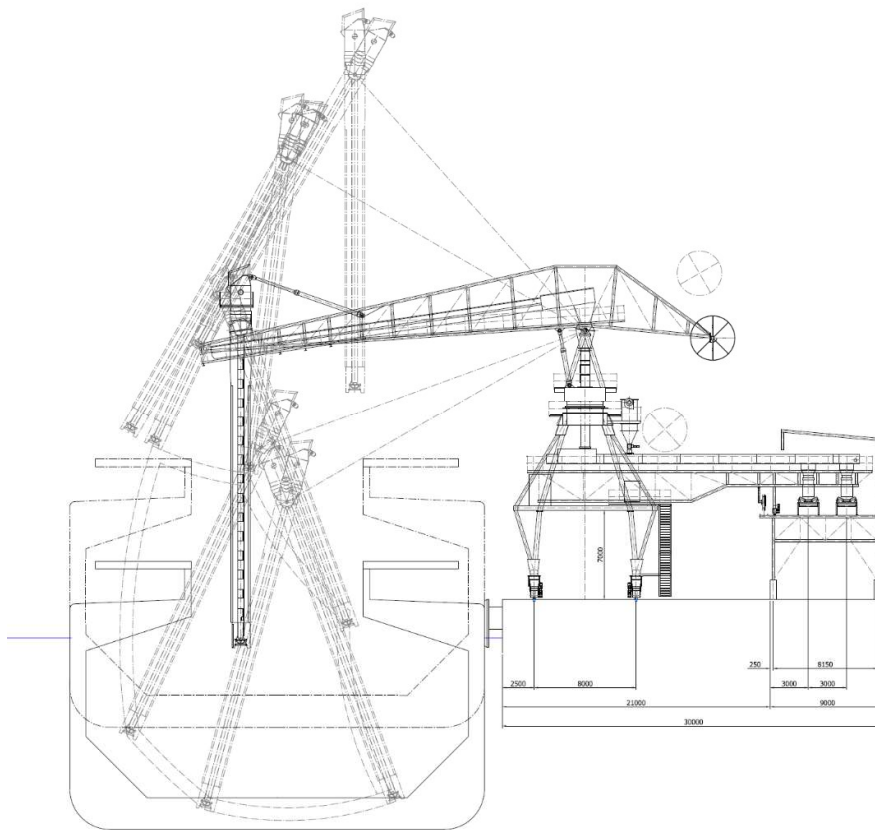


Figura 5-5: Descargadores continuos en puesto 4

Tabla 5-9: Datos utilizados en el cálculo de la productividad por puesto de carga a granel

Datos	Valor
Volumen 2042 (escenario base, ton)	2.762.600 solo cereales
Volumen 2042 (escenario alto, ton)	3.153.000 solo cereales
Productividad descarga (ton/h)	2 x 800 t/h
Horas laborales/día (h/día)	24
Días/año	330
Ocupación máxima	50% (tiempo de espera por encima del óptimo, pero se puede utilizar para analizar muestras en el laboratorio)
Puestos requeridos (escenario base)	0,87
Puestos requeridos (escenario alto)	1
LOA buque diseño (m)	210
Longitud puestos (m)	existente

Nota; Este sistema puede manejar todos los agro graneles y fertilizantes. Se supone que el resto del volumen (fertilizantes después 2035, *petcoke* y otros graneles secos) se maneja de acuerdo con el sistema en la opción A en los puestos de contenedores.



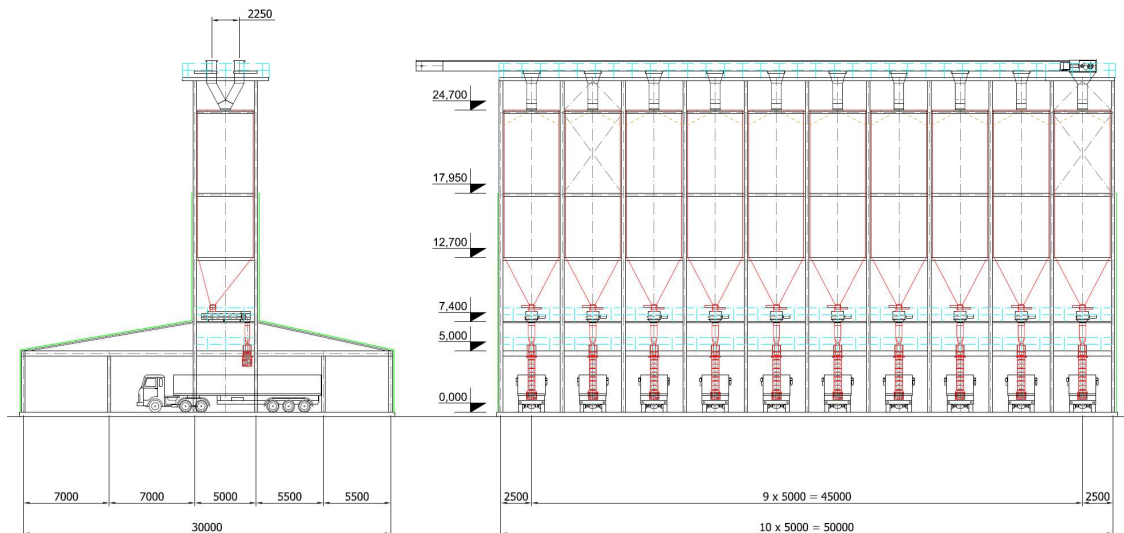


Figura 5-6: Estación de carga de camiones

Para descargar fertilizantes en puesto 4 u otros se mantiene una productividad de descarga efectiva de 450 ton/h por barco, y se requieren 42 horas de operación continua, a lo que es necesario adicionar al menos 3 horas para apertura y cierre de bodegas y 1 hora para maniobras de atraque y amarre, totalizando 46 horas de operaciones. Es decir que para operar un buque con arribo promedio (19.000 ton) se requerirán aproximadamente 2 días laborales. Sin embargo, en caso de que se produjese una consolidación de importadores o un aumento de los lotes por arribo, resultaría en un incremento parcial de las operaciones de buques *Handymax* con bodega completa, y se requerirá al menos dos puestos de atraque y amarre, ya que cada buque demoraría aproximadamente entre 3 a 3,5 días para descargar.

Tabla 5-3: Datos utilizados en el cálculo de la productividad por puesto de fertilizantes

Datos	Valor
Productividad descarga (ton/h)	450
Horas laborales/día (h/día)	24
Días/año	330 (con el <i>shore tension</i> )
Ocupación máxima	55%
Productividad/puesto granel sólido (ton/año)	1.960.200
Puestos requeridos (escenario base en 2042)	0,22
Puestos requeridos (escenario alto en 2042)	0,29

## 5.2.4 Vehículos

La carga rodante (ro-ro) es otra de las tipologías de carga con importancia para Puerto Caldera. Las productividades actuales para la descarga de vehículos son del orden de los 106 veh/h para vehículos nuevos y 94 veh/h para los usados.

Para el cálculo de la productividad por puesto se usará un valor promedio de 100 veh/h, equivalente a 150 ton/h si se asumen 1,5 toneladas de media por vehículo. Junto con la limitación de la ocupación del puesto en un 55%, se obtiene una productividad anual de 571.725 toneladas al año. Un resumen de los datos utilizados en el cálculo se presenta en la Tabla 5-4.

Tabla 5-4: Datos utilizados en el cálculo de la productividad por puesto de vehículos

Datos	Valor
Volumen 2042 (escenario base, ton)	83.000
Volumen 2042 (escenario alto, ton)	99.000
Productividad (veh/h)	100
Ton/veh	1,5
Productividad (ton/h)	150
Horas laborales/día (h/día)	21
Días/año	330
Ocupación máxima	55%
Productividad/puesto vehículos (ton/año)	571.725
Puestos requeridos (escenario base)	0,15
Puestos requeridos (escenario alto)	0,17
LOA buque diseño (m)	220
Longitud puesto (m)	250

Con un volumen de 83.000 ton en el año 2042 para el escenario base, se requerirá 1 puesto de atraque y amarre, que también es suficiente para el volumen en el caso del escenario alto (99.000 ton). La longitud del puesto, considerando 220 m como longitud máxima para buques ro-ro, sería de 250 m. La ocupación de este puesto será baja por lo que se recomienda compartir las operaciones de ro-ro con otra carga, aunque desde el punto de vista de la planificación hay que tener especial cuidado, ya que no es recomendable combinar algunas ro-ro con cargas a granel (principalmente si se trata de cargas sucias como los agro graneles o *pet coke*).

## 5.2.5 Ferry

Para el cálculo de las dimensiones requeridas para la terminal de ferries de Caldera se tomará como buque de diseño un ferry con un tamaño típico de la región, que contará con un promedio de arribos de 200 camiones (ingresan 100 y egresan 100) y una línea de tres veces por semana, para el escenario base. El rendimiento medio para la carga y descarga se ha estimado considerando que los vehículos serán camiones (20 ton) que requerirán aproximadamente 2 horas para la descarga y 2 horas para la carga, lo que resulta en 50 veh/h para camiones. Con este dato, y limitando la ocupación máxima a 55%, se obtiene una productividad anual de 217.800 vehículos al año. Un resumen de los datos utilizados en el cálculo se presenta en la Tabla 5-5.

Tabla 5-5: Datos utilizados en el cálculo de la productividad por puesto de vehículos

Datos	Valor
Volumen 2042 (escenario base, veh)	31.200
Volumen 2042 (escenario alto, veh)	41.600
Productividad (veh/h)	50
Horas laborales/día (h/día)	24
Días/año	330
Ocupación máxima	55%
Productividad/puesto ferry (veh/año)	217.800
Puestos requeridos (escenario base en 2042)	0,14
Puestos requeridos (escenario alto en 2042)	0,19
LOA buque diseño (m)	110
Longitud puesto (m)	150

Con un volumen de 31.200 vehículos en el año 2042 para el escenario base, se requerirá 1 puesto, que también es suficiente para el volumen en el caso del escenario alto, con un promedio de 4 arribos semanales. La ocupación de este será baja para ambos escenarios, por lo que lo óptimo sería compartirlo con otra carga, como podría ser los vehículos (nuevos o usados); sin embargo, es importante resaltar que los ferries deberán tener prioridad ante cualquier otro tipo de carga.

La longitud del puesto sería 150 m asumiendo una eslora de hasta 110 m para el ferry. Suponiendo que el ferry posea una rampa de popa, este puesto podría construirse mediante duques de alba, y así reducir los costos de inversión. Sin embargo, también se podría construir el muelle con una pantalla para dar al Plan Maestro una mayor flexibilidad, y poder utilizarlo para otro tipo de carga si es necesario, incluso para ferries con rampa lateral. Este análisis deberá formar parte del diseño detallado por seguir al Plan Maestro, el cual requerirá de datos adicionales, tales como los batimétricos, que permitirán determinar cuál será la pendiente requerida para la primera estructura mencionada (duques de alba).

## 5.2.6 Líquidos

Puerto Caldera maneja una cantidad limitada de líquidos y será el caso en el futuro, solo 15.000 toneladas por año. Estos líquidos se bombearán directamente desde y hacia los buques desde carrotanques. El almacenamiento no se realizará en el puerto.

Los buques de líquidos serán manejados en los puestos 1, 2, 3.

## 5.2.7 Resumen

La Tabla 5-6 a Tabla 5-8 muestra un resumen del número de puestos, longitud y profundidad requeridos para cada segmento de carga.

*Tabla 5-6: Resumen de requerimientos para elaborar el Plan Maestro Puerto Caldera (escenario base, profundidad extendida)*

Tipo de carga	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2030	2035	2040	2042
Contenedores	0,70	0,72	0,74	0,77	0,80	0,83	0,86	1,03	1,22	1,41	1,50
Carga general / Líquidos	0,59	0,58	0,58	0,59	0,60	0,61	0,62	0,67	0,75	0,83	0,86
Ro-ro / Ferry	0,11	0,13	0,22	0,24	0,24	0,25	0,25	0,26	0,27	0,28	0,28
Líquidos	Insignificante										
<b>Total puestos</b>	<b>1,40</b>	<b>1,42</b>	<b>1,55</b>	<b>1,60</b>	<b>1,64</b>	<b>1,68</b>	<b>1,73</b>	<b>1,95</b>	<b>2,23</b>	<b>2,52</b>	<b>2,64</b>
Carga granel (cereales)	0,57	0,58	0,59	0,61	0,63	0,64	0,66	0,72	0,79	0,85	0,87
Fertilizantes	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
<b>Total puestos</b>	<b>0,79</b>	<b>0,80</b>	<b>0,82</b>	<b>0,83</b>	<b>0,85</b>	<b>0,87</b>	<b>0,88</b>	<b>0,95</b>	<b>1,01</b>	<b>1,07</b>	<b>1,10</b>

*Tabla 5-7: Resumen de requerimientos para elaborar el Plan Maestro Puerto Caldera (escenario alto, profundidad extendida)*

Tipo de carga	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2030	2035	2040	2042
Contenedores	0,71	0,74	0,79	0,84	0,89	0,95	1,00	1,23	1,51	1,81	1,94
Carga general / Líquidos	0,66	0,68	0,69	0,71	0,72	0,74	0,75	0,84	0,95	1,07	1,13
Ro-ro / Ferry	0,27	0,30	0,31	0,31	0,31	0,31	0,32	0,33	0,35	0,36	0,36
Líquidos	Insignificante										
<b>Total puestos</b>	<b>1,64</b>	<b>1,72</b>	<b>1,79</b>	<b>1,85</b>	<b>1,92</b>	<b>2,00</b>	<b>2,07</b>	<b>2,40</b>	<b>2,81</b>	<b>3,24</b>	<b>3,43</b>
Carga granel (cereales)	0,59	0,61	0,62	0,64	0,66	0,68	0,70	0,79	0,88	0,96	1,00
Fertilizantes	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29
<b>Total puestos</b>	<b>0,87</b>	<b>0,89</b>	<b>0,91</b>	<b>0,93</b>	<b>0,95</b>	<b>0,97</b>	<b>0,99</b>	<b>1,08</b>	<b>1,16</b>	<b>1,25</b>	<b>1,28</b>

Tabla 5-8: Resumen de requerimientos de puestos

	Longitud [m]	Profundidad [m]
<b>Contenedores</b>	590	-14,0
<b>Carga general</b>	250	-11,0
<b>Cereales</b>	250	-13,0
<b>Fertilizantes</b>	250	-13,0
<b>Ro-ro</b>	250	-11,0
<b>Ferry</b>	150	-7,0

Los números entre paréntesis se refieren al número de puestos requeridos alcanzando la ocupación máxima. Al aumentar dichos valores a un número entero, la real se reducirá, permitiendo usos mixtos del muelle al compartir el puesto con otro tipo de carga.

Por ejemplo, se puede proponer para varias opciones que los ro-ro y ferries compartan un mismo puesto de amarre y atraque, siempre y cuando se pueda dar prioridad a las operaciones de ferries. Ambos segmentos de carga consisten en operaciones similares y compatibles entre sí. Además, si tuvieran puestos separados y únicos, la ocupación sería muy baja.

Asimismo, el segundo puesto de contenedores se podría compartir con carga general en el escenario base si se amplía el número de grúas STS en operación para contenedores. Sin embargo, para el escenario alto la carga general requiere un puesto por separado. Alternativamente, este segundo puesto de contenedores también se podría compartir con ro-ro y ferries en el escenario base.

Por otro lado, también es posible combinar en un puesto la carga general junto con parte de la carga a granel o junto con los vehículos. Aunque esto no sería posible en el escenario alto, ya que se superarían las ocupaciones máximas.

Finalmente, se recomienda que la carga de contenedores y la carga a granel posean al menos un puesto de atraque y amarre dedicado, ya que ambos segmentos de carga son los principales volúmenes que se trabajan en Puerto Caldera.

La profundidad propuesta para cada tipo de carga se ha obtenido por medio de las dimensiones de los respectivos buques de diseño. A pie de muelle, se adiciona bajo la quilla 1 m más respecto al calado del buque de diseño, lo que permite operaciones seguras y una revancha adicional.

Con base en los cálculos realizados y explicaciones provistas en los párrafos precedentes, en el capítulo 5 se presentan diferentes opciones que varían según cómo se compartan las operaciones para diversos segmentos de carga y el emplazamiento que se proponga para ellos.

## 5.3 Terrestre

La capacidad terrestre de las terminales portuarias es una expresión que permite medir cuáles son los resultados que se pueden obtener con una determinada instalación terrestre, y puede definirse por las áreas de las terminales de carga, por sectores y por centros de funcionamiento y Zonas de Apoyo Logístico (ZAL). Para todas ellas, se consideran dos tipos de capacidad:

- la capacidad física, depende de los rendimientos propios de los equipos o de los patios, depósitos, etc.
- la capacidad operativa, que incluye las condiciones de trabajo.

Un factor importante de la capacidad operativa es la organización de tareas: cantidad de turnos por día, días trabajados por semana, días trabajados por año, etc.

Las capacidades terrestres se expresan con diferentes unidades según las cargas que se operan y pueden referirse a unidades de tiempo, espacio, superficie, etc. Por lo tanto, los diferentes tipos de carga tendrán áreas de almacenamiento dedicadas que se tratarán por separado a continuación.

### 5.3.1 Contenedores

El área en el patio requerida para los contenedores llenos y vacíos se calculará por separado, ya que son zonas independientes que se pueden reorganizar de distinta forma en la terminal. El área necesaria para el patio de contenedores se puede calcular mediante la siguiente fórmula:

$$A (m^2) = \frac{\text{factor pico} \cdot \text{tiempo permanencia} \cdot \text{volumen contenedores} \cdot \frac{m^2}{TEU}}{\text{factor apilamiento efectivo} \cdot \text{ocupación} \cdot 365}$$

El tiempo promedio de permanencia varía según los contenedores, si son exportaciones o importaciones o si están llenos o vacíos. Por lo tanto, se calculará el área necesaria para estos cuatro casos por separado. El volumen de cada uno se ha obtenido según el estudio de mercado (40% son exportaciones, 8% de las importaciones son contenedores vacíos y el resto son importaciones de llenos). El tiempo de permanencia usado en el cálculo es el promedio actual, redondeado hacia arriba para estar del lado conservador, obtenido del informe de las tareas 1, 2, 3.

El factor  $m^2/TEU$  depende de la configuración del patio. Debido a la escasa superficie disponible en el puerto y su configuración (tendencia rectangular en dirección este-oeste) es recomendable orientar el bloque de contenedores (que podrá contar con longitudes del orden de 200 a 300 metros) paralelo al frente de atraque y amarre, como se aprecia en la siguiente imagen (Ligteringen, 2013).

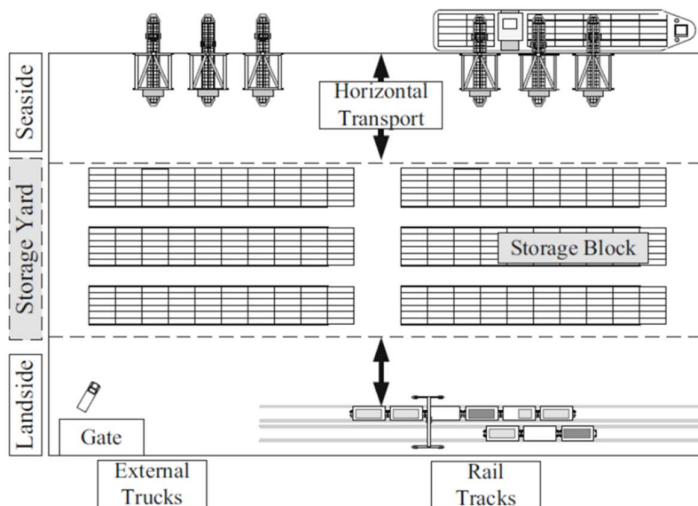


Figura 5-7: Configuración del patio de contenedores en paralelo al frente de atraque y amarre (Ligteringen, 2013)

No se recomienda la orientación del bloque de contenedores en forma perpendicular al frente de atraque y amarre, ya que el bloque se vería limitado en su longitud debido a las dimensiones del puerto generando ineficiencias en los equipos por utilizar.

Por lo tanto, los utillajes de patio recomendados para operar con bloques paralelos al muelle son: *reach stackers* y *rubber tyred gantries* (RTG), de los cuales las RTG presentan valores mucho más eficientes para el uso intensivo del patio que los *reach stackers*. Es por ello que para calcular el volumen de contenedores trabajados en el patio en el año 2042 se recomienda el uso de grúas RTG, para las cuales el valor típico del área necesaria por TEU ronda los 7,5-10 m<sup>2</sup>, si el número de pisos de contenedores es 4 (PIANC, 2014). Por supuesto, que la decisión de instalar RTG puede ser prevista en etapas, para lo que será necesario monitorear el desarrollo de los volúmenes de contenedores operados en el puerto y preparar un plan de implementación en etapas.

Para los contenedores vacíos este valor disminuye, ya que se pueden apilar consiguiendo alturas mayores (de media 6 pisos) y no es necesario la utilización de RTG para su manipulación. El factor de apilamiento efectivo se ha adoptado en 0,9 y puede ser trabajado con grúas contenedores.

Finalmente, cabe destacar que en la actualidad se encuentra en funcionamiento un patio para contenedores refrigeradores que, de acuerdo con el estudio de mercado, se prevé tendrá capacidad suficiente en un futuro, por lo que a nivel de Plan Maestro (ordenamiento territorial), se mantendrá en todas las opciones por desarrollar, ya que representa una inversión de importancia como se puede apreciar en la siguiente imagen.



Figura 5-8: Patio de contenedores refrigeradores en Puerto Caldera

Por otro lado, el factor pico se ha tomado como 1,3, en consonancia con el informe de la tarea 6. Un resumen de los datos utilizados en el cálculo se presenta en la Tabla 5-9:

Tabla 5-9: Datos utilizados en el cálculo del área del patio de contenedores

Datos		Valor
<b>Factor pico</b>		1,3
<b>m<sup>2</sup>/TEU</b>	impo/expo llenos	7,5
	Impo/expo vacíos	7,5
<b>Altura de apilamiento</b>	Llenos / vacíos	5
<b>Factor apilamiento efectivo Ojo Las concordancias de género están raras</b>	: llenos - llenas	0,9
<b>Ocupación máxima</b>		70%
<b>Tiempo de permanencia</b>	exportaciones llenos	2
<b>(medidos y redondeados)</b>	importaciones llenos	4
	exportaciones vacíos	2,5
	importaciones vacíos	4
<b>Área patios (ha) en 2042</b>	<b>exportaciones/importaciones</b>	<b>9</b> (Escenario base) <b>11,6</b> (Escenario alto)
	<b>MT depot</b> (depósito para contenedores vacíos)	<b>2</b> (Escenario base) <b>2,5</b> (Escenario alto)
	<b>Reefers</b>	<b>1</b> (Escenario base / alto)

Por lo tanto, el área del patio de contenedores mínima es 9 ha para el escenario base (11,6 ha para el escenario alto), mientras que para el patio de contenedores vacíos es de 2 ha para el escenario base (2,5 ha para el escenario alto).

Es importante resaltar que para que dichas productividades se mantengan es necesario que las zonas de apoyo logístico que trabajan con contenedores, y que se ubican fuera de la zona portuaria, se adapten para los volúmenes que se estiman recibir en el puerto.

### 5.3.2 Carga general

El área en el patio requerida para el almacenamiento de la carga general se puede calcular mediante la siguiente fórmula:

$$A \text{ (m}^2\text{)} = \frac{\text{factor pico} \cdot \text{factor } \frac{\text{bruto}}{\text{neto}} \cdot \text{tiempo permanencia} \cdot \text{vol. carga} \cdot \text{factor aprovechamiento}}{\text{factor de ocupación} \cdot \frac{\text{ton}}{\text{m}^2} \cdot 365 \cdot \text{factor almacenamiento buque}}$$

Los datos utilizados para el cálculo se incluyen en la Tabla 5-10: El valor del factor pico, tiempo de permanencia y factor bruto/neto se han tomado del informe de la tarea 6.

Tabla 5-10: Datos utilizados en el cálculo del área de almacenamiento de carga general

Datos	Valor (escenario base/alto)
<b>Factor pico</b>	1,2
<b>Factor bruto/neto</b>	1,3
<b>Tiempo de permanencia (días)</b>	5
<b>Volumen carga (ton)</b>	846.000 / 1.154.000



Datos	Valor (escenario base/alto)
Factor aprovechamiento	1,2
Ocupación	0,7
ton/m <sup>2</sup>	1,68
Factor estiba carga en buque	1
Área (ha)	1,8 / 2,5

De acuerdo con el estudio de mercado, no hay cargas que requieran almacenamiento cubierto y como se prevé que la composición de la carga general se mantenga relativamente uniforme (con gran incidencia del acero) se adoptó el valor de 1,68 ton/m<sup>2</sup> que también se presentó en el informe de la tarea 6. En caso de que se trabaje cargas que requieran almacenamiento cubierto, se deberán proveer instalaciones que permitan almacenar cargas cubiertas.

El área requerida de almacenamiento de carga general es 1,8 ha para el escenario base y 2,5 ha para el escenario alto.

### 5.3.3 Carga a granel

La carga a granel no se almacenará en el puerto. Será transportado directamente al interior. Solo se instalará una estación de carga de camiones con silos de buffer. Se necesitará suficiente espacio para maniobrar los camiones.

La capacidad de la terminal tendrá que recibir los volúmenes estimados sin generar cuellos de botella para las operaciones de descarga de los buques con sistemas de transferencia eficientes a camiones. Por lo que, se considera fundamental segregar el flujo de camiones, evitando que tengan que pasar por el patio de contenedores, para así no provocar congestión en esa zona.

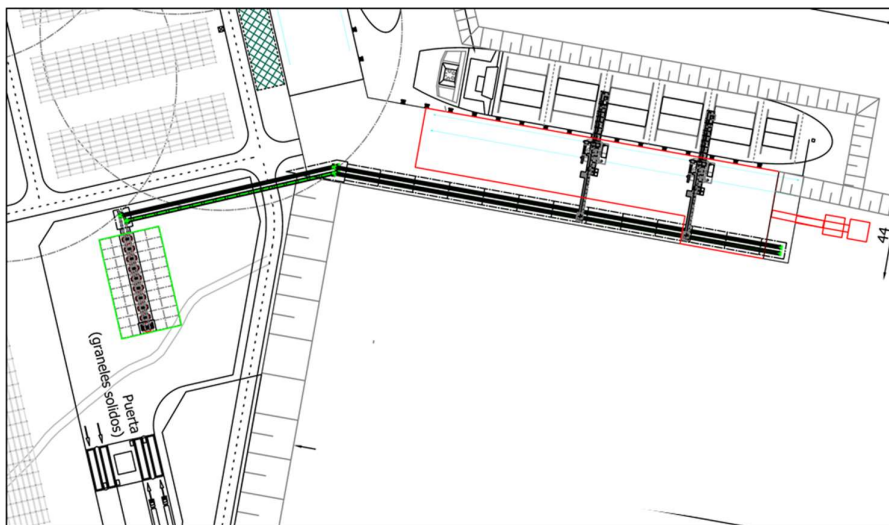


Figura 5-9: El plan de terminal de granos, puesto 4

### 5.3.4 Vehículos

El área necesaria para el almacenamiento de los vehículos se puede calcular mediante la siguiente fórmula:

$$A (m^2) = \frac{\text{factor pico} \cdot \text{tiempo permanencia} \cdot \text{volumen vehículos} \cdot \text{factor E/c}}{\text{ocupación} \cdot \frac{\text{ton}}{m^2} \cdot 365}$$

Los datos utilizados para el cálculo se incluyen en la Tabla 5-11. Los valores del factor pico y tiempo de permanencia promedio se han obtenido del informe de la tarea 6, mientras que el número de ton por m<sup>2</sup> se obtiene asumiendo un valor de 1,5 ton por vehículo y un área promedio por vehículo de 15 m<sup>2</sup> (estando este último en consonancia con el informe de la tarea 6).

Tabla 5-11: Datos utilizados en el cálculo del área de almacenamiento de vehículos

Datos	Valor (escenario base/alto)
Factor pico	1,3
Tiempo de permanencia	5
Volumen vehículos (veh)	55.333 / 66.000
Factor circulación / estacionamiento	1,3
Ocupación	70%
m <sup>2</sup> /veh	15
ton/veh	1,5
ton/m <sup>2</sup>	0,1
Área (hectáreas)	2,7 / 3,3

Cabe destacar que el factor circulación / estacionamiento de vehículos considera los espacios de circulación requeridos en un parqueo a partir del cálculo respectivo.

El área requerida de operación y almacenamiento de carga rodante (ro-ro) es de 2,7 ha para el escenario base y 3,3 ha para el escenario alto.

Es importante resaltar que para que dichas productividades se mantengan, es necesario que las zonas de apoyo logístico que trabajan con vehículos se adapten a los volúmenes que se estiman recibir en el puerto.

### 5.3.5 Ferry

Es una carga nueva en Puerto Caldera, por lo tanto, no se tienen datos sobre esta operatoria en el puerto. Los datos utilizados para el cálculo se incluyen en la Tabla 5-12. Los valores del factor pico y tiempo de permanencia promedio se han obtenido del informe de la tarea 6, mientras que el número de m<sup>2</sup> por vehículo se logra asumiendo un área promedio por vehículo de 55 m<sup>2</sup> (estando este último en consonancia con el informe de la tarea 6).

Tabla 5-12: Datos utilizados en el cálculo del área de almacenamiento de camiones

Datos	Valor (escenario base/alto)
Factor pico	1,3
Tiempo de permanencia	1
Volumen vehículos (veh)	31.200 / 41.600
Ocupación	70%
m <sup>2</sup> /vehículo	55
Área (m <sup>2</sup> )	0,9 / 1,2

El área requerida para operaciones con ferries es de 0,9 ha para el escenario base y 1,2 ha para el escenario alto.

### 5.3.6 Resumen

La Tabla 5-13 y Tabla 5-14 muestran un resumen de las áreas necesarias.

*Tabla 5-13: Resumen de las áreas (en hectáreas) para elaborar el Plan Maestro Puerto Caldera (escenario base, profundidad extendida)*

Tipe de Carga	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2030	2035	2040	2042
Contenedores patios (RTG)	4,23	4,30	4,46	4,63	4,81	4,99	5,18	6,15	7,31	8,47	8,98
Vacios	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Reefers	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Carga general	1,16	1,13	1,15	1,17	1,19	1,21	1,23	1,36	1,56	1,76	1,84
Ro-ro/ferry	2,66	2,73	2,76	2,80	2,84	2,88	2,92	3,12	3,34	3,54	3,62
Carga granel	Sin almacenamiento										
Líquidos	Sin almacenamiento										
<b>Total</b>	<b>11,05</b>	<b>11,15</b>	<b>11,37</b>	<b>11,60</b>	<b>11,83</b>	<b>12,08</b>	<b>12,32</b>	<b>13,63</b>	<b>15,20</b>	<b>16,76</b>	<b>17,45</b>

*Tabla 5-14: Resumen de las áreas (en hectáreas) para elaborar el Plan Maestro Puerto Caldera (escenario alto, profundidad extendida)*

Tipe de carga	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2030	2035	2040	2042
Contenedores patios (RTG)	4,28	4,46	4,74	5,03	5,34	5,67	6,01	4,28	9,08	10,83	11,63
Vacios	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Reefers	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Carga general	1,34	1,38	1,42	1,46	1,49	1,53	1,57	1,34	2,06	2,37	2,52
Ro-ro/ferry	3,09	3,29	3,35	3,40	3,45	3,51	3,56	3,09	4,10	4,34	4,44
Carga granel	Sin almacenamiento										
Líquidos	Sin almacenamiento										
<b>Total</b>	<b>11,71</b>	<b>12,14</b>	<b>12,51</b>	<b>12,89</b>	<b>13,29</b>	<b>13,71</b>	<b>14,15</b>	<b>16,01</b>	<b>18,24</b>	<b>20,55</b>	<b>21,58</b>

## 6 EL PLAN MAESTRO

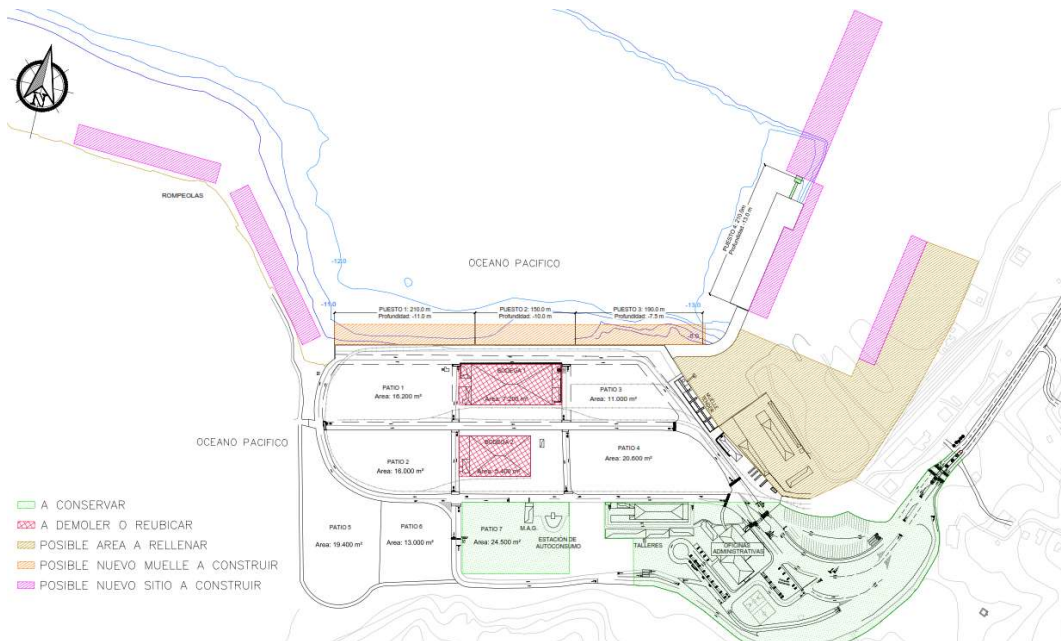
### 6.1 Opciones

En el presente capítulo se presentan las opciones elaboradas para el Plan Maestro. Se basan en diversas estrategias de ordenamiento territorial asociadas al uso del suelo y de los frentes de atraque y amarre (puestos) con el objetivo de brindar flexibilidad en el desarrollo portuario futuro mediante soluciones robustas y sólidas, que permitan adaptar la infraestructura ante las numerosas incertidumbres que pueden ocurrir.

Estas propuestas de ordenamiento y desarrollo portuario tienen por finalidad segregarse los flujos portuarios de acuerdo con las características de cada tipo de carga. Cada flujo individual se vale generalmente de sus facilidades específicas, no obstante, ciertos componentes de la infraestructura y de los equipos portuarios pueden ser compartidos por dos o más flujos bajo circunstancias particulares.

Es importante resaltar que, para que ocurran las productividades previstas en los cálculos de capacidades futuras que resultaron en las áreas requeridas y la consecuente elaboración de opciones, es necesario ir adaptando, ampliando e incorporando nuevas Zonas de Apoyo Logístico (ZAL) fuera del ámbito portuario. Estas deberán adecuarse a las necesidades futuras con el objetivo de desarrollar cadenas logísticas eficientes que permitan mantener o mejorar altas productividades en las terminales portuarias.

Se han elaborado siete opciones de Plan Maestro para satisfacer los movimientos de carga estimados en el escenario base para el año 2042, y se ha verificado que dichas posibilidades puedan acomodar, en gran medida, las estimaciones de carga realizadas en el escenario alto, aunque debido a la limitación de áreas disponibles, para el escenario alto será necesario aceptar mayores tiempos de espera. También cabe resaltar que se han desarrollado variantes adicionales para tres de las opciones. Por último, en la Figura 6-1 se presentan algunos lineamientos generales de desarrollo utilizados para concebir las diversas opciones.



**Figura 6-1:** Situación actual con ideas rectoras de desarrollo utilizadas para plantear opciones del Plan Maestro Puerto Caldera 2042 Áreas por conservar (verde), zonas por demoler o reubicar (rojo), posibles áreas por rellenar (marrón), posible nuevo muelle por construir (naranja) y posible nuevo puesto de atraque y amarre por construir (magenta).

Cada una de las posibles intervenciones para aumentar la capacidad de Puerto Caldera, requiere intervenciones en la infraestructura básica. Por lo tanto, asociado a cada modificación o ampliación propuesta, será necesario modificar:

- el antepuerto (nuevas áreas por dragar);
- los canales internos de distribución y maniobra (nuevas zonas por dragar);
- los espacios de maniobra y acceso a los puestos de amarre (nuevas áreas por dragar);
- las franjas de transferencia en los puestos de amarre (nuevos muelles por construir);
- las áreas de almacenamiento (demolición de estructuras existentes, nuevas áreas para operaciones específicas, nuevas calles de circulación interna, etc.).

De la Figura 6-1 queda claro que el único puesto que no sufriría mayores modificaciones es el actual Puesto 4. Mientras que se propone la estandarización de las profundidades disponibles del frente de atraque y amarre en los actuales Puesto 1, 2 y 3, por lo que será necesario reconstruir en su totalidad dichos muelles en todas las opciones.

Además, en algunas de las posibilidades propuestas será necesario mejorar varios de los componentes náuticos de Puerto Caldera, por ejemplo, la inclusión de un nuevo círculo de maniobras en el sector este del puerto, la ampliación de las zonas de maniobras, etc. Como también se puede apreciar en la Figura 6-1, en varias opciones será necesaria la relocalización de los servicios portuarios (remolcadores, practicaaje y pilotaje, guardacostas, etc.) en un nuevo clúster de servicios portuarios, ya que se encuentran emplazados en una zona que bloquea el posible desarrollo portuario pero tampoco permite la segregación de flujos de cargas entre la zona de los actuales Puesto 1, 2 y 3 con el flujo proveniente del actual Puesto 4. Se considera que dado el tipo y estado de dichas infraestructuras para servicios marítimos y el plazo hasta 2042 su relocalización es una opción realista por incluir.

Algunos de los puestos en las opciones propuestas se ubican en zonas más expuestas para las acciones hidro-meteorológicas, como ser el puesto por desarrollar emplazado en el extremo occidental del puerto (en el espaldón de la sección del rompeolas más cercana al morro) o el puesto por desarrollar propuesto como una continuación del actual Puesto 4. Por lo tanto, es importante destacar que dichos puestos tendrán mayores tiempos inoperativos por encontrarse en condiciones más desfavorables para las operaciones de transferencia de cargas debido a diversas acciones como, por ejemplo, la agitación por oleaje, viento, corrientes, etc. Para mejorar dicha situación se requieren estudios complementarios para analizar posibles intervenciones (en obras de abrigo, en sistema de amarras –por ej. *shore tension*-, etc.).

Por otro lado, cabe resaltar que en todas las posibilidades se ha mantenido el área destinada a contenedores *reefer*. Así como también se propone no modificar las zonas destinadas a las oficinas administrativas y principales ingresos al puerto; sin embargo, estos últimos deberán ser adecuados de acuerdo con las demandas futuras.

El ritmo de desarrollo y construcción de la infraestructura para cada uno de los tipos de carga estará estrechamente vinculado a la evolución de los volúmenes de carga que se den en el puerto, por lo que se requerirá monitorear constantemente dicha evolución para construir en etapas las instalaciones que permitan operar eficientemente las cargas en el puerto.

Las Tabla 5-6, Tabla 5-7, Tabla 5-13 y Tabla 5-14 muestran un resumen de los requerimientos para elaborar el Plan Maestro (número de puestos, longitud, profundidad y áreas). Cabe destacar que la profundidad que se expresa aquí es la necesaria para que los buques puedan acceder al puesto y atracar de manera segura. Sin embargo, se aconseja preparar la infraestructura de los muelles para profundidades mayores, para así tener una solución robusta y flexible, y que no quede obsoleta en el caso en el que cambien las condiciones futuras. De acuerdo con el estudio de mercado y el análisis de la flota de diseño futura, la recomendación a nivel de Plan Maestro es hacerlo hasta o -13 o -14 m de profundidad para todos los puestos de manera de uniformizar los frentes de atraque y amarre y proveer mayor flexibilidad en el puerto. Por supuesto que este proceso deberá desarrollarse en etapas e inicialmente se irán dragando los puestos y dársenas a una profundidad menor, hasta que se presente la demanda de uso por buques mayores.

Otra opción por considerar es que la profundidad del segundo puesto de contenedores podría reducirse desde Prof. = -14,0 a -11,0 m, para así disminuir costes de dragado y dedicar este puesto a los *feeders*, que

tienen menor calado que los *mainliners*, aunque esto reduciría la flexibilidad de la terminal. Lo mismo aplicaría para las opciones con un frente de amarre continuo con dos puestos para carga a granel. Uno de ellos podría dedicarse a acomodar a los buques graneleros de menor tamaño.

Las áreas requeridas citadas en la Tabla 5-13 y Tabla 5-14, y permiten acomodar el flujo de cargas a través del puerto. Dichos flujos recorren varios espacios asignados a distintas funciones:

- transferencia buque-puerto,
- movimientos internos
  - muelle – zonas de almacenamiento
  - zonas de almacenamiento / depósito – sector recepción / despacho,
- tratamientos de carga,
- recepción – despacho terrestre, etc.

Por último, es importante aclarar que, en el presente trabajo, se ha dejado la libertad a los futuros operadores o concesionarios de identificar separadamente los caminos que hacen las cargas dentro de las áreas indicadas en las siete opciones, algunas con sus variantes, que se presentan en detalle en las siguientes subsecciones. Cabe destacar que, debido a las incertidumbres que presenta la evolución de cargas futuras se deja esta flexibilidad para organizar las circulaciones internas. Básicamente dependerá de los acuerdos comerciales que se materialicen y los pedidos comerciales que aparezcan.

La infraestructura náutica debe desarrollarse con el fin de acomodar el barco especificado de diseño y la nueva configuración de las terminales. Las dimensiones requeridas para la infraestructura húmeda para los diferentes barcos de diseño se presentan en el Capítulo 3. Hay dos configuraciones principales:

- 1) ampliar y profundizar el canal de acceso y la bahía del puerto;
- 2) ampliar y profundizar el canal de acceso y crear una nueva dársena de giro cerca del Puesto 4 para permitir el giro y atraque de los barcos en las instalaciones que se proyectan al este del puesto 4 existente.

Las dos opciones se presentan en las figuras siguientes.

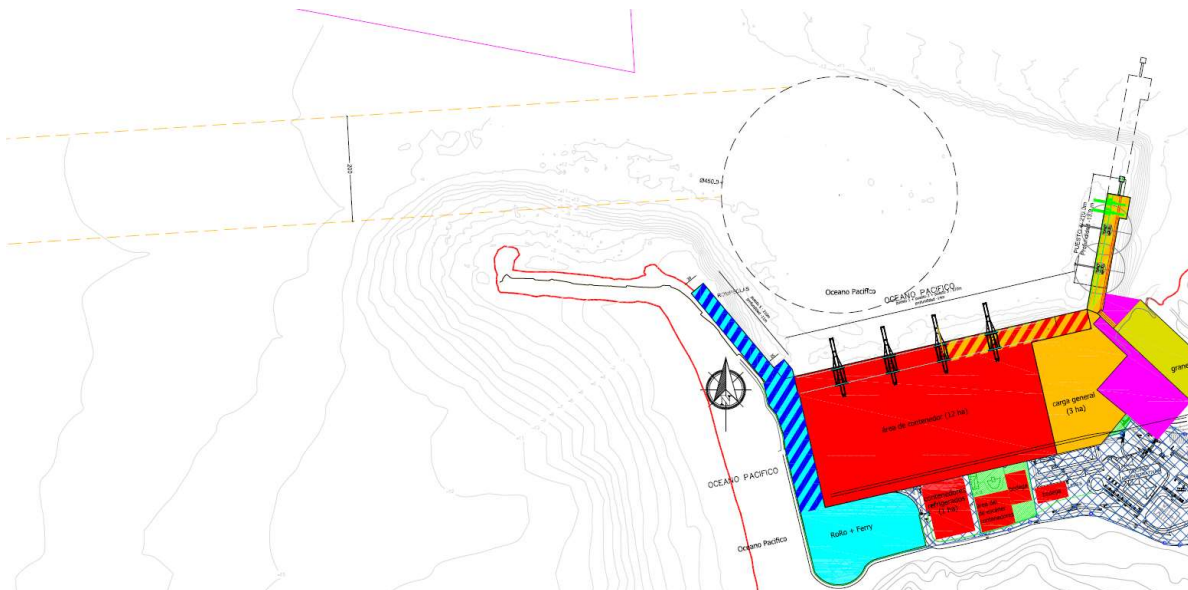


Figura 6-2: Mejora del canal de acceso y dársena de giro existentes

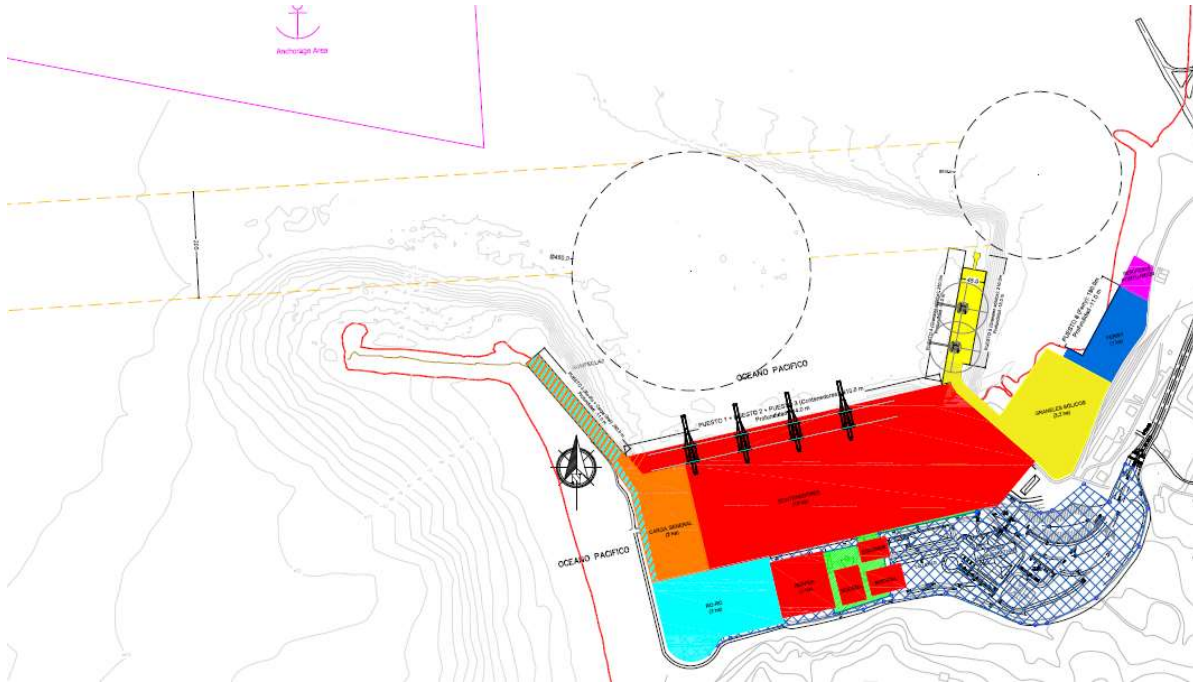


Figura 6-3: Mejora del canal de acceso y dársena de giro existentes y nueva dársena de giro cerca del puesto 4.

Los planos de las opciones del Puerto que se muestran en las siguientes secciones, también se presentan en formato A3 en el Apéndice A.

## 6.2 Opción 1

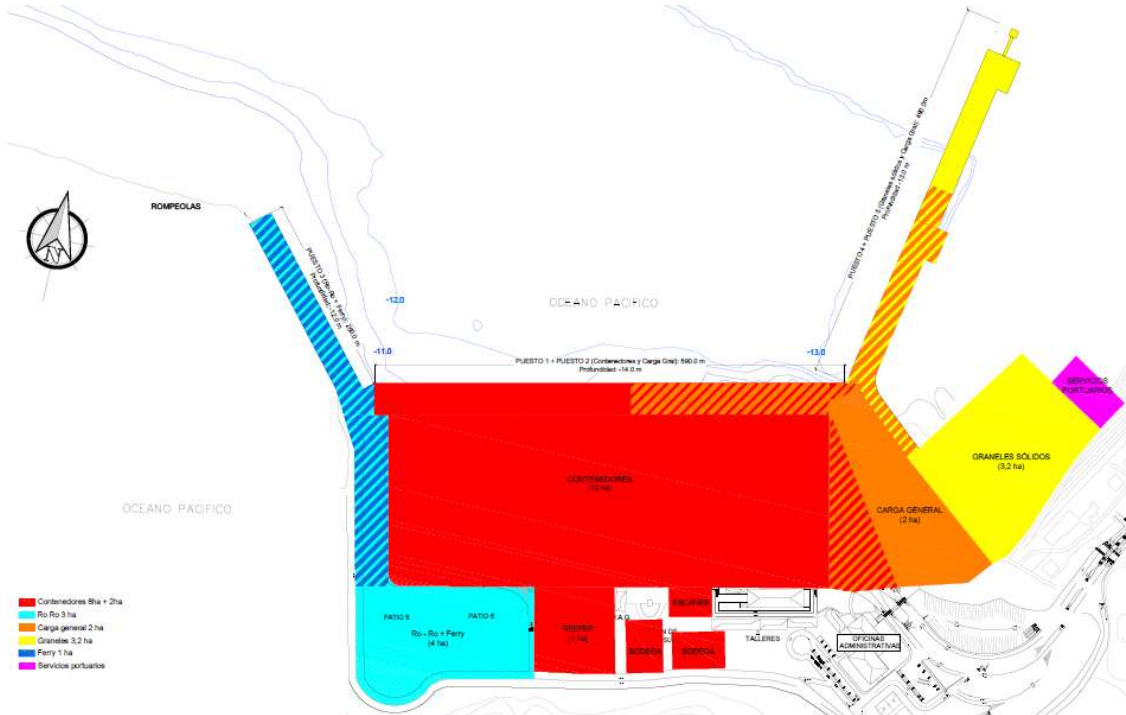


Figura 6-4: Opción 1 del Plan Maestro

En esta posibilidad se propone:

- Nuevo puesto para operaciones ro-ro y ferry (Puesto 3, Prof. = -12,0 m; L = 250 m), emplazado en el espaldón del rompeolas ubicado en el sector oeste del puerto, con su consiguiente área de apoyo, en el sector sudoeste, para maniobras y almacenamiento temporario asociado a dichas cargas (ro-ro 3 ha y Ferry 1 ha). Se le ha dado una mayor profundidad que la requerida (Prof. Min = -11,0 m) para proveer el puesto con mayor flexibilidad para posibles cambios en la demanda futura o diversificación de cargas; también se puede uniformar con los Puestos 1 y 2 (Prof. = -14,0 m).
- Reacondicionamiento de los actuales Puesto 1, 2 y 3 para operaciones de contenedores y carga general desarrollando un frente de atraque y amarre continuo y uniforme (Puesto 1 y 2, Prof. = -14,0 m, L = 590 m) los que configuran una terminal multipropósito cuya playa de contenedores (13 ha) se ubica detrás de los Puestos 1 y 2 y la playa de carga general (2 ha) se emplaza en terrenos rellenados en el este del puerto, al igual que los espacios para estacionamiento de camiones para la carga a granel (3,2 ha).
- Extensión del actual Puesto 4 con una nueva posición de atraque y amarre (Puesto 5, Prof. = -13,0 m; L = 250 m), manteniendo la misma alineación para operar carga a granel con la misma metodología de descarga que en actualidad. Este nuevo frente de operaciones totaliza una longitud de 490 metros brindando mayor flexibilidad futura en lo que respecta a la evolución de la flota que trabaje carga a granel y carga general en el puerto. Es importante resaltar que en el nuevo puesto de atraque y amarre se esperan tiempos inoperativos mayores que en el actual Puesto 4 por mayor exposición a acciones hidrometeorológicas. El viaducto de acceso se adecua para mejorar la accesibilidad a dichos puestos.
- Relocalización de los servicios portuarios en nuevas zonas de relleno en el este del puerto debido a la reclamación de tierras donde se encuentran emplazados en la actualidad.



### 6.3 Opción 2

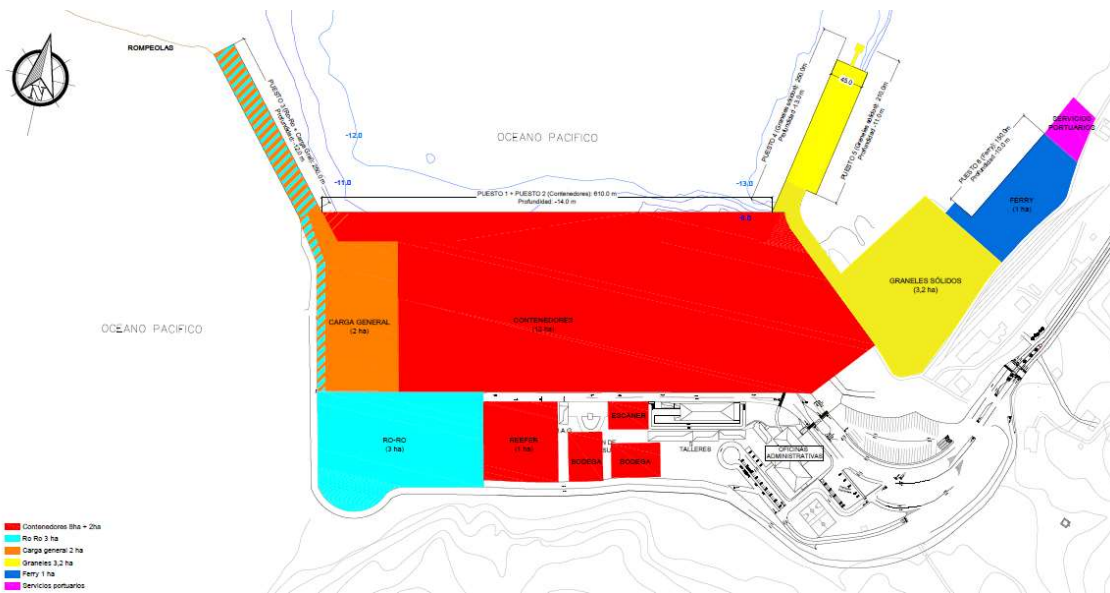


Figura 6-5: Plan Maestro opción 2

En esta opción se propone:

- Nuevo puesto para operaciones ro-ro y carga general (Puesto 3, Prof. = -12,0 m; L = 250 m), emplazado en el espaldón del rompeolas ubicado en el sector oeste del puerto, con sus consiguientes áreas de apoyo, en el sector oeste y sudoeste, para maniobras y almacenamiento temporario de dichas cargas (Carga General 2 ha y ro-ro 3 ha). Al puesto se le ha dado una mayor profundidad que la requerida para carga general (Prof. Min = -11,0 m) para proveerlo con mayor flexibilidad para posibles cambios en la demanda futura o diversificación de cargas; también se puede uniformizar con los Puestos 1 y 2 (Prof. = -14,0 m).
- Reacondicionamiento de los actuales Puesto 1, 2 y 3 para operaciones exclusivas de contenedores desarrollando un frente de atraque y amarre continuo y uniforme (Puesto 1 y 2, Prof. = -14,0 m, L = 590 m) configurando una terminal dedicada de contenedores (13 ha) que se ubica detrás de los Puestos 1 y 2 y en terrenos rellenados en el este del puerto.
- Nuevo puesto para carga a granel (Puesto 5, Prof. = -11,0 m; L = 210 m) al este del actual Puesto 4 (que se ampliará a L = 250 m) compartiendo el muelle existente; igualmente la longitud de estos puestos depende de la evolución de la flota futura, por lo que es necesario monitorear dicha evolución y dejar prevista en el diseño una posible extensión de los puestos. Para que los buques puedan acceder al nuevo Puesto 5 será necesario crear un nuevo círculo de maniobras náuticas al noreste del puerto y dragar el área entre el puesto y los nuevos terrenos por rellenar para estacionamiento de camiones para la carga a granel (3,2 ha) emplazados al este del puerto. Esta área por dragar tiene una profundidad limitada, y por este motivo se recomienda dragar el Puesto 5 a una profundidad menor comparada con el Puesto 4 y así dedicar este puesto a los buques graneleros de menor tamaño.
- Nueva terminal dedicada a la operatoria de ferry (1 ha) en el puerto (Puesto 6, Prof. = -10,0 m; L = 150 m) en zona de relleno de tierras al este del puerto. Esto presenta grandes ventajas, ya que al tratarse de una terminal dedicada, este tipo de operaciones (ferry) contará con disponibilidad de muelle las 24 horas del día, los 365 días del año.
- Relocalización de los servicios portuarios en nuevas zonas de relleno en el noreste del puerto debido a la reclamación de tierras donde se encuentran emplazados en la actualidad.

## 6.4 Opción 3

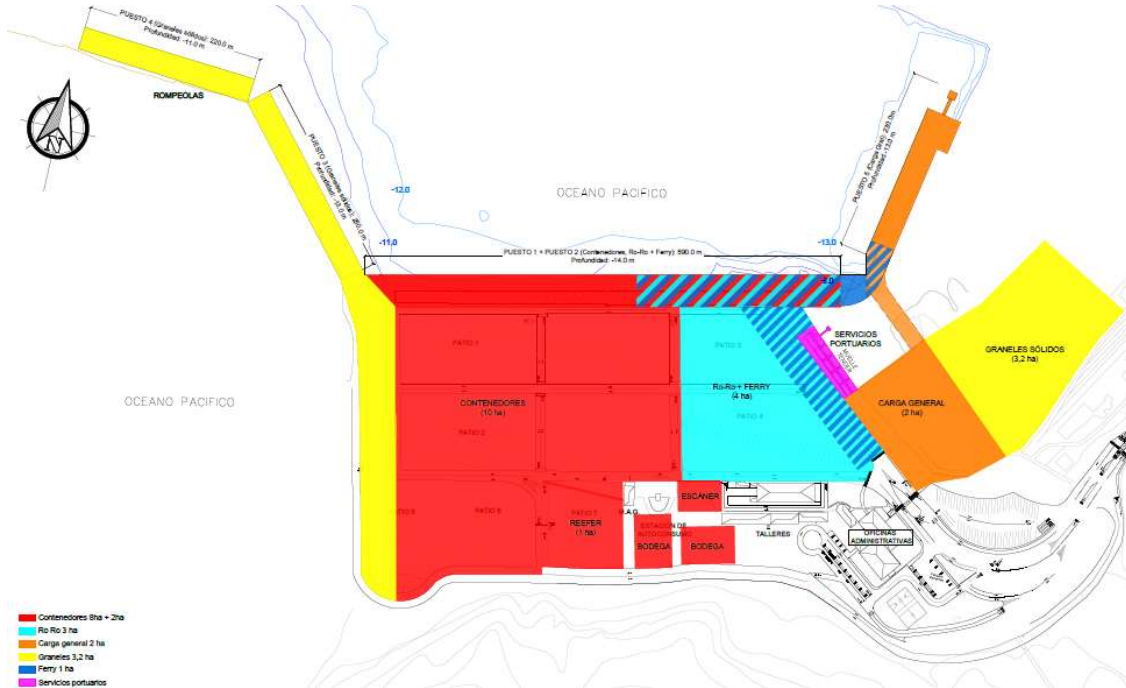


Figura 6-6: Plan Maestro opción 3

En esta opción se propone:

- Nuevos puestos para operaciones de carga a granel (Puesto 3, Prof. = -13,0 m; L = 250 m y Puesto 4, Prof. = -11,0 m; L = 220 m) con la misma metodología de descarga que en la actualidad. El Puesto 4 estaría dedicado a los buques graneleros de menor tamaño. Es importante resaltar que en el nuevo Puesto 4 se esperan tiempos inoperativos mayores que en el actual Puesto 4 por mayor exposición a acciones hidro-meteorológicas. En la zona oeste del puerto se deja una franja (1,5 ha) para pesaje, circulación y maniobra de camiones vinculados a la carga a granel provenientes del área de apoyo y estacionamiento (3,2 ha) emplazada en el este del puerto en nuevos terrenos ganados al mar.
- Reacondicionamiento de los actuales Puesto 1, 2 y 3 para operaciones de contenedores, ro-ro y ferry desarrollando un frente de atraque y amarre continuo y uniforme (Puesto 1 y 2, Prof. = -14,0 m, L = 590 m) los que configuran una terminal multipropósito cuya playa de contenedores (13 ha) se ubica principalmente detrás del Puesto 1 y el área de apoyo para ro-ro (3 ha) y ferry (1 ha) se emplaza preponderantemente detrás del Puesto 2, que es para transferencia buque-muelle y que comparten contenedores, ro-ro y ferry.
- El actual Puesto 4, indicado como Puesto 5 en esta opción, se destina para trabajar carga general con la misma metodología de descarga que en actualidad, pero se construye un viaducto (el que permitirá la circulación de embarcaciones para servicios portuarios) que facilitará la segregación de los flujos de cargas hacia una nueva área de apoyo que se ha rellenado en el sudeste del puerto para carga general (2 ha). Parte del muelle/viaducto del actual Puesto 4 deberá ser modificado para operar la rampa de popa del ferry.

## 6.5 Opción 4

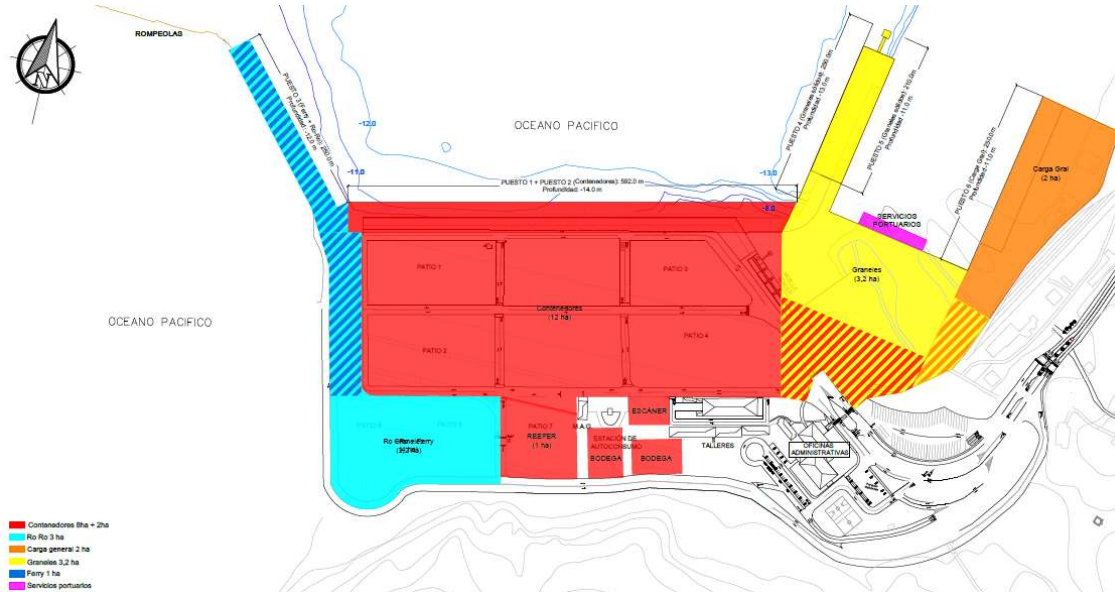


Figura 6-7: Plan Maestro opción 4

En esta opción se propone:

- Nuevo puesto para operaciones ro-ro y ferry (Puesto 3, Prof. = -12,0 m; L = 250 m), emplazado en el espaldón del rompeolas ubicado en el sector oeste del puerto, con su consiguiente área de apoyo, en el sector sudoeste, para maniobras y almacenamiento temporario asociado a dichas cargas (ro-ro 3 ha y ferry 1 ha). Se le ha dado una mayor profundidad que la requerida (Prof.mín = -11,0 m) para proveer el puesto con mayor flexibilidad para posibles cambios en la demanda futura o diversificación de cargas; también se puede uniformizar con los Puestos 1 y 2 (Prof. = -14,0 m).
- Reacondicionamiento de los actuales Puesto 1, 2 y 3 para operaciones exclusivas de contenedores desarrollando un frente de atraque y amarre continuo y uniforme (Puesto 1 y 2, Prof. = -14,0 m, L = 590 m) configurando una terminal dedicada de contenedores (13 ha) que se ubica detrás de los Puestos 1 y 2 del puerto (con posibilidades de expansión en nuevos terrenos ganados al mar).
- Nuevo puesto para carga a granel (Puesto 5, Prof. = -11,0 m; L = 210 m) al este del actual Puesto 4 (que se ampliaría hasta L = 250 m), compartiendo el muelle existente y estando ambos vinculados con los nuevos terrenos a rellenar para área de apoyo y estacionamiento de camiones para la carga a granel (3,2 ha) emplazados al este del puerto. El área por dragar tiene una profundidad limitada, y por este motivo se recomienda dragar el Puesto 5 a una profundidad menor comparada con el Puesto 4 y así dedicar este puesto a los buques graneleros de menor tamaño.
- Nuevo puesto para carga general (Puesto 6, Prof. = -11,0 m; L = 250 m) al este del puerto en zona de nuevos terrenos por rellenar para área de apoyo para las operaciones de carga general (2 ha).
- Nueva dársena para buques entre el Puesto 5 y Puesto 6 y nuevo círculo de maniobras náuticas al noreste del puerto
- Relocalización de los servicios portuarios dentro de la dársena debido a la reclamación de tierras donde se encuentran emplazados en la actualidad.

## 6.6 Opción 5 A

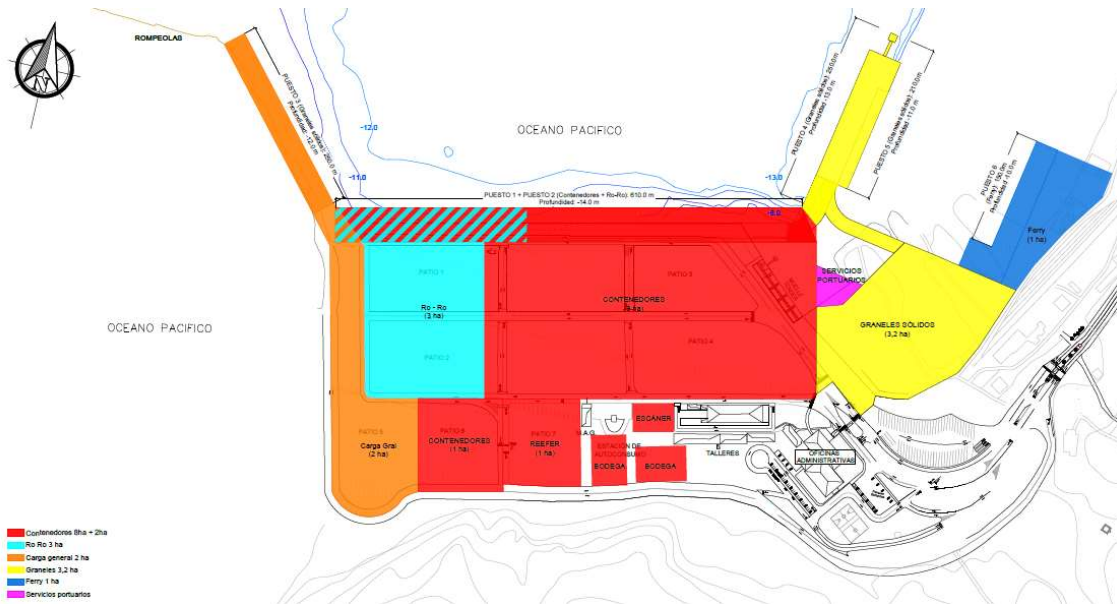


Figura 6-8: Plan Maestro opción 5A

En esta opción se propone:

- Nuevo puesto para operaciones de carga general (Puesto 3, Prof. = -12,0 m; L = 250 m), emplazado en el espaldón del rompeolas ubicado en el sector oeste del puerto, con sus consiguientes áreas de apoyo, en el sector oeste y sudoeste, para maniobras y almacenamiento temporario de dichas cargas (Carga General 2 ha). También, es posible uniformizar la profundidad del muelle con los Puestos 1 y 2 (Prof. = -14,0 m), y por ello, junto con el propósito de aumentar la flexibilidad, la profundidad escogida para este puesto es mayor que la mínima requerida (Prof. mín = -11,0 m)
- Reacondicionamiento de los actuales Puesto 1, 2 y 3 para operaciones de contenedores y ro-ro desarrollando un frente de atraque y amarre continuo y uniforme (Puesto 1 y 2, Prof. = -14,0 m, L = 590 m) los que configuran una terminal multipropósito cuya playa ro-ro (3 ha) se emplaza al oeste del puerto, principalmente detrás del Puesto 1 y la playa de contenedores (13 ha) se ubica en su mayoría detrás del Puesto 2.
- Nuevo puesto para carga a granel (Puesto 5, Prof. = -11,0 m; L = 210 m) al este del actual Puesto 4 (que se extenderá hasta L = 250 m), compartiendo el muelle existente y estando ambos vinculados, por medio de un viaducto, con el área de apoyo y estacionamiento de camiones para la carga a granel (3,2 ha), parcialmente desarrollado en terrenos existentes y el resto en un relleno. El viaducto permitirá la circulación de embarcaciones para servicios portuarios, ya que no se modifica en esta variante su emplazamiento. El área por dragar tiene una profundidad limitada debido a su cercanía con la costa, y por este motivo se recomienda dragar el Puesto 5 a una profundidad menor comparada con el Puesto 4 y así dedicar este puesto a los buques graneleros de menor tamaño.
- Nueva terminal dedicada a la operación del Ferry (1 ha) en el puerto (Puesto 6, Prof. = -10,0 m; L = 150 m) en zona de relleno de tierras al este del puerto. Esto presenta grandes ventajas ya que, al tratarse de una terminal dedicada, este tipo de operaciones (ferry) contará con disponibilidad de muelle las 24 horas del día, los 365 días del año.
- Nueva dársena para buques entre el Puesto 5 y Puesto 6 y nuevo círculo de maniobras náuticas al noreste del puerto

## 6.7 Opción 5 B

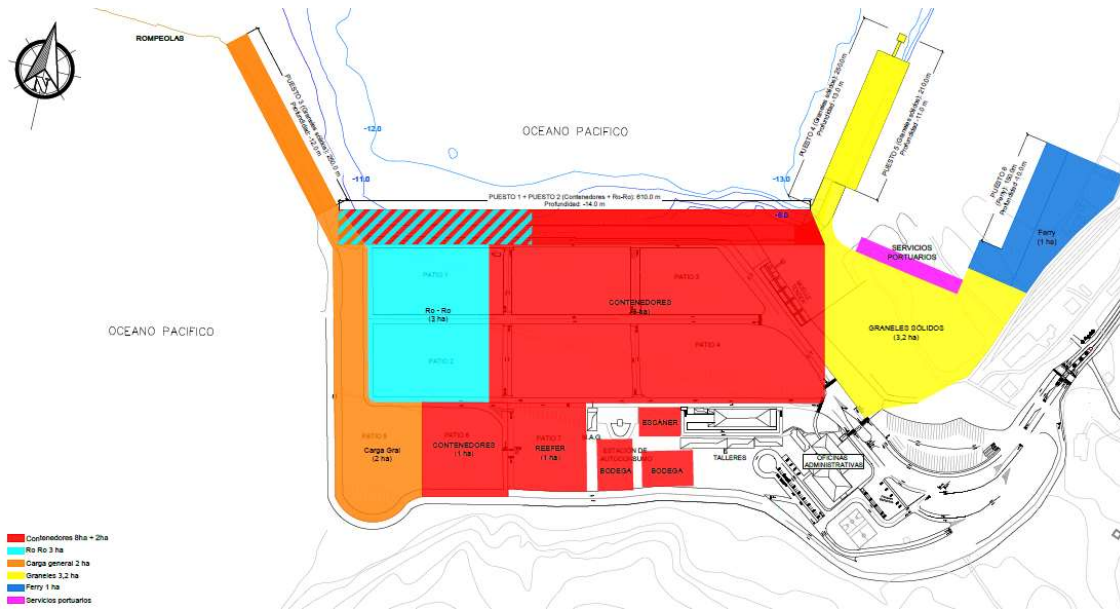


Figura 6-9: Plan Maestro opción 5B

Esta variante es una evolución natural de la opción 5, donde se rellena el sector actual de servicios portuarios, ampliando la superficie portuaria, y se los relocaliza dentro de la dársena como está expresado en la Figura 6-9 en color magenta.

## 6.8 Opción 6 A

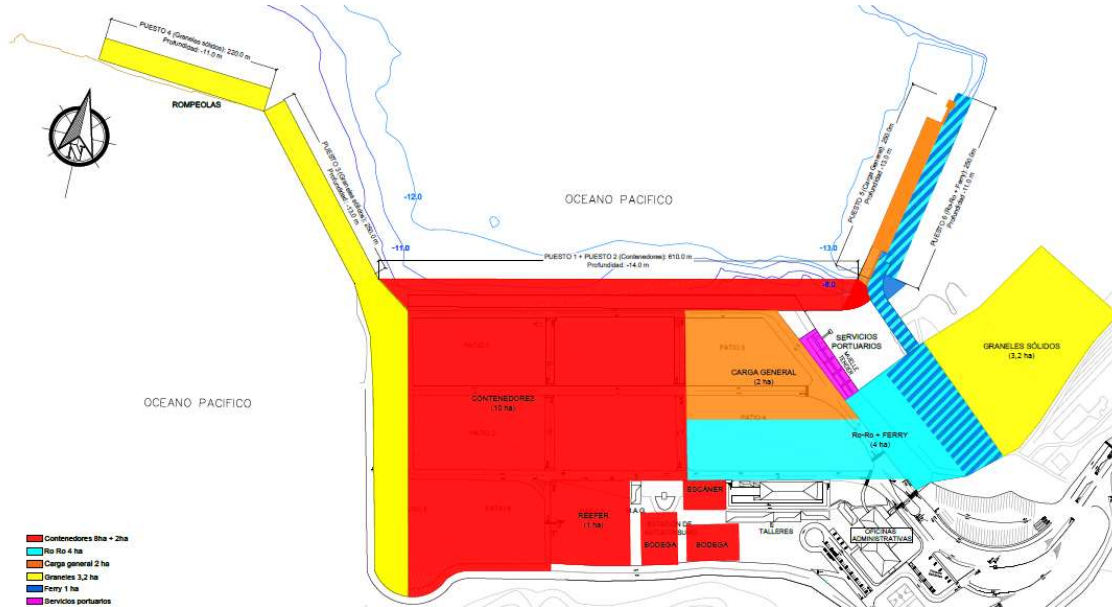


Figura 6-10: Plan Maestro opción 6A

En esta opción se propone:

- Nuevos puestos para operaciones de carga a granel (Puesto 3, Prof. = -13,0 m; L = 250 m y Puesto 4, Prof. = -11,0 m; L = 220 m) con la misma metodología de descarga que en la actualidad, y dedicando el último puesto a los buques graneleros de menor tamaño. Es importante resaltar que en el nuevo Puesto 4 se esperan tiempos inoperativos mayores que en el actual Puesto 4 por mayor exposición a acciones hidro-meteorológicas. En la zona oeste del puerto se deja una franja (1,5 ha) para pesaje, circulación y maniobra de camiones vinculados a la carga a granel provenientes del área de apoyo y estacionamiento (3,2 ha) emplazada en el este del puerto en nuevos terrenos ganados al mar.
- Reacondicionamiento de los actuales Puestos 1, 2 y 3 para operaciones exclusivas de contenedores, desarrollando un frente de atraque y amarre continuo y uniforme (Puesto 1 y 2, Prof. = -14,0 m, L = 590 m) de una nueva terminal dedicada de contenedores, cuya playa (13 ha) se ubica principalmente detrás del Puesto 1.
- El actual Puesto 4, indicado como Puesto 5 en esta opción, se amplía a L = 250 m y se destina para operar carga general con la misma metodología de descarga que en actualidad, y se utiliza el viaducto existente para vincularla con el área de apoyo para carga general (2 ha) en el centro del complejo portuario (2 ha).
- Nuevo puesto para ro-ro y ferry (Puesto 5, Prof. = -11,0 m; L = 250 m) al este del actual Puesto 4 compartiendo el muelle existente y desarrollando un nuevo vínculo, por medio de un viaducto, con el área de apoyo para ro-ro (3 ha) y ferry (1 ha), parcialmente desarrollado en terrenos existentes y el resto en un relleno. El viaducto permitirá la circulación de embarcaciones para servicios portuarios, ya que no se modifica en esta variante su emplazamiento .

### 6.9 Opción 6 B

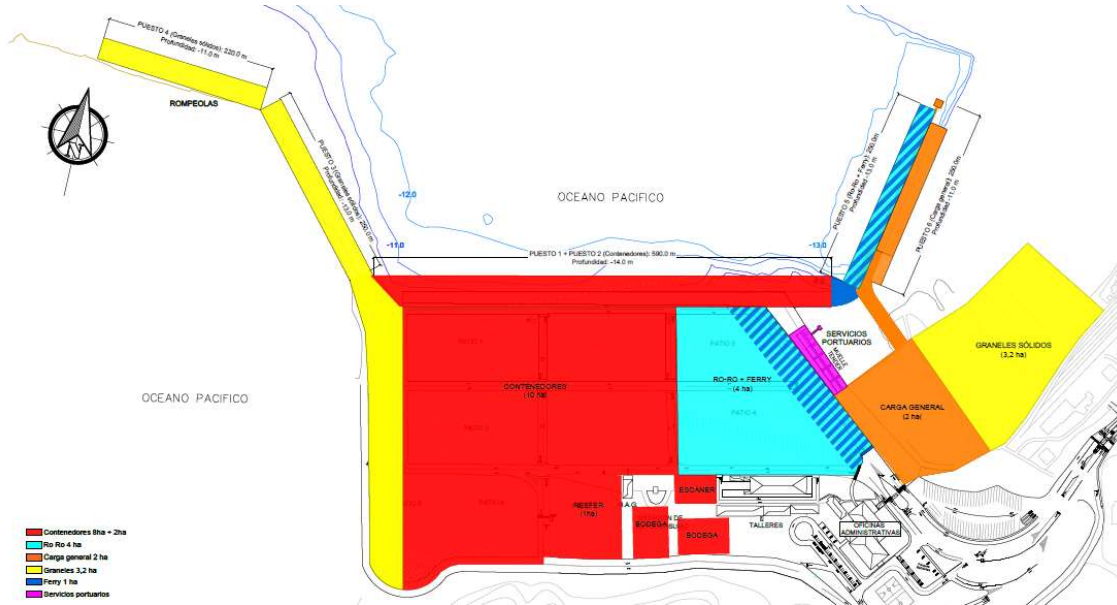


Figura 6-11: Plan Maestro opción 6B

Esta variante invierte los usos de los Puestos 5 y 6, con respecto a la opción 6, con la finalidad de segregar el flujo de carga general de la operatoria de contenedores para lograr una mejor compatibilidad de cargas en la franja de transición y circulación del Puesto 2, donde quedarían operaciones con carga de contenedores, ro-ro y ferry.

## 6.10 Opción 7 A

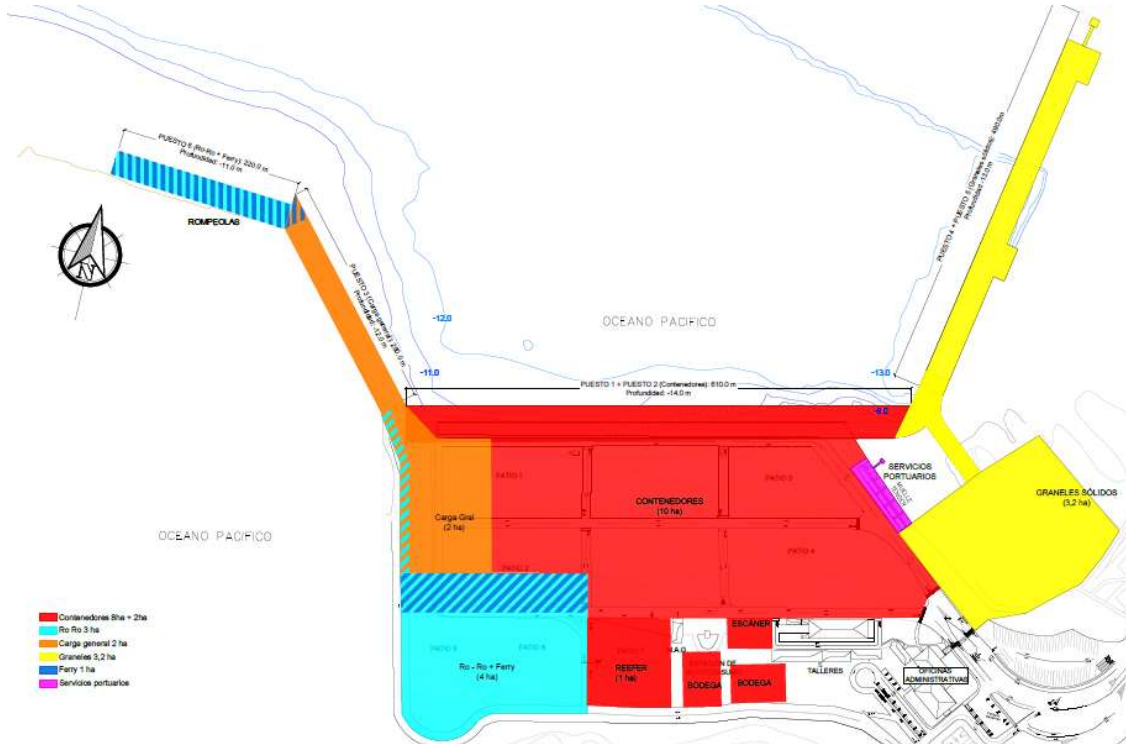


Figura 6-12: Plan Maestro Opción 7A

En esta opción se propone:

- Nuevo puesto para operaciones ro-ro y ferry (Puesto 6, Prof. = -11,0 m; L = 250 m). Es importante resaltar que en el nuevo Puesto 6 se esperan tiempos inoperativos mayores que en el resto del complejo portuario, por mayor exposición a acciones hidro-meteorológicas. En la zona oeste y sudoeste del puerto se deja una franja y área de apoyo (4 ha) para circulación y maniobra de ro-ro y ferry.
- Nuevo puesto para operaciones de carga general (Puesto 3, Prof. = -12,0 m; L = 250 m), emplazado en el espaldón del rompeolas ubicado en el sector oeste del puerto, con sus consiguientes áreas de apoyo, en el sector oeste y sudoeste, para maniobras y almacenamiento temporario de dichas cargas (Carga General 2 ha). También, es posible uniformizar la profundidad del puesto con los Puestos 1 y 2 (Prof. = -14,0 m), y por ello, junto con el propósito de aumentar la flexibilidad, la profundidad escogida para este puesto es mayor que la mínima requerida (Prof.mín = -11,0 m).
- Reacondicionamiento de los actuales Puesto 1, 2 y 3 para operaciones exclusivas de contenedores desarrollando un frente de atraque y amarre continuo y uniforme (Puesto 1 y 2, Prof. = -14,0 m, L = 590 m) configurando una terminal dedicada de contenedores (13 ha) que se ubica detrás de los Puestos 1 y 2.
- Extensión del actual Puesto 4 con una nueva posición de atraque y amarre (Puesto 5, Prof. = -13,0 m; L = 260 m), manteniendo la misma alineación para operar carga a granel con la misma metodología de descarga que en actualidad. Este nuevo frente de operaciones totaliza una longitud de 490 metros brindando mayor flexibilidad futura en lo que respecta a la evolución de la flota que trabaje carga a granel en el puerto. Es importante resaltar que en el nuevo puesto de atraque y amarre se esperan tiempos inoperativos mayores que en el actual Puesto 4 por mayor exposición a acciones hidro-meteorológicas. El Puesto 4 y 5 para carga a granel estarán vinculados, por medio de un viaducto, con el área de apoyo y estacionamiento de camiones para la carga a granel (3,2 ha), parcialmente desarrollado en terrenos existentes y el resto en un relleno. El viaducto permitirá la circulación de embarcaciones para servicios portuarios, ya que no se modifica en esta variante su emplazamiento.



## 6.11 Opción 7 B

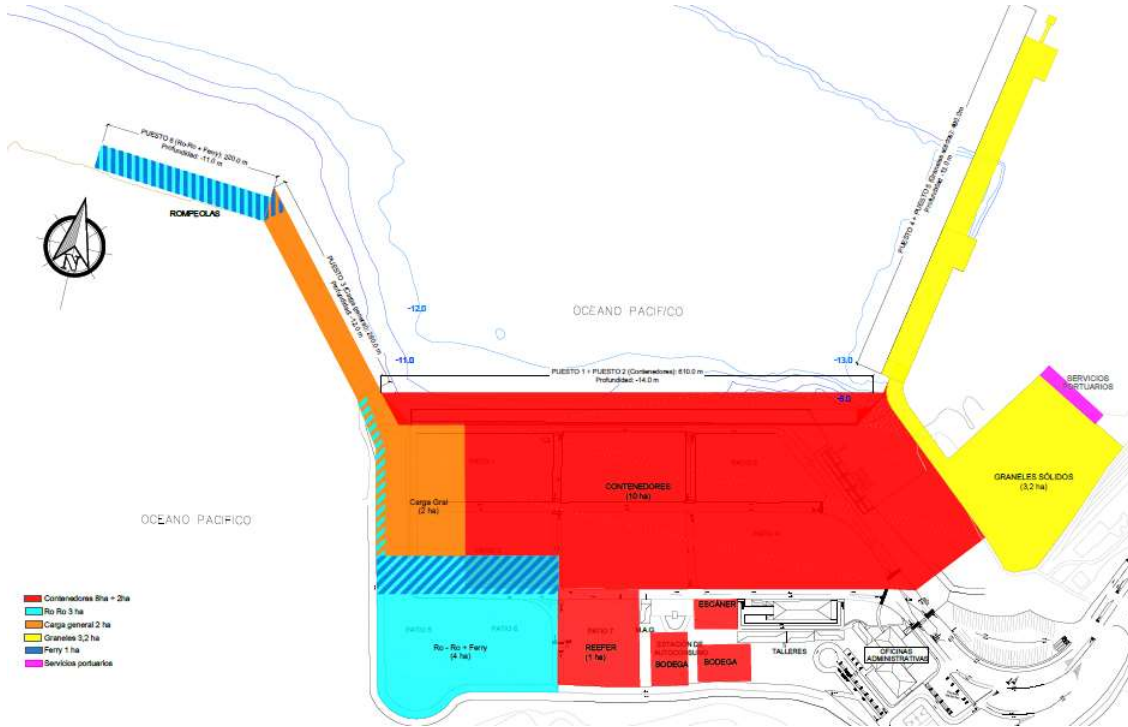


Figura 6-13: Plan Maestro opción 7B

Esta variante es una evolución natural de la opción 7, donde se rellena el sector actual de servicios portuarios, ampliando la superficie portuaria para las operaciones de carga de contenedores. Por lo tanto, se relocalizan los servicios portuarios al noreste del puerto.

## 6.12 Opción 8

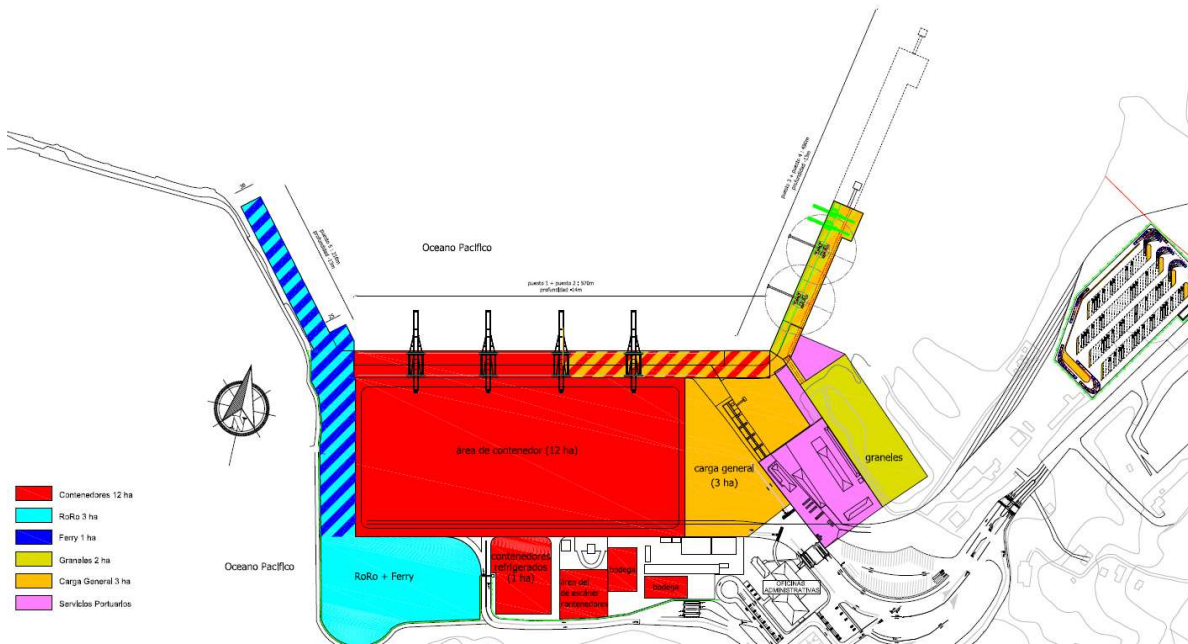


Figura 6-14: Plan Maestro opción 8

Esta variante es una evolución natural de la opción 1, donde se rellena el área para graneles, ampliando la superficie portuaria para las operaciones de carga de contenedores. Por lo tanto, se ampliaron los servicios portuarios al noreste del puerto.

El Puerto 4 no se ampliará en esta opción, pero el método de descarga se modificará agregando descargadores continuos de buques, cintas y una estación de carga de camiones.

## 6.13 Análisis multicriterio

El análisis multicriterio es un método frecuentemente utilizado para encontrar la opción más favorable entre un número de posibilidades.

Además, como se sabe, hay un número elevado de factores de diferente importancia que influyen en el proceso de toma de decisiones.

### 6.13.1 Metodología

Hay diferentes tipos de análisis multicriterio. En este informe se usará el modelo aditivo lineal. Es un método ampliamente aplicado y tiene una base teórica sólida ([11] Department for Communities and Local Government: London, 2009). Principalmente, su simplicidad y su modo estandarizado para calificar opciones son factores clave para evitar la subjetividad.

El método del modelo de adición lineal se basa en aplicar un peso relativo a cada criterio que toma parte en la comparación. Este peso multiplicará la puntuación dada a cada factor. Por ello, se tiene en cuenta la diversa importancia de los criterios estudiados. Las puntuaciones ponderadas se suman para cada opción. Las de mayor puntuación serán consideradas las mejores posibilidades.

Como primer paso, se deben identificar los objetivos principales, cumpliendo con los criterios relevantes que influyen en el procedimiento de análisis. Una vez identificados los factores relevantes, se realiza el estudio.

Las opciones analizadas, que se presentan anteriormente, se enumeran en la Tabla 6-1.

*Tabla 6-1: Variantes propuestas para el Plan Maestro de Puerto Caldera*

Variantes
Opción 1
Opción 2
Opción 3
Opción 4
Opción 5A
Opción 5B
Opción 6A
Opción 6B
Opción 7A
Opción 7B
Opción 8

### 6.13.2 Identificación de principales criterios por evaluar

Varios criterios son seleccionados para evaluar los beneficios y desventajas de las diferentes opciones del Plan Maestro. Todos los factores que pueden considerarse relevantes para el proceso de toma de decisiones se enumeran y agrupan en diferentes categorías.

Tabla 6-2: Categorías y criterios usados para la comparación de opciones

Criterio	
<b>Factores técnicos</b>	Simplicidad de construcción
	Proceso de constructivo (duración, etapas, área y equipamiento requeridos, etc.)
	Flexibilidad futura o cambios intermedios (p.ej. simplicidad para acomodar los volúmenes de carga del escenario alto, etc.)
<b>Factores operacionales</b>	Tiempo de inactividad operacional (p.ej. áreas abrigadas)
	Eficiencia para el manejo de la carga (p.ej. interferencia entre tipos de carga, etc.)
	Accesibilidad terrestre (p.ej. distancia del muelle a la terminal, etc.)
	Accesibilidad náutica
<b>Ambiente y sociedad</b>	Áreas reclamadas y paisaje
	Impactos ambientales (corrientes/sedimentación, turbiedad del agua, emisiones de CO2, contaminación lumínica, acústica y del suelo, volúmenes excavados, etc.)
<b>Costos</b>	Percepción social
	Inversión inicial mediante la primera fase de expansión portuaria.
	CAPEX (“ <i>Capital Expenditures</i> ” o Inversión Inicial”)
<b>Riesgos</b>	OPEX (“ <i>Operational Expenditures</i> ” o Inversión de operación)
	Inversión
	Construcción
	Institucional

Una breve explicación de cada uno de los criterios se da en las siguientes secciones.

### 6.13.2.1 Factores técnicos

#### **Simplicidad de construcción**

Cada una de las variantes será evaluada en la simplicidad de construcción. Esto se relaciona con

- Tipo de construcción y el esfuerzo requerido para realizar la construcción,
- Disponibilidad de material de construcción y posibilidades de transporte del material.

#### **Proceso de constructivo (duración, etapas, área y equipamiento requeridos, etc.)**

El segundo punto se refiere al proceso de construcción. Se tienen en cuenta las siguientes consideraciones:

- ¿Cuánto tiempo tomará la construcción?
- ¿Se puede subdividir la construcción en fases claras?
- ¿Hay algún equipo especial requerido para la construcción o el equipo requerido puede suministrarse localmente y cuál será la disponibilidad de este equipo?
- ¿Cuánto interfiere la construcción con la operación actual del puerto?

#### **Flexibilidad futura o cambios intermedios (p.ej. simplicidad para acomodar los volúmenes de carga del escenario alto, etc.)**

En el último punto de atención, las opciones se evalúan con base en la flexibilidad de la expansión futura (expansión estructural). Esto se relaciona con:

- Posibilidad de mejorar la estructura para acomodar cargas más grandes en el futuro debido a una carga más pesada para manejar;
- Flexibilidad para acomodar productos más grandes o barcos más grandes.

### 6.13.2.2 Factores operacionales

#### **Tiempo de inactividad operacional (p.ej. áreas abrigadas)**

El primer punto de atención se centra en la cantidad de refugio que se proporciona cuando un barco se carga / descarga en el muelle. Más refugio contra las olas significa menos tiempo de inactividad y una mayor operabilidad. Cuanto mejor sea la protección, mayor será la puntuación.

#### **Eficiencia para el manejo de la carga (p.ej. interferencia entre tipos de carga, etc.)**

El segundo punto de atención investiga la eficiencia de manejo:

- ¿Interfiere un cierto tipo de carga con otros tipos de carga durante la (des-) carga?
- ¿Se implementa una terminal de contenedores o de granos dedicada?, lo que significa que se puede instalar equipo especializado que solo sirve para contenedores o granos que permiten mayores tasas de manejo y, por lo tanto, una mayor capacidad o son productos diferentes que se manejan en el mismo puesto.

#### **Accesibilidad terrestre (p.ej. distancia del muelle a la terminal, etc.)**

En el tercer punto, las puntuaciones se determinan en función de la accesibilidad de los distintos atraques y terminales (la infraestructura del puerto). Es posible que diferentes productos necesiten acceso separado (por carretera) y debe haber una transferencia sin problemas entre el muelle y las áreas de almacenamiento. Esta transferencia no debe interferir con otras operaciones portuarias.

Para obtener una puntuación más alta, la opción debe proporcionar una conexión segura y eficiente entre el almacenamiento y el atraque, pero también desde el almacenamiento hasta otros puntos de acceso, como la descarga o descarga de camiones.

#### **Accesibilidad náutica**

Se tienen en cuenta las siguientes consideraciones para evaluar la accesibilidad náutica:

- Riesgo potencial de colisión a los atraques.
- Estado de las olas en las zonas de maniobra.
- Espacio para maniobras de los buques y remolcadores.

### 6.13.2.3 Ambiental y social

En este apartado se valora el impacto social y ambiental del puerto. Como primer criterio se definió el impacto en el paisaje; el puerto ocupa un espacio significativo en la bahía, la ampliación del puerto implica cambios en las áreas circundantes las cuales serán incorporadas al proyecto. Las áreas del proyecto y de influencia directa ya se encuentran impactadas, además, el área adicional que se estaría incorporando al proyecto sería similar para todas las opciones, por lo que la puntuación de este criterio sería la misma para todas las posibilidades.

El segundo criterio se enfoca en el impacto ambiental. Este razonamiento es de los más significativos ya que es el que mide los mayores impactos en la calidad del agua, en el suelo y en el aire, tales como sedimentación, emisiones de CO<sub>2</sub>, potenciales derrames de hidrocarburos, afectación de la fauna marina, entre otros. Para la valoración del impacto ambiental, el puntaje más bajo se les otorga a los aspectos que causan los impactos más significativos o que perduran en el largo plazo.

El último punto que se valora como parte de los criterios socioambientales es la percepción social. En el caso de Puerto Caldera el impacto social sería similar en las diferentes opciones. Los principales aspectos sociales que se consideran en el análisis son: dispersión de partículas de la terminal granelera, concentración de camiones en las vías aledañas y generación de empleo.

- Partículas terminal granelera: se considera positiva la implementación de bandas transportadores y silos, ya que minimiza la dispersión de partículas en el aire.
- Concentración de camiones en vías aledañas: todas las opciones consideran el estacionamiento para camiones como medida de mitigación.
- Generación de empleo: las diferentes posibilidades consideran los mismos proyectos, pero se generaría una cantidad muy similar de fuentes de empleo, razón por la cual no habría diferencias significativas en la puntuación de este criterio.

### 6.13.2.4 Costos

El criterio de costos se subdivide en tres áreas de interés:

- Uso de la infraestructura existente y la posibilidad de escalar la inversión con un crecimiento en el rendimiento. Las opciones que reducen las inversiones iniciales requeridas utilizando la infraestructura existente actualmente se clasificarán más arriba.
- El segundo punto de atención es el CAPEX, es decir, la inversión requerida para desarrollar la infraestructura portuaria para cumplir con la capacidad requerida en 2042.
- De manera similar, el último punto puntúa las posibilidades en OPEX, es decir, los costos financieros de operar y mantener las instalaciones portuarias

### 6.13.2.5 Riesgos

Los siguientes elementos se tienen en cuenta al calificar las opciones según los riesgos comprometidos:

- Riesgo de inversión: este criterio está vinculado al costo de construcción, costo operacional y tasa de retorno esperada.
- Riesgo de construcción: por ej.
  - o Condiciones del suelo desconocidas o deficientes,
  - o Construcción en situación no resguardada (acción de oleaje alta) que resulta en un alto riesgo de daños al equipo y alto tiempo de inactividad durante la construcción
  - o Riesgo de colisión de los buques con construcciones temporales o con el equipo desplegado durante la construcción.
- Riesgo institucional:
  - o El riesgo puede surgir al combinar el área de almacenamiento de los diversos productos mientras que los operadores son diferentes
  - o El riesgo puede surgir cuando varios operadores tienen que usar los espacios de sus terminales para manejar la carga.
  - o El riesgo puede surgir cuando el desarrollo futuro de un terminal está restringido por los límites de otros terminales
  - o Riesgos por restricciones de las leyes de concesión.

### 6.13.3 Asignación de puntajes

Se elige un rango de puntuaciones. La categoría definida trata de describir de manera simple y precisa los estados posibles que puede alcanzar el nivel de rendimiento de una opción. La escala de puntuación final es:

Tabla 6-3: Escala de puntuación del análisis multicriterio

Desempeño esperado	Puntuación
La opción presenta condiciones ideales con respecto al factor analizado	+5
La posibilidad tiene buenas condiciones, sin mayores problemas	+4
La opción presenta algunos problemas respecto al factor bajo estudio, pero se pueden solventar	+3
La posibilidad tiene problemas significativos con respecto al factor analizado, difícil de resolver.	+2
La opción muestra problemas desafiantes que podrían proscribir el diseño.	+1

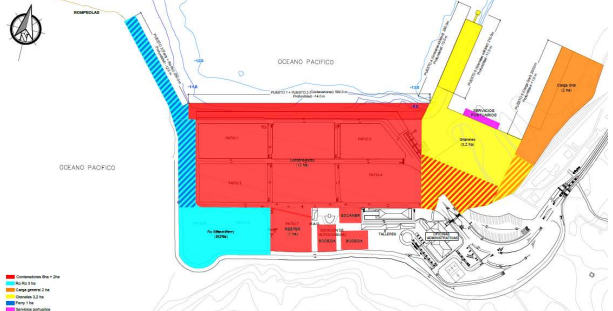
Una vez que se define el rango, cada opción obtiene una puntuación para cada criterio. Con el fin de deshacerse de la subjetividad para el pesaje, los expertos deberán completar la evaluación por su propia cuenta. Finalmente, con el objetivo de eliminar la subjetividad en este proyecto, no se utiliza una sola evaluación, sino que se emplea valores promedio.

Opción	Características de la opción				
	FACTORES TÉCNICOS	FACTORES OPERACIONALES	AMBIENTAL Y SOCIAL	Costos	Riesgos
Opción 1					
	<p>La extensión del embarcadero este estará en un área donde estará expuesta a las olas que pasan por el rompeolas. Esto tendrá impacto en la construcción.</p>	<p>La operación de los atraques será comparable al puerto actual, con la excepción de la parte extendida del embarcadero este. Como esta área está más expuesta a las olas, este muelle tendrá un mayor tiempo de inactividad.</p> <p>Además, cuando los barcos entren en puerto, navegarán directamente hacia el muelle del este extendido (riesgo de colisión), lo que requerirá una maniobra más prudente para reducir el riesgo.</p>	<p>Agregando la actividad del ferry, en una zona más abierta que puede agregar dificultad en el control de derrames y pérdidas accidentales de hidrocarburos. Se puede controlar impactos con los planes de acción adecuados que ya trabajan en el puerto y que se pueden mejorar.</p> <p>No tiene problemas nuevos ambientales.</p> <p>Este punto tiene la desventaja de la dirección del viento que lleva las nubes de polvo directamente hacia la playa y zona del puente.</p> <p>Cambio no significativo ambientalmente en comparación a las otras opciones.</p>	<p>La extensión del muelle oriental requiere CAPEX y OPEX adicionales. Sin embargo, esta extensión debería aumentar la cantidad de productos que pueden transferirse.</p> <p>El área del puerto de servicio debe ser reubicada (costo adicional).</p> <p>El OPEX relacionado con esta opción (incluido el mantenimiento del nuevo embarcadero y los costos operativos relacionados con la nueva terminal) no aumentará drásticamente en comparación con la situación actual.</p>	<p>Riesgos de construcción debido a la incertidumbre de la composición del suelo hasta la extensión del muelle en el oeste.</p> <p>La agrupación de productos similares para encajar en un contrato reducirá los riesgos institucionales.</p>



Opción	Características de la opción				
	FACTORES TÉCNICOS	FACTORES OPERACIONALES	AMBIENTAL Y SOCIAL	Costos	Riesgos
Opción 2					
	<p>La construcción de la dársena del este requiere un esfuerzo adicional, ya que el embarcadero del este se ampliará para servir a los barcos en ambos lados. También es necesario construir un muro pantalla adicional, junto con un esfuerzo agregado de dragado.</p>	<p>La operación de los atraques en la cuenca central será similar al puerto actual.</p> <p>¿----- ¿maniobras de la embarcación de ferry hacia el muelle en la dársena este, se requerirá un círculo de giro adicional en la dársena este o la embarcación debe navegar hacia atrás por una larga distancia.</p>	<p>No implica cambios significativos ambientales por el tipo de carga.</p> <p>Zona protegida para confinamiento de derrames accidentales, por la actividad del ferry.</p> <p>No implica nuevos problemas nuevos ambientales.</p> <p>Este punto tiene la desventaja de la dirección del viento que lleva las nubes de polvo directamente hacia la playa y zona del puente.</p> <p>Cambio no significativo ambiental en comparación con las otras opciones.</p>	<p>Se necesita un CAPEX adicional para construir la dársena esta.</p> <p>La adición de nuevos atraques requiere un mantenimiento adicional de la estructura del atraque en comparación con el puerto actual.</p>	<p>Incertidumbre en la construcción debido a las condiciones desconocidas del suelo en el área de la dársena este.</p>

Opción	Características de la opción				
	FACTORES TÉCNICOS	FACTORES OPERACIONALES	AMBIENTAL Y SOCIAL	Costos	Riesgos
Opción 3					
	<p>La construcción de un segundo atraque oeste será un reto, ya que se encuentra en un área expuesta a las olas.</p>	<p>El flujo de carga entre los atracaderos y las terminales relacionadas no es óptimo, por ejemplo. El almacenamiento de grano se encuentra al este del puerto, mientras que el muelle está al oeste.</p> <p>El atraque oeste tendrá un mayor tiempo de inactividad, ya que está más expuesto a las olas.</p>	<p>Es una actividad similar a la situación actual. En caso de pérdidas de HC accidentales es manejable con los protocolos de prevención ambiental. La dársena confina el impacto.</p> <p>El puesto es más abierto y por la ubicación permite que la dispersión de las emisiones por acción del viento, ocurra hacia zonas abiertas.</p>	<p>Este diseño tiene altos costos iniciales, ya que la terminal de granos se reubica.</p> <p>La adición del atraque en el extremo oeste del rompeolas provoca un CAPEX adicional. Esto también aumenta el OPEX, ya que será necesario un mantenimiento adicional para este atraque oeste.</p>	<p>Incertidumbre en la construcción debido a la adición del atraque oeste en el área expuesta. Las condiciones del suelo aquí son desconocidas.</p> <p>El riesgo institucional es relativamente alto, ya que el manejo de los productos básicos se dispersa por todo el puerto. Container, ro-ro y ferries tienen un muelle para compartir, mientras que el tipo de manejo de materiales difiere completamente.</p>

Opción	Características de la opción				
	FACTORES TÉCNICOS	FACTORES OPERACIONALES	AMBIENTAL Y SOCIAL	Costos	Riesgos
Opción 4					
	<p>La construcción de la dársena este requiere un esfuerzo adicional, ya que el embarcadero del este se ampliará para servir a los barcos en ambos lados. También es necesario construir un muro pantalla adicional, junto con un esfuerzo agregado de dragado.</p>	<p>La operación de los atraques en la cuenca central será similar al puerto actual.</p>	<p>No se considera significativo el agregar esta actividad. Se puede controlar impactos con los planes de acción adecuados preventivos. No hay cambios significativos a la situación actual controlada ambientalmente. Respecto del Puesto 6 se trata de una zona confinada e impactada. No afecta significativamente nueva actividad. Se aumenta del punto de vista ambiental el impacto por la situación actual de dispersión por viento de las cargas a granel especialmente las de granulometría más fina. Zona de alta influencia por dispersión hacia playas de bañistas. Respecto de los nuevos Puestos 5 y 6 (sin detallar uso) como impacto constructivo, se trata de una zona confinada e impactada. No afecta significativamente nueva actividad.</p>	<p>Se necesita un CAPEX adicional para construir la dársena este. La adición de esta requiere un mantenimiento adicional de la estructura del muelle en comparación con el puerto actual.</p>	<p>Incertidumbre en la construcción debido a las condiciones desconocidas del suelo en el área de la dársena este y el muelle oeste.</p> <p>El riesgo institucional es relativamente bajo, ya que los diferentes productos están claramente separados.</p>

Opción	Características de la opción				
	FACTORES TÉCNICOS	FACTORES OPERACIONALES	AMBIENTAL Y SOCIAL	Costos	Riesgos
Opción 5a					
	<p>La construcción de la dársena del este requiere un esfuerzo adicional, ya que el embarcadero del este se ampliará para servir a los barcos en ambos lados. También es necesario construir un muro pantalla adicional, junto con un esfuerzo adicional de dragado. Además, la conexión entre el muelle de granos y el almacenamiento de granos impone una mayor dificultad para construir, ya que los remolcadores y otros barcos de servicio deben navegar por debajo.</p>	<p>La operación de los atraques en la dársena central será similar al puerto actual.</p> <p>El atracadero de los transbordadores requerirá un círculo de giro adicional en la dársena este.</p>	<p>Es una propuesta que, en términos ambientales, no cambia mucho la situación actual.</p> <p>Se puede controlar impactos con los planes de acción adecuados que ya trabajan en el puerto y que se pueden mejorar: Ejemplo protocolos ante derrames accidentales.</p> <p>Es una propuesta que en términos ambientales no cambia mucho la situación actual.</p> <p>Se aumenta del punto de vista ambiental el impacto actual de dispersión por viento de las cargas a granel especialmente las de granulometría más fina en la zona de los muelles 4 y 5. El Puesto 3 es una opción favorable para cargas a granel y evitar afectación con inmisiones a terceros.</p> <p>Respecto del punto de vista constructivo del Puesto 5 y 6 se trata de una zona confinada e impactada. No afecta significativamente nueva actividad.</p>	<p>Se necesita un CAPEX adicional para construir la dársena este. La adición de esta requiere un mantenimiento adicional de la estructura del muelle en comparación con el puerto actual.</p>	<p>Incertidumbre en la construcción debido a las condiciones desconocidas del suelo en el área de la dársena este y el muelle oeste.</p> <p>Combinar contenedor y ro-ro no es óptimo. La futura expansión de la terminal de contenedores se ve obstaculizada.</p>

Opción	Características de la opción				
	FACTORES TÉCNICOS	FACTORES OPERACIONALES	AMBIENTAL Y SOCIAL	Costos	Riesgos
Opción 5b					
	<p>La construcción de la dársena este requiere un esfuerzo adicional, ya que el embarcadero del este se ampliará para servir a los barcos en ambos lados. También es necesario construir un muelle pantalla adicional, junto con un esfuerzo agregado de dragado.</p>	<p>La operación de los atraques en la dársena central será similar al puerto actual.</p> <p>El atracadero de los transbordadores requerirá un círculo de giro adicional en la dársena este.</p>	<p>Se mantienen las mismas.</p>	<p>Se necesita un CAPEX adicional para construir la dársena este. La adición de esta requiere un mantenimiento adicional de la estructura del muelle en comparación con el puerto actual.</p>	<p>Incertidumbre en la construcción debido a las condiciones desconocidas del suelo en el área de la dársena este y el muelle oeste.</p> <p>Combinar contenedor y ro-ro no es óptimo. La futura expansión de la terminal de contenedores se ve obstaculizada.</p>

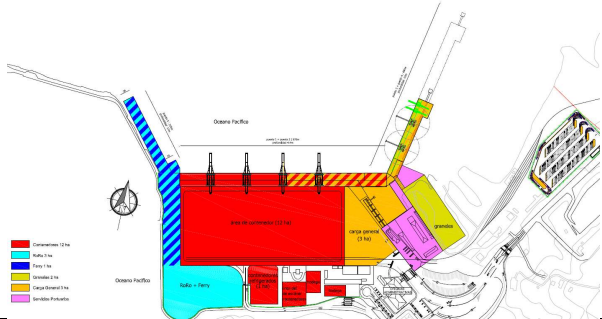
Opción	Características de la opción				
	FACTORES TÉCNICOS	FACTORES OPERACIONALES	AMBIENTAL Y SOCIAL	Costos	Riesgos
Opción 6a					
	<p>La construcción del segundo atraque oeste será un reto, ya que se encuentra en un área expuesta a las olas.</p>	<p>La operabilidad del muelle oeste se reducirá a medida que esté más expuesta a las olas. La manipulación de la carga de granos no es óptima, ya que las instalaciones de descarga están en el oeste y el área de almacenamiento en el este del puerto.</p> <p>Se requerirá un segundo círculo de giro en la dársena este para poder amarrar con seguridad el barco ro-ro, de lo contrario, será difícil navegar hacia atrás desde la dársena principal hasta la del este.</p> <p>La conexión de ro-ro / ferry a la terminal necesita de un puente para dar suficiente francobordo a los buques que utilizan el puerto de servicio.</p>	<p>La nueva zona para ro-ro y ferry (Puesto es más confinada y con mejores posibilidades para control de derrames. Hay que aumentar medidas preventivas y correctivas)</p> <p>Zona muy abierta a variables hidrometeorológicas, por el tipo de carga se pueden aplicar medidas preventivas exitosas.</p> <p>Se distribuye mejor la carga ambiental por dispersión de emisiones generadas por las descargas a granel. Ya que en el puesto nuevo y en el 3 el viento siempre permite dispersar hacia zonas abiertas y no hacia la costa las emisiones. Menos probabilidad de afectar con inmisiones a terceros y se aleja la afectación de la playa de uso actual de los bañistas.</p>	<p>En esta opción, el muelle para la terminal de granos se reubica al oeste del puerto, lo que traerá altos costos iniciales.</p> <p>También la construcción y el mantenimiento de la dársena este y oeste aumentarán tanto el CAPEX como el OPEX para esta opción.</p>	<p>La extensión con el muelle oeste y con la bahía del este vienen con incertidumbre adicional, ya que las condiciones del suelo son desconocidas en estas áreas.</p>

Opción	Características de la opción				
	FACTORES TÉCNICOS	FACTORES OPERACIONALES	AMBIENTAL Y SOCIAL	Costos	Riesgos
Opción 6b					
	<p>La construcción del segundo atraque oeste será un reto, ya que se encuentra en un área expuesta a las olas.</p>	<p>La operabilidad del muelle oeste se reducirá a medida que esté más expuesta a las olas. La manipulación de la carga de grano no es óptima, ya que las instalaciones de descarga están en el oeste y el área de almacenamiento en el este del puerto.</p> <p>Se requerirá un segundo círculo de giro en la dársena este para poder amarrar con seguridad el barco ro-ro, de lo contrario, será difícil navegar hacia atrás desde la dársena principal hasta la del este.</p> <p>La conexión de ro-ro / ferry a la terminal necesita de un puente para dar suficiente francobordo a los buques que utilizan el puerto de servicio.</p>	<p>Queda más expuesto a impactos potenciales del ferry (manejo hidrocarburos principalmente) por condiciones hidrometeorológicas.</p>	<p>En esta opción, el muelle para la terminal de granos se reubica al oeste del puerto, lo que traerá altos costos iniciales.</p> <p>También la construcción y el mantenimiento de la dársena este y oeste aumentarán tanto el CAPEX como el OPEX para esta opción.</p>	<p>La extensión con el muelle oeste y con la bahía del este vienen con incertidumbre adicional, ya que las condiciones del suelo son desconocidas en estas áreas.</p>

Opción	Características de la opción				
	FACTORES TÉCNICOS	FACTORES OPERACIONALES	AMBIENTAL Y SOCIAL	Costos	Riesgos
Opción 7a					
	<p>En este diseño, tanto el muelle oeste a lo largo del rompeolas como la extensión del embarcadero este estarán expuestos a las olas, lo que dificultará la construcción de estas partes.</p>	<p>El funcionamiento de los atraques será más difícil en las áreas expuestas, es decir, el atracadero más al oeste y el atracadero en la extensión del embarcadero este. El atracadero de ro-ro / ferry está separado de la terminal y la conexión se realiza por medio del atracadero general de carga y el terminal, lo que podría crear problemas operativos, especialmente cuando los operadores son diferentes.</p>	<p>Zona más abierta para la actividad del ferry. En caso de derrames accidentales, se dificulta la contención del derrame. Necesariamente tendrían que reforzarse medidas preventivas de manejo. A nivel emisiones de gases se dispersan con mayor facilidad.</p> <p>No varía del punto de vista ambiental la situación actual para etapa operativa.</p> <p>Se aumenta del punto de vista ambiental el impacto actual de dispersión por viento de las cargas a granel especialmente las de granulometría más fina y se incrementa el riesgo de impacto a terceros por inmisiones.</p>	<p>El muelle adicional al oeste y la extensión del muelle este aumentan el CAPEX y OPEX para este diseño.</p>	<p>Incertidumbre en la construcción debido a la adición del muelle oeste en el área expuesta. Las condiciones del suelo aquí son desconocidas.</p> <p>El manejo de los productos básicos se encuentra diseminado en todo el puerto, a saber, la operación de carga general, ro-ro y ferries.</p>



Opción	Características de la opción				
	FACTORES TÉCNICOS	FACTORES OPERACIONALES	AMBIENTAL Y SOCIAL	Costos	Riesgos
Opción 7b					
	<p>En este diseño, tanto el muelle oeste a lo largo del rompeolas como la extensión del embarcadero este, estarán expuestos a las olas, lo que dificultará la construcción de estas partes.</p>	<p>El funcionamiento de los atraques será más difícil en las áreas expuestas, es decir, el atracadero más al oeste y el que está en la extensión del embarcadero este. El atracadero de ro-ro / ferry está separado de la terminal y la conexión se realiza por medio del atracadero general de carga y el terminal, lo que podría crear problemas operativos, especialmente cuando los operadores son diferentes.</p>		<p>El muelle adicional al oeste y la extensión del muelle este aumentan el CAPEX y OPEX para este diseño.</p>	<p>Incertidumbre en la construcción debido a la adición del atraque oeste en el área expuesta. Las condiciones del suelo aquí son desconocidas.</p> <p>El riesgo institucional es relativamente alto, ya que el manejo de los productos básicos se dispersa por todo el puerto. Container, ro-ro y ferries tienen un muelle para compartir, mientras que el tipo de manejo de materiales difiere completamente.</p>

Opción	Características de la opción				
	FACTORES TÉCNICOS	FACTORES OPERACIONALES	AMBIENTAL Y SOCIAL	Costos	Riesgos
Opción 8					
	Las obras se proponen en áreas de calma relativa (bajo tiempo de inactividad) y cerca de las estructuras existentes.	En esta distribución, no hay áreas expuestas adicionales, y no se deben tomar precauciones adicionales al maniobrar.		Se realiza una actualización del equipo para el manejo de materiales, lo que requiere una mayor inversión en equipo, pero reduce el CAPEX total, ya que no se requiere un muelle de graneles adicional.	Este diseño combina productos similares tanto como sea posible (terminales / muelles dedicados), lo que permite la participación de diferentes operadores.

En el Apéndice B se presenta un análisis social y ambiental más detallado de varias opciones.

### 6.13.4 Asignación de pesos relativos a los criterios

Después de asignar las puntuaciones, el siguiente paso es dar un peso relativo a los diferentes criterios mencionados anteriormente.

Como el número de factores relevantes es significativo, el método elegido se basa en comparar los criterios por pares y elegir cuál es el más importante. Para este fin, cuando se comparan dos factores, se da un valor numérico de cada experto. Uno, si el más importante es el parámetro de fila y cero, si el más importante es el factor de columnas.

Finalmente, el criterio con mayor puntuación resulta ser el más relevante. Este paso es significativamente subjetivo, como la asignación de puntuaciones. Con el fin de deshacerse de la subjetividad para el pesaje, los expertos también deberán completar la evaluación por su propia cuenta. Después de asignar todos los pesos relativos, se suman para cada criterio y se dividen entre el total de pesos, para así obtener un porcentaje según la importancia de cada criterio (peso relativo).

En la Tabla 6-4 se muestra cómo tres expertos calificaron el criterio, lo que resultó en un factor de peso promedio para lo que se definió. Los criterios con los puntajes más altos, lo que significa que nuestros expertos los encontraron más importantes, son flexibilidad futura / escenario alto y CAPEX.

Tabla 6-4: Asignación de pesos relativos a los criterios

Criterio		Experto #1	Experto #2	Experto #3	Promedio	
<b>Factores técnicos</b>	1	Simplicidad de construcción	5,00 %	3,00 %	4,00 %	<b>4,00 %</b>
	2	Proceso de constructivo	5,00 %	3,00 %	4,00 %	<b>4,00 %</b>
	3	Flexibilidad futura / escenario alto	5,00 %	10,00 %	8,00 %	<b>7,67 %</b>
<b>Factores operacionales</b>	4	% de inactividad operacional	3,00 %	3,00 %	4,00 %	<b>3,33 %</b>
	5	Eficiencia para la carga	10,00 %	10,00 %	12,00 %	<b>10,67 %</b>
	6	Accesibilidad terrestre	2,00 %	3,00 %	4,00 %	<b>3,00 %</b>
	7	Accesibilidad náutica	5,00 %	3,00 %	4,00 %	<b>4,00 %</b>
<b>Ambiental y social</b>	8	Áreas reclamadas y paisaje	5,00 %	3,00 %	4,00 %	<b>4,00 %</b>
	9	Impactos ambientales	5,00 %	10,00 %	8,00 %	<b>7,67 %</b>
	10	Percepción social	2,00 %	2,00 %	4,00 %	<b>2,67 %</b>
<b>Costos</b>	11	Inversión inicial	7,00 %	5,00 %	4,00 %	<b>5,33 %</b>
	12	CAPEX	20,00 %	20,00 %	15,00 %	<b>18,33 %</b>
	13	OPEX	6,00 %	10,00 %	8,00 %	<b>8,00 %</b>
<b>Riesgos</b>	14	Inversión	5,00 %	5,00 %	6,00 %	<b>5,33 %</b>
	15	Construcción	5,00 %	5,00 %	3,00 %	<b>4,33 %</b>
	16	Institucional	10,00 %	5,00 %	8,00 %	<b>7,67 %</b>

Las puntuaciones presentadas en la Tabla 6-5 se determinan durante una sesión de análisis de multi criterio en la que los expertos en diferentes campos de especialización estuvieron presentes. Los puntajes otorgados se otorgan de forma cualitativa y se basan en la información disponible y el juicio de expertos. Durante esta sesión, la discusión dio lugar a una solución preferente a la opción 8. Esta tiene una puntuación casi óptima para todos los criterios, y especialmente, obtuvo una buena puntuación en CAPEX y eficiencia para la carga, que se definieron como las más importantes en la Tabla 6-4.

Una vez se tienen los pesos relativos para cada criterio y la puntuación de cada opción con respecto a cada uno de los criterios, se pueden obtener los puntajes con los pesos relativos multiplicándolos, para así obtener la puntuación final para cada posibilidad. Los resultados de esta evaluación de las opciones se presentan en la Tabla 6-6.

Tabla 6-5: Tabla ejemplo de puntajes con pesos relativos asignados a cada opción para el proceso de toma de decisiones

Criterio		1	2	3	4	5A	5B	6A	6B	7A	7B	8	
<b>Factores técnicos</b>	1	Simplicidad de construcción	4	3	2	3	2	2	2	2	1	1	5
	2	Proceso de constructivo	4	3	2	2	2	2	2	2	2	2	5
	3	Flexibilidad futura / escenario alto	5	5	3	5	5	5	5	5	5	5	5
<b>Factores operacionales</b>	4	% de inactividad operacional	3	4	2	4	4	4	2	2	1	1	4
	5	Eficiencia para la carga	2	3	3	4	4	3	3	3	4	4	5
	6	Accesibilidad terrestre	5	5	3	5	5	5	3	3	5	5	5
	7	Accesibilidad náutica	3	3	2	3	3	3	2	2	2	2	4
<b>Ambiental y social</b>	8	Áreas reclamadas y paisaje	5	4	5	4	4	4	5	5	5	5	5
	9	Impactos ambientales	5	3	2	5	5	3	2	2	2	2	5
	10	Percepción social	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
<b>Costos</b>	11	Inversión inicial	2	2	1	3	2	2	1	1	2	2	4
	12	CAPEX	3	3	2	3	3	3	2	2	2	2	4
	13	OPEX	4	4	3	4	4	4	3	3	3	3	5
<b>Riesgos</b>	14	Inversión	2	2	1	3	2	2	1	1	2	2	4
	15	Construcción	4	3	2	5	5	3	2	2	2	2	5
	16	Institucional	4	3	2	4	3	3	2	2	2	2	4
<b>Total</b>			<b>60</b>	<b>55</b>	<b>40</b>	<b>62</b>	<b>58</b>	<b>53</b>	<b>42</b>	<b>42</b>	<b>45</b>	<b>45</b>	<b>74</b>

Tabla 6-6: Resultados evaluación de las opciones (puntajes promediados con pesos relativos promediados)

Criterio		Peso relativo Prom [%]	1	2	3	4	5A	5B	6A	6B	7A	7B	8	
<b>Factores técnicos</b>	1	Simplicidad de construcción	4,00 %	0,16	0,12	0,08	0,12	0,08	0,08	0,08	0,08	0,04	0,04	0,20
	2	Proceso de constructivo	4,00 %	0,16	0,12	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,20
	3	Flexibilidad futura / escenario alto	7,67 %	0,38	0,38	0,23	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38
<b>Factores operacionales</b>	4	% de inactividad operacional	3,33 %	0,10	0,13	0,07	0,13	0,13	0,13	0,07	0,07	0,03	0,03	0,13
	5	Eficiencia para la carga	10,67 %	0,21	0,32	0,32	0,43	0,43	0,32	0,32	0,32	0,43	0,43	0,53
	6	Accesibilidad terrestre	3,00 %	0,15	0,15	0,09	0,15	0,15	0,15	0,09	0,09	0,15	0,15	0,15
	7	Accesibilidad náutica	4,00 %	0,12	0,12	0,08	0,12	0,12	0,12	0,08	0,08	0,08	0,08	0,16
<b>Ambiental y social</b>	8	Áreas reclamadas y paisaje	4,00 %	0,20	0,16	0,20	0,16	0,16	0,16	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
	9	Impactos ambientales	7,67 %	0,38	0,23	0,15	0,38	0,38	0,23	0,15	0,15	0,15	0,15	0,38
	10	Percepción social	2,67 %	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
<b>Costos</b>	11	Inversión inicial	5,33 %	0,11	0,11	0,05	0,16	0,11	0,11	0,05	0,05	0,11	0,11	0,21
	12	CAPEX	18,33 %	0,55	0,55	0,37	0,55	0,55	0,55	0,37	0,37	0,37	0,37	0,73
	13	OPEX	8,00 %	0,32	0,32	0,24	0,32	0,32	0,32	0,24	0,24	0,24	0,24	0,40
<b>Riesgos</b>	14	Inversión	5,33 %	0,11	0,11	0,05	0,16	0,11	0,11	0,05	0,05	0,11	0,11	0,21
	15	Construcción	4,33 %	0,17	0,13	0,09	0,22	0,22	0,13	0,09	0,09	0,09	0,09	0,22
	16	Institucional	7,67 %	0,31	0,23	0,15	0,31	0,23	0,23	0,15	0,15	0,15	0,15	0,31
<b>Total</b>		<b>100 %</b>	<b>3,57</b>	<b>3,31</b>	<b>2,39</b>	<b>3,80</b>	<b>3,58</b>	<b>3,23</b>	<b>2,54</b>	<b>2,54</b>	<b>2,74</b>	<b>2,74</b>	<b>4,56</b>	



## 6.13.5 Conclusión

### 6.13.5.1 Resultados del AMC análisis

El análisis multicriterio preformado da lugar a la opción 8 como la solución preferida con una puntuación combinada de 4,56. Esta distribución hace uso de la infraestructura existente de la manera óptima, lo que hace que el impacto en el proceso de construcción y los riesgos durante la construcción sean mejores que otras posibilidades. Los aspectos financieros y económicos y las opciones se califican de forma cualitativa y se comparan entre sí.

Las opciones 4 y 5 se clasifican en segundo y tercer lugar, principalmente porque no están teniendo en cuenta las extensiones de los amarres. El equipo de manejo de material necesario para estas disposiciones está optimizado y tiene una buena puntuación en el manejo de carga.

Las diferencias socioeconómicas y sociales no distinguen entre las 3 mejores opciones de puntuación.

### 6.13.5.2 Presentación del AMC análisis al cliente y selección de la opción preferida

Las posibilidades presentadas anteriormente y el resultado de este análisis multicriterio se presentaron al cliente el 11 de enero de 2019 en Costa Rica. Durante la reunión, se desarrolló una nueva opción como combinación de las posibilidades 4 y 8. El diseño seleccionado como se presenta a continuación en Figure 6-15 tiene las siguientes características:

- Nuevo puesto para operaciones ro-ro y ferry (Puesto 3, Prof. = -11,0 m; L = 210 m), emplazado en el espaldón del rompeolas ubicado en el sector oeste del puerto, con su consiguiente área de apoyo, en el sector sudoeste, para maniobras y almacenamiento temporario asociado a dichas cargas (Ro-ro 3 ha y ferry 1 ha). Se le ha dado una mayor profundidad que la requerida (Prof. Min = -11,0 m) para proveer el puesto con mayor flexibilidad para posibles cambios en la demanda futura o diversificación de cargas; también se puede uniformizar con los Puestos 1 y 2 (Prof. = -14,0 m).
- Reacondicionamiento de los actuales Puesto 1, 2 y 3 para operaciones exclusivas de contenedores desarrollando un frente de atraque y amarre continuo y uniforme (Puesto 1 y 2, Prof. = -14,0 m, L = 570 m) configurando una terminal dedicada de contenedores (13 ha) que se ubica detrás de los Puestos 1 y 2 del puerto (con posibilidades de expansión en nuevos terrenos ganados al mar).
- Puesto para Carga a Granel:
  - o El Puesto 4 no se ampliará en esta opción, pero el método de descarga se modificará agregando descargadores continuos de buques, cintas y una estación de carga de camiones.
  - o El atraque se desplazará hacia el norte a fin de crear espacio para la extensión del atraque de contenedores.
- Nuevo puesto para carga general (Puesto 6, Prof. = -11,0 m; L = 250 m) al este del puerto en zona de nuevos terrenos por rellenar para área de apoyo para las operaciones de carga general (2 ha).
- Nueva dársena para buques entre el Puesto 5 y Puesto 6 y nuevo círculo de maniobras náuticas al noreste del puerto
- Relocalización de los servicios portuarios dentro de la dársena debido a la reclamación de tierras donde se encuentran emplazados en la actualidad.

Cabe señalar que, aunque no hay instalaciones de terminal de cruceros en el puerto, todavía es posible atracar buques de crucero, por ejemplo, en el muelle de contenedores.

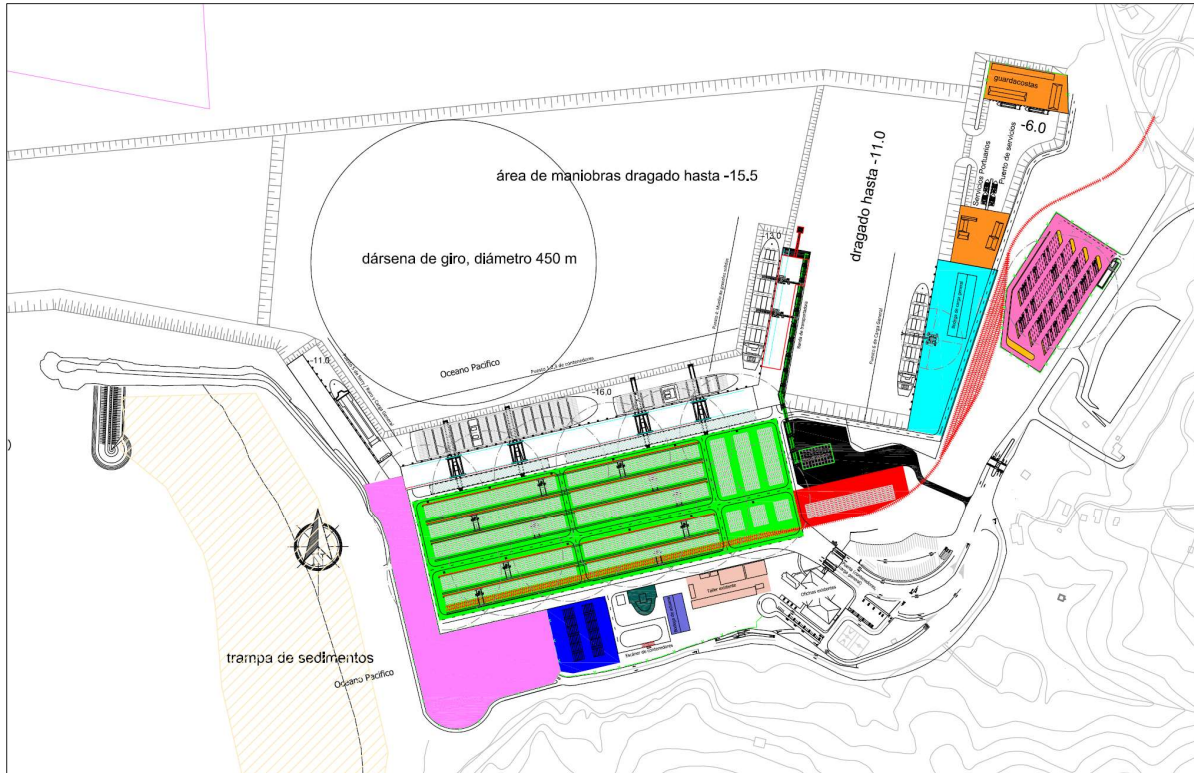


Figure 6-15 El Plan Maestro (fase final)

Luego se decidió, junto con el cliente (UEP-PIT, MOPT y INCOP), considerar este diseño (s) como la opción más favorable para el Plan Maestro del Puerto de Caldera.



## 6.14 El Plan Maestro ( opción seleccionada)

Según los cálculos en la Sección 50 y el AMC en la sección 6.13.5.1, el plan maestro se puede dividir en 3 fases (A, B y C).

Tabla 6-1: Resumen de requerimientos para elaborar el Plan Maestro Puerto Caldera (escenario base, profundidad extendida)

Tipo de carga	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2030	2035	2040	2042
Contenedores	0,70	0,72	0,74	0,77	0,80	0,83	0,86	1,03	1,22	1,41	1,50
Carga general / Líquidos	0,59	0,58	0,58	0,59	0,60	0,61	0,62	0,67	0,75	0,83	0,86
Ro-ro / ferry	0,11	0,13	0,22	0,24	0,24	0,25	0,25	0,26	0,27	0,28	0,28
Líquidos	Insignificante										
<b>Total puestos</b>	<b>1,40</b>	<b>1,42</b>	<b>1,55</b>	<b>1,60</b>	<b>1,64</b>	<b>1,68</b>	<b>1,73</b>	<b>1,95</b>	<b>2,23</b>	<b>2,52</b>	<b>2,64</b>
Carga granel (cereales)	0,57	0,58	0,59	0,61	0,63	0,64	0,66	0,72	0,79	0,85	0,87
Fertilizantes	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
<b>Total puestos</b>	<b>0,79</b>	<b>0,80</b>	<b>0,82</b>	<b>0,83</b>	<b>0,85</b>	<b>0,87</b>	<b>0,88</b>	<b>0,95</b>	<b>1,01</b>	<b>1,07</b>	<b>1,10</b>

El momento de las diversas fases depende del flujo de carga real y el Plan Maestro debe actualizarse cada 5 años.

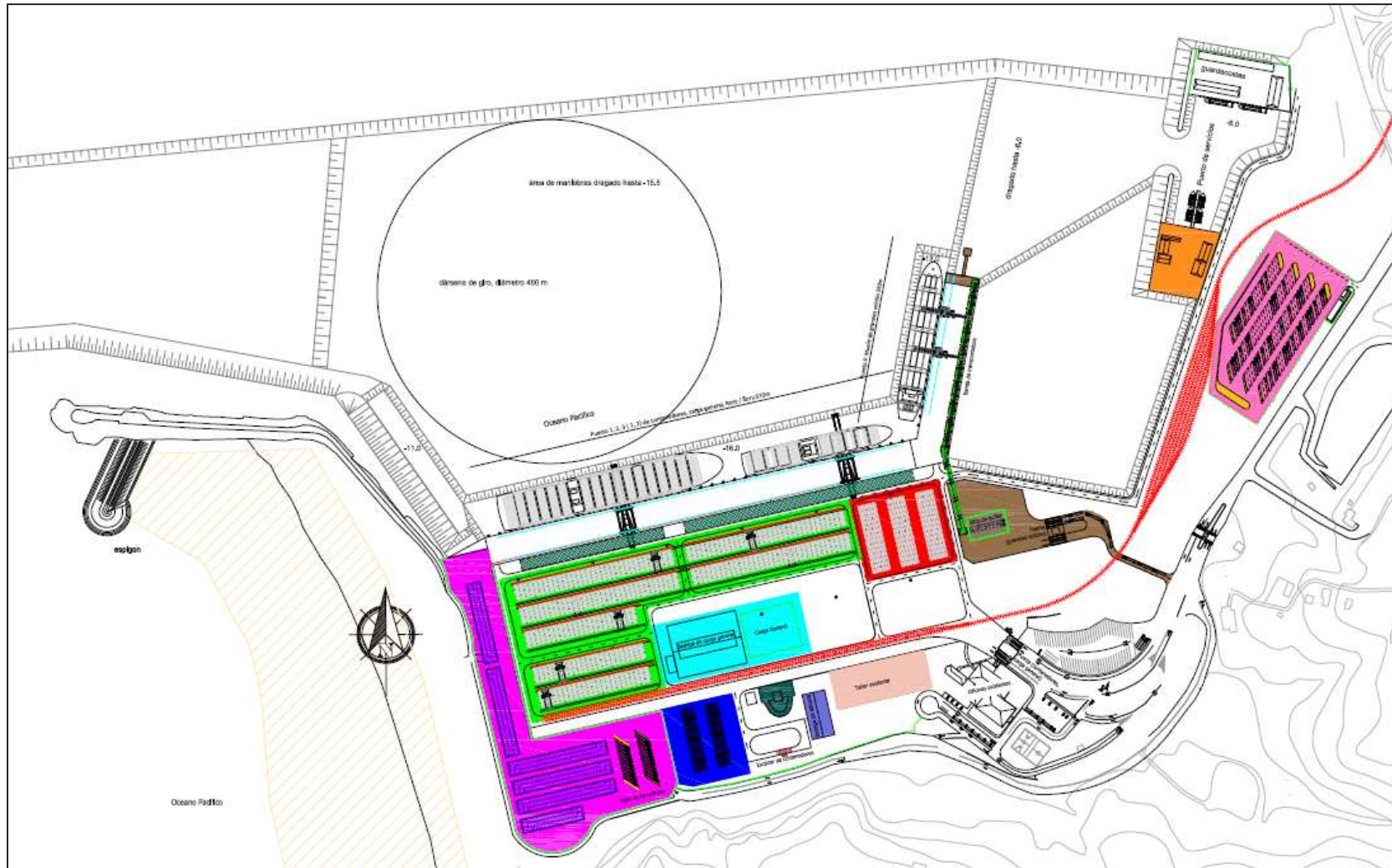


Figure 6-16 Plan Maestro de puerto Caldera Fase A

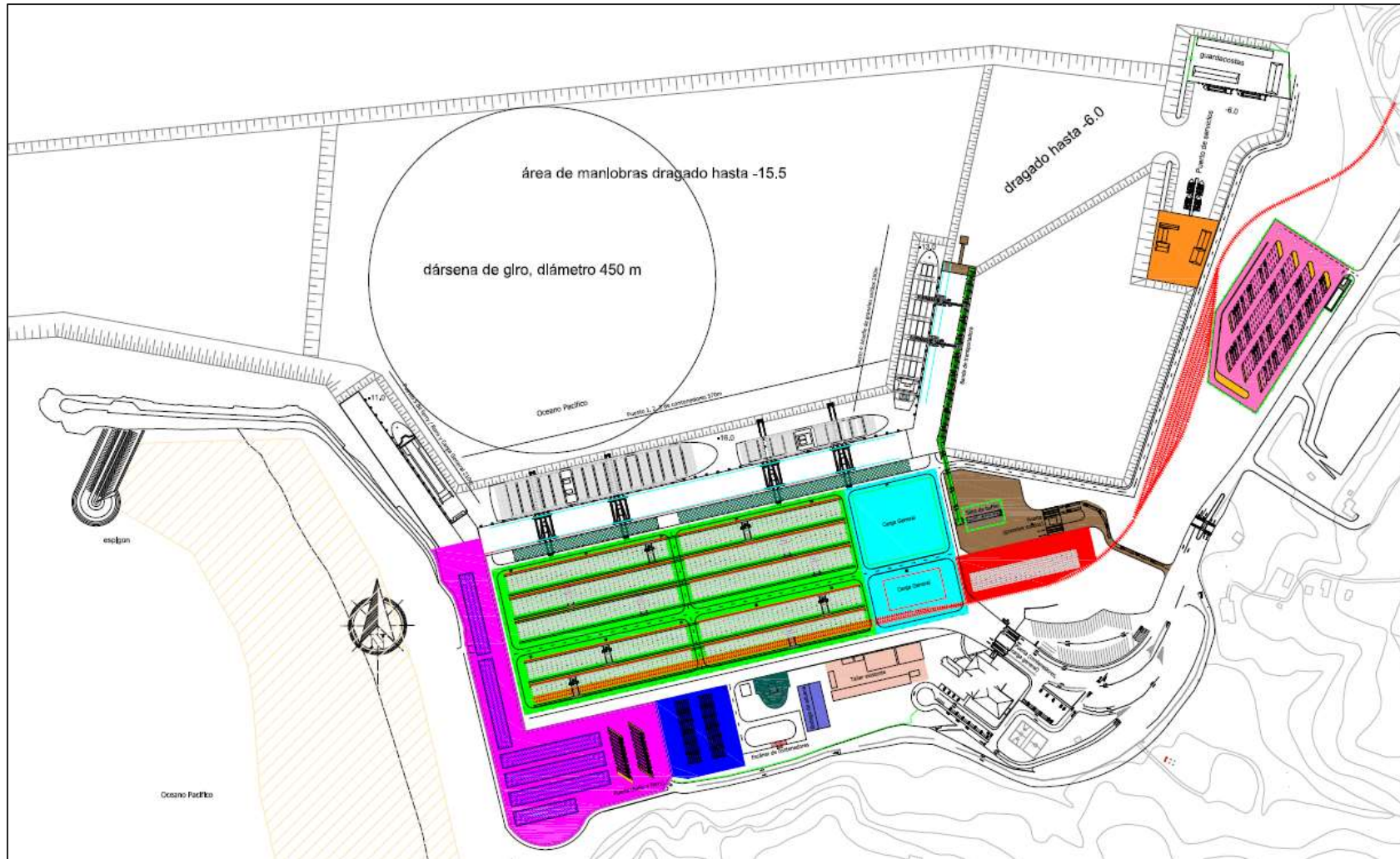


Figure 6-17 Plan Maestro de Puerto Caldera Fase B

Tabla 6-2: Resumen de requerimientos para elaborar el Plan Maestro Puerto Caldera (escenario alto, profundidad extendida)

Tipo de carga	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2030	2035	2040	2042
Contenedores	0,71	0,74	0,79	0,84	0,89	0,95	1,00	1,23	1,51	1,81	1,94
Carga general / Líquidos	0,66	0,68	0,69	0,71	0,72	0,74	0,75	0,84	0,95	1,07	1,13
Ro-ro / ferry	0,27	0,30	0,31	0,31	0,31	0,31	0,32	0,33	0,35	0,36	0,36
Líquidos	Insignificante										
<b>Total puestos</b>	<b>1,64</b>	<b>1,72</b>	<b>1,79</b>	<b>1,85</b>	<b>1,92</b>	<b>2,00</b>	<b>2,07</b>	<b>2,40</b>	<b>2,81</b>	<b>3,24</b>	<b>3,43</b>
Carga granel (cereales)	0,59	0,61	0,62	0,64	0,66	0,68	0,70	0,79	0,88	0,96	1,00
Fertilizantes	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29
<b>Total puestos</b>	<b>0,87</b>	<b>0,89</b>	<b>0,91</b>	<b>0,93</b>	<b>0,95</b>	<b>0,97</b>	<b>0,99</b>	<b>1,08</b>	<b>1,16</b>	<b>1,25</b>	<b>1,28</b>

En caso de que el escenario alto sea realidad, fase C es necesario. Todos los fertilizantes deben descargarse en el muelle de carga general.

La Figure 6-19 muestra la posibilidad de extender los puestos 1 y 2 con 100m adicionales en caso de que el puerto requiera más longitud de atraque para acomodar 2 megabuques simultáneamente.

Los Apéndices D a Apéndice F presentan los diseños del Plan Maestro para sus diversas fases de desarrollo

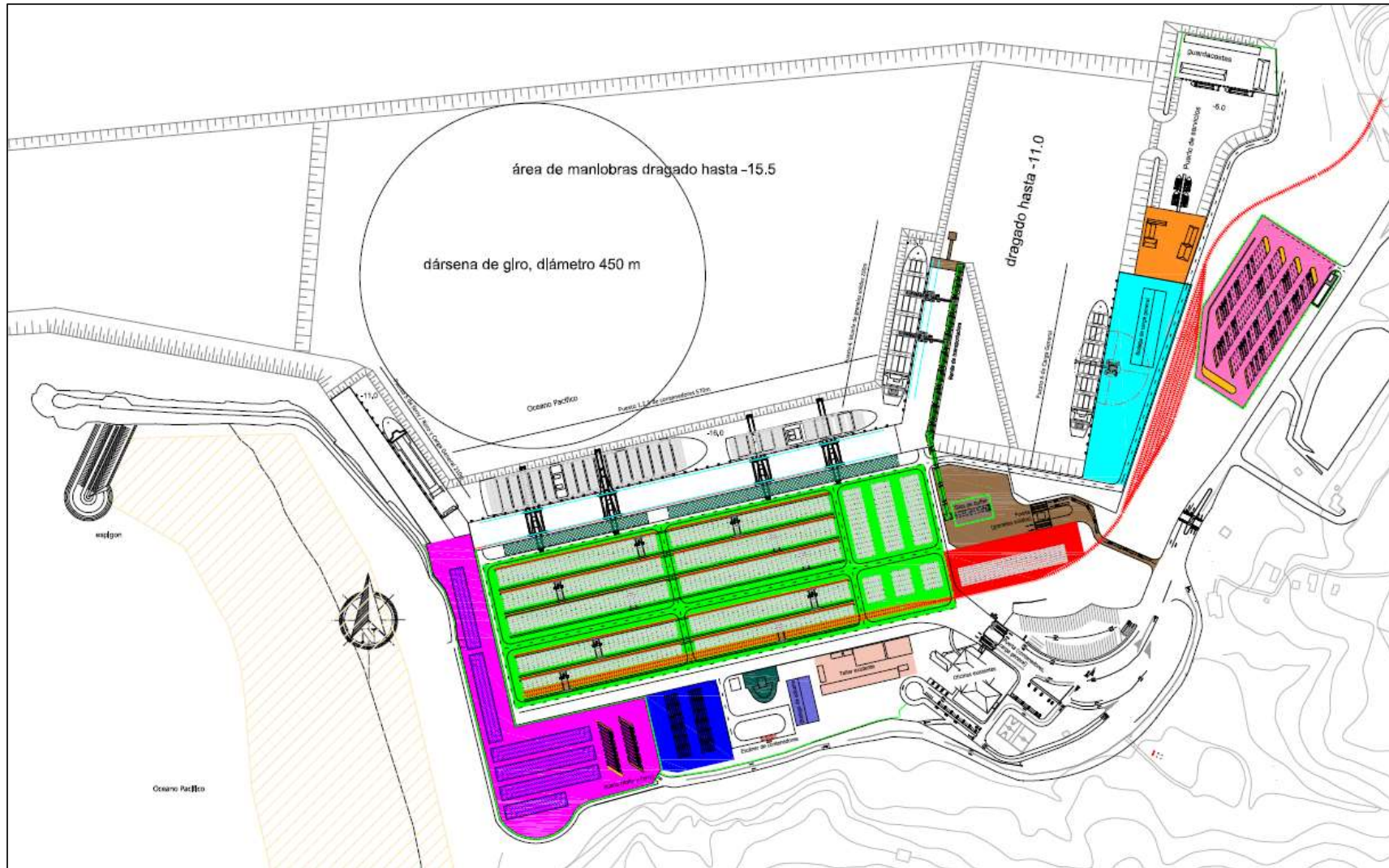


Figure 6-18 Plan Maestro de Puerto Caldera Fase C

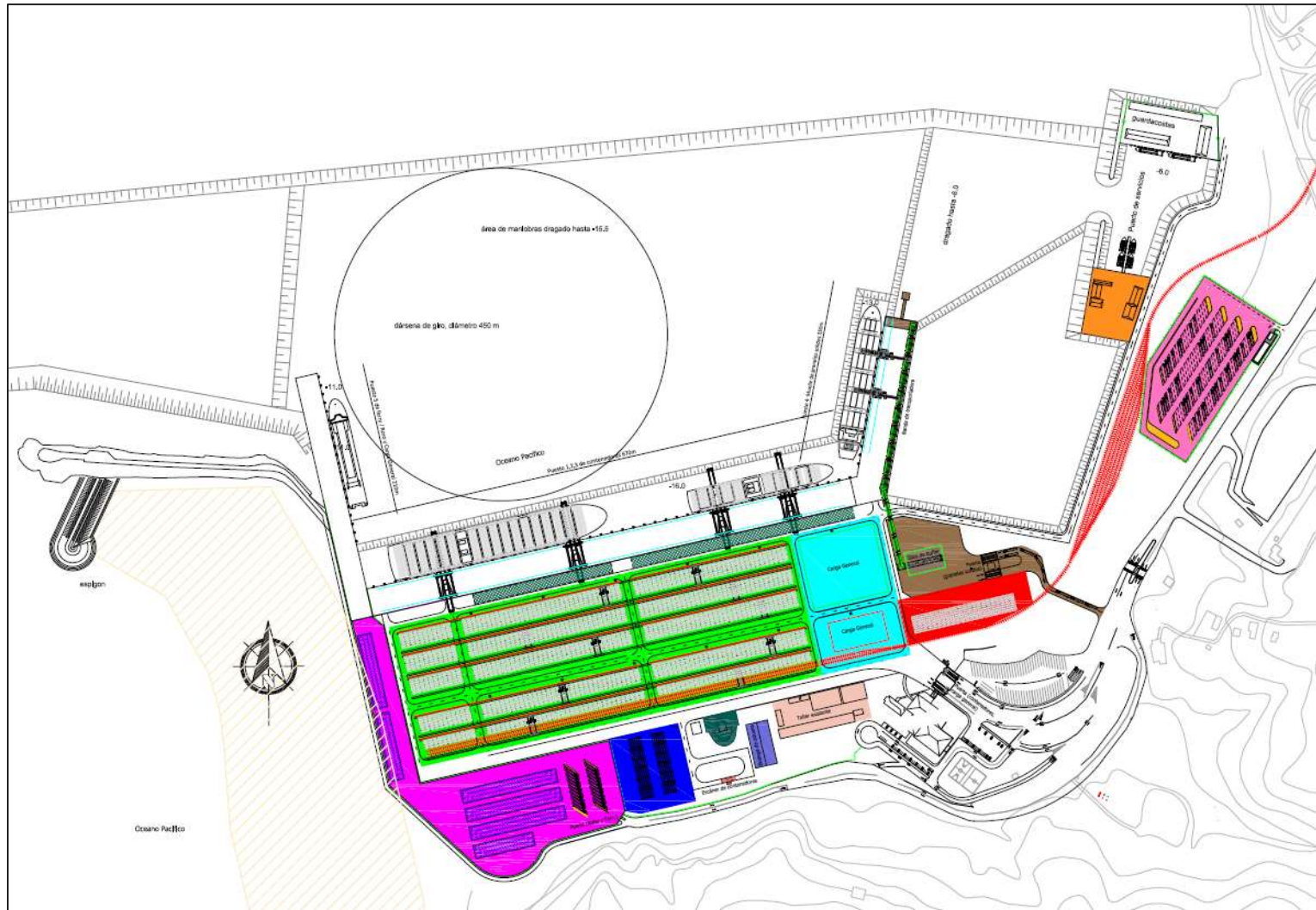


Figure 6-19 Plan Maestro de Puerto Caldera con puesto 1 y 2 extendido con 100m

## 7 PROYECTOS

### 7.1 Introducción

En el capítulo 6 se presentaron varias opciones de configuración para el Plan Maestro de Puerto Caldera. La más favorable se muestra en la Figure 6-17 (fase B) como la configuración propuesta para el Plan Maestro de Puerto Caldera. A partir de esta propuesta se han identificado 8 proyectos para un mayor desarrollo de Puerto Caldera:

1. Mitigación del problema de sedimentación;
2. Desarrollo de terminal de contenedores;
3. La construcción de un atracadero adicional para ferry, carga general y ro-ro, este sería el nuevo Puesto # 3;
4. Mejora de la terminal granelera (Puesto #4);
5. Área de estacionamiento de camiones;
3. Medidas para disminuir el tiempo de inactividad en el atracadero 4;
4. Estabilización de la costa.
5. Reubicación del puerto de servicio y desarrollo de instalaciones de guardacostas.

Estos proyectos se analizan en este capítulo a nivel de diseño conceptual.

El nuevo muelle de carga general en la dársena al este no se ha considerado como un proyecto, ya que no se requiere en base al análisis de pronóstico de carga. La necesidad de la nueva área de atraque de carga general dependerá de los requisitos futuros, y puede aumentar la flexibilidad de la capacidad del puerto en caso de que sea necesaria en el futuro.

### 7.2 Mitigación de la sedimentación

#### 7.2.1 General

Los sedimentos se transportan a lo largo de la costa cerca de Caldera. Desde la construcción de Puerto Caldera se produjo una acumulación de sedimentos, creando una nueva playa al sur del puerto. Cuando esta área al sur de Puerto Caldera se llenó de sedimentos, estos sobrepasaron el rompeolas alcanzando el Puesto 1. En la Figura 7-1 se puede observar claramente la situación.

Debido a la sedimentación, la profundidad de agua disponible en el atraque se reduce y se lleva a cabo una campaña de dragado. Sin embargo, esto a menudo resulta en la falta de disponibilidad del Puesto 1. Las campañas de dragado y supervisión deben optimizarse, para evitar la falta de disponibilidad del Puesto 1. Por el momento, las batimetrías se realizan cada seis meses y los puertos se visitan al menos once veces por semana. Esto se considera suficiente para monitorear la acumulación de sedimentos.

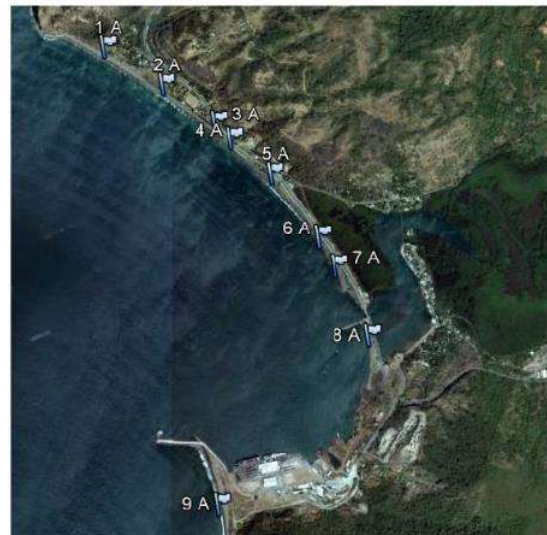


Figura 7-1: Sedimentación en el Puesto 1

Las características del sedimento se resumen a continuación (fuente: Dinámica litoral y propuestas para la estabilización de playa Caldera, Setiembre del 2013):

Tabla 7-1: Resumen de los resultados granulométricos para cada zona.

Zona	D10 (mm)	D50 (mm)	D90 (mm)
1	0,17	0,37	0,85*
2	0,17	0,32	0,92
3	0,18	0,35	0,86*
4	0,16	0,34	1,00**
5	0,16	0,34	0,95
6	0,13	0,24	0,55
7	0,15	0,32	0,91*
8	0,12	0,35	0,96*
9	0,11	0,20	0,39



Nota: \*: Valor D80, \*\*: Valor D87



## 7.2.2 Análisis del problema de sedimentación

En la Figura 7-2, se muestran las principales características morfológicas de la sección costera al sur de Puerto Caldera. Las olas vienen de direcciones sursuroeste. Dado que las corrientes (de marea) en las proximidades del puerto son pequeñas, la dirección de entrada de la energía de las olas también determina la dirección media anual de los transportes de sedimentos a lo largo de la costa. La playa al sur de Puerto Caldera tiene una normal a la costa de unos 245 grados respecto al norte. Las olas se aproximan en promedio desde direcciones de 210 grados norte. Esto significa que generarán un transporte de sedimentos dirigido hacia el norte a lo largo de la costa. Esto causó la acumulación de sedimentos y la formación de la playa desde la construcción del rompeolas. Por el momento, la playa se encuentra en un equilibrio dinámico y los sedimentos se transportan a lo largo de la playa y del rompeolas. A sotavento del rompeolas, los sedimentos son transportados por difracción y refracción de las olas alrededor de la cabeza del rompeolas y las pendientes (de la playa). Con el tiempo, la acumulación de sedimentos avanza a lo largo del lado de sotavento y llega al Puesto 1, resultando en una disminución de la profundidad del agua disponible en este puesto.

A sotavento del rompeolas la presencia del casco del barco MIXCOA, como se observa en la Figura 7-3, dificulta las tareas de dragado de los taludes.

Antes de la construcción de Puerto Caldera, estos sedimentos eran transportados más lejos en la bahía. Debido a la presencia del puerto, los sedimentos no llegan a las partes aguas abajo de la bahía, lo que provoca erosión en esta área. Esto se discute más a fondo en la Sección 7.8.

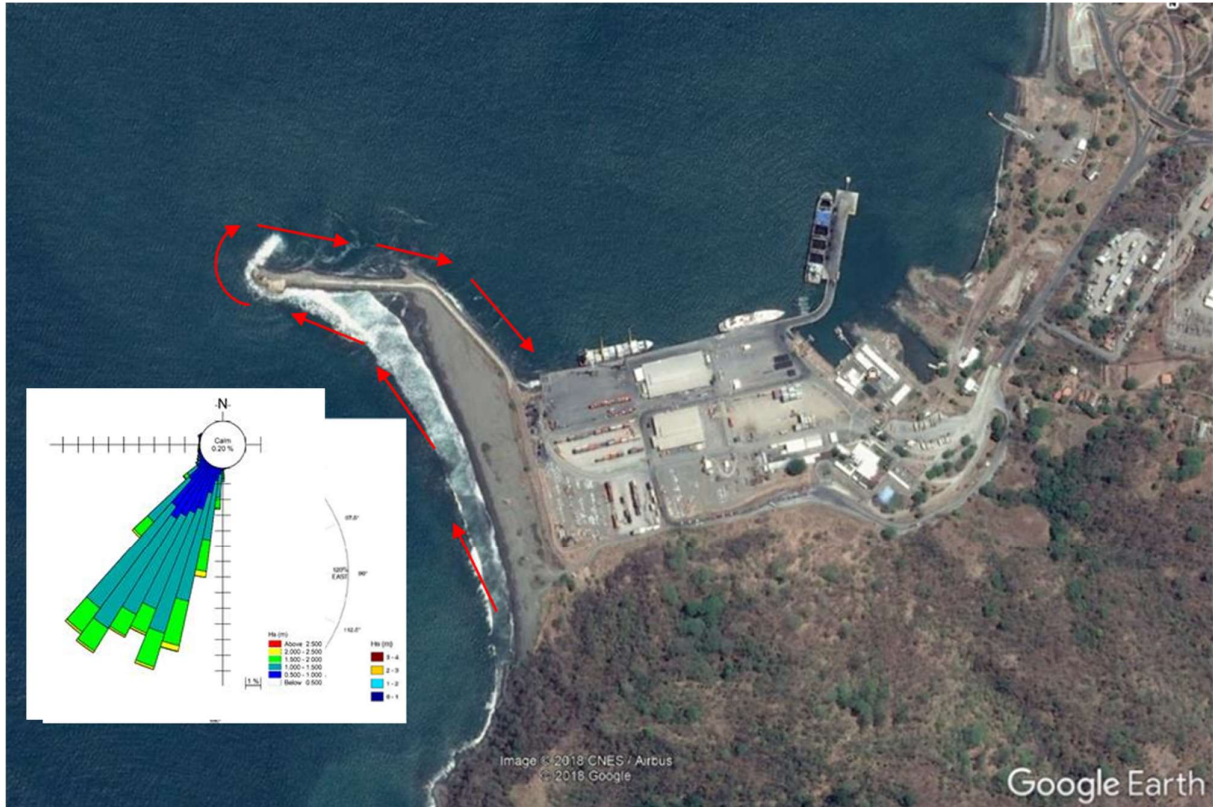


Figura 7-2: Dirección de sedimentos, causando sedimentación en el borde del rompeolas (fondo: imagen de Google Earth de abril de 2016), Fuente clima de oleaje Ref. [14]

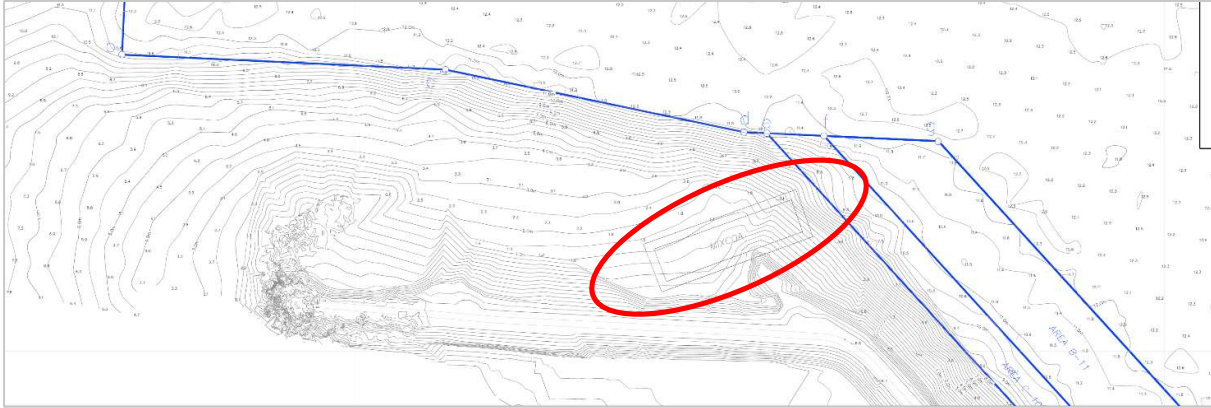


Figura 7-3: Ubicación del casco del barco MIXCOA

Como se mencionó, la construcción del rompeolas bloqueó el transporte a lo largo de la costa y afectó el sistema morfológico costero en la Bahía debido a que el suministro de sedimentos del sur (considerado la única fuente principal de sedimentos hacia la Bahía) se vio perturbado. Una cantidad significativa del sedimento es acumulado en el lado suroeste del rompeolas. Con aproximadamente solo un año, el área directamente al oeste del rompeolas se llenó de sedimentos.

Según los datos batimétricos disponibles, puede concluirse que inmediatamente después de la construcción del rompeolas, se acumularon muchos sedimentos cerca de la línea de flotación (en el área donde las capacidades de transporte de sedimentos son máximas. Esto dio como resultado un perfil sumergido transversal a la costa con una pendiente relativamente grande). Después de eso, el perfil transversal se hizo gradualmente más suave, lo que condujo a la acumulación de sedimentos cerca de la punta de la sección de la cabeza del rompeolas. Los procesos de acumulación de sedimentos se pueden ver claramente al comparar la Figura 7-4 con la Figura 7-5 y Figura 7-6.

Hoy en día, la acumulación de sedimento es visible en la parte inferior del rompeolas. La causa principal de este fenómeno es el hecho de que se ha desarrollado un perfil sumergido relativamente suave cerca de la cabeza del rompeolas. Como resultado, esta área se ha vuelto menos profunda y las ondas entrantes generan un transporte local de sedimentos alrededor de la cabeza del rompeolas. Como resultado de la difracción de las olas alrededor de la cabeza del rompeolas, el sedimento se transporta hacia la parte interior de este. En esta área de sotavento, la capacidad de transporte de sedimentos es pequeña y estos se acumulan.

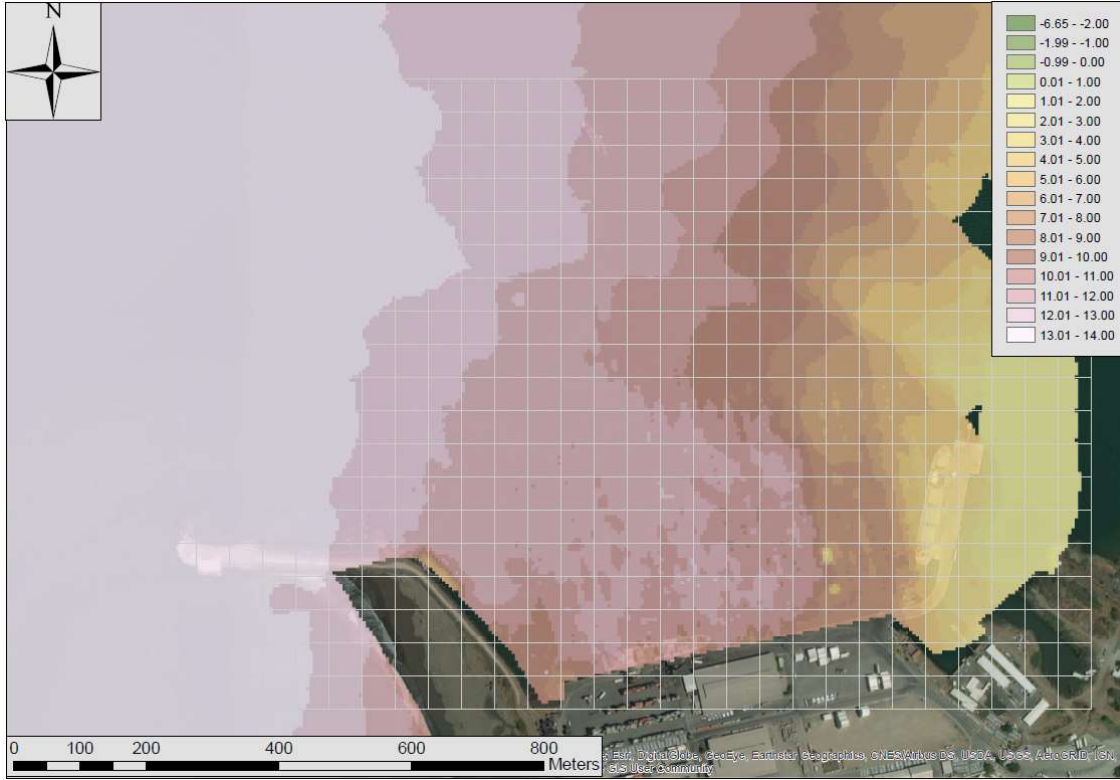


Figura 7-4: Campaña batimétrica 1980

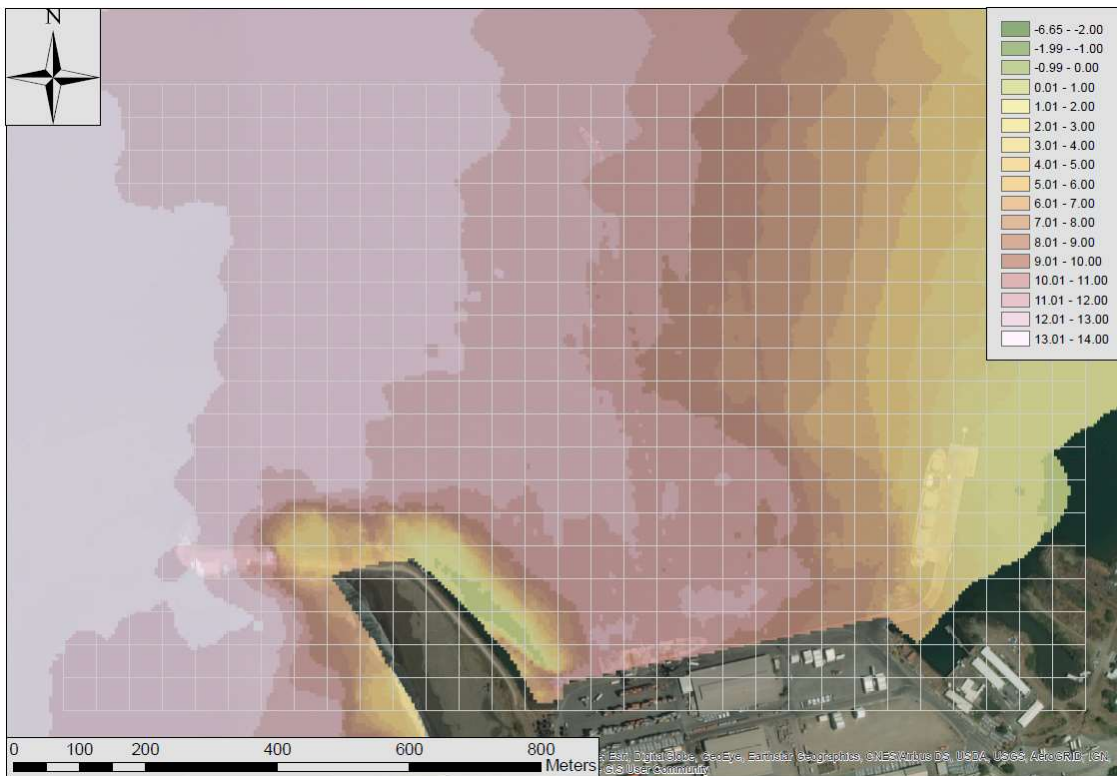


Figura 7-5: Campaña batimétrica 1985

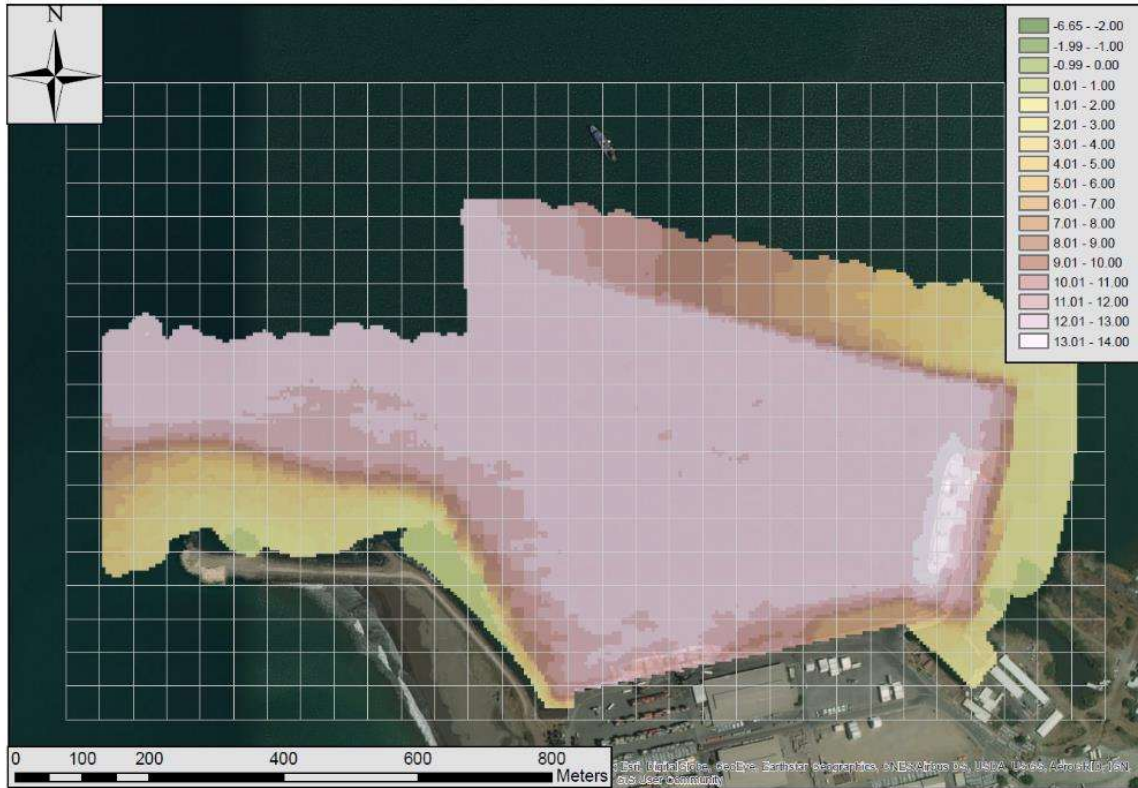


Figura 7-6: Campaña batimétrica 2018 primer cuarto

Se extraen las siguientes conclusiones principales basado en la revisión de fotografías satelitales históricas y datos batimétricas:

- El transporte de sedimentos a lo largo de la costa en Caldera está dominado por olas de fondo que se aproximan a la costa desde direcciones sur-suroeste;
- La construcción del rompeolas del puerto de Caldera bloqueó el transporte de sedimentos a lo largo de la costa. La línea costera en el lado oeste del rompeolas se ha movido hacia el oeste. Como resultado de la línea de costa en movimiento y la acumulación continua de sedimentos a lo largo del perfil sumergido, la profundidad del agua en la parte superior del rompeolas ha disminuido. Este proceso dio como resultado la creación de una nueva playa y luego la acumulación de sedimentos a sotavento del rompeolas y en el Puesto 1. La acumulación de sedimentos en la cara interna del rompeolas puede verse a partir de una comparación entre los datos batimétricos de las prospecciones de 2012 y 2016, ver la Figura 7-7 a continuación);
- Alrededor de la cabeza del rompeolas, así como en la parte inferior del rompeolas, el área se ha vuelto muy poco profunda. Como resultado, las olas se refractan en los taludes submarinos y aumenta la agitación de las olas hacia la bahía, las ondas entrantes se refractan y se difractan alrededor de la cabeza del rompeolas. Como resultado de la profundidad de agua limitada, estas ondas generan transporte de sedimentos. El sedimento se deposita a lo largo de las pendientes del área acumulada en la parte inferior del rompeolas. Esto hace que la acumulación de sedimentos crezca hacia Puesto 1.
- A partir de los datos e informes disponibles, se estima que el transporte de sedimentos a lo largo de la costa es del orden de 125.000 m<sup>3</sup> / año.
- La sedimentación en el área de la cara interna del rompeolas del puerto es inevitable. En caso de que el rompeolas se extienda o se construya un espigón adicional, se producirá la acumulación de sedimentos. Una vez que esta área se llena de sedimento, el sedimento volverá a evitar el morro del rompeolas y a causar sedimentación en la parte inferior del rompeolas.
- Como resultado del rompeolas, se interrumpe el suministro de sedimentos a la bahía. Casi todos los sedimentos que normalmente ingresan desde el sur hacia la bahía están actualmente bloqueados por el rompeolas o depósitos directamente al norte del rompeolas. Esto lleva a una erosión gradual de la costa al norte del puerto y se prevé que este proceso de erosión continúe.

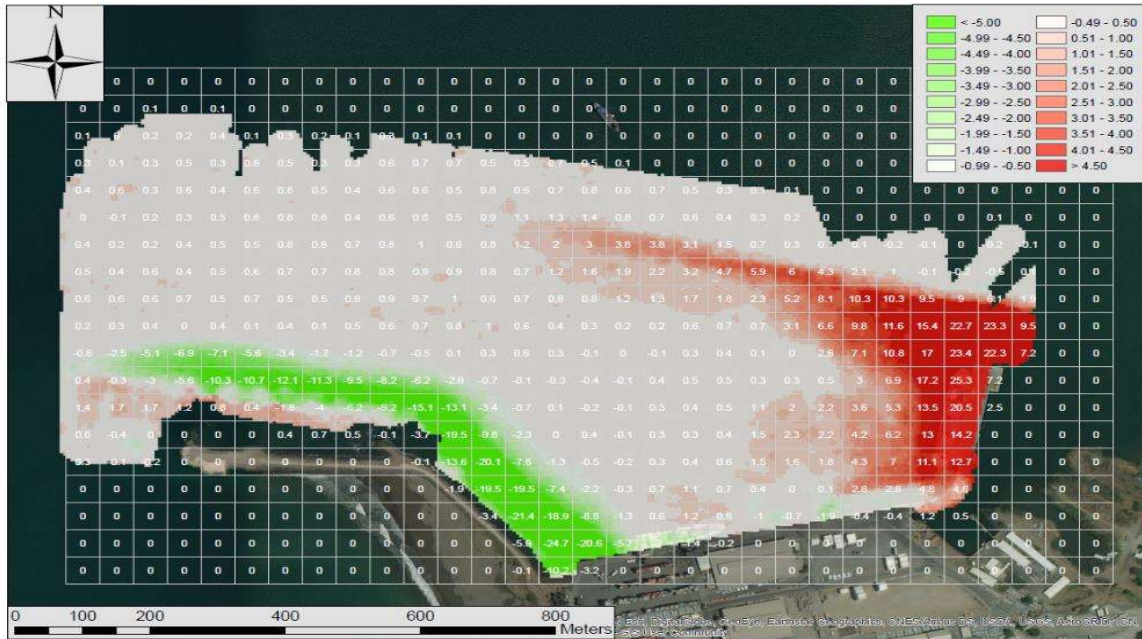


Figura 7-7: Diferencia del nivel del fondo [en m<sup>3</sup> por celda de 2500 m<sup>2</sup>] entre 2012 y 2016 (datos de mediciones aportados por MOPT)

### 7.2.3 Estimación del transporte de sedimentos longitudinal utilizando modelos numéricos

La capacidad de transporte longitudinal se ha computado mediante el modelo numérico UNIBEST-LT, que ha sido desarrollado por Deltares. Este modelo calcula la capacidad de transporte de sedimentos y corrientes a lo largo de la costa inducido por oleaje (y marea) en una playa uniforme de perfil arbitrario a lo largo de la costa. Las dinámicas de la zona de surf se derivan de un modelo aleatorio de decaimiento y propagación de oleaje incorporado, que transforma los datos de las olas en alta mar hacia la costa, teniendo en cuenta los procesos principales de refracción lineal y disipación no lineal por ruptura de oleaje y fricción del fondo.

Las simulaciones proporcionan la distribución de la capacidad de transporte de sedimentos en el perfil (en m<sup>3</sup> / m / s), así como el valor integrado en todo el perfil (en m<sup>3</sup> / año). El modelo permite calcular las capacidades de transporte para una amplia gama de condiciones de oleaje (y actuales). El programa combina los resultados de todas las condiciones de entrada hidráulica teniendo en cuenta los porcentajes correspondientes de ocurrencia. La capacidad de transporte de sedimentos a lo largo de la costa se calcula en varios lugares a lo largo del perfil de la costa. También se presenta la contribución de cada una de las condiciones.

Lo que se calcula en el modelo es la capacidad del agua para transportar los sedimentos. Si la capacidad está presente, pero no hay arena disponible para ser transportada, el transporte real será cero. El supuesto aquí es que hay suficiente sedimento suelto en la zona costera (el área donde las olas más altas rompen hasta la costa) para cumplir con el transporte real.

#### Entrada de modelo

Los datos de entrada utilizados en los cálculos incluyen el perfil de la costa, las características de los sedimentos, las condiciones de las olas y las velocidades de flujo.

### Perfil del fondo marino

En la Figura 7-8 se muestra la esquematización del perfil tal como se aplica en el paquete UNIBEST-LT. Para las simulaciones se ha asumido que todo el perfil consiste en arena.

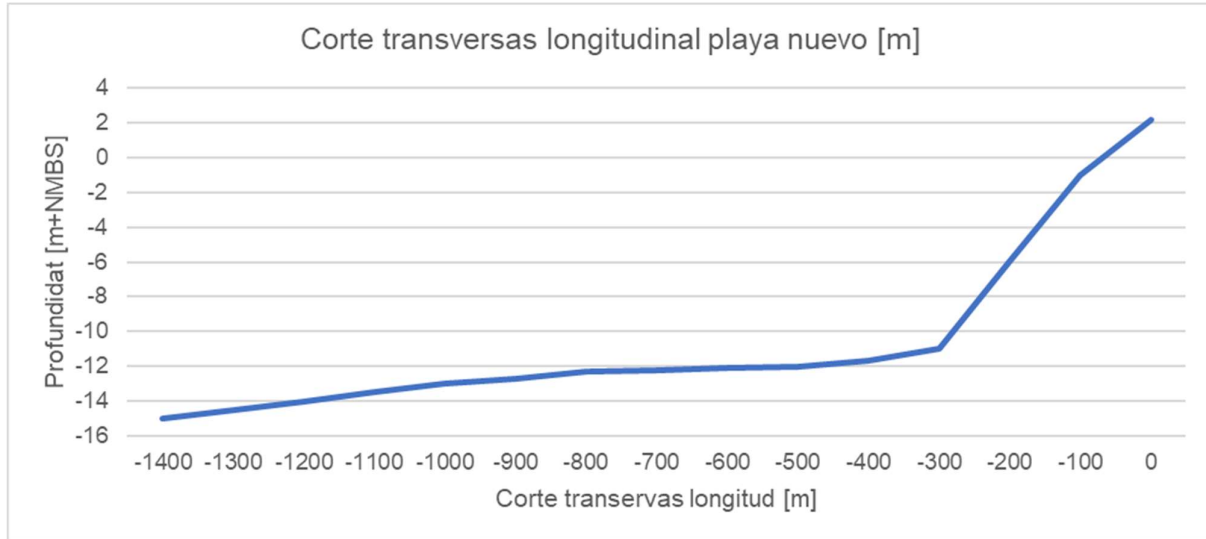


Figura 7-8: Esquematización perfil transversal de la playa nuevo

La orientación de la línea perpendicular a la costa, llamada normal a la costa, varía a lo largo del tramo costero que se encuentra fijado por las obras de protección costera. Se ha tenido en cuenta una normal a la costa de unos 245-250 grados respecto al norte.

### Características del sedimento

Se han realizado cálculos para un tamaño de grano medio de  $D50 = 300 \mu\text{m}$ , que es arena media.

La fórmula de transporte Bailard Bijker se ha utilizado en los cálculos. Esta fórmula es aplicable para los valores  $D50$  anteriores y las condiciones hidráulicas que rigen.

La densidad de las partículas de arena se toma como  $2650 \text{ kg/m}^3$ , se aplica una porosidad del 40%. Estos valores se aplican generalmente en este tipo de situaciones.

### Oleaje

El transporte de sedimentos a lo largo de la costa es impulsado por olas entrantes oblicuamente. Para la caracterización del clima se ha considerado el Punto de control 3 (Tabla 7-1 y Figura 7-9). El clima del oleaje cercano a la costa en la -12 m de profundidad, tomado de la referencia [14], se ha utilizado como el clima de la ola local en el límite marítimo del modelo. El clima del oleaje aplicado representa un tipo de promedio durante un período de 1 año.

Tabla 7-1: Probabilidad conjunta de ocurrencia (%) de altura los mayores oleajes de ola viento y período pico. Localización de control 3, 12 m profundidad de agua. Fuente: [14]

		Hs (m)								total	
		0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5		
		0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	346221	
Tp(s)	4	7	0	0.130	0.134	0.004	0	0	0	0	0.269
	7	10	0	0.497	0.745	0.168	0.046	0.017	0.002	0	1.475
	10	13	0.047	13.249	3.672	0.101	0.002	0.002	0	0	17.073
	13	16	0.012	26.088	25.381	2.257	0.199	0.036	0.002	0	53.976
	16	19	0.005	4.705	16.083	3.219	0.463	0.103	0.038	0.008	24.625
	19	22	0.000	0.356	1.444	0.443	0.090	0.033	0.010	0	2.376
	22	25	0	0.047	0.128	0.027	0.002	0.002	0	0	0.207
total	346221	0.064	45.072	47.588	6.220	0.802	0.193	0.052	0.008	100	

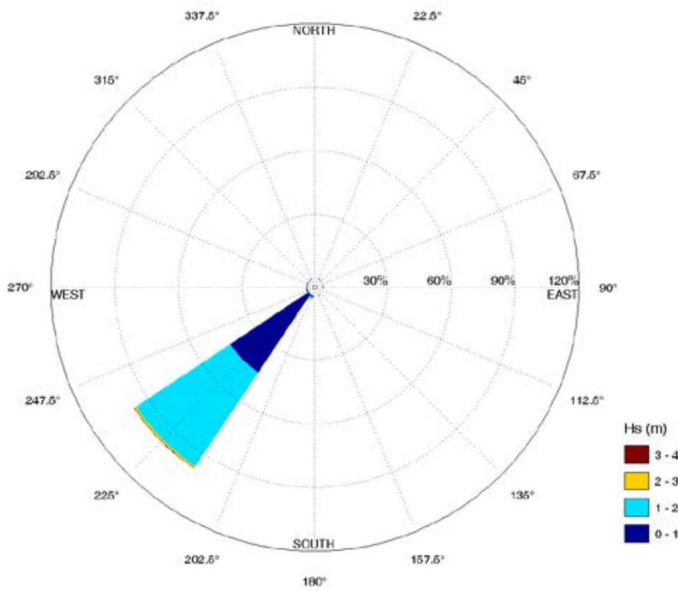


Figura 7-9: Rosa de oleaje asociada a la altura de ola significativa de la serie de reanálisis. Punto de control 3, 12 m profundidad de agua. Fuente: [14]

Las olas que predominan durante la mayor parte del año en aguas profundas tienen una dirección sur-oeste [SW] alcanzando una altura principal entre 0,5 y 1,5 metros, con períodos pico asociados entre 13 y 16 segundos.

**Salida - capacidades de transporte**

Con el uso de los parámetros de entrada anteriores, el transporte de sedimentos longitudinal se calcula a lo largo de la costa al sur de Puerto Caldera.

La Tabla 7-2 proporciona las capacidades de transporte de sedimentos calculadas para un período promedio de 1 año. De los resultados se puede observar que el transporte neto se dirige de norte a lo largo



de la costa. El transporte es de 170.000 m<sup>3</sup> / año, que está en línea con los valores obtenidos al comparar mapas batimétricos, ver sección 7.2.2.

Tabla 7-2: Capacidades de transporte longitudinal de arena bruta y neta calculada utilizando Bijker para condiciones promedio anuales

Capacidad de transporte de sedimento [m3/año] Hacia el norte	Capacidad de transporte de sedimento [m3/año] Hacia el sur	Transporte neto* [m3/año]
170.000	-	170.000

\* Un valor positivo significa transporte de sedimentos hacia el norte.

La curva S-Phi (Figura 7-10) presenta las capacidades netas anuales de transporte a lo largo de la costa para diversas orientaciones del litoral. La línea roja vertical representa la orientación existente del litoral.

Se puede ver que la orientación de la línea de costa difiere significativamente de la disposición donde el transporte neto es aproximadamente cero. Esto significa que, en caso de que el transporte de sedimentos se bloquee, la acumulación se realizará en el lado superior del transporte y la erosión en el lado inferior al transporte, lo cual está en línea con las observaciones hechas en la sección 7.2.2.

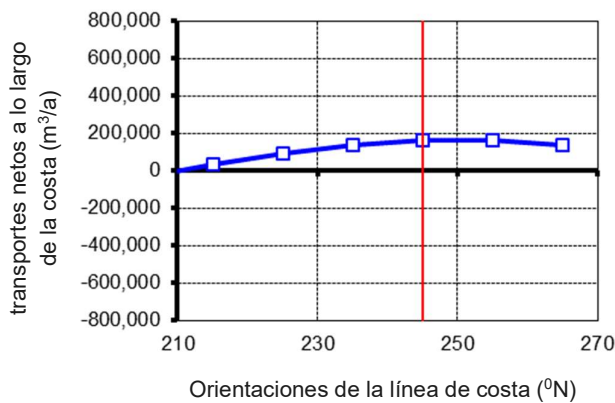


Figura 7-10: La curva S-phi que muestra los transportes netos a lo largo de la costa para varias orientaciones de la línea de costa, la línea roja expresa la posición real de la línea de costa

La distribución de la capacidad de transporte longitudinal de sedimentos se muestra en la Figura 7-11. Los resultados presentados se calculan utilizando condiciones promedio anuales.

En la figura se puede ver que la mayor capacidad de transporte de sedimentos se calcula a una profundidad de aproximadamente 1 m, y que el 90% de la capacidad de transporte se da a profundidades menos que 5m.

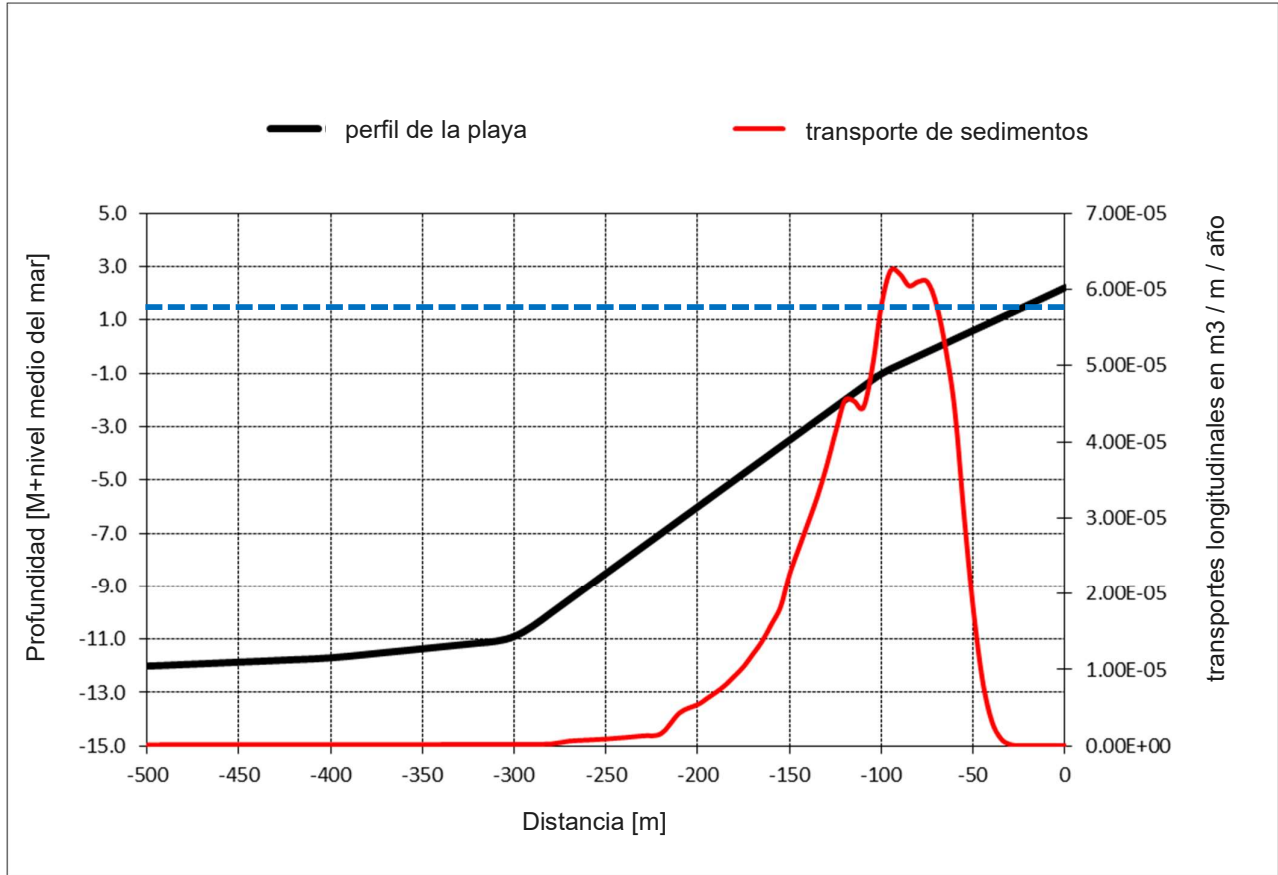


Figura 7-11: Distribución de los transportes longitudinales en m<sup>3</sup> / m / año utilizando condiciones medias anuales. Un signo positivo significa transporte hacia el norte.

## 7.2.4 Conclusiones de sedimentación en el puerto

En el sitio del proyecto las condiciones de oleaje son dominadas por el oleaje distante entrando en el golfo desde direcciones del suroeste. La foto inferior derecha muestra Puerto Caldera. Las líneas azules expresan las crestas de las olas que se derivan de imágenes de satélite.

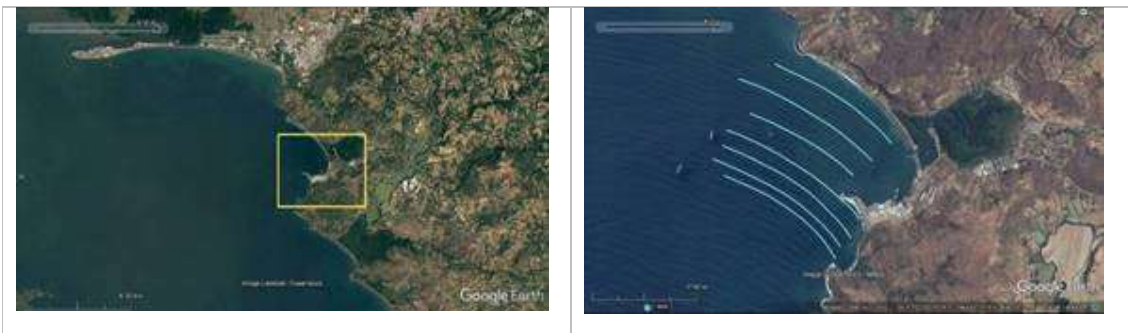


Figura 7-12: Ubicación del sitio del proyecto.

La dirección predominante del oleaje mar adentro es SSO. Esto ocasiona un transporte de litoral en las playas dentro del golfo dirigido hacia el norte. La construcción del rompeolas ha ocasionado acumulación especialmente en el extremo sur del rompeolas. El sedimento se transporta a lo largo de la playa sur del rompeolas por el efecto de las olas y las corrientes generadas por las olas. El efecto de bloqueo del rompeolas provoca acumulación de sedimentos que resulta en la acumulación en las playas. Debido a esta

acumulación en las playas, la costa cambiará gradualmente su orientación. Este proceso continúa hasta que la playa alcance su configuración de equilibrio y cuando el arrastre de litoral eventualmente se haga nulo.

Sin embargo, las fotografías aéreas muestran que la playa alcanzó de nuevo el equilibrio justo después de la construcción del rompeolas. Actualmente, la mayor parte del sedimento pasa a lo largo del rompeolas y se acumula en el área del puerto. Una vez que el sedimento se ha acumulado en el área del puerto, no puede ser removido por las olas o corrientes. La reducción en la profundidad del agua causada por la sedimentación compromete las operaciones portuarias a lo largo de los muelles. Además, la acumulación de sedimentos ha aumentado el nivel de energía del oleaje que entra al área del puerto por refracción y difracción.

Para las operaciones portuarias son necesarios dragados regulares de mantenimiento para cuidar la profundidad de agua requerida en los puestos de atraque. Para detener la sedimentación y mejorar las condiciones de operación en los muelles, se recomienda interceptar los sedimentos a lo largo de la playa sur del rompeolas y evitar la sedimentación excesiva en los muelles. Si el flujo de sedimentos se detiene de forma efectiva antes de que alcance el área del puerto, entonces las operaciones portuarias ya no se verían comprometidas por la profundidad reducida del agua y la mayor agitación del oleaje.

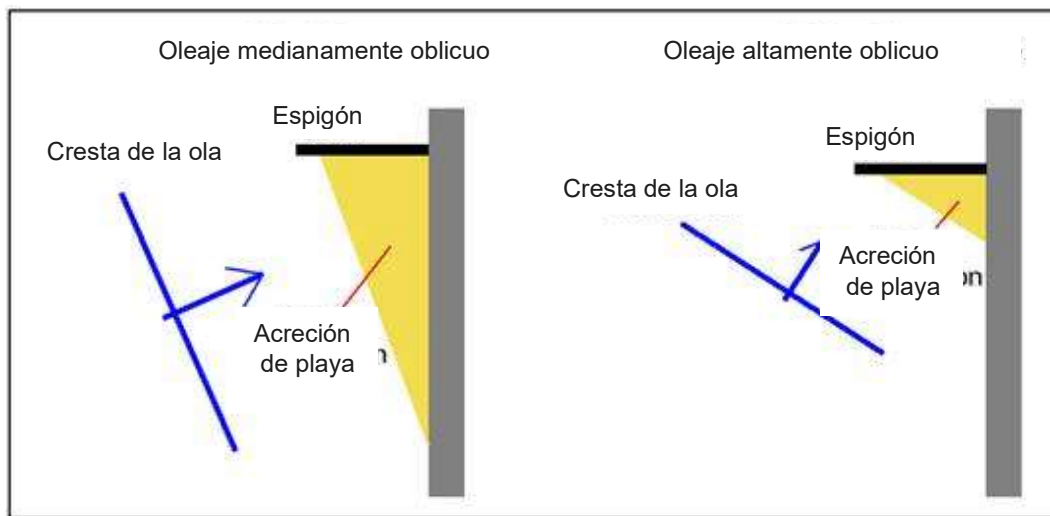


Figura 7-13: Acumulación en playas a lo largo cara superior expuesta a olas incidentes ligeramente oblicuas (izquierda) y muy oblicuas (derecha)

Para el sitio del proyecto actual, el ángulo de incidencia de las olas a lo largo de la playa al sur del puerto es muy grande, como puede verse en la Figura 7-13. Debido a este ángulo tan oblicuo de la incidencia de las olas, el rompeolas no es muy efectivo para bloquear el transporte de litoral. Por estas circunstancias, los sedimentos se acumulan solo en una pequeña área al sur del rompeolas. Después de un tiempo relativamente corto, la acumulación en la playa llega al morro del rompeolas y el sedimento comenzará a pasar a lo largo de la estructura y se acumulará en el área del puerto. Para ángulos menores de la dirección del oleaje se acumularía un volumen mucho mayor de arena antes de que los sedimentos comiencen a acumularse dentro del área del puerto. Se pueden identificar algunas opciones para aliviar los problemas de sedimentación en el puerto. Las opciones desarrolladas se describen brevemente en la sección siguiente.

Otras conclusiones son:

- Las condiciones de oleaje en Caldera están dominadas por olas provenientes del suroeste;
- El volumen de transporte longitudinal de sur a norte es de 125.000 – 170.000 m<sup>3</sup> / a. El volumen promedio que necesita ser dragado anualmente está en el orden de los 125.000 m<sup>3</sup>. Lo anterior está en línea con el informe de Royal Haskoning del 2004 (Ref. [17]). En este reporte se indica que, para calibrar el modelo de la línea de costa, se ha simulado con CL de UNIBEST el desarrollo de la línea de costa y el by-pass desde la construcción del puerto hasta el año 2000. Se ha corrido el modelo a partir del 1979

hasta el año 2000, aplicando una alimentación en el borde cerca de Punta Coralillo de 125,000 m<sup>3</sup>/año. El patrón del transporte de sedimentos se presenta en la Figura 7-14.

- La capacidad de transporte más alta se observa en un lugar a una profundidad de 1 m+NMBS (según los cálculos de Unibest-LT).
- Más del 90% del transporte de sedimentos se realiza a profundidades del mar por debajo de 5 m+NMBS (según los cálculos de Unibest-LT);
- El material por dragar es arena suelta con un tamaño mediano de grano del orden de 300  $\mu$ m;
- Los trabajos de dragado deben llevarse a cabo con cuidado para no poner en peligro la estabilidad (geotécnica) del rompeolas y las paredes del muelle. Según lo recomendado por elMOPT, las profundidades máximas en las secciones horizontales de 50 metros, contiguas a la tablestaca no deben exceder la hondura del diseño más de 30 centímetros. El dragado más profundo puede poner en peligro la integridad de las estructuras del muro del muelle.

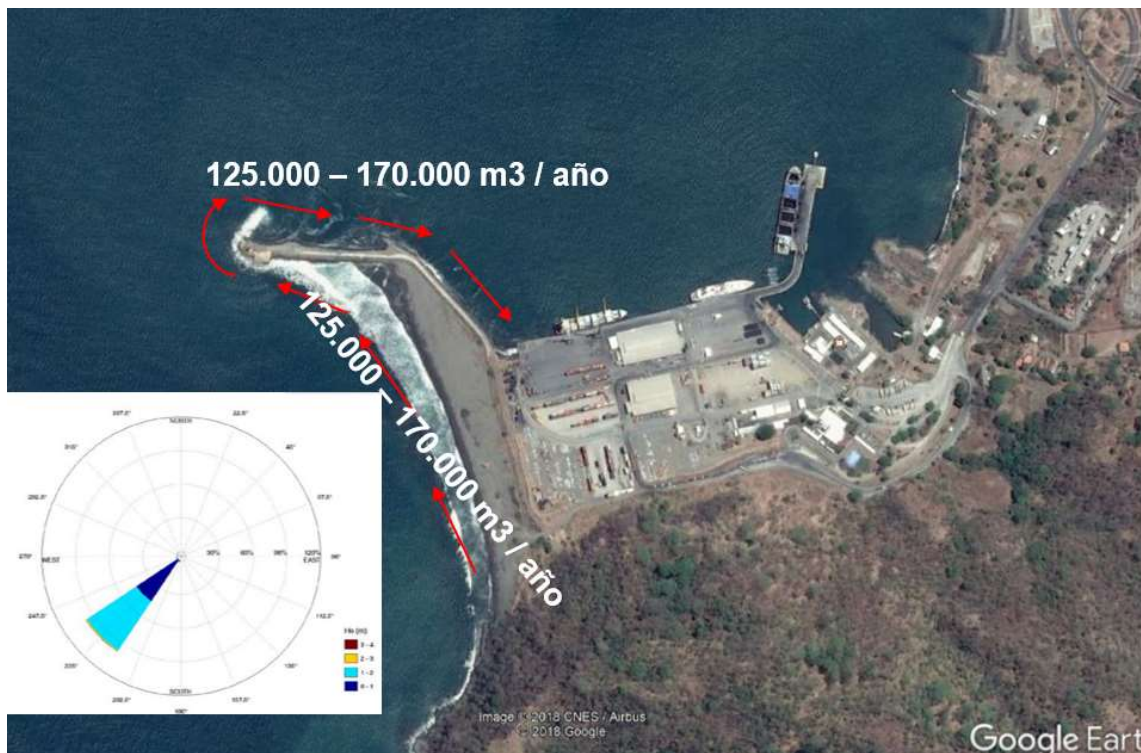


Figura 7-14: Patrón de transporte de sedimentos

## 7.2.5 Diseño conceptual medidas por sedimentación

### 7.2.5.1 Opción 1 – No hacer nada

Si se mantiene la situación actual, serán necesarios dragados periódicos del área del puerto para garantizar la operación segura de los muelles. Para la situación actual la capacidad de acumulación de sedimentos es limitada. Por lo tanto, los dragados de mantenimiento deben llevarse a cabo a intervalos relativamente cortos (de 1 a 4 años, dependiendo de la cantidad de sedimento que se elimina durante el dragado de mantenimiento) para minimizar los tiempos de inactividad causados por agitación del oleaje y sedimentación en los muelles. Los dragados de mantenimiento mismos podrían causar tiempo de inactividad adicionales en el puerto.

En el Plan Maestro se propone la construcción de un nuevo atracadero adicional para ferry, carga general y ro-ro en el lado oeste del puerto, adyacente al rompeolas. Esta área se utiliza actualmente como trampa de sedimentación. En el futuro, esto ya no sería posible, lo que significa que el búfer se reduce y se requiere un dragado de mantenimiento más frecuente. Esto no se considera una opción atractiva, ya que obstaculizará las operaciones portuarias y, debido a la movilización - desmovilización más frecuente, el costo por m<sup>3</sup> será más alto.

### 7.2.5.2 Opción 2 – Extensión lateral del rompeolas existente

Para aumentar la capacidad de almacenamiento de sedimentos al sur del puerto se podría considerar la extensión del rompeolas existente. Sin embargo, una simple extensión de la estructura sería relativamente cara, ya que se construiría en aguas profundas. El beneficio de tal extensión lateral sería bastante pequeño, ya que la capacidad de almacenamiento de sedimentos recién creada se llenaría rápidamente y los sedimentos continuarían pasando el rompeolas y se depositarían en la dársena del puerto, ver Figura 7-15.

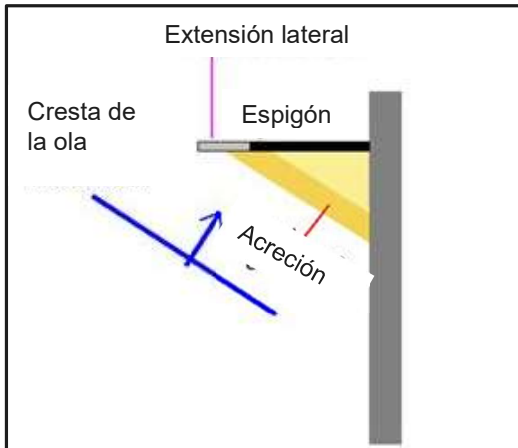


Figura 7-15: Efecto de la extensión del rompeolas en la acumulación en la playa para oleaje incidente muy oblicuo. Extensión lateral (izquierda)

### 7.2.5.3 Opción 3 – Extensión perpendicular al sur del rompeolas existente

Para optimizar la “captura” de sedimentos al sur del rompeolas se puede considerar crear una extensión perpendicular al rompeolas. De esta forma, la capacidad de almacenamiento de sedimentos es considerablemente mayor y el costo de construcción es menor.

Los sedimentos captados o recogidos deben eliminarse regularmente para recrear la capacidad de almacenamiento de sedimentos y evitar la sedimentación en el puerto. El concepto se muestra en la Figura 7-16.

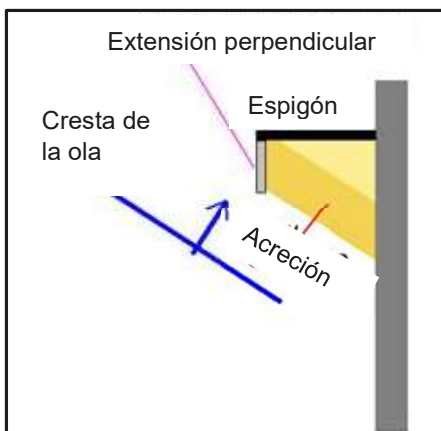


Figura 7-16: Efecto de la extensión del rompeolas en la acumulación en la playa para oleaje incidente muy oblicuo. extensión perpendicular (derecha)

#### 7.2.5.4 Opción 4 – Extensión perpendicular al norte del rompeolas existente

Otra posibilidad es construir una extensión perpendicular a lo largo del lado norte del rompeolas en combinación con la nueva terminal de ferry. La estructura estará ubicada en un área protegida por el rompeolas principal. Por lo tanto, se esperan condiciones de oleaje más bajas. Como resultado, la estructura podría construirse utilizando tablestacas en lugar de roca, lo que podría reducir considerablemente el costo. El transporte de sedimentos a lo largo del morro del rompeolas principal se acumulará a lo largo del lado oeste de la terminal de ferry. Dragados periódicos de mantenimiento serán necesarios para evitar el paso de sedimentos hacia el área del puerto. El concepto se muestra en la Figura 7-17.



Figura 7-17: Extensión perpendicular del rompeolas – lado norte

#### 7.2.5.5 Opción 5 – Eliminación de arena usando un dispositivo flotante

En las consideraciones anteriores, se supuso que los sedimentos se pueden remover del área ya sea por barcos o barcazas. Sin embargo, si tal operación fuera difícil debido a las condiciones de oleaje entonces se podría usar una bomba montada en un dispositivo flotante o plataforma sobre pilotes. De esta forma, los sedimentos dragados podrían ser bombeados a un buque ubicado en aguas más profundas y transportado al sitio de depósito seleccionado. Se recomienda consultar a una empresa de dragado para obtener asesoramiento sobre la estrategia y el equipo de dragado.

#### 7.2.5.6 Opción 6 – Remoción mecánica de la arena utilizando equipo de excavación

Teóricamente, sería posible eliminar los sedimentos acumulados de la playa con un *back hoe* u otro equipo de excavación. La idea es realizar primero un dragado de mantenimiento inicial donde se extraiga la mayor cantidad posible de arena de la playa. Inmediatamente después de esta operación de dragado, la arena recién acumulada debe retirarse de la playa y transportarse a un sitio de depósito adecuado. La operación tiene que comenzar justo después del dragado inicial, para evitar que la acumulación de la playa exceda el rango que puede cubrir el brazo del equipo de excavación, que suele ser del orden de 10 a 20 m.

Los sedimentos eliminados se pueden transportar por medio de un camión hasta el sitio de disposición. Sin embargo, si suponemos una acumulación total de sedimento de 100.000 m<sup>3</sup> / año y una carga máxima por camión de 10 m<sup>3</sup>, serían necesarios 10.000 viajes por año para transportar la arena. Eso corresponde a más de 25 viajes por día durante todo el año, lo que no parece factible.

Por lo tanto, esta opción se rechaza y no se investiga más.

## 7.2.6 Diseño recomendado

### 7.2.6.1 Evaluación de las alternativas más factibles

En base a los resultados presentados en el capítulo anterior, el mantenimiento del dragado desde el mar con el uso de dispositivos flotantes en combinación con la construcción de un espigón para aumentar el búfer de sedimentación parece la solución más atractiva. En esta sección primero se evalúa la posición del espigón para seleccionar la ubicación y orientación óptimas.

La diferencia entre las alternativas 2 y 3 se muestra en la Figura 7 19 y la Figura 7 20. El área amarilla indica la acumulación en la playa comparado con la situación actual. La figura muestra claramente que la acumulación de playa es mayor para la alternativa 3 que para la alternativa 2 (aproximadamente un 30% mayor). Además del mayor volumen de sedimento que puede ser capturado por la alternativa 3, el costo de construcción también es considerablemente más bajo que para la alternativa 2 debido a la menor profundidad del agua (5 m frente a 8 m): la prolongación de la estructura existente para la alternativa 2 es perpendicular a los contornos de profundidad locales, mientras que la estructura de la alternativa 3 se dirige más o menos paralela a los contornos de profundidad locales.

La construcción de un espigón al norte del rompeolas existente crea un amortiguador de sedimentación limitado debido a la pequeña cuenca de captación de sedimentos al norte del rompeolas. Adicionalmente, la estructura se ubicaría en calados de hasta 10-12m, lo que hace que el rompeolas sea muy caro. Una ventaja de la construcción del espigón en este lugar y en dirección norte es la protección que éste proporcionaría contra oleaje energético a la cuenca portuaria y diferentes muelles. Sin embargo, los cálculos de propagación del oleaje muestran la longitud de susodicha extensión debería ser significativa para reducir la altura de ola significativa en el puesto #4. En resumen, esta opción sería costosa y los beneficios son limitados.



Figura 7-18: Extensión del rompeolas y acrecentamiento de la playa

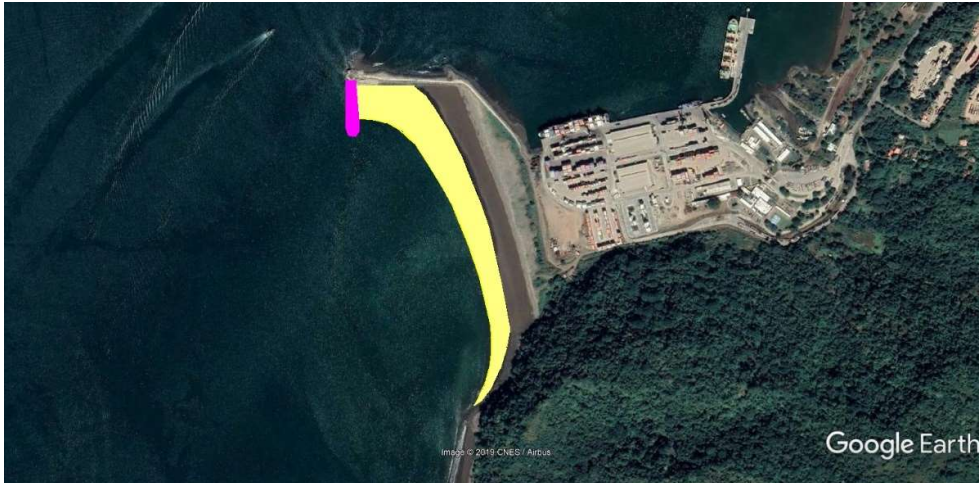


Figura 7-19: Extensión perpendicular del rompeolas y acrecentamiento de la playa

En base a lo anterior, el diseño recomendado para la construcción de un espigón al sur del rompeolas existente (Opción 3) se muestra en la **Error! Reference source not found.** La longitud de la extensión es de aproximadamente 150 m. Los sedimentos acumulados deben eliminarse periódicamente para evitar la acumulación en el área del puerto. El diseño exacto debe optimizarse mediante un estudio de modelado más detallado.

En las siguientes secciones, se evalúa con más detalle la orientación y longitud del espigón comparando el VAN y teniendo en cuenta la construcción del espigón, así como el dragado de mantenimiento requerido para encontrar la longitud y orientación óptimas. La solución que se recomienda es una combinación de la opción 3 y la 5: una combinación de la construcción de un espigón y dragado de mantenimiento.



Figura 7-20: Extensión perpendicular del rompeolas

### Alternativa 3 - Espigón al sur del rompeolas existente.

En esta alternativa la longitud del espigón varía entre 100 m y 225 m y, además, se evalúan diferentes orientaciones de éste. Al aumentar la longitud del espigón, se aumenta la capacidad de almacenamiento de sedimentos en el lado sur de este. Así, la frecuencia de mantenimiento requerida disminuye y se logran ahorros en costos con respecto a la movilización. Sin embargo, con el aumento de la longitud, la profundidad del agua también aumenta y eso conlleva a que el espigón sea más caro. Se hacen los siguientes supuestos:



- Se draga la playa al sur del rompeolas como actividad de dragado de capital. Estimamos que esta acción aumenta la capacidad de almacenamiento de sedimentos en aproximadamente 450,000 m<sup>3</sup>;
- No se permite que los sedimentos pasen por el morro del espigón. Ya que la refracción de las olas y la propagación de éstas hacia las áreas portuarias, se ve incrementada por la acumulación de sedimentos alrededor del morro y al norte del rompeolas. Lo último causa más agitación de las olas dentro de la dársena del puerto;
- En base a una evaluación preliminar, se concluyó que el espigón debe ubicarse cerca de la cabecera del rompeolas existente. De ubicar el espigón más al este, el impacto positivo será mínimo. La orientación del espigón también se varió respectivamente 180, 205 y 225 ° N.

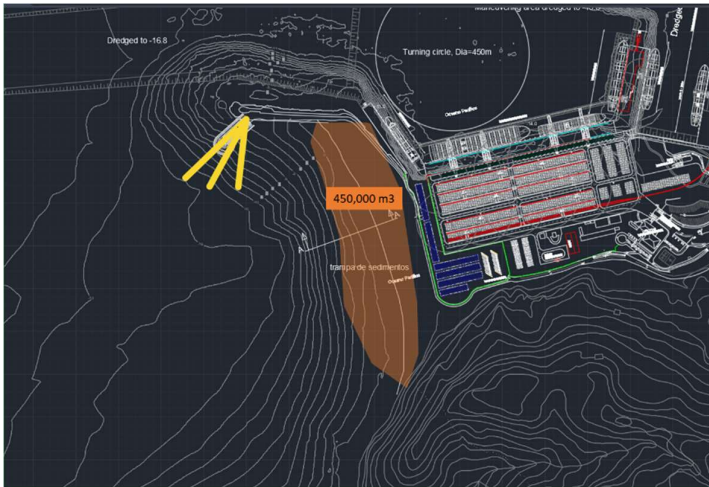


Figura 7-21: Configuraciones consideradas para el espigón y dragado de capital para crear almacenamiento de sedimentos al sur del rompeolas existente

#### Alternativa 5 – Eliminación de arena usando un dispositivo flotante.

En esta alternativa, el dragado de mantenimiento se realizará periódicamente y se llevará a cabo solo en el lado sur del rompeolas. Ya que una vez que el nuevo muelle del ferry / RoRo esté operativo, la capacidad de almacenamiento en el lado norte del rompeolas será pequeña y se debe garantizar que las operaciones portuarias no sean obstaculizadas por la acumulación de sedimentos. Se estima lo siguiente:

- Alternativa 5a: Como actividad de dragado de capital, se draga la playa al sur del rompeolas. Esperamos que esto aumente la capacidad de almacenamiento en aproximadamente 450,000 m<sup>3</sup>. En teoría, esto significa que se requiere dragado de mantenimiento cada 3 años. Como enfoque conservador, se considera un dragado bianual en nuestro análisis financiero
- Alternativa 5+: Si resulta que la capacidad de almacenamiento al sur del rompeolas es más favorable, sería factible un dragado de mantenimiento cada 3 años. Esta alternativa más optimista se define como Alternativa 5+.

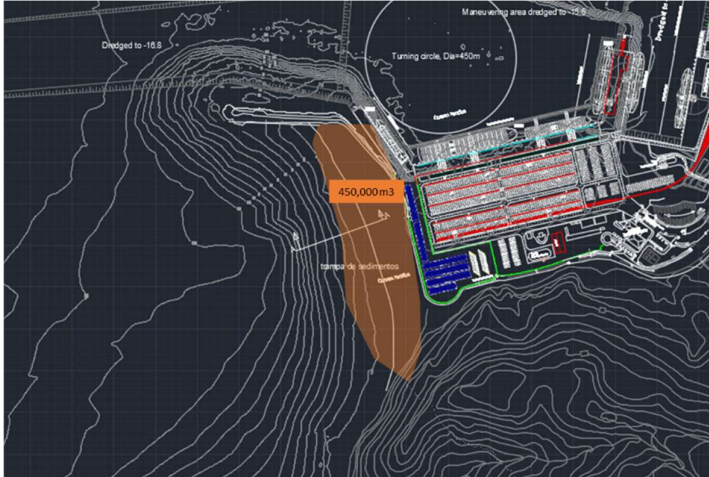


Figura 7-22: Dragado de capital considerado para crear almacenamiento de sedimentos al sur del rompeolas existente

### 7.2.6.2 Costos de inversión y mantenimiento de las opciones más factibles

Las alternativas presentadas anteriormente requieren inversiones iniciales (ya sea la construcción de un espigón o el dragado de capital) y mantenimiento periódico. Al determinar la frecuencia de las campañas de dragado (y, por lo tanto, el costo / VPN de la solución), el punto de partida es que el dragado se llevará a cabo antes de que los sedimentos sobrepasen el espigón. Por lo tanto, para todas las alternativas, el resultado operativo en el muelle es el mismo. Como la frecuencia de mantenimiento no es la misma para cada alternativa, el costo acumulado -capital y mantenimiento- se calcula durante un período de 25 años. Esto se muestra en la Figura 7-23. Se adoptaron las siguientes suposiciones:

- Costo de movilización para equipos de dragado USD 500.000;
- Costo de dragado USD 7 /m<sup>3</sup>;
- Costo promedio de roca para el espigón USD 80 /m<sup>3</sup>;
- Longitud del espigón varía;
- Orientación del espigón varía;
- Zona de amortiguamiento (relacionado con la longitud y orientación del espigón) varía.

Del gráfico en la Figura 7-23, se llega a las siguientes conclusiones:

- El dragado únicamente en el lado sur del rompeolas (Alternativa 5) conduce a un aumento relativamente importante en el costo de mantenimiento en comparación con la situación existente (línea verde). La razón principal es que el dragado de mantenimiento debe realizarse anualmente (en lugar de una vez cada 5 años).
- En el caso optimista de que se requiera dragado de mantenimiento cada 3 años (Alternativa 5+), el costo total de mantenimiento se reduce significativamente;
- Crear un espigón de 100 m en el lado sur del rompeolas da como resultado una inversión inicial relativamente alta. Después de eso, se requiere mantenimiento cada 3 años. En un período de 25 años, el costo acumulado de esta alternativa es aún mayor que la Alternativa 5.

Cummulative investment and maintenance costs in 25 years

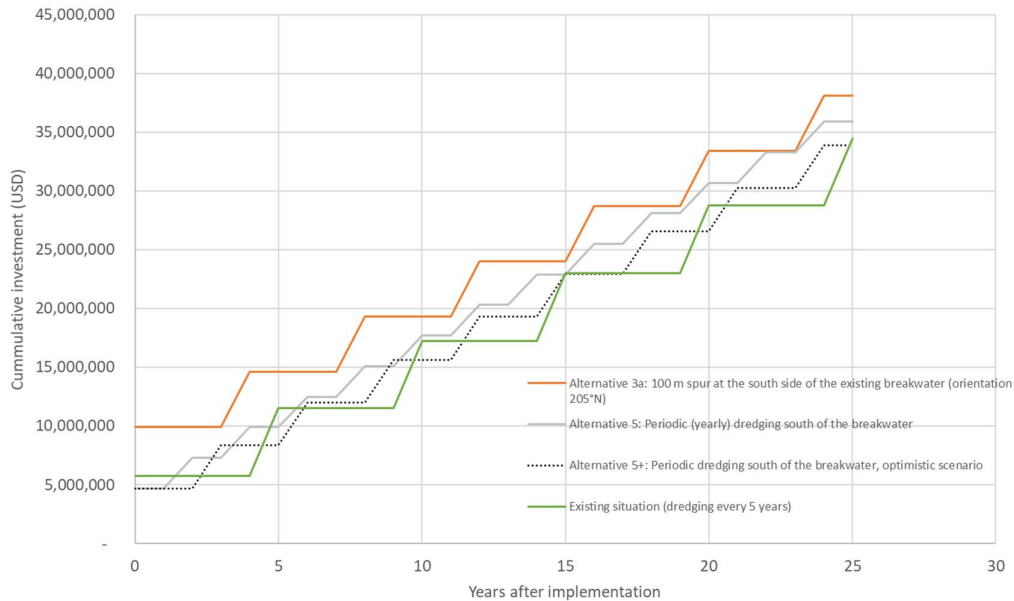


Figura 7-23: Costo de mantenimiento acumulado para un período de 25 años

### 7.2.6.3 Valor presente neto de las alternativas más viables

Otra forma de presentar la viabilidad financiera de las alternativas preseleccionadas es con el denominado Valor Presente Neto (VAN). El valor presente neto (VAN) es la diferencia entre el valor presente de las entradas de efectivo y el valor presente de las salidas de efectivo durante un período de tiempo (como se presenta en la Sección 7.2.6.2). El VAN se utiliza en el presupuesto de capital y la planificación de inversiones para analizar la rentabilidad de una inversión proyectada.

Para calcular el VAN se aplicó una tasa de interés del 3%. Sin embargo, se encuentra que las conclusiones apenas se ven afectadas por esta tasa de interés. Se utilizaron longitudes de espigón de 100 a 225 m.

El VAN resultante para varias alternativas se muestra en la Figura 7-24. En base a esta figura, se llega a las siguientes conclusiones:

- No parece haber una longitud óptima de espigón. Un espigón más largo conduce a un mayor VAN como resultado de un mayor costo de capital (sin tener un impacto significativo en el mantenimiento). No se recomienda un espigón de menos de 100 m, ya que la efectividad se vuelve especulativa;
- La orientación del espigón impacta los resultados en un aumento limitado en la capacidad de almacenamiento. Un espigón con orientación 225° N es el más efectivo en términos de bloqueo de sedimentos. Sin embargo, dicho espigón está situado en aguas más profundas, lo que significa que los costos de capital son más altos. Un espigón con orientación 205 ° N y 225 ° N resulta ser igualmente efectivo en términos de VAN. Un espigón orientado hacia el sur (Alternativa 3a) es menos eficiente;
- El dragado al sur del rompeolas sobre una base de 2 años (Alternativa 5) y de 3 años (Alternativa 5+) parece ser una alternativa menos costosa que las alternativas con un espigón

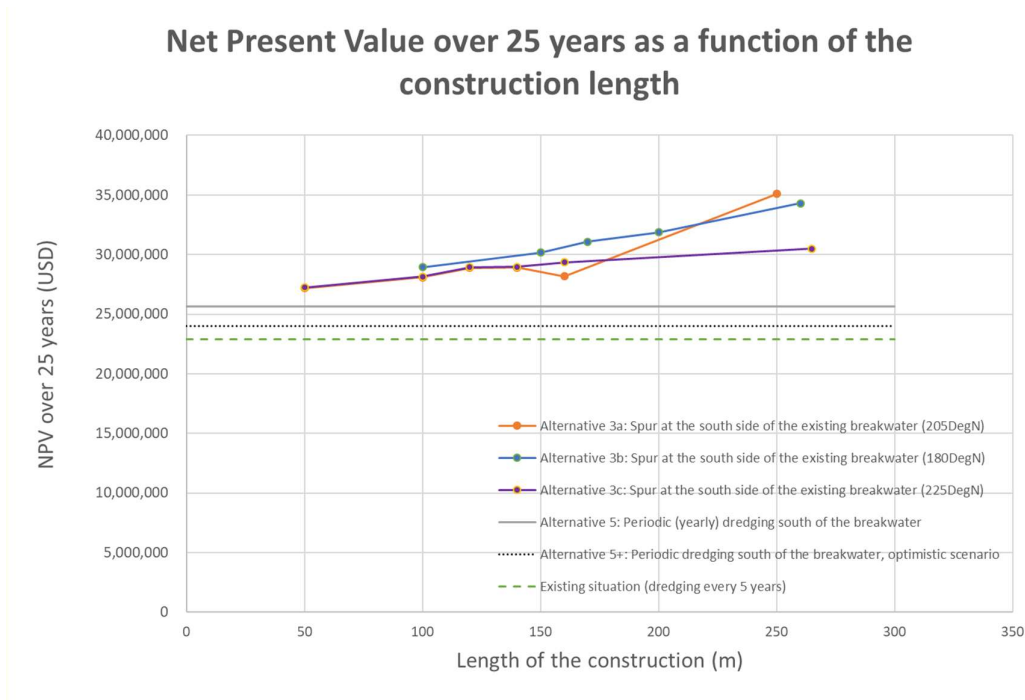


Figura 7-24: valor presente neto para costos de capital y mantenimiento durante un período de 25 años

#### 7.2.6.4 Diseño recomendado

En las secciones anteriores, el impacto financiero de varias alternativas se ha cuantificado por medio de los costos totales y el VAN en un período de 25 años. Según las cifras, se concluye que la Alternativa 5 (mantenimiento periódico al sur del rompeolas) es favorable por encima de la Alternativa 3 (espigón al sur del rompeolas).

También desde un punto de vista no financiero, se recomienda la Alternativa 5. Se recomienda verificar primero y optimizar la viabilidad del dragado en esa área específica y monitorear de cerca el depósito de sedimentos al sur del rompeolas. Según los resultados del monitoreo y la experiencia con el dragado de mantenimiento, se debe determinar en una etapa posterior si la implementación de un espigón es factible y favorable. En base a los resultados del programa de monitoreo, también se puede optimizar aún más la orientación, la longitud preferida y la ubicación del espigón. Sin embargo, como parte de la mitigación de riesgos, la construcción del espigón se tiene en cuenta en el análisis financiero presentado en el Capítulo 9.

El área para la trampa de sedimento debe dragarse a una profundidad mínima de NMBS-4m. En caso de que se requiera una mayor profundidad en función de los requisitos del buque de dragado movilizado, la estabilidad del rompeolas y el espigón debe ser verificada por el contratista de dragado.

### 7.2.6.5 Metodología de dragado y consideración de seguridad para la estabilidad del rompeolas

Principio de funcionamiento de la draga de inyección de agua:

El dragado por inyección de agua (WID) es una técnica en la que se inyecta un gran volumen de agua, a baja presión, en el sedimento del fondo marino a través de las boquillas de una barra de chorro horizontal. El agua fluidifica el sedimento al vencer de forma efectiva la cohesión de los suelos arcillosos y limosos.

Al permanecer cerca del lecho, la capa de suelo fluidizado se comporta como una corriente densa y fluye hacia aguas más profundas debido a la fuerza de gravedad creada por una pendiente natural o artificial.

Todo esto ocurre con una mínima perturbación de la calidad del agua del ecosistema. La mayor parte del sedimento fluidizado permanece cerca del lecho marino y la suspensión en toda la columna de agua es mínima, en condiciones ambientales favorables.

Como se mencionó anteriormente, la draga de inyección de agua se puede utilizar para aflojar el material de una parte poco profunda a una parte más profunda, que luego se puede remover con TSHD (Draga de succión en marcha).

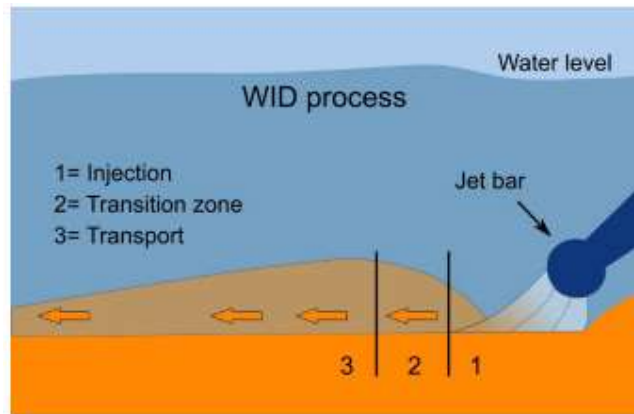


Figura 7-25: Principio de funcionamiento de la draga de inyección de agua



Figura 7-26: Ejemplo de draga de inyección de agua (fuente: Van Oord)

### Principio de funcionamiento de TSHD (dragado de succión en marcha):

Los TSHD, o "tolvas", son naves autopropulsadas que contienen una tolva o se mantienen dentro de sus cascos. Se utilizan principalmente para el dragado de material suelto, como arena, limo, arcilla o grava. Sus características principales son los cabezales de arrastre, los tubos de succión, los compensadores de oleaje y los pórticos y, por lo general, una TSHD está equipada con uno o dos tubos de succión a los que están unidos los cabezales de arrastre. Durante el dragado, los tubos de succión se bajan bajo el agua y los cabezales de arrastre se "arrastran" sobre el lecho marino, succionando el material a medida que la nave avanza lentamente, es decir, se arrastra. Los tubos de succión y los cabezales de arrastre en un TSHD se pueden colocar de acuerdo con las necesidades de rendimiento de la operación de dragado. A través de un sistema de bombeo, la mezcla de arena y agua se dirige hacia la tolva del recipiente. Los pórticos y los chigres operan los tubos de succión, moviéndolos ya sea por la borda o regresándolos al interior. Se utiliza un compensador de oleaje para controlar el contacto entre el cabezal de arrastre y el fondo marino al dragar en olas. Un sistema de desbordamiento separa la mezcla y descarga cualquier exceso de agua.

Al comenzar el dragado, la TSHD navegará al área en cuestión. Para comenzar a dragar, el cabezal de arrastre al final del tubo de succión se baja sobre el fondo marino con un sistema de tornos y pórticos. Una bomba de dragado de alta capacidad instalada dentro de la TSHD crea un vacío en el cabezal de dragado. Este vacío, combinado con la excavación mecánica, crea una mezcla de agua y suelo dentro del cabezal de arrastre, que se succiona a través del cabezal de arrastre y el tubo de succión y se bombea a la tolva del recipiente. Durante el dragado, la velocidad de avance de la TSHD normalmente varía entre 1 y 3 nudos.

La eliminación del material dragado se puede hacer con el siguiente método:

- Vertido directo a través de las compuertas de fondo
- Conexión y descarga a través de una tubería (flotante)
- Descarga por medio de la boquilla en la proa del buque (arco iris)
- Descarga mediante tubo de succión (relleno)
- Una combinación de cualquiera de los métodos anteriores:



*Figura 7-27 Descarga a través de compuertas inferiores, tubería flotante y arco iris*

### Dragado de mantenimiento y estabilidad del rompeolas:

El dragado cerca del rompeolas podría socavar el rompeolas, por lo tanto, se deben tomar medidas apropiadas para eliminar el riesgo de fallo del rompeolas. En el plan de dragado, se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

- Dragado en el lado del canal de aproximación: la pendiente leve 1: 5 comienza a unos 20 ~ 25 m del pie del rompeolas.
- Dragado hacia la zona de amortiguamiento de sedimentos: la zona de amortiguamiento se dragará a -4 m. El extremo del rompeolas está por debajo de -4 m. Por lo tanto, no habrá una pendiente frente al rompeolas.

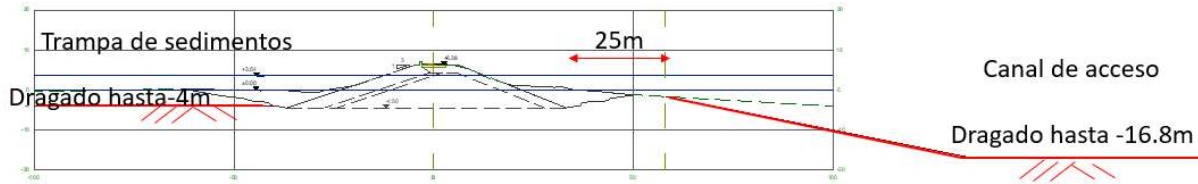


Figura 7-28: área de dragado con respecto a rompeolas

## 7.2.7 Diseño Conceptual del espigón

En esta sección se presenta un diseño conceptual del espigón.

Se observa que el espigón se considera una medida para mitigar el riesgo de que se pueda crear una trampa de sedimento con un volumen más pequeño que el estimado actualmente en Playa Nueva. Se recomienda primero dragar la Playa Nueva para crear la trampa de sedimentos, monitorear la acumulación de éstos y la trampa. Si se considera necesario, el espigón se puede construir en una etapa posterior y se puede diseñar y optimizar en base a las campañas de dragado y monitoreo de sedimentos.

### 7.2.7.1 Puntos de partida

Los siguientes puntos de partida y suposiciones se consideran en el diseño:

Posición del espigón:

- Se supone que el dragado de mantenimiento se realiza cada 5 años. Por lo tanto, la trampa de sedimentos proporcionará alrededor de 500.000 m<sup>3</sup> de capacidad;
- El área que se muestra en la Figura 8.42 se dragará (alrededor de 190.000 m<sup>2</sup>). El área se dragará a una profundidad de NMBS-4m (zona costera activa en la que se espera el transporte de sedimentos en este lugar);
- El espigón tendrá una longitud de aproximadamente 100 m y su cabeza estará en NMBS-4,0 (zona activa estimada de transporte de sedimentos).

Tipo de espigón:

- Los materiales de armadura serán roca de canteras en Costa Rica. Es preferible no usar unidades de armadura de concreto considerando una estructura relativamente corta y altos costos relacionados con la producción de armaduras de concreto para un espigón relativamente corto;
- Se prefiere limitar el tamaño de la roca a máximo. una clasificación de 3 a 6 toneladas, se espera que las canteras de Costa Rica puedan entregar la clasificación requerida. Hay que tener en cuenta que se utilizó una codificación aún mayor (es decir, 8-10t para la construcción del rompeolas existente).

Condiciones de diseño:

- Diseño de profundidad del agua = profundidad del agua (a NMBS-4m) + MHWS (2,8) = 6,8m
- Altura de la ola de diseño = suponga 0,5 x profundidad de agua de diseño (6,8) = 3,4m

Teniendo en cuenta lo anterior, vienen las siguientes especificaciones de diseño.

### 7.2.7.2 Diseño del espigón

Considerando las condiciones de diseño y los puntos de inicio anteriores, un tipo de rompeolas convencional requeriría rocas de armadura relativamente grandes (más de 10 toneladas). Por lo tanto, se propone adaptar un concepto de rompeolas de tipo islandés para el rompeolas con los siguientes supuestos de diseño.

- Tipo de estructura: remodelación parcial del rompeolas islandés
- Número de estabilidad  $N_s = 2$
- Resistencia  $P = 30\%$

Las siguientes características de diseño fueron derivadas para este tipo de estructura:

- $W_{n50} = 3.346 \text{ kg}$
- Graduación de la roca de armadura asumida: 3-6t
- Recesión de la berma = 1,36 m
- Ancho de la berma = 3,9 m
- Nivel de la cresta = NMBS + 6,8m
- Nivel de la berma = NMBS + 4,75m

Presenta Figura 7-29 la sección transversal del espigón (para las secciones del cuerpo y morro).

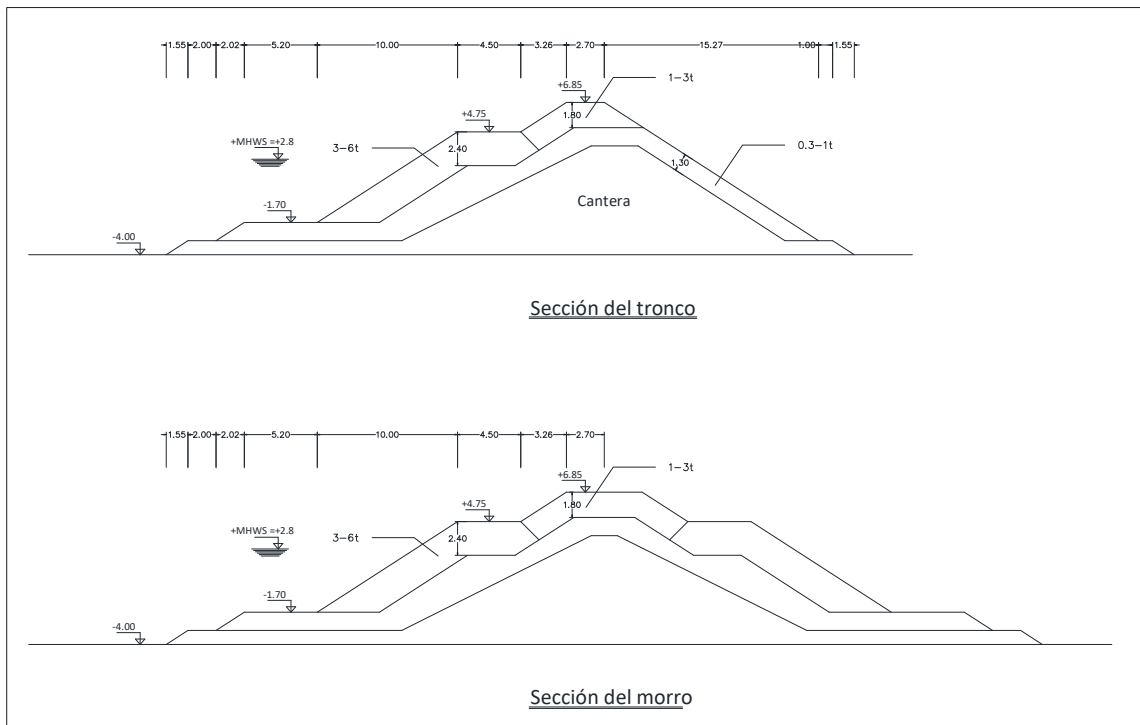
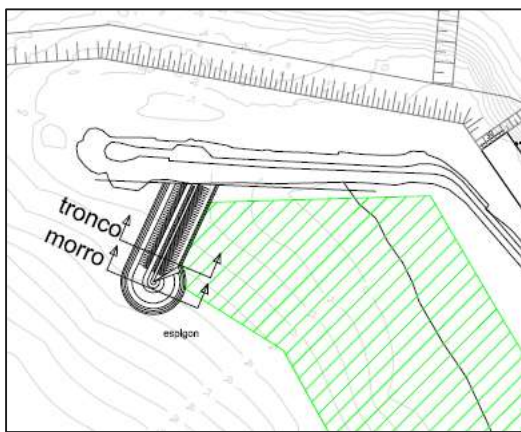


Figura 7-29: Corte transversal del espigón para la trampa de sedimentos.



La siguiente tabla presenta la lista de cantidades del material requerido para la construcción del espigón y el dragado de la trampa de sedimentos.

Tabla 7-3: Lista de cantidades, construcción del espigón y dragado de la trampa de sedimentos

Elemento	Sub-elemento	Cantidad estimada	Unidad	Costo unitario (USD)	Costo total (USD)
<b>Espigón</b>	Movilización /desmovilización	1	Pcs.	500.000	500.000
	1-300 kg roca	15.100	m <sup>3</sup>	70,0	1.057.000
	0,3-1t roca	6.800	m <sup>3</sup>	100,0	680.000
	1-3t roca	1.300	m <sup>3</sup>	140,0	182.000
	3-6t roca	3.450	m <sup>3</sup>	140,0	483.000
<b>Dragado</b>	Movilización /desmovilización	ver nota 1			
	Trampa de sedimentos (arena)	500.000	m <sup>3</sup>	7,0	3.500.000
	Al rededor del morro del rompeolas y al norte del rompeolas	130.000	m <sup>3</sup>	7,0	910.000
<b>Total parcial</b>					7.312.000
<b>Contingencia (20%)</b>					1.462.400
<b>Costo de ingeniería (4%)</b>					292.480
<b>Total</b>					9.066.880

*Nota 1: La movilización y desmovilización de las obras de dragado no están incluidas aquí. Se supone que el dragado de la trampa de sedimentos se realiza junto con el dragado del canal de aproximación y la cuenca del puerto. De lo contrario, se agregará un costo de aproximadamente 500.000.000 USD para la movilización y desmovilización del equipo de dragado.*

## 7.3 Desarrollo de la terminal de contenedores

### 7.3.1 Introducción

En esta sección se presenta la mejora de la terminal de contenedores. Estos proyectos consisten en:

- Construcción de un muelle continuo que ofrezca suficiente profundidad para los barcos de diseño seleccionados;
- Almacenamiento;
- Equipos adicionales;
- Instalación de escáneres.

Los diseños y equipos propuestos son suficientes para cumplir con la capacidad de manejo requerida en 2042.

### 7.3.2 Diseño conceptual de las estructuras de atraque

#### 7.3.2.1 Criterio de diseño

Para el diseño conceptual de la estructura de atraque se han utilizado los siguientes criterios de diseño (ver Tabla 7-4).

Tabla 7-4: Niveles del mar y parámetros generales de Puerto Caldera

Niveles del mar	Valor
Nivel medio del mar (MSL)	NMBS + 1,4 m
Nivel pleamar (HWS)	NMBS + 2,7 m
Aumento del nivel del mar	0,5 m
Parámetros generales	Valor
Densidad del agua del mar	1.030 kg/m <sup>3</sup>
Densidad del hormigón	2.400 kg/m <sup>3</sup>
Densidad de la roca	2.650 kg/m <sup>3</sup>

Adicionalmente, se ha considerado lo siguiente:

- Barco de diseño 8.500 TEU  
LOA: 300 m; B: 48 m; D:13 m
- Cota de coronación del muelle NMBS + 5,0m
- Nivel del fondo del muelle NMBS -14m
- Vida de diseño 50 años
- Descripción del suelo basado en SUCS Sección 7.3.2.3
- Carga superficial / Carga de los bolardos / carga de la grúa (móvil)

#### 7.3.2.2 Sismicidad

La sismicidad en Costa Rica se rige por la subducción de la Placa de Cocos con respecto a la Placa del Caribe. La Figura 7-30 muestra el mapa de riesgo sísmico que incluye la falla de subducción entre ambas placas.

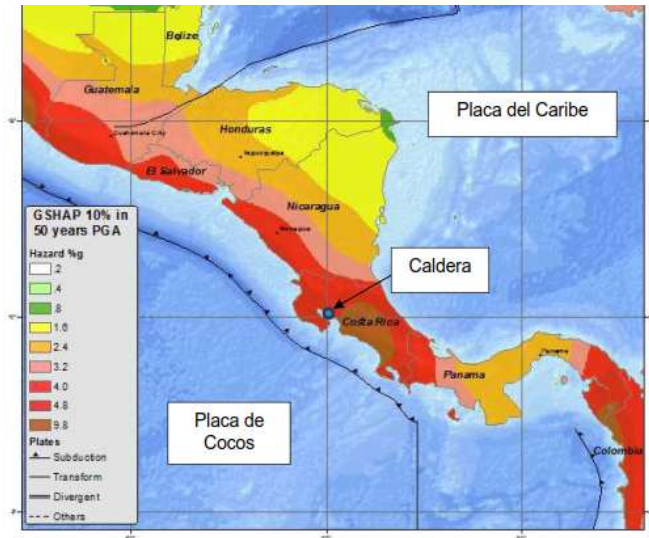


Figura 7-30: Mapa de Riesgo Sísmico Centroamérica

De acuerdo con la Figura 7-30 el puerto de Caldera se debe categorizar en Zona III, PGA = 0,36 g en el nivel base (ULS, período de retorno de 475 años), el subsuelo es de categoría S3.

### 7.3.2.3 Perfil del suelo

La información disponible más reciente sobre estudios de suelos fue realizada por Ingeniería / Perforación I.P. SRL y fue analizada por Royal Haskoning DHV (Referencia [6])

Se han realizado estudios previos del subsuelo (2003) para diseñar el puerto en Puerto Caldera. Durante ese tiempo se realizaron tres perforaciones marinas en los alrededores del muelle planeado actualmente. La ubicación de estas perforaciones se presenta en el plan de ubicación de perforaciones, Apéndice G. se hace referencia a la ubicación de las perforaciones R-1, R-2 y R-3. En Apéndice G se incluyen estas perforaciones.

Se ha realizado una cantidad total de cuatro perforaciones como parte de un estudio adicional de suelos conducido por Ingeniería & Perforación I.P. SRL (abreviado como IP). Se hace referencia a la ubicación de las perforaciones S1-A, S-2, S-3, S-4 y S-5 (Apéndice G).

Adicionalmente se realizaron los estudios geofísicos de la zona del nuevo muelle, los cuales fueron realizados por Ingeofica.

Royal Haskoning DHV (Reference [6]) ha llevado a cabo análisis del subsuelo basados en la investigación realizada por IP y ha presentado la siguiente interpretación:

“Se han encontrado las siguientes unidades de suelo durante estudios recientes del fondo, de arriba abajo:

Unidad 1: Depósitos de arena

Los 20 m superiores bajo el fondo marino existente comprenden arenas mal graduadas. Los metros superiores de este estrato son arenas limosas sueltas. Con el aumento de profundidad, la capa de arena se vuelve de medio densa a densa.

Unidad 2: Arcillas plásticas blandas a firmes

Localmente, la capa superior de arena (Unidad 1) tiene debajo una capa de arcilla de aproximadamente 13m de espesor. El tope de esta capa es blando y se vuelve firme aumentando la profundidad. La capa de

arcilla se ha encontrado sólo en final del muelle en los agujeros recientemente perforados S-4 y S-5 y en la perforación R-2 de un estudio previo del fondo.

#### Unidad 3: Arcilla rígida a dura de baja plasticidad

En una de las perforaciones, S-5 (cerca a la ubicación propuesta del Dolphin) la capa de arcilla blanda a firme (Unidad 2) tiene debajo una capa de arcilla considerablemente más rígida. La extracción de testigos mediante perforación rotatoria expresa que la resistencia de esta arcilla oscila entre una arcilla dura (se obtuvo la opción durante la prueba SPT) y una rígida (conteo de golpes SPT oscila de 16 a 27). El origen geológico de esta capa aún no ha sido definido.

#### Unidad 4: Roca sedimentaria

El emplazamiento tiene una roca subyacente muy probable de la Formación Mata Limón. La Figura 7-31 y Figura 7-32 muestra las diferencias de consistencia de este estrato. La Figura 7-31 presenta una fotografía de una caja porta testigos de la perforación S-3 que muestra un material sin cohesión sin trazo alguno de cementación de la matriz el suelo (porque la matriz del suelo no fue recuperada) mientras que los testigos de la perforación S-4 muestran claramente el conglomerado con una matriz de arcilla (entre Nivel Medio de Bajamares de Sicigia (NMBS) -43,5m y NMBS -46,0m y entre NMBS -54,0m a NMBS -57,5m) y pizarra fracturada (entre NMBS -48,8m y NMBS -54,0m).



*Figura 7-31: Roca sedimentaria (Unidad 4) – Recuperación del núcleo de la perforación S-3 entre 32,0m y -40,5m bajo el dato cero de la carta. Se logró una recuperación de núcleo total de alrededor del 20%*



Figura 7-32: Roca sedimentaria (Unidad 4): Recuperación del núcleo de la perforación S-4 entre 48m y 57,5m bajo el dato cero de la carta

Desde un punto de vista geotécnico el área del muelle se podría dividir en tres subáreas:

- Extremo terrestre y sección del medio
- Subárea arcilla blanda a firme encima del conglomerado
- Final del muelle

Extremo terrestre y sección del medio

Esta subárea está representada por el perfil del suelo en la perforación S-2 y S-3.

Tabla 7-5: perfil del suelo en la perforación S-2 y S-3

Tope de estrato	Descripción	Unidad	Resultados de la prueba de campo	Clasificación del suelo según USCS
-2,5 to -5,0	ARENA medio	1B	Nm = 10 to 30	SP
-14,0 to -27,0	ARENA densa	1D	Nm > 30	SM
-23,5 to -33,5	Roca Sedimentaria Gastada (Meteorización)	4B	Sin registros	
-37,0 to -41,5	Max. Profundidad explorada			

Subárea con arcilla blanda a firme encima del conglomerado

Esta subárea está representada por el perfil del suelo en la perforación S-4.

Tabla 7-6: Perfil del suelo en la perforación S-4

Topo de estrato	Descripción	Unidad	Resultados de la prueba de campo	Clasificación del suelo según USCS
-2,5	ARENA medio densa	1B	N <sub>m</sub> = 10 to 30	SP
-18,5	ARCILLA blanda a firme	2A	N <sub>m</sub> = 2 to 17	CH
-32,0	Roca sedimentaria gastada (Meteorización)	4B	Sin registros	
-57,5	Max. profundidad explorada			

#### Final del muelle

En ausencia de los resultados de la perforación S1A esta subárea está representada por el perfil del suelo en la perforación S-5 ubicado, donde está previsto construir el dolphin.

Tabla 7-7: Perfil del suelo en la perforación S-5

Topo de estrato	Descripción	Unidad	Resultados de la prueba de campo	Clasificación del suelo según USCS
-3,0	ARENA suelta	1A	N <sub>m</sub> < 10	SP
-5,0	ARENA medio densa	1B	N <sub>m</sub> = 10 to 30	SP
-23,5	ARCILLA blanda	2A	N <sub>m</sub> = 3 to 7	CH
-30,5	ARCILLA firme	2B	N <sub>m</sub> = 10 to 13	CH
-36,5	ARCILLA rígida, ocasionalmente ARCILLA dura	3A	N <sub>m</sub> > 16	CL
-51,2	Max. profundidad explorada			

Nota: Se recomienda llevar a cabo estudios de suelos adicionales en la ubicación del muelle de contenedores futuro.

### 7.3.2.4 Estructura del muelle existente

Las estructuras actuales se han diseñado para tres niveles inferiores diferentes, NMBS - 7 m para el muelle 3, NMBS - 10 m para el muelle 2 y NMBS - 11 m para el muelle 1 y no deberían atender a profundidades de agua mayores. Las siguientes figuras son secciones relacionadas con los lugares de atraque mencionados anteriormente donde se puede observar la diferencia en profundidad y tipo de estructura.

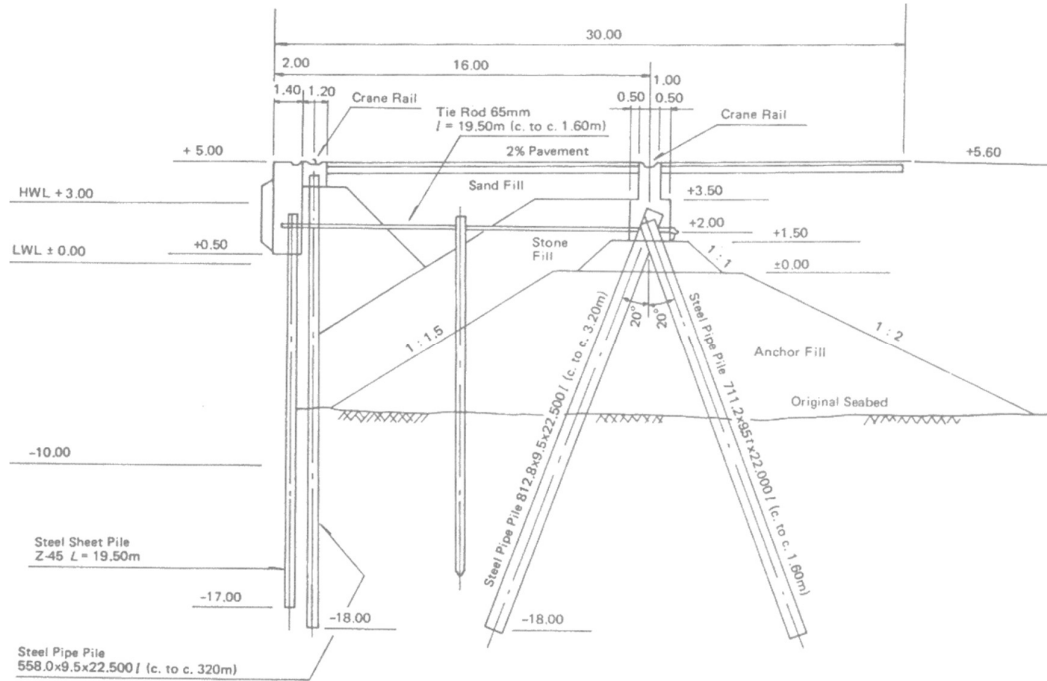


Figura 7-33: Sección transversal existente del muelle en el puesto de atraque 2 (Fuente: JICA)

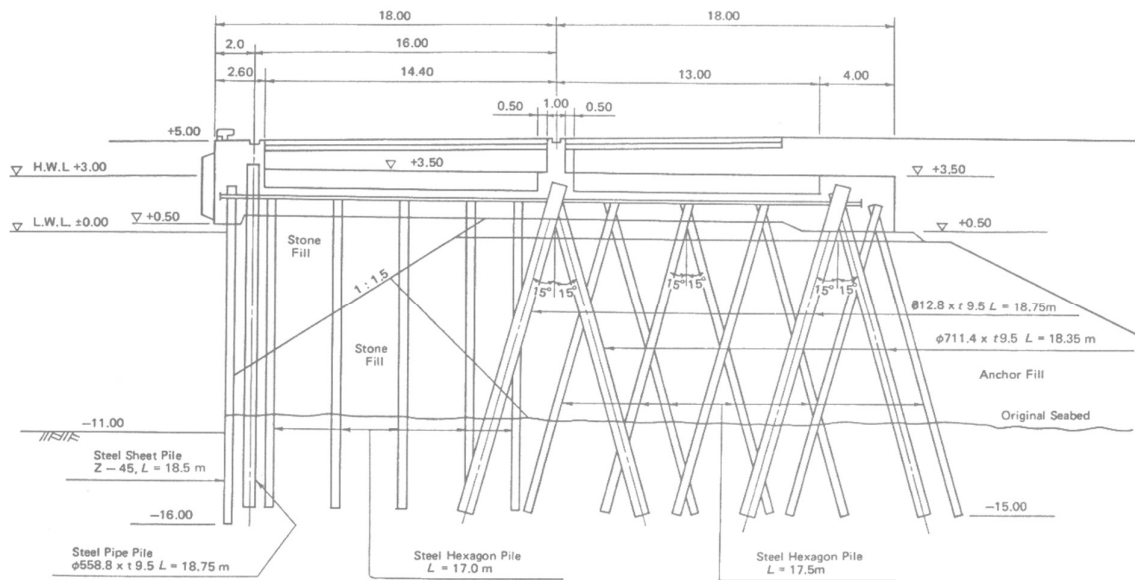


Figura 7-34: Sección transversal existente del muelle en el puesto de atraque 1 (Fuente: JICA)

### 7.3.2.5 Opciones Puestos 1 – 3

Para obtener un nivel inferior de NMBS –14 m, es necesario construir una nueva estructura frente al muro del muelle existente. La altura desde el fondo del mar hasta la parte superior de la estructura es de 19 m (parte superior de la estructura a NMBS + 5 m).

Se recomienda construir una nueva estructura completa frente al muro del muelle existente, y no usar el muro existente como parte de la extensión del muelle por los siguientes motivos:

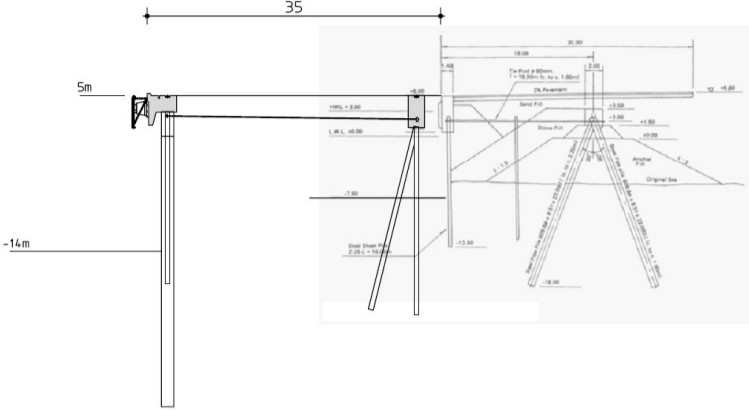
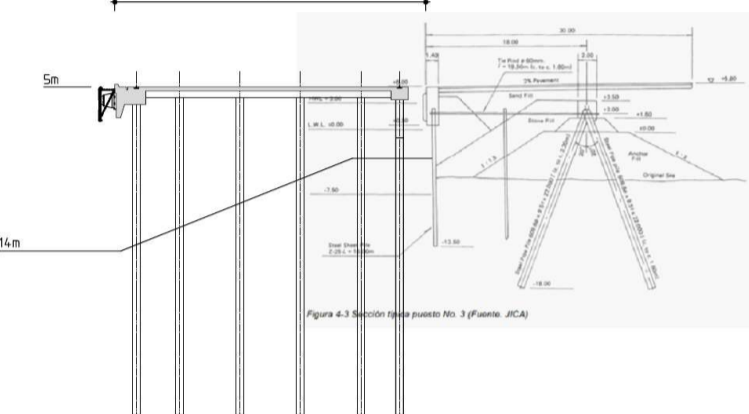
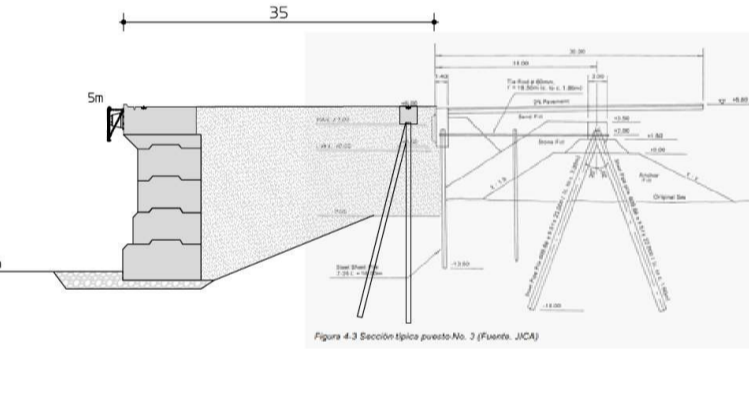
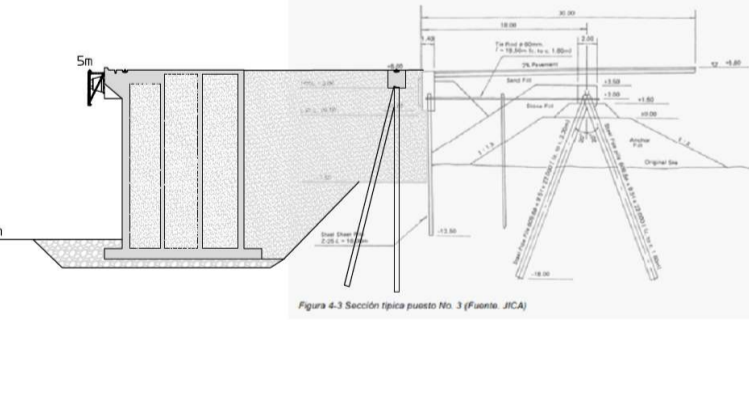
- En caso de que se necesiten rieles de grúa (como es el caso aquí), se recomienda tener ambos rieles de grúa en una sola estructura para evitar el asentamiento diferencial
- La vida útil de la estructura existente no depende de la estructura antigua;
- La integración de la estructura antigua en la nueva estructura podría inducir riesgos de estabilidad estructural (durante y después de la construcción) y dificultades de ejecución.
- La vida útil de la estructura existente, si se combina con una nueva estructura, debe extenderse a la vida útil esperada para la nueva estructura, esto no es recomendable.

Para una nueva evaluación y selección de la opción del muelle más viable, se considera que los siguientes tipos de muelles son los más relevantes para construir el nuevo muelle frente al existente:

- Muro combinado
- Muelle pilotado
- Muelle de cajón
- Muelle de bloques

La siguiente tabla presenta los pros y los contras de las opciones del muro del muelle anterior teniendo en cuenta las circunstancias locales.



Ranking del trade-off Ventajas/desventajas	Ilustración de la estructura de atraque propuesta	Descripción
<p><b>1. Muro combinado</b></p>		<p><b>Ventajas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• adecuado para cargas verticales en caso de condiciones relativamente débiles del suelo</li> <li>• Coste de construcción medio</li> </ul> <p><b>Desventajas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Largo período de ejecución</li> <li>• Mal desempeño en áreas con alta sismicidad.</li> <li>• Deformación diferencial entre los rieles de grúa traseros y delanteros debido al asentamiento diferencial y especialmente a la deformación durante un terremoto (cada riel en una estructura separada)</li> <li>• Relativamente alto requerimiento de mantenimiento y costo</li> </ul>
<p><b>2. Muelle pilotado</b></p>	 <p>Figura 4-3 Sección típica pueste No. 3 (Fuente: JICA)</p>	<p><b>Ventajas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Buen comportamiento estructural en las áreas con alta sismicidad.</li> <li>• Gran cantidad de prefabricación posible, por lo que una velocidad de construcción relativamente alta en el puerto</li> <li>• Experiencia de contratistas locales con este tipo de construcción.</li> <li>• Coste de construcción medio</li> </ul> <p><b>Desventajas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Relativamente altos requisitos de mantenimiento y costo</li> <li>• Se requieren pilotes relativamente largos para manejar cargas verticales pesadas y se depende de las condiciones del suelo</li> </ul>
<p><b>3. Muelle de bloque</b></p>	 <p>Figura 4-3 Sección típica pueste No. 3 (Fuente: JICA)</p>	<p><b>Ventajas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bajo costo de mantenimiento durante la vida útil: bloque de concreto masivo, no se necesita refuerzo</li> <li>• Estructura robusta, también adecuada para cargas verticales pesadas.</li> <li>• Es posible utilizar grandes cantidades de elementos prefabricados</li> </ul> <p><b>Desventajas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Durante terremotos: riesgo de licuefacción.</li> <li>• Alto riesgo de deformación diferencial entre varios bloques a lo largo del muelle en caso de asentamiento diferencial y durante el terremoto</li> <li>• Alto requerimiento en protección del lecho para la colocación de los bloques.</li> <li>• Deformación diferencial en caso de asentamiento o terremoto entre los rieles de grúa delanteros y reales en caso de que las estructuras de soporte no estén integradas</li> <li>• Altos costos de construcción - se necesitan grandes cantidades de concreto y relleno</li> </ul>
<p><b>4. Muelle de cajón</b></p>	 <p>Figura 4-3 Sección típica pueste No. 3 (Fuente: JICA)</p>	<p><b>Ventajas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bajo costo de mantenimiento</li> <li>• Gran cantidad de prefabricación posible</li> <li>• Estructura robusta, también adecuada para cargas verticales pesadas.</li> </ul> <p><b>Desventajas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Durante terremotos: riesgo de licuefacción.</li> <li>• Altos costos de construcción</li> <li>• Posible asentamiento diferencial y deformación durante un terremoto entre elementos a lo largo del muelle</li> <li>• Se requiere alta precisión de protección de la cama (trabajo bajo el agua)</li> <li>• El muelle de construcción es necesario para construir los elementos y luego enviarlos a la ubicación</li> </ul>



### 7.3.2.6 Análisis multicriterio del muelle pantalla

Se realizó un análisis de criterios múltiples (MCA) para determinar la opción del muelle más adecuada, siguiendo el mismo principio en la Sección 7 (para seleccionar la mejor opción del Plan Maestro futuro).

Se seleccionan varios criterios para evaluar las ventajas y desventajas de las opciones de muelle propuestas en la sección anterior, y para recomendar la posibilidad más adecuada. Estos criterios se seleccionan según su importancia, teniendo en cuenta las circunstancias locales en el área del proyecto y se presentan a continuación junto con el factor de importancia (peso) propuesto:

Tabla 7-8: Criterios para la evaluación de las opciones de muelles y el factor de peso propuesto

Criterio	Factor de peso
a) Costo de construcción	5
b) Periodo de construcción	3
c) Facilidad de la construcción	2
d) Rendimiento en zonas de sismicidad alta	5
e) Deformación diferencial (a lo largo del muelle o entre los rieles de la grúa)	4
f) Requerimientos y costos de mantenimiento	3
g) Minimiza la reflexión de la ola en el muelle	4

Para puntuar varias opciones de muelle teniendo en cuenta los criterios de la Tabla 7-8, se han tenido en cuenta los siguientes puntos:

- Costo de construcción / período / facilidad (criterios a, b y c): El puntaje más bajo es el tipo cajón (el costo / período / dificultades más alto) considerando la cantidad de preparación (dique de construcción, lecho marino) y la mayor probabilidad de que sea realizada por contratistas internacionales (falta de experiencia local) mientras que el muelle pilotado es la más alta considerando que puede ser construida por compañías locales. Además, no se espera que la condición del suelo cree tamaños de elementos estructurales irracionales para la opción de plataforma sobre pilotes, por lo que el costo y el tiempo de construcción se consideran medianos.
- Desempeño en el área de alta sismicidad (criterio d): el área del proyecto es propensa a terremotos, que ocurren con bastante frecuencia. Por lo tanto, un alto factor de peso se da a este criterio. Además, las estructuras pilotadas tienen el mejor rendimiento en el área de alta sismicidad debido a su flexibilidad, mientras que las estructuras de gravedad tienen la puntuación más baja, especialmente teniendo en cuenta la presencia de una capa de arcilla profunda en la ubicación de la estructura.
- Deformación diferencial (criterio e): la deformación diferencial (a lo largo del muelle y / o entre los rieles de grúa traseros y delanteros de STS) podría influir negativamente en la operación del muelle y debería evitarse, el trabajo de reparación requerido será costoso. La opción pilotada (y también el cajón si es lo suficientemente ancho para acomodar el riel de la grúa trasera), obtiene el puntaje más alto (el mejor desempeño en este criterio), mientras que el muelle de bloque y el muro combinado logran el puntaje más bajo. Hay que tener en cuenta que en el caso de un cajón, el asentamiento diferencial a lo largo del muelle todavía podría ocurrir (entre elementos de cajón adyacentes).
- Requisitos / costos de mantenimiento (criterio f): el muelle pilotado y el muro combinado requieren relativamente mucho mantenimiento teniendo en cuenta la cantidad de elementos de acero que deben protegerse en las condiciones de erosión del mar, mientras que los muros de bloques y el muelle de cajón son los mejores (bajo requerimiento de mantenimiento).
- Minimización de la reflexión de la ola desde el muelle (criterio g): La reflexión de la ola desde el muelle debe ser minimizada para evitar el aumento de tiempos muertos en otros muelles y también la disminución de la reflexión de la ola hacia la dársena.

La Tabla 7-9 presenta los puntajes dados a cada opción de muelle para cada uno de los criterios planteados anteriormente.

Tabla 7-9: Puntuaciones AMC para varias opciones de muro de muelle

Muelle/ Criterio	a	b	c	d	e	f	g	Puntuación final
<b>Factor de peso</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	
<b>Muro combinado</b>	3	3	3	4	3	2	1	72
<b>Muelle pilotado</b>	4	4	4	5	5	1	4	104
<b>Muelle de bloque</b>	2	3	2	2	2	5	1	60
<b>Cajón</b>	1	2	1	3	3	5	1	59

Como puede verse en la Tabla 7-9, la opción del muelle pilotado es la mejor entre las posibilidades presentadas y, por lo tanto, se recomienda como la preferida para la construcción del futuro muelle de contenedores.

La Figura 7-35 presenta un esquema de la opción de muelle preferida (un muelle pilotado). Una profundidad de 14 m sería suficiente para el buque de contenedores de diseño especificado en la Tabla 2-7. Sin embargo, actualmente existen buques de contenedores con mayor calado, los cuales navegan hacia otros puertos internacionales. Para habilitar el puerto para recibir los buques de mayor calado en el futuro, se propone dragar el puesto de atraque a una profundidad de 16 m y diseñar la estructura para esta profundidad.

Este boceto se detallará en la siguiente etapa (etapa de diseño conceptual).

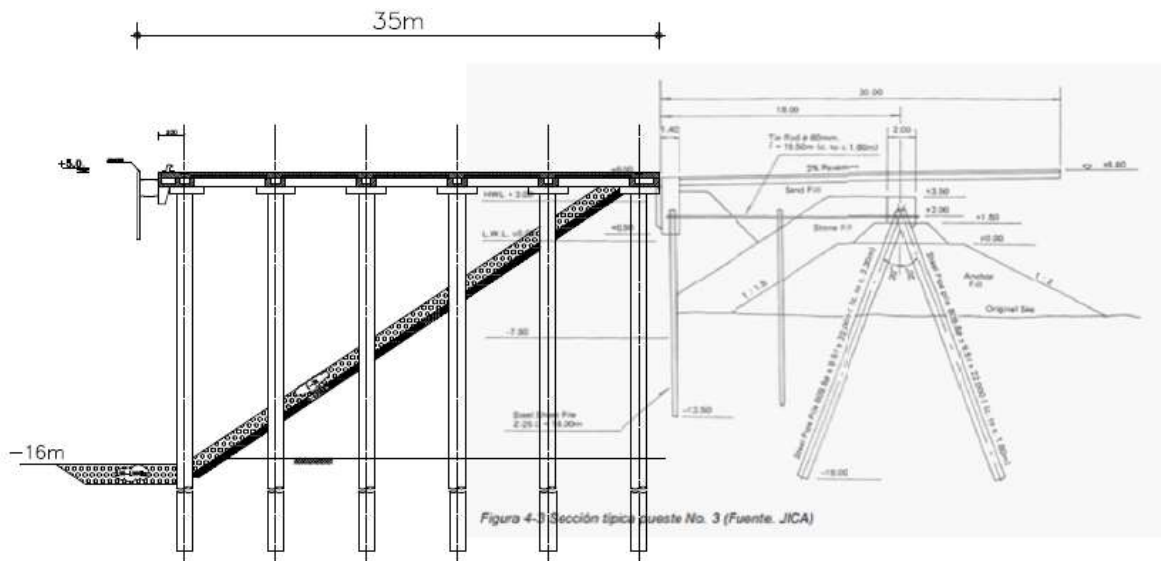


Figura 7-35: Boceto de solución favorable para la profundización de Puesto # 1, # 2, # 3

### 7.3.3 Almacenamiento

En la disposición del puerto seleccionado, se prevén las siguientes áreas de almacenamiento para el contenedor combinado y el muelle de carga general (ver Tabla 7-10):

Tabla 7-10: Patios en el Puerto Caldera en m<sup>2</sup>

Usado por:	Área (m <sup>2</sup> )
<b>Contenedores y contenedores refrigerados</b>	140.000 (98.000 <sup>3</sup> )
<b>Terminal granelera</b>	12.000
<b>Ro-ro, ferry, carga general</b>	35.000
<b>Carga general dársena del este</b>	20.000

El pavimento debe ser adecuado para la entrega de contenedores por de RTG.

#### 7.3.3.1 Tipo de pavimento

Varias opciones de tipos de pavimento están disponibles con base en el costo de construcción inicial, el análisis del costo del ciclo de vida, el desarrollo futuro de la terminal y el rendimiento esperado del pavimento.

Por lo general, los sistemas de pavimento rígido (concreto) tienen un costo inicial de construcción más alto en comparación con los sistemas flexibles, a menudo tanto como el doble del costo. Sin embargo, los costos de mantenimiento y rehabilitación del pavimento flexible son más altos que los de los pavimentos rígidos, lo que podría ocasionar un mayor costo del ciclo de vida y más interrupciones operativas inconvenientes. Un factor por tener en cuenta a este respecto es la probabilidad de que se requieran reparaciones durante los períodos de mucho trabajo, lo que podría ser particularmente perjudicial para el operador.

En la selección y el diseño del pavimento, se debe considerar el desarrollo futuro de la terminal durante la vida de diseño del pavimento. Aumentar la capacidad del terminal, la probabilidad de cambiar la funcionalidad de un área operativa, el uso de equipos más pesados y la posibilidad de un mayor número de repeticiones de carga son algunos de los factores que deben considerarse en el análisis de comparación de pavimento alternativo.

La presión ejercida por las piezas moldeadas en las esquinas del contenedor debe considerarse al diseñar el pavimento para el área de almacenamiento del contenedor. Si bien el daño del pavimento resultante de las piezas fundidas de esquina del contenedor suele ser superficial, podría dar lugar a una superficie de pavimento accidentado e irregular que podría reducir la eficiencia operativa del terminal e incrementar la carga dinámica y acortar la vida residual del pavimento. Mantenimiento de pavimentos flexibles, es decir, pavimentos que comprenden asfalto, pavimento de bloques de concreto o roca triturada son menos perjudiciales y menos costosos que el mantenimiento de pavimentos de hormigón rígidos *in situ*.

Además de las consideraciones económicas directas, hay otras de ingeniería no cuantificables que deben evaluarse en la selección de una sección de pavimento. Varias de estas diferencias importantes se mencionan en la tabla a continuación.

<sup>3</sup> Fase 1 de la terminal de contenedores

Tabla 7-11: Ventajas y desventaja del pavimento

Tipo de pavimento	Ventajas	Desventajas
<b>Pavimentos de asfalto</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fácil y rápido de construir</li> <li>• Menor costo inicial</li> <li>• Bajo mantenimiento en el caso de mezclas de alta estabilidad</li> <li>• Fácil y rápido de reparar y mantener donde sea necesario, lo que reduce el costo de la interrupción</li> <li>• Fácil de resurgir siempre que sea estructuralmente sólido</li> <li>• Se acomodará a asentamientos grandes y fácil de volver a perfil</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducción del rendimiento a altas temperaturas</li> <li>• Algunos asfaltos pueden ser susceptibles a goteos de aceite, etc. Los aglutinantes modificados son generalmente resistentes al aceite que cae de las operaciones normales. Donde es probable que haya un goteo significativo se puede especificar uso de aglutinantes resistentes al aceite.</li> </ul>
<b>Pavimentos de concreto</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resistente a altas temperaturas</li> <li>• Resistente al aceite</li> <li>• Resistente a las rayaduras</li> <li>• Adecuado para todos los tipos de operación</li> <li>• Periodo antes de que el primer mantenimiento estructural se mantenga adecuadamente.</li> <li>• Posible superposición con superficie de asfalto o pavimento de bloques para mejorar la superficie</li> <li>• Proporciona flexibilidad a las operaciones</li> <li>• Pavimento rentable a largo plazo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alto costo de construcción</li> <li>• Tiempo de construcción más largo, incluido el retardo de curado</li> <li>• Requiere mantenimiento de los intersticios (intervalos de 2 a 5 años)</li> <li>• Las grietas deben sellarse o repararse</li> <li>• Pequeñas reparaciones consumen mucho tiempo y son costosas</li> </ul>
<b>Pavimentos de adoquines</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adecuado para vehículos pesados de maniobra</li> <li>• Resistente a altas temperaturas</li> <li>• Resistente al aceite</li> <li>• Largo periodo antes de volver a aplanar</li> <li>• Se pueden reparar las áreas defectuosas al reemplazar los adoquines dañados</li> <li>• Funciona adecuadamente sobre una base consolidada diseñada</li> <li>• Pavimento rentable</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mayor costo inicial</li> <li>• Tiempo de construcción más largo que el asfalto</li> <li>• Requiere inspecciones de mantenimiento regulares</li> <li>• Requiere volver a lijar regularmente las juntas durante la vida útil inicial</li> </ul>

En la siguiente tabla se presentan los tipos de pavimento para las diversas áreas de la terminal de contenedores:

Tabla 7-12: Recomendaciones para tipos de pavimento: (Fuente UNCTAD, Ref. [18])

Tipo de operación	Asfalto	Hormigón convencional	Balsas de hormigón	Adoquines
<b>Patios de contenedores</b>	1	3	1	7
<b>Áreas de estacionamiento de remolques</b>	2	7	6	8
<b>Áreas de Reach Stackers</b>	2	6	2	8
<b>Camiones</b>	8	6	5	6
<b>Área de la grúa móvil</b>	2		2	5
<b>Áreas de mantenimiento</b>	1	8	4	5

1 Evitar si es posible

5 Solución razonable

10 Solución recomendada

### 7.3.3.2 Diseño conceptual de los patios contenedores

Imágenes típicas de RTG se presentan a continuación:



Figura 7-36: Fotos de RTG's (fuente: Konecranes/Porttechnology and Kalmar)

#### Pavimentos de las pistas para RTG

En principio, hay tres opciones comunes aplicadas para pavimentos para RTG:

- Pavimentadoras (elementos)
- Asfalto (flexible)
- Concreto (rígido)

Básicamente, solo la opción de concreto es adecuada para un ciclo de vida de 20 a 30 años. Las otras opciones requerirán un mantenimiento significativo y, como consecuencia, resultará en alteraciones de las operaciones.

Las RTG (grúas pórtico con neumáticos de hule) son grúas para apilar contenedores en el patio, ordenados en bloques. Además, cubren varias posiciones (*slot*) de contenedores (aprox. 6 o 7) de ancho más un carril para camiones y apilan contenedores de 1 a 4 contenedores de alto. Los RTG recorren siempre la misma ruta a lo largo del bloque; en otras palabras, realizan recorridos canalizados.

Sin embargo, las altas cargas de rueda específicas y la repetición intensiva causarán un desgaste importante en los pavimentos, si estos no se seleccionan cuidadosamente. Normalmente, los RTG recorren sobre vigas guía de (pistas) de concreto reforzado diseñadas especialmente, en lugar de sobre pavimentos. Los puertos que operan RTG en pavimentos tienen la necesidad de dar niveles altos de mantenimiento de estos. Esto se debe a los movimientos canalizados de los trenes de carga en grupos de cuatro ruedas, cada una de aproximadamente 25 toneladas (métricas).

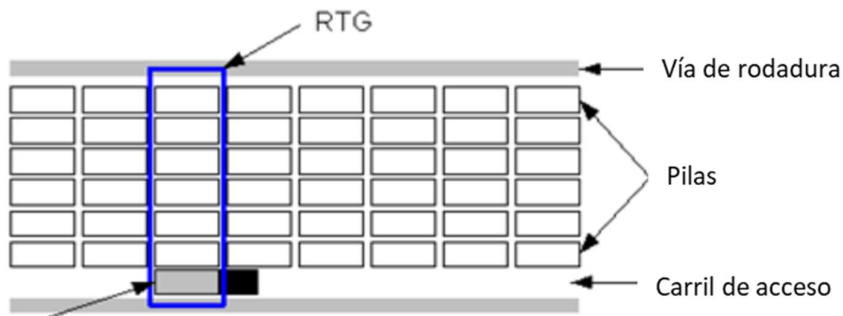


Figura 7-37: Pistas RTG típicas (fuente: Pianc REPORT N° 165)

En resumen, se recomienda utilizar carriles de concreto (vigas de concreto) para los RTG's. Esto debido a que las cargas de las ruedas son altas (25 toneladas, 4 ruedas por lado), y siempre recorren el mismo carril. Las vigas de concreto son autoportantes y son rígidas. Los costos de OPEX rigen los costos totales del ciclo de vida. Los costos de CAPEX son de un orden inferior y no son decisivos.

Las dimensiones de las pistas de concreto para los RTG dependen de la capacidad de carga del suelo. Como punto de partida para estas pistas se podría elegir una viga de concreto reforzado con una sección de 2,5 x 1 metros (axh) a fin de dar estabilidad y resistencia para una optimización posterior.

#### Área de apilamiento:

En principio, hay tres opciones comunes aplicadas en los pavimentos de las áreas de apilamiento:

- Pavimentadoras (elementos)
- Asfalto (flexible)
- Concreto (rígido)

Para todas las opciones, estos pavimentos se pueden aplicar en el área de apilamiento. Típicamente en las áreas de apilamiento se encuentran los daños causados por las esquinas de los moldes, Este daño es localizado de acuerdo con el plan de apilamiento/ranura.

Las pavimentadoras tienen generalmente costos bajos de CAPEX y costos de OPEX más altos. El mantenimiento se puede realizar de forma fácil y rápida y puede restringirse a áreas más pequeñas, además de que no requiere equipo específico y se puede hacer a mano y ser limitado y dedicado a áreas dañadas por las esquinas.

El asfalto requerirá costos mayores CAPEX. En general, OPEX es más bajo cuando se ejecuta en grandes áreas a la vez, lo que afecta a las operaciones. El mantenimiento requiere equipos mayores. Las esquinas de los contenedores causan daños típicos por perforación en el asfalto en ubicaciones específicas de acuerdo con el plan de apilamiento.



Los pavimentos de concreto son más costosos en CAPEX. OPEX en general es más bajo y los costos del ciclo de vida pueden ser interesantes. Sin embargo, el terreno debe tener/mostrar asentamientos residuales limitados. Los daños en los pavimentos rígidos pueden causar costos de mantenimiento importantes. Las ubicaciones de las uniones o juntas en el pavimento se deben considerar en el plano de las posiciones de los contenedores para proporcionar una capacidad de soporte y rendimiento óptimos del pavimento de concreto.

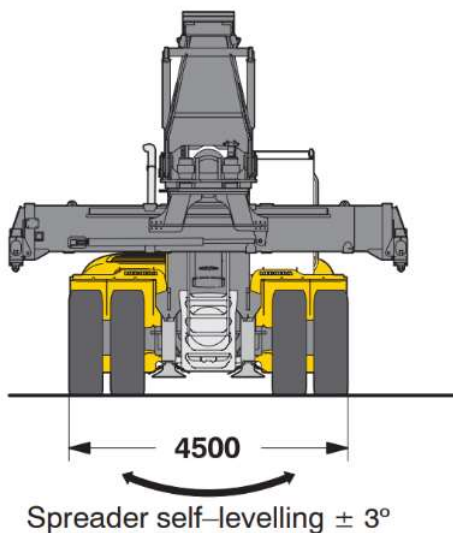
Se aconseja aplicar adoquines al área de apilado. Esto debido a que los adoquines son fáciles de mantener y son flexibles para los asentamientos. Los daños localizados causado por las esquinas de los contenedores pueden repararse repavimentando y reemplazando los adoquines dañados. El pavimento también es adecuado para las terminales de camiones.

Se recomienda aplicar pistas de concreto (rígidas y reforzadas) para las RTG en combinación con un pavimento flexible con adoquines para las áreas de apilamiento y carriles para camiones.

### Pavimentos para los *reach stackers*

Puntos de partida de diseño funcional;

- Manual de diseño usado: “*The structural design of heavy-duty pavements for ports and other industries fourth edition published by Interpave, 2007*”.
- Operación por *reach stackers*: 18,4 toneladas por rueda, cuatro ruedas por eje. Distancia entre 2 ruedas 660mm



- Single Equivalent Wheel Load (SEWL) = 690kN
- Vida de diseño 8 años. Se espera que después de 2025, se usarán RTG que tienen otros requisitos de pavimento
- CBR de subrasante = 7%
- Altura máxima de apilamiento = 5 que da una carga en el pavimento de 914,4kN
- Repeticiones con los *reach stackers* approx: 350.000 por año.

NOTA: Se supone una CBR de la subrasante del 7%, pero se deben llevar a cabo investigaciones en el subsuelo para obtener el valor de CBR real y la información de la subrasante. Dependiendo de los hallazgos, esto podría cambiar el costo estimado en la próxima sección.

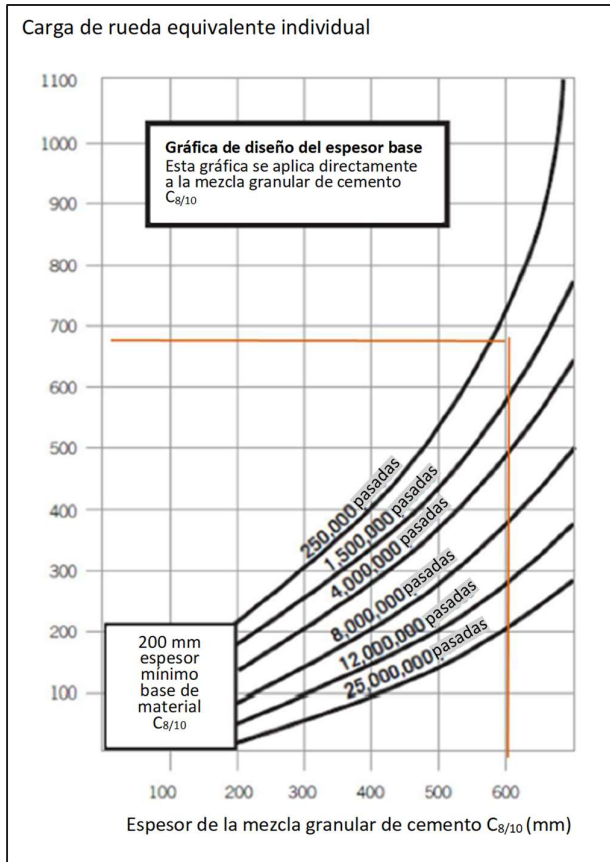


Figura 7-38: Espesor base como base cementada de cemento

Resultados:

La base como base cementada de cemento C<sub>8/10</sub> (100 bar o 1450 psi) tendrá un espesor de 600 mm para apiladores de alcance y 580 mm para el apilamiento de contenedores.

La estructura total del pavimento será la siguiente:

Tabla 7-13: Estructura de pavimento

	Vida de diseño de 8 años	Vida de diseño de 25 años
<b>Adoquines (100 x 200mm)</b>	80mm	80mm
<b>Arena</b>	30mm	30mm
<b>Base C8/10*</b>	600mm*	620
<b>Subbase de roca triturada</b>	150mm	150mm
<b>Subrasante</b>	Subsuelo existente CBR7%	

\*depende mucho del CBR de la subrasante

### 7.3.3.3 Diseño conceptual de los patios carga general

En principio hay tres opciones comunes aplicadas para pavimentos de carga general:

- Adoquines (elementos)
- Asfalto (flexible)
- Concreto (rígido)

Como el área de carga general tiene muchos tipos de cargas y usos de pavimentos diferentes, se recomienda aplicar un pavimento que sea fácil de mantener y no sea demasiado costoso para el CAPEX y un OPEX limitado. OPEX no es fácil de estimar por adelantado sin saber el tipo de equipo que trabajará sobre él y la clase de carga.

Sin embargo, teniendo en cuenta el área total de la terminal de contenedores y el espacio de la terminal de carga general, en combinación con la recomendación de adoquines para la terminal de contenedores, se consideran estos adecuados para el área de carga general y se recomienda su aplicación.

En general, es de esperar que el pavimento de concreto sea demasiado caro y que el asfalto sea menos atractivo cuando no se aplique al área de apilamiento. Debe tenerse en cuenta que el asfalto puede ser una buena opción para el almacenamiento a granel, ya que la arena es fácil de limpiar, es flexible y impermeable. En caso de riesgos de contaminación del subsuelo, el asfalto podría ser una buena opción para el área de carga general. Sin embargo, no hay información por el momento que diga que este es el caso y, por lo tanto, se aconseja utilizar adoquines

### 7.3.4 Equipos adicionales

El equipo requerido para manejar la alta demanda de contenedores y carga general en 2042 se presenta en la tabla a continuación.

El manejo de carga para el ferry no requiere equipo portuario.

Equipo para la nueva terminal de contenedores en Puerto Caldera (escenario base)						
no	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa unitaria US\$	Precio en US\$	Comentarios
1	Grúas pórtico	cada uno	3	\$10.000.000	\$30.000.000	3 grúas para ocuparse de barcos de hasta 5600 TEU (17 filas)
2	Grúas pórtico	cada uno	1	\$13.000.000	\$13.000.000	1 grúas para manejar barcos más grandes de hasta 22 filas de contenedores en el barco
3	RTG	cada uno	9	\$1.900.000	\$17.100.000	
					\$0	
	<b>Maquinaria ligera</b>				\$0	
4	Tractores para terminal	cada uno	4	\$130.000	\$520.000	20 Existente total 36
5	Remolque de terminal	cada uno	10	\$40.000	\$400.000	20 Existente total 40
6	Portacontenedores ( <i>reach stacker</i> )	cada uno				15 Existente necesario solo 4, manejo de contenedores con RTG
7	Apilador de contenedores Apilador de contenedores vacíos ( <i>empty stacker</i> )		4	\$300.000	\$1.200.000	
8	Camión de mantenimiento y herramientas	cada uno	1	\$120.000	\$120.000	
9	Camionetas	cada uno	2	\$45.000	\$90.000	
10	Montacarga, 28 ton	cada uno	1	\$320.000	\$320.000	
11	Montacarga, 3 ton capacidad	cada uno	2	\$20.000	\$40.000	
12	Camiones de plataforma	cada uno	5	\$35.000	\$175.000	
	Camión cisterna combustible	cada uno	1	\$80.000	\$80.000	
	Vehículo de extinción de incendios	cada uno	1	\$100.000	\$100.000	
	Camión cisterna agua	cada uno	1	\$150.000	\$150.000	
	Camión cisterna lodo	cada uno	1	\$180.000	\$180.000	
	Barredora	cada uno	1	\$85.000	\$85.000	
	Ambulancia	cada uno				Existente
	Autobuses	cada uno				Existente
	Camión de recogida de basura	cada uno				Existente
	Equipo de control de contaminación	cada uno				Existente
	<b>Total</b>				\$63.560.000	

Equipo para la nueva terminal de contenedores en Puerto Caldera (escenario alto)						
no	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa unitaria US\$	Precio en US\$	Comentarios
1	Grúas pórtico	cada uno	3	\$10.000.000	\$30.000.000	3 grúas para ocuparse de barcos de hasta 5600 TEU (17 filas)
2	Grúas pórtico	cada uno	2	\$13.000.000	\$26.000.000	2 grúas para manejar barcos más grandes de hasta 22 filas de contenedores en el barco
3	RTG	cada uno	12	\$1.900.000	\$22.800.000	
					\$0	
	<b>Maquinaria ligera</b>				\$0	
4	Tractores para terminal	cada uno	16	\$130.000	\$2.080.000	20 Existente total 36
5	Remolque de terminal	cada uno	20	\$40.000	\$800.000	20 Existente total 40
6	Portacontenedores ( <i>reach stacker</i> )	cada uno				15 Existente necesario solo 4, manejo de contenedores con RTG
7	Apilador de contenedores Apilador de contenedores vacíos ( <i>empty stacker</i> )		4	\$300.000	\$1.200.000	
8	Camión de mantenimiento y herramientas	cada uno	1	\$120.000	\$120.000	
9	Camionetas	cada uno	2	\$45.000	\$90.000	
10	Montacarga, 28 ton	cada uno	1	\$320.000	\$320.000	
11	Montacarga, 3 ton capacidad	cada uno	2	\$20.000	\$40.000	
12	Camiones de plataforma	cada uno	5	\$35.000	\$175.000	
	Camión cisterna combustible	cada uno	1	\$80.000	\$80.000	
	Vehículo de extinción de incendios	cada uno	1	\$100.000	\$100.000	
	Camión cisterna agua	cada uno	1	\$150.000	\$150.000	
	Camión cisterna lodo	cada uno	1	\$180.000	\$180.000	
	Barredora	cada uno	1	\$85.000	\$85.000	
	Ambulancia	cada uno				Existente
	Autobuses	cada uno				Existente
	Camión de recogida de basura	cada uno				Existente
	Equipo de control de contaminación	cada uno				Existente
	<b>Total</b>				<b>\$84.220.000</b>	

### 7.3.5 Instalación de escáneres

Los contenedores pueden ser escaneados por una máquina de rayos X para un control personalizado. Las dimensiones del edificio de rayos X dependen del tipo de máquina de rayos X. El tipo de escáner de rayos X y sus dimensiones son la base de las dimensiones del edificio de rayos X.

Se decidió como acción urgente investigar una ubicación adecuada para el escáner de contenedores en el puerto.

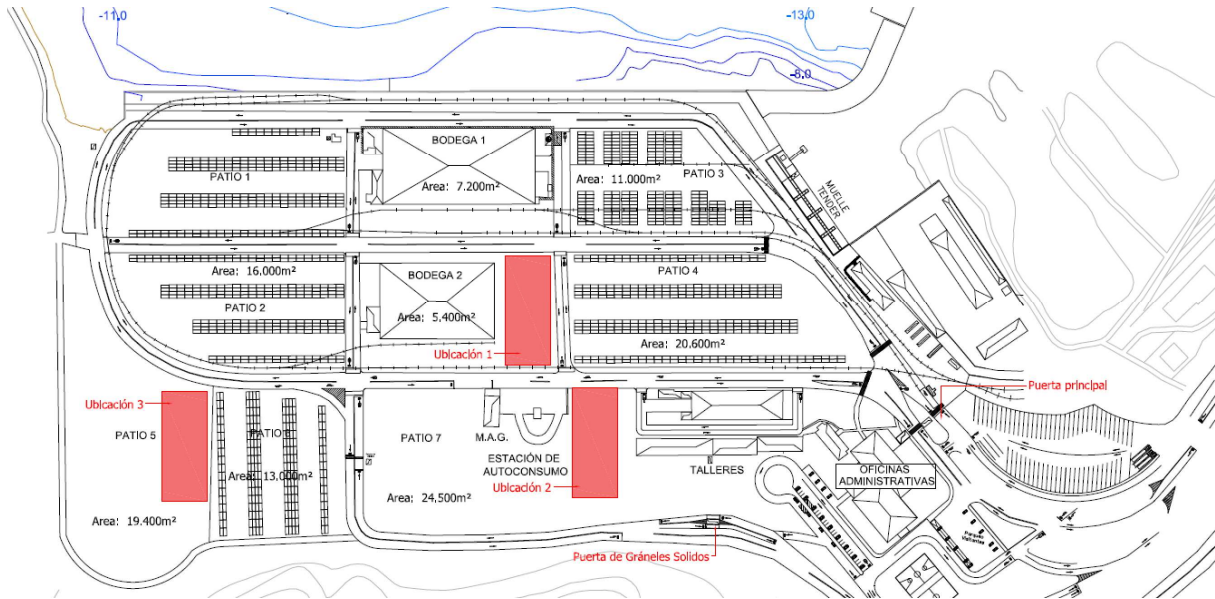


Figura 7-39: Ubicaciones para un escáner de contenedores

La ubicación preferente de los escáneres y el área de aduanas dependen en gran medida del diseño general. La ubicación preferente se presenta en la Figura 7-40.

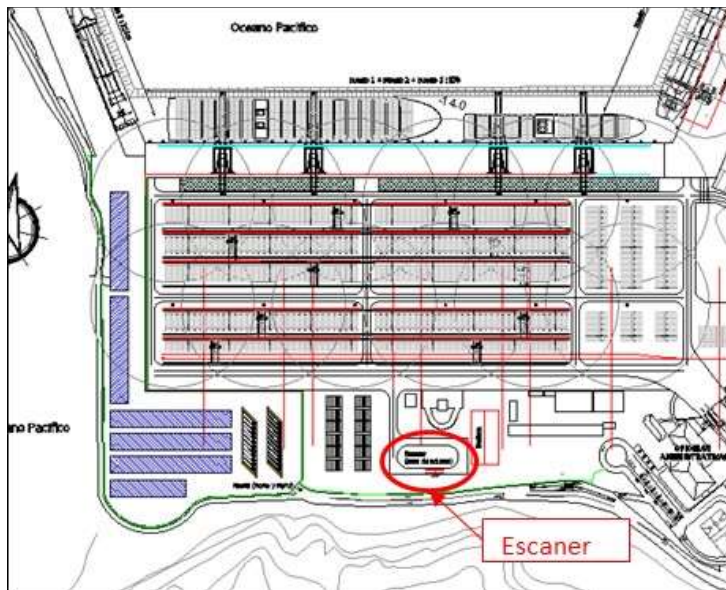


Figura 7-40: Ubicaciones preferentes para un escáner de contenedores

## 7.4 La construcción de un atracadero adicional para ferry, carga general y ro-ro

El nuevo Puesto # 3 (muelle paralelo al rompeolas existente) para ferry, carga general y ro-ro está ubicado en el lado de sotavento del rompeolas existente. Para seleccionar el tipo de muelle más favorable para el futuro muelle en esta ubicación, el análisis multicriterio presentado en la Sección 7.3.2.6 que fue para un muelle de contenedores también es aplicable aquí. Teniendo en cuenta las ventajas y desventajas de las diversas opciones de muelle que se presentan en la Sección 7.3.2.5 y que aparecen en el AMC en la Sección 7.3.2.6, se recomienda aplicar un tipo muelle sobre el pilotes para el futuro ferry / ro-ro / muelle de carga general en este lugar.

Figura 7-41 Presenta un esquema del diseño propuesto para la estructura del muelle No. 3.

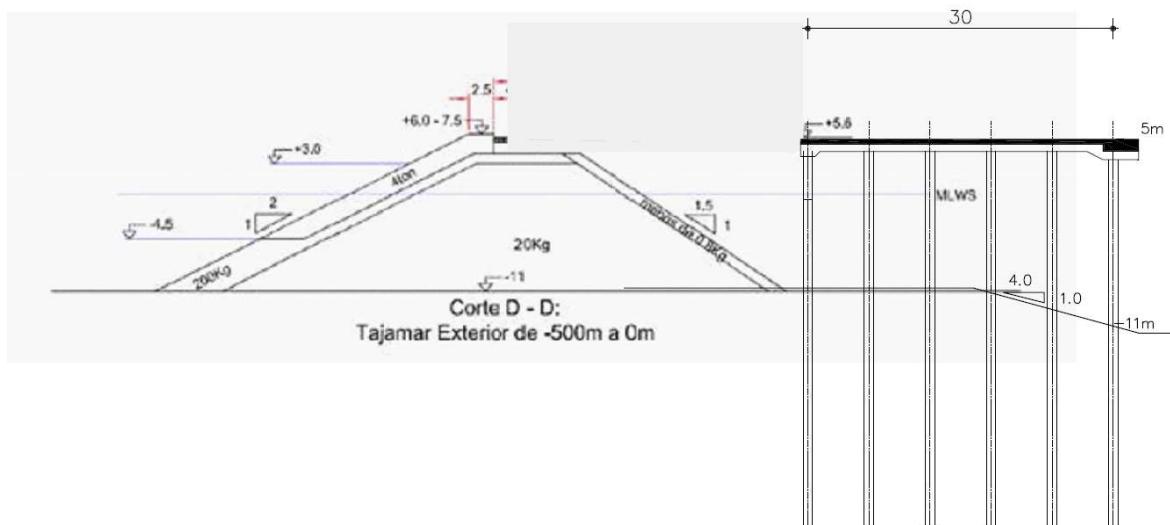


Figura 7-41: Boceto de solución favorable para el Puesto 3

En la etapa de diseño de detalle, se debe prestar especial atención a la estabilidad del rompeolas durante el terremoto y al efecto de la posible falla del rompeolas en la estructura.

## 7.5 Mejora de la terminal a granel (puesto 4)

A su vez, es importante resaltar que, pese al volumen a operar relativamente elevado en el futuro para una terminal de agro graneles, el promedio de arribo estimado en el año 2042 es de solamente 19.000 ton por buque tipo *Handysize*. Aunque poseen una capacidad máxima de carga de 30.000 a 35.000 ton, el volumen promedio por trabajar es relativamente pequeño en cada arribo. Esto se explica porque, en su mayoría, las cargas están y estarán comercialmente fragmentadas entre varios importadores, los cuales también son numerosos en Costa Rica, lo que resulta en lotes aún más pequeños (y diversos) para manejar en muelle por importador y por arribo de buque. Por último, se estiman 176 arribos para el año 2042, lo que implica aproximadamente un buque cada dos días en Puerto Caldera para los que no se han identificado, en el estudio de mercado, tendencias claras en la consolidación de importadores comerciales para agro graneles, ni del aumento de cada fracción comercial importada.

Una forma de aumentar la capacidad del puesto 4 es cambiar la forma del proceso de descarga actual (descarga directa de un camión utilizando las cucharas de almeja y tolvas que vierten a los camiones).

Incluso la carga está fragmentada para diferentes clientes, se puede instalar un sistema más eficiente, como uno con descargadores continuos de buques. Los cálculos muestran que en este caso solo se necesita un puesto de amarre (el puesto existente).

El sistema de descarga consiste en 2 descargadores continuos que descargan los granos en una tolva con cintas transportadoras. Estas corren a una estación de carga de camiones en un terreno en la tierra (ver alternativa 8). Para cumplir con la velocidad de descarga de los 2 descargadores de barcos, se necesitan aproximadamente 10 puntos de carga de camiones (capacidad efectiva de 200 ton / h cada punto). Todos estos puntos tienen un búfer con suficiente capacidad.

El área de la estación de carga de camiones es suficiente para el movimiento de camiones. Se supone que los camiones esperarán en la nueva área de estacionamiento de camiones.

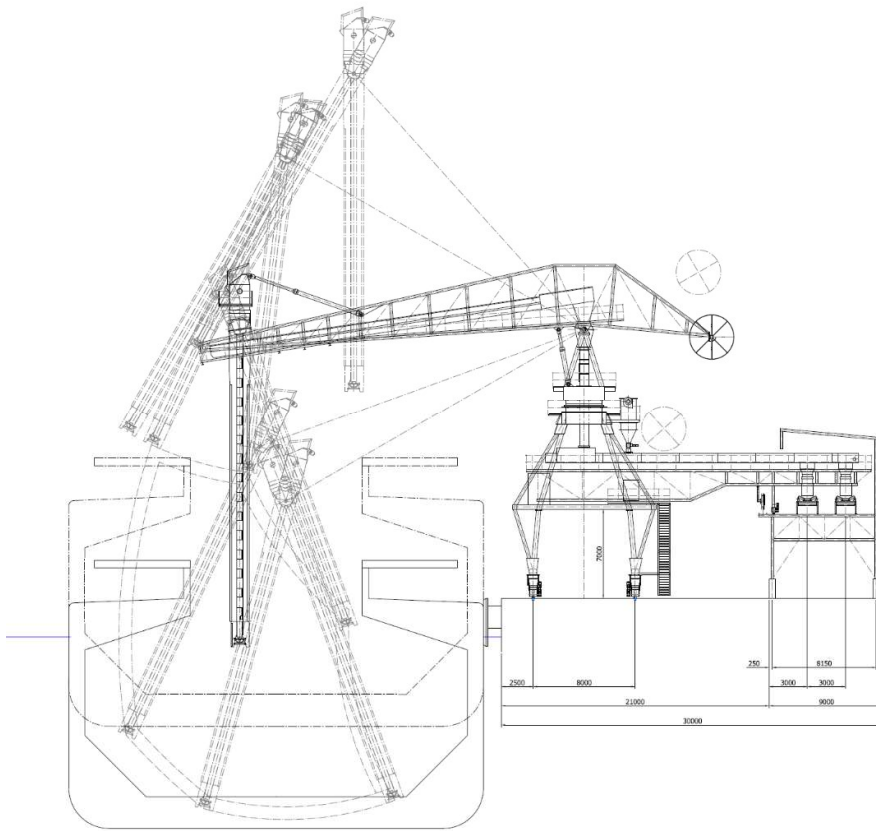


Figura 7-42: Descargadores continuos en puesto 4

Nota; Este sistema puede manejar todos los agro graneles y fertilizantes. Se supone que todo el resto del volumen se maneja de acuerdo con el sistema en la opción 1 en los puestos de contenedores.



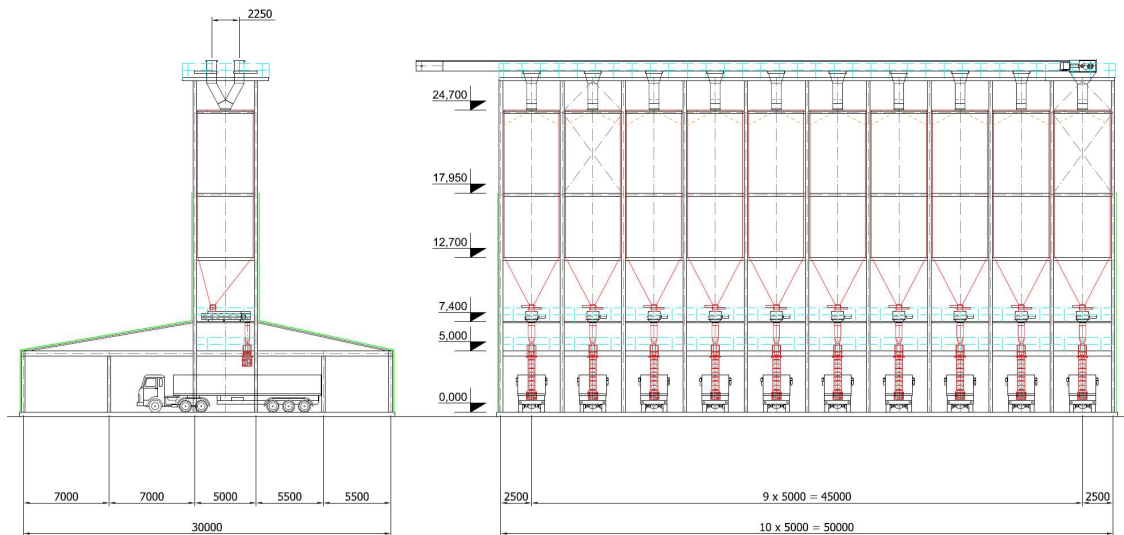


Figura 7-43: Estación de carga de camiones

### 7.5.1 Diseño recomendado

La solución recomendada es aumentar la capacidad del puesto 4 al cambiar la forma del proceso de descarga actual.

El sistema de descarga consiste en 2 descargadores continuos que descargan los granos en una tolva con cintas transportadoras. Estas corren a una estación de carga de camiones en un terreno en la tierra (ver opción 8). Para cumplir con la velocidad de descarga de los 2 descargadores de barcos, se necesitan aproximadamente 10 puntos de carga de camiones (capacidad efectiva de 200 ton / h cada punto). Todos estos puntos tienen un búfer con suficiente capacidad.

El área de la estación de carga de camiones es suficiente para el movimiento de camiones. Se supone que los vehículos esperarán en la nueva área de estacionamiento .

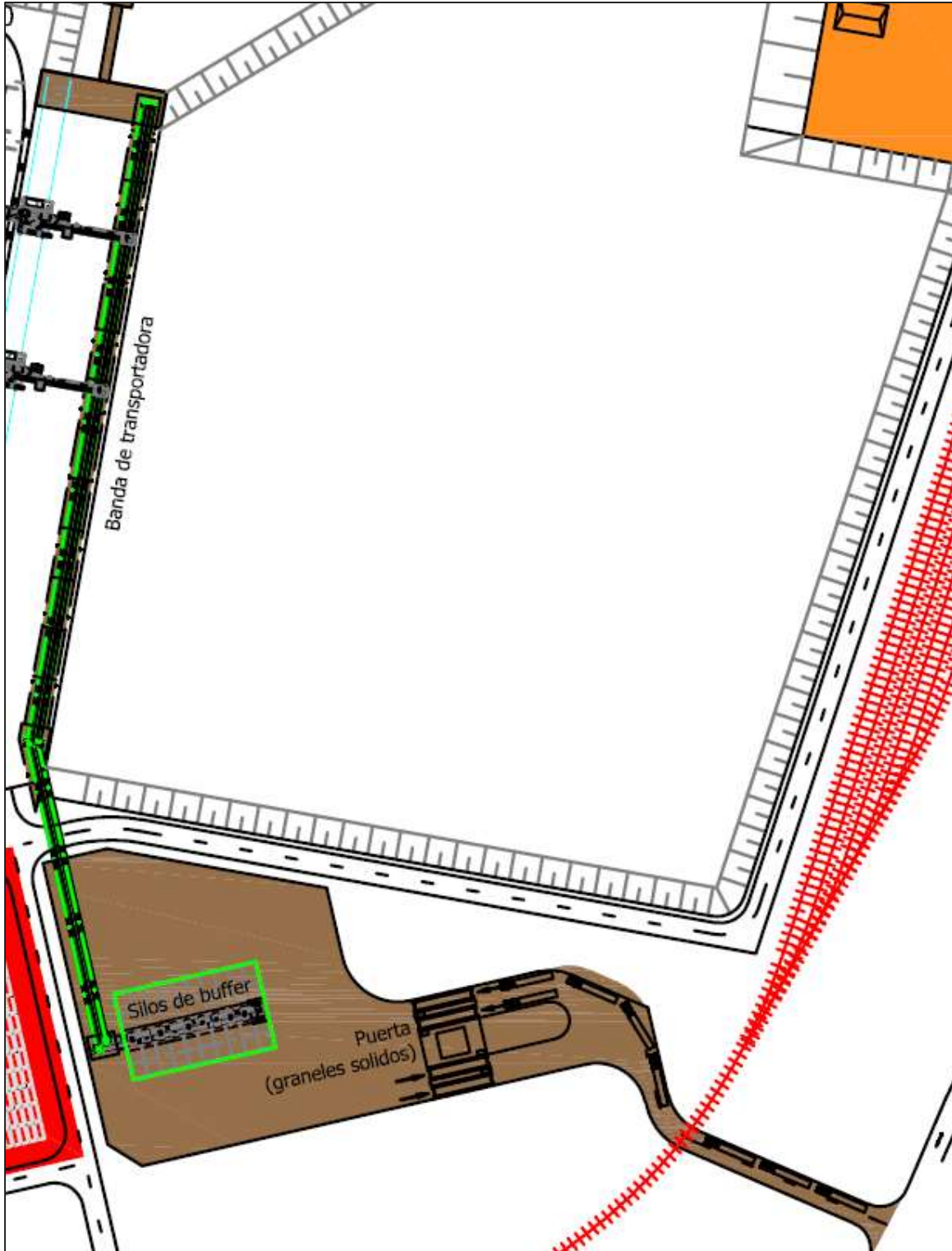


Figura 7-44: Mejora de la terminal a granel (puesto 4)

## 7.5.2 Equipos adicionales

La lista de equipos adicionales para la terminal de granos se presenta a continuación:

No	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa unitaria US\$	Precio en USD
1	Descargador mecánico	unidad	2	4.000.000	8.000.000
2	<i>Bobcat</i>	unidad	2	30.000	60.000
3	Rieles	m	250	750	187.500
4	Cintas transportadores	unidad	1		6.499.750
5	Estación para cargar camiones				3.112.500
6	Básculas	unidad	10	120.000	1.200.000
	Subtotal				19.059.750
	Ingeniería	%		4%	762.390
	Seguros	%		1%	190.597,50
	Imprevistos	%		15%	2.858.963
	<b>TOTAL (+/- 25%)</b>				<b>22.871.700</b>

## 7.6 Área de estacionamiento de camiones

### 7.6.1 Introducción

Actualmente hay un estacionamiento para camiones cerca de la 'segunda' entrada del puerto. Este tiene una capacidad para aproximadamente 62, pero algunos son muy apretados o demasiado apretados para entrar o salir. Prácticamente, solo hay alrededor de 40-50 lugares para esos vehículos.



Figura 7-45: Estacionamiento existente para camiones y furgones en Puerto Caldera

Este estacionamiento es utilizado principalmente por camiones de contenedores y carga general. De acuerdo con el contrato de concesión, SPGC puede usar 50% de este espacio.

Los camiones de granos no tienen una zona de estacionamiento y están estacionados en cualquier lugar fuera del puerto, creando una situación peligrosa. Sin embargo, en la segunda mitad de 2018, establecieron un área de parqueo a unos 10 km del puerto donde pueden esperar. La situación en las carreteras se ha mejorado respecto a los camiones a granel.

Durante una reunión con INCOP y MOPT se decidió que la construcción de un estacionamiento es una acción urgente y debe realizarse dentro de 2 años a partir de ahora. Los cálculos de capacidad y el tamaño del parqueo se determinarán hasta el año 2025 (Con la posibilidad de ampliarlo a la capacidad requerida para 2042).

En las siguientes secciones, el tamaño del estacionamiento para camiones se diseñará para contenedores, carga general y graneles sólidos (granos).

### 7.6.2 Diseño funcional

El diseño funcional consiste en los siguientes pasos como se detalla a continuación:

1. Determinación del tamaño del estacionamiento para los siguientes tipos de carga:
  - Graneles sólidos
  - Contenedores
  - Carga general
  - Vehículos
2. Ubicación
3. Esquema y diseño del estacionamiento

### 7.6.3 Tamaño de estacionamiento

El área para el estacionamiento total requerido para camiones se detalla en la tabla a continuación. Estos valores se basan en los tiempos de espera de los vehículos como se expresa en las secciones anteriores, si las compuertas no tienen capacidad suficiente, estos tiempos de espera podrían ser más largos, lo que resulta en una mayor demanda de áreas de parqueo.

Tabla 7-14: área de estacionamiento requerida total (ver informe Tarea 4 para las calculaciones)

Año	2017	2020	2025
Carga general	4	4	5
Contenedores	34	40	49
Graneles sólidos	25	25	25
Vehículos	2	2	2
Carga excepcional	50	50	50
<b>Total:</b>	<b>115</b>	<b>121</b>	<b>131</b>

El estacionamiento existente tiene aproximadamente 50 espacios para camiones, mientras que se requiere un total de 81 hasta el 2025.

Además, a la carga "normal", el puerto recibe con frecuencia carga excepcional, que llega todo de una vez, como la refrigerada. Para evitar la congestión en las vías de acceso, se recomienda incluir otros 50 espacios. El total de lugares de estacionamiento adicionales debe ser de aproximadamente 131, de los cuales existen 50. El área total de parqueo nuevo debe contener alrededor de 81 espacios.

#### 7.6.3.1 Opciones de ubicación

El MOPT ha propuesto dos ubicaciones potenciales para el área de estacionamiento de camiones, primera propuesta y segunda propuesta ver Figura 7-46. La segunda tiene solo un área disponible limitada, debido a que el nivel del suelo aumenta rápidamente lo que daría como resultado grandes trabajos de excavación, que serían costosos.

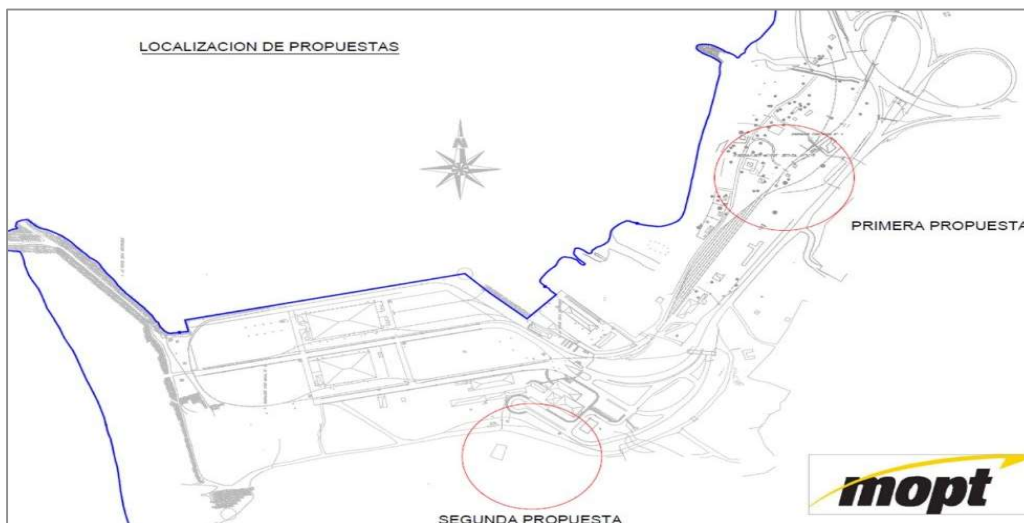


Figura 7-46: Posibles ubicaciones para el desarrollo de un estacionamiento de camiones

Por lo tanto, la ubicación de la 'primera propuesta' y su alrededor en la Figura 7-46 tiene el mejor potencial para el desarrollo de un área adicional de estacionamiento de camiones.



*Figura 7-47: Área de la ubicación de la "primera propuesta"*

Las áreas disponibles y reservadas para el desarrollo portuario de Puerto Caldera y para el estacionamiento de camiones están expresadas en las Figura 7-48 y Figura 7-49.

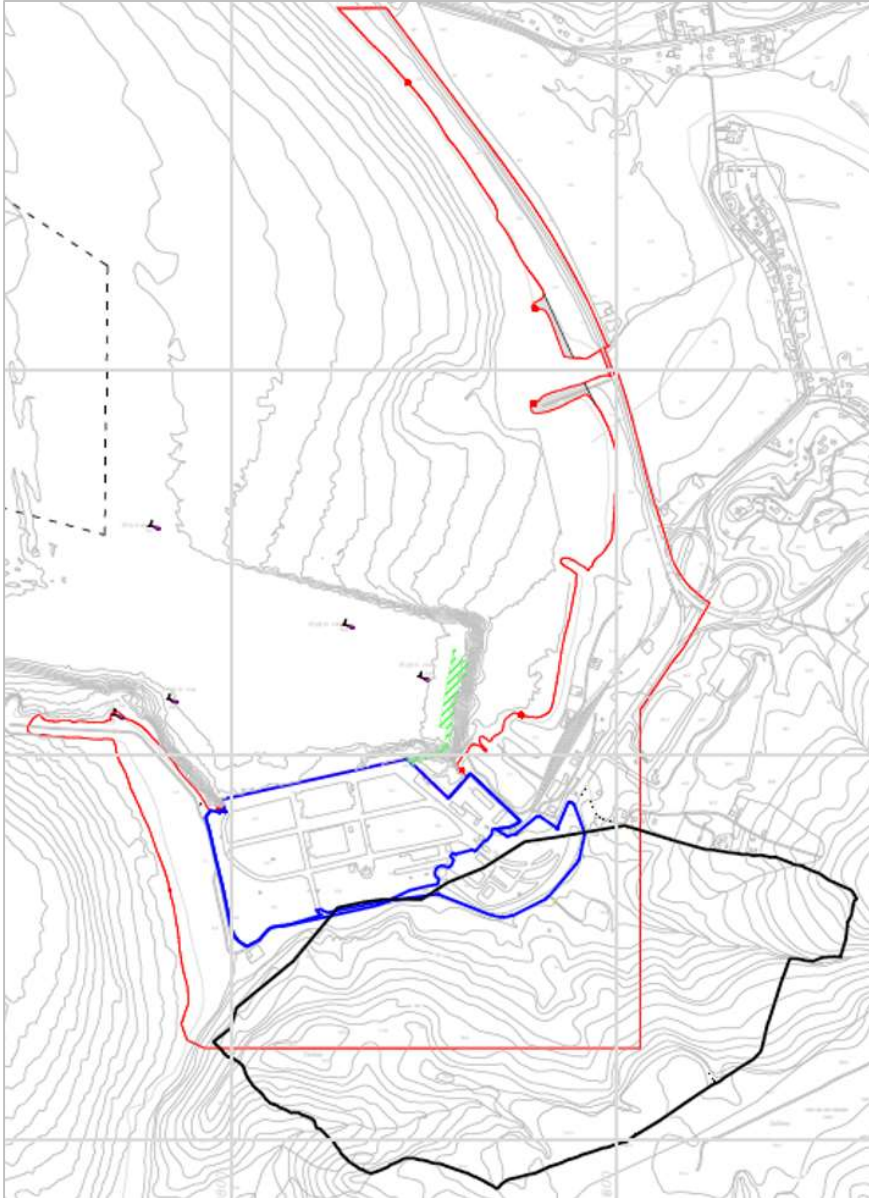


Figura 7-48: Áreas portuarias

-  *Area Zona Reservada para el Desarrollo Portuario de Puerto Caldera*
-  *Propiedades adquiridas por el Estado para Desarrollo Portuario de Puerto Caldera*
-  *Area concesionada aproximada*





### Opción 1

#### Ventajas:

- Mantiene el ferrocarril intacto, aunque es difícil de usar debido a los camiones que pasan.

#### Desventajas:

- La ubicación está cerca de la costa y podría ser necesaria una protección de la costa. Ver la Figura 7-53
- Poco espacio para expansión, debido al ferrocarril y al astillero adyacente
- En parte ocupará un valioso frente costero para el futuro uso del puerto

### Opción 2

#### Ventajas:

- Mantiene intacto el ferrocarril y puede usarse en el futuro, aunque los futuros trenes del área del puerto cruzarán el camino de acceso al estacionamiento del camión
- Amplio espacio para expansión en el futuro.

#### Desventajas:

- El relleno es necesario, ya que las piezas se encuentran actualmente en el mar y es necesaria una protección en tierra.
- Ocupará un valioso frente costero para el uso del puerto.

### Opción 3

#### Adventajas:

- Mantiene intacta la mayor parte del ferrocarril y se puede usar en el futuro con algunos ajustes

#### Desventajas:

- Poco espacio para expansión en el futuro
- La forma no favorable para un área de estacionamiento, no muy compacta, distancias más largas a la entrada / oficina.

### Opción 4

#### Ventajas:

- Espacio para expansión en el futuro a lo largo de la costa, la línea de costa todavía se puede usar para el futuro uso del puerto.

#### Desventajas:

- La ubicación está cerca de la línea de costa y podría ser necesaria una protección de orilla, aunque las imágenes de *Google* no muestran mayor erosión en la última década.
- Utiliza el área del ferrocarril.
- Poco espacio para expansión, debido al ferrocarril y al astillero adyacente.

### Opción preferida

Todas las opciones están dentro del límite rojo y el área reservada para la expansión del puerto (ver Figura 7-48).

Durante la reunión del 21 de septiembre de 2018, se decidió incluir la ubicación exacta del estacionamiento de camiones en el Plan Maestro general Tarea 7. Se prefirieron las ubicaciones de las opciones 1 y 4. Se esperaba que INCOFER proporcionara el terreno necesario para la opción 4.

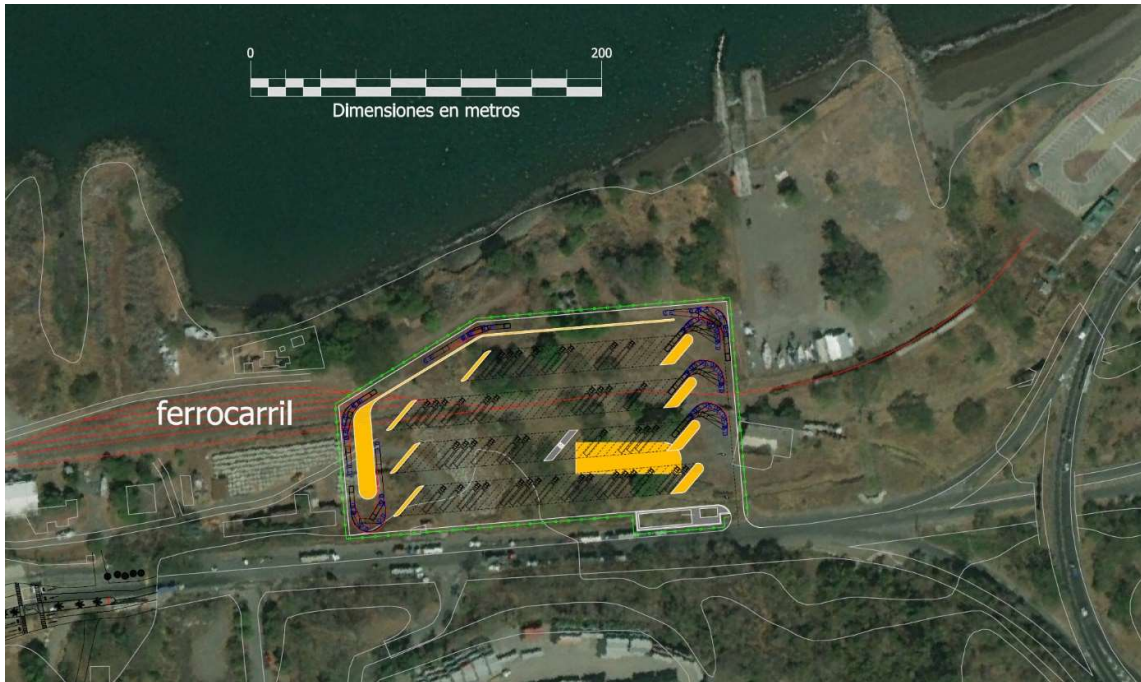


Figura 7-51: Opción seleccionada para el estacionamiento de camiones

El consultor propone que la opción en Figura 7-51 sea la "solución a corto plazo".

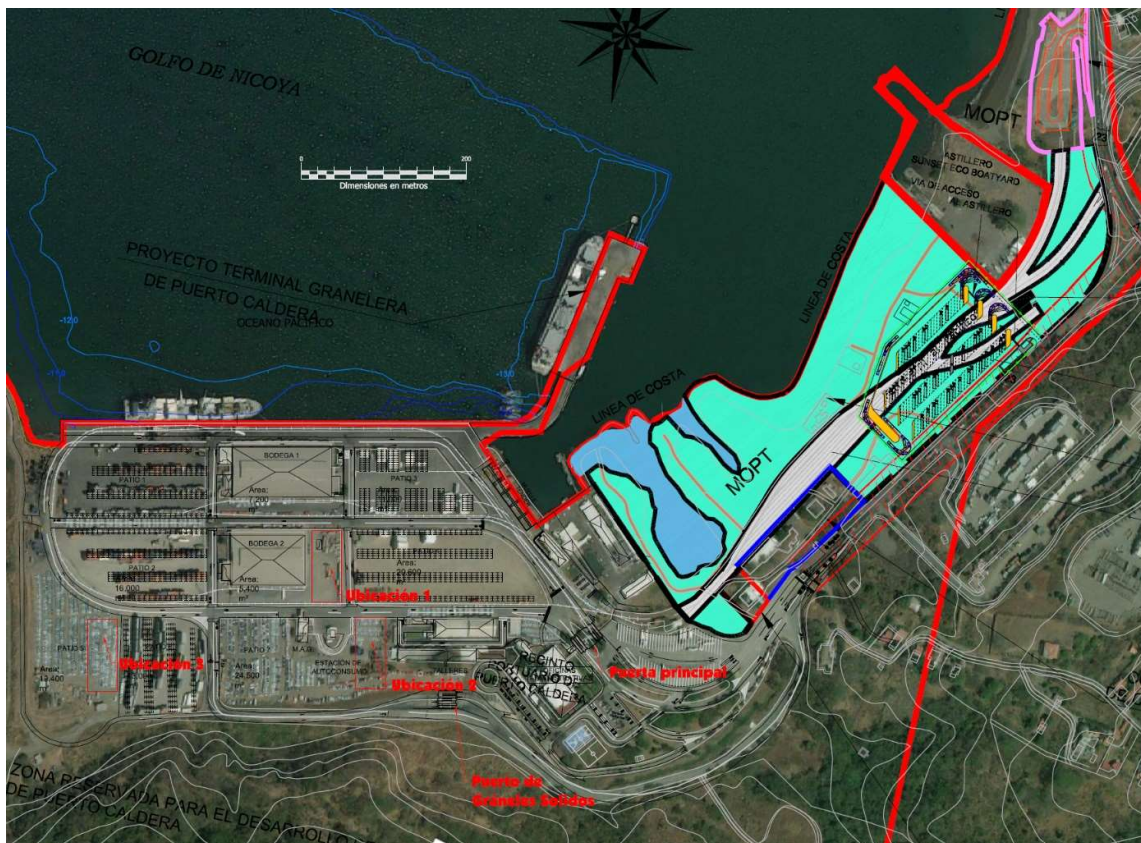


Figura 7-52: Opción seleccionada para el estacionamiento de camiones



Figura 7-53: Google imágenes de la playa cera puesto 4

Las figuras anteriores muestran las diversas etapas (desde 2003-2018) de la playa cerca de la ubicación propuesta del área de estacionamiento del camión. Parece que la playa fluctúa, pero la línea costera del área propuesta para el área de estacionamiento nunca se erosionó.

### 7.6.3.2 Diseño y esquema de estacionamiento

Se ha preparado un diseño conceptual para el parqueo basado en las opciones 1 y 4. Se creará un total de 80 puestos en la nueva área de almacenamiento de camiones, junto con el existente, lo que resultará en un mínimo total de 131, suficiente para satisfacer la demanda de espacios para camiones en 2025.

Los espacios se colocarán de tal manera que los camiones no tengan que girar o retroceder para dejar el lugar de parqueo a fin de permitir un proceso logístico rápido en el área de estacionamiento del vehículo.

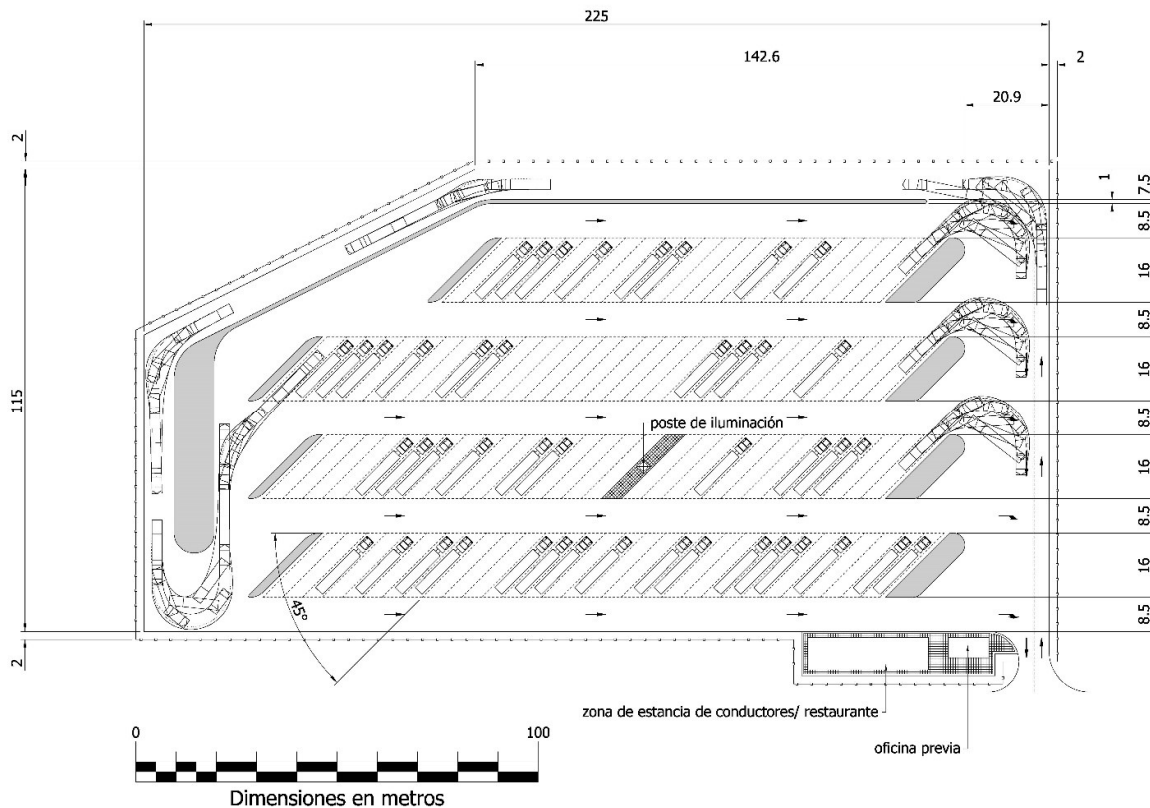


Figura 7-54: Diseño funcional del estacionamiento de camiones

El estacionamiento tendrá una oficina previa a la entrada para manejar todo el papeleo, antes de que el camión vaya a las puertas del puerto. Además, se deben proveer de las siguientes instalaciones:

- Zona de estancia de conductores / Restaurante
- Baños / duchas / área de lavado
- Áreas de descanso al aire libre.

Además, el área contará con *Wi-Fi*, enchufes eléctricos, cercas, iluminación, seguridad CCTV, etc.

## 7.7 Medidas para disminuir el tiempo de inactividad en el Puerto 4

### 7.7.1 Introducción

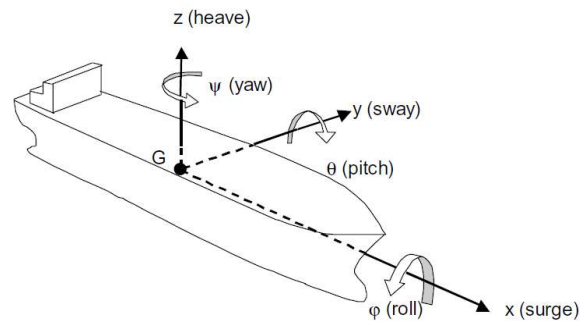
En la situación actual, se experimenta un tiempo de inactividad del 10% en el Puerto # 4. Este tiempo de inactividad se debe al oleaje de mar profundo que se propagan hacia el muelle y que induce movimientos importantes de los barcos amarrados. A veces los remolcadores se utilizan para empujar a los graneleros hacia los muelles para reducir movimientos. Debido a los movimientos de los barcos, las operaciones de (des)carga se ven afectadas y se experimentan tiempos de inactividad. En esta sección se evalúan posibles soluciones para reducir los tiempos de inactividad.

### 7.7.2 Metodología

Los criterios de carga y descarga se basaron en los movimientos máximos permitidos (criterios de carga y descarga) definidos en PIANC (1995).

Tabla 7-15: Movimientos máximos permitidos [X]

	Container	Bulk
Surge [m]	1.0	2.0
Sway [m]	0.6	1.0
Heave [m]	0.8	1.0
Roll [°]	3.0	2.0
Pitch [°]	1.0	2.0
Yaw [°]	1.0	6.0



Seis grados de libertad de los movimientos de la nave (pitch=cabeceo, heave=arfada, roll=balance, surge=avance, Sway=deriva, y yaw=guiñada)

Para reducir los movimientos del buque atracado se deben reducir ya sea las condiciones de oleaje o el sistema de amarre debe ser mejorado. La primera condición se puede lograr extendiendo el rompeolas o construyendo un espigón, la segunda se puede lograr implementando, por ejemplo, el módulo "Shore tension", "MoorMaster", DynaMoor o dispositivos similares. En esta fase del Plan Maestro evaluamos la aplicación de la "Shore tension" para reducir los movimientos del barco. La inversión y el costo operativo de este dispositivo están incluidos en la evaluación financiera del proyecto. En la etapa de licitación, también se puede invitar a proveedores de dispositivos similares con igual o mejor rendimiento.

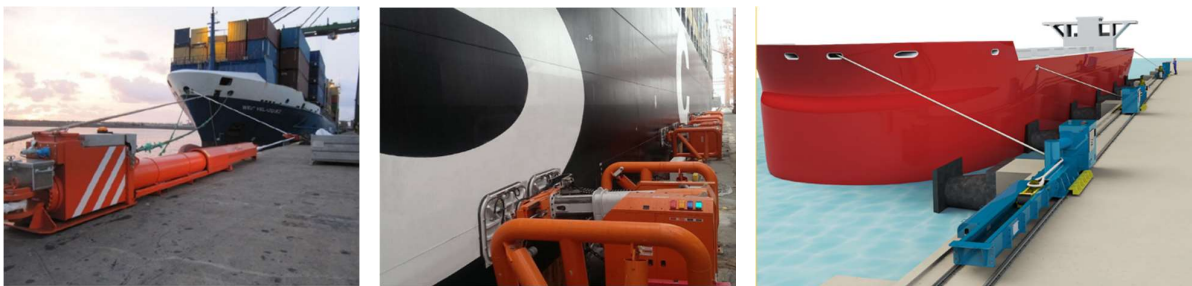


Figura 7-55: De izquierda a derecha: ShoreTension, MoorMaster, DynaMoor (fuentes: ShoreTension, Cavotec, Trelleborg)

### 7.7.3 Diseño conceptual

#### 7.7.3.1 Extensión del rompeolas

Las condiciones de oleaje en las zonas de los puestos de atraque se hacen más severas por la acumulación de sedimentos en los taludes a lo largo del rompeolas. El oleaje de mar profundo (*swell*) se reflejan en los taludes y penetran en la dársena del puerto. Se han realizado cálculos preliminares utilizando el modelo DIFFRAC 2DH para evaluar el efecto de la difracción alrededor del morro del rompeolas. El modelo supone un fondo uniforme (por lo tanto, subestima el efecto de la refracción) y se usa únicamente para mostrar el proceso de difracción. En la Figura 7-56 se presentan los resultados del modelo para un oleaje de mar profundo que proviene de 210°N. Las figuras muestran que en el caso de un fondo plano las condiciones en los puestos de atraque son relativamente suaves. Esto da la idea de que la acumulación de sedimentos aumenta la propagación de las olas. Para valorar el efecto de la acumulación en las playas en las condiciones de oleaje de los puestos de atraque y algunas condiciones, se llevaron a cabo cálculos considerando la acumulación o no de sedimentos alrededor del rompeolas. Los resultados se presentan en la Figura 7-57. Se puede observar que especialmente cerca de los puestos de contenedores y del puesto #5 previsto las condiciones mejoran cuando se dragan los sedimentos acumulados.

En esta sección se hacen algunos cálculos preliminares utilizando el modelo de análisis SWAN para estimar el efecto de la extensión del rompeolas en las condiciones de oleaje dentro de la bahía del puerto y en los puestos de atraque.

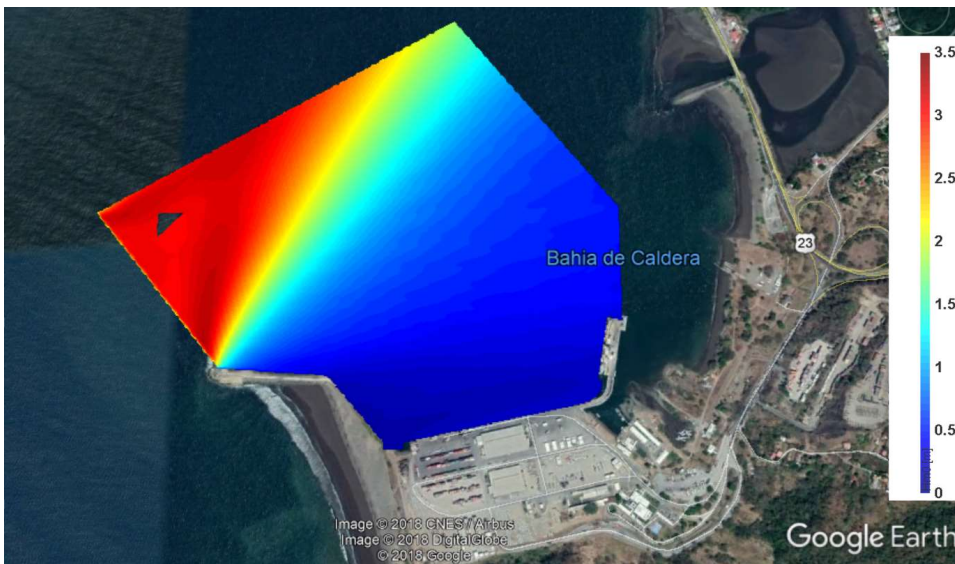
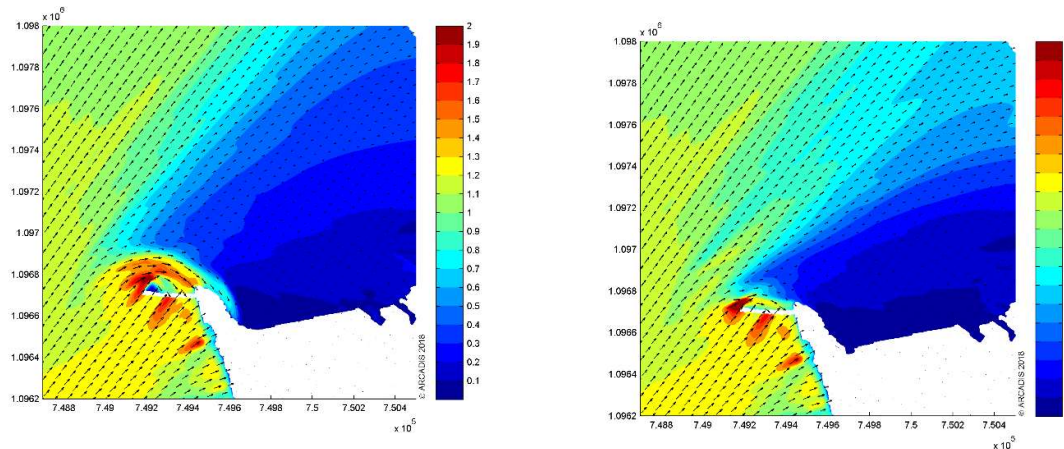


Figura 7-56: Cálculos preliminares de propagación de oleaje en el puerto utilizando el modelo DIFFRAC 2DH. Las condiciones de frontera "offshore" son:  $H_s$  es 3 m,  $T_p = 14,5$ , DIR 210 °N



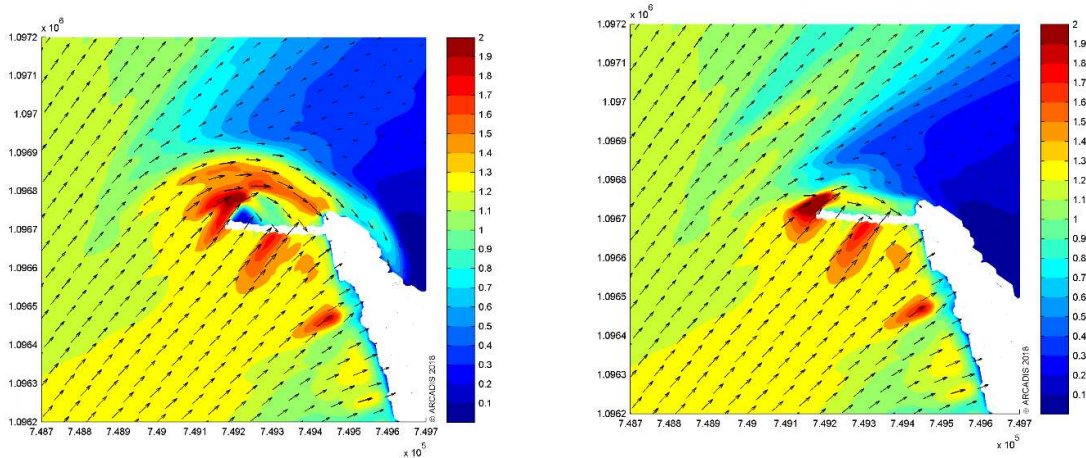


Figura 7-57: Cálculos preliminares de propagación de oleaje en el puerto. Las figuras de la izquierda representan la situación con sedimentos acumulados en el costado interno del rompeolas. Las figuras de la derecha muestran la situación cuando se remueven los sedimentos acumulados. Las condiciones de frontera “offshore” son:  $H_s$  es 2 m,  $T_p = 14,5$ , DIR 210 °N

En la Figura 7-58 se presenta el efecto de la construcción de un espigón para reducir la entrada del oleaje en la dársena del puerto.

En esta figura (derecha) el espigón tiene aproximadamente 100m y se puede combinar con la construcción del Puesto #5. Se puede ver que esto mejora la tranquilidad por oleaje, especialmente en el puesto #5 y los puestos de contenedores.

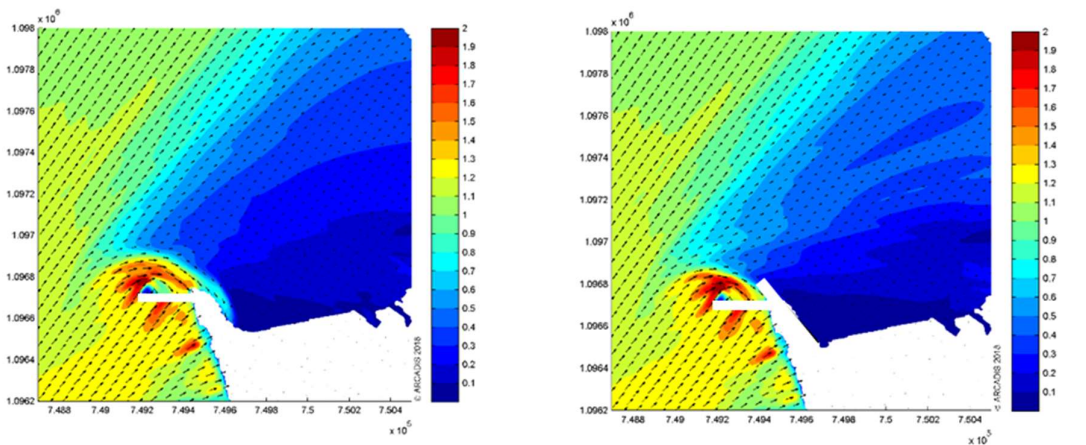


Figura 7-58: Cálculos preliminares de la propagación del oleaje dentro del Puerto. La figura de la izquierda representa la situación con sedimentos acumulados en la cara interna del rompeolas. En la figura derecha se ha construido un espigón para reducir la agitación en el puerto. Las condiciones de frontera “offshore”  $H_s$  es 2 m,  $T_p = 14,5$ , DIR 210 °N

### 7.7.3.2 Shoretension

El cilíndrico “Shoretension” ejerce la misma tensión constante a las líneas de amarre que están unidas a los bolardos en el muelle. Esto no requiere electricidad excepto para un sistema hidráulico externo que se debe usar una única vez para configurar correctamente el Shoretension. Después de esto, el cilindro respectivo se mueve en conjunto con las fuerzas a las que está expuesta la línea de amarre. El proceso continuo perpetuamente sin necesidad de energía adicional. El objetivo del Shoretension es mantener todas las líneas de amarre con la misma tensión constante, también en caso de oleaje distante, olas, viento y el paso de buques – particularmente crucial para el amarre seguro y estable de los barcos. Las diferencias en tensión entre las distintas líneas de amarre son las que causan los movimientos de un barco y que, potencialmente, hacen que estas se rompan.

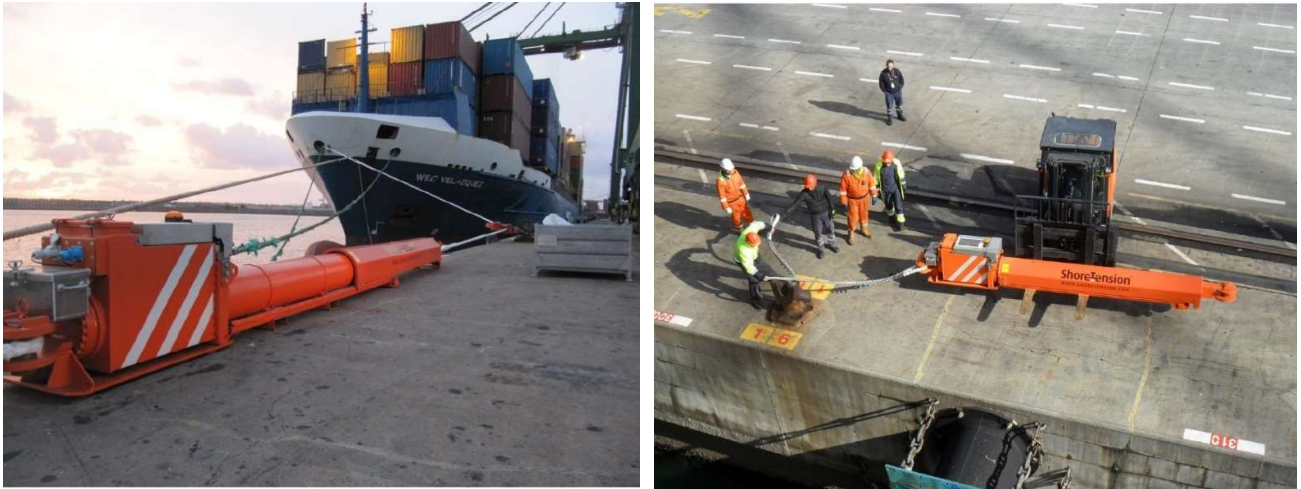


Figura 7-59: Aplicación del shoretension (fuente: ShoreTension BV)

El ShoreTension provee una alta tensión y paga las líneas, absorbiendo los picos de carga sin exceder la carga mínima de rotura de la línea (MBL). Haciendo esto, el sistema amortigua el movimiento del barco y absorbe su energía. Cuando las cargas pico han pasado, el ShoreTensionT alimenta las líneas con la energía almacenada y las regresa a su posición inicial. Ya que el dispositivo no requiere energía externa pues es CO2 neutro.

Para mayor seguridad, el *ShoreTension* se usa en combinación con una línea de amarre de alta calidad hecha de HMPE, una fibra sintética muy fuerte. Estas líneas de amarre se entregan al barco desde la orilla.

Cada *ShoreTension* tiene su propio control remoto inalámbrico que trabaja con energía solar. Esto le permite al capitán del barco, el operador de la terminal y otros partes revisar remotamente la tensión en las líneas en tiempo real. Mediante SMS, todas las partes relacionadas se pueden notificar automáticamente si la carga segura de trabajo (SWL) de una línea se acerca a los límites preestablecidos y se necesite tomar medidas. De esta forma, el sistema de alerta previa ayuda a mantener el control de los sistemas de amarre del barco. La configuración de la unidad de control se puede ajustar remotamente.

Otra información disponible mediante el control inalámbrico se relaciona con la presión del ShoreTension, la tensión en las líneas, la carga de la batería y el desplazamiento de su barra. El sistema electrónico inalámbrico también lleva un registro histórico completo de los datos.





Hydraulic Power Unit



Dyneema® Mooring rope

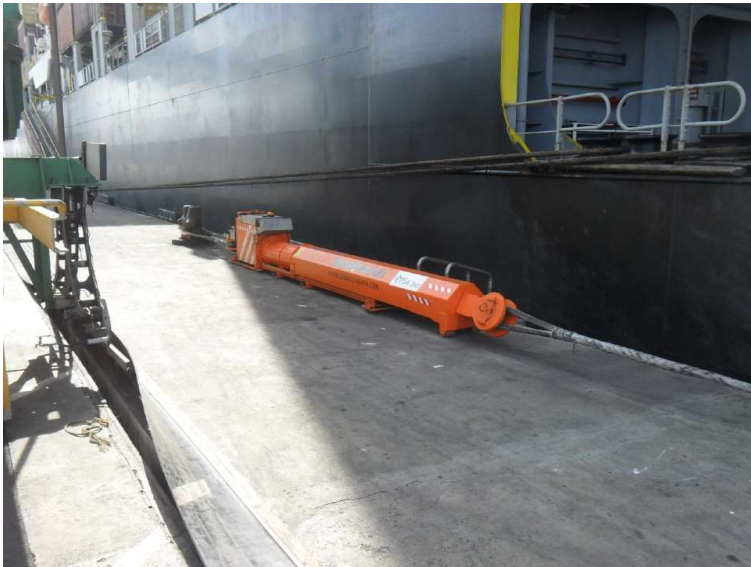


ShoreTension System®



Snatch block

*Figura 7-60: Componentes del sistema (fuente ShoreTension BV)*



*Figura 7-61: Sistema ShoreTension en operación (fuente ShoreTension BV)*



Figura 7-62: Explicación del sistema de visualización ShoreTension (fuente ShoreTension BV)

Con base en las condiciones ambientales vigentes, el tipo de barcos y la estructura del embarcadero, proponemos el uso de los sistemas ShoreTension en dos largos y en dos springs para reducir el oleaje y el balanceo de los buques.



Figura 7-63: Movimientos de balanceo y sobretensión de la embarcación y configuración de amarre propuesta con módulos Shoretension

ShoreTension está desarrollado especialmente para condiciones de agitación por oleaje y cargas dinámicas.

Basado en el clima de oleaje de mar profundo que gobierna y la experiencia en proyectos y puertos similares, se estima que se puede alcanzar una disminución en los movimientos de los barcos de hasta 80-90%. En esta fase preliminar se estima que los tiempos de inactividad en el puerto se pueden reducir de un 10%-12% a cerca de 1-4%.

#### 7.7.4 Diseño recomendado

El dragado en el extremo norte del rompeolas junto con la aplicación del *Shoretension* se considera la solución más eficiente para reducir los tiempos muertos.

El costo de los módulos del *Shoretension* se estima como sigue:

- La cantidad de cilindros depende del tamaño del barco, sus movimientos y el período y altura del oleaje distante”.
- Con base en la experiencia en las condiciones del oleaje distante se estima que son necesarios cuatro módulos (cilindros).
- El costo de los 4 cilindros incluyendo materiales relacionados se estima en 1,2 M USD.
- Es necesario mantenimiento cada dos años. Los dos primeros años el mantenimiento es mínimo y tiene un costo de aproximadamente USD 9.500 por cilindro. Cada cuarto año es mantenimiento mayor es necesario con un costo de 21.500 USD por cilindro. En caso de mantenimiento mayor todas las partes móviles son reemplazadas y certificadas de nuevo por Lloyds.
- La vida útil garantizada para los módulos de *Shoretension* es de 20 años.
- La vida útil de las líneas Dyneema depende de cómo son utilizadas. Si el uso es frecuente la vida útil es de alrededor de nueve meses. El costo por línea es de alrededor de 10.000 USD.

## 7.8 Estabilización de la costa

### 7.8.1 Introducción

En años recientes se ha observado erosión de la costa a lo largo de la playa al NE del puerto. El análisis de la dinámica del litoral realizado por la Universidad de Costa Rica, ver Fuente [5], concluye que el litoral se ha ido erosionando desde la construcción del puerto al inicio de 1980.

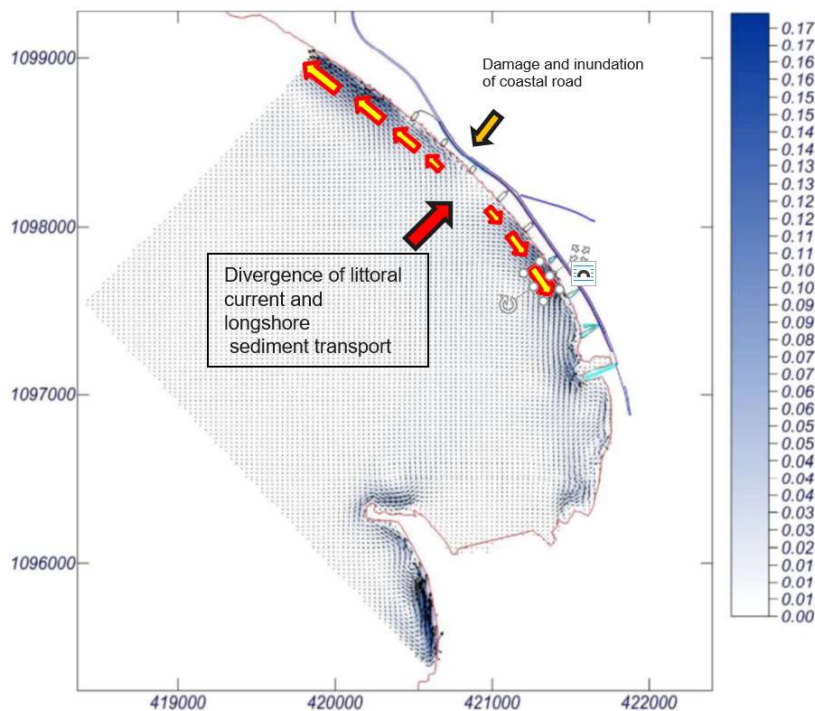


Figura 7-64: Corrientes de litoral generadas por el oleaje para condiciones normales de oleaje en el sitio del puerto

El informe menciona que la principal razón de esta erosión son los dragados de mantenimiento del puerto. La arena que se retira del balance de sedimentos naturales para la playa al norte del puerto causa un déficit que se refleja como erosión de la playa. Los modelos de simulación presentados en [5] expresan que la posición donde se observaron los problemas con la erosión en la playa se ubica justo al norte del punto de divergencia de la corriente litoral, ver Figura 7-64. Esto significa que el transporte de sedimentos en la costa aumenta de sur a norte a lo largo de esta ubicación. Este gradiente en el transporte de sedimentos costeros genera un déficit de sedimentos que se refleja como de las playas. Si no se suministran sedimentos a la playa, es probable que la erosión continúe y migre hacia el norte.



Figura 7-65: Sección de la carretera sujeta a inundación

Como lo muestra la Figura 7-65 la carretera ya está protegida por un recubrimiento en roca. Durante los períodos con olas altas y niveles altos de agua, el ascenso del agua y el rebase en la estructura causan la inundación de la vía. Para mitigar la erosión a lo largo de la playa y la inundación ocasional de la carretera, se desarrollaron dos soluciones alternativas que se describen en los capítulos siguientes.

## 7.8.2 Diseño conceptual

### 7.8.2.1 Opción 1 – Alimentación de la playa utilizando sedimentos dragados del puerto

Para evitar el tiempo de inactividad del puerto, se requieren dragados regulares de mantenimiento, independientemente de cual opción de mitigación se seleccione. En lugar de descargar el sedimento en el mar, se recomienda depositarlo a lo largo de la carretera y de la playa de Caldera, al norte del puerto. Al depositar la arena dragada en la playa, se puede restaurar el equilibrio de natural de sedimentos, y la erosión de la playa se detendrá, sin la necesidad de estructuras adicionales. De las imágenes satelitales se puede ver que las olas se acercan a la playa de Caldera de forma casi perpendicular. Esto significa que este tramo de costa está cerca de su equilibrio natural, lo que implica que el transporte neto anual de sedimentos será pequeño. Esto se confirma en la Fuente [5], donde se mencionan tasas de transporte del orden de  $70.000 \text{ m}^3 / \text{año}$  a  $85.000 \text{ m}^3 / \text{año}$  basadas en modelos de simulación y análisis de imágenes satelitales. Los volúmenes de arena dragados en el puerto son del mismo orden de magnitud que la pérdida anual esperada de sedimentos a lo largo de la playa. Por lo tanto, se espera que el balance de sedimentos se pueda restaurar completamente utilizando el sedimento dragado del puerto. El sedimento debe ubicarse cerca de la posición donde el ancho de la playa es mínimo (ver Figura 7-66). La ubicación exacta se determinará en la etapa de diseño detallado sobre la base de modelos adicionales de simulación.



Figura 7-66: Ilustración de la restauración del balance de sedimentos en la costa

La ventaja de restaurar el equilibrio de los sedimentos en la costa es que no causará ninguna erosión del lado de sotavento, como sería el caso con las estructuras costeras, como los espigones, que bloquean parcialmente el transporte litoral. Además, económicamente es una solución más atractiva porque no es necesario construir estructuras costeras y, posiblemente, el costo de la operación de dragado puede reducirse considerando la corta distancia al área de depósito.

La eliminación de los sedimentos dragados provocará una protuberancia local de la costa en la posición donde se colocará el sedimento. En consecuencia, la energía de las olas convergerá hacia esta ubicación, lo que dará como resultado una disminución gradual de la protuberancia debido a los gradientes de la costa en el transporte litoral. A una distancia relativamente corta de la protuberancia, las velocidades de transporte de sedimentos litorales son iguales a las velocidades de transporte actuales, sin el suministro de sedimentos. Esto se indica en la Figura 7-68



Figura 7-67: Ilustración del transporte del litoral para la situación presente y después de la disposición de los sedimentos Dragados

Por lo tanto, la colocación de sedimentos no dará como resultado un aumento significativo del transporte de arena hacia la boca del estero de Mata de Limón. La estabilidad de la boca del estuario no se verá afectada por la eliminación de sedimentos. Se recomienda iniciar un programa de monitoreo de la costa cuando la eliminación de sedimentos ha comenzado. Al estudiar cuidadosamente la evolución de la costa, se puede optimizar la ubicación de la eliminación de sedimentos. Para mitigar el riesgo de transporte de sedimentos

hacia la boca del estero de Mata de Limón y más hacia el puerto, se puede construir un espigón al norte del estero.

#### Opción 2 – estabilización de la costa

Como una opción a la restauración del equilibrio de sedimentos en la costa, se podría considerar establecer una estabilización localizada de la costa donde se produce la inundación. Esta ubicación está cerca de un punto de divergencia del transporte litoral. La erosión de la playa en este lugar es causada por el gradiente en el transporte de litoral. Para mantener un cierto ancho de playa, esta debe estar protegida por estructuras a ambos lados para evitar la pérdida de sedimentos. Una forma adecuada de brindar protección local a la carretera es por medio de la llamada “cala”, que es un área semicerrada protegida por estructuras curvas. La celda creada está parcialmente llena de arena. Las estructuras curvas causarán una divergencia de la energía del oleaje dentro de la bahía, lo que conlleva a una reducción de la altura de las olas en la costa. Además, la playa alimentada por la arena absorberá la energía de las olas rompientes. De esta manera, el riesgo de exceso puede reducirse considerablemente. El concepto se muestra en la Figura 7-68.



Figura 7-68: Cala – protección local de la carretera

## 7.8.3 Diseño recomendado

### 7.8.3.1 Concepto seleccionado

La construcción de los espigones afectará el sistema natural de manera significativa, y podría causar erosión en otros lugares a lo largo de la costa, porque hay un déficit de sedimentos. Además, el costo para la realización de estas estructuras es importante.

Ya que el dragado de mantenimiento del Puerto se requiere de cualquier manera, la mejor solución sería utilizar los materiales de dragado para alimentar las playas con el fin de mitigar su erosión.

Por las razones mencionadas anteriormente, se recomienda la Opción 1 (Alimentación de la playa utilizando sedimentos dragados del puerto) para mitigar la erosión de la playa, como se muestra en la Figura 7 70. Puede existir el riesgo de que los sedimentos utilizados para la alimentación de la playa se transporten parcialmente hacia el sur hacia el río y la cuenca del puerto. Para evitar este problema, se recomienda construir un espigón cerca del río, en la ubicación que se muestra en la Figura 7 70.

Como se mencionó anteriormente, antes de la construcción del espigón, se recomienda iniciar un programa de monitoreo de la costa una vez que los primeros sedimentos se hayan colocado en la ubicación indicada en la figura a continuación. Al estudiar cuidadosamente la evolución de la costa, se puede optimizar la eliminación de sedimentos. De esta manera, el sistema de reciclaje de sedimentos tiene un impacto positivo en la costa norte del lugar de desplazamiento y no tiene un impacto negativo en la estabilidad de la entrada del estero de Mata de Limón. También se puede determinar la necesidad del espigón y, en caso de ser necesario, la ubicación y longitud óptimas del espigón.



Figura 7-69: Diseño de alimentación de playa y espigón para estabilizar la playa, al norte del puerto de Caldera. Diseño conceptual de espigón

#### Puntos de partida

- Condiciones de ola de diseño (según la Ref. [14]):
  - o Altura de ola de diseño:  $H_s = 1,5\text{m}$ ;
  - o Período de ola de diseño;  $T_m-1,0 = 9$  segundos y 14 segundos
- Profundidad del agua en el tipo de espigón: alrededor de NMBS-5,0m
- La longitud del espigón es de unos 100 m.
- Tipo de estructura: estrato de escombro
- La estabilidad del enrocado es la fórmula básica de don Van der Meer (ver Ref. [1], Capítulo 5)
- Número de daño = 4,0 (suponiendo daño intermedio durante la tormenta de diseño)
- El ángulo entre la onda entrante y la estructura: 45 grados para el tronco y 0 para la cabeza
- Sin tamaño de reducción del enrocado debido a la onda oblicua para la cabeza
- El tamaño calculado de la armadura para la sección de la cabeza se incrementa en un 25% debido a un ataque de ola más severo



**Salida de Diseño :**

Tabla 7-16 y Tabla 7-17 presenta la entrada y salida de los cálculos de estabilidad del enrocado para el tronco y la cabeza del espigón. Según los resultados, se realizan las siguientes elecciones de diseño para la estructura :

Para el tronco:

- Enrocado con una graduación de 0,3-1 t colocada directamente en la cantera (núcleo)

Para la cabeza:

- Enrocado con una graduación de 1-3t.
- Capa inferior 60-300 kg colocada en la cantera (núcleo)

Tabla 7-16: Estabilidad del enrocado, sección del tronco del espigón

Input				
Altura de ola significativa incidente	(m)	Hs	1.5	1.5
Periodo peak	(s)	Tp	9.0	18.0
Duración de la condición de oleaje	(hr)		6	24
Densidad del agua	(kg/m3)	$\rho_w$	1025	1025
Densidad aparente de rocas	(kg/m3)	$\rho_a$	2650	2650
Talud	(-)	1:	2	2
Permeabilidad nocional	(-)	P	0.5	0.50
ángulo entre ola y estructura		Beta	45	45
Número de daño	(-)	Sd	2	2
Resultados				
50% de valor de masa	(kg)	M50	212	92
Diámetro nominal	(m)	Dn50	0.43	0.33

Tabla 7-17: Estabilidad del enrocado, sección de la cabeza del espigón.

Input				
Altura de ola significativa incidente	(m)	Hs	1.5	1.5
Periodo peak	(s)	Tp	9.0	18.0
Duración de la condición de oleaje	(hr)		6	24
Densidad del agua	(kg/m3)	$\rho_w$	1025	1025
Densidad aparente de rocas	(kg/m3)	$\rho_a$	2650	2650
Talud	(-)	1:	2	2
Permeabilidad nocional	(-)	P	0.4	0.40
Número de daño	(-)	Sd	2	2
Resultados				
50% de valor de masa	(kg)	M50	809	435
Diámetro nominal	(m)	Dn50	0.67	0.55

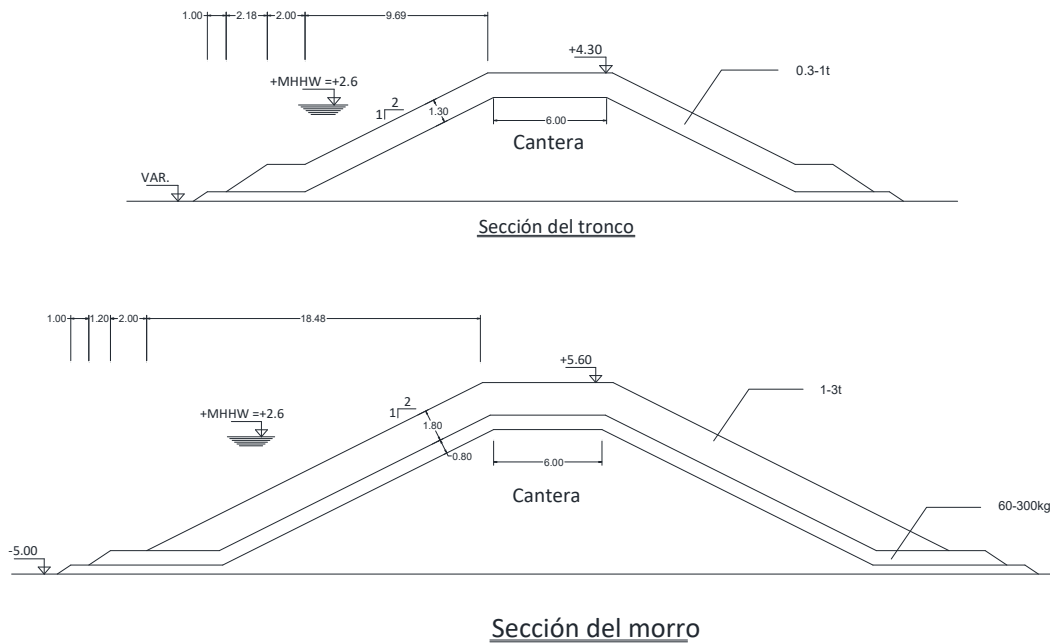


Figura 7-70: Corte transversal del espigón

**Lista de cantidades y estimación de costos:**

La siguiente tabla presenta la lista de cantidades del material requerido para la construcción del *groynes* y estimación de costos.

Tabla 7-18: Lista de cantidades, construcción del espigón

Elemento	Subelemento	Cantidad estimada	Unidad	Costo unitario (USD)	Costo total (USD)
Espigón	Movilización /desmovilización	1	Pcs.	500.000	500.000
	Cantera	12.500	m <sup>3</sup>	70	875.000
	60 -300kg roca	4.600	m <sup>3</sup>	90	414.000
	0,3-1t roca	500	m <sup>3</sup>	100	50.000
	1-3t roca	1.300	m <sup>3</sup>	140	182.000
<b>Total parcial</b>					<b>2.021.000</b>
<b>Contingencia (20%)</b>					<b>404.200</b>
<b>Costo de ingeniería (4%)</b>					<b>80.840</b>
<b>Total</b>					<b>2.506.000</b>

## 7.9 Reubicación del puerto de servicio y desarrollo de instalaciones de guardacostas

### 7.9.1 Nueva ubicación del Puerto de Servicio y las facilidades para guardacostas

El puerto de servicio se reubicará teniendo en cuenta que la ubicación existente se reclamará para crear el espacio necesario para el desarrollo de la terminal de contenedores y la terminal de granelera. El puerto de servicio se ubicará en el lado noreste de la futura dársena del este, consulte la Figura 7-71 para conocer la ubicación.

Además, el área al norte del puerto de servicio futuro se asigna a las instalaciones de guardacostas como se muestra en la Figura 7-71.

En el Apéndice K de diseño preliminar se presentará un diseño del muelle para el puerto de servicio.



Figura 7-71: Ubicación del servicio de puerto y guardacostas.

### 7.9.2 Especificaciones de los remolcadores

Para el puerto de Caldera, se considera que el soporte del remolcador para los buques portacontenedores es más exigente que para los otros buques teniendo en cuenta el tipo y el tamaño de los barcos (área de viento relativamente grande). El funcionamiento del buque portacontenedores de diseño requiere:

1. Remolcador de ayuda ASTERN del barco durante el paso del canal (para controlar la velocidad del barco y ayudar a detenerlo)
2. Remolcadores que ayudan a girar, acercarse al muelle y a atracar.

Para la Operación (1), el remolcador debe ser un remolcador Azimuthing Stern Drive, con un cabrestante de rápido rendimiento en el castillo de proa (proa del remolcador).

Para la operación (2), los remolcadores deben ser remolcadores Azimuthing Stern Drive (buena maniobrabilidad, empuje casi omnidireccional).

El portacontenedores de diseño tiene una hélice de proa, con una potencia de aproximadamente 3000-3500kW, que proporciona una fuerza lateral de aproximadamente 33T (cuando se trabaja en el muelle para atracar o desatracar). El propulsor de proa soporta los remolcadores, por lo que se requerirá menos fuerza de tirones cuando el piloto use el propulsor de proa. Estos propulsores son confiables, pero puede ocurrir (raramente) que el propulsor esté fuera de servicio. En tal caso, ya sea:

- El barco puede maniobrar solo con 2 remolcadores, pero no hay redundancia
- Puede ser necesario un (tercer) tirón adicional para proporcionar redundancia, o
- El barco tiene que esperar hasta que la velocidad del viento disminuya.

El piloto utiliza remolcadores con 90% de potencia (operación continua). Esto significa que la única parte de la fuerza nominal de remolque se utilizará en maniobras (por lo que los remolcadores deben entregar más fuerza que la fuerza del viento).

Teniendo en cuenta el tirón de bolardo estático requerido para contrarrestar las fuerzas del viento, la reserva (10%) en la fuerza del remolcador y el método de maniobra (mínimo 2 tirones en la proa y en la popa del barco) el tirón de bolardo requerido se estima en 50T (mínimo, podría ser hasta un 10% más grande para proporcionar reserva para el desgaste del remolcador).

Por lo tanto, se recomienda la siguiente especificación para los remolcadores:

- Mínimo 2 remolcadores, "Azimuthing Stern Drive", con un tiro de bita estático de 50T cada uno
- Los remolcadores están equipados con cabrestantes de renderizado rápido, instalados en la proa del remolcador, para asistir al barco en el canal de acceso y conectado a la popa del barco.
- Es posible que se requieran remolcadores adicionales (tercero), en caso de reparación de otro remolcador o falla de la propulsión de proa.

La Figura 7-72 muestra un remolcador ASD con potencia de remolque comparable. Este remolcador tiene las siguientes dimensiones generales:

- LOA: 28.67m
- Manga: 10.43m
- Profundidad en los lados: 4.6m
- Calado popa: c4.72m

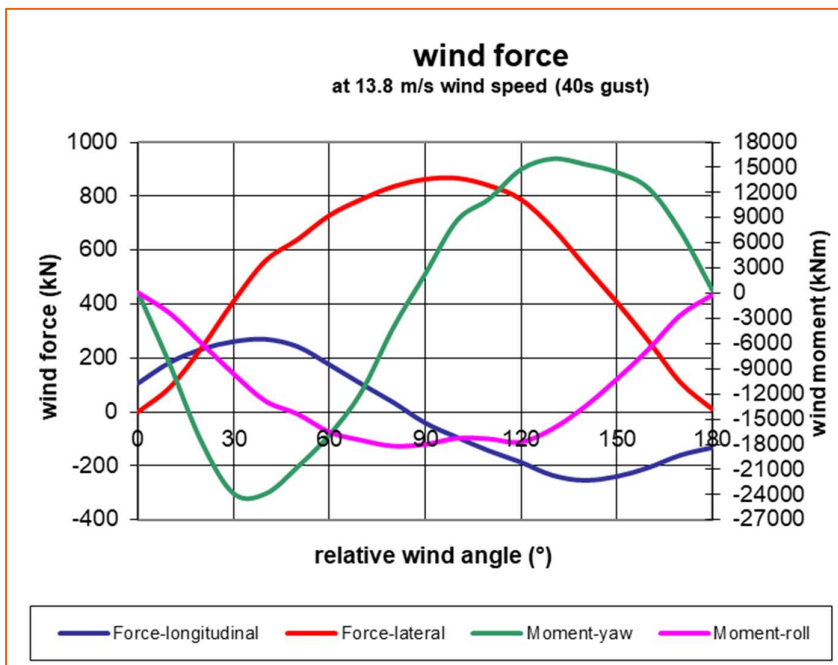
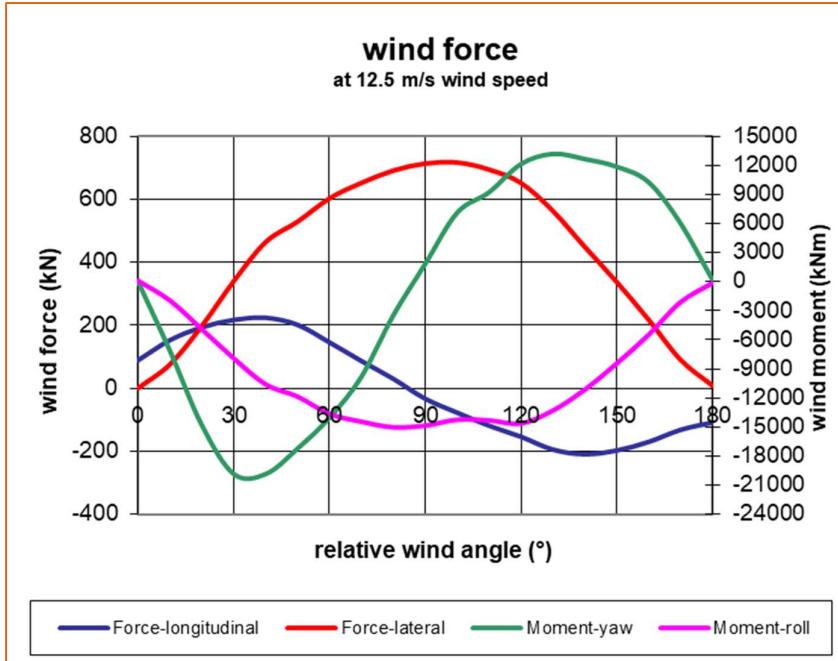


Figura 7-72: Ejemplo de un remolcador ASD

La siguiente nota presenta un cálculo rápido de la potencia de remolque requerida para manejar grandes buques de contenedores con velocidades del viento relativamente altas (operativa).

Las fuerzas aerodinámicas y los momentos que actúan sobre la embarcación de diseño se calculan utilizando datos experimentales del Dr. W. Blenderman.

En la velocidad del viento de 12.5m / s, la fuerza lateral es de aproximadamente 75T, y el máximo momento es de aproximadamente 1200 Tm. Esta velocidad del viento tiene una probabilidad de excedencia de menos del 1% (ver Sección 2.4) y es la velocidad máxima del viento permitida para que los buques portacontenedores pueden atracar en el puerto (ver Sección 5.1.2.2). Durante la ráfaga, la velocidad del viento puede alcanzar los 13.8m/s y la fuerza lateral calculada es de 85T y el momento es de aproximadamente 1500 Tm. Se puede ver en los cálculos que las direcciones de viento más desfavorables están a unos 40-60 grados de la proa (120-140 grados en las figuras); en este caso, el momento del viento y la fuerza del lado del viento crean la mayor carga en los remolcadores de popa y proa.



### 7.9.3 Atracadero para buques guardacostas

El número exacto de embarcaciones para atracar en el muelle no se conocía al preparar este plan maestro. Sin embargo, la guardia costera proporcionó la siguiente información inicial sobre la especificación de las embarcaciones de guardacostas:

- Nombre: 110' "C" class Patrol Boat
- Longitud total (LOA): 113 pies (~34.5m)
- Manga : 21 pies 3 pulgadas (6.47m)
- borrador (totalmente cargado): 6 pies 5.75 pulgadas (1.97m)

En esta etapa, se anticipa que el nuevo muelle debería poder acomodar 2 de estos buques. La longitud requerida del muelle se calcula usando ROM (ROM 3.1-99 (Ref.[16], ver Figura 8.48)

- |   |           |
|---|-----------|
| • LOA (2 buques):                                       | 34.5m x 2 |
| • Espacio entre buques:                                 | 10m       |
| • Distancia desde los buques y el final de la pantalla: | 5m x 2    |

---

Longitud total del muelle requerida	~90m
-------------------------------------	------

En esta etapa se consideró una longitud de muelle de 110m para los guardacostas. Los 20m adicionales brindan espacio para atracar embarcaciones pequeñas si es necesario.

Se recomienda verificar y optimizar la longitud del muelle requerida para la guardia costera en la etapa de diseño detallado, con un programa de necesidades pormenorizado.

## 8 ESTIMACIÓN DE LOS COSTOS

En esta sección se presentan los costos de los proyectos que se han identificado. Estos proyectos se ilustran en la Figura 8-1.

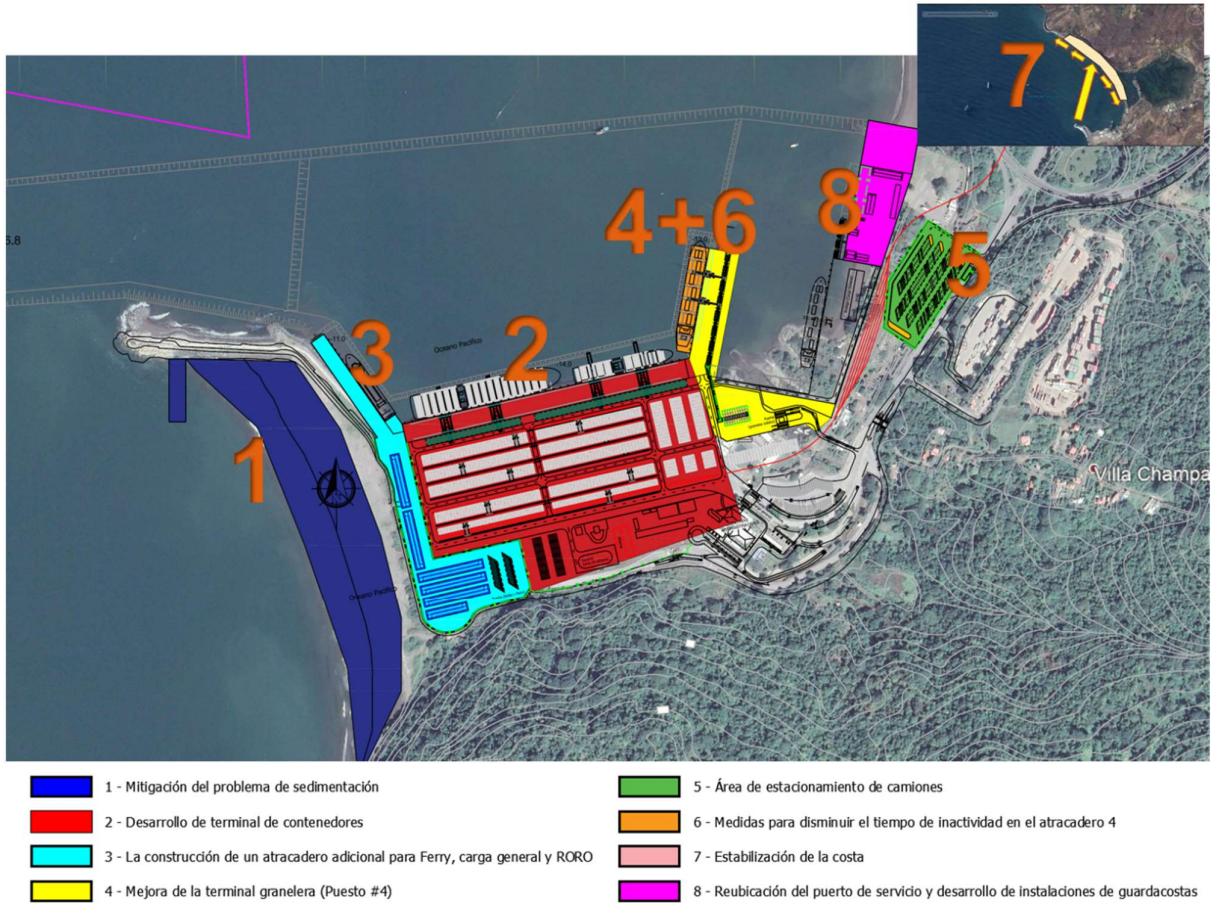


Figura 8-1: Los 8 proyectos identificados para un mayor desarrollo de Puerto Caldera

### 8.1 Mitigación de la sedimentación

La siguiente tabla presenta la lista de cantidades del material requerido para la construcción del espigón y el dragado de la trampa de sedimentos y estimación de costos.



Tabla 8-1 Lista de cantidades, construcción del espigón y dragado de la trampa de sedimentos

Elemento	Subelemento	Cantidad estimada	Unidad	Costo unitario (USD)	Costo total (USD)
<b>Espigón</b>	Movilización /desmovilización	1	pcs	500.000	500.000
	1-300 kg roca	15.100	m3	70	1.057.000
	0,3-1t roca	6.800	m3	100	680.000
	1-3t roca	1.300	m3	140	182.000
	3-6t roca	3.450	m3	140	483.000
<b>Dragado</b>	Movilización /desmovilización	ver nota 1			
	Trampa de sedimentos (arena)	500.000	m <sup>3</sup>	7	3.500.000
	Al rededor del morro del rompeolas y al norte del rompeolas	130.000	m <sup>3</sup>	7	910.000
<b>Total parcial</b>					7.312.000
<b>Contingencia (20%)</b>					1.462.400
<b>Costo de ingeniería (4%)</b>					292.480
<b>Total</b>					9.066.880

*Nota 1: La movilización y desmovilización de las obras de dragado no están incluidas aquí. Se supone que el dragado de la trampa de sedimentos se realiza junto con el dragado del canal de aproximación y la cuenca del puerto. De lo contrario, se agregará un costo de aproximadamente 500.000.000 USD para la movilización y desmovilización del equipo de dragado.*

## 8.2 Desarrollo de terminal de contenedores

### 8.2.1 Fase A

La Tabla 8.2 y Tabla 8.3 incluyen las cuentas de cantidades, costos unitarios, estimación de costos (CAPEX) para el Desarrollo de la terminal de contenedores en el escenario base y el escenario alto, respectivamente.

Tabla 8-2 Lista de cantidades del material requerido para desarrollo de terminal de contenedores, Fase A, Escenario Base

Elemento	Cantidad	Unidad	Tarifa unitaria (USD)	Cost per ítem (USD)	Total (USD)
<b>Muelle</b>					<b>65.928.000</b>
Muelle sobre pilotes	570	m	90.000	51.300.000	
Extensión muelle granelero existente al norte	15	m	120.000	1.800.000	
Extensión del muelle y nuevo duque muelle granelero	1	Pcs	500.000	500.000	
Imprevistos (20%)				10.720.000	
Ingeniería (3%)				1.608.000	
<b>Terminal</b>					<b>29.463.000</b>
Recuperación de tierra (relleno + compactación)	50.000	m <sup>3</sup>	7	350.000	
Pavimentos, terminal	98.000	m <sup>2</sup>	100	9.800.000	
Servicios básicos (agua potable, pluviales, , etc.)		global	2.000.000	2.000.000	
Edificios (incl. ingresos, scanner)		global	2.000.000	2.000.000	
Sistema eléctrico	1	global	10.000.000	10.000.000	
Imprevistos (20%)				4.830.000	
Ingeniería (2%)				483.000	
<b>Dragado Capital</b>					<b>17.787.000</b>
Movilización /desmovilización	1	pcs	1.000.000	1.000.000	
Canal de aproximación	1.200.000	m3	5	6.000.000	
Área de maniobras	1.400.000	m3	5	7.000.000	
Zonas de atraque	100.000	m3	7	700.000	
Imprevistos (20%)				2.940.000	
Ingeniería (1%)				147.000	
<b>Equipo terminal</b>					<b>45.065.000</b>
Grúas pórtico	pcs	3	10.000.000	30.000.000	
RTG	pcs	7	1.900.000	13.300.000	

Elemento	Cantidad	Unidad	Tarifa unitaria (USD)	Cost per ítem (USD)	Total (USD)
Remolque de terminal	pcs	3	40.000	120.000	
Apilador de contenedores vacíos (empty stacker)	pcs	3	300.000	900.000	
Camión de mantenimiento y herramientas	pcs	1	120.000	120.000	
Camionetas	pcs	2	45.000	90.000	
Montacarga. 28 ton	pcs	1	320.000	320.000	
Monta carga. 3 ton capacidad	pcs	2	20.000	40.000	
camiones de plataforma	pcs	5	35.000	175.000	
<b>Total</b>					<b>158.243.000</b>

Tabla 8-3 Lista de cantidades del material requerido para desarrollo de terminal de contenedores, Fase A, Escenario alto

Elemento	Cantidad	Unidad	Tarifa unitaria (USD)	Cost per ítem (USD)	Total (USD)
<b>Muelle</b>					<b>65.928.000</b>
Muelle sobre pilotes	570	m	90.000	51.300.000	
Extensión muelle granelero existente al norte	15	m	120.000	1.800.000	
Extensión del muelle y nuevo duque muelle granelero	1	Pcs	500.000	500.000	
Imprevisto (20%)				10.720.000	
Ingeniería (3%)				1.608.000	
<b>Terminal</b>					<b>34.587.000</b>
Recuperación de tierra (relleno + compactación)	50.000	m <sup>3</sup>	7	350.000	
Pavimentos, terminal	140.000	m <sup>2</sup>	100	14.000.000	
Servicios básicos (agua potable, pluviales, , etc.)		global	2.000.000	2.000.000	
Edificios (incl. ingresos, scanner)		global	2.000.000	2.000.000	

Elemento	Cantidad	Unidad	Tarifa unitaria (USD)	Cost per ítem (USD)	Total (USD)
Sistema eléctrico	1	global	10.000.000	10.000.000	
Imprevisto (20%)				5.670.000	
Ingeniería (2%)				567.000	
<b>Dragado Capital</b>					<b>17.787.000</b>
Movilización /desmovilización	1	pcs	1.000.000	1.000.000	
Canal de aproximación	1.200.000	m3	5	6.000.000	
Área de maniobras	1.400.000	m3	5	7.000.000	
Zonas de atraque	100.000	m3	7	700.000	
Imprevisto (20%)				2.940.000	
Ingeniería (1%)				147.000	
<b>Equipo terminal</b>					<b>45.405.000</b>
Grúas pórtico	pcs	3	10.000.000	30.000.000	
RTG	pcs	7	1.900.000	13.300.000	
Tractores para terminal	pcs	2	130.000	260.000	
Remolque de terminal	pcs	5	40.000	200.000	
Apilador de contenedores vacíos (empty stacker)	pcs	3	300.000	900.000	
Camión de mantenimiento y herramientas	pcs	1	120.000	120.000	
Camionetas	pcs	2	45.000	90.000	
Montacarga. 28 ton	pcs	1	320.000	320.000	
Monta carga. 3 ton capacidad	pcs	2	20.000	40.000	
camiones de plataforma	pcs	5	35.000	175.000	
<b>Total</b>					<b>163.707.000</b>

## 8.2.2 Fase B

En la Fase B del desarrollo de la terminal de contenedores, se requerirá equipo adicional. Tabla 8-4 y la Tabla 8-5 presentan los CAPEX para el escenario Base y el escenario Alto del desarrollo de la terminal de contenedores.

Tabla 8-4 Lista de cantidades del material requerido para desarrollo de terminal de contenedores, Fase B, Escenario Base

Elemento		Cantidad	Unidad	Tarifa unitaria	Cost per ítem	Total
<b>Equipo terminal</b>						<b>\$17.900.000</b>
	Grúas pórtico (grúas para ocuparse de barcos mayores)	pcs	1	\$13.000.000	\$13.000.000	
	RTG	pcs	2	\$1.900.000	\$3.800.000	
	Tractores para terminal	pcs	4	\$130.000	\$520.000	
	Remolque de terminal	pcs	7	\$40.000	\$280.000	
	Apilador de contenedores vacíos (empty stacker)	pcs	1	\$300.000	\$300.000	
<b>Total</b>						<b>\$17.900.000</b>

Tabla 8-5 Lista de cantidades del material requerido para desarrollo de terminal de contenedores, Fase B, Escenario Alto

Elemento		Cantidad	Unidad	Tarifa unitaria	Cost per ítem	Total
<b>Equipo terminal</b>						<b>\$38.220.000</b>
	Grúas pórtico (grúas para ocuparse de barcos mayores)	pcs	2	\$13.000.000	\$26.000.000	
	RTG	pcs	5	\$1.900.000	\$9.500.000	
	Tractores para terminal	pcs	14	\$130.000	\$1.820.000	
	Remolque de terminal	pcs	15	\$40.000	\$600.000	
	Apilador de contenedores vacíos (empty stacker)	pcs	1	\$300.000	\$300.000	
<b>Total</b>						<b>\$38.220.000</b>

### 8.3 La construcción de un atracadero adicional para ferry, carga general y ro-ro.

La siguiente tabla presenta la lista de cantidades del material requerido para la construcción del atracadero adicional para ferry, carga general y ro-ro y estimación de costos.

Tabla 8-6 Lista de cantidades del material requerido para la construcción de un atracadero adicional para ferry, carga general y ro-ro.

Elemento	Cantidad	Unidad	Tarifa unitaria (USD)	Cost per ítem (USD)	Total (USD)
<b>Muelle</b>					<b>20.664.000</b>
Muelle sobre pilotes (11m profundidad)	210	m	80.000	16.800.000	
Imprevistos (20%)				3.360.000	
Ingeniería (3%)				504.000	
<b>Terminal</b>					<b>2.928.000</b>
Pavimentos	35.000	m <sup>2</sup>	40	1.400.000	
Servicios (agua potable, pluviales, etc.)		global	300.000	300.000	
Edificios (incl. puertas de ingreso)		global	200.000	200.000	
Sistema eléctrico	1	global	500.000	500.000	
Imprevisto (20%)				480.000	
Ingeniería (2%)				48.000	
<b>Dragado Capital</b>					<b>411.400</b>
Movilización /desmovilización	1	pcs	100.000	100.000	
Zonas de atraque	30.000	m <sup>3</sup>	8	240.000	
Imprevistos (20%)				68.000	
Ingeniería (1%)				3.400	
<b>Total</b>					<b>24.003.400</b>

## 8.4 Mejora de la terminal a granel (puesto 4)

La siguiente tabla presenta la lista de cantidades del material requerido para la mejora de la terminal a granel y estimación de costos.

Tabla 8-7 Lista de cantidades del material requerido para la mejora de la terminal a granel y estimación de costos

Elemento		Cantidad	Unidad	Tarifa unitaria (USD)	Cost per ítem (USD)	Total (USD)
<b>Estructura para bandas transporatadoras</b>						<b>2.500.000</b>
	Fundaciones para bandas transportadoras				2.500.000	
<b>Terminal</b>						<b>2.830.400</b>
	Recuperación de terreno ((relleno + compactación)	20.000	m3	7	140.000	
	Pavimentos	12.000	m2	40	480.000	
	Servicios (agua, drenajes, etc.)	1	global	500.000	500.000	
	Edificios (Incluye puertas de ingreso y cualquier nuevo edificio)	1	global	200.000	200.000	
	Imprevistos (20%)				464.000	
	Ingeniería (2%)				46.400	
<b>Equipo terminal</b>						<b>24,111.700</b>
	Sistema bandas transportadoras con sus accesorios incluyendo los incl. silos (ver sección 7.5.2)				22.871.700	
	ShoreTension	pcs	4	310.000	1.240.000	
<b>Total</b>						<b>29.442.100</b>

## 8.5 Área de estacionamiento de camiones

El costo estimado del estacionamiento de vehículos se muestra en la Tabla 8-8.

Tabla 8-8 Estimación de costos para el estacionamiento de camiones

Descripción del renglón	Unidad	Cantidad	Costo unitario (USD)	Total (USD)
Protección de la orilla	m	260	200	52.000
Limpieza, desmonte, incluye demoliciones	m <sup>2</sup>	20.300	2	20.302
Excavación	m <sup>3</sup>	30.450	6	182.700
Subbase (150mm)	m <sup>3</sup>	6.090	30	182.700
Base	m <sup>3</sup>	3.045	60	182.700
Pavimento asfáltico (100mm)	m <sup>2</sup>	20.300	30	609.000
45 m poste de iluminación	[-]	1	120.000	120.000
CCTV y sistemas electromecánicos	global	1	50.000	50.000
Restaurant	m <sup>2</sup>	300	1.050	315.000
Baños / duchas	m <sup>2</sup>	50	1.000	50.000
Oficina previa	m <sup>2</sup>	100	1.150	115.000
Demarcación	global	1	10.000	10.000
Malla perimetral y portones	m	566	45	25.470
Topes de camión	un	91	108	9.828
Cordón y cuneta de concreto	m <sup>2</sup>	566	45	25.470
Acera de concreto	m <sup>2</sup>	849	40	33.960
			<b>Total</b>	<b>2.004.428</b>

## 8.6 Medidas para disminuir el tiempo de inactividad en el Puesto 4

En la Sección 7.7 se presentó la solución para reducir el tiempo de inactividad en Puesto 4, en el cual se utilizaron los sistemas ShoreTension. El costo de los sistemas ShoreTension (Compra, instalación) ya está incluido en el Proyecto "Mejora de la terminal a granel (puesto 4)" en la Sección 8.4.



## 8.7 Estabilización de la Costa

La solución para mitigar la erosión de la costa en el norte del puerto de Caldera se presentó en la Sección 7.8, que es la alimentación de las playas en combinación con la construcción de un espigón para evitar que los sedimentos lleguen al río y al puerto. La arena se suministra dragando la trampa de sedimento y se puede descargar a la costa. Por lo tanto, el costo del suministro de arena ya está incluido en el dragado de la trampa de sedimentos en la Sección 8.1. Esta sección presenta la lista de cantidades y el costo de la construcción del espigón, ver Tabla 8-9.

Tabla 8-9 Lista de cantidades, construcción del espigón por estabilización de la costa

Elemento	Subelemento	Cantidad estimada	Unidad	Costo unitario (USD)	Costo total (USD)
<b>Espigón</b>	Movilización /desmovilización	1	Pcs.	500.000	500.000
	Cantera	12.500	m3	70	875.000
	60 -300kg roca	4.600	m3	90	414.000
	0,3-1t roca	500	m3	100	50.000
	1-3t roca	1.300	m3	140	182.000
<b>Total parcial</b>					2.021.000
Imprevistos (20%)					404.200
Ingeniería (4%)					80.840
<b>Total</b>					<b>2.506.040</b>

## 8.8 Reubicación del puerto de servicio y desarrollo de instalaciones de guardacostas

La siguiente tabla presenta la estimación de costos por la reubicación del puerto de servicio y desarrollo de instalaciones de guardacostas.

Elemento		Cantidad	Unidad	Tarifa unitaria (USD)	Cost per ítem (USD)	Total (USD)
<b>Muelle</b>						<b>3.936.000</b>
	Puerto de Servicio y muelle de guardacostas	160	m	20.000	3.200.000	
	Imprevisto (20%)				640.000	
	Ingeniería (3%)				96.000	
<b>Terminal</b>						<b>2.989.000</b>
	Recuperación de terreno (relleno y compactación)	50.000	m3	7	350.000	
	Pavimentos	10.000	m2	30	300.000	
	Servicios (agua potable, sistema pluvial,, etc.)	1	global	200.000	200.000	
	Edificios (incl. puertas)	1	global	1.500.000	1.500.000	
	Sistema eléctrico	1	global	100.000	100.000	
	Imprevisto (20%)				490.000	
	Ingeniería (2%)				49.000	
<b>Dragado Capital</b>						<b>1.669.800</b>
	Movilización /desmovilización	Incluida en la Sección 8.2				
	Área de atraque/ canal / bahía	230.000	m3	6	1.380.000	
	Imprevisto (20%)				276.000	
	Ingeniería (1%)				13.800	
<b>Total</b>						<b>8.594.800</b>

## 9 ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO

### 9.1 Introducción

Este capítulo evalúa la viabilidad financiera de los proyectos propuestos:

- Proyecto 2 (terminal de contenedores) y proyecto 3 (carga general/atracadero de ro-ro), juntos para formar un terminal multipropósito para casi todas las cargas, excepto a los graneles sólidos.
- Proyecto 4+6 (embarcadero a graneles sólidos), donde se descargará todo graneles sólidos (cereales y fertilizantes).

La excepción a la división de carga es el coque de PET que, aunque es a granel seco se manejará en la terminal multipropósito con el fin de evitar la contaminación de los cereales y fertilizantes en la terminal de los graneles sólidos, puesto 4.

El análisis de la viabilidad financiera se realiza utilizando las siguientes suposiciones:

- INCOP actúa como propietario y da los proyectos en concesión como contratos BOT (construir-operar-transferir) a concesionaria (s). Esto significa que la concesionaria será responsable de las inversiones en infraestructura, equipos, mantenimiento y costos de operación. Todos los ingresos de la carga y el buque se le acumularán a la concesionaria. El INCOP recibirá un canon de la concesionaria, expresado en un porcentaje de los ingresos del concesionario.
- Las concesiones son de 30 años, comenzando en el año 2020 y terminando así al final del año 2049.
- Concesiones se consideran nuevos contratos, y pueden ser tomadas por la concesionaria existente o por un nuevo concesionario, esto no hace una diferencia para los cálculos.
- La infraestructura existente en el terminal multipropósito es antigua y se considera que no tiene valor contable. Sólo el equipo tiene valor y será asumido a un costo por la nueva concesionaria.
- La infraestructura existente en el embarcadero de los graneles sólidos es relativamente nueva y tiene un valor. La concesionaria se hará cargo de la infraestructura existente a un costo al inicio de la nueva concesión.
- La concesionaria se hará cargo de las operaciones existentes al inicio de 2020. Tendrá ingresos de las operaciones existentes (y los costos operativos) durante 2020 y 2021, mientras que está invirtiendo en nuevas infraestructuras. No se considera la pérdida de ingresos debida a obras de construcción.

Los Proyectos (2 + 3 y 4+6) han sido analizados como concesiones separadas. Sin embargo, el consultor ha incluido una combinación de los dos proyectos (2+ 3, y 4+6), en caso de que sea un solo Concesionario será convertirse en operador del todo puerto y emprender las inversiones. Un único operador puede tener la oportunidad de compensar los flujos de caja de efectivo dentro de los proyectos para optimizar la inversión global. Esto también puede facilitar la financiación de los proyectos mejor.

Algunas variables se han incluido, pero pueden alterarse, dependiendo de las negociaciones entre el INCOP y el concesionario:

- Inversión y mantenimiento en el puerto de servicio para remolcadores y pilotos. Actualmente, estos costos se han atribuido al 80% al proyecto 2 + 3 y al 20% al proyecto 4+6 (como sugerido por INCOP). Sin embargo, también se puede argumentar que esto debería ser una inversión pública (INCOP).
- El espigón contra el flujo de sedimentos evita que la sedimentación entre al puerto. Similar al puerto de servicio, el espigón del sedimento se ha atribuido para el 80% al proyecto 2 + 3 y para el 20% al proyecto 4+6.
- Porcentaje de canon: fijado ahora en 15% para el proyecto 2 + 3 y 5% para el proyecto 4+6, en consonancia con las concesiones y los niveles actuales de canon según lo especificado por la ley. Sin embargo, como se demostrará, las variaciones en el canon serían beneficiosas para el INCOP y la concesionaria.

## 9.2 Ingresos

Los ingresos brutos de los proyectos son una combinación de ingresos por el manejo de la carga, así como los ingresos procedentes de las tarifas de amarre y desamarre y atraque. Las tarifas varían según tipo de carga y el tipo de manejo. Las tarifas se han obtenido de RESOLUCIÓN 784-RCR-2012 y actualizado durante las discusiones con INCOP.

Los ingresos totales se calculan a partir de la multiplicación de las cantidades proyectadas de cargas, así como el número de arribos por tipo de barco y clase de tamaño.

### 9.2.1 Proyecto 2 y 3: terminal de contenedores, ro-ro y ferry

Las tarifas para la terminal de contenedores, las instalaciones de ro-ro y ferry son las siguientes:

Tabla 9-1: Tarifas (Proyecto 2 y 3), USD por unidad

Tipo de carga/recipiente	Manejo de carga, USD	Amarre/desamarre USD/GRT	Atraque USD/LoA/HR
<b>Ro-ro (vehículos)</b>	8,72	0,14	0,39
<b>Ferry</b>	8,72	0,14	0,39
<b>Carga general</b>	14,28	0,14	0,39
<b>Hierro y acero</b>	5,04	0,14	0,39
<b>Atún</b>	3,32	0,14	0,39
<b>Fruta paletizada</b>	6,38	0,14	0,39
<b>Coque PET</b>	7,14	0,14	0,39
<b>Graneles líquidos</b>	2,00	0,14	0,39
<b>Contenedores</b>	123,15	0,14	0,39

Sobre la base de las proyecciones de carga y tráfico, se proyecta que los ingresos crezcan de 53.5 millones de USD en 2020 (año 1) para 92.9 millones USD en 2049 (año 30). Los ingresos brutos totales en el caso base se proyectan en 2.26 Mil millones USD. Alrededor del 83% de los ingresos son generados por contenedores y el tráfico de buques.

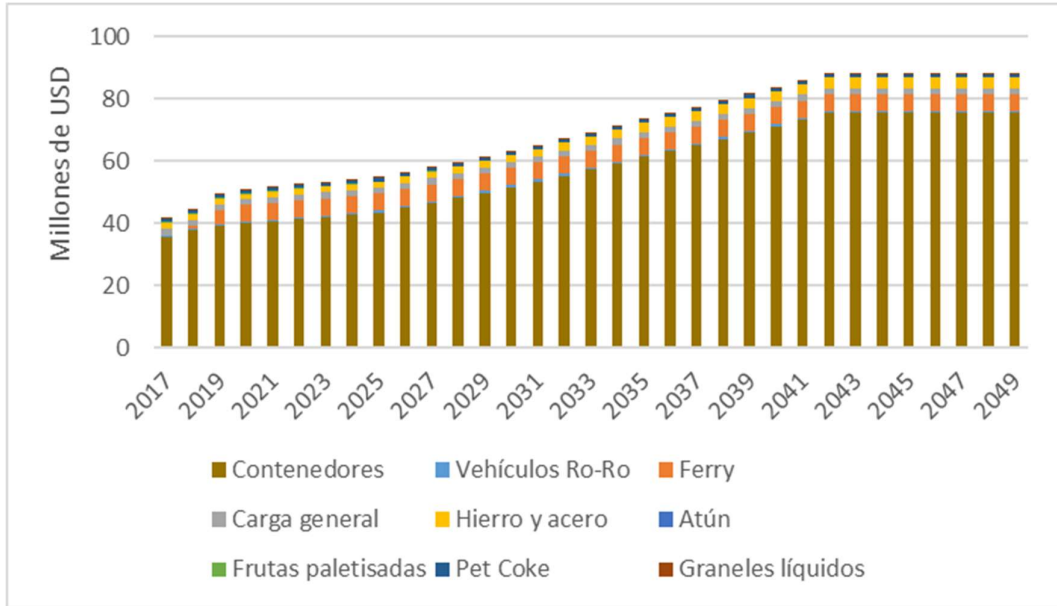


Figura 9-1: Bruto manejo de carga ingresos por tipo de carga, USD millones por año

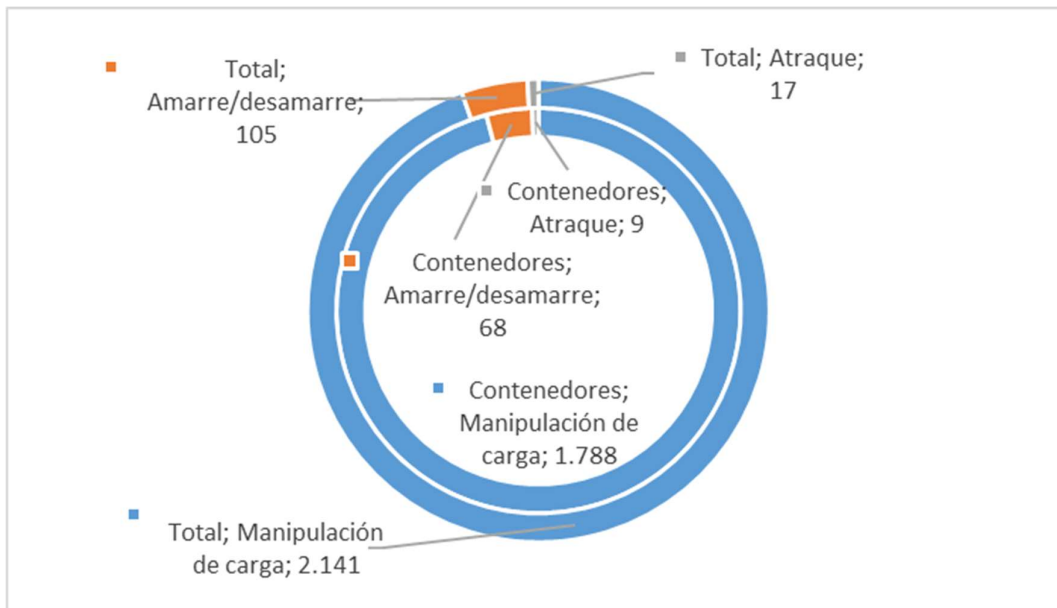


Figura 9-2: Ingresos brutos del proyecto 2020-2049 por fuente principal, millones de USD

### 9.2.2 Proyecto 4+6: terminal de gráneles sólidos

Con una proporción de alrededor del 80%, los cereales son el producto principal que se maneja en el terminal de gráneles sólidos. Las tarifas para las proyecciones de ingresos son las siguientes:

Tabla 9-2: Tarifas en la terminal de graneles sólidos, USD por unidad

Tipo de carga/recipiente	Manejo de la carga, USD/MT	Amarre/desamarre USD/GRT	Atraque USD/LoA/HR
Cereales	5,81	0,18	0,50
Otro graneles sólidos	7,24	0,18	0,50

Los ingresos brutos totales de manejo de carga para la terminal crecen de 14,1 millones USD en 2020 a 19,6 millones USD en 2049. El manejo de la carga representa el 95% de los ingresos totales. Los ingresos totales aumentan de 14,9 millones USD a 20,7 millones USD por año 30. De la manipulación total de la carga, los cereales representan el 80%.

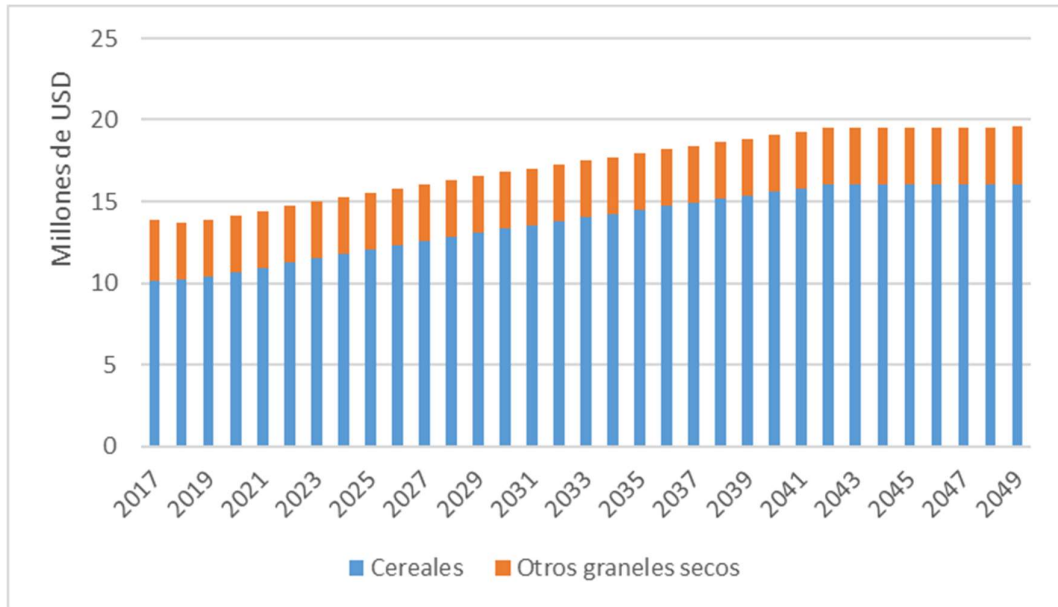


Figura 9-3: Ingresos brutos de manejo de carga por tipo de carga, USD millones por año

Los ingresos brutos totales del proyecto son de 557 millones USD, de los cuales la maneja de carga representa 527 millones USD.

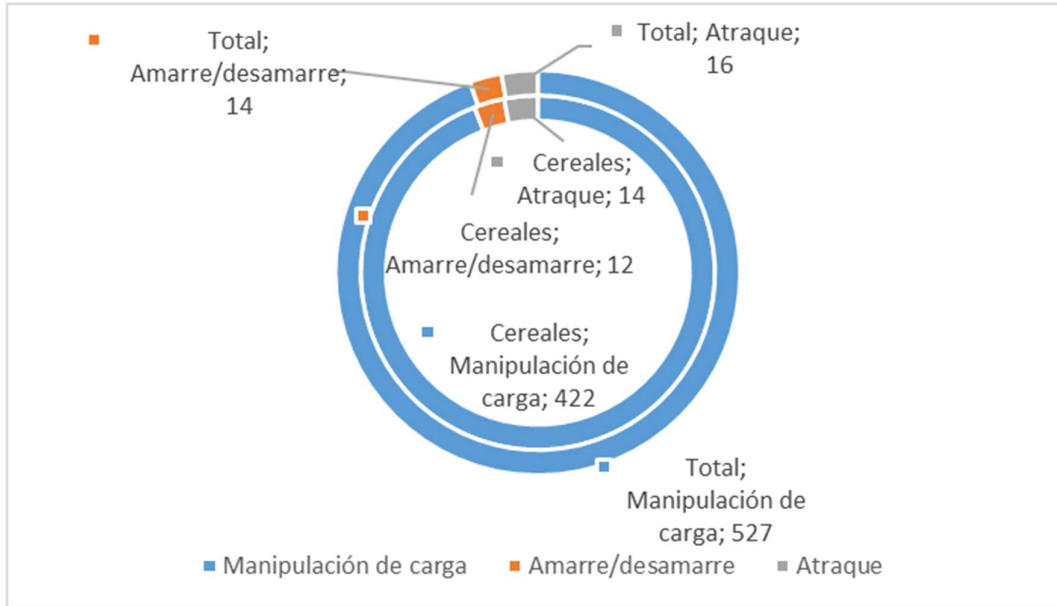


Figura 9-4: Ingresos brutos del proyecto 2020-2049 por fuente principal, millones de USD

### 9.2.3 Combinación proyectos

Los ingresos totales de los proyectos combinados crecen de 68 millones USD en 2020 a 114 millones USD en 2042, momento en el que se lograrán ingresos máximos.

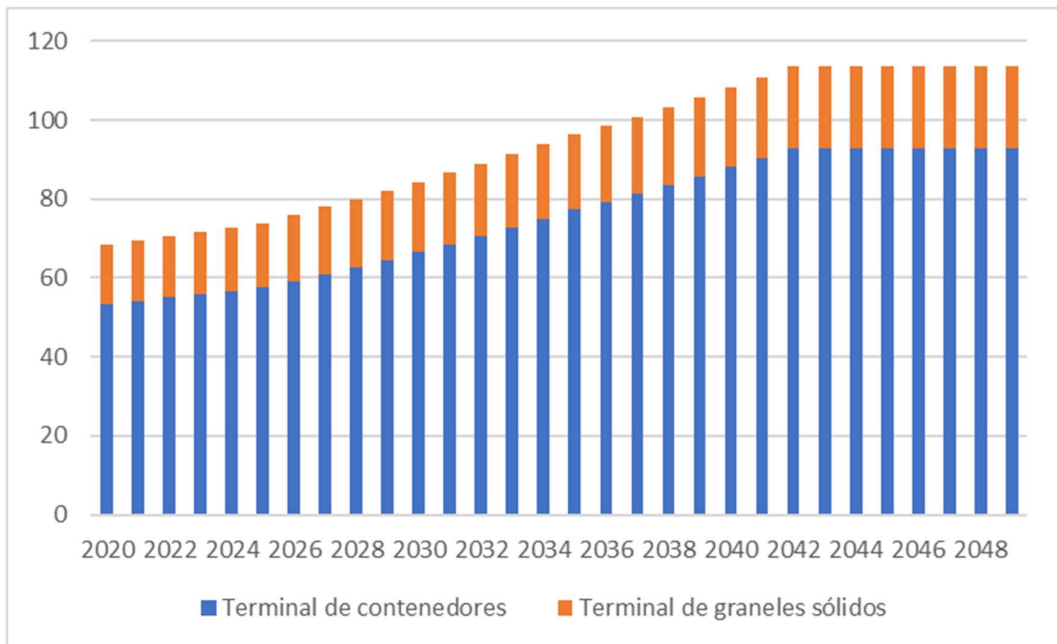


Figura 9-5: Ingresos brutos del proyecto 2020-2049 por terminal principal, millones de USD

Los ingresos brutos totales se proyectan en 2,8 mil millones USD durante el período de concesión de 30 años. El manejo de carga cuenta por casi 2,7 mil millones USD, y el terminal de contenedores por 2,27 mil millones USD.

Tabla 9-3: Ingresos brutos proyectados del proyecto, período de concesión a 30 años, USD

Artículo	Terminal de contenedores	Terminal de graneles sólidos	Total
El manejo de carga	2.141	527	2.668
Amarre/desamarre	105	14	119
Atraque	17	16	33
<b>Total</b>	<b>2.263</b>	<b>557</b>	<b>2.820</b>

## 9.3 Inversiones

### 9.3.1 Proyecto 2 y 3: Terminal de contenedores, ro-ro y ferry

Las inversiones totales para la construcción de la primera fase del terminal de contenedores (ex agrupando el Roro y ferry), como proyectadas, tienen una cantidad de 170,8 millones de USD. Se prevé que 80% de las inversiones tendrá lugar en 2020 y 2021, el resto en 2029 y 2030. La excepción es el dragado capital, que tiene lugar completamente en 2020 y 2021. La inversión para 2020 incluye la compra de los equipos existentes por el nuevo concesionario. El monto de inversiones total en 2020 y 2021 entonces es de 140,2 millones de USD. La inversión en los proyectos de apoyo atribuido al terminal de contenedores (16,5 millones de USD) tiene lugar en 2020.

La segunda fase, prevista para 2029 y 2030, incluye el 20% restante de las inversiones de la fase 1 más una pequeña inversión de 0,4 millones de USD en el *groynes*, y patios y equipos para el terminal de contenedores (juntos son de 48,5 millones USD). También incluye la ro-ro y la terminal del ferry, total 23,6 millones de USD. El monto de inversiones total en 2029 y 2030 entonces es de 72,1 millones de USD.

Tabla 9-4: Inversiones en terminal proyecto 2 y 3 por año de inversión como aplicado en el modelo financiero, USD Millones

Inversión	Terminal de contenedores fase 1	Terminal de contenedores fase 2	Roro Ferry Carga general	Total
Estacionamiento camiones (tarea 4)	1,6	0,2		2,0
Compra equipo existente	8,5	2,1		10,6
Muelle	52,7	13,2	20,6	86,6
Terminal	23,6	5,9	2,9	32,4
Dragado capital	17,8			17,8
Equipo	36,1	26,9		63,0
<b>Total</b>	<b>140,2</b>	<b>48,3</b>	<b>23,6</b>	<b>211,9</b>
Proyectos de apoyo (80%)	16,1	0,4		16,5
<b>Total</b>	<b>156,4</b>	<b>48,7</b>	<b>23,6</b>	<b>228,5</b>



### 9.3.2 Proyecto 4+6: Terminal de graneles sólidos

Las inversiones en el terminal están relacionadas predominantemente con nuevos equipos por 24,1 millones USD, trabajos al muelle y terminal de 5,3 millones de USD y la adquisición del embarcadero existente en el valor contable estimado al final del año 2019. Este fue construido en 2015 en un valor de 32,5 millones USD. El período de amortización es de 12 años, que con un esquema de amortización lineal significa que cada año se deprecian 2,7 millones USD. Al final 2019, Cinco años de depreciación se han acumulado por un valor total de 13,5 millones USD. Esto significa que el valor contable estimado residual de esas instalaciones asciende a 18.96 millones USD. De los proyectos de apoyo, un 20% es atribuido al proyecto 3, un monto de 4 millones de USD.

El total de las inversiones entonces para el terminal, puesto 4 es 52,4 millones de USD.

Tabla 9-5: Inversiones en terminal de gráneles sólidos por elemento principal en USD Millones

Inversión	USD Millones
Muelle (soporte para las bandas transportadoras)	2,5
Terminal	2,8
Dragado	0,0
Equipo	24,1
<b>Total</b>	<b>29,4</b>
Proyecto de apoyo (sedimentos + servicio)	4,0
La compra de embarcadero existente	18,9
<b>Total de la inversión del proyecto</b>	<b>52,4</b>

### 9.3.3 Los proyectos combinados

Las inversiones totales de los proyectos combinadas para la primera fase dan un monto de 208,8 millones de dólares, con el terminal de contenedores que representa 75% del total. La segunda fase abarcará más inversiones en el terminal de contenedores, más equipos para la terminal de contenedores y las inversiones en infraestructura para el ro-ro/terminal de ferry, por un total de 72,4 millones USD.

Tabla 9-6: Inversiones totales por año de inversión, proyectos 2, 3, y 4+6 Usd Millones

Proyecto	2020	2021	Total fase 1	2029	2030	Total fase 2	Total
Proyecto 1+2	91,3	65,1	156,4	36,4	36,0	72,4	228,9
Proyecto 3	37,7	14,7	52,4	-	-	-	52,4
<b>Total proyecto inversión</b>	<b>129,0</b>	<b>79,8</b>	<b>208,8</b>	<b>36,4</b>	<b>36,0</b>	<b>72,4</b>	<b>281,3</b>

Las cifras pueden no coincidir debido al redondeo

## 9.4 Los costos operacionales

Los costos operacionales de los terminales se pueden dividir en mantenimiento y reparación, manejo de carga, administración y otros costos generales. Parte de los costos de operación son fijos, como la administración, pero parte de ellos varían con la cantidad de carga y el tráfico que se maneja en las terminales. Este es el desgaste regular que se intensifica a medida que se realizan más horas de trabajo. Además, el personal necesita ser escalado a mayores tasas de rendimiento de carga.

Todos los costos están en USD por 2019. No se ha tenido en cuenta la inflación en el modelo. Tampoco se han incorporado los posibles impactos de la inflación del precio de los insumos debido a posibles dislocaciones del mercado. Un ejemplo podría ser, por ejemplo, un aumento repentino o una caída del precio del petróleo, que podría afectar el componente de combustible de los costos de operación. Se asume que esas variaciones se sitúan en el promedio de ellas durante el período del contrato de concesión.

### 9.4.1 Proyecto 2 y 3: terminal de contenedores, ro-ro y ferry

Los costos se han calibrado sobre la base de los informes financieros recibidos por el consultor y el recuento de los totales publicados para 2017. El consultor ha deducido los costos de amortización de los costos de operación después de 2020, con el fin de evitar el doble conteo. La depreciación se incluye en el costo operativo de los estados financieros como recibidos. Asimismo, los costos financieros se han eliminado de los costos operativos, ya que se tratan como una línea separada en los extractos de flujo de caja.

- La mitad de los costos operativos, corregida por depreciación, para la terminal de contenedores se supone que varían con el volumen del contenedor, se asume que la otra mitad es fija.
- Los costos de mantenimiento varían con los volúmenes de la carga.
- Los costos totales de operación en 2017 ascendieron a 29,7 millones USD, incluyendo la depreciación de 2,5 millones USD y los costos financieros de 450.000 USD. Excluyendo estos dos artículos, los costos de operación ascendieron a 26,8 millones USD.
- De este total, 20,9 millones USD se consideran costos de operación, 2,7 millones USD como de mantenimiento y 3,2 millones USD como administrativos.
- A medida que se realizan las nuevas inversiones, los costos de mantenimiento será ascenso por 1.2 millones de USD en 2021. Los otros costes aumentan de manera proporcional con el rendimiento del contenedor proyectado como se dijo anteriormente.
- El desglose de los costos operacionales es el siguiente en 2017 y 2021.

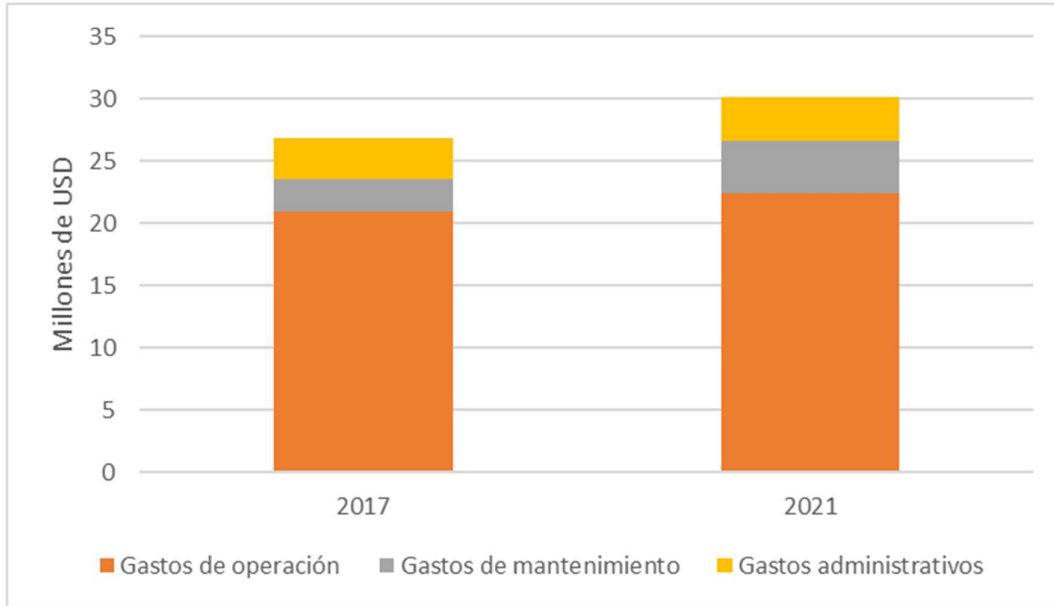


Figura 9-6: Costos de operación por tipo, comparados 2017 y 2021, USD millones por año

Para el período del Proyecto, los costos operativos totales aumentaron de 30.1 millones de USD en 2021 a 45.7 millones de USD al año para el último año del período de concesión.

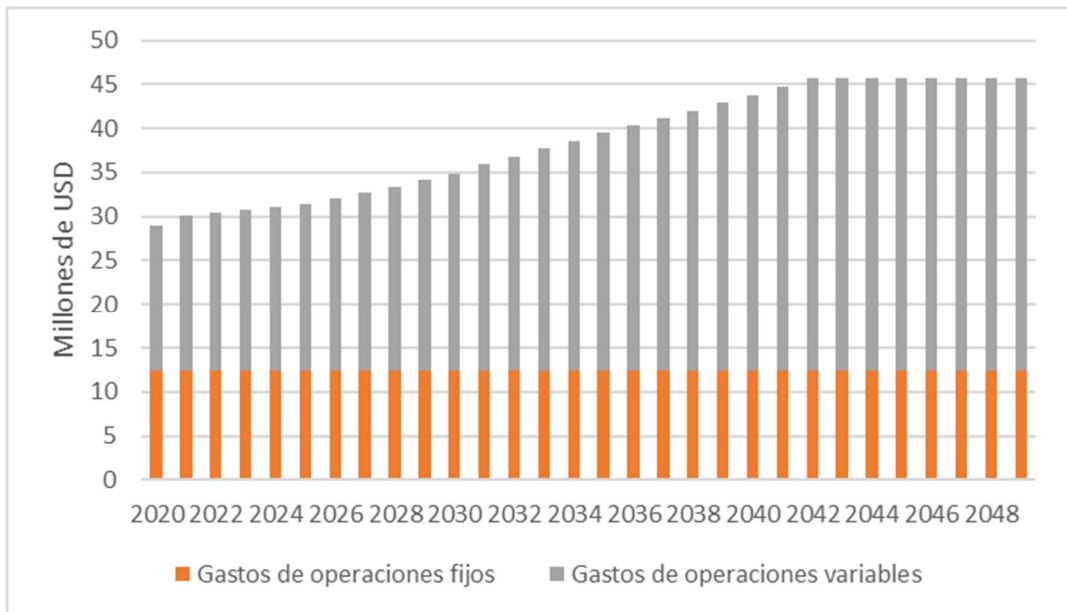


Figura 9-7: Costos operativos fijos y variables, terminal de contenedores (Proyecto 2 y 3), millones de USD por año

## 9.4.2 Proyecto 4+6: terminal de graneles sólidos

Al igual que con la terminal de contenedores, los costos de operación de la terminal de graneles sólidos se han calibrado sobre la base de los informes financieros recibidos. La depreciación y los costos financieros se han eliminado de los costos operativos para el período posterior a 2022.

Los costos de operación se han estimado de abajo hacia arriba. Se ha preparado una evaluación completa de la mano de obra, así como el uso del equipo. El uso del equipo se ha calculado para la plena ocupación al final del período de concesión.

El costo de la electricidad es de US\$0.21 por KWH y el uso final total se estima en 4,7 GWH por año.

Los gastos generales fijos incluyen la mano de obra, estimada en 138 empleados, costos de IT, capacitación, comunicaciones, primas de seguros, *marketing*, gestión. Estos costos combinados son de 4,5 millones USD. Esto asciende a 1,4 USD/MT manejado.

El desglose de los gastos generales fijos es la siguiente:

Tabla 9-7: Gastos generales fijos, USD por año

Elemento de coste operativo fijo	USD/año	% del total fijo
<b>Sueldos, salarios y beneficios del personal</b>	\$3.033.000	68
<b>Gastos /suministros de oficina</b>	\$50.000	1
<b>Comunicación/relación pública</b>	\$40.000	1
<b>General gastos /entrenamiento</b>	\$50.000	1
<b>Seguro primas equipo</b>	\$241.117	5
<b>Seguro infraestructura</b>	\$26.652	1
<b>Seguro responsabilidad</b>	\$50.000	1
<b>Marketing honorario /promociones</b>	\$200.000	4
<b>Honorario gerencia</b>	\$500.000	11
<b>Servicios de copia de seguridad</b>	\$300.000	7
<b>Total</b>	<b>\$4.490.769</b>	<b>100</b>

Los totales de los costos operativos tuvieron una subida de 5,2 millones USD en 2020 a 6,5 millones USD para el último año del período de concesión.

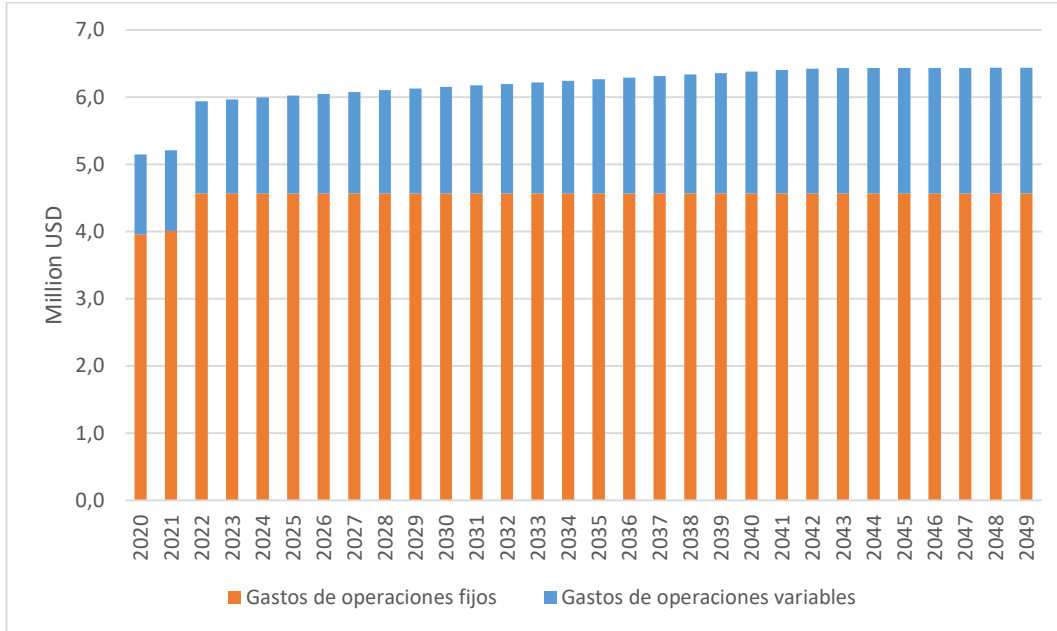


Figura 9-8: Costos de operación fijos y variables, terminal de graneles solidos, USD millones por año

### 9.4.3 Los proyectos combinados

Cuando se combinan los dos proyectos, los costos operativos totales comienzan en 34 millones de dólares en 2020 y aumentan a 52,2 millones de dólares al final del período de concesión. La terminal de contenedores representa el 85% de los costos operativos totales en 2020 y esta proporción aumenta marginalmente al 88% para el año 30.

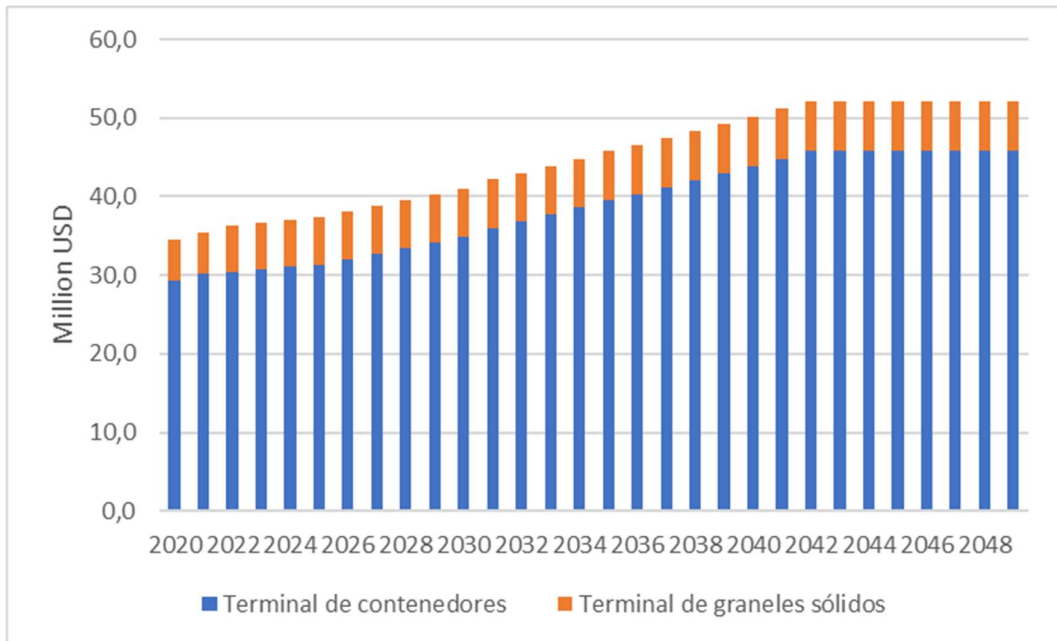


Figura 9-9: Costos operativos totales, terminales combinados, millones de USD por año

## 9.5 Factibilidad de los proyectos

En esta sección, se considera la viabilidad financiera de los proyectos sin tener en cuenta los costos financieros. De hecho, esto simula una situación en la que el inversor financia completamente el proyecto desde sus propios fondos, sin tomar ningún préstamo.

Los proyectos 1+2 generan una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 12,1%, considerando un canon del 15% de los ingresos pagados a INCOP. Se puede argumentar que la nueva concesión de la terminal de contenedores no es una concesión de gestión sino un BOT, que por ley tiene un 5% de canon. En ese caso, la TIR se convierte en el 17,5%.

El Proyecto 3 genera una TIR del 23,4%, a un canon del 5%.

Tabla 9-8: Resultados de la factibilidad financiera de los proyectos

Proyecto	TIR
Proyecto 1+2 (canon 15%)	12,1%
Proyecto 1+2 (canon 5%)	17,5%
Proyecto 3 (canon 5%)	23,4%

## 9.6 Los costos financieros

Es muy probable que el inversor financie parte del proyecto con préstamos comerciales. En las siguientes secciones, se analiza la viabilidad de los proyectos si se financian en parte con préstamos comerciales.

Los costos financieros de los terminales comprenden los reembolsos de préstamos y los intereses pagados en los préstamos. Para ambas terminales, se ha asumido que el concesionario invertirá con un 30% de capital y obtendrá un préstamo bancario (o múltiples préstamos) para el 70% restante. Este mismo porcentaje de deuda se utiliza para las inversiones iniciales y las que tienen lugar más adelante en el proyecto.

Se ha utilizado una tasa de interés del 9%, que está en línea según lo publicado por el Banco Central de Costa Rica para préstamos en dólares a la industria. Es proporcional a un período de baja inflación. Como todas las proyecciones financieras están sin inflación, esta tasa de interés se puede utilizar para proyecciones futuras. Si se incluyera la inflación, se tendrían que utilizar las tasas de interés ajustadas, en consonancia con los anteriores períodos.

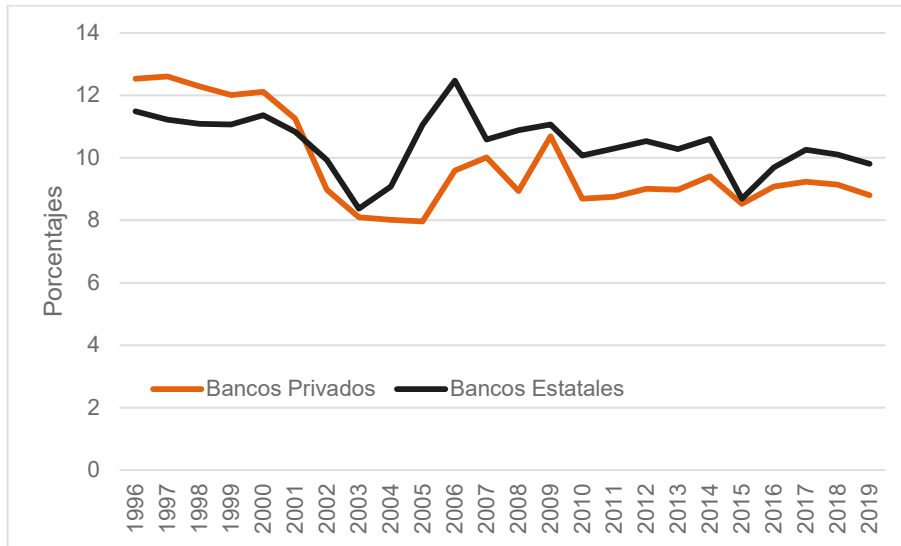


Figura 9-10: Tasas de interés para préstamos en dólares EE. UU. para industria

Fuente: Banco Central de Costa Rica, sitio web:

<https://gee.bccr.fi.cr/indicadoreseconomicos/Cuadros/fmVerCatCuadro.aspx?CodCuadro=489&Idioma=1&FecInicial=1990/01/01&FecFinal=2019/04/16>

Los préstamos se pagan a lo largo de un período de 10 años, después de un período de gracia inicial de dos años. Esto significa que los préstamos se pagan en el año duodécimo. Se pagan intereses sobre el saldo de los préstamos. No se han incorporado tasas separadas para el establecimiento de los préstamos.

No hay otros artículos se toman en consideración. La depreciación no se incluye, ya que no afecta a los flujos de caja.

Además, mientras se toman en consideración múltiples préstamos, los proyectos pueden generar suficiente flujo de caja para financiar automáticamente la totalidad o parte de los préstamos segundo y tercero. Esta es una opción que en última instancia debe hacerse en el momento en que las decisiones de inversión deben tomarse en las próximas fases.

### 9.6.1 Proyecto 2 y 3: terminal de contenedores, roro y ferry

Para la terminal de contenedores, se prevé un total de tres préstamos, en consonancia con las inversiones que deben emprenderse en la terminal. Se necesitan dos préstamos para cubrir las inversiones en la fase 1 y la fase 2; el tercer préstamo se necesita en 2038 cuando urgen reemplazos de equipos. La cantidad total de inversiones es de 264,6 millones de dólares, de los cuales 184,0 millones de USD es proyectado para ser cubierto por préstamos. El interés total que debe pagarse en los préstamos es de 108,3 millones de dólares.

La carga financiera media durante el primer período de préstamo asciende a 30% de los ingresos brutos. La carga aumenta al 35% después del pago de regalías y poco más de 80% después de deducir los costos operacionales. En los primeros dos años después de que se completen las inversiones, la carga financiera está por encima del 100% del efectivo disponible después del pago de regalías y costos de operación. En la práctica, esto significa que se requieren aplazamientos a los pagos de intereses, o se aceptan ajustes a las regalías, con el fin de garantizar que el proyecto tiene suficiente líquido.

Las inversiones y los préstamos son los siguientes:

Tabla 9-9: Resumen de inversiones y préstamos, terminal de contenedores, millones de USD

Préstamo	Inversión	Préstamo	Total pagos de intereses	Inicio del préstamo
<b>Préstamo 1 (fase 1)</b>	156,4	109,4	64,0	2020
<b>Préstamo 2 (fase 2)</b>	72,1	50,5	29,5	2029
<b>Préstamo 3 (reemplazos de equipos)</b>	36,1	25,1	14,8	2038
<b>Total</b>	<b>264,6</b>	<b>184,0</b>	<b>108,3</b>	-

### 9.6.2 Proyecto 4+6: terminal de graneles sólidos

Para la terminal de graneles sólidos, se prevén dos préstamos, en consonancia con las inversiones que deben emprenderse en la terminal. Se necesita un préstamo para cubrir las inversiones iniciales; se requiere de un segundo préstamo en 2040 cuando urgen reemplazos de equipos. La cantidad total de inversiones es 76,5 millones de dólares, de los cuales 43,6 millones de dólares se prevé que estén cubiertos por préstamos.

La carga financiera media durante el primer período de préstamo asciende al 30% de los ingresos brutos, y aumenta al 32% después del pago de regalías (la diferencia con el terminal de contenedores se debe a la toma de regalías diferente, véase el párrafo sobre regalías) y el 52% después de la deducción de los costos operacionales.

El interés total que debe pagarse en los préstamos es 31,4 millones de dólares. Las inversiones y los préstamos son los siguientes:

Tabla 9-10: Resumen de inversiones y préstamos, terminal (puesto 4), USD millones

Préstamo	Inversión	Préstamo	Total pagos de intereses	Inicio del préstamo
<b>Préstamo 1</b>	52,4	36,7	21,5	2020
<b>Préstamo 2</b>	24,1	16,9	9,9	2040
<b>Total</b>	<b>76,5</b>	<b>43,6</b>	<b>31,4</b>	



### 9.6.3 Los proyectos combinados

El pago del préstamo y el perfil de intereses para los proyectos combinados muestran la carga frontal de las inversiones y las necesidades de endeudamiento. Anualmente, los pagos de intereses en los primeros años son de alrededor de 15 millones USD, mientras que los reembolsos de préstamos son de 16,4 millones USD. Después del período de préstamo inicial de 12 años, la carga financiera disminuye sustancialmente a por debajo de 5 millones USD anualmente hasta 2040 cuando la tercera y última inversión se lleva a cabo en la terminal de contenedores.

La carga financiera combinada en los primeros diez años del proyecto promedia el 30% de los ingresos brutos y el 34% de los ingresos después del pago de regalías. La carga después de los costos operativos y regalías es del 80% durante este período.

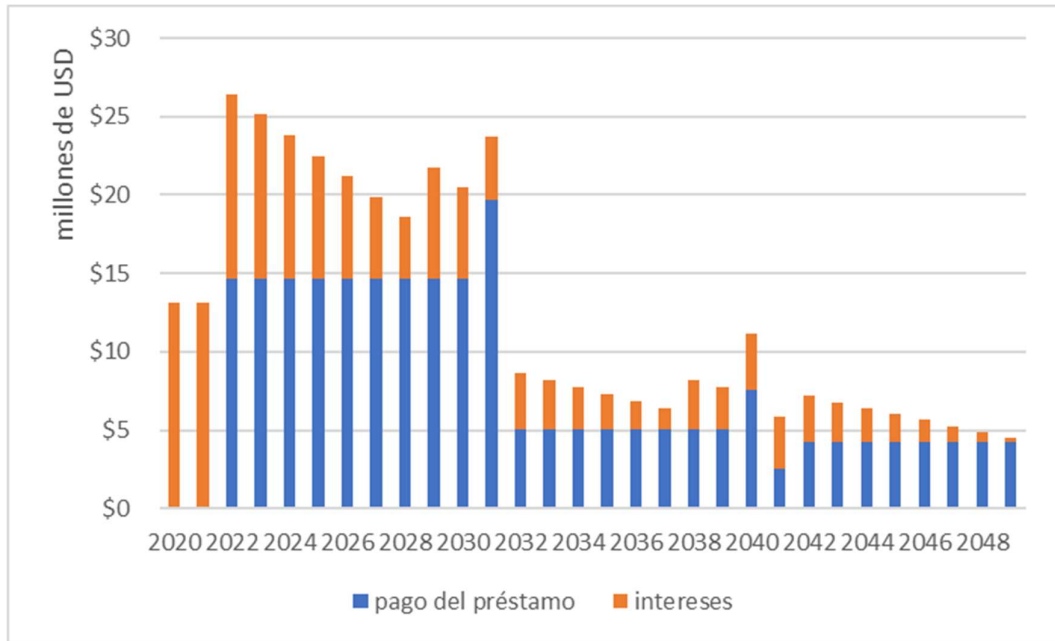


Figura 9-11: Reembolsos de préstamos y pagos de intereses, terminales combinados, millones de USD por año

## 9.7 Los pagos de canon

Los pagos de canon se basan en una parte de los ingresos brutos de los terminales. Los consultores entienden que sólo dos tasas de canon diferentes están permitidas por la ley, uno del 5% de ingresos brutos totales en el caso de inversiones en la nueva infraestructura y uno de los 15% de los ingresos brutos en el caso de un contrato de gestión de la infraestructura existente.

El consultor ha calculado el canon para los proyectos sobre la base de que en el terminal de graneles sólidos se aplica una tarifa del 5%, mientras que en la terminal de multipropósito (2 y 3) se aplica una tarifa del 15%. En la sección flujo de caja, el impacto de estas diferencias es mostrado. Sin embargo, se podría argumentar que la terminal de contenedores también debería tener un canon del 5%, ya que se refiere a las inversiones en nuevas infraestructuras.

Los ingresos brutos totales proyectados para el terminal de multipropósito (2 y 3) son de 2,26 mil millones USD durante el período de concesión, y con una tasa de canon del 15%, los pagos a INCOP ascenderán a 339 millones USD a lo largo de 30 años, o alrededor de 11 millones USD al año.

Los ingresos brutos proyectados para el terminal de gráneles sólidos (proyecto 4+6) son casi 557 millones USD, y los pagos a INCOP sobre la base de la tasa de canon del 5% es de 27,9 millones USD, o alrededor de 900.000 USD al año.

Los dos proyectos combinados generan un total de 2,83 mil millones USD de ingresos y un pago de canon combinado de 367 millones USD. Esto equivale a una tasa de canon promedio del 13%.

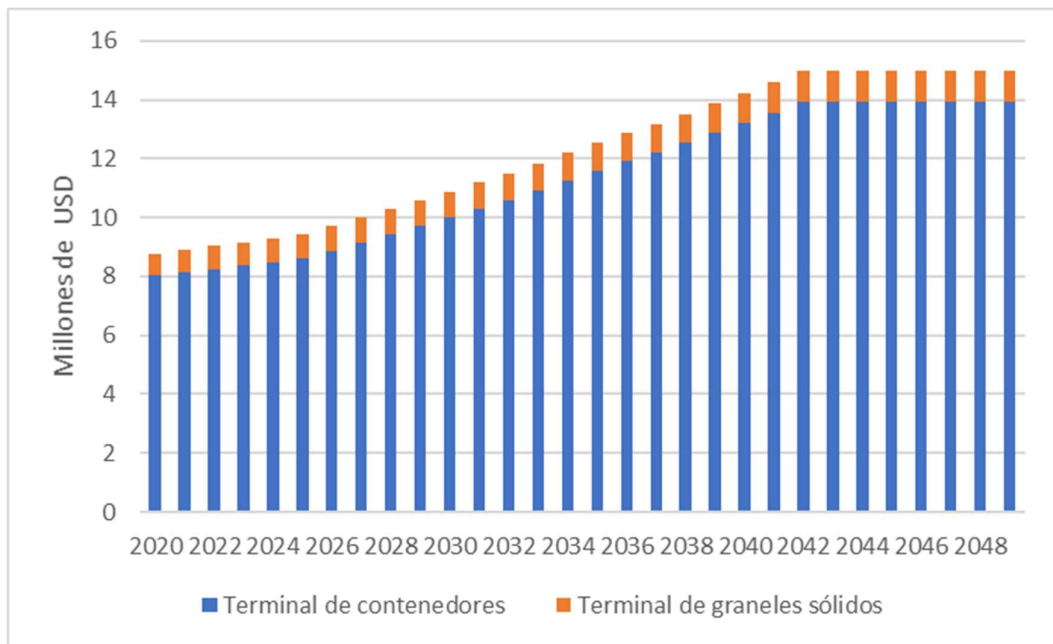


Figura 9-12: Canon pagada por proyecto, USD millones por año

Si el canon en la terminal de contenedores (2 y 3) se reduce al 5%, debido a la nueva naturaleza de la inversión, así como las consideraciones de flujo de caja del proyecto, entonces el canon a INCOP cae de 339 millones USD a 113 millones USD, o unos 3,8 millones USD por año.

## 9.8 Flujos de caja

La tabulación de los ingresos y el cálculo de los costos resultan en un flujo de caja de capital propio con el cual se calculan los ratios financieros. El flujo de caja de capital es importante, ya que es la indicación del atractivo del proyecto (s) para un inversor potencial. También permite una revisión o reevaluación de los elementos principales de los proyectos para aumentar el atractivo de un proyecto, en caso de que los rendimientos potenciales no sean suficientes.

### 9.8.1 Proyecto 2 y 3: terminal de contenedores, ro-ro y ferry

El perfil de flujo de caja del terminal de contenedores (Proyecto 1 y 2) comienza con un flujo de caja negativo. En 2020 y 2021 operaciones en ejecución proporcionan efectivo, pero las inversiones del capital propio (privada) son mayores que los ingresos. Los reembolsos de préstamos comienzan en 2022. Entre 2025 y 2028, se proyecta que el flujo de caja positivo, pero no suficiente positivo para hacer el flujo de caja acumulativo positivo también. En 2029, de nuevo hay una inversión de capital propio y después los flujos de cajas serán positivos. El flujo de caja acumulativo será positivo desde el año 2034.

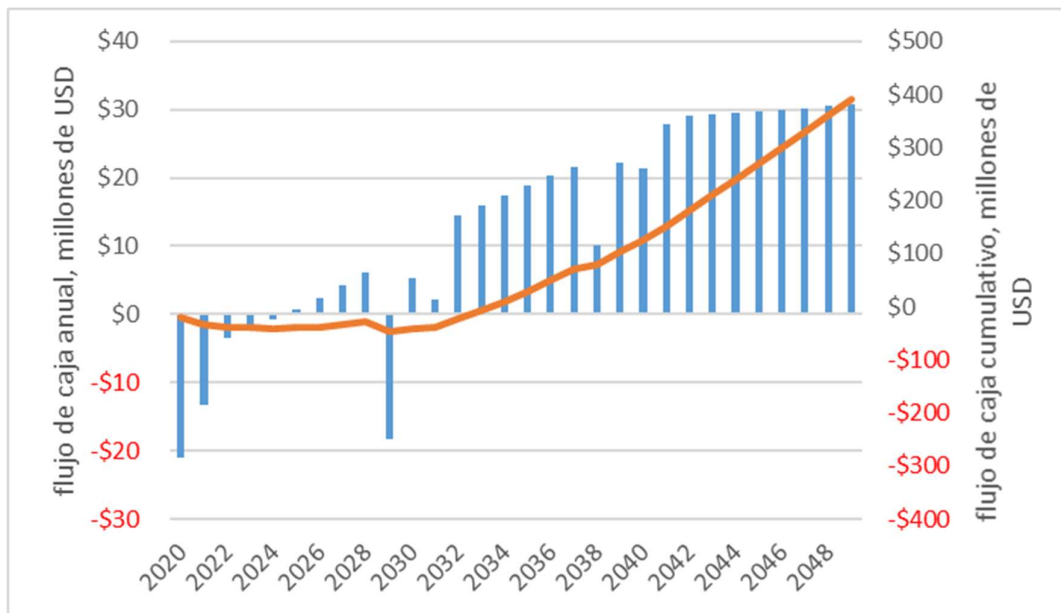


Figura 9-13: Flujos de caja anuales y acumulativos para capital propio, terminal de contenedores USD millones

Debido a la recaudación de canon del 15%, el proyecto tiene un flujo de efectivo negativo durante los primeros años de las operaciones. Esta situación crea una posición negativa acumulativa global. Flujo de caja total en los primeros diez años será de -45,9 millones de dólares. Esta escasez de efectivo deberá cubrirse de alguna manera. Hay tres soluciones inmediatas.

1. El primer enfoque es aumentar los préstamos por el déficit de efectivo. Esto también aumentará el costo financiero, ya que carga al concesionario con mayores costos de interés. Además, dado el corto período de amortización de los préstamos, el problema no se resuelve realmente.
2. La segunda opción es aumentar las tarifas de manipulación, de modo que los ingresos aumenten para cubrir la caída en efectivo en corto plazo. Esto puede no ser una posibilidad adecuada, ya que las tarifas de manipulación también definen la competitividad del puerto.
3. La tercera solución es reducir el canon para el período del déficit. El proyecto contempla una inversión importante e incluso sin canon, tomará varios años antes de que exista un flujo de caja acumulado positivo. Una vez que el flujo de caja es positivo, habrá espacio para un canon que es superior al 5%.

Tabla 9-11: Resumen flujo de caja del capital propio del inversor por interval año, terminal de contenedores, USD millones

Elemento de flujo de caja	1	5	10	15	20	25	30
<b>Ingresos</b>	53,5	56,7	64,7	75,0	85,8	92,9	92,9
<b>Los costos operativos</b>	29,3	31,0	34,1	38,6	42,9	45,7	45,7
<b>Canon</b>	8,0	8,5	9,7	11,3	12,9	13,9	13,9
<b>Resultado operativo</b>	16,1	17,1	20,8	25,2	30,0	33,2	33,2
<b>Los costos financieros</b>	9,9	17,8	17,5	7,8	7,8	3,7	2,5
<b>Flujo de caja antes de la inversión</b>	6,3	-0,7	3,4	17,4	22,3	29,6	30,7
<b>Inversión</b>	-27,4	0,0	-21,8	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>Flujo de caja después de la inversión de capital</b>	-21,1	-0,7	-18,4	17,4	22,3	29,6	30,7
<b>Flujo de caja acumulado</b>	-21,1	-40,8	-45,6	9,8	102,9	240,1	391,3

Dados los flujos de caja negativos en los primeros años del proyecto, la tasa interna de retorno (TIR) es de sólo 13,1%. El período de pago del proyecto es 13 años.

En caso de que las regalías se calculen para ambos extremos 15% y 5%. La TIR será del 13,1% y del 25,6%. El período de pago disminuye de 13 a 5 años, reduciendo significativamente el riesgo de inversión, mientras que el VAN del proyecto asciende a 83 millones USD (con una tasa de descuento del 10%).

Está claro que el proyecto con un canon del 15% no es muy interesante para los inversores privados. En el 5%, los rendimientos potenciales al inversor privado son muy altos, por lo que, probablemente, el inversor puede permitirse el lujo de pagar un canon por encima del 5%. Se aconseja realizar la regalía uno de los criterios de selección de la licitación, en busca de una maximización de la regalía. Así las negociaciones permitirán una posición que incorpore las necesidades de efectivo de la terminal, garantizando al mismo tiempo las necesidades del INCOP.

Tabla 9-12: Resumen de resultados financieros, terminal de contenedores, millones de USD

Artículo	Terminal de contenedores	Ro-ro/ferry	Total	Alternativa con 5% canon
<b>Inversiones totales</b>	156	72	228	228
<b>Capital propio</b>	47	22	69	69
<b>TIR (30años)-(Capital propio)</b>			13,1%	25,6%
<b>Período de pago del proyecto</b>			13	5
<b>Cumulativo efectivo 10 Años</b>			-46	12
<b>VAN</b>			22	83
<b>Total ingresos INCOP 2020-2049</b>			339	113
<b>Total ingresos</b>			2,263	2,263
<b>% proporción de ingresos (canon)</b>			15	5

### 9.8.2 Proyecto 4+6: terminal de graneles sólidos

La terminal de graneles sólidos tiene un flujo de caja positivo después de 2021. Solo en 2020, cuando se realizan las inversiones, tiene un flujo de caja negativo. El acumulativo devuelve positivo desde el año 2023. En el supuesto de que la actividad de manipulación de carga se puede sostener durante la construcción de la nueva terminal, el nuevo concesionario generará fondos que ayuden a financiar parte de la nueva inversión.

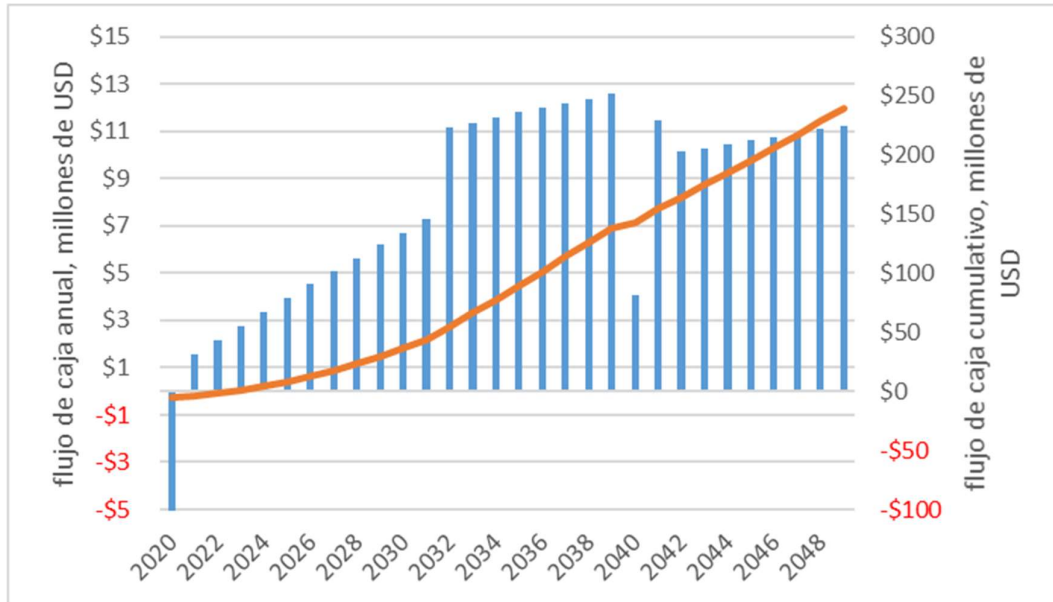


Figura 9-14: Flujos de caja anuales y acumulativos del capital propio, USD millones

El proyecto tiene un flujo de caja positivo de capital propio de poco más de 2 millones USD en el año tres de operaciones, elevándose a 12,6 millones USD al año 20, cuando se emprende una segunda inversión. Esta inversión de 24 millones USD se financia mediante un préstamo, pero también se puede financiar internamente, ya que el flujo de caja acumulado proyectado es de 139 millones USD justo antes de las inversiones.

El proyecto terminal parece altamente rentable, el efectivo positivo desde muy temprano da como resultado un reembolso por un período de 4 años para el concesionario. El TIR del proyecto está 49,6% en los supuestos de caso base. El VAN del proyecto con una tasa de descuento del 10% es de 47 millones de dólares.

Tabla 9-13: Resumen flujo de efectivo por intervalo año, terminal de graneles solidos, USD millones

Elemento de flujo de efectivo	1	5	10	15	20	25	30
<b>Ingresos</b>	14,9	16,1	17,5	18,8	19,9	20,7	20,7
<b>Los costos operativos</b>	5,1	6,0	6,1	6,2	6,4	6,4	6,4
<b>Canon</b>	0,7	0,8	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0
<b>Resultado operativo</b>	9,0	9,3	10,5	11,6	12,6	13,2	13,2
<b>Los costos financieros</b>	3,3	6,0	4,3	0,0	0,0	2,8	2,0
<b>Flujo de caja antes de la inversión</b>	5,7	3,4	6,2	11,6	12,6	10,4	11,2
<b>Inversión</b>	-11,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>Flujo de efectivo después de la inversión de capital</b>	-5,6	3,4	6,2	11,6	12,6	10,4	11,2
<b>Flujo de caja acumulado</b>	-6,1	3,0	27,6	75,3	136,0	182,2	236,7

Tabla 9-14: Resumen de resultados financieros, terminal de graneles sólidos, USD millones

Artículo	USD millones
<i>Inversiones, total</i>	52
<i>De los cuales: equidad</i>	20
<i>TIR (30yr)-(equidad propia)</i>	49,6%
<i>PBP (período de pago)</i>	4
<i>Efectivo acumulativo 10 años</i>	30
<i>VAN</i>	47
Total ingresos INCOP 2020-2049	27
Total Ingresos	557
% proporción de ingresos	5,0%

Estos resultados muestran que permanecer en una regalía del 5% para el proyecto 4+6 sería imprudente. Se puede obtener una regalía mucho mayor de este proyecto para INCOP. Nuevamente, se recomienda hacer que los pagos de regalías sean uno de los criterios de selección durante la licitación, buscando la maximización de las regalías.

### 9.8.3 Los proyectos combinados

Una combinación de los dos proyectos resulta en un proyecto general favorable, aliviando la tensión en el flujo de caja visto en el proyecto terminal de contenedores. El proyecto convierte el flujo de caja en positivo anualmente durante el resto del período del proyecto.

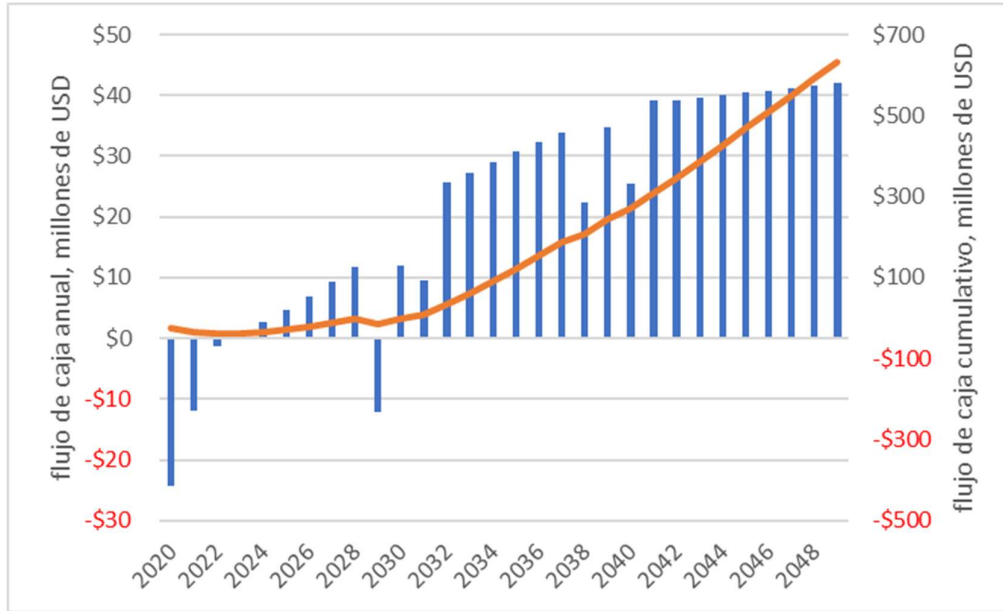


Figura 9-15: Flujos de caja anuales y acumulativos del capital propio, proyectos combinados USD millones

El período de pago para el proyecto combinado es 10 años, y el IRR es 19,1%. El valor actual neto económico 69 millones de USD a una tasa de descuento del 10%.

En el caso base, los supuestos que la cuota de regalías en la terminal de contenedores asciende a 15% y en el terminal de gránulos sólidos al 5%, la cuota total de canon es del 13%. Esto equivale a un total de 367 millones USD a INCOP sobre los ingresos brutos totales de 2,8 mil millones USD durante el período de 30 años.



Tabla 9-15: Resumen de resultados financieros, proyectos combinados y comparación, USD millones

Artículo	Total combinado	Terminal de graneles solidos	Terminal de contenedores + ro-ro/ferry
<b>Inversiones, total</b>	281	52	228
<b>Capital propio</b>	89	20	69
<b>TIR (30yr)-(capital propio)</b>	19,1%	49,6%	13,1%
<b>PBP (período de pago)</b>	10	4	13
<b>Efectivo acumulativo 10 años</b>	-13	30	-46
<b>VAN</b>	69	47	22
<b>Total ingresos INCOP 2020-2049</b>	367	28	339
<b>Total Ingresos</b>	2820	557	2.263
<b>% proporción de ingresos</b>	13%	5%	15%

## 9.9 Opciones de flujo de caja

Como se mencionó anteriormente, los flujos de efectivo negativos en la terminal de contenedores crean un problema para el concesionario que debe abordarse ya sea mediante préstamos, aumentos de tarifas o ajustes de canon.

1. Se podría considerar un préstamo de capital circulante distinto que sólo comenzará a ser reembolsado en el momento en que suficiente liquidez es generada por el proyecto. En los supuestos de caso base, esto requeriría un concesionario para entrar en un préstamo de capital circulante de unos 5 millones USD, que comenzaría el reembolso después de cinco años (en este caso, 2028) y se pagará a lo largo de cinco años. Se ha aplicado un tipo de interés del 12%, aunque en la práctica puede ser sustancialmente superior.
2. Una opción sería aumentar las tarifas sobre la carga manipulada. Un simple aumento del 5% de los ingresos de manejo de contenedores de caja base de 123 USD por movimiento puede cerrar la brecha. Tenga en cuenta que los flujos de efectivo anuales siguen siendo negativos, pero el efectivo acumulado se suficiente para asegurar fondos suficientes para cubrir los déficits. Además se trata de un aumento tarifa de gama baja para garantizar una posición de flujo de efectivo acumulado superior a cero en cualquier momento.
3. Alternativamente el canon en la terminal de contenedores podría reducirse al 5% para reflejar el monto de las inversiones que crear una nueva terminal. Esto mejoraría el efectivo del concesionario dramáticamente, y el INCOP se perdería proporcionalmente. Si esto no es una opción, se podría considerar una renuncia a las regalías para el período de escasez de efectivo, o un aplazamiento de las regalías hasta el momento en que el proyecto de terminal de contenedores genere suficiente liquidez para pagar regalías sin tener que incurrir en deudas adicionales.

Una solución final es claramente la combinación de los dos proyectos, cuyo resultado se ha incorporado anteriormente. Este enfoque disminuye el atractivo de la terminal a granel, ya que parte el efectivo de ese proyecto será redirigido a la terminal de contenedores. Sin embargo, esta solución permite la continuación

de la realeza estructura, mientras que también permite suficiente efectivo en general, por lo que no se requieren préstamos adicionales para cubrir los déficits de efectivo.

Otra recomendación es de redirigir la ley sobre las regalías: dejar las dos tarifas vigentes e introducir una regalía variable que se puede decidir caso por caso. Esto permitiría que ese privilegio se convierta en parte de los criterios de selección durante las licitaciones, de modo que el nivel de regalía se pueda maximizar. La Tabla 2-16 muestra claramente que en el caso de combinar los proyectos, hay margen financiero para una prerrogativa superior al 5%. Por ejemplo, con una regalía del 12% para ambos proyectos, la TIR del capital propio de los inversores sería de poco más del 20%.

Tabla 9-16: Resumen de resultados financieros, proyectos combinados comparado con el canon de terminal de contenedores, USD millones

Artículo	Canon base 15% terminal de contenedores, 5% terminal de graneles solidos	Canon alternativo 5% terminal de contenedores, 5% terminal de graneles solidos
<b>Inversiones totales</b>	281	281
<b>Capital propio</b>	89	89
<b>TIRR (30años)-(capital propio)</b>	19,1%	32,2%
<b>PBP (período de pago)</b>	10	4
<b>Efectivo acumulativo 10 años</b>	-13	45
<b>VANE</b>	69	131
<b>Total ingresos INCOP 2017-2049</b>	367	141
<b>Total ingresos</b>	2820	2820
<b>% proporción de ingresos</b>	13%	5%

## 9.10 Conclusiones y recomendaciones

Terminal de contenedores, ro-ro, ferry y carga general (Proyectos 2 y 3):

- Con un canon de 15%, el proyecto es marginalmente factible y no puede ser interesante para una concesionaria. Con un canon de 5%, el proyecto se vuelve factible. En el caso de un canon de 15% el proyecto se tener algunas carencias de efectivo en los primeros años, que tendrían que financiarse de alguna manera.
- Hay buenas razones para aplicar un canon de 5% al proyecto de terminal de contenedores, ya que efectivamente es una inversión en nueva infraestructura.

Terminal de graneles sólidos (Proyecto 4+6):

- Proyecto muy factible. Habría espacio para un canon más alto que el aplicado actualmente 5%.

Combinación de los proyectos:

- En una combinación de los proyectos, el terminal de gráneles sólidos subsidia de manera cruzada la escasez inicial de efectivo. en el terminal de contenedores.
- En un puerto con el tamaño de Puerto Caldera, sería más lógico tener un solo operador en lugar de 2 operadores separados.
- En la combinación, para ambos proyectos habría espacio para un canon más alto que el aplicado actualmente 5%, pero debajo de 15%.

Otros proyectos:

- Las inversiones y el mantenimiento de estos proyectos (como se detalla a continuación) pueden incluirse en las concesiones, a pesar de que los resultados de los terminales de contenedores son demasiado marginales para apoyarlo en su participación en la inversión. El terminal de graneles sólidos puede apoyar fácilmente su participación en las inversiones.
  - Mitigación del problema de sedimentación;
  - Área de estacionamiento de camiones;
  - Estabilización de la costa.
  - Reubicación del puerto de servicio y desarrollo de instalaciones de guardacostas

Recomendaciones:

- Considerar negociar con SPC / SPGC o licitar los proyectos 2, 3, y 4+6 como una única concesión.
- Considerar cambiar la ley de concesión para permitir una estructura de tasas de canon menos rígida. En general, los proyectos serían mejor con un canon más bajo o ninguno en los años iniciales, y soportar un canon más alto en los años siguientes, una vez que la escasez de efectivo ha desaparecido. Esto es válido para una situación con dos concesiones, así como para otra con una sola concesión.
- Si se puede introducir una estructura de canon más flexible, es posible incluir los costos de inversión de otros proyectos en la concesión, estos proyectos son los siguientes:
  - Mitigación del problema de sedimentación;
  - Área de estacionamiento de camiones;
  - Estabilización de la costa.
  - Reubicación del puerto de servicio y desarrollo de instalaciones de guardacostas

## 10 PROGRAMA DE INVERSIONES

### 10.1 General

En las secciones anteriores, se ha definido el diseño del puerto de Caldera hasta el año 2042. Actualizar el puerto existente en lugar de construir un nuevo puerto completo (*green fields*) en otras ubicaciones tiene las siguientes ventajas:

- Presencia de infraestructura existente y cerca de la Gran Área Metropolitana
- No perder inversiones recientes en el puerto (por ejemplo el patio de *Reefers*)
- En caso de un nuevo puerto, doble mantenimiento (el existente y el nuevo puerto)
- Retorno alto puesto 4 y capacidad suficiente (no es necesario reubicar)
- Puestos nuevos para terminal de contenedores, retorno moderato
- Reubicar terminal de contenedores resultara probablemente en un proyecto no factible
- Un puerto en otra ubicación no generará más ingresos que en la ubicación actual. Esto significa que un nuevo puerto en otra ubicación será una desinversión
- La ubicación del puerto actual es la mejor ubicación para un puerto y también debe seleccionarse para un proyecto nuevo (*Green Field*). Es la ubicación más cercana cerca de la Gran Área Metropolitana y no tiene problemas ambientales.
- En caso de una nueva ubicación, el puerto antiguo podría usarse para cruceros. En caso de que los cruceros deban pagar la reubicación del puerto de carga, esto no resultará en un desarrollo factible.
- Más importante: Hay espacio suficiente, por lo menos hasta 2042-2045

### 10.2 Técnica

El desarrollo o mejoras de la infraestructura portuaria y el equipo se realizará en 3 fases (A, B y C). Las primeras dos describen los planes dentro de un período de concesión de 30 años. La fase C se puede construir después de ese período si el flujo de carga que requiere.

La cantidad de puestos necesarios para el manejo de la carga durante las fases A y B (fase B empieza en 2030) se muestra en las siguientes tablas:

Tabla 10-1: Resumen de requerimientos para elaborar el Plan Maestro Puerto Caldera (escenario base, profundidad extendida)

Tipo de carga	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2030	2035	2040	2042
Contenedores	0,70	0,72	0,74	0,77	0,80	0,83	0,86	1,03	1,22	1,41	1,50
Carga General / Líquidos	0,59	0,58	0,58	0,59	0,60	0,61	0,62	0,67	0,75	0,83	0,86
Ro-ro / ferry	0,11	0,13	0,22	0,24	0,24	0,25	0,25	0,26	0,27	0,28	0,28
Líquidos	Insignificante										
<b>Total puestos</b>	<b>1,40</b>	<b>1,42</b>	<b>1,55</b>	<b>1,60</b>	<b>1,64</b>	<b>1,68</b>	<b>1,73</b>	<b>1,95</b>	<b>2,23</b>	<b>2,52</b>	<b>2,64</b>
Carga granel (cereales)	0,57	0,58	0,59	0,61	0,63	0,64	0,66	0,72	0,79	0,85	0,87
Fertilizantes	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
<b>Total puestos</b>	<b>0,79</b>	<b>0,80</b>	<b>0,82</b>	<b>0,83</b>	<b>0,85</b>	<b>0,87</b>	<b>0,88</b>	<b>0,95</b>	<b>1,01</b>	<b>1,07</b>	<b>1,10</b>

Tabla 10-2: Resumen de requerimientos para elaborar el Plan Maestro Puerto Caldera (escenario alto, profundidad extendida)

Tipo de carga	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2030	2035	2040	2042
Contenedores	0,71	0,74	0,79	0,84	0,89	0,95	1,00	1,23	1,51	1,81	1,94
Carga general / Líquidos	0,66	0,68	0,69	0,71	0,72	0,74	0,75	0,84	0,95	1,07	1,13
Ro-ro / Ferry	0,27	0,30	0,31	0,31	0,31	0,31	0,32	0,33	0,35	0,36	0,36
Líquidos	Insignificante										
<b>Total puestos</b>	<b>1,64</b>	<b>1,72</b>	<b>1,79</b>	<b>1,85</b>	<b>1,92</b>	<b>2,00</b>	<b>2,07</b>	<b>2,40</b>	<b>2,81</b>	<b>3,24</b>	<b>3,43</b>
Carga granel (cereales)	0,59	0,61	0,62	0,64	0,66	0,68	0,70	0,79	0,88	0,96	1,00
Fertilizantes	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29
<b>Total puestos</b>	<b>0,87</b>	<b>0,89</b>	<b>0,91</b>	<b>0,93</b>	<b>0,95</b>	<b>0,97</b>	<b>0,99</b>	<b>1,08</b>	<b>1,16</b>	<b>1,25</b>	<b>1,28</b>

La cantidad de área necesaria para el almacenamiento de la carga durante las fases A y B se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 10-3: Resumen de las áreas para elaborar el Plan Maestro Puerto Caldera (escenario base, profundidad extendida)

Tipe de carga	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2030	2035	2040	2042
Contenedores patios (RTG)	4,23	4,30	4,46	4,63	4,81	4,99	5,18	6,15	7,31	8,47	8,98
Vacios	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Reefers	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Carga general	1,16	1,13	1,15	1,17	1,19	1,21	1,23	1,36	1,56	1,76	1,84
Ro-ro/ferry	2,66	2,73	2,76	2,80	2,84	2,88	2,92	3,12	3,34	3,54	3,62
Carga granel	Sin almacenamiento										
Líquidos	Sin almacenamiento										
<b>Total</b>	<b>11,05</b>	<b>11,15</b>	<b>11,37</b>	<b>11,60</b>	<b>11,83</b>	<b>12,08</b>	<b>12,32</b>	<b>13,63</b>	<b>15,20</b>	<b>16,76</b>	<b>17,45</b>

**Tabla 10-4: Resumen de los áreas para elaborar el Plan Maestro Puerto Caldera (escenario alto, profundidad extendida)**

Tipe de Carga	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2030	2035	2040	2042
Contenedores patios (RTG)	4,28	4,46	4,74	5,03	5,34	5,67	6,01	4,28	9,08	10,83	11,63
Vacíos	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Reefers	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Carga general	1,34	1,38	1,42	1,46	1,49	1,53	1,57	1,34	2,06	2,37	2,52
Ro-ro/ ferry	3,09	3,29	3,35	3,40	3,45	3,51	3,56	3,09	4,10	4,34	4,44
Carga granel	Sin almacenamiento										
Líquidos	Sin almacenamiento										
<b>Total</b>	<b>11,71</b>	<b>12,14</b>	<b>12,51</b>	<b>12,89</b>	<b>13,29</b>	<b>13,71</b>	<b>14,15</b>	<b>16,01</b>	<b>18,24</b>	<b>20,55</b>	<b>21,58</b>

#### Fase A:

Las siguientes obras están programadas en la fase A:

1. Ampliación del muelle (puesto 4) con 15m;
2. Construcción del muelle frente a puesto 1, 2, 3 (Puestos nuevos 1 y 2);
3. Pavimento de algunos patios para contenedores/carga general;
4. Demolición de una bodega;
5. Construcción de los transportadores de bandas/ descargadores de buques y la estación de carga de camiones (para graneles sólidos)
6. Compra de equipos de manipulación de carga como STS y RTG's

En la misma fase, se construirán los proyectos de apoyo como:

7. La reubicación del puerto de servicio (remolcadores y pilotos)
8. La construcción del espigón para retener el sedimento
9. La construcción del espigón en la costa (Playa)
10. La construcción del estacionamiento para camiones.

#### Fase B:

Las siguientes obras están programadas en la fase B:

1. Construcción del muelle de RORO/ferry;
2. Pavimento de más patios para contenedores/carga general;
3. Demolición de una bodega;
4. Compra de equipos de manipulación de carga.

El desafío durante el período de construcción es que las operaciones portuarias actuales no se interrumpirán. Esto requiere una planificación cuidadosa y una organización profesional del contratista. La siguiente sección informa sobre la fase de construcción, tanto para las obras marinas como para las que se harán en tierra.

## 10.2.1 Fase A

### 10.2.1.1 Trabajos marítimos

Con el fin de minimizar la interrupción de la operación del puerto durante la construcción, el trabajo marítimo se realizará en varias etapas, que se describen a continuación:

- Etapa 1: Trabajos de dragado y construcción de la trampa de sedimentos.
- Etapa 2: Reubicación del puerto de servicio.
- Etapa 3: Puesto No. 4
  - etapa 3a: Extensión del atraque norte por 15m, reclamar la localización existente del puerto de servicio;
  - etapa 3b: Construcción de la cimentación de la cinta transportadora. Demolición del duque de alba existente y construcción de un nuevo duque de alba.
- Etapa 4: Construcción de un atraque de contenedores
  - etapa 4a: Construcción de un atraque de contenedores desde el este (en 165m);
  - etapa 4b: Construcción de un atraque de contenedores, extensión adicional de 155m (total 320m) desde el este;
  - etapa 4c: Construcción de un atraque de contenedores, extensión adicional de 100m (total 420m) desde el este;
  - etapa 4d: Construcción de un atraque de contenedores, longitud total del muelle.

Las etapas de construcción presentadas se discutirán más a continuación:

#### **Etapa 1: Obras de dragado y construcción de trampas de sedimentos.**

Se recomienda realizar los trabajos de dragado antes de otros trabajos de construcción por los siguientes motivos:

- El puerto de servicio debe reubicarse en la nueva ubicación antes de colocar la cinta transportadora de la terminal de grano. El dragado del área frente al nuevo puerto de servicio es necesario para garantizar la operación del puerto de servicio.
- El muelle de contenedores debe construirse en etapas desde el lado este, esto es para asegurarse de que el puerto aún pueda manejar los tamaños de los buques actuales. Esto significa que el área poco profunda frente al muelle de contenedores, que se encuentra principalmente en el lado este (profundidad de aproximadamente 7), debe ser dragada.
- Para la construcción de los muelles de contenedores, es más fácil terminar los trabajos de dragado y crear la pendiente debajo del muelle antes de la instalación de los pilotes y la construcción del muelle.
- El dragado de la trampa de sedimentos y el de sedimentos depositados alrededor del rompeolas evitarán una mayor sedimentación hacia la cuenca y disminuirán la perturbación de las olas en la cuenca debido al efecto de refracción de la zona poco profunda cerca de la cabeza y la parte norte del rompeolas (ver Capítulo 8.6.3 de referencia [7]).

La Figura 10-1 muestra la etapa 1 de la construcción en Fase A.

Parte del material dragado (alrededor de 100,000m<sup>3</sup>), que se draga de la trampa de sedimento, se puede utilizar para alimentar la costa, al norte del puerto. También se construirá un espigón cerca de la desembocadura del estero de Mata de Limón para evitar el posible transporte de sedimentos hacia el río y el Puerto (Ver Figura 7-70)



Figura 10-1 Fase A, Etapa 1 de la construcción, trabajos de dragado y trampa de sedimentos.



## Etapa 2: Reubicación del puerto de servicio

El puerto de servicio se encuentra actualmente en el lado este del puerto. Los remolcadores y otras embarcaciones que utilizan el puerto de servicio navegan alrededor del muelle No. 4 hacia la cuenca del puerto y el canal de acceso. Para la mejora del Puerto 4, se ha previsto un sistema de cinta transportadora en el plan maestro del puerto, que se extiende desde el muelle hacia los silos, que se ubicarán en el sitio actual del edificio del área del puerto de servicio. Además, la dársena que se está utilizando actualmente para el puerto de servicio debe ser reclamada para la extensión de la terminal de contenedores. Para crear espacio para estos desarrollos, el puerto de servicio tiene que reubicarse en un nuevo sitio como se muestra en la Figura 10-2.

Para la recuperación de la nueva área del puerto de servicio, el material de producto de los trabajos de dragado se puede utilizar, si el material se considera adecuado.

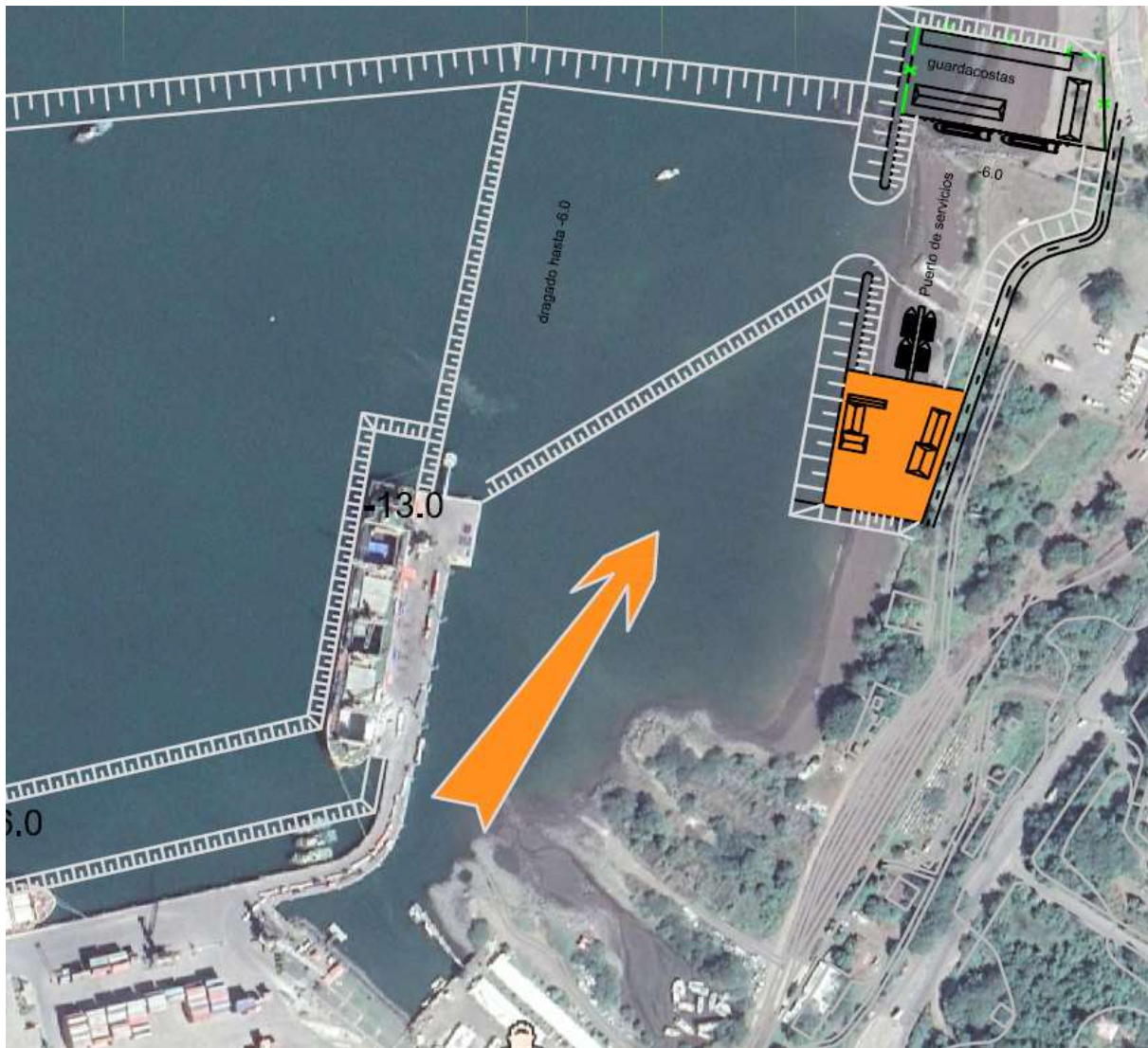


Figura 10-2 Fase A, Etapa 2 de construcción, reubicación del puerto de servicio

**Etapas 3: Puesto 4****ETAPA 3A: EXTENSIÓN DEL MUELLE NORTE POR 15 M, RECLAMANDO LA UBICACIÓN EXISTENTE DEL PUERTO DE SERVICIO**

El muelle existente debe extenderse hacia el norte para crear espacio para la extensión del muelle de contenedores. La primera etapa será la extensión del muelle y la recuperación de la dársena existente del puerto de servicio, que luego se utilizará para la construcción de la cimentación de la banda transportadora y la construcción de la terminal de contenedores.



Figura 10-3 Fase A, Etapa 3a de construcción, Puesto 4

### ETAPA 3B: CONSTRUCCIÓN DE LA CIMENTACIÓN DE LA BANDA TRANSPORTADORA, DEMOLICIÓN DEL DUQUE DE ALBA DE AMARRE EXISTENTE Y CONSTRUCCIÓN DE UN NUEVO DUQUE DE AMARRE

En esta etapa, el duque de alba de amarre existente será demolido y se construirá un nuevo duque de amarre más al norte del duque de alba saliente. Además, se construirá la cimentación de la cinta transportadora (una estructura pilotada en el mar y una cimentación poco profunda en tierra) para la instalación de la cinta transportadora.



Figura 10-4 Fase A, Etapa 3b de construcción, Puerto 4

#### Etapa 4: Construcción del atraque de contenedores

Es crucial que el muelle de contenedores permanezca operativo mientras que la construcción del muelle está en curso. Para la planificación de la construcción, se tienen en cuenta las siguientes consideraciones:

- Debe haber suficiente profundidad a lo largo del muelle existente y a lo largo de cada etapa del muelle completo para acomodar los barcos portacontenedores que llegan al puerto actualmente.
- Debe haber suficiente longitud de muelle para dar cabida al barco portacontenedores más grande y más pequeño que llega actualmente al puerto.
- La longitud total del nuevo muelle es de aproximadamente 580 m (579,5 m desde la esquina este, es decir, la conexión al Puesto 4 hasta la esquina occidental).

La Tabla 10-1 presenta las dimensiones típicas de los barcos que llegan a Puerto Caldera [Ref. Sección 3.5).

Además, se recomienda iniciar la construcción de la extensión desde el este, ya que será más fácil terminar la construcción en el lado oeste.

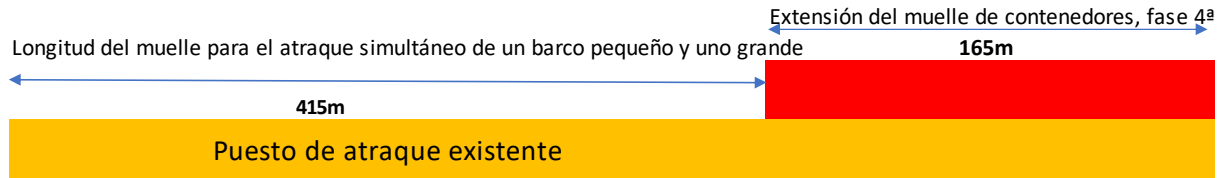
Tabla 10-1 Dimensiones típicas de los buques que arriban a Puerto Caldera

Tipo de carga	Eslora	Calado	Manga
Contenedores (pequeño)	140 m	7.7 m	22.3 m
Contenedores (grande)	210 m	10.7 m	30 m
Gráneles Sólidos (pequeño)	170 m	10 m	25.4 m
Gráneles Sólidos (grande)	210 m	12.3 m	31.7 m
Acero (pequeño)	170 m	9.7 m	25.3 m
Acero (grande)	210 m	12.5 m	30 m
Carga general (pequeño)	100 m	6.7 m	15.1 m
Carga general (grande)	210 m	12.5 m	30 m
Ro-Ro (pequeño)	160 m	7.8 m	24.8 m
Ro-Ro (grande)	210 m	11.0 m	32.2 m

**Etapa 4A: CONSTRUCCIÓN DEL ATRAQUE DE CONTENEDORES DESDE EL ESTE (EN 165M)**

En esta etapa, el muelle existente debe acomodar un barco grande y uno pequeño que llegan actualmente al puerto. La longitud de muelle requerida se calcula con base en la ROM 3.1-99 (Ref.[16], Figura 8.48) de la siguiente manera:

• Tamaño del barco pequeño portacontenedores:	140m
• Tamaño del barco grande portacontenedores:	210m
• Espacio libre del barco grande hasta el final del muelle:	25m
• Espacio libre entre los barcos:	25m
• Espacio libre del barco pequeño hasta el final del muelle:	15m
Longitud total del muelle requerida	415m



La longitud del nuevo muelle de contenedores construido en la primera etapa será de aproximadamente 165 m. Este se completará con todas las instalaciones de atraque requeridas (por ejemplo, defensas, bolardos, etc.) antes de comenzar los próximos trabajos de la siguiente etapa de extensión .



Figura 10-5 Fase A, Etapa 4a de construcción, atraque de contenedores < ojo etapa 4a

**ETAPA 4B: CONSTRUCCIÓN DEL MUELLE DE CONTENEDORES, EXTENSIÓN ADICIONAL DE 155M (TOTAL 320M) DESDE EL ESTE**

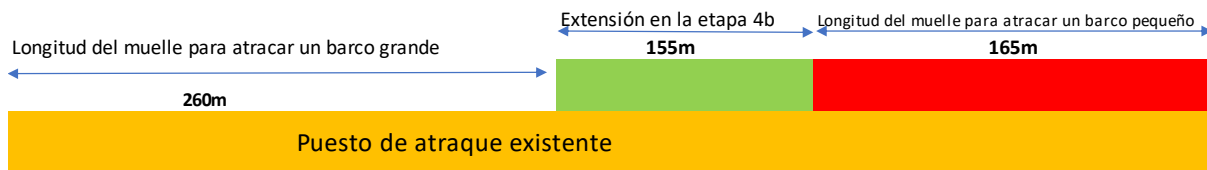
En esta etapa, el atraque existente puede acomodar el contenedor grande (LOA = 210m). El nuevo muelle con una longitud de 165 m se utilizará para el atraque del barco pequeño (LOA = 140 m).

- Verificación de la longitud requerida del muelle existente para el barco grande:

- Tamaño del barco grande portacontenedores:	210m
- Espacio libre del barco grande hasta el final del muelle:	25m (x2)=50m
<b>Longitud total del muelle requerida</b>	<b>260m</b>

- Verificación de la longitud requerida del nuevo muelle para el barco pequeño:

- Tamaño del barco pequeño portacontenedores:	140m
- Espacio libre del barco pequeño al lado este del nuevo muelle:	15m
- Espacio libre del barco pequeño al lado este del nuevo muelle:	10m
<b>Longitud total del muelle requerida</b>	<b>165m</b>



La longitud disponible del nuevo muelle desde la etapa 4a (es decir, 165 m) será suficiente para el barco pequeño.

Desde el muelle existente se requerirá una longitud de 260 m para acomodar el barco grande. Por lo tanto, el nuevo muelle se puede extender a una longitud de 320 m desde el este (una extensión adicional de 155 m con respecto a la etapa 4a anterior). Este nuevo muelle se completará con todas las instalaciones de atraque requeridas (por ejemplo, defensas, bolardos, etc.) antes de comenzar la próxima etapa de los trabajos de extensión del muelle.

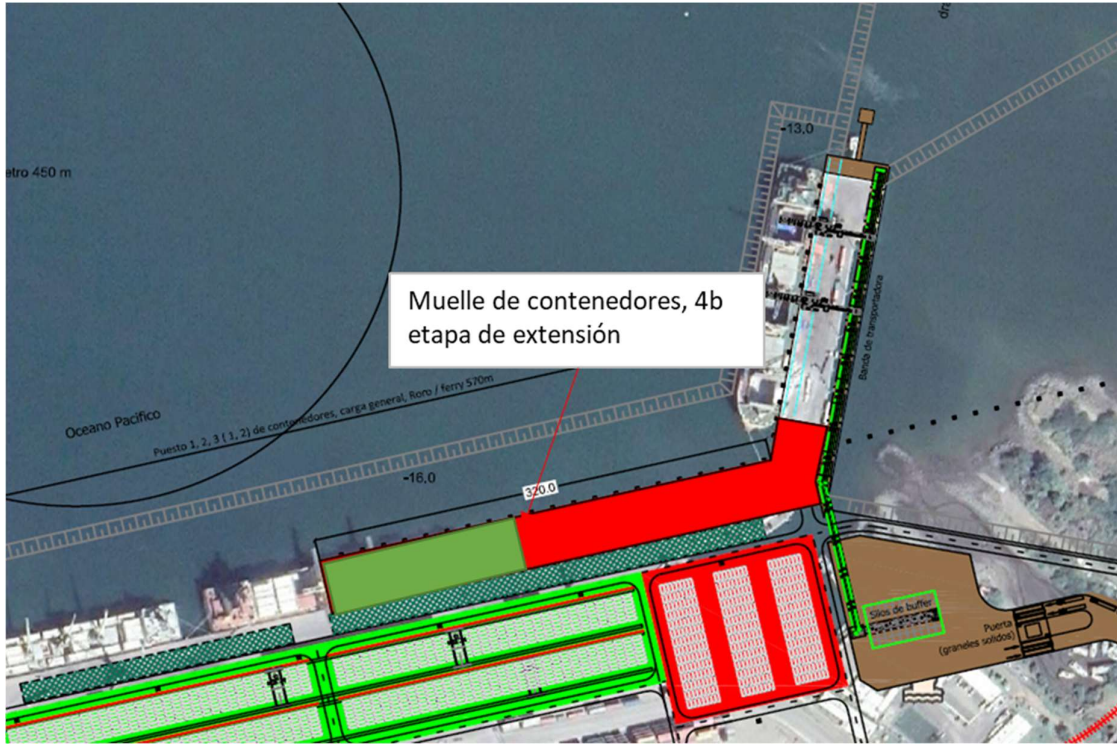


Figura 10-6 Fase A, Etapa 4b de construcción, atraque de contenedores

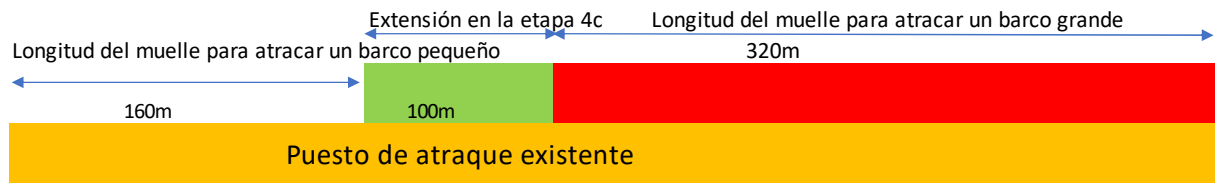
**ETAPA 4C: CONSTRUCCIÓN DEL MUELLE DE CONTENEDORES, EXTENSIÓN ADICIONAL DE 100 M (TOTAL DE 420 M) DESDE EL ESTE**

En esta etapa, el nuevo atraque puede acomodar el barco grande (LOA = 210m).

El muelle existente se utilizará para atracar el barco pequeño (LOA = 140m).

- Verificación de la longitud requerida del muelle para el barco pequeño:

- Tamaño del barco pequeño portacontenedores:	140m
- Espacio libre del barco pequeño al lado este del nuevo muelle:	10m
- Espacio libre del barco pequeño al lado este del nuevo muelle:	10m
Longitud total del muelle requerida (del puesto de atraque existente)	160m



La longitud disponible del nuevo muelle de la etapa 4b (es decir, 320 m) será suficiente para el barco grande.

Desde el muelle existente se requerirá una longitud de 160 m para acomodar el pequeño barco. Por lo tanto, el nuevo muelle se puede extender a una longitud de 420 m desde el este (una extensión adicional de 100 m con respecto al etapa 4b anterior). Este se completará con todas las instalaciones de atraque requeridas (por ejemplo, defensas, bolardos, etc.) antes de comenzar los próximos trabajos de extensión de etapa de muelle.

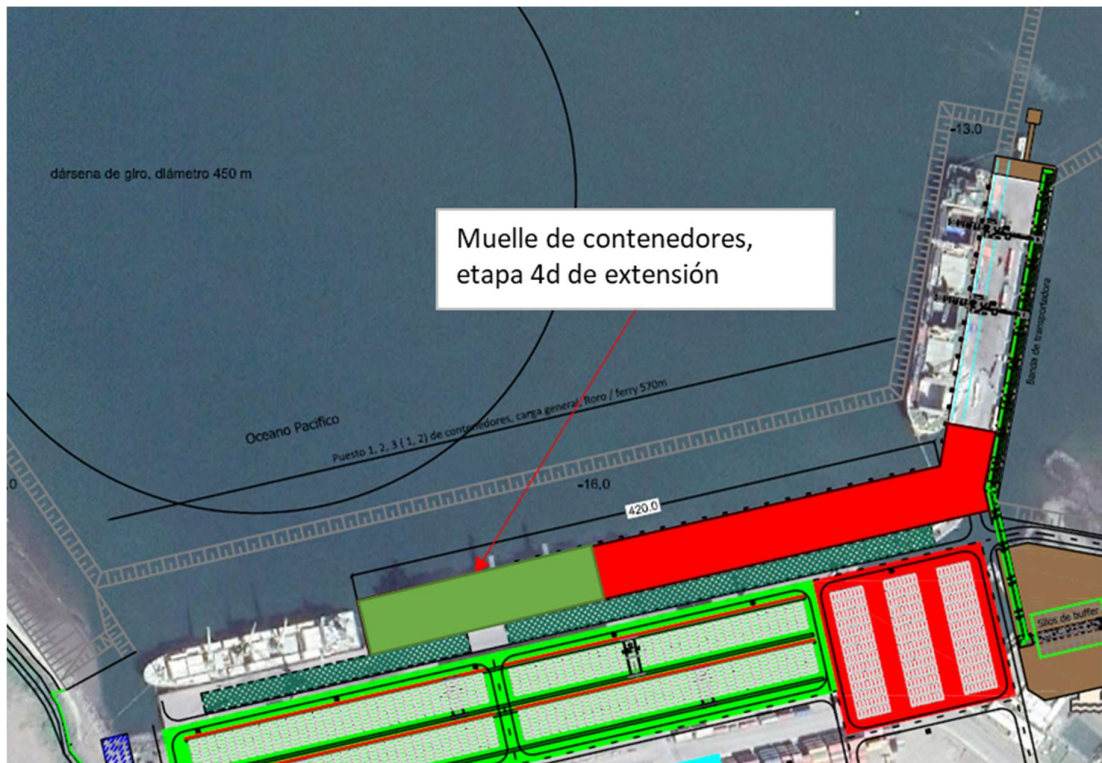


Figura 10-7 Fase A, Etapa 4c de construcción, atraque de contenedores



#### ETAPA 4D: CONSTRUCCIÓN DEL ATRAQUE DE CONTENEDORES, LONGITUD TOTAL DEL MUELLE (EXTENSIÓN DE 160 M)

En etapa 4c, la longitud total de muelle de 420 m estará disponible. Esta es suficiente para acomodar un barco grande y otro pequeño (que actualmente llegan al puerto) simultáneamente.

En etapa 4d, el resto del nuevo muelle de contenedores (longitud de 160 m para completar la nueva línea) de atraque se construirá a una longitud total de aproximadamente 580 m.

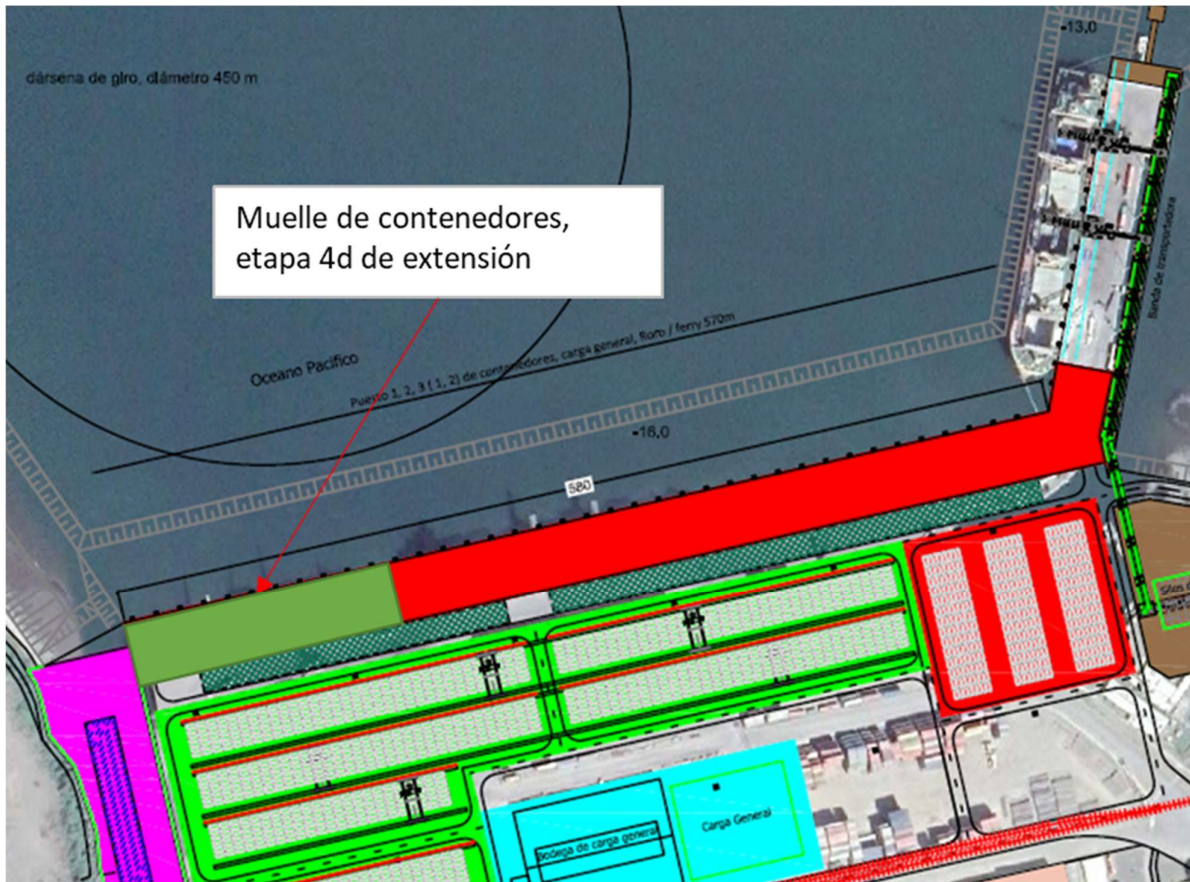


Figura 10-8 Fase A, Etapa 4d de construcción, atraque de contenedores (longitud total)

### 10.2.1.2 Trabajos en tierra

La siguiente figura muestra los trabajos del lado terrestre para la fase A.

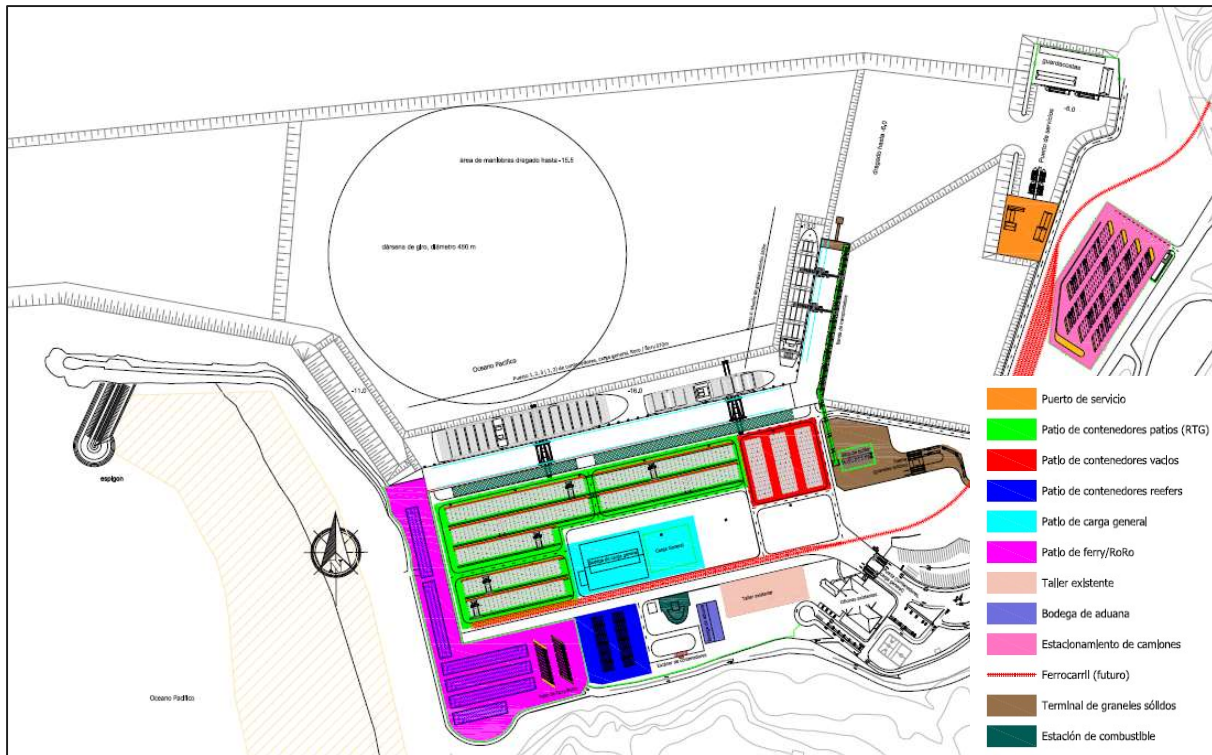


Figura 10-9: trabajos del lado terrestre para la fase A

Las pilas de contenedores cerca el muelle (puestos 1,2,3) estarán pavimentadas, aptas para el RTG y la bodega existente será demolida. Las áreas alrededor de la segunda bodega permanecerán como están, y serán pavimentadas de acuerdo con el pronóstico del tráfico.

El área roja está dedicada a los contenedores vacíos, que se apilan y se manejan por *reachstackers*.

El área azul es para contenedores refrigerados y ya está construido en 2019. La bodega 2 y las zonas a su alrededor están reservados para carga general hasta la fase B, ya que se trasladarán a otras áreas y a una nueva bodega.

El área de inspección para la aduana se construirá al lado al área de contenedores refrigerados y contendrá el escáner de contenedores y una bodega para la inspección de contenedores y otros productos.

La terminal de graneles sólidos será completamente desarrollada y aparece en la figura de más adelante en el color amarillo. Las obras implican la compra de 2 descargadores de buques, la construcción de los transportadores de banda y la estación de carga de camiones, incluyendo el pavimento y nuevas puertas con básculas.

Los 3 proyectos de apoyo como el espigón, el puerto de servicio (para remolcadores y pilotos) y el área de estacionamiento de camiones también se construirán en la fase A.

## 10.2.2 Fase B

### 10.2.2.1 Trabajos marítimos

En la Fase B, se construirá el nuevo muelle de ro-ro / ferry. Teniendo en cuenta la posición y el diseño del muelle, no se espera que los trabajos de construcción interrumpen la otra operación del puerto, incluso con los buques de contenedores amarrados en el lado oeste del muelle de contenedores.

El volumen de dragado para crear calado para el muelle es relativamente bajo (en el orden de 30,000m<sup>3</sup>). Con el fin de ahorrar el costo de la movilización / desmovilización del equipo de dragado para un volumen tan bajo, se recomienda llevar a cabo los trabajos de dragado por una de las posibilidades mencionadas a continuación:

- Durante el dragado de capitales de la Fase A
- Durante el mantenimiento del dragado del sedimento en caso de que el equipo de dragado utilizado sea adecuado

Alternativamente, el dragado del área de atraque se puede hacer desde la parte superior del muelle (por ejemplo, con una retroexcavadora) o una draga de succión con cortador pequeña (CSD).

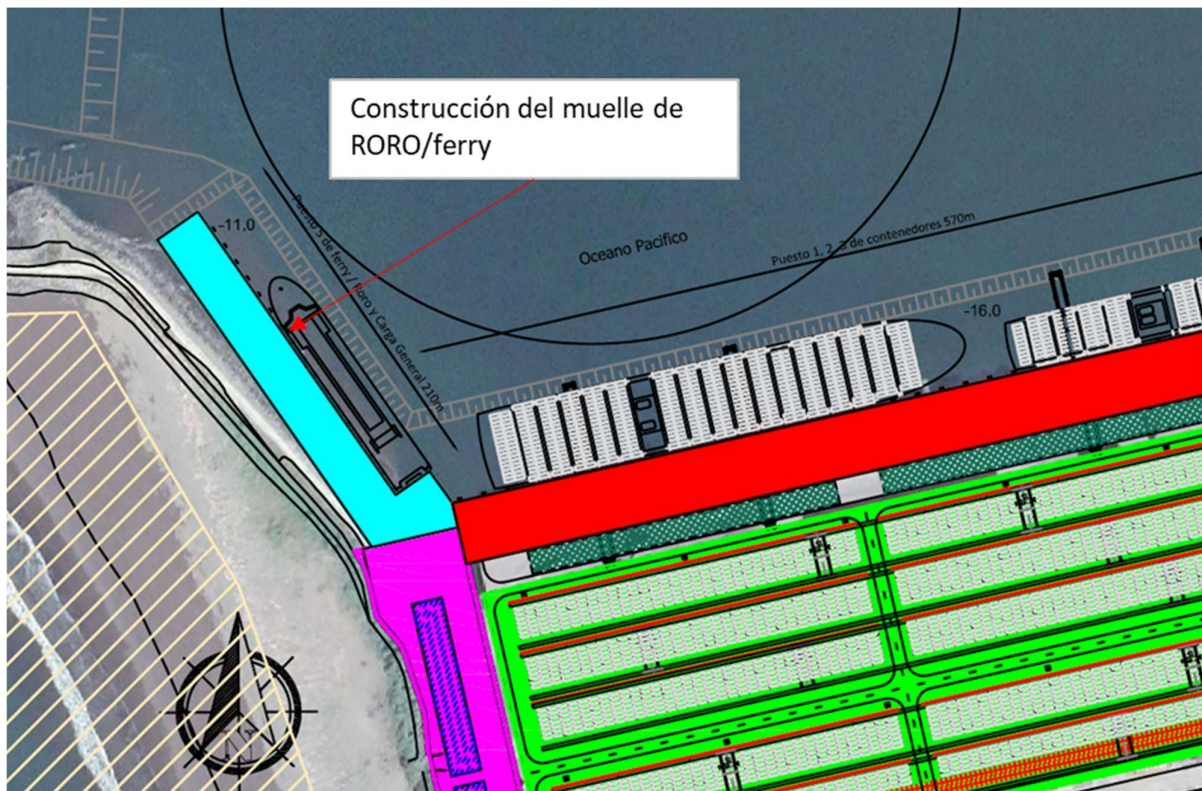


Figura 10-10: Construcción del atraque RORO/Ferry en la Fase B

### 10.2.2.2 Trabajos en tierra

En la fase B, las áreas sin pavimentar restantes se pavimentarán de acuerdo con la siguiente figura.

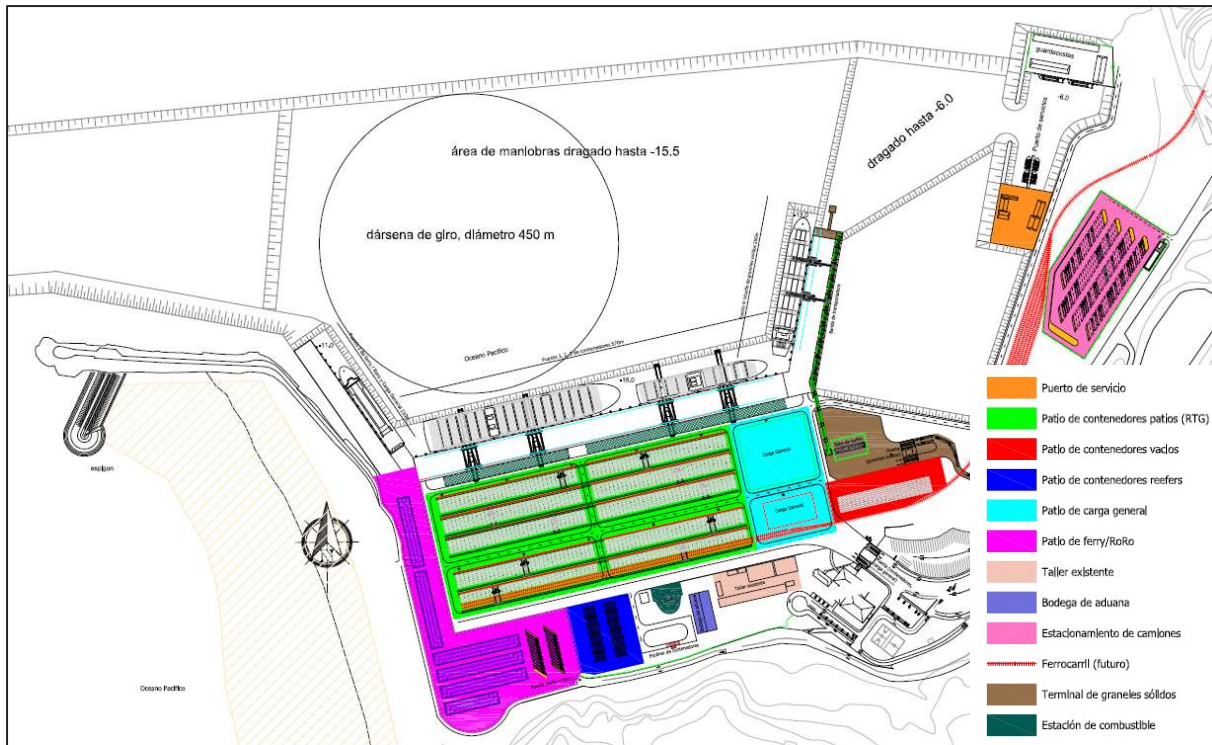


Figura 10-11: trabajos del lado terrestre para la fase B

La bodega 2 será retirada o trasladada al área de carga general. Se supone que una gran parte de los contenedores vacíos se almacenarán fuera de la zona del puerto. Sólo una pequeña porción de ellos se puede almacenar y bloquear apilados dentro del puerto (ver el área roja).

### 10.2.3 Fase C

En la Fase C, se construirá un nuevo muelle de carga general en la bahía oriental del puerto, como se muestra en la Figura 10 12. Esta zona también se debe dragar a una profundidad de 11 m.

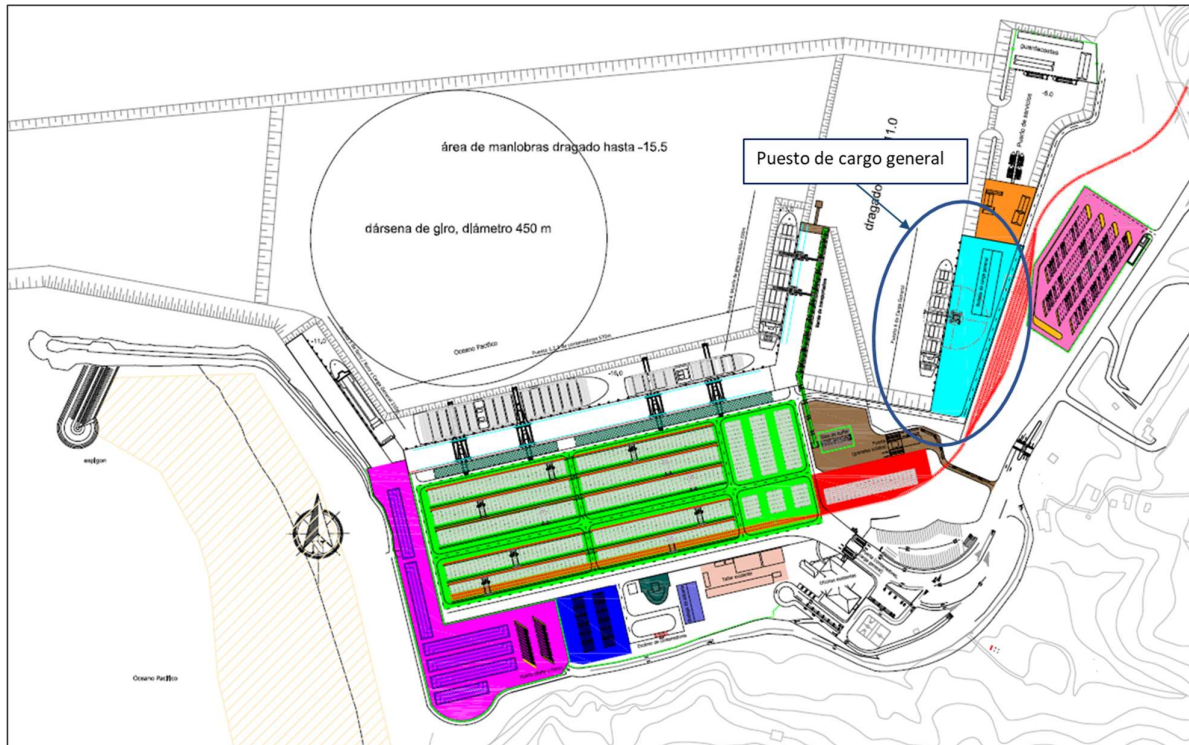


Figura 10-12: Construcción del atraque cargo general en la Fase C

## 10.3 Financiera

En el capítulo 9, se ha calculado la viabilidad de los diversos proyectos en el Plan Maestro y los resultados se resumen en esta sección.

Terminal de contenedores, ro-ro, ferry y carga general (Proyectos 1 y 2):

- Con un canon de 15%, el proyecto es marginalmente factible y no puede ser interesante para una concesionaria. Con un canon de 5%, el proyecto se vuelve factible. En el caso de un canon de 15% el proyecto se tener algunas carencias de efectivo en los primeros años, que tendrían que financiarse de alguna manera.
- Hay buenas razones para aplicar un canon de 5% al proyecto de terminal de contenedores, ya que efectivamente es una inversión en nueva infraestructura.

Terminal de graneles sólidos (Proyecto 3):

- Proyecto muy factible. Habría espacio para un canon más alto que el aplicado actualmente 5%.

Combinación de los proyectos:

- En una combinación de los proyectos, el terminal de graneles sólidos subsidia de manera cruzada la escasez inicial de efectivo. en el terminal de contenedores.
- En un puerto con el tamaño de Caldera, sería más lógico tener un solo operador en lugar de 2 operadores separados.

Puerto de servicio y espigón contra sedimentación:

- Las inversiones y el mantenimiento de estos proyectos pueden incluirse en las concesiones, a pesar de que los resultados de los terminales de contenedores son demasiado marginales para apoyarlo en su participación en la inversión. El terminal de graneles sólidos puede apoyar fácilmente su participación en las inversiones.

Recomendaciones:

- Considerar negociar con SPC / SPGC o licitar los proyectos 1,2, y 3 como una única concesión.
- Considerar cambiar la ley de concesión para permitir una estructura de tasas de canon menos rígida. En general, los proyectos serían mejor con un canon más bajo o ninguno en los años iniciales, y soportar un canon más alto en los años siguientes, una vez que la escasez de efectivo ha desaparecido. Esto sería beneficioso tanto para la concesionaria (el proyecto se vuelve más factible) como para el INCOP (El canon total durante la vida de la concesión será más alto que si se aplica una tarifa fija del 5% por año). Esto es válido para una situación con dos concesiones, así como para una con una sola concesión.
- Si se puede introducir una estructura de canon más flexible, es posible incluir los costos de inversión y mantenimiento del puerto de servicio y el espigón en la concesión.

## 10.4 PPP Opciones

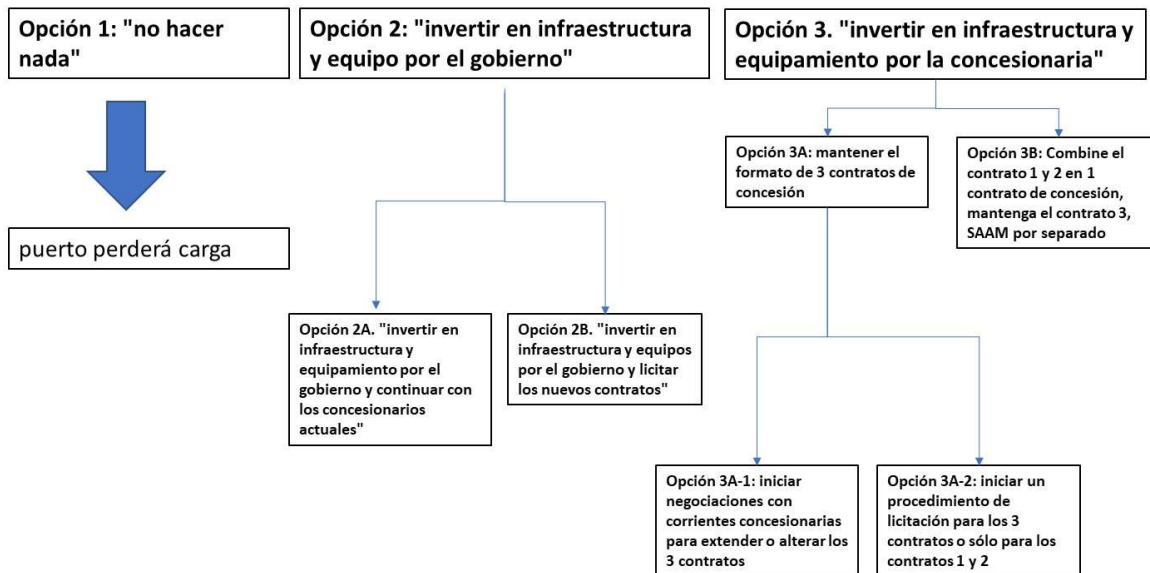
### 10.4.1 Introducción

Hay varias opciones para desarrollar y modernizar la infraestructura y el equipo del puerto de Caldera:

Actualmente hay 3 concesiones:

1. Contrato de gestión SPC para el terminal multipropósito que finaliza en el año 2026
2. Contrato BOT SPGC para el atracadero 4, terminal de graneles sólidos que finaliza en el año 2026
3. Contrato para remolcadores, pilotos, etc. por SAAM que finaliza en el año 2026

Opciones:



### 10.4.2 Opción 1: "no hacer nada"

En esta opción, no se harán cambios en ninguno de los contratos y no habrá inversiones en infraestructura, con excepción de algunas inversiones menores por parte de la concesionaria.

En el capítulo 3.9 hemos visto que el puerto trabaja más allá de su capacidad operativa, lo que implica que no puede manejar más carga sin aumentar el tiempo de espera para los buques. Varias cosas podrían suceder:

- El puerto perderá carga a corto plazo
- las tasas de importación/exportación podrían subir, los precios de productos aumentan
- los buques buscan puertos alternativos o aumentan las tasas de demora para la espera.
- El puerto no puede manejar *main liners* solo *feeders*
- La posibilidad de exportar frutas (*reefers*) a China será muy limitada.
- El puerto se convertirá en un pequeño puerto muy local para cruceros, carga general etc.

### 10.4.3 Opción 2: "invertir en infraestructura y equipo por el Gobierno"

En esta opción, el Gobierno, por medio del INCOP o del Ministerio de Obras Públicas y Transportes, invertirá en la infraestructura o equipos necesarios, y extenderá los contratos actuales 1 y 2 o licitaciones en condiciones similares para los nuevos operadores/ concesionarias.

El Gobierno de Costa Rica necesita buscar financiación para la inversión. Se producirán interferencias durante la construcción de los muelles y patios por parte del contratista del Gobierno, y se dará lugar a reclamaciones del concesionario o contratista. Este último debido a las posibles interrupciones en las operaciones portuarias y a las obras de construcción y conflictos de coordinación.

#### Opción 2A. "invertir en infraestructura y equipamiento por el Gobierno y continuar con los concesionarios actuales"

Implicaciones

Rescindir el contrato actual 1 y 2 a la fecha de inicio del nuevo contrato. Dejar el contrato 3 (SAAM) tal como está. Las condiciones para la rescisión de los contratos se determinarán, como el valor del contrato, la "pérdida de ingresos" por los concesionarios, el valor de los activos de la concesionaria. ¿Cómo incorporar estas condiciones en el nuevo contrato?

#### Opción 2B. "invertir en infraestructura y equipos por el Gobierno y licitar los nuevos contratos"

Implicaciones

Finalizar el contrato actual 1 y 2. Dejar el contrato 3 (SAAM) tal como está. Las condiciones para la rescisión de los contratos se determinarán, como el valor del contrato, la "pérdida de ingresos" por los concesionarios, el valor de los activos de la concesionaria.

El INCOP necesita preparar los documentos de licitación y buscar operadores potenciales.

### 10.4.4 Opción 3. "invertir en infraestructura y equipamiento por la concesionaria"

La concesionaria tiene varias formas de invertir en nuevas infraestructuras y equipos:

#### 10.4.4.1 Opción 3A: mantener el formato de 3 contratos de concesión

##### **Opción 3A-1: iniciar negociaciones con corrientes concesionarias para extender o alterar los 3 contratos**

Implicaciones:

Finalizar el contrato actual 1 y 2. Dejar el contrato 3 (SAAM) tal como está. Las condiciones para la rescisión de los contratos se determinarán, como el valor del contrato, la "pérdida de ingresos" por los concesionarios, el valor de los activos de la concesionaria. ¿Cómo incorporar estas condiciones en el nuevo contrato?

Convertir el contrato de gestión para terminal multipropósito (contenedores, carga general) en un contrato *BOT* durante 30 años e incluir condiciones contractuales de acuerdo con contratos similares internacionales. Iniciar negociaciones y discusiones y revisar la propuesta (s) por SPC.

Actualizar el Contrato *BOT* 2 para la terminal de graneles sólidos.

##### **Opción 3A-2: iniciar un procedimiento de licitación para los 3 contratos o sólo para los contratos 1 y 2**

Implicaciones:

Finalizar el contrato actual 1 y 2. Dejar el contrato 3 (SAAM) tal como está. Las condiciones para la rescisión del contrato se determinarán, como el valor del contrato, la "pérdida de ingresos" por la(s) concesionaria (es), el valor de los activos del concesionario. (\* ver nota).

El INCOP necesita preparar los documentos de licitación y buscar operadores potenciales.

Mantener los contratos por separado, implica que 2 operadores diferentes podrían estar operando en el puerto, pero esto causa interferencias y posibles problemas de coordinación.

#### 10.4.4.2 Opción 3B: Combine el contrato 1 y 2 en 1 contrato de concesión, mantenga el contrato 3, SAAM por separado

##### **Opción 3B-1: iniciar negociaciones con las concesionarias de corrientes para los contratos 1 y 2 y modificar el contrato 3**

Implicaciones:

Finalizar el contrato actual 1 y 2. Dejar el contrato 3 (SAAM) tal como está. Las condiciones para la rescisión de los contratos determinarán, por ejemplo, el valor del contrato, la "pérdida de ingresos" por los concesionarios, el valor de los activos del concesionario.

Convierta el contrato de gestión para terminal multipropósito (contenedores, carga general) y *BOT* de contrato para el Puesto 4 en un contrato *BOT* durante 30 años e incluya condiciones contractuales de acuerdo con la similar internacional Contratos. Iniciar las negociaciones y la discusión, y revisar la propuesta (s) por SPC.



**Opción 3B-2: iniciar un procedimiento de licitación para los 3 contratos o sólo para los contratos 1 y 2**

## Implicaciones:

Finalizar el contrato actual 1 y 2. Dejar el contrato 3 (SAAM) tal como está. Las condiciones para la rescisión de los contratos se determinarán, por ejemplo, el valor del contrato, la "pérdida de ingresos" por los concesionarios, el valor de los activos del concesionario.

El INCOP necesita preparar los documentos de licitación y buscar operadores potenciales.

## Nota \*

La pérdida de ingresos deberá determinarse sobre la base de una proyección negociada/mutualmente convenida de los ingresos y los costos para el resto del período del contrato. El valor de los activos tendrá que ser evaluado por medio de la debida diligencia por expertos técnicos y en comparación con el valor contable de los activos. La indemnización por los activos deberá tenerse en cuenta si se establece un valor restante.

Además de la terminación, será necesario establecer un programa de mantenimiento y recuperación claro, en caso de que los concesionarios actuales no se seleccionen automáticamente para llevar a cabo el nuevo contrato (s).

En caso de que las concesiones sean licitaciones abiertas, entonces la liquidación del contrato actual incluye los pagos en efectivo de los activos restantes, la pérdida acordada de ingresos, así como la liquidación de la posición actual en efectivo en las empresas concesionarias y cualquier préstamo que pueda ser excepcional. Tenga en cuenta que estos pueden incurrir en sanciones.

Deberá tenerse en cuenta la financiación de los pagos del valor de terminación. Por ejemplo, INCOP/Gobierno puede pagar de fondos propios, u organizar préstamos que pueden ser reembolsados por medio del efectivo generado a partir de la nueva concesión.

En caso de que se terminen las concesiones, pero se renueven con los concesionarios actuales, es probable que los valores de terminación sean predominantemente un ejercicio de contabilidad, en lugar de un intercambio de dinero en efectivo.

## 10.5 Resume / Matriz de inversiones

La tabla siguiente muestra las inversiones necesarias en el puerto a tiempo hasta el año 2042. La línea de base para este plan de inversión es 2018. Se recomienda actualizar este plan cada 5 años. El archivo Excel puede estar disponible.

Table 10-5 Plan de inversiones para Puerto Caldera (escenario base, profundidad extendida)

		Razones	2019	2020	2021	2025	2030	2031	2035	2037	2040	2042
<b>0</b>	<b>Inversiones en millones de US Dólares</b>											
0.1	Estacionamiento para camiones	Camiones parquean en la calle		2								
0.2	Comparar el equipo existente	Los equipos no son propiedad de INCOP		10,5								
0.3	Espigón cerca de los rompeolas	Para prevenir que los sedimentos entren el puerto		9,2								
0.4	Puerto de servicio			8,6								
0.5	Espigón cerca de la playa			2,5								
	<b>FASE A</b>											
A.1	Dragado en el dársena y canal de acceso	Hay que dragar para los buques más grandes		17,8								
A.2	Muelle (Puesto 1,2,3)	Muelles existentes no tienen suficiente profundidad		33,0	33,0							
A.3	Infraestructura en la terminal (Pavimento, edificios)	No todos los patios tienen pavimento		14,7	14,7							
A.4	Equipos, grúas pórticos RTG	Para mejorar la eficiencia y aumentar la tasa de manejo de carga		22,8	22,8					36,5		

		Razones	2019	2020	2021	2025	2030	2031	2035	2037	2040	2042
A.5	Comprar el muelle puesto 4	El muelle no es propiedad de INCOP		18,9								
A.6	Extender muelle 4 y equipos para carga a granel			2,5								
A.7	Infraestructura en el terminal de carga a granel	Para mejorar la eficiencia y aumentar la tasa de manejo de carga			2,8							
A.8	Equipos en el terminal puesto 4	Para mejorar la eficiencia y aumentar la tasa de manejo de carga		12,1	12,1						24	
<b>FASE B</b>												
B.1	Muelle para ro-ro y Jetty	En fase B hay necesidad para un puesto más					10,3	10,3				
B.2	Infraestructura en el terminal (Pavimento, edificios)							2,9				
B.3	Dragado en el dársena y canal de acceso							0,4				
B.4	Equipos, grúas pórticos RTG	Para mejorar la eficiencia y aumentar la tasa de manejo de carga					17,9					
<b>TOTAL</b>				154,55	85,35		28,2	13,6		36,5	24	

Table 10-6 Puestos y patios necesarios (escenario base, profundidad extendida)

Cantidad de puestos			2019	2020	2021	2025	2030	2031	2035	2037	2040	2042
<b>Contenedores</b>	puesto		0,70	0,72	0,74	0,86	1,03	1,06	1,22	1,29	1,41	1,50
<b>Carga general / líquidos</b>	puesto		0,59	0,58	0,58	0,62	0,67	0,68	0,75	0,78	0,83	0,86
<b>Ro-rRo / ferry</b>	puesto		0,11	0,13	0,22	0,25	0,26	0,26	0,27	0,27	0,28	0,28
<b>Líquidos</b>	puesto		Insignificante									
<b>Total puestos necesarios</b>			1,40	1,42	1,55	1,73	1,95	2,00	2,23	2,34	2,52	2,64
<b>Total puestos construidos &gt; Puesto nuevos 1 y 2</b>			2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
<b>Carga granel (cereales)</b>	puesto		0,57	0,58	0,59	0,66	0,72	0,74	0,79	0,81	0,85	0,87
<b>Fertilizantes</b>	puesto	en 2034 parte de fertilizantes a puesto 1 o 2	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
<b>Total puestos necesarios</b>			0,79	0,80	0,82	0,88	0,95	0,96	1,01	1,04	1,07	1,10
<b>Total puestos construidos &gt; Puesto 4 (existente)</b>			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>Patios de almacenamiento</b>												
<b>Contenedores patios (RTG)</b>	ha		4,23	4,30	4,46	5,18	6,15	6,37	7,31	7,75	8,47	8,98
<b>Vacios</b>	ha	Puede ser un área fuera del puerto	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
<b>Reefers</b>	ha	Área existente para reefers	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>Carga general</b>	ha		1,16	1,13	1,15	1,23	1,36	1,40	1,56	1,63	1,76	1,84
<b>Ro-ro / ferry</b>	ha		2,66	2,73	2,76	2,92	3,12	3,16	3,34	3,42	3,54	3,62
<b>Carga granel (cereales)</b>	ha		No almacenamiento en el puerto									
<b>Líquidos</b>	ha		No almacenamiento en el puerto									
<b>Total patios</b>	ha		11,05	11,15	11,37	12,32	13,63	13,93	15,20	15,80	16,76	17,45

## REFERENCIAS

- [1] Rock Manual. (2007). *CIRIA C683*.
- [2] EurOtop. (2007). *Wave Overtopping of Sea Defences*.
- [3] Royal HaskoningDHV, 2013, Rehabilitación y Reforzamiento del Rompeolas de Puerto Caldera + ficha técnica
- [4] JICA. (1986) Y (2010). *Estudio on port of Caldera*.
- [5] Universidad de Costa Rica Laboratorio de Ingeniería Marítima y fluvial. (2013). Dinámica litoral y propuestas de actuación para la estabilización de Playa Caldera.
- [6] Royal Haskoning. (2012). *Nuevo Muelle Granelero Puerto Caldera, Informe Final*.
- [7] Arcadis/Camacho & Mora/Port Consultants Rotterdam. (2018). *Plan Maestro portuario del litoral pacífico, informe de Tareas 1, 2 y 3*.
- [8] PIANC. (2014). *Harbour Approach Channels Design Guidelines - Report No 121*.
- [9] PIANC. (2014). *MarCom 158-2014 Masterplans for the development of existing ports*. Brussels: PIANC.
- [10] Department for Communities and Local Government: London. (2009). *Multi-criteria analysis: a manual*. London, UK: Department for Communities and Local Government. Obtenido de [www.communities.gov.uk](http://www.communities.gov.uk)
- [11] Ligteringen, H. (2013). *Ports and Terminals*. Delft, The Netherlands: TU Delft.
- [12] PIANC. (2014). *MarCom 158-2014 Masterplans for the development of existing ports*. Brussels: PIANC.
- [13] Schwarz, R. (2008). *Planeamiento y Logística Portuaria*. Facultad de Ingeniería, Escuela de Graduados en Ingeniería Portuaria. Buenos Aires, Argentina: Universidad de Buenos Aires.
- [14] TYPASA Ingenieros Consultores Y Arquitectos (2019). *Proyecto de Rehabilitación y Reforzamiento del Rompeolas de Puerto Caldera, Costa Rica, Criterios de Diseño*
- [15] J. van der Meer, S. Sigurdarson (2016), Design and Construction of Berm Breakwaters, Advanced Series on Ocean Engineering: Volume 40.
- [16] ROM (2007) ROM 3.1-99: Recommendations for the Design of the Maritime Configuration of Ports, Approach Channels and Harbour Basins, Puerto del Estado, Madrid.
- [17] Royal Haskoning, (2004), Estudio de Revisión del Rompeolas y Análisis Morfológico de Puerto Caldera.
- [18] UNCTAD, 1987, Gestión de pavimentos de terminales para contenedores.

# APPENDICES

## APÉNDICE A OPCIONES DE PUERTO

## APÉNDICE B CUADRO DE CARACTERÍSTICAS DE LAS OPCIONES Y ANÁLISIS PRELIMINAR AMBIENTAL

Supuestos del análisis ambiental:

1. Hay impactos para etapa constructiva y para etapa operativa diferentes.
2. Los impactos para etapa constructiva son similares en todas las alternativas siendo el dragado la acción de mayor impacto directo. Se daría sobre la fauna así como en la dispersión de sedimentos que pueden dirigirse hacia el interior del Golfo y/o hacia la línea de costa según las características del punto de extracción y las condiciones de mareas, corrientes y vientos. Así mismo, en esta etapa constructiva, los Impactos asociados al manejo de hidrocarburos, manejo de residuos ordinarios y contaminados, seguridad ocupacional, empleo son comunes para todas las alternativas.
3. Del punto de vista del dragado requerido para las obras, los impactos serán muy similares aunque el modelo de dispersión de los sedimentos en suspensión dependerá de que tanto afecte el sitio, las corrientes y el viento. En marea baja lo que se ha observado por estudios anteriores en el Puerto y en Caldera, (Lizano, 2009, Lizano 2017), es que es mayor la dispersión horizontal. Esto quiere decir que los sedimentos tienden a alinearse con las corrientes. Lizano determinó que la dispersión se da a una tasa de metro/h y que las trayectorias extrapoladas tanto en superficie como en el fondo, apuntan hacia el norte y norte-noroeste. Es importante además considerar las conclusiones también de Lizano, 2009 y Rojas, 2017 en EslA para el dragado de Puerto Caldera, que indican que en marea baja las trayectorias son hacia el exterior del Golfo (playas) mientras que en marea subiendo los derivadores siempre se dirigen hacia el interior del Golfo. Esto es de interés a la hora de fijar las medidas preventivas en etapa de evaluación ambiental y construcción.
4. Para etapa operativa interesa mucho el impacto relacionado con la acción del viento, corrientes y el oleaje, especialmente para los impactos asociados a cargas a granel (entre más finas las partículas más influyente es la acción del viento) y la dispersión de los finos y sedimentos suspendidos que provoque las zonas más protegidas del oleaje. En este sentido cargas como RoRo y contenedores, del punto de vista ambiental, no presentan aumento en impactos potenciales, por influencia del viento o por la acción de corrientes y mareas independientemente de su ubicación dentro del Puerto.
5. La actividad del Ferry introduce la variable de mayor riesgo de derrames accidentales de hidrocarburos (aceites especialmente) ya que ingresarían al Puerto, vehículos y transportes que no pasan por el control de ingreso que el Puerto tiene en la actualidad, de prueba de retroceso para determinar pérdidas de aceite y, es probable que tampoco se les podría exigir el RTV al día. Por lo tanto, se corre el riesgo de aumento de la probabilidad de contaminación de suelos y aguas de mar directa o por escorrentía pluvial. Por esto es importante que estas actividades puedan ubicarse en zonas donde sea con mayor facilidad "confinable" las manchas contaminantes y por ello su ubicación debería ser alejada del mar abierto y de la mayor influencia de las condiciones hidro meteorológicas
6. Por el contrario, en el caso de las descargas a granel lo ideal es que se ubiquen en las zonas de menor afectación por viento y su dispersión hacia las playas y molestias a terceros ya que las inmisiones producto de la actividad pueden llegar a zonas pobladas, según donde se ubique el Puesto de descarga. En este sentido, es importante decir que la actual posición del muelle granelero, está muy expuesta a la carretera y su actividad impacta directamente a la zona de playa y a los usuarios de ésta. Aquí se debe buscar medidas que permitan controlar el exceso de las emisiones de polvo provocadas por las descargas a granel, especialmente los productos más finos.
7. Por lo expuesto y, en un análisis muy preliminar se plantea que la actividad más impactante del punto de vista ambiental, en las condiciones actuales sería la actividad de cargas a granel teniendo el resto de actividades un impacto similar con poca variación en etapa operativa, que puede diferenciarse por el tiempo de permanencia en el Puerto. En este sentido impactos influenciados por dispersión de vientos es preferible ubicarlas en zonas menos confinadas, para aumentar la capacidad de dispersión de emisiones, a diferencia de los impactos en agua como por ejemplo derrames accidentales que se controlan con más probabilidad de éxito en zonas confinadas como las más protegidas por las escolleras.
8. En cuanto a impacto sobre paisaje, la zona ya está impactada y con actividad portuaria. Cualquiera de las alternativas no introduce un cambio significativo en la situación actual, por lo que se le podría dar el mismo peso a todas las alternativas.



A continuación, se analizan las alternativas para aquellos impactos que cambian por la ubicación del sitio las diferentes alternativas.



Alternativa	Características de la alternativa				
	Operaciones RoRo	Ferry	Contenedores y carga general	Carga a granel	Servicios portuarios y dársenas
Alternativa 1	Nuevo puesto para operaciones RoRo y Ferry (Puesto 3, Prof. = -12,0 m; L = 250 m), emplazado en el espaldón del rompeolas ubicado en el sector oeste del puerto, con su consiguiente área de apoyo, en el sector sudoeste, para maniobras y almacenamiento temporario asociado a dichas cargas (RoRo 3 ha y Ferry 1 ha). Se le ha dado una mayor profundidad que la requerida (Prof.mín = -11,0 m) para proveer el puesto con mayor flexibilidad para posibles cambios en la demanda futura y/o diversificación de cargas; también se puede uniformizar con los Puestos 1 y 2 (Prof. = -14,0 m).		Re-funcionalización de los actuales Puesto 1, 2 y 3 para operaciones de Contenedores y Carga General desarrollando un frente de atraque y amarre continuo y uniforme (Puesto 1 y 2, Prof. = -14,0 m, L = 590 m) los que configuran una terminal multipropósito cuya playa de contenedores (13 ha) se ubica detrás de los Puestos 1 y 2 y la playa de Carga General (2 ha) se emplaza en terrenos rellenados en el este del puerto, al igual que los terrenos para estacionamiento de camiones para la Carga a Granel (3,2 ha).	Extensión del actual Puesto 4 con una nueva posición de atraque y amarre (Puesto 5, Prof. = -13,0 m; L = 250 m), manteniendo la misma alineación para operar Carga a Granel con la misma metodología de descarga que en actualidad. Este nuevo frente de operaciones totaliza una longitud de 490 metros brindando mayor flexibilidad futura en lo que respecta a la evolución de la flota que opere Carga a Granel y Carga General en el puerto. Es importante resaltar que en el nuevo puesto de atraque y amarre se esperan tiempos inoperativos mayores que en el actual Puesto 4 por mayor exposición a acciones hidro-meteorológicas.	Relocalización de los servicios portuarios en nuevas zonas de relleno en el este del puerto debido a la reclamación de tierras donde se encuentran emplazados en la actualidad.
<b>OBSERVACIONES IMPACTOS AMBIENTALES</b>	Agregando la actividad del Ferry, en una zona más abierta que puede agregar dificultad en el control de derrames y pérdidas accidentales de hidrocarburos. Se puede controlar impactos con los planes de acción adecuados que ya operan en el Puerto y que se pueden mejorar.		No tiene problemas nuevos ambientales.	Este punto tiene la desventaja de la dirección del viento que lleva las nubes de polvo directamente hacia la playa y zona del puente.	Cambio no significativo ambientalmente en comparación a las otras alternativas.
Alternativa 2	Nuevo puesto para operaciones RoRo y Carga General (Puesto 3, Prof. = -12,0 m; L = 250 m), emplazado en el espaldón del rompeolas ubicado en el sector oeste del puerto, con sus consiguientes áreas de apoyo, en el sector oeste y sudoeste, para maniobras y almacenamiento temporario de dichas cargas (Carga General 2 ha y RoRo 3 ha). Al puesto se le ha dado una mayor profundidad que la requerida para carga general (Prof.mín = -11,0 m) para proveer con	Nueva terminal dedicada a la operatoria de Ferry (1 ha) en el puerto (Puesto 6, Prof. = -10,0 m; L = 150 m) en zona de relleno de tierras al este del puerto. Esto presenta grandes ventajas ya que, al tratarse de una terminal dedicada, este tipo de operaciones (Ferry) contará con disponibilidad de muelle las 24 horas del día, los 365 días del año.	Re-funcionalización de los actuales Puesto 1, 2 y 3 para operaciones exclusivas de Contenedores desarrollando un frente de atraque y amarre continuo y uniforme (Puesto 1 y 2, Prof. = -14,0 m, L = 590 m) configurando una terminal dedicada de contenedores (13 ha) que se ubica detrás de los Puestos 1 y 2 y en terrenos rellenados en el este del puerto.	Nuevo puesto para Carga a Granel (Puesto 5, Prof. = -11,0 m; L = 210 m) al este del actual Puesto 4 (que se ampliará a L = 250 m) compartiendo el muelle existente. Para que los buques puedan acceder al nuevo Puesto 5 será necesario crear un nuevo círculo de maniobras náuticas al noreste del puerto y dragar el área entre el puesto y los nuevos terrenos a rellenar para estacionamiento de camiones para la Carga a Granel (3,2 ha) emplazados al este del puerto. Esta área a dragar tiene una profundidad limitada, y por este	Relocalización de los servicios portuarios en nuevas zonas de relleno en el noreste del puerto debido a la reclamación de tierras donde se encuentran emplazados en la actualidad.

Alternativa	Características de la alternativa				
	Operaciones RoRo	Ferry	Contenedores y carga general	Carga a granel	Servicios portuarios y dársenas
	mayor flexibilidad para posibles cambios en la demanda futura y/o diversificación de cargas; también se puede uniformizar con los Puestos 1 y 2 (Prof. = -14,0 m).			motivo se recomienda dragar el Puesto 5 a una profundidad menor comparada con el Puesto 4 y así dedicar este puesto a los buques graneleros de menor tamaño.	
OBSERVACIONES IMPACTOS AMBIENTALES	No implica cambios significativos ambientales por el tipo de carga.	Zona protegida para confinamiento de derrames accidentales, por la actividad del Ferry.	No implica nuevos problemas nuevos ambientales.	Este punto tiene la desventaja de la dirección del viento que lleva las nubes de polvo directamente hacia la playa y zona del puente.	Cambio no significativo ambiental en comparación a las otras alternativas.
Alternativa 3	Re-funcionalización de los actuales Puesto 1, 2 y 3 para operaciones de Contenedores, RoRo y Ferry desarrollando un frente de atraque y amarre continuo y uniforme (Puesto 1 y 2, Prof. = -14,0 m, L = 590 m) los que configuran una terminal multipropósito cuya playa de contenedores (13 ha) se ubica principalmente detrás del Puesto 1 y el área de apoyo para RoRo (3 ha) y Ferry (1 ha) se emplaza preponderantemente detrás del Puesto 2, puesto para transferencia buque-muelle que comparten Contenedores, RoRo y Ferry. El actual Puesto 4, indicado como Puesto 5 en esta alternativa, se destina para operar Carga General con la misma metodología de descarga que en actualidad, pero se construye un viaducto (el que permitirá la circulación de embarcaciones para servicios portuarios) que facilitará la segregación de los flujos de cargas hacia una nueva área de apoyo que se ha rellenado en el sudeste del puerto para Carga General (2 ha). Parte del muelle/viaducto del actual Puesto 4 deberá ser modificado para operar la rampa de popa del Ferry.			Nuevos puestos para operaciones de Carga a Granel (Puesto 3, Prof. = -13,0 m; L = 250 m y Puesto 4, Prof. = -11,0 m; L = 220 m) con la misma metodología de descarga que en la actualidad. El Puesto 4 estaría dedicado a los buques graneleros de menor tamaño. Es importante resaltar que en el nuevo Puesto 4 se esperan tiempos inoperativos mayores que en el actual Puesto 4 por mayor exposición a acciones hidro-meteorológicas. En la zona oeste del puerto se deja una franja (1,5 ha) para pesaje, circulación y maniobra de camiones vinculados a la Carga a Granel provenientes del área de apoyo y estacionamiento (3,2 ha) emplazada en el este del puerto en nuevos terrenos ganados al mar.	-
OBSERVACIONES IMPACTOS AMBIENTALES	Es una actividad similar a la situación actual. En caso de pérdidas de HC accidentales es manejable con los protocolos de prevención ambiental. La dársena confina el impacto.			El puesto es mas abierto y por la ubicación permite que la dispersión de las emisiones por acción del viento ocurra hacia zonas abiertas.	
Alternativa 4	Nuevo puesto para operaciones RoRo y Ferry (Puesto 3, Prof. = -12,0 m; L = 250 m), emplazado en el espaldón del rompeolas ubicado en el sector oeste del puerto, con su consiguiente área de apoyo, en el sector sudoeste, para maniobras y almacenamiento temporario asociado a dichas cargas (RoRo 3 ha y Ferry 1 ha). Se le ha dado una mayor profundidad que la requerida (Prof.min = -11,0 m) para proveer el puesto con mayor flexibilidad para posibles		Re-funcionalización de los actuales Puesto 1, 2 y 3 para operaciones exclusivas de Contenedores desarrollando un frente de atraque y amarre continuo y uniforme (Puesto 1 y 2, Prof. = -14,0 m, L = 590 m) configurando una terminal	Nuevo puesto para Carga a Granel (Puesto 5, Prof. = -11,0 m; L = 210 m) al este del actual Puesto 4 (que se ampliaría hasta L = 250 m), compartiendo el muelle existente y estando ambos vinculados con los nuevos terrenos a rellenar para área de apoyo y estacionamiento de	Relocalización de los servicios portuarios dentro de la dársena debido a la reclamación de tierras donde se encuentran emplazados en la

Alternativa	Características de la alternativa				
	Operaciones RoRo	Ferry	Contenedores y carga general	Carga a granel	Servicios portuarios y dársenas
	cambios en la demanda futura y/o diversificación de cargas; también se puede uniformizar con los Puestos 1 y 2 (Prof. = -14,0 m).		dedicada de contenedores (13 ha) que se ubica detrás de los Puestos 1 y 2 del puerto (con posibilidades de expansión en nuevos terrenos ganados al mar). Nuevo puesto para Carga General (Puesto 6, Prof. = -11,0 m; L = 250 m) al este del puerto en zona de nuevos terrenos a rellenar para área de apoyo para las operaciones de Carga General (2 ha).	camiones para la Carga a Granel (3,2 ha) emplazados al este del puerto. El área a dragar tiene una profundidad limitada, y por este motivo se recomienda dragar el Puesto 5 a una profundidad menor comparada con el Puesto 4 y así dedicar este puesto a los buques graneleros de menor tamaño.	actualidad. Nueva dársena para buques entre el Puesto 5 y Puesto 6 y nuevo círculo de maniobras náuticas al noreste del puerto.
OBSERVACIONES IMPACTOS AMBIENTALES	No se considera significativo el agregar esta actividad. Se puede controlar impactos con los planes de acción adecuados preventivos.		No hay cambios significativos a la situación actual controlada ambientalmente. Respecto del Puesto 6 se trata de una Zona confinada e impactada. No afecta significativamente nueva actividad..	Se aumenta del punto de vista ambiental el impacto por la situación actual de dispersión por viento de las cargas a granel especialmente las de granulometría más fina. Zona de alta influencia por dispersión hacia playas de bañistas.	Respecto de los nuevos Puesto 5 y 6 (sin detallar uso) como impacto constructivo, se trata de una Zona confinada e impactada. No afecta significativamente nueva actividad.
Alternativa 5 A	Re-funcionalización de los actuales Puesto 1, 2 y 3 para operaciones de Contenedores y RoRo desarrollando un frente de atraque y amarre continuo y uniforme (Puesto 1 y 2, Prof. = -14,0 m, L = 590 m) los que configuran una terminal multipropósito cuya playa RoRo (3 ha) se emplaza al oeste del puerto, principalmente detrás del Puesto 1 y la playa de contenedores (13 ha) se ubica en su mayoría detrás del Puesto 2.	Nueva terminal dedicada a la operatoria de Ferry (1 ha) en el puerto (Puesto 6, Prof. = -10,0 m; L = 150 m) en zona de relleno de tierras al este del puerto. Esto presenta grandes ventajas ya que, al tratarse de una terminal dedicada, este tipo de operaciones (Ferry) contará con disponibilidad de muelle las 24 horas del día, los 365 días del año.	Nuevo puesto para operaciones de Carga General (Puesto 3, Prof. = -12,0 m; L = 250 m), emplazado en el espaldón del rompeolas ubicado en el sector oeste del puerto, con sus consiguientes áreas de apoyo, en el sector oeste y sudoeste, para maniobras y almacenamiento temporario de dichas cargas (Carga General 2 ha). También, es posible uniformizar la profundidad del puesto con los Puestos 1 y 2 (Prof. = -14,0 m), y por ello, junto con el propósito de aumentar la flexibilidad, la profundidad	Nuevo puesto para Carga a Granel (Puesto 5, Prof. = -11,0 m; L = 210 m) al este del actual Puesto 4 (que se extenderá hasta L = 250 m), compartiendo el muelle existente y estando ambos vinculados, a través de un viaducto, con el área de apoyo y estacionamiento de camiones para la Carga a Granel (3,2 ha), parcialmente desarrollado en terrenos existentes y el resto en un relleno. El viaducto permitirá la circulación de embarcaciones para servicios portuarios ya que no se modifica en esta variante el emplazamiento de los mismos. El área a dragar tiene una profundidad limitada, y por este motivo se recomienda dragar el Puesto 5 a una	Nueva dársena para buques entre el Puesto 5 y Puesto 6 y nuevo círculo de maniobras náuticas al noreste del puerto.

Alternativa	Características de la alternativa				
	Operaciones RoRo	Ferry	Contenedores y carga general	Carga a granel	Servicios portuarios y dársenas
			escogida para este puesto es mayor que la mínima requerida (Prof.mín = -11,0 m).	profundidad menor comparada con el Puesto 4 y así dedicar este puesto a los buques graneleros de menor tamaño.	
<b>OBSERVACIONES IMPACTOS AMBIENTALES</b>	Es una propuesta que en términos ambientales no cambia mucho la situación actual.	Se puede controlar impactos con los planes de acción adecuados que ya operan en el Puerto y que se pueden mejorar: Ejemplo protocolos ante derrames accidentales.	Es una propuesta que en términos ambientales no cambia mucho la situación actual.	Se aumenta del punto de vista ambiental el impacto actual de dispersión por viento de las cargas a granel especialmente las de granulometría más fina en la zona de los muelles 4 y 5. El Puesto 3 es una opción favorable para cargas a granel y evitar afectación con inmisiones a terceros.	Respecto del punto de vista constructivo del Puesto 5 y 6 se trata de una Zona confinada e impactada. No afecta significativamente nueva actividad.
Alternativa 5 B	Esta variante es una evolución natural de la Alternativa 5, donde se rellena el sector actual de servicios portuarios, ampliando la superficie portuaria, y se los relocaliza dentro de la dársena.				
<b>OBSERVACIONES IMPACTOS AMBIENTALES</b>	Se mantienen las mismas.				
Alternativa 6 A	Nuevo puesto para RoRo y Ferry (Puesto 5, Prof. = -11.0 m; L = 250 m) al este del actual Puesto 4 compartiendo el muelle existente y desarrollando un nuevo vínculo, a través de un viaducto, con el área de apoyo para RoRo (3 ha) y Ferry (1 ha), parcialmente desarrollado en terrenos existentes y el resto en un relleno. El viaducto permitirá la circulación de embarcaciones para servicios portuarios ya que no se modifica en esta variante el emplazamiento de los mismos.		Re-funcionalización de los actuales Puesto 1, 2 y 3 para operaciones exclusivas de Contenedores, desarrollando un frente de atraque y amarre continuo y uniforme (Puesto 1 y 2, Prof. = -14.0 m, L = 590 m) de una nueva terminal dedicada de contenedores, cuya playa (13 ha) se ubica principalmente detrás del Puesto 1. El actual Puesto 4, indicado como Puesto 5 en esta alternativa, se amplía a L = 250 m y se destina para operar Carga General con la misma metodología de descarga que en actualidad y se utiliza el viaducto existente para vincularla con el área de apoyo para Carga General (2 ha) en el centro del complejo portuario (2 ha).	Nuevos puestos para operaciones de Carga a Granel (Puesto 3, Prof. = -13.0 m; L = 250 m y Puesto 4, Prof. = -11.0 m; L = 220 m) con la misma metodología de descarga que en la actualidad, y dedicando el último puesto a los buques graneleros de menor tamaño. Es importante resaltar que en el nuevo Puesto 4 se esperan tiempos inoperativos mayores que en el actual Puesto 4 por mayor exposición a acciones hidro-meteorológicas. En la zona oeste del puerto se deja una franja (1.5 ha) para pesaje, circulación y maniobra de camiones vinculados a la Carga a Granel provenientes del área de apoyo y estacionamiento (3.2 ha) emplazada en el este del puerto en nuevos terrenos ganados al mar.	- Respecto del punto de vista constructivo se trata de una Zona confinada e impactada. No afecta significativamente nueva actividad.
<b>OBSERVACIONES IMPACTOS</b>	La nueva zona para RoRo y Ferry (Puestos mas confinada y con mejores posibilidades para control de derrames. Hay		Zona muy abierta a variables hidro meteorológicas, por el	Se distribuye mejor la carga ambiental por dispersión de	

Alternativa	Características de la alternativa				
	Operaciones RoRo	Ferry	Contenedores y carga general	Carga a granel	Servicios portuarios y dársenas
<b>AMBIENTALES</b>	que aumentar medidas preventivas y correctivas)		tipo de carga se pueden aplicar medidas preventivas exitosas.	emisiones generadas por las descargas a granel. Ya que en el puesto nuevo y en el 3 el viento siempre permite dispersar hacia zonas abiertas y no hacia la costa las emisiones. Menos probabilidad de afectar con inmisiones a terceros y se aleja la afectación de la playa de uso actual de los bañistas.	
Alternativa 6 B	Esta variante invierte los usos de los Puestos 5 y 6, con respecto a la Alternativa 6, con la finalidad de segregar el flujo de Carga General de la operatoria de Contenedores para lograr una mejor compatibilidad de cargas en la franja de transición y circulación del Puesto 2, donde quedarían operaciones con carga de Contenedores, RoRo y Ferry.				
<b>OBSERVACIONES IMPACTOS AMBIENTALES</b>	Queda más expuesto impactos potenciales del Ferry (manejo hidrocarburos principalmente) por condiciones hidro meteorológicas.				
Alternativa 7 A	Nuevo puesto para operaciones RoRo y Ferry (Puesto 6, Prof. = -11.0 m; L = 250 m). Es importante resaltar que en el nuevo Puesto 6 se esperan tiempos inoperativos mayores que en el resto del complejo portuario por mayor exposición a acciones hidro-meteorológicas. En la zona oeste y sudoeste del puerto se deja una franja y área de apoyo (4 ha) para circulación y maniobra de RoRo y Ferry.		Re-funcionalización de los actuales Puesto 1, 2 y 3 para operaciones exclusivas de Contenedores desarrollando un frente de atraque y amarre continuo y uniforme (Puesto 1 y 2, Prof. = -14.0 m, L = 590 m) configurando una terminal dedicada de contenedores (13 ha) que se ubica detrás de los Puestos 1 y 2. Nuevo puesto para operaciones de Carga General (Puesto 3, Prof. = -12.0 m; L = 250 m), emplazado en el espaldón del rompeolas ubicado en el sector oeste del puerto, con sus consiguientes áreas de apoyo, en el sector oeste y sudoeste, para maniobras y almacenamiento temporario de dichas cargas (Carga General 2 ha). También, es posible uniformizar la profundidad del puesto con los Puestos 1 y 2 (Prof. = -14.0 m), y por ello, junto con	Extensión del actual Puesto 4 con una nueva posición de atraque y amarre (Puesto 5, Prof. = 13.0 m; L = 260 m), manteniendo la misma alineación para operar Carga a Granel con la misma metodología de descarga que en actualidad. Este nuevo frente de operaciones totaliza una longitud de 490 metros brindando mayor flexibilidad futura en lo que respecta a la evolución de la flota que opere Carga a Granel en el puerto. Es importante resaltar que en el nuevo puesto de atraque y amarre se esperan tiempos inoperativos mayores que en el actual Puesto 4 por mayor exposición a acciones hidro-meteorológicas. El Puesto 4 y 5 para Carga a Granel estarán vinculados, a través de un viaducto, con el área de apoyo y estacionamiento de camiones para la Carga a Granel (3.2 ha), parcialmente desarrollado en terrenos existentes y el resto en un relleno. El viaducto permitirá la circulación de embarcaciones para servicios portuarios ya que no se modifica en esta variante el	Respecto del punto de vista constructivo se trata de una Zona confinada e impactada. No afecta significativamente nueva actividad.

Alternativa	Características de la alternativa				
	Operaciones RoRo	Ferry	Contenedores y carga general	Carga a granel	Servicios portuarios y dársenas
			el propósito de aumentar la flexibilidad, la profundidad escogida para este puesto es mayor que la mínima requerida (Prof. mín = -11.0 m)	emplazamiento de los mismos.	
<b>OBSERVACIONES IMPACTOS AMBIENTALES</b>	Zona más abierta para la actividad del Ferry. En caso de derrames accidentales, se dificulta la contención del derrame. Necesariamente tendrían que reforzarse medidas preventivas de manejo. A nivel emisiones de gases se dispersan con mayor facilidad.		No varía del punto de vista ambiental la situación actual para etapa operativa.	Se aumenta del punto de vista ambiental el impacto actual de dispersión por viento de las cargas a granel especialmente las de granulometría más fina y se aumenta el riesgo de impacto a terceros por inmisiones.	Respecto del punto de vista constructivo se trata de una Zona confinada e impactada. No afecta significativamente nueva actividad.
Alternativa 7 B	Esta variante es una evolución natural de la Alternativa 7, donde se rellena el sector actual de servicios portuarios, ampliando la superficie portuaria para las operaciones de carga de Contenedores. Por lo tanto, se relocalizan los servicios portuarios al noreste del puerto.				
Alternativa 8	Comparte puesto 5 con Ferry	Comparte puesto 5 con RoRo	En puesto 1 y 2 actual	Mantiene la ubicación actual pero pasa de 180 m a 490 conformando los puestos 3 y 4.	
<b>OBSERVACIONES IMPACTOS AMBIENTALES</b>	A nivel emisiones de gases se dispersan con mayor facilidad. En caso de derrames se concentran en la dársena actual y pueden manejarse reforzando medidas preventivas de manejo.	Es muy similar a situación actual.	No varía del punto de vista ambiental la situación actual para etapa operativa.	Se aumenta el riesgo de impacto a terceros por inmisiones por la localización cercana a la playa. Deben tomarse medidas estrictas de prevención de emisiones que produce la carga a granel	Respecto del punto de vista constructivo se trata de una Zona confinada e impactada. No afecta significativamente nueva actividad.

Fuente: Análisis realizado con base en información de estudios existentes, experiencia profesional, informes de regencia y EsIAs de Puerto Caldera.



# APÉNDICE C GRÁFICOS DE INTERPRETACIÓN DE SUBSUELO

# APÉNDICE D PLAN MAESTRO

## APÉNDICE E PLAN MAESTRO FASE A

# APÉNDICE F PLAN MAESTRO FASE B

## APÉNDICE G INFORMES TAREA 1, TAREA 2 Y TAREA 3

Tarea 1: Informe de partida,

Tarea 2: Toma de datos iniciales,

Tarea 3. Análisis de la posición competitiva de los puertos del litoral pacífico

## APÉNDICE H INFORME TAREA 4: DETERMINACIÓN DE ACTUACIONES DE URGENCIA EN PUERTO CALDERA

## APÉNDICE I INFORME TAREA 5: PREPARACIÓN DE ESCENARIOS PREVISTOS DE TRÁFICO PARA CORTO, MEDIO Y LARGO PLAZO

## APÉNDICE J INFORME TAREA 6: ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD DE LOS PUERTOS Y UTILIZACIÓN DE LOS ESPACIOS



## APÉNDICE K INFORME TAREA 9: ELABORACIÓN DETALLADA DEL PLAN SELECCIONADO

Apéndice K-1: Terminal de contenedores, nota de cálculo y dibujos

Apéndice K-2: Ferry, carga general y roro, nota de cálculo y dibujos

Apéndice K-3: Terminal a granel, nota de cálculo y dibujos

Apéndice K-4: Puerto de servicio, nota de cálculo y dibujos

Apéndice K-5: Pavimento

Apéndice K-6: Sistema de aguas pluviales

Apéndice K-7: Planta de Iluminación, sistema de circuito cerrado y  
Señalización horizontal

Apéndice K-8: Sistemas de tratamiento de aguas

Apéndice K-9: Dibujo conceptual del espigón por trampa de  
sedimentos

Apéndice K-10: Diseño de parqueo

Apéndice K-11: Almacén de carga general

Apéndice K-12: Almacén de inspección personalizado

Apéndice K-13: Sistema de banda transportadora y descargadores

Apéndice K-14: Terminal de RECOPE de la Costa Del Pacífico

## Apéndice K-1: Terminal de contenedores, nota de cálculo y dibujos

## Apéndice K-2: Ferry, carga general y ro-ro, nota de cálculo y dibujos

## Apéndice K-3: Terminal a granel, nota de cálculo y dibujos

## Apéndice K-4: Puerto de servicio, nota de cálculo y dibujos

## Apéndice K-5: Pavimento

## Apéndice K-6: Sistema de aguas pluviales

## Apéndice K-7: Planta de Iluminación, sistema de circuito cerrado y Señalización horizontal



## Apéndice K-8: Sistemas de tratamiento de aguas

## Apéndice K-9: Dibujo conceptual del espigón por trampa de sedimentos



## Apéndice K-11: Almacén de carga general

## Apéndice K-12: Almacén de inspección personalizado

## Apéndice K-13: Sistema de banda transportadora y descargadores

Una forma de aumentar la capacidad del puesto 4 es cambiar la forma del proceso de descarga actual (descarga directa de un camión utilizando las cucharas de almeja y tolvas que vierten a los camiones).

Incluso la carga está fragmentada para diferentes clientes, se puede instalar un sistema más eficiente, como un sistema con descargadores continuos de buques. Los cálculos muestran que en este caso solo se necesita un puesto de amarre (el puesto existente).

La terminal de carga a granel consistirá en la siguiente infraestructura y equipo nuevos:

Una extensión del puesto 4 con 15 metros.

El sistema de descarga consiste en 2 descargadores continuos que descargan los granos en una tolva con 2 cintas transportadoras, al lado el muelle 4 existente.

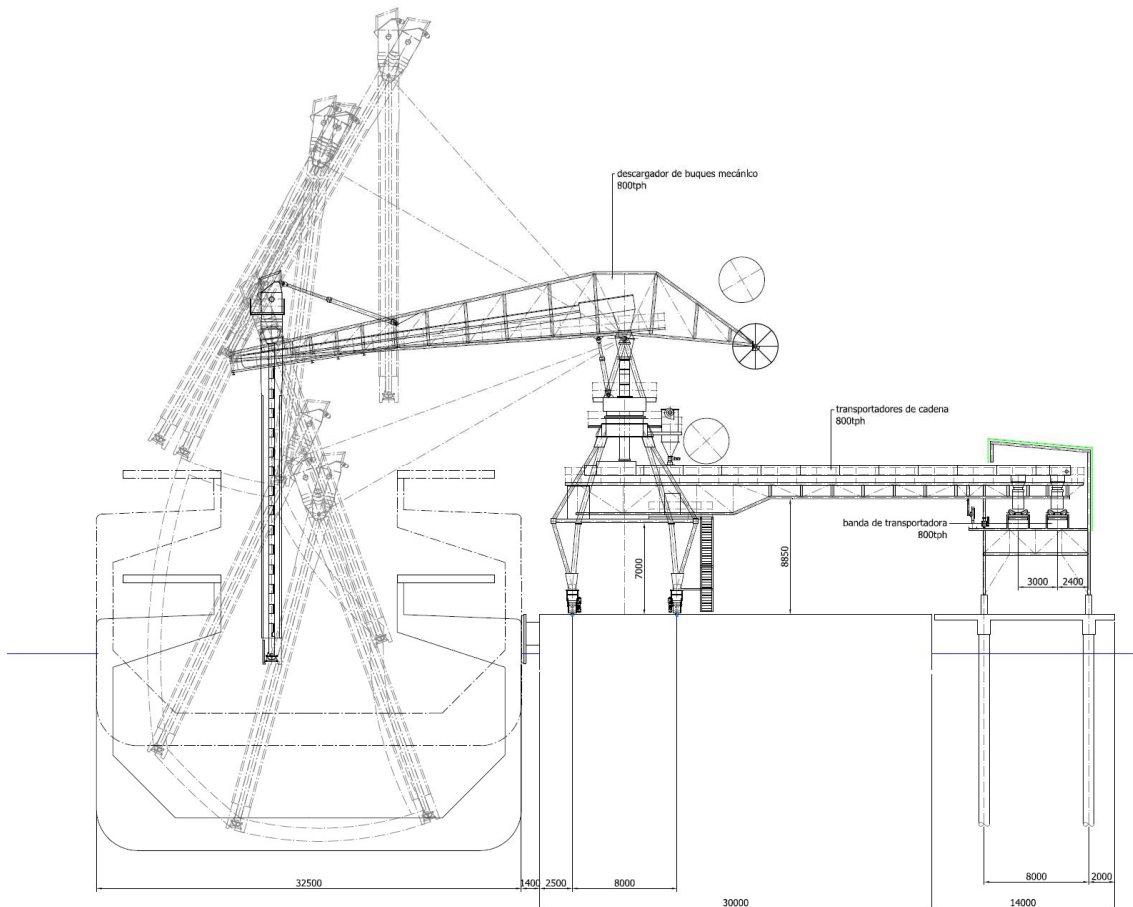
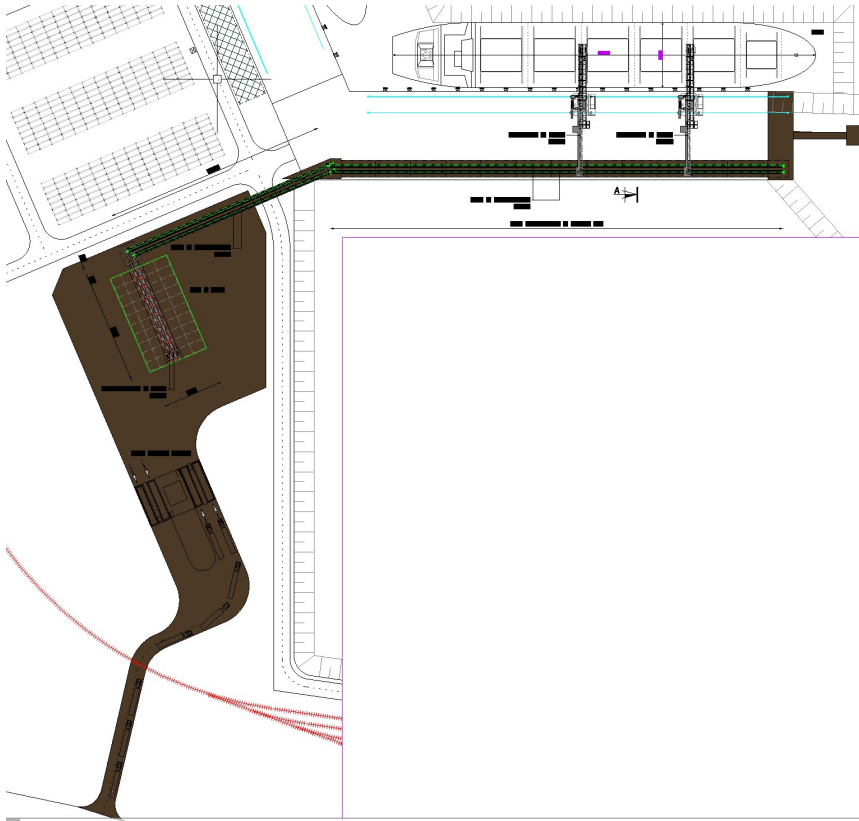


Figura A-2: Descargadores continuos en puesto 4

Estas cintas corren a una estación de carga de camiones en un terreno en la tierra. Para cumplir con la velocidad de descarga de los 2 descargadores de barcos, se necesitan aproximadamente 10 puntos de carga de camiones (capacidad efectiva de 200 ton / h cada punto). Todos estos puntos tienen un búfer con suficiente capacidad (150 toneladas).

El área de la estación de carga de camiones es suficiente para el movimiento de camiones. Se supone que los camiones esperarán en la nueva área de estacionamiento de camiones. Debido a las altas tasas de carga y la cantidad de camiones necesarios, es necesaria una buena logística y organización. El diseño exacto debe coordinarse con las empresas de granos.



*Figure A-3 Layout de Terminal de carga a granel*

Nota; Este sistema puede manejar todos los agro graneles y fertilizantes. Se supone que todo el resto del volumen (Graneles sólidos, Pet coke etc) se maneja de acuerdo con el sistema en la alternativa 1 en los puestos de contenedores.

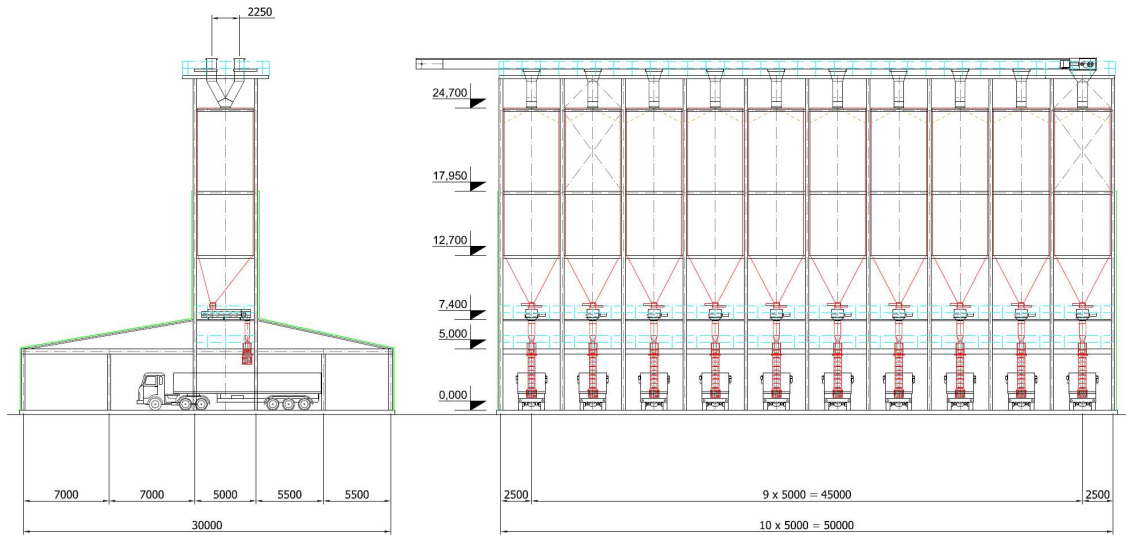


Figura A-4: Estación de carga de camiones



## Apéndice K-14: TERMINAL DE RECOPE DE LA COSTA DEL PACÍFICO

### Descripción

Hoy en día, RECOPE tiene un punto de importación / exportación en el Atlántico, que hace necesario el transporte interior a las diferentes plantas. Una terminal en el Pacífico proporcionaría acceso de importación / exportación desde ambos lados, reduciendo el transporte terrestre.



Figura A-5 Situación futura de las terminales y plantas de Recope en Costa Rica.

El proyecto propone la instalación de una monoboya de 80.000 t en la costa del Pacífico de Costa Rica, en El Golfo de Nicoya.

El amarre de punto único (SPM) consiste en una boya unida al fondo marino con múltiples líneas de amarre que la hacen permanente. El sistema también contiene mangueras que se conectan con las tuberías submarinas y los camiones cisterna para la transferencia de fluidos. En este sistema, es importante diseñar suficiente espacio para maniobrar y analizar el clima de meteoceánico que podría afectar las instalaciones de amarre, los petroleros y la seguridad de la navegación.

Figura A-6 presenta el plan inicial de RECOPE para la ubicación de la SPM. El plan inicial de RECOPE era instalar 2 boyas diferentes para dos tipos diferentes de barcos -40,000t and 80,000t. Sin embargo, RECOPE decidió instalar finalmente una sola boya.

El objetivo de este estudio es aconsejar la mejor ubicación de la SPM en el Golfo de Nicoya teniendo en cuenta la zona inicial propuesta por RECOPE para la instalación de la boya y el posible riesgo de colisión con los buques que pasan (rutas de navegación existentes).

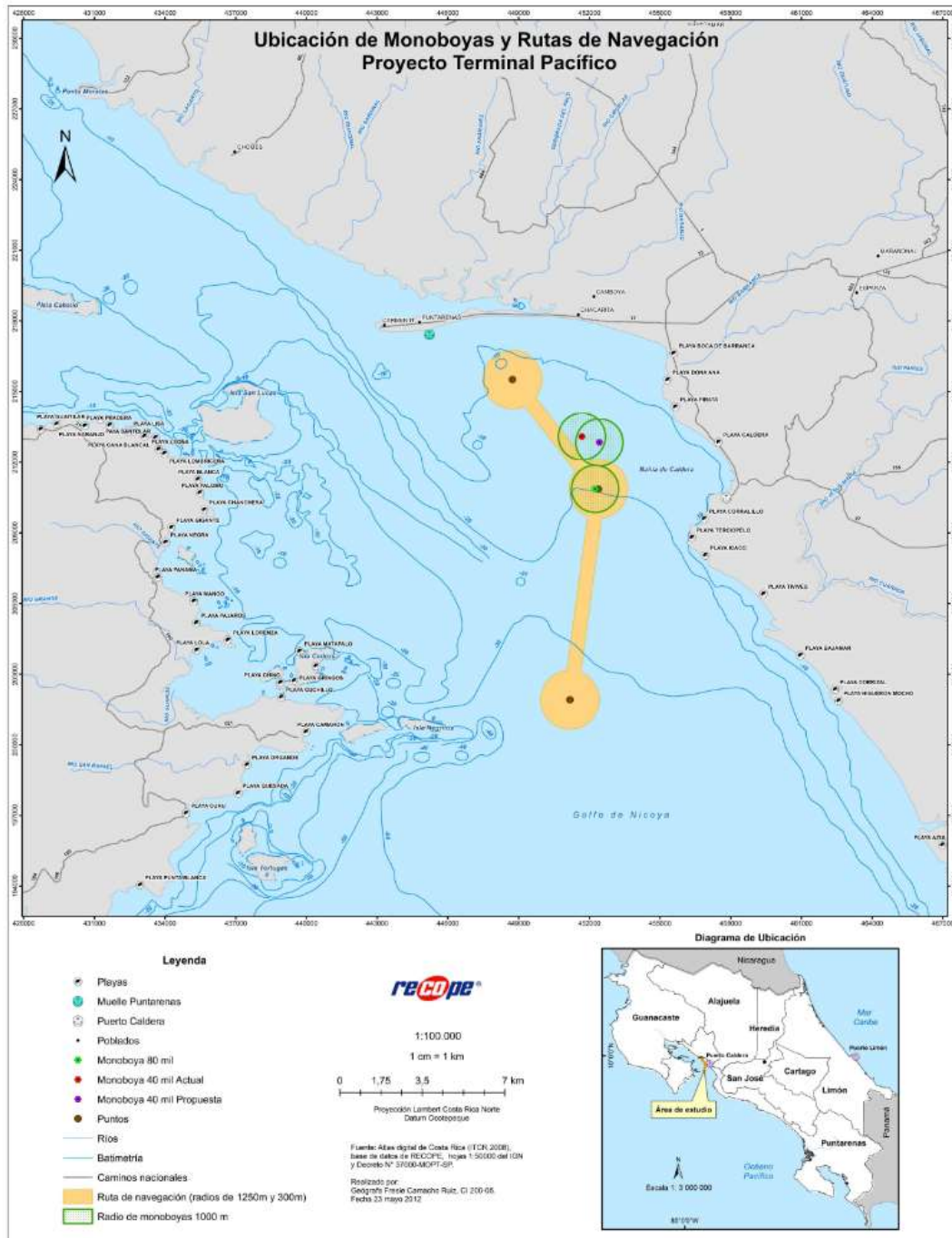


Figura A-6 Localización de la boyas de 40.000 t y 80.000 t propuestas y del canal de navegación.

## **Metodología**

El análisis se ha desarrollado utilizando el criterio de expertos, la experiencia en proyectos similares y directrices (ROM, Recomendaciones para Obras Marítimas) y los datos disponibles.

Hay varios aspectos que deben abordarse al considerar la ubicación del SPM para que los barcos y las instalaciones estén completamente seguros:

### **Profundidad suficiente**

Al elegir la ubicación de un SPM, es importante determinar si la profundidad del agua es suficiente. Muchos factores alteran la profundidad del agua disponible, como las variaciones del nivel del mar, pero también el movimiento de los barcos inducido por las olas.

### **Protección frente a las fuerzas ambientales**

Las fuerzas ambientales también tendrán un impacto en el amarre. Estas fuerzas causan el movimiento del barco, lo que potencialmente limita la operatividad, a veces haciendo el acercamiento y permanencia en el muelle sea imposible / inseguro. En situaciones de viento y corriente que cambian de dirección, el petrolero debe girar para alinearse con la dirección de las fuerzas. Esto podría poner en peligro el SPM. Las fuerzas ambientales que deben ser analizadas son:

- i. Oleaje
- ii. Corrientes
- iii. Viento

### **Tubería**

La instalación presentada en la introducción consiste en un sistema de tuberías y mangueras que podrían dañarse en caso de que no se instalen lo suficientemente profundo como para evitar una colisión si se desliza la nave.

También puede ocurrir que las anclas de los camiones cisterna o de la propia boya dañen las tuberías causando derrames. Por estas razones, es importante proteger la tubería correctamente.

### **Anclaje**

Aparte del tráfico, los anclajes en la proximidad podrían poner en peligro el SPM. Los anclajes podrían verse afectados por el fuerte viento y las corrientes, y podrían hacer que los barcos anclados se desplacen y arrastren las anclas dañando las tuberías.

### **Espacio horizontal**

Cuando los petroleros se aproximan al SPM, salen y atracan, necesitan espacio horizontal para todas las maniobras. Al determinar este espacio de maniobra, es importante tener en cuenta el apoyo de los remolcadores (para ayudar al barco cuando la corriente de marea cambia de dirección).

Cuando está amarrado, el barco necesita espacio para alinearse con las condiciones ambientales como el viento y las olas. Este espacio horizontal debe tenerse en cuenta al determinar la zona del SPM.

### **Situación de navegación y tráfico**

Los cruceros podrían utilizar la ruta cercana al SPM para llegar a la terminal de cruceros en Puntarenas. En la Figura A-6 las boyas están demasiado cerca del canal de navegación presentado.

El tráfico en la ruta a la SPM puede ser extremadamente peligroso. El SPM no puede estar en ninguna ruta de navegación oficial o existente. La distancia a las rutas desde el límite de las áreas de maniobra debe ser suficiente para evitar cualquier posible colisión con el petrolero y el SPM.

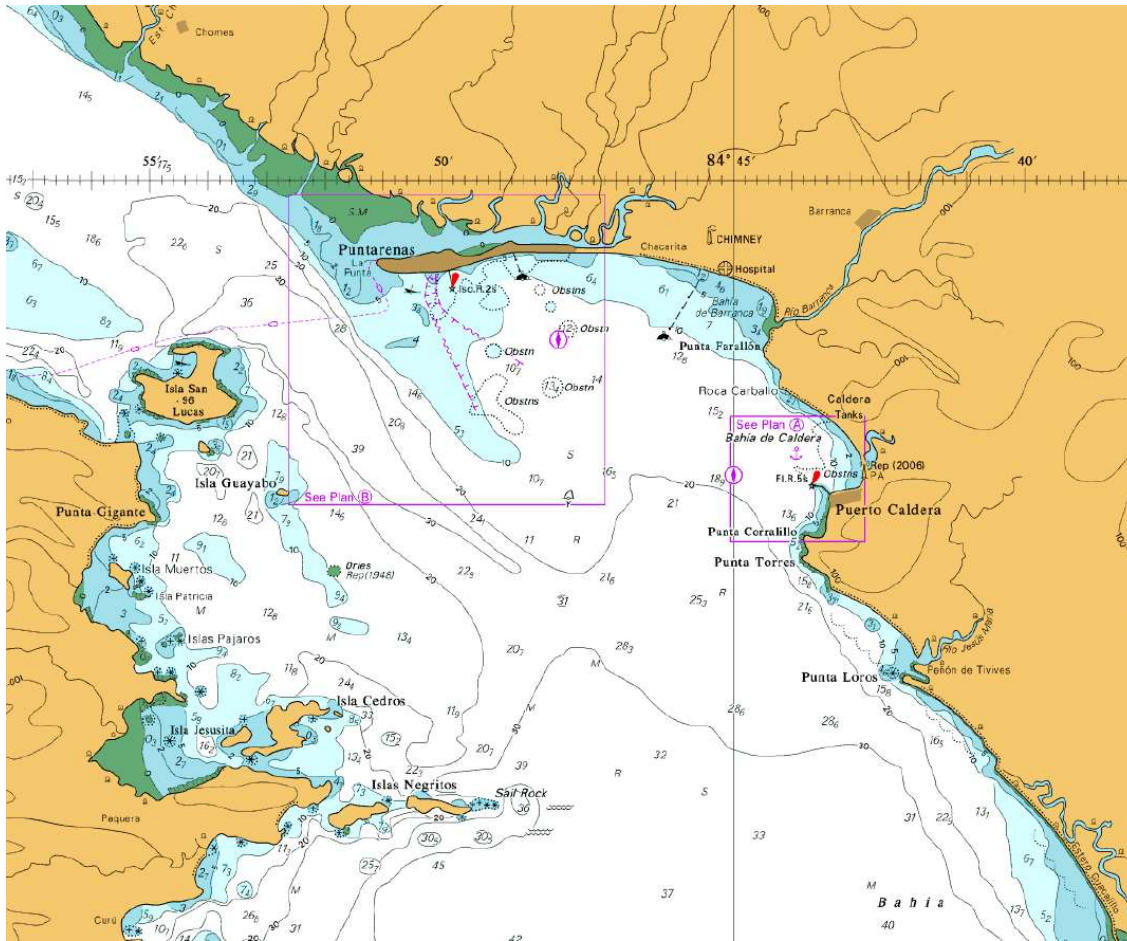


Figura A-7 Carta del Almirantazgo del Golfo de Nicoya

## Evaluación

### Dimensiones de los buques de diseño

#### Tanque 80,000 dwt:

- Longitud total (LOA) =235m
- Calado (T) =14m

#### Profundidad suficiente

Al elegir la ubicación de un SPM, es importante determinar si la profundidad del agua es suficiente. Una profundidad mínima de 16m debe estar disponible para las maniobras de los (recomendado por MOPT).

#### Espacio horizontal

La longitud total es importante para determinar el radio alrededor de la boya que debe estar disponible para aproximarse y amarrarse (ROM). Un radio mínimo de 2\*LOA del buque de diseño debe ser considerada alrededor de la ubicación de la SPM para la maniobra de los buques.

#### Situación de navegación

La distancia a las rutas de navegación desde el límite de la maniobra (canal) en el SPM debe ser de al menos 1 km para evitar cualquier posible colisión con el petrolero y el SPM. Sin embargo, esto depende del tipo de tráfico (los cruceros tienen una buena capacidad de control) y la intensidad del tráfico.

Los cruceros utilizar la ruta cercana al SPM para llegar a la terminal de cruceros en Punta Arenas.

El tráfico en la ruta a la SPM puede ser extremadamente peligroso. El SPM no puede estar en ninguna ruta de navegación oficial o existente. La distancia a las rutas desde el límite de las áreas de maniobra debe ser suficiente para evitar cualquier posible colisión con el petrolero y el SPM.

### Conclusiones

- El mínimo de radio de flotación es de 500 m ( $\sim 2 \times \text{LOA}$ ).
- Se recomienda tener 1 km de distancia de seguridad entre el canal de navegación y el área del SPM. El canal de navegación o la ubicación del SPM deben ajustarse para cumplir con este requisito. Según los datos batimétricos disponibles, parece posible ajustar la ruta de navegación a Puntarenas para que no interfiera con el SPM.
- Se recomienda al pasar por el SPM navegar con una velocidad reducida de 12 nudos. Se observa que la presente evaluación se basa en un estudio teórico y datos disponibles limitados. Antes de implementar el SPM se deben realizar estudios y evaluaciones más detalladas.

La Figura A-8 maniobrar y la zona de seguridad.

Antes de implementar el SPM, se recomienda realizar estudios más detallados que incluyan, entre otros, una evaluación detallada de riesgos, procedimientos operativos, estudios de amarre y maniobras, derrames de petróleo y extinción de incendios.

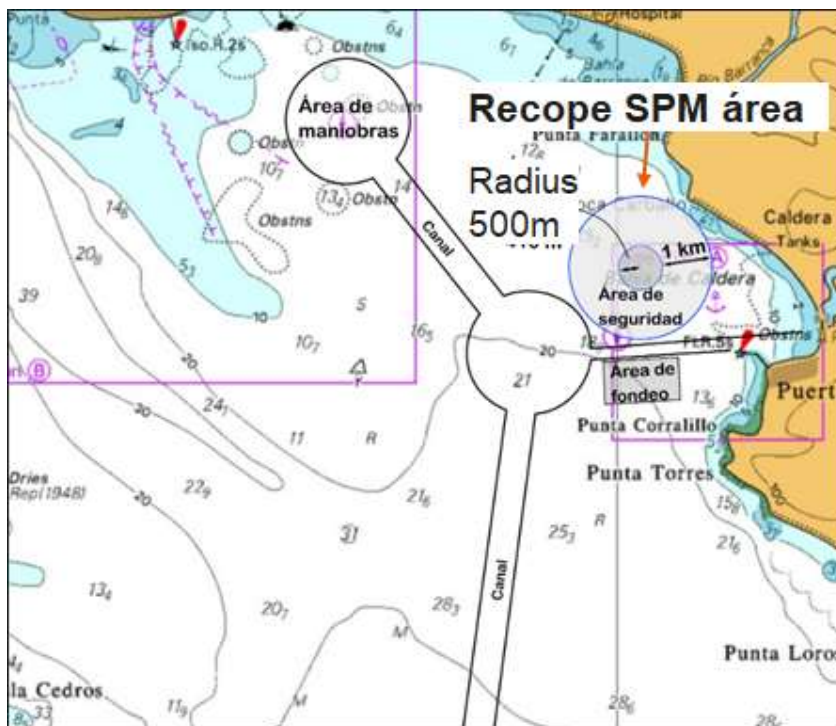


Figura A-8 El diseño propuesto de la ruta de navegación y la ubicación del SPM