

# PLAN MAESTRO PORTUARIO DEL LITORAL PACÍFICO

Tarea 4: Determinación de actuaciones de urgencia en  
Puerto Caldera

Ministerio de Obras Públicas y Transportes de Costa Rica

14 NOVIEMBRE 2018



## Contacto



**JAAP DE GROOT**  
Project Manager

M +31 (0) 3 8777 7701  
E Jaap.deGroot@arcadis.com

Arcadis Nederland B.V.  
P.O. Box 137  
8000 AC Zwolle  
Los Países Bajos

## Historia del Documento

Revisión	Fecha	Estado	Número de Documento	Razón para revisión	Autores	Revisó	Aprobó
A	18-06-2018	Borrador	C03061.000252 R3-A	Primer borrador	Equipo del Proyecto	J. Camacho B. Winder	J. de Groot
B	14-11-2018	Final	C03061.000252 R3-B	Inclusión de comentarios de Clientes	Equipo del Proyecto	J. Camacho B. Winder	J. de Groot

## TABLA DE CONTENIDOS

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>9</b>
1.1	General	9
1.2	Informes	10
1.3	Objetivo de este estudio (términos de referencia)	10
1.4	Grupo de consultores	10
1.5	Problemas / discrepancias a resolver	10
<b>2</b>	<b>ACCIONES MÁS URGENTES PARA PUERTO CALDERA NÁUTICA</b>	<b>11</b>
2.1	Reparación del rompeolas	11
2.1.1	General	11
2.1.1.1	Introducción al problema	11
2.1.2	Reparaciones	13
2.2	Optimización las campañas de dragado y evasión del tiempo de inactividad	14
2.2.1	General	14
2.2.2	Análisis del problema de sedimentación	14
2.2.3	Requerimientos generales campañas de dragado	19
2.2.4	Tipos de equipos estándar	20
2.2.4.1	Draga de tolva de succión en marcha (TSHD)	20
2.2.4.2	Draga de succión de cortador (CSD)	20
2.2.4.3	Draga retroexcavadora	21
2.2.5	Contratista externo en lugar de equipo propio	22
2.2.6	Estrategia más adecuada a corto plazo	23
2.2.7	Estimación de costo	25
2.3	Erosión de playas	25
2.3.1	General	25
2.3.2	Emplazamiento de sedimentos	27
2.3.2.1	General	27
2.3.2.2	Draga de tolva de succión en marcha (TSHD)	27
2.3.2.3	Transporte por tuberías	27
2.3.2.4	Transporte en barcazas	28
2.3.2.5	Conclusiones	28
2.3.3	Estimación de costo	29
<b>3</b>	<b>ACCIONES MÁS URGENTES PARA PUERTO CALDERA - MUELLES Y ATRACADEROS</b>	<b>30</b>
3.1	Parqueadero para camiones	30

3.1.1	Introducción	30
3.1.2	Diseño Funcional	31
3.1.2.1	Determinación del tamaño del parqueadero (para gráneles sólidos)	31
3.1.2.2	Determinación del tamaño del parqueadero (Contenedores)	32
3.1.2.3	Determinación del tamaño del parqueadero (Carga General)	33
3.1.2.4	Determinación del tamaño del parqueadero (Vehículos)	34
3.1.2.5	Resumen	34
3.1.2.6	Alternativas de ubicación	35
3.1.2.7	Diseño y esquema de parqueadero	41
3.1.3	Estimación de costos de inversión, mantenimiento y operación en su caso, incluyendo el de los estudios necesarios	42
3.1.4	Planificación calendarizada de las actuaciones	43
3.1.5	Estudio de viabilidad	43
<b>3.2</b>	<b>Básculas y Puertas Adicionales</b>	<b>45</b>
3.2.1	Introducción	45
3.2.2	Diseño Funcional	45
3.2.2.1	Número requerido de puertas de carriles de entrada / salida para gráneles sólidos	45
3.2.2.2	Número requerido de puertas de carriles de entrada / salida para contenedores	46
3.2.2.2.1	Número requerido de puertas de carriles de entrada / salida para carga general	46
3.2.2.3	Cantidad de básculas necesarias	48
3.2.2.4	Puertas / ubicación de básculas	48
3.2.2.5	Tipo de básculas	49
3.2.2.6	Sistemas de pesaje en movimiento	50
3.2.2.7	Diseño de básculas	51
3.2.3	Estimación de costos de inversión, mantenimiento y operación en su caso, incluyendo el de los estudios necesarios	52
3.2.3.1	Estimación de las básculas	52
3.2.3.2	Puerta-1 (Estación -1)	52
3.2.3.3	Mantenimiento y costos de operación	53
3.2.4	Planificación calendarizada de las actuaciones	53
3.2.5	Estudio de viabilidad	53
<b>3.3</b>	<b>Equipos Adicionales</b>	<b>54</b>
<b>3.4</b>	<b>Laboratorio Servicio Fitosanitario del Estado en Puerto Caldera</b>	<b>54</b>
3.4.1	Generalidades del SFE	54
3.4.2	El SFE en Puerto Caldera	54
3.4.3	Propuesta de mejoramiento de la Estación del SFE en Puerto Caldera	55
3.4.3.1	Equipo de laboratorio mínimo requerido	55
3.4.3.2	Personal de laboratorio requerido	55
3.4.3.3	Insumos	55
3.4.4	Recomendaciones	56

<b>4</b>	<b>ACCIONES MÁS URGENTES PARA PUERTO CALDERA ÁREAS DE ALMACENAMIENTO (PAVIMENTAR PATIOS)</b>	<b>57</b>
4.1	Introducción	57
4.2	Condición de los pavimentos existentes	58
4.3	Tipo de pavimento	59
4.4	Cantidad de patios necesarios	61
4.5	Diseño funcional de los patios	62
4.5.1	Patio 2 y 4	62
4.5.2	Patio 3	64
4.6	Estimación de costos de inversión, mantenimiento y operación en su caso, incluyendo el de los estudios necesarios	65
4.7	Planificación calendarizada de las actuaciones	66
4.8	Estudio de viabilidad	66
<b>5</b>	<b>ACCIONES MÁS URGENTES PARA PUERTO CALDERA OPERACIONAL</b>	<b>68</b>
5.1	Escáner de contenedores	68

## TABLAS

Tabla 2-1: Resumen de los resultados granulométricos para cada zona.	19
Tabla 2-2: Costos estimados de la adquisición y operación de una draga DOP	23
Tabla 3-1: Cálculación del parqueadero para gráneles sólidos	32
Tabla 3-2: Cálculación del parqueadero para contenedores	33
Tabla 3-3: Cálculación del parqueadero para carga general	33
Tabla 3-4: Cálculación del parqueadero para vehículos	34
Tabla 3-5: área de estacionamiento requerida total	34
Tabla 3-6: estimación de costos para el parqueadero de camiones	42
Tabla 3-7: Cantidad de camiones	44
Tabla 3-8: Cálculo del número de carriles por puerta para gráneles solidos	45
Tabla 3-9: Cálculo del número de carriles por puerta para contenedores	46
Tabla 3-10: Cálculo del número de carriles por puerta para carga general	46
Tabla 3-11: Cálculo del número de carriles por puerta para vehículos	46
Tabla 3-12: Número requerido de carriles por puerta para contenedores, carga general y vehículos	47
Tabla 3-13: La cantidad de basculas	47
Tabla 3-14: Número requerido de carriles por puerta para gráneles solidos	47
Tabla 3-15: Estimación del costo de una báscula tipo pozo	52
Tabla 3-16: Estimación del costo de la mejora de ambas instalaciones de la puerta -1 en Puerto Caldera	52
Tabla 4-1: Patios	57
Tabla 4-2: Ventajas y desventaja del pavimento	60
Tabla 4-3: Recomendaciones para tipos de pavimento: Fuente UNCTAD	61
Tabla 4-4: áreas de patios *Fuente; SPC Llenos: 3.8 días y vacíos 1.8 días	61
Tabla 4-5: Mejora de patios	62
Tabla 4-6: Estructura de pavimento	63
Tabla 4-7: Estimación de costos para los patios	65

## FIGURAS

Figura 2-1 Planta y secciones del rompeolas de Caldera, Ficha Técnica 2012 de la “Rehabilitación y Reforzamiento del Rompeolas de Puerto Caldera” por el MOPT.	11
Figura 2-2 Secciones del rompeolas de Caldera, Ficha Técnica 2012 de la “Rehabilitación y Reforzamiento del Rompeolas de Puerto Caldera” por el MOPT.	12
Figura 2-3 Fotos del rompeolas de Caldera tomadas por Arcadis en la visita en enero 2018.	13
Figura 2-4 Fotos del rompeolas de Caldera tomadas por Arcadis en la visita en enero 2018.	13
Figura 2-5 Fotos del rompeolas de Caldera tomadas por Arcadis en la visita en enero 2018.	13
Figura 2-6 Sedimentación en el Puesto 1	14
Figura 2-7 Vía de sedimentos, causando sedimentación en el borde del rompeolas (fondo: imagen de Google Earth de abril de 2016)	15
Figura 2-8 Ubicación del casco del barco MIXCOA	15
Figura 2-9 Campaña batimétrica 1980	16
Figura 2-10 Campaña batimétrica 1985	17
Figura 2-11 Campaña batimétrica 2018 primer cuarto	17
Figura 2-12 Diferencia del nivel del fondo [en m3 por celda de 2500 m2] entre 2012 y 2016 (datos de mediciones aportados por MOPT)	18
Figura 2-13 Descripción de los puestos de Puerto Caldera	19
Figura 2-14 Ejemplos de trailing suction hopper dredges	20
Figura 2-15 Dragas de Succión de Corte	20
Figura 2-16 Ejemplo de una draga con retroexcavadora	21
Figura 2-17 Ejemplo de DOP montada en pontón (fuente: <a href="http://www.DAMEN.nl">www.DAMEN.nl</a> )	22
Figura 2-18 Dragas DOP (fuente: <a href="http://www.DAMEN.nl">www.DAMEN.nl</a> )	23
Figura 2-19 Posibles áreas para crear una trampa de sedimentos.	24
Figura 2-20 Zona de mayor afectación	26
Figura 2-21 Evolución de la línea de costa en el sector central de la playa (Fuente: Dinámica litoral y propuestas de actuación para la estabilización de playa caldera, septiembre del 2013)	26
Figura 2-22 Recuperación de la costa mediante vertido por cañón	27
Figura 2-23 Recuperación de la costa mediante tubería	28
Figura 2-24 Ubicación recomendada para la eliminación de sedimentos dragados	29
Figura 3-1 Parqueadero existente para camiones y tracto mulas en Puerto Caldera	30
Figura 3-2 Puesto 4 en Puerto Caldera	31
Figura 3-3 Camiones	32
Figura 3-4 Posibles ubicaciones para el desarrollo de un parqueadero de camiones	35
Figura 3-5 Área de la ubicación de la “primera propuesta”	35
Figura 3-6 Áreas Portuarias	36
Figura 3-7 Áreas Portuarias: Fuente MOPT	37
Figura 3-8 Alternativas ubicaciones para el parqueadero de camiones	37
Figura 3-9 Alternativa seleccionada para el parqueadero de camiones	39

Figura 3-10 Alternativa seleccionada para el parqueadero de camiones	39
Figura 3-11 Google imágenes de la playa cera puesto 4	40
Figura 3-12 Diseño funcional del parqueadero de camiones	41
Figura 3-13 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	44
Figura 3-14 Estaciones de pesaje	48
Figura 3-15 Descripción general de Puerto Caldera con la puerta 1 indicada	48
Figura 3-16 Diseño de la instalación de la puerta principal- Puerta – 1 Estación 1	49
Figura 3-17 Una báscula montada en la superficie (izquierda) y una báscula tipo pozo (derecha)	50
Figura 3-18 Bascula semi montada en la superficie	50
Figura 3-19 Ejemplo de un sistema de pesaje en movimiento de Intercomp	51
Figura 3-20 Dibujo típico de revestimiento de hormigón para báscula de pozo	51
Figura 4-1 Patios en el Puerto Caldera en m2	57
Figura 4-2 Índice de la condición de los pavimentos de Caldera: Fuente consultor 2018	58
Figura 4-3 Índice de la condición de los pavimentos de Caldera: Fuente DIPC 2015	58
Figura 4-4 Fotos de los patios	59
Figura 4-5 Espesor base como base cementada de cemento	63
Figura 4-6 Pavimento de patio 3	64
Figura 4-7 Dimensiones de los deterioros en el patio 3 Fuente informes Gestión de Plan de Mantenimiento 2016	64
Figura 5-1 Ubicaciones para un escáner de contenedores	68



# 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 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 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, 000,000.00) 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, 000,000.00).

El PIT está alineado con el Plan Nacional de Transportes (PNT) del 2011, 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 con el País (EBP), ya que se inscribe en el área de acción prioritaria de transporte, contribuyendo 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 de puertos 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 tarea con sus propios entregables. En el marco del estudio se llevarán a cabo las siguientes tareas:

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 e informe final

Tarea 10: Difusión del Plan

## 1.2 Informes

Los siguientes informes se prepararán según el cronograma presentado:

Volume	Tarea
C03061.000252 R1	Tarea 1: Informe de partida Tarea 2: Toma de datos iniciales Tarea 3. Análisis de la posición competitiva de los puertos del litoral Pacífico
C03061.000252 R2	No usado
C03061.000252 R3	<b>Tarea 4: Determinación de actuaciones de urgencia en Puerto Caldera.</b>
C03061.000252 R4	Tarea 5: Preparación de escenarios previstos de tráfico para corto, medio y largo plazo.
C03061.000252 R5	Tarea 6: Análisis de la capacidad de los puertos y utilización de los espacios.
C03061.000252 R6	Tarea 7: Elaboración preliminar de Planes de desarrollo alternativos Tarea 8: Análisis multicriterio y selección de alternativas
C03061.000252 R7	Tarea 9: Elaboración detallada del Plan seleccionado e informe final

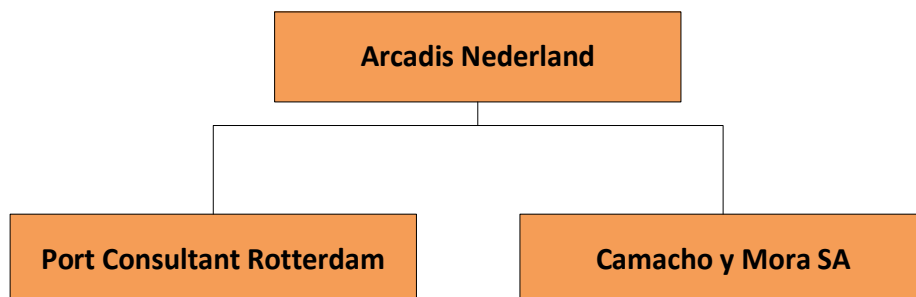
## 1.3 Objetivo de este estudio (términos de referencia)

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

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

## 1.4 Grupo de consultores

Para este proyecto Arcadis Nederland BV, con su vasta experiencia en puertos, será el consultor principal y la parte contractual. A través de 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.



## 1.5 Problemas / discrepancias a resolver

En este momento no hay.

## 2 ACCIONES MÁS URGENTES PARA PUERTO CALDERA NÁUTICA

### 2.1 Reparación del rompeolas

#### 2.1.1 General

##### 2.1.1.1 Introducción al problema

El rompeolas, como se describe en los informes de Factibilidad de Proyecto 2013 y Ficha Técnica 2012 de la “Rehabilitación y Reforzamiento del Rompeolas de Puerto Caldera” por el MOPT, se construyó inicialmente de rocas entre 4-8 t diseñado para una altura de ola de 3 m y llegando a una longitud total de 272 metros. En 2001 se amplió 123 m hasta llegar a 395 m con dolos de 3,5 t, pero debido a una tormenta en 2002 se perdieron 60 m reduciendo la longitud del rompeolas a 335 m. De la misma manera en 2011 por otra tormenta se volvió a reducir la longitud del mismo en 16 m llegando a los 320 m que se mantienen a fecha de hoy con el morro conformado por rocas de 3 a 8 toneladas.

En la Figura 2-1 y Figura 2-2 se puede observar la evolución del rompeolas y sus diferentes secciones definidas en la Ficha Técnica 2012 de la “Rehabilitación y Reforzamiento del Rompeolas de Puerto Caldera” por el MOPT.

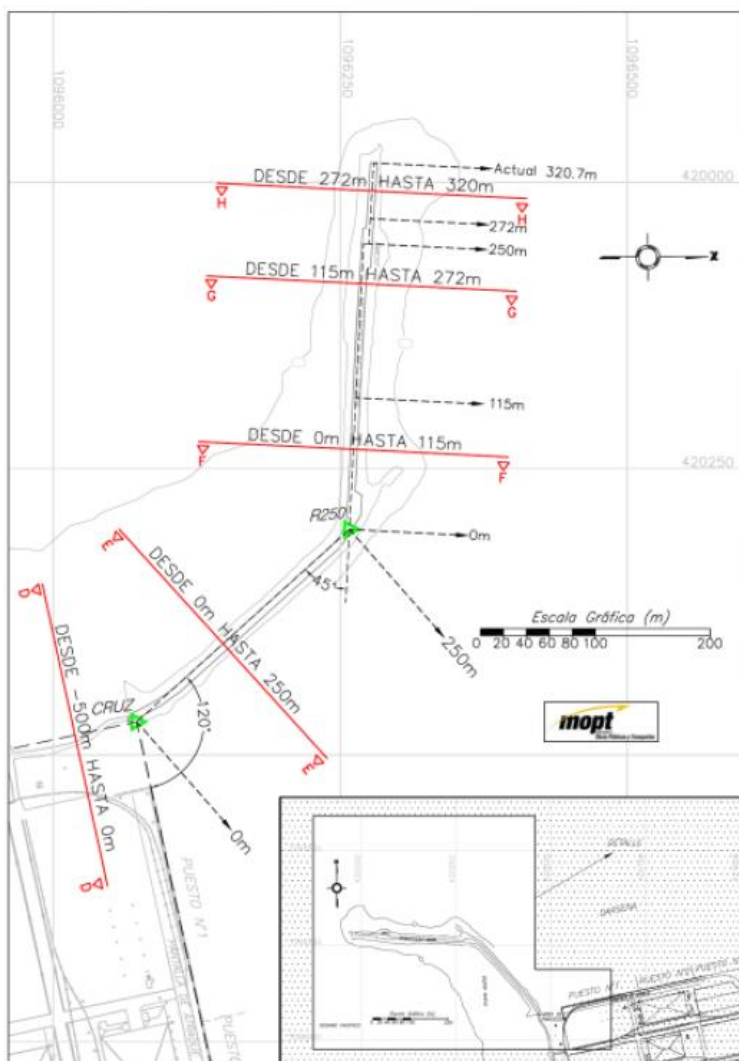


Figura 2-1 Planta y secciones del rompeolas de Caldera, Ficha Técnica 2012 de la “Rehabilitación y Reforzamiento del Rompeolas de Puerto Caldera” por el MOPT.

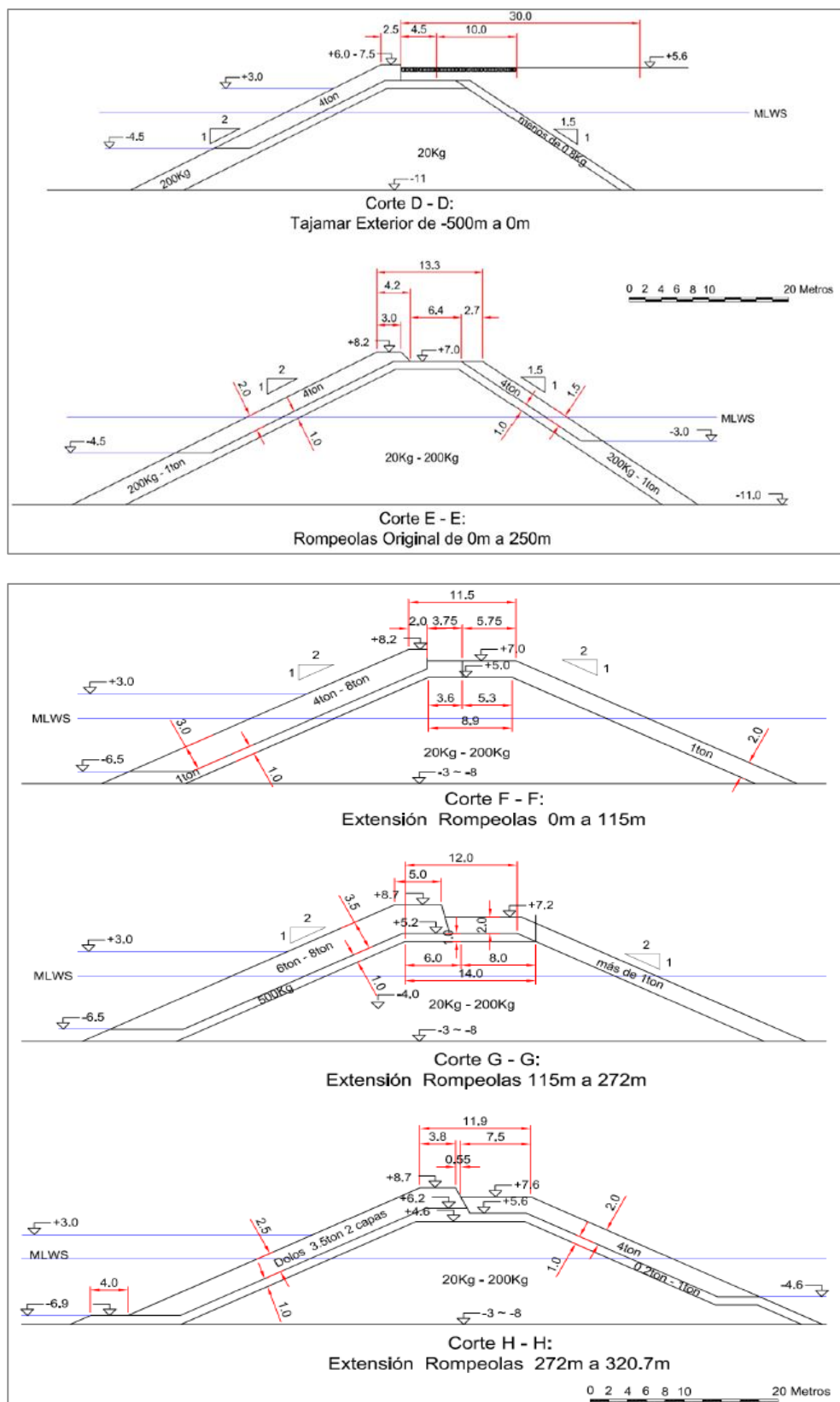
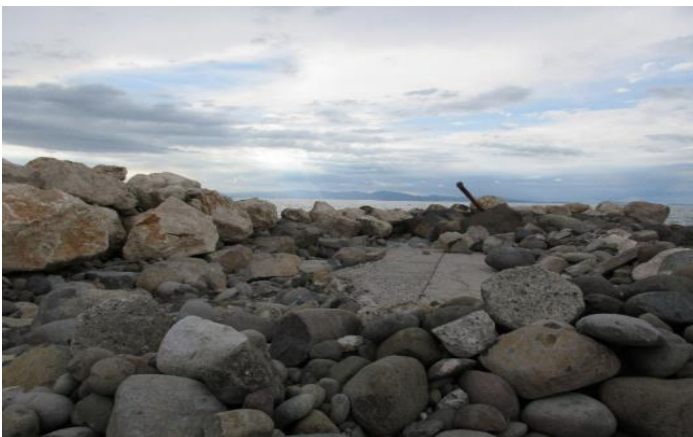


Figura 2-2 Secciones del rompeolas de Caldera, Ficha Técnica 2012 de la "Rehabilitación y Reforzamiento del Rompeolas de Puerto Caldera" por el MOPT.

Actualmente el morro del rompeolas está conformado con material de roca con un peso por unidad entre 3 y 8 toneladas. El estado actual se puede ver de las figuras Figura 2-3 a la Figura 2-5.



*Figura 2-3 Fotos del rompeolas de Caldera tomadas por Arcadis en la visita en enero 2018.*



*Figura 2-4 Fotos del rompeolas de Caldera tomadas por Arcadis en la visita en enero 2018.*



*Figura 2-5 Fotos del rompeolas de Caldera tomadas por Arcadis en la visita en enero 2018.*

El proyecto de “Rehabilitación y Reforzamiento del Rompeolas de Puerto Caldera”, como se menciona en la Factibilidad de Proyecto 2013 por el MOPT, tiene por objetivo recuperar la capacidad estructural y funcional del rompeolas para así reducir el riesgo de fallo, que provocaría un incremento de la tasa de sedimentación y una mayor incidencia del oleaje en las dársenas del puerto dificultando las operaciones marítimo-portuarias.

### **2.1.2 Reparaciones**

En cuanto a las consideraciones de reparación de rompeolas, se observa que el proyecto de Rehabilitación y Refuerzo del rompeolas de Puerto Caldera que se encuentra en el diseño y construcción de las obras está en proceso de adjudicación, por lo que no se presenta ningún diseño de rehabilitación en este informe.



## 2.2 Optimización las campañas de dragado y evasión del tiempo de inactividad

### 2.2.1 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 2-6 se puede observar claramente la situación.

Debido a la sedimentación, la profundidad de agua disponible en el atraque se reduce y se organiza 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 por semana. Esto se considera suficiente para monitorear la acumulación de sedimentos.



Figura 2-6 Sedimentación en el Puesto 1

### 2.2.2 Análisis del problema de sedimentación

En la Figura 2-7, se muestra las principales características morfológicas de la sección costera al sur de Puerto Caldera. Las olas vienen de direcciones sur-suroeste. 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 260 grados respecto al norte. Las olas se aproximan en promedio desde direcciones de 225 grados norte. Esto significa que las olas generarán un transporte 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 a lo largo del rompeolas. A sotavento del rompeolas, los sedimentos son después 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 2-8, dificulta las tareas de dragado de los taludes.

Antes de la presencia 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 2.3.



Figura 2-7 Vía de sedimentos, causando sedimentación en el borde del rompeolas (fondo: imagen de Google Earth de abril de 2016)

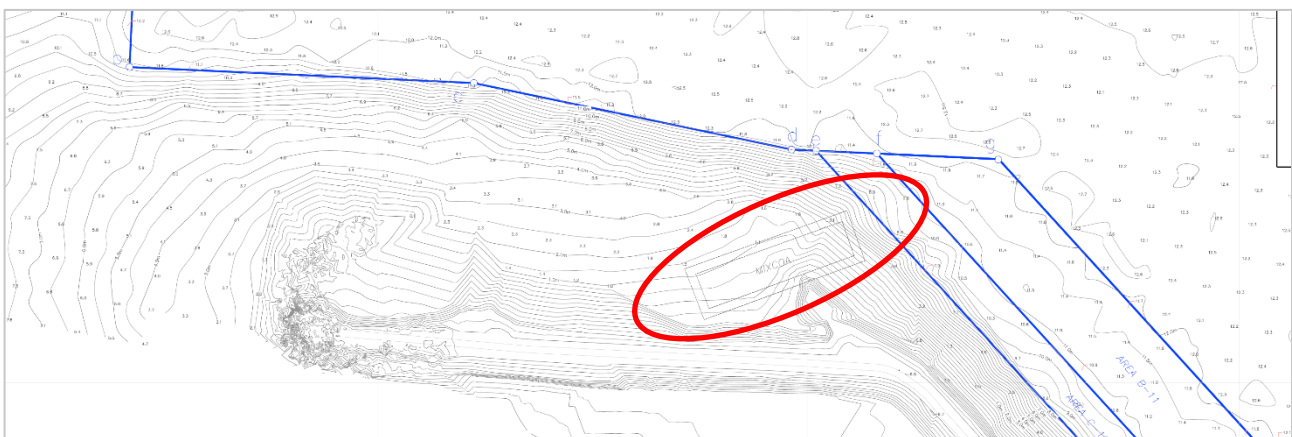


Figura 2-8 Ubicación del casco del barco MIXCOA



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 acumulado en el lado suroeste del rompeolas. Con aproximadamente solo 1 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 de 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 2-9 con la Figura 2-10 y Figura 2-11.

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 del rompeolas. En esta área de sotavento, la capacidad de transporte de sedimentos es pequeña y el sedimento se acumula.

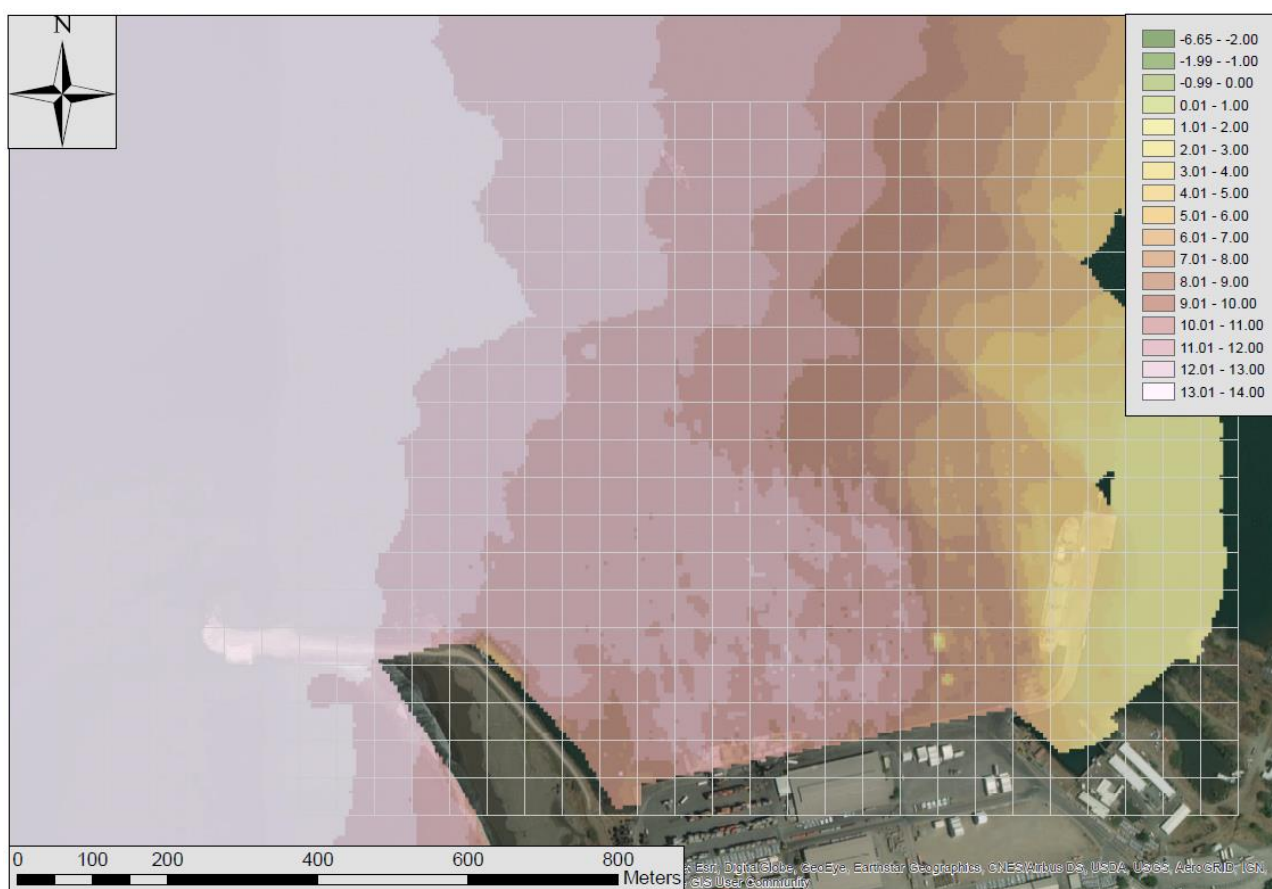


Figura 2-9 Campaña batimétrica 1980



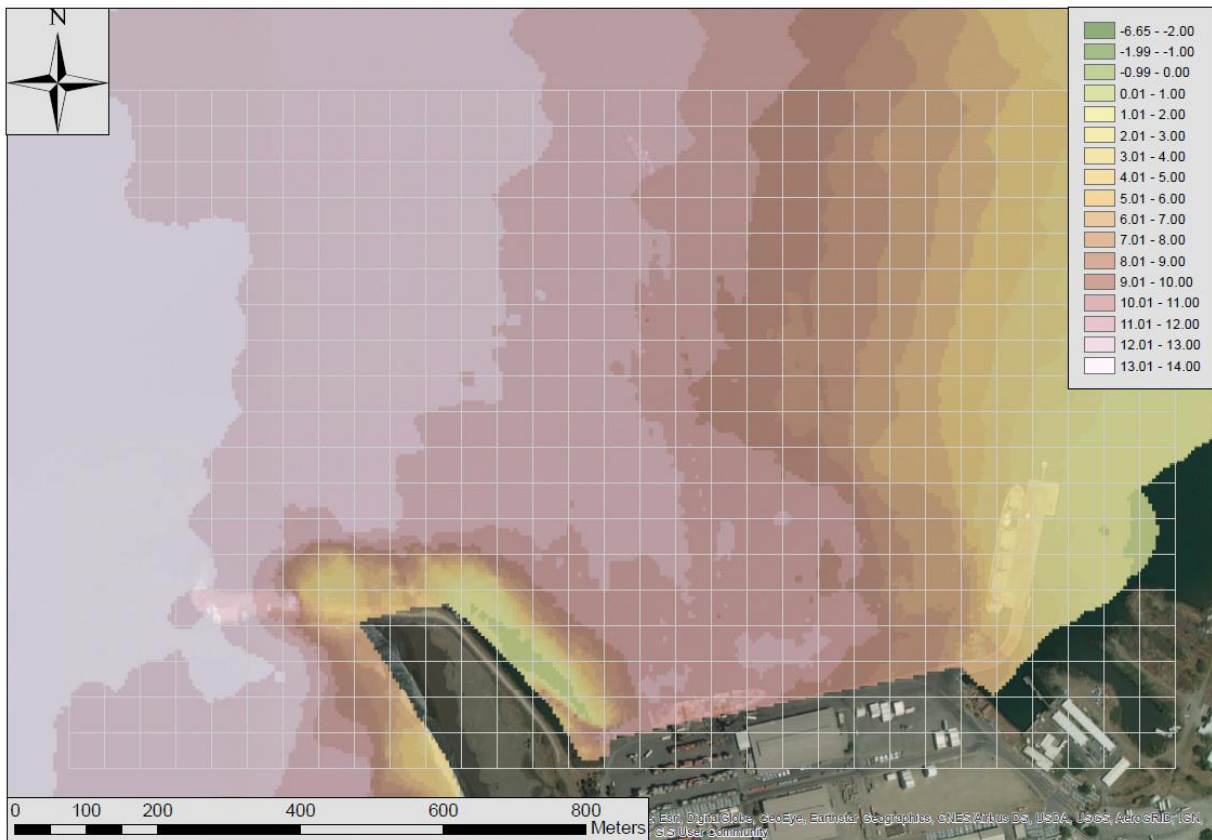


Figura 2-10 Campaña batimétrica 1985

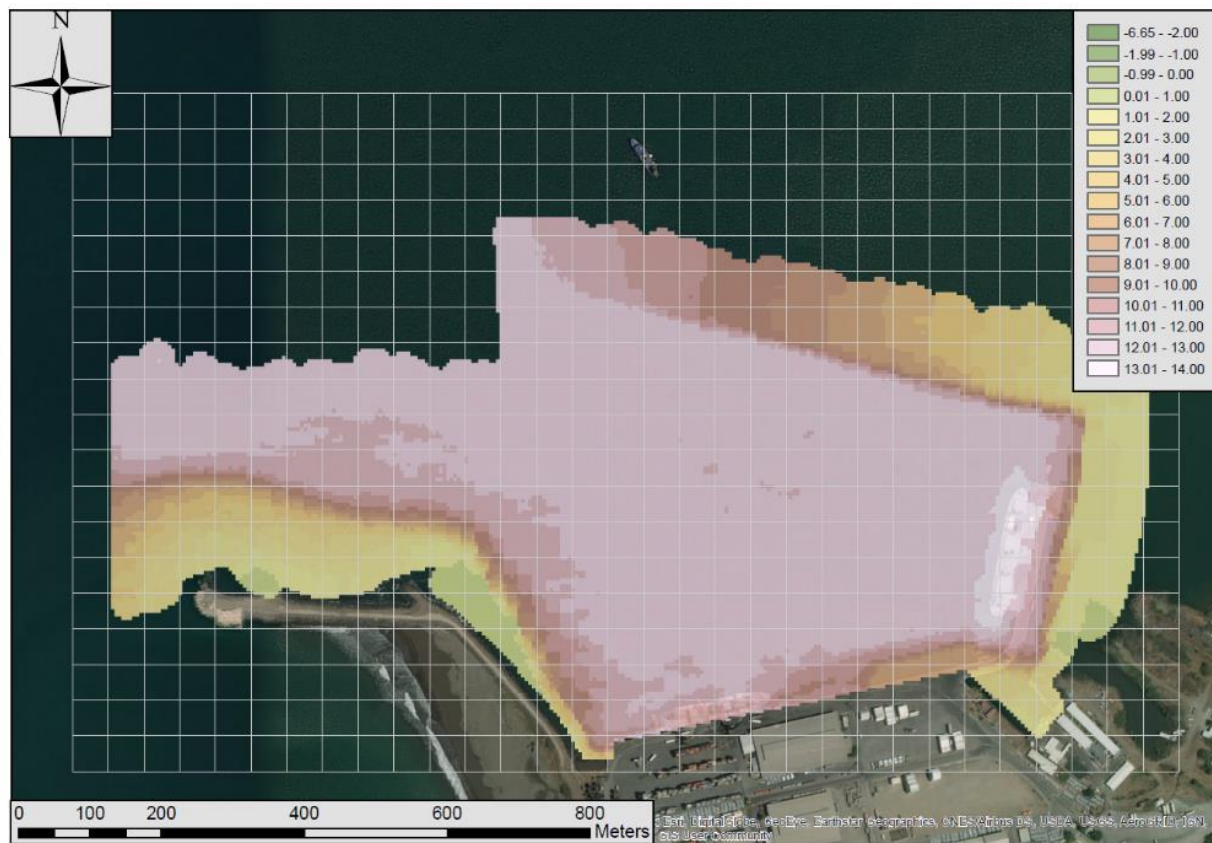


Figura 2-11 Campaña batimétrica 2018 primer cuarto

Se extraen las siguientes conclusiones principales:

- 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 2-12 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 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 espolón adicional, se producirá la acumulación de sedimentos. Una vez que esta área se llena de sedimento, el sedimento volverá 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.

Se señala que estas conclusiones se basan en la revisión de datos e informes disponibles. Dentro del alcance de este proyecto, no se prevén actividades de modelización numérica para simular procesos hidráulicos y morfológicos para el diseño detallado de los trabajos de rompeolas y dragado.

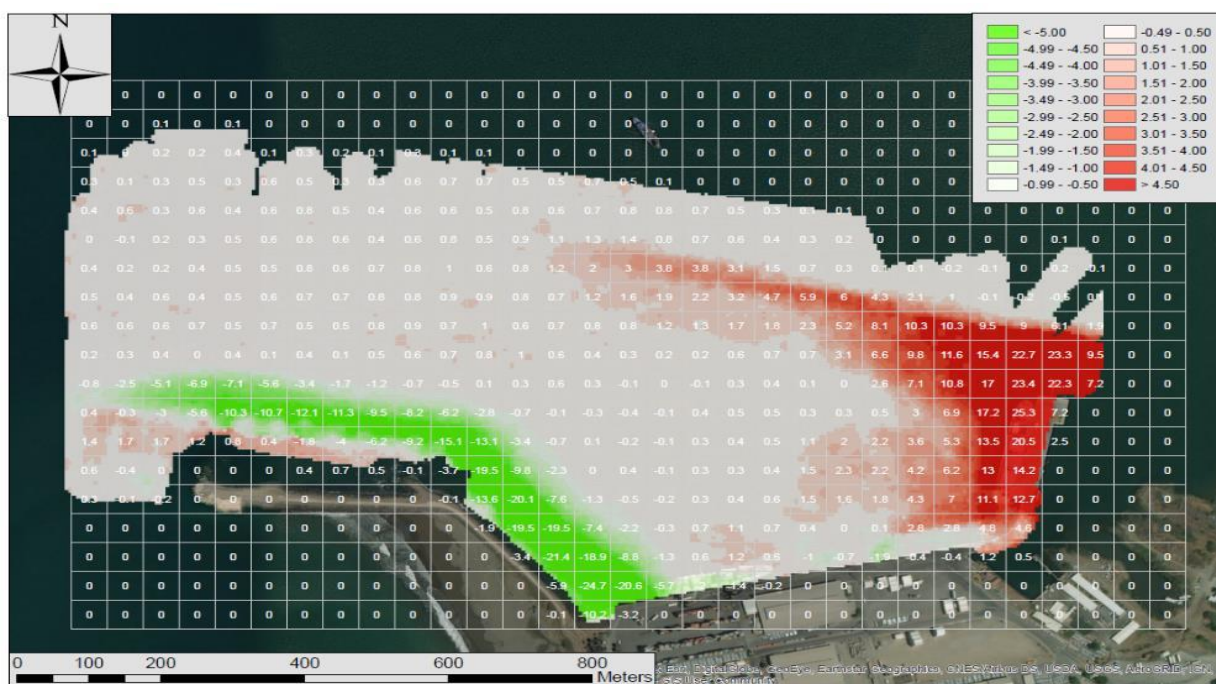


Figura 2-12 Diferencia del nivel del fondo [en m<sup>3</sup> por celda de 2500 m<sup>2</sup>] entre 2012 y 2016 (datos de mediciones aportados por MOPT)



## 2.2.3 Requerimientos generales campañas de dragado

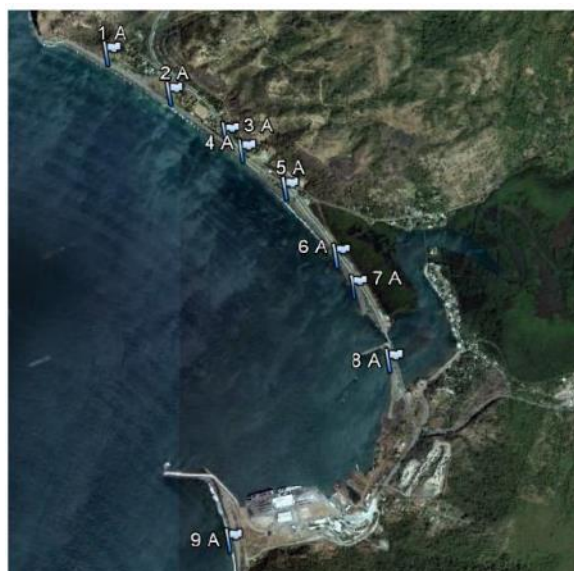
El equipo de dragado a utilizar para la campaña de dragado de mantenimiento debe cumplir los siguientes requisitos:

- El volumen estimado a dragar es de 125,000 m<sup>3</sup> / a;
- El material a dragar es arena suelta con un tamaño mediano de grano del orden de 300  $\mu$ m;
- Las condiciones de oleaje en Caldera están dominadas por olas provenientes del suroeste. El equipo de dragado debe poder operar en las condiciones de oleaje gobernantes;
- La profundidad en el Puesto 1. debe ser de 11 m, Puesto 2 10m, Puesto 3 7.5m y Puesto 4 13m (Figura 2-13);
- 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 MOPT, las profundidades máximas en las secciones horizontales de 50 metros, contiguas a la tablestaca no deben exceder la profundidad del diseño más de 30 centímetros. El dragado más profundo puede poner en peligro la integridad de las estructuras del muro del muelle.

Las características del sedimento se resumen a continuación (fuente: Dinámica litoral y propuestas para la estabilización de playa caldera, Setiembre del 2013):

Tabla 2-1: 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

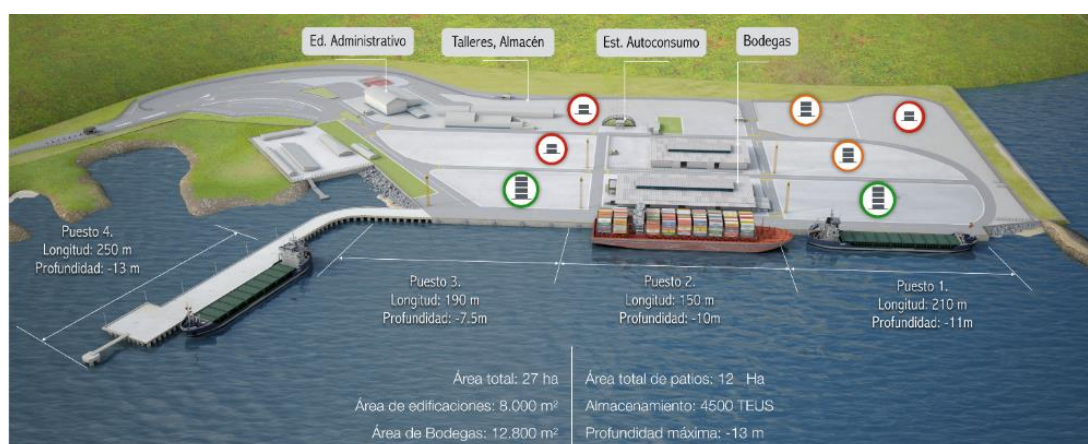


Figura 2-13 Descripción de los puestos de Puerto Caldera

## 2.2.4 Tipos de equipos estándar

### 2.2.4.1 Draga de tolva de succión en marcha (TSHD)

Una TSHD (Figura 2-14) es una embarcación oceánica relativamente grande. Para comenzar a dragar, el barco reduce su velocidad a unos 2 o 3 nudos y luego baja una o dos tuberías de succión en ambos lados del barco hasta el fondo del mar. Cuando los tubos de succión alcanzan el lecho marino, reacciona el compensador de hinchamiento, que es fácil de ver por el movimiento del cilindro hidráulico. Las bombas transfieren la mezcla de sedimento y agua dragado por la cabeza de succión a la tolva. Al dragar sedimentos finos, el dragado continúa después de que la mezcla ha alcanzado la parte superior del desbordamiento. La mayor parte del suelo se depositará en la tolva, mientras que las partículas finas junto con el agua saldrán de la tolva a través del desbordamiento. El exceso de agua se drena a través de tuberías de desbordamiento.

Un TSHD es adecuado para trabajar en canales de entrada o puertos. El material es dragado, transportado y descargado por el buque sin soporte de otros equipos. Debido al compensador de elevación, que regula la posición vertical del cabezal de succión, un TSHD puede funcionar en condiciones bastante expuestas.



Figura 2-14 Ejemplos de trailing suction hopper dredges

### 2.2.4.2 Draga se succión de cortador (CSD)

La draga se succión de cortador (CSD) es un buque estacionario o autopropulsado que utiliza un cabezal de corte giratorio para aflojar ('cortar') el material del lecho. Una vez en posición, los llamados postes de spud y / o anclas laterales mantienen la draga de corte en su lugar. El cabezal de corte, que se monta en el otro extremo de la escalera de corte, se baja al fondo del mar con cabrestantes. La cabeza del cortador giratorio corta en el suelo a medida que es arrastrada horizontalmente por los cabrestantes a través de la parte inferior. El material suelto se draga y bombea a su destino a través de una tubería flotante. Este tipo de draga es capaz de dragar todo tipo de material y es precisa debido al movimiento controlado alrededor del spud. Un ejemplo de CSD se presenta en Figura 2 15.



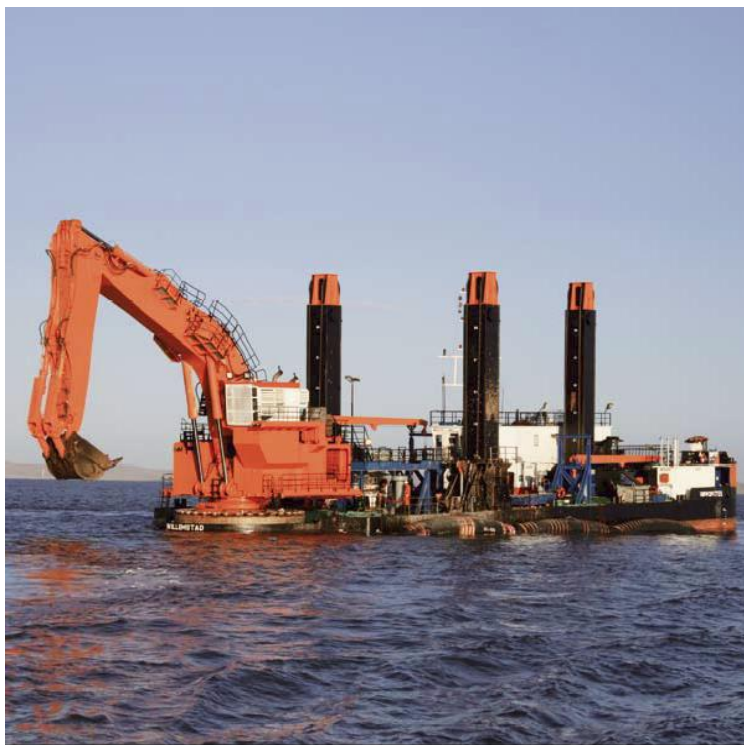
Figura 2-15 Draga de Succión de Corte

Muchas CSD son estacionarias, lo que significa que deben ser remolcadas a su sitio de trabajo mediante remolcadores. Las CSD acuáticas tienen su propia propulsión, sin embargo, esto solo se usa durante la movilización y la desmovilización.

La aplicación de un cortador generalmente está limitada por el mar y el oleaje generado por el viento. La altura máxima de ola para cortadores grandes es de aproximadamente 1,5 m. Las limitaciones ambientales para CSD son más estrictas que para TSHD. Los CSD son especialmente útiles cuando la precisión del trabajo es importante.

#### 2.2.4.3 Draga retroexcavadora

Una draga de retroexcavadora es comúnmente estacionaria, movida en anclas o en postes de spud. Un spud es un polo grande que puede anclar un buque al tiempo que permite un movimiento giratorio alrededor del punto de anclaje. Una draga de retroexcavadora es una excavadora hidráulica equipada con un cucharón medio abierto. Este cucharón se llena moviéndose hacia la máquina. Por lo general, el material dragado se carga en barcasas. Esta máquina se usa principalmente en puertos y otras aguas poco profundas.



*Figura 2-16 Ejemplo de una draga con retroexcavadora*

La capacidad de una draga retroexcavadora depende de la profundidad de dragado y del límite elástico del material del lecho. Se usa un cucharón relativamente pequeño ( $<7,5 \text{ m}^3$ ) para obtener más material sólido, mientras que un cucharón más grande ( $\geq 7,5 \text{ m}^3$ ) se puede aplicar para materiales más blandos.

Se puede aplicar una draga de retroexcavadora en el caso de material de lecho con un límite elástico muy variable (de arena a roca débil o arcilla de roca).

La profundidad máxima de dragado es de aproximadamente 25 m. La aplicación de una draga de retroexcavadora requiere trabajar con pontones, que están limitados por las olas de viento y de fondo. La altura máxima de las olas para un pontón grande es de aproximadamente 1,5 m.



### 2.2.5 Contratista externo en lugar de equipo propio

El dragado puede ser realizado por contratistas internacionales o utilizando equipos "propios". El dragado de capital en general es llevado a cabo por un contratista (internacional). Debido a los grandes volúmenes de dragado de capital y la composición del lecho marino (sedimentos densamente compactados), se requieren equipos pesados.

Sin embargo, este no es el caso para el dragado de mantenimiento. El volumen que se dragará anualmente es del orden de 125,000 m<sup>3</sup> y consiste en sedimentos poco compactos. Considerando el gran costo de movilización y desmovilización en combinación con este volumen relativamente pequeño, el costo del dragado real (costo por m<sup>3</sup>) será alto. Por lo tanto, puede no ser financieramente atractivo contratar a un contratista internacional para llevar a cabo estos trabajos de dragado de mantenimiento. Por lo tanto, podría ser interesante para INCOP o MOPT adquirir su propio equipo de dragado para llevar a cabo el dragado de mantenimiento.

Otra ventaja de tener equipo de dragado en el sitio es que, en caso de que se produzca una sedimentación severa, por ejemplo, después de una tormenta, el equipo puede usarse para despejar el canal a corto plazo.

En base a las condiciones locales del sitio como se discutió en las secciones anteriores, se estimó los requisitos de los equipos de dragado para mantener el canal.

En el caso del CSD, las condiciones de la ola pueden ser desafiantes. No es posible operar en olas de más de 1 m. Incluso olas más pequeñas ya afectarán significativamente las tasas de producción. Para hacer frente a este problema, se debe aumentar el tamaño del CSD, lo que dará como resultado una draga CDS relativamente costosa en comparación con los pequeños volúmenes que se dragarán. Por lo tanto, esto no se considera una opción muy atractiva.

El costo de capital de un TSHD estándar que cumple con los requisitos del proyecto es del orden de 12 millones USD. Teniendo en cuenta la cantidad limitada de trabajo de dragado (solo unos pocos meses al año), esto tampoco se considera una opción atractiva.

Una opción más adecuada para este proyecto podría ser la adquisición de una draga DOP. La draga debe estar equipada con un cabezal de succión simple con sistema de chorro de agua y un compensador de elevación para permitir que el buque trabaje en olas de hasta 2 m. El equipo (bomba DOP, compensador de elevación, cabrestantes, etc.) está montado en un pontón. Durante las operaciones, se necesita un bote de trabajo para soportar y colocar el pontón. Un remolcador localmente disponible también podría estar disponible para proporcionar estos servicios.

Los trabajos de dragado pueden enfocarse en la creación de una trampa en el área relativamente protegida al lado sotavento del rompeolas.

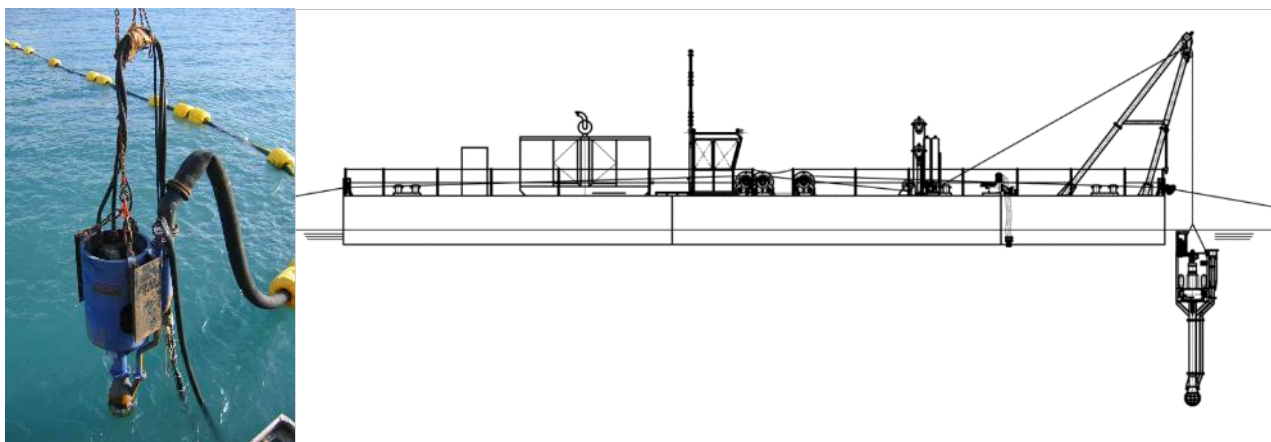


Figura 2-17 Ejemplo de DOP montada en pontón (fuente: [www.DAMEN.nl](http://www.DAMEN.nl))



Figura 2-18 Draga DOP (fuente: [www.DAMEN.nl](http://www.DAMEN.nl))

Una estimación de costos muy preliminar para la adquisición de una draga de este tipo está en el rango de USD 3.5 - 6 millones (ver Table 2 2). La vida útil de la draga es del orden de 15 -20 años.

Tabla 2-2: Costos estimados de la adquisición y operación de una draga DOP

Ítem	Costo CAPEX estimado
Pontón incluyendo equipo de dragado y compensador de elevación	USD 2.5 – 3.5 millones
Tuberías flotantes (2 km)	USD 1 – 2.5 millones
Mantenimiento por semana	0.5% del coste de inversión
<b>Coste operacional</b>	
<b>a. Estimación del consumo de combustible: 160 l/hr hora para operar DOP y cabestrantes;</b>	
<b>b. Personal: 3 personas en el pontón.</b>	

Recomendamos usar el material dragado para la suplementación a lo largo del tramo costero al norte del puerto. Probablemente se requieren tuberías en tierra y una estación de refuerzo para bombear el material de dragado a esta área.

Si se considera una opción interesante, se debe contactar a los proveedores para obtener precios realistas y opciones de equipo que cumplan con los requisitos específicos del sitio. Esto debería incluir las posibilidades de capacitación del personal y la entrega de repuestos. Sin embargo, operar su propia draga tiene una gran demanda de repuestos, mantenimiento y personal.

No obstante, la adquisición de equipos de dragado no se considera una opción a corto plazo, ya que lleva tiempo determinar el equipo factible, iniciar y finalizar el proceso de adquisición y capacitar al personal local. Por lo tanto, esto no se tendrá en cuenta adicionalmente para la campaña de dragado de mantenimiento. Sin embargo, para la estrategia futura de las campañas de dragado de mantenimiento del puerto, ésta opción podría ser interesante de considerar.

## 2.2.6 Estrategia más adecuada a corto plazo

La sedimentación esperada en el Puerto de Caldera es de 125,000 m<sup>3</sup> / año. El dragado periódico es una de las formas más efectivas de mantener la profundidad del agua en el puerto. Teniendo en cuenta el alto costo de la movilización y la desmovilización, la frecuencia de las campañas de dragado de mantenimiento debería ser limitada. Hoy en día, Puerto Caldera se draga en promedio cada 4 años. El volumen dragado es de aproximadamente 0.5Mm<sup>3</sup>. Durante este período, sin embargo, el calado en Puesto 1 se ve negativamente afectado durante estos 4 años.

El problema de la sedimentación puede mitigarse mediante la implementación de trampas de retención de sedimentos. Esta es un área más profunda donde los sedimentos quedan atrapados. Se pueden implementar trampas de sedimentación de dragado que preferiblemente cubren la acumulación de sedimentos de varios años para ahorrar en costos de movilización y desmovilización. El sobre dragado en el

Puesto 1 no es posible debido al diseño del muelle. Las áreas de color amarillo que se muestran en la Figura 2-19 representan áreas posibles para crear una trampa de sedimentos. Con el fin de crear una trampa lo suficientemente grande como para atrapar el transporte de sedimentos durante un período más largo que el actual, el área frente al rompeolas y / o al sur del rompeolas debe ser dragado. Sin embargo, esto podría poner en peligro la estabilidad del rompeolas. Además, el dragado en esta zona expuesta podría ser difícil debido a las olas de fondo y a la rotura de las olas. Se debe tener cuidado de no dragar cerca de la pendiente del rompeolas.

Se observa que para el futuro desarrollo del puerto, se puede considerar la construcción de espuelas / espigones para bloquear parte del transporte de sedimentos y crear zonas de sedimentación. Sin embargo, estos no se consideran soluciones a corto plazo.



*Figura 2-19 Posibles áreas para crear una trampa de sedimentos.*

Se estima una trampa de sedimentación de aproximadamente 500,000 m<sup>3</sup>. Esto significa que la frecuencia de las campañas debe ser como en la situación actual cada 4 años para evitar que los sedimentos se acumulen frente al puesto 1, lo que resultará en la falta de disponibilidad de este atracadero.

Las pendientes de la trampa de dragado no deben superar 1: 5 y la del pie del rompeolas debe estar a al menos 10-20 m de distancia para no poner en peligro la estabilidad. Estos criterios deben ser verificados por el contratista antes de comenzar el trabajo de dragado.

Se requiere monitorización regular (como ya se está haciendo al realizar 2 levantamientos batimétricos por año) para garantizar que las trampas de sedimentación funcionen según lo planeado y que los sedimentos no afecten a la profundidad de agua requerida en el puesto 1.



## 2.2.7 Estimación de costo

Basado en campañas de dragado previas, el costo durante los últimos 10 años varió entre 5.2 y 9.7 USD / m<sup>3</sup> para volúmenes del orden de 0.5Mm<sup>3</sup>. El costo para la futura campaña de mantenimiento de gastos se estima en 3.5 a 6 MUSD. Esta cifra depende en gran medida de los costos de movilización y desmovilización y, por lo tanto, la disponibilidad de dragas adecuadas cerca. El material dragado debe colocarse en la sección erosionada de la costa, ver Sección 2.3.

Una absorción de sedimentos de mayor capacidad disminuye la tarifa anual de mantenimiento porque la movilización se requiere con menos frecuencia y los costos de movilización son una parte importante del costo total del dragado. La excavación de la trampa de sedimentos requiere una inversión inicial para crear una trampa de sedimentación que pueda atrapar los sedimentos transportados hacia Puesto 1 durante un período de aproximadamente 4 años.

La organización responsable de garantizar la profundidad suficiente en el puerto y responsable del dragado de mantenimiento debería ser responsable de estos trabajos de dragado.

El costo para crear una trampa adicional (volumen entre 50,000-100,000 m<sup>3</sup>) para evitar la sedimentación en la posición 1 dentro del dragado periódico de 4 años se estima en 0.5-1 MUSD. este costo adicional solo se aplica a la primera campaña en la que se creará el búfer de sedimentación. Las próximas campañas deberían dragar en el orden de 125,000 m<sup>3</sup> \* 4 = 500,000 m<sup>3</sup>.

En este momento no es necesario quitar el casco MIXCOA. La presencia del casco bloquea parte del sedimento y las olas, y la trampa de sedimentación se puede crear en el frente y alrededor del casco. En el contrato de dragado, la ubicación del casco debe estar claramente indicada para no poner en peligro la estabilidad del casco hundido.

Se observa que la ubicación preferida de la trampa depende en gran medida de la preferencia del contratista de dragado y del equipo que el contratista desea desplegar (por ejemplo, la profundidad del agua requerida y las operaciones en olas).

## 2.3 Erosión de playas

### 2.3.1 General

Como también se discutió en la sección anterior, la costa al norte de Puerto Caldera está sujeta a la erosión. Esta área se indica en la Figura 2-20. Como resultado de la reducción en la playa la rebasabilidad de las olas está causando inundaciones en la carretera.

En la Figura 2-21 las líneas costeras observadas en los últimos 70 años se presentan para el área costera cercana a la carretera. Una retirada de la costa entre 1974 y 1994 (16 años después de la construcción del puerto) se puede notar claramente. Sin embargo, se puede ver que la costa actual se encuentra cerca de la carretera.

Debido a que el rompeolas del puerto está bloqueando permanentemente el sedimento que abastece a la bahía de sedimentos, los procesos de erosión gradual en la bahía continuarán hasta que se alcance una situación de equilibrio.

Se recomienda realizar un estudio adicional para determinar la posible extensión de la erosión y definir posibles medidas correctivas. Una de estas medidas podría ser la de nutrir el sedimento acumulado del área del puerto a lo largo de la costa de la bahía. Esta solución se trata en esta sección.



Figura 2-20 Zona de mayor afectación



Figura 2-21 Evolución de la línea de costa en el sector central de la playa (Fuente: Dinámica litoral y propuestas de actuación para la estabilización de playa caldera, septiembre del 2013)



## 2.3.2 Emplazamiento de sedimentos

### 2.3.2.1 General

Existen diferentes métodos para alimentar el área sujeta a la erosión costera. Los materiales dragados deben moverse a la sección costera sujeta a erosión. Esto se puede hacer mediante vertido por cañón, barcazas o tuberías. Estos métodos se discuten en las siguientes secciones.

### 2.3.2.2 Dragas de tolva de succión en marcha (TSHD)

Cuando la tolva del TSHD está completamente cargada, el barco navega a su destino donde desecha el material. Puede descargar su carga por las acciones de:

- Bombeo del sedimento a través de una tubería cuando el sitio de disposición está a cierta distancia, o;
- Descargue del sedimento a través de las puertas inferiores o
- División del casco cuando está en aguas más profundas, o;
- Vertido por cañón, a través de un cañón en la proa, cuando el barco puede acercarse al sitio.



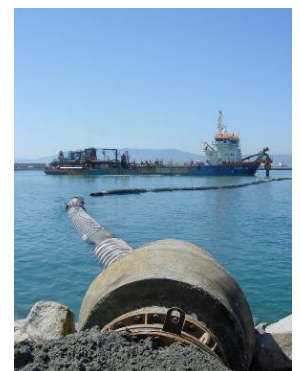
Figura 2-22 Recuperación de la costa mediante vertido por cañón

### 2.3.2.3 Transporte por tuberías

#### Tuberías

Hay tres tipos de tuberías típicamente utilizadas en un sitio de dragado: tuberías fijas, tuberías sumergidas y tuberías flotantes.

La distancia a la que debe transportarse el material de dragado determina la cantidad de potencia instalada de la bomba requerida en la draga. Si la CSD está equipada con una bomba subacuática, la potencia de la bomba puede ser tal que durante la carga de las barcazas esta sea la única bomba utilizada. El sistema de tuberías y las válvulas deberían diseñarse para cumplir este requisito.



### Estaciones de refuerzo

Las estaciones de refuerzo normalmente se utilizan para proporcionar energía extra al sistema de bombeo de descarga. Esto permite que la draga y el reforzador trabajen juntos para bombear a distancias más largas de lo que sería posible con la draga sola.

Desde un punto de vista práctico, las estaciones de refuerzo deben controlarse desde la draga. Cuando se inicia la cadena, la bomba más cercana a la draga se inicia primero y luego las otras bombas se activan. El dragado comienza cuando la velocidad de flujo en la tubería alcanza su valor requerido. Al detener el sistema, la tubería debe enjuagarse para eliminar todo el sedimento. Luego, las bombas se cierran frente al procedimiento de arranque.

En tuberías largas, las variaciones de velocidad de flujo se desarrollan debido a las variaciones de densidad. Cuando las velocidades de flujo disminuyen, la densidad de la mezcla en la tubería aumenta. Pequeñas variaciones en la densidad al comienzo de la tubería pueden amplificarse a lo largo de la tubería en variaciones más fuertes. Esto podría mejorar la agregación en la tubería. Para evitar la agregación, el sistema debe diseñarse para una velocidad de operación suficiente por encima del límite de deposición.



*Figura 2-23 Recuperación de la costa mediante tubería*

#### 2.3.2.4 Transporte en barcas

Cuando la distancia entre el área de eliminación y el área de préstamo es demasiado grande para conectarlos a través de una tubería, se pueden utilizar barcas. Además, las dragas retroexcavadoras utilizan principalmente barcas para transportar el material dragado. Las barcas se llenan durante el proceso de dragado junto con la draga. De esta forma, el proceso de dragado se vuelve constante en lugar de cíclico, lo que resulta en tasas de producción mucho más altas.

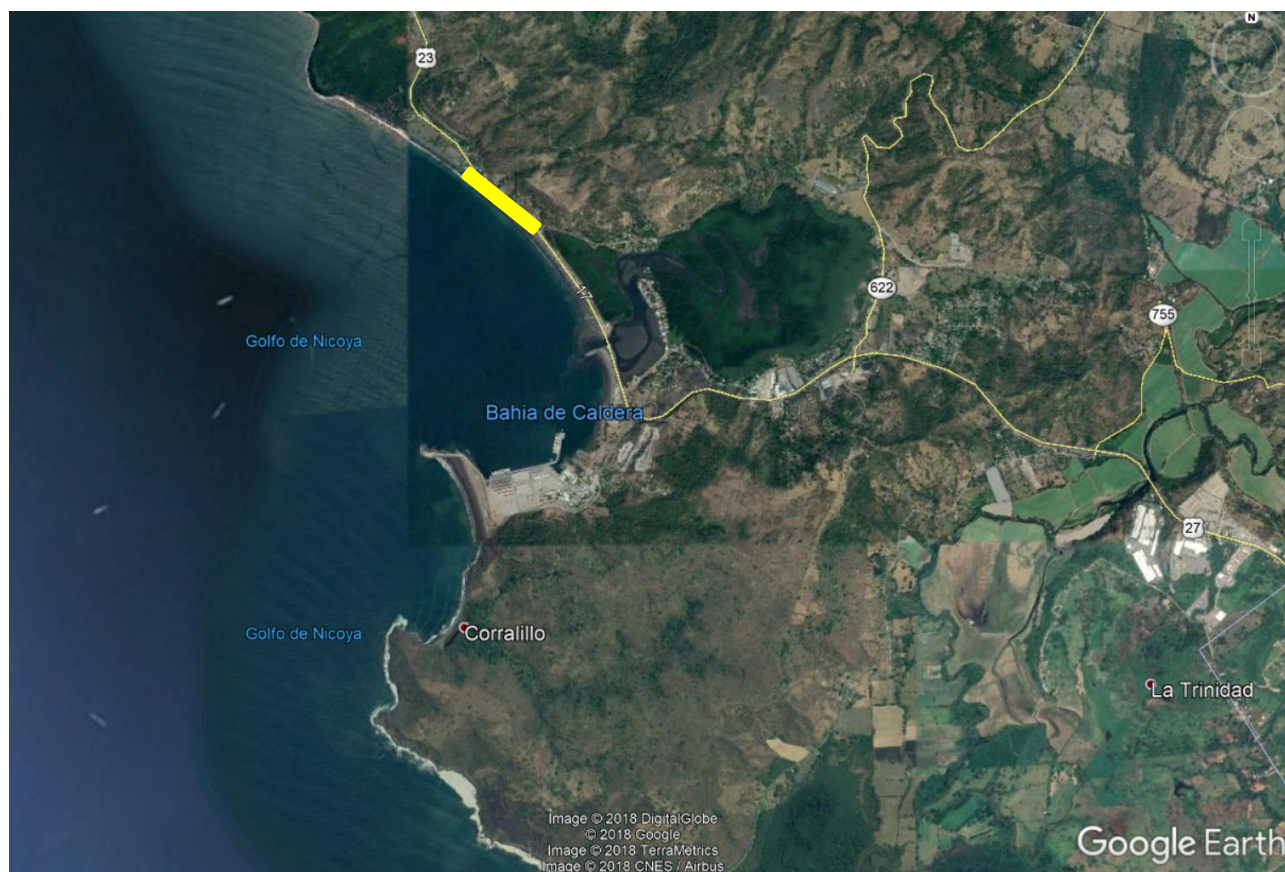
#### 2.3.2.5 Conclusiones

Para mitigar la erosión costera al norte del puerto de Caldera (en el lado de la deriva), se pueden implementar soluciones blandas (alimento) o soluciones duras (rompeolas o revestimientos). Las estructuras no se consideran una solución a corto plazo, ya que implican una serie de estudios, trabajo de diseño y tiempo de construcción. Por lo tanto, las soluciones duras no se consideran en este informe. Teniendo en cuenta que el dragado de mantenimiento regular se realiza dentro del puerto, el uso de estos materiales de dragado para una alimentación se considera una solución a corto plazo si se cumplen los requisitos (medioambientales) correspondientes.



El método preferible para la alimentación depende en gran medida de la referencia en el operador seleccionado para la campaña de dragado de mantenimiento. Se recomienda incluir en la licitación para dragar el requisito de colocar sedimentos a lo largo de la playa erosionada aguas abajo del puerto.

Se recomienda eliminar los sedimentos dragados a lo largo de la playa de Caldera ubicada al NE del puerto. Aquí, se observa erosión de la costa, que es el resultado del déficit de sedimentos creado por la acumulación de sedimentos en el área del puerto. Colocando la arena a lo largo de la costa al norte de la desembocadura del estuario de Mata de Limón. La ubicación recomendada para la eliminación de los sedimentos dragados se indica en la Figura 2-24.



*Figura 2-24 Ubicación recomendada para la eliminación de sedimentos dragados*

### 2.3.3 Estimación de costo

El costo de colocar los materiales de dragado cerca de la playa erosionada está incluido en el costo de dragado.

### 3 ACCIONES MÁS URGENTES PARA PUERTO CALDERA - MUELLES Y ATRACADEROS

#### 3.1 Parqueadero para camiones

##### 3.1.1 Introducción

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



*Figura 3-1 Parqueadero existente para camiones y tracto mulas en Puerto Caldera*

Este parqueadero es utilizado principalmente por camiones de contenedores y carga general. De acuerdo con el contrato de concesión, SPGC puede usar 50% de este parqueadero.

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 estacionamiento 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 parqueadero es una acción urgente y debe realizarse dentro de 2 años a partir de ahora. Los cálculos de capacidad y el tamaño del parqueadero se determinarán hasta el año 2025.

En las siguientes secciones, el tamaño del parqueadero para camiones diseñara para contenedores, carga general y gráneles solidos (granos).

### 3.1.2 Diseño Funcional

El diseño funcional consiste en los siguientes pasos como se detalla en las siguientes secciones:

Determinación del tamaño del parqueadero para los siguientes tipos de carga:

- Gráneles sólidos
- Contenedores
- Carga General
- Vehículos

Ubicación

Esquema y diseño del parqueadero

#### 3.1.2.1 Determinación del tamaño del parqueadero (para gráneles sólidos)

Los criterios de diseño se enumeran en esta sección. Algunas incertidumbres en el diseño es la irregularidad de las llegadas de los camiones. Por ejemplo, si llegan más camiones de los que el puerto puede manejar, deben esperar afuera, que aparentemente es el caso hoy en día. Por lo tanto, se supone que cada camión debe esperar 60 minutos promedios en el parqueadero.

Los criterios de diseño

- Solo se permite la cantidad de camiones en el puerto que son necesarios para la descarga del buque;
- Tasa de descarga del barco: 750 ton (máxima) / hora pico y promedio 450 ton / hora;
- Tamaño promedio de carga de un camión es 30 toneladas;
- Se supone que se pesarán tanto los camiones vacíos como los camiones llenos;
- El tiempo promedio de espera para los camiones en el parqueadero que llegan es de 60 minutos;
- Los días de operación por año son 365;
- Factor pico es 2.7 en 2017 y 2.25 en 2025 (para hacer frente a la tasa de descarga del barco);
- Supone que las inspecciones de carga de los camiones se realizarán en un área designada (parqueadero) y no mientras el camión esté en la puerta;
- La duración estimada para entrar por la puerta es de 1.5 minutos y 1.5 minutos para salir.

Los tiempos de espera han sido estimados por el consultor. El tiempo de espera de llegada se debe a la irregularidad de la llegada de camiones a granel. Dado que solo los camiones necesarios pueden ingresar al puerto, el "excedente" debe esperar afuera. Se supone que esperan un promedio de 1 hora. Durante este tiempo, puede usar las instalaciones y servicios en el estacionamiento.

La tasa máxima de descarga del buque es de 750 ton / hora por equipo de barco y grúa portuaria móvil. Estas grúas con agarraderas se descargan en tolvas (promedio 3).



Figura 3-2 Puesto 4 en Puerto Caldera



Tabla 3-1: *Calculación del parqueadero para gráneles sólidos*

Año	Volumen* En millón toneladas	Camiones Entran y salen	Factor pico	Camiones por día Entran y salen	Camiones por hora (entran)	Camiones por hora (salen)	Puestos en el parqueadero
<b>2017</b>	2.4	160,000**	2.7	1,183***	25	25	25
<b>2020</b>	2.6	176,000	2.50	1,302	25	25	25
<b>2025</b>	2.9	192,000	2.25	1,422	25	25	25

\*Alto escenario ver informe Tarea 5, \*\*2.4 millón / 30 x 2 = 160,000, \*\*\*160,000/365 x 2.7

El factor pico depende de la tasa de descarga de los barcos y puede diferir en el futuro. Los cálculos suponen que todos los camiones serán pesados solo una vez (en la entrada y salida) y que serán cargados al máximo peso permitido en el atracadero 4. Este no es el caso actualmente y debería cambiarse por medio de entrenamiento a los operadores u otros medios.

### 3.1.2.2 Determinación del tamaño del parqueadero (Contenedores)

Los criterios de diseño se enumeran en esta sección. Algunas incertidumbres en el diseño es la irregularidad de las llegadas de los camiones. Por ejemplo, si llegan más camiones de los que el puerto puede manejar, deben esperar afuera, que aparentemente es el caso hoy en día.

Los criterios de diseño

- Asume un contenedor por camión
- El porcentaje de camiones de exportación que regresan con un contenedor de importación es del 20%
- Se pesarán solo los camiones llenos;
- El tiempo promedio de espera para los camiones en el parqueadero que llegan es de 60 minutos;
- Todos los documentos se procesan en una oficina previa a la entrada en el área de parqueadero;
- Los días de operación por año son 365;
- Factor pico es 2 (experiencia con otros puertos en el mundo);
- Supone que las inspecciones de carga de los camiones se realizarán en un área designada dentro el puerto y no mientras el camión esté en la puerta;
- La duración supuesta para entrar por la puerta es de 3 minutos y 3 minutos para salir.
- A veces, carga especial que llega o sale del puerto (ver foto) y por lo tanto se necesitan 40-50 plazas de estacionamiento.

Se supone que los camiones de contenedores que llegan al puerto. Todos los trabajos de papel se procesan en una oficina previa a la entrada en el área de estacionamiento. Esto llevará en promedio unos 60 minutos. Una vez que los camiones están autorizados para entrar, reciben un número de entrada o pase electrónico y pueden ingresar al puerto. En la puerta los camiones (solo llenos) serán pesados. Los camiones salientes serán pesados en la puerta de puerto y no entran en el parqueadero.



Figura 3-3 Camiones



### Número de puestos en el parqueadero para contenedores

El número de puestos en el parqueadero requeridas para camiones se ha calculado en base a los criterios de diseño establecidos en esta sección. Los resultados se enumeran en la tabla a continuación.

Tabla 3-2: *Calculación del parqueadero para contenedores*

Año	Volumen* En '000 TEU	Camiones Entran / Salen	Factor pico	Camiones por día Entran / Salen	Camiones por hora (entran)	Camiones por hora (salen)	Puestos en el parqueadero
2017	290	300,000	2	1,645**	34**	34	34**
2020	336	349,000	2	1,913	40	40	40
2025	413	429,000	2	2,350	49	49	49

\*Alto escenario ver informe Tarea 5, \*\* incluido factor pico

\*\*no incluido los puestos para la carga excepcional

### 3.1.2.3 Determinación del tamaño del parqueadero (Carga General)

Los criterios de diseño se enumeran en esta sección. Algunas incertidumbres en el diseño es la irregularidad de las llegadas de los camiones. Por ejemplo, si llegan más camiones de los que el puerto puede manejar, deben esperar afuera, que aparentemente es el caso hoy en día.

Los criterios de diseño

- Asume la carga por camión es 30 toneladas;
- Supone que se pesarán tanto los camiones vacíos como los camiones llenos;
- El tiempo promedio de espera para los camiones en el parqueadero que llegan es de 60 minutos;
- Todos los documentos se procesan en una oficina previa a la entrada en el área de parqueadero;
- Los días de operación por año son 365;
- Factor pico es 2;
- Supone que las inspecciones de carga de los camiones se realizarán en un área designada (parqueadero) y no mientras el camión esté en la puerta;
- La duración supuesta para entrar por la puerta es de 3 minutos y 3 minutos para salir.

### Número de puestos en el parqueadero para carga general

El número de puestos en el parqueadero requeridas para camiones se ha calculado en base a los criterios de diseño establecidos en esta sección. Los resultados se enumeran en la tabla a continuación.

Tabla 3-3: *Calculación del parqueadero para carga general*

Año	Volumen* En '000 toneladas	Camiones Entran / Salen	Factor pico	Camiones por día Entran/Salen	Camiones por hora (entran)	Camiones por hora (salen)	Puestos en el parqueadero
2017	608	49,000	1.5	100	4	4	4
2020	635	51,000	1.5	106	4	4	5
2025	720	58,000	1.5	120	5	5	5

\*Alto escenario ver informe Tarea 5

### 3.1.2.4 Determinación del tamaño del parqueadero (Vehículos)

Los criterios de diseño se enumeran en esta sección. Algunas incertidumbres en el diseño es la irregularidad de las llegadas de los camiones. Por ejemplo, si llegan más camiones de los que el puerto puede manejar, deben esperar afuera, que aparentemente es el caso hoy en día.

Los criterios de diseño:

- Asume un promedio de 6 vehículos por camión;
- Peso promedio por vehículo de 1.5 toneladas;
- No se pesarán los camiones;
- El tiempo promedio de espera para los camiones en el parqueadero que llegan es de 60 minutos;
- Todos los documentos se procesan en una oficina previa a la entrada en el área de parqueadero;
- Los días de operación por año son 365;
- Factor pico es 2;
- La duración supuesta para entrar por la puerta es de 1 minuto y 1 minuto para salir.

### Número de puestos en el parqueadero para vehículos

El número de puestos en el parqueadero requeridas para camiones se ha calculado en base a los criterios de diseño establecidos en esta sección. Los resultados se enumeran en la tabla a continuación

Tabla 3-4: *Calculación del parqueadero para vehículos*

Año	Volumen * En '000 toneladas	Camiones Entran / Salen	Factor pico	Camiones por día Entran/Salen	Camiones por hora (entran)	Camiones por hora (salen)	Puestos en el parqueadero
2017	65	14,351	2.0	39	2	2	2
2020	64	13,915	2.0	38	2	2	2
2025	72	15,026	2.0	41	2	2	2

\*Alto escenario ver informe Tarea 5

### 3.1.2.5 Resumen

El área para el parqueadero total requerido para camiones se detalla en la tabla a continuación. Estos valores se basan en los tiempos de espera de los camiones como se indica 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 estacionamiento.

Tabla 3-5: *área de estacionamiento requerida total*

Año	2017	2020	2025
<b>Carga General</b>	4	4	5
<b>Contenedores</b>	34	40	49
<b>Gráneles Sólidos</b>	25	25	25
<b>Vehículos</b>	2	2	2
<b>Carga excepcional</b>	50	50	50
<b>Total:</b>	115	121	131

El parqueadero existente tiene aproximadamente de 50 espacios de estacionamiento para camiones, mientras que se requiere un total de 81 hasta 2025.

Además, a la carga "normal", el puerto recibe con frecuencia carga excepcional, que llega todo de una vez, como la carga refrigerada. Para evitar la congestión en las vías de acceso, se recomienda incluir otros 50 espacios. El total de espacios de estacionamiento adicionales debe ser de aproximadamente 131, de los cuales existen 50. El área total de estacionamiento nuevo debe contener alrededor de 81 espacios.

### 3.1.2.6 Alternativas de ubicación

MOPT ha propuesto dos ubicaciones potenciales para el área de estacionamiento de camiones, primera propuesta y segunda propuesta ver Figura 3-4. La segunda propuesta de ubicación 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.

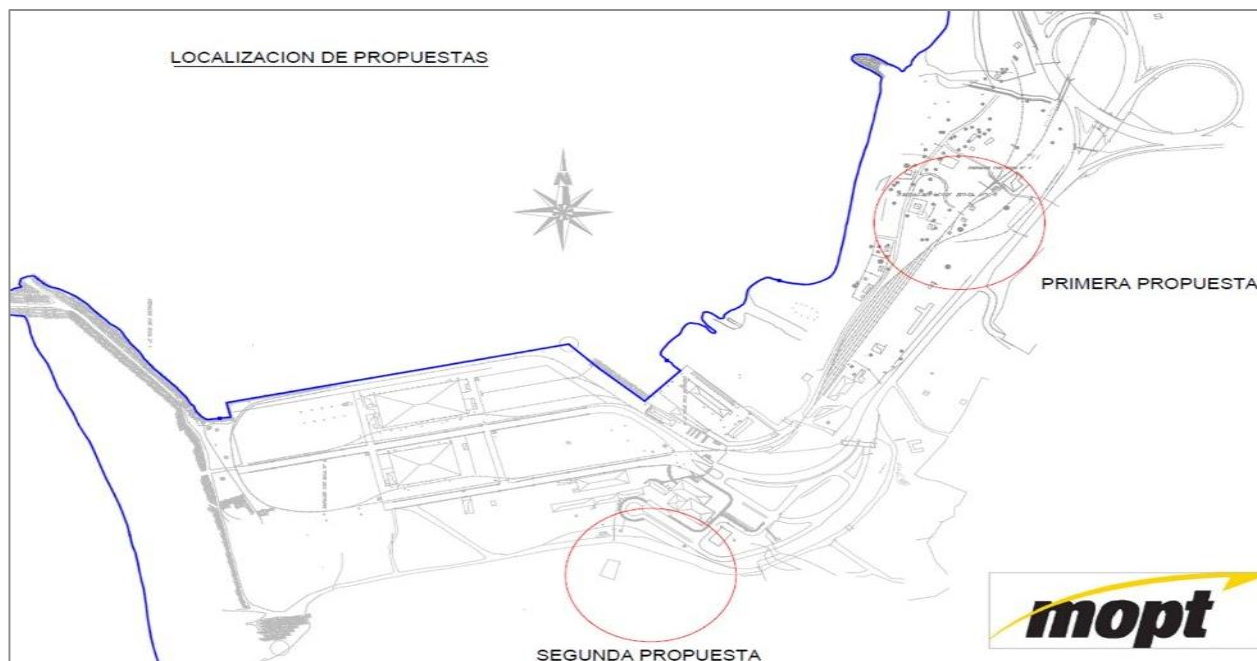


Figura 3-4 Posibles ubicaciones para el desarrollo de un parqueadero de camiones

Por lo tanto, la ubicación de la 'primera propuesta' y su alrededor en la Figura 3-4 tiene el mejor potencial para el desarrollo de un área adicional de estacionamiento de camiones.



Figura 3-5 Área de la ubicación de la "primera propuesta"

Las áreas disponibles y reservadas para el desarrollo portuario de puerto Caldera y para el parqueadero de camiones están indicadas en Figura 3-6 y Figura 3-7.

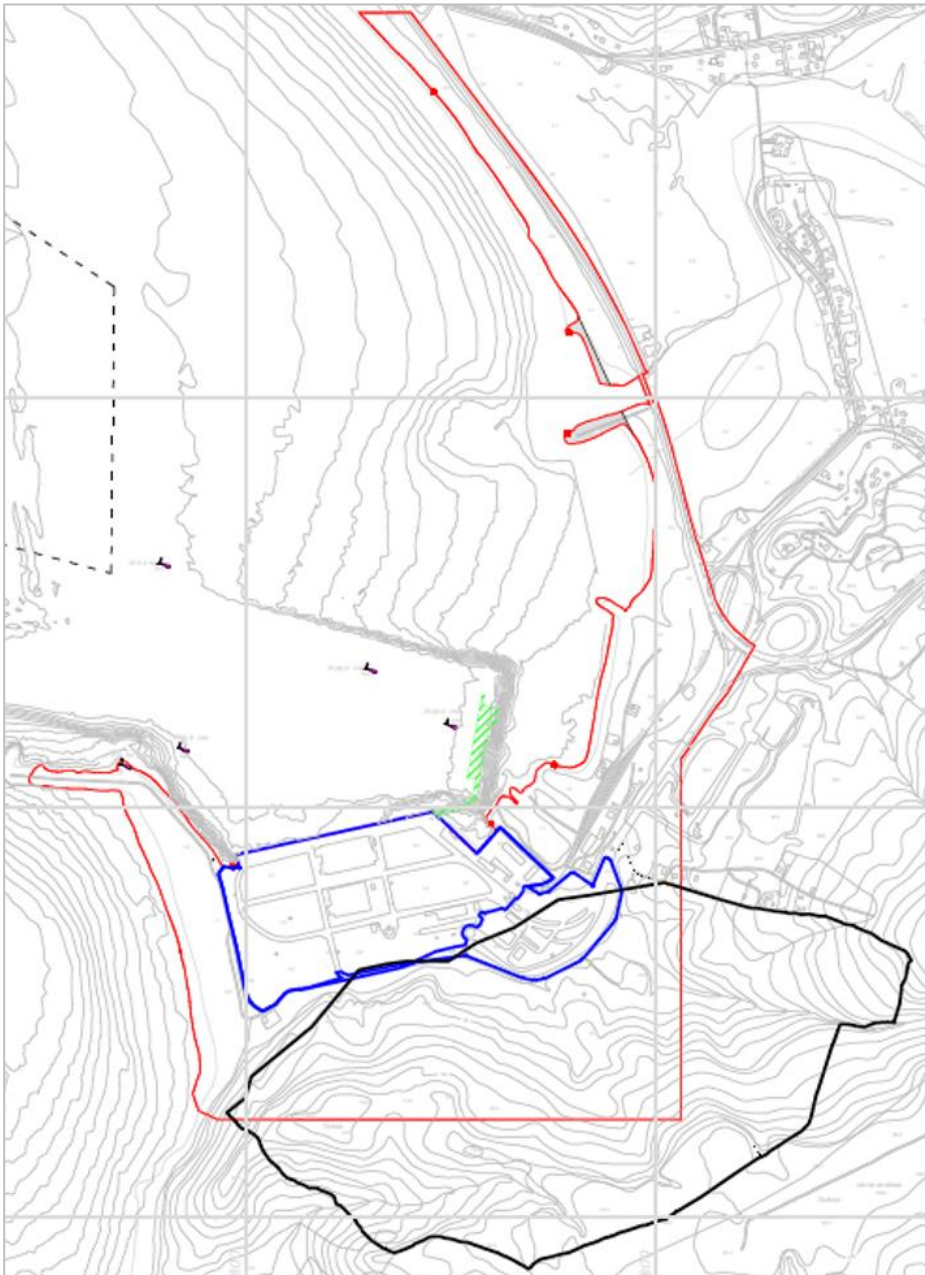


Figura 3-6 Áreas Portuarias

-  *Area Zona Reservada para el Desarrollo Portuario de Puerto Caldera*
-  *Propiedades adquiridas por el Estado para Desarrollo Portuario de Puerto Caldera*
-  *Area concesionada aproximada*



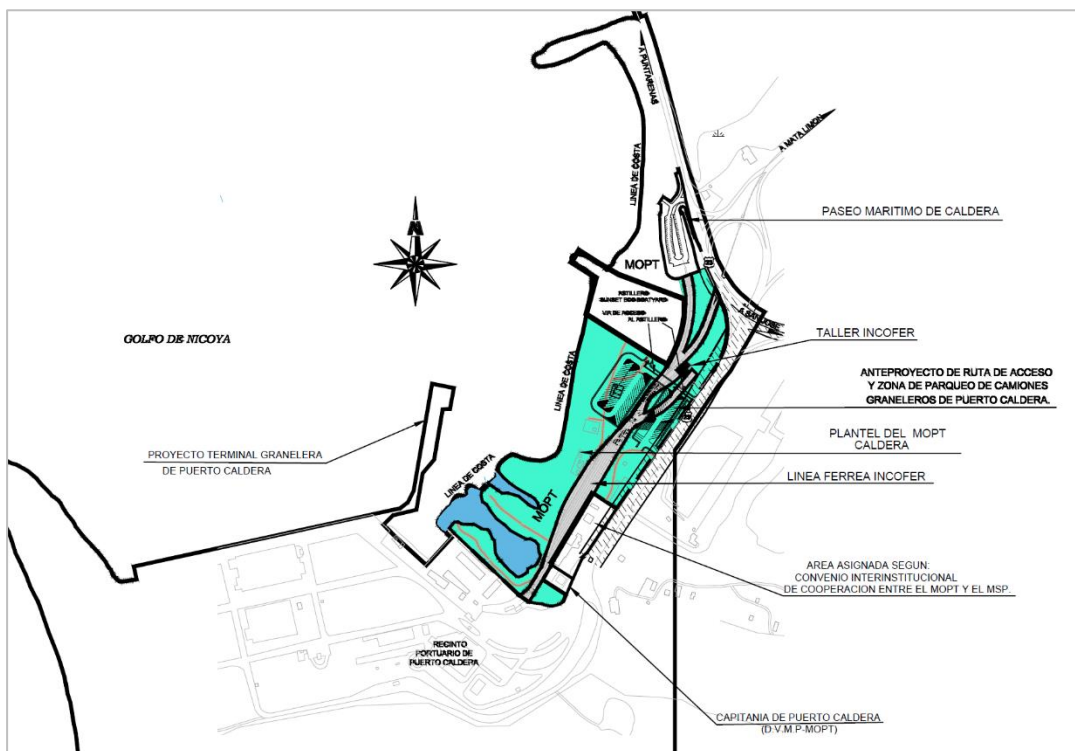


Figura 3-7 Áreas Portuarias: Fuente MOPT

Se han analizado diversas alternativas en la primera ubicación como se muestra en las figuras a continuación. El área necesaria para el área de estacionamiento es de aproximadamente 2 hectáreas, ver la Sección 3.1.2.7.



Figura 3-8 Alternativas ubicaciones para el parqueadero de camiones

### **Alternativa 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 3 11
- Poco espacio para expansión, debido al ferrocarril y al astillero adyacente
- En parte ocupará un valioso frente costero para el futuro uso del puerto

### **Alternativa 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.

### **Alternativa 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.

### **Alternativa 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.

Todas las alternativas están dentro del límite rojo y el área reservada para la expansión del Puerto (ver Figura 3-6).

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 alternativas 1 y 4. Se esperaba que INCOFER proporcionara el terreno necesario para la alternativa 4.



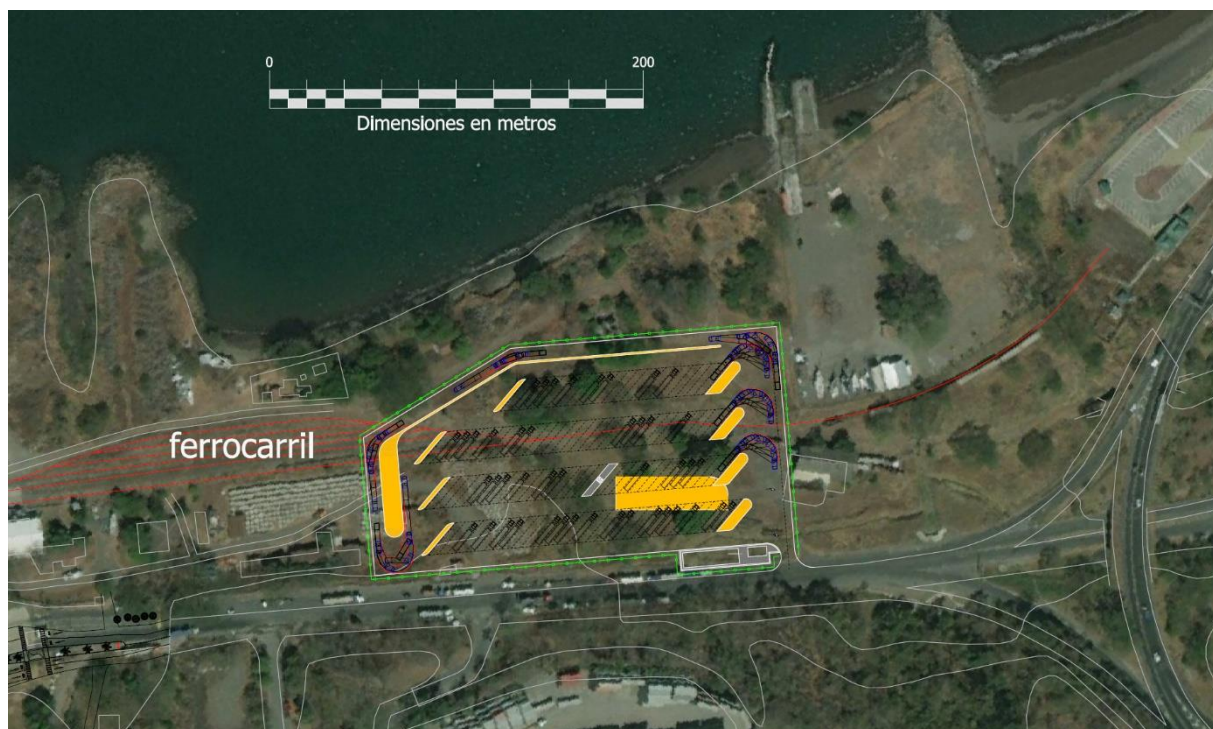


Figura 3-9 Alternativa seleccionada para el parqueadero de camiones

El consultor propone que la alternativa en Figura 3 9 sea la "solución a corto plazo" óptima que se debe resolver según los pasos de la Sección 3.1.4.

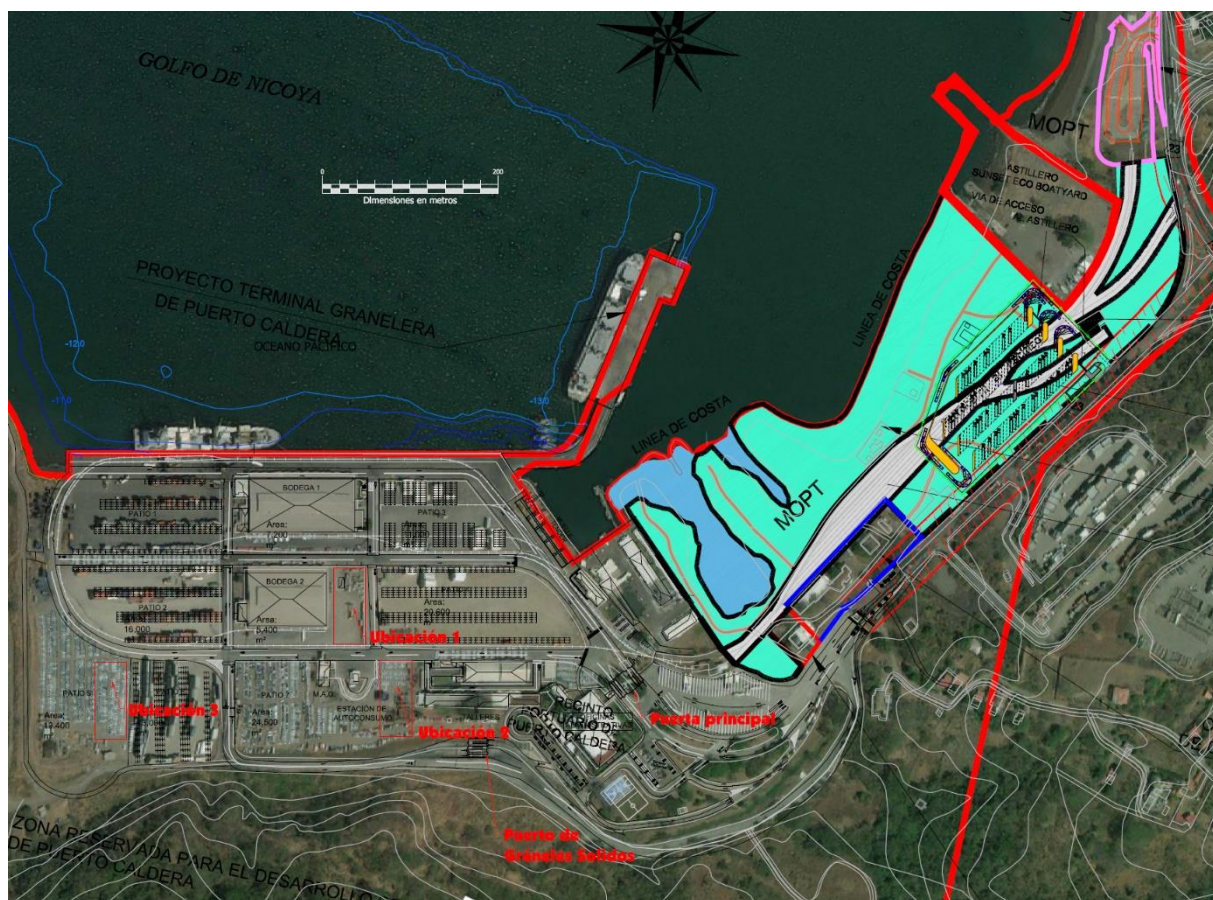


Figura 3-10 Alternativa seleccionada para el parqueadero de camiones





*Figura 3-11 Google imágenes de la playa cerca 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.



### 3.1.2.7 Diseño y esquema de parqueadero

Se ha preparado un diseño conceptual para el parqueadero basado en las alternativas 1 y 4. Se creará un total de 80 puestos en la nueva área de almacenamiento de camiones, junto con el parqueadero 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 estacionamiento a fin de permitir un proceso logístico rápido en el área de estacionamiento del camión.

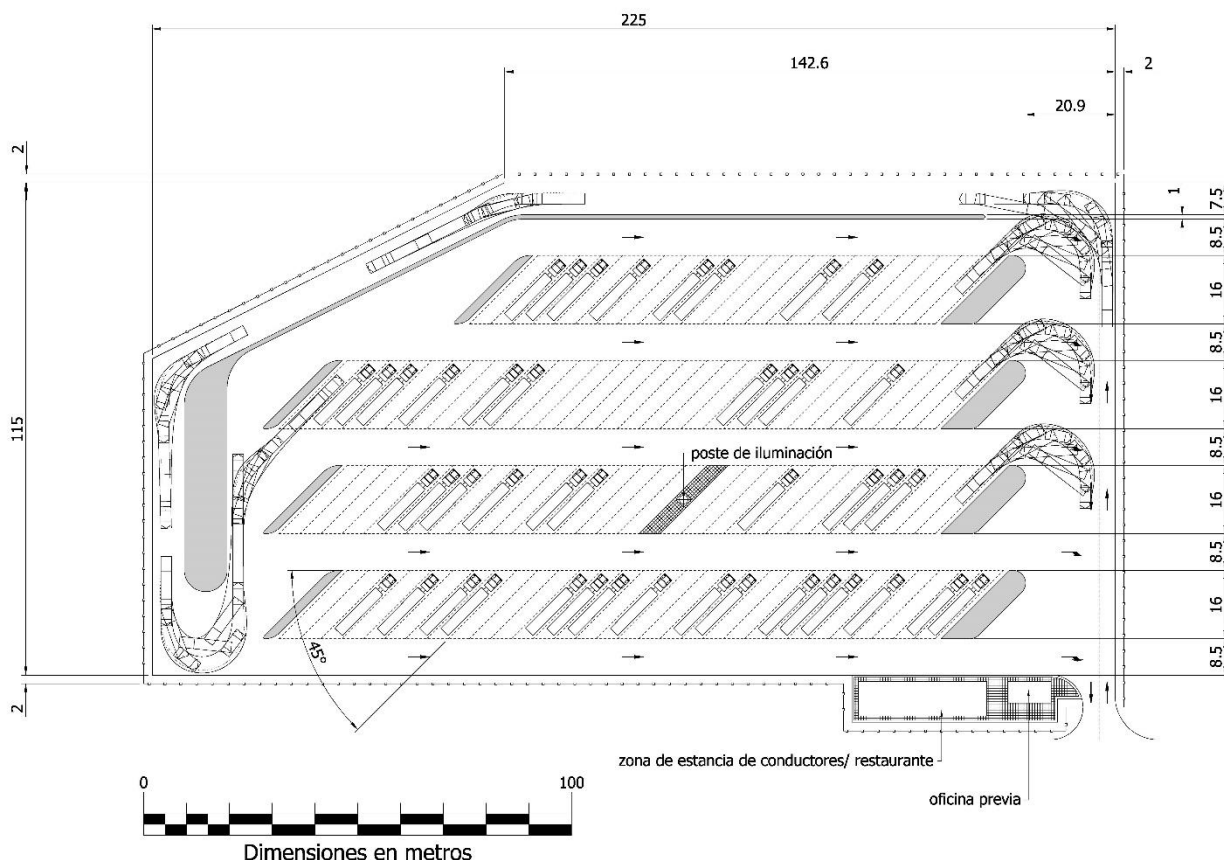


Figura 3-12 Diseño funcional del parqueadero de camiones

El parqueadero 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.

### 3.1.3 Estimación de costos de inversión, mantenimiento y operación en su caso, incluyendo el de los estudios necesarios

Se ha preparado una estimación de costos para el parqueadero de camiones.

Tabla 3-6: estimación de costos para el parqueadero 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
Sub-base (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
Mala 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
Total dólares				<b>2,004,428</b>

El costo de mantenimiento se calcula como un porcentaje de la inversión.

Para pavimento, esto es 1% por año y para edificios y servicios 2% por año

Como se mencionó que el estacionamiento de camiones formará parte del puerto, los costos de operación serán parte de las operaciones portuarias generales. Será difícil aislar los costos solo del estacionamiento.

### 3.1.4 Planificación calendarizada de las actuaciones

Los siguientes pasos son necesarios para la construcción del área de estacionamiento

1. Identificación de los terrenos necesarios
2. Negociaciones con los propietarios
3. Diseño detallado
4. Procedimientos de financiación e implementación
5. Oferta
6. Construcción.

Es difícil estimar la cantidad de tiempo necesaria para los pasos 1 a 4, ya que depende de varios factores, incluido el político.

Los pasos 5 y 6 se estiman en aproximadamente 1 año.

### 3.1.5 Estudio de viabilidad

Los camiones que entrarán y saldrán del puerto tienen poco espacio para estacionar y esperar para obtener la aprobación para ingresar al puerto. Ahora se estacionarán a lo largo de las vías de acceso existentes, creando una situación peligrosa para el tráfico. Además, no son instalaciones para los camioneros.

Los proyectos se evalúan normalmente por viabilidad. Tres tipos principales se utilizan comúnmente:

- Viabilidad técnica
- Viabilidad financiera.
- Viabilidad económica.

Y en algunos casos en aspectos sociales / de seguridad.

A nivel internacional, los puertos necesitan un área de estacionamiento para camiones para evitar congestiones en las vías de acceso, inconvenientes para el entorno y el entorno. Desde esta perspectiva, un área de estacionamiento de camiones es una necesidad y es una parte normal de la infraestructura del puerto. Una evaluación de la viabilidad parece redundante y muy difícil de analizar como un proyecto independiente. El impacto en el medioambiente y la seguridad es muy claro. La seguridad a lo largo de la carretera, incluida la situación higiénica de los camioneros, mejorará significativamente cuando se haya construido el estacionamiento para camiones, incluidas las instalaciones.

El estacionamiento del camión debe construirse debido a la responsabilidad social del gobierno y en beneficio del interés público (residentes y visitantes de los alrededores).

La construcción del estacionamiento de camiones no necesariamente contribuirá a un mayor rendimiento del puerto, ni a un puerto más eficiente, sino a uno más organizado. Por ejemplo, una entrada más regulada de los camiones y menos camiones en el área real de la terminal.

Sin embargo, debido a que la instalación es una extensión del puerto, parece lógico que la concesión actual opere y administre. Especialmente porque las operaciones están completamente integradas con las operaciones de puerto actuales.

El área de estacionamiento está fuera de las áreas de concesión actuales. Es una instalación de apoyo para el puerto, que no crea directamente un mayor rendimiento o una mayor rotación. Los contratos de concesión actuales no incluyen esta instalación. Tomando en cuenta estos argumentos, parece lógico que la Administración concedente vaya a invertir en el área de estacionamiento.

### Fuentes de financiamiento:

Pagado por las tarifas de concesión o por un préstamo del BID.

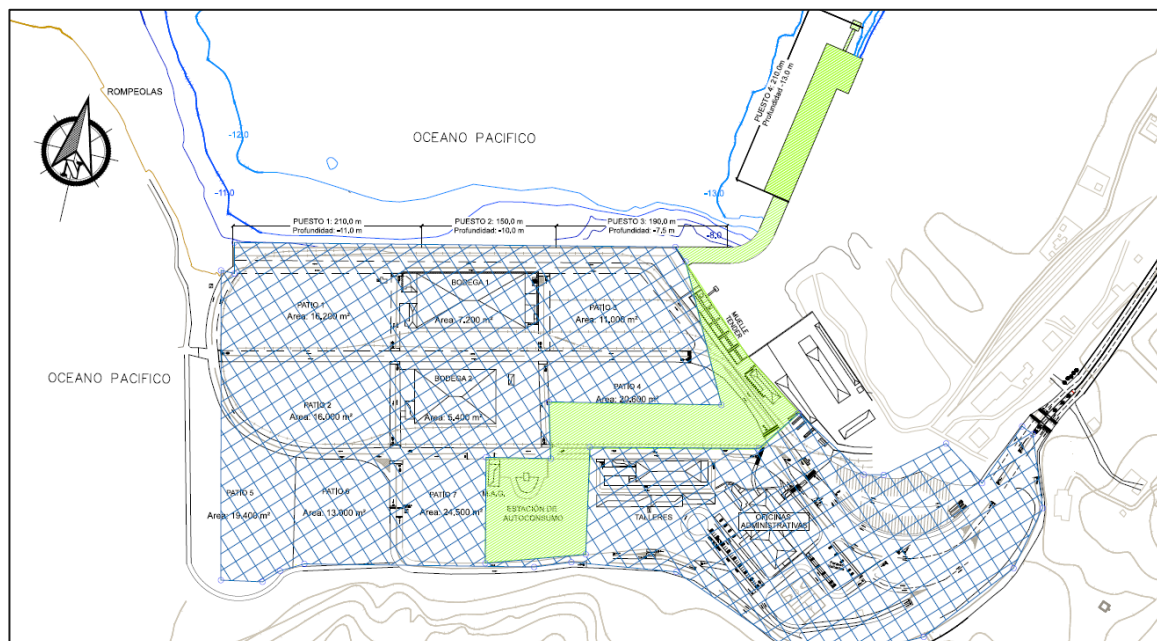


Figura 3-13 Esquema de Puerto Caldera, área con sombra azul es la concesión de administración del atracadero 1, 2 y 3 (SPC), un área con sombra verde es concesionada a SPGC

Como se mencionó anteriormente, la administración de las áreas debe ser realizada por el concesionario actual. Por lo tanto, no se recomienda tender el área de estacionamiento como una concesión separada. Después de la construcción, la infraestructura debería incorporarse al presente acuerdo de concesión. Para tener una idea de cómo financiar o recuperar la inversión, el costo de estacionamiento por camión se ha calculado con los siguientes puntos de partida:

Tabla 3-7: Cantidad de camiones

Cantidad de camiones por año	2017	2020	2025	2030	2035	2042
<b>Gránulos Sólidos</b>	79,973	87,318	97,241	106,824	116,030	128,487
<b>Contenedores</b>	150,120	174,548	214,414	263,385	323,541	414,427
<b>Vehículos</b>	7,176	7,150	8,063	9,013	9,878	11,012
<b>Carga General</b>	24,309	25,399	28,835	32,605	37,739	46,161
<b>Cantidad total de camiones</b>	<b>261,578</b>	<b>294,415</b>	<b>348,553</b>	<b>411,826</b>	<b>487,189</b>	<b>600,087</b>

- Todos los camiones entran el estacionamiento;
- Cantidad total de camiones por año: promedio 330,000 hasta 2029;
- Costos de inversión estacionamiento nuevo: US\$ 2 millón;
- Valor de terreno: casi nada (nihil);
- Taza de interés: 7% asumiendo el 100% del préstamo;
- Período de depreciación: 10 años;
- OPEX: Por asumir en el costo total de las operaciones portuarias;
- Costos financieros: US\$ 1.4 millón en 10 años.

Costos por año: US\$ 340,000

Costo por camión US\$ 1



## 3.2 Básculas y Puertas Adicionales

### 3.2.1 Introducción

Actualmente, Puerto Caldera tiene una capacidad limitada en las puertas para manejar camiones que entran y salen el puerto. El número limitado de básculas y carriles en las instalaciones de las puertas en Puerto Caldera resulta en tiempos de espera para los camiones, especialmente cuando llegan o salen camiones al mismo tiempo. Para optimizar las operaciones en Puerto Caldera, la cantidad óptima de carriles requeridos en las instalaciones de las puertas y el número de básculas se han determinado en las siguientes secciones.

Según la información de SPC, no se pesan los contenedores vacíos, ni los vehículos, todas las demás cargas si se pesan (contenedores llenos, carga general y gráneles sólidos/líquidos).

Los cálculos y el diseño son hasta el año 2025 como una acción urgente. Los planes para después de 2025 se incorporarán en el plan maestro.

### 3.2.2 Diseño Funcional

El diseño funcional se compone de los siguientes elementos:

1. Cantidad de las puertas necesarias
2. Cantidad de básculas
3. Ubicación de básculas y puertas del Puerto
4. Tipo de básculas
5. Diseño de las puertas

#### 3.2.2.1 Número requerido de puertas de carriles de entrada / salida para gráneles sólidos

Los camiones a granel seco utilizarán una puerta dedicada en el límite sur de la terminal, ver Figura 3 14 estación 2. Se supone que los camiones serán pesados una vez en la entrada y una vez en la salida del puerto.

El número requerido de carriles para puerta entrada y puerta salida para gráneles sólidos se ha calculado en base a los criterios de diseño en la sección 3.1.2.1. Los resultados se enumeran en la tabla a continuación.

Tabla 3-8: Cálculo del número de carriles por puerta para gráneles sólidos

Año	Volumen en millón toneladas	Tiempo de espera Puerta entrada (minutos)	Tiempo de espera Puerta Salida (minutos)	Número de carriles entrada	Número de Carriles salida
2017	2.4	1.5	1.5	0.62	0.62
2020	2.6	1.5	1.5	0.62	0.62
2025	2.9	1.5	1.5	0.62	0.62

Nota: Los tiempos de espera fueron verificados durante la visita al puerto del 24 de septiembre de 2018 por el consultor.

### 3.2.2.2 Número requerido de puertas de carriles de entrada / salida para contenedores

El número requerido de carriles para puerta entrada y puerta salida para contenedores se ha calculado en base a los criterios de diseño en la sección 3.1.2.2. Los resultados se enumeran en la tabla a continuación.

Tabla 3-9: Cálculo del número de carriles por puerta para contenedores

Año	Volumen en '000 TEU	Tiempo de espera Puerta entrada (minutos)	Tiempo de espera Puerta Salida (minutos)	Número de carriles entrada	Número de carriles salida
2017	290	3	3	1.71	1.71
2020	336	3	3	1.99	1.99
2025	413	3	3	2.45	2.45

#### 3.2.2.2.1 Número requerido de puertas de carriles de entrada / salida para carga general

El número requerido de carriles para puerta entrada y puerta salida para carga general se ha calculado en base a los criterios de diseño en la sección 3.1.2.3. Los resultados se enumeran en la tabla a continuación.

Tabla 3-10: Cálculo del número de carriles por puerta para carga general

Año	Volumen en '000 toneladas	Tiempo de espera Puerta entrada (minutos)	Tiempo de espera Puerta Salida (minutos)	Número de carriles entrada	Número de carriles salida
2017	608	3	3	0.21	0.21
2020	635	3	3	0.22	0.22
2025	720	3	3	0.25	0.25

#### 3.2.2.2.2 Número requerido de puertas de carriles de entrada / salida para vehículos

El número requerido de carriles para puerta entrada y puerta salida para vehículos se ha calculado en base a los criterios de diseño en la sección 3.1.2.4. Los resultados se enumeran en la tabla a continuación.

Tabla 3-11: Cálculo del número de carriles por puerta para vehículos

Año	Volumen en '000 toneladas	Tiempo de espera Puerta entrada (minutos)	Tiempo de espera Puerta Salida (minutos)	Número de carriles entrada	Número de carriles salida
2017	65	1	1	0.03	0.03
2020	64	1	1	0.03	0.03
2025	72	1	1	0.03	0.03

Los cálculos en las secciones anteriores muestran la puerta necesaria para la carga manejada en el puerto.

Dado que en el informe solo se tratan acciones urgentes, la perspectiva de la cantidad de básculas puente es solo de 7 años (hasta 2025). Más allá de los 7 años, las puertas necesarias se calculan y diseñan en el plan maestro.

Además, se supone que toda la carga a granel utiliza sus propias puertas (Estación 2).

Los resultados son los siguientes:

### PUERTA 1 (ESTACION 1)

Tabla 3-12: Número requerido de carriles por puerta para contenedores, carga general y vehículos

Carga	Puertas Existentes	Puertas (2017)	Puertas (2025)
<b>Contenedores</b>		entrada: 1.71x / salida: 1.71x	entrada: 2.45x / salida: 2.45x
<b>Carga General</b>		entrada: 0.21x / salida: 0.21x	entrada: 0.25x / salida: 0.25x
<b>Vehículos</b>		entrada: 0.03x / salida: 0.03x	entrada: 0.03x / salida: 0.03x
<b>Total (redondeado)</b>	entrada: 2x / salida: 2x 2 básculas	entrada: 2x / salida: 2x	entrada: 3x / salida: 3x

Los contenedores vacíos y los camiones con vehículos no se pesan y no requieren una báscula en la puerta. Alrededor del 28% del total de contenedores están vacíos.

La cantidad de puertas que necesitan una báscula es:

Tabla 3-13: La cantidad de básculas

Carga	Básculas (2017)	Básculas (2025)
<b>Contenedores</b>	entrada: 1.23x / salida: 1.23x	entrada: 1.76x / salida: 1.76x
<b>Carga General</b>	entrada: 0.21x / salida: 0.21x	entrada: 0.25x / salida: 0.25x
<b>Vehículos</b>		
<b>Total (redondeado)</b>	entrada: 2x / salida: 2x 4 básculas	entrada: 2x / salida: 2x 4 básculas

### PUERTA 2 (ESTACION 2)

Tabla 3-14: Número requerido de carriles por puerta para gránulos sólidos

Carga	Puertas Existentes	Puertas (2017)	Puertas (2025)
<b>Gránulos sólidos</b>		entrada: 0.62x / salida: 0.62x	entrada: 0.62 x / salida: 0.62x
<b>Total (redondeado)</b>	entrada: 1x / salida: 1x 2 básculas	entrada: 1x / salida: 1x 2 básculas	entrada: 1x / salida: 1x 2 básculas

Todos los camiones a granel (entrada y salida) serán pesados en las puertas.

### 3.2.2.3 Cantidad de básculas necesarias

La cantidad total de básculas adicionales es la siguiente:

En la puerta 1 (Estación 1): la cantidad total de carriles 3 x entrada y 3 x salida: es suficiente hasta al menos 2025. Se necesitan dos básculas adicionales, en total 4 básculas.

En la puerta 2 (Estación 2): la cantidad total de carriles 1 x entrada y 1 x salida: es suficiente hasta al menos 2025.



Figura 3-14 Estaciones de pesaje

### 3.2.2.4 Puertas / ubicación de básculas

Los camiones se estacionarán en el parqueadero para camiones donde se procesarán todos los papeles requeridos, una vez que puedan ingresar al puerto, se dirigirán a la puerta del puerto. Los camiones con gráneles sólidos utilizarán la puerta para gráneles sólidos (Estación 2) y los camiones con contenedores, la carga general y los vehículos utilizarán la puerta principal del puerto (ver Figura 3-15).

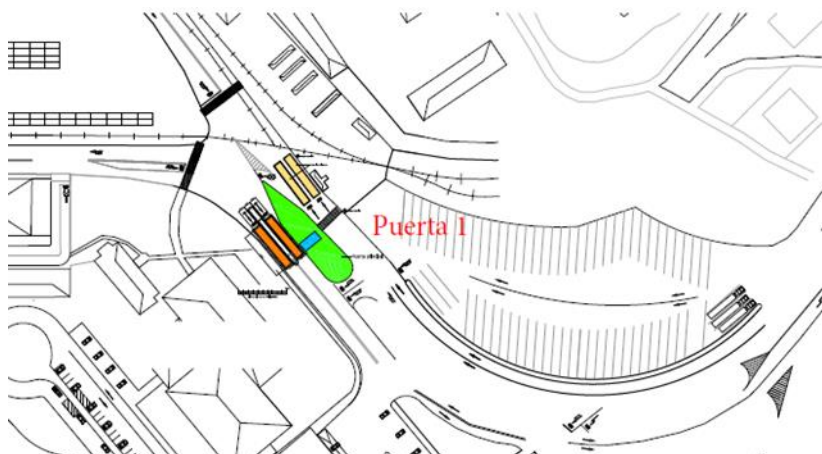


Figura 3-15 Descripción general de Puerto Caldera con la puerta 1 indicada



La puerta principal -1 (Estación 1) se utilizará para camiones con contenedores, carga general y vehículos. La puerta principal tendrá 2 básculas adicionales que darán como resultado un total de 4 básculas. En la figura siguiente se muestra un diseño conceptual de la puerta principal.

Los cálculos muestran que en 2025 3 puertas de entrada / salida son necesarias, ver Tabla 3-12. Se recomienda como acción urgente, construir solo las básculas e incluir el diseño de Puerta 1 en el plan maestro del puerto.

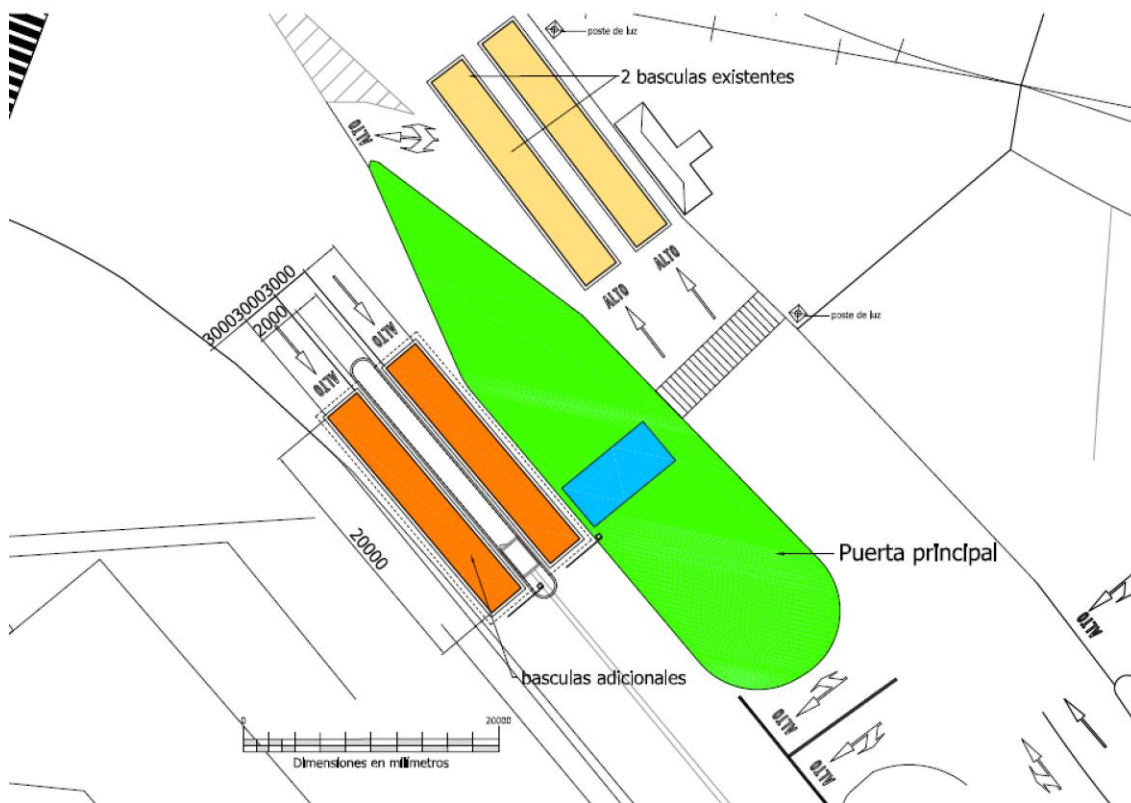


Figura 3-16 Diseño de la instalación de la puerta principal- Puerta – 1 Estación 1

La puerta para gránulos sólidos tendrá un total de 1 carril para entrar y 1 carril para salir y 2 básculas (una en cada carril). Los cambios a puerto 2 no son necesarios.

### 3.2.2.5 Tipo de básculas

Hay tres tipos de básculas estáticas disponibles en el mercado para el pesaje de camiones:

- Báscula montada en superficie;
- Báscula semi montada en la superficie;
- Báscula tipo pozo.

En la siguiente figura se muestran una báscula montada en la superficie y una báscula tipo pozo; una báscula semi montada en la superficie es una mezcla entre estas dos opciones, una rampa de hormigón en lugar de acero, pero montada en la superficie.



*Figura 3-17 Una báscula montada en la superficie (izquierda) y una báscula tipo pozo (derecha)*



*Figura 3-18 Báscula semi montada en la superficie*

Actualmente, las básculas montadas en superficie se usan en Puerto Caldera. Las básculas montadas en la superficie son fáciles de instalar y son menos costosas que las básculas de pozo. Sin embargo, dado que las básculas tipo pozo permite operaciones más eficientes y se usan comúnmente para terminales de contenedores, las básculas tipo pozo son la alternativa preferida para Puerto Caldera.

### 3.2.2.6 Sistemas de pesaje en movimiento

Otra alternativa prometedora son los sistemas de pesaje en movimiento, los camiones pasan por una banda que tiene sensores dentro que pesan la carga del eje y el peso total del camión. Estos sistemas tienen una precisión del 1 al 5 por ciento y no son lo suficientemente precisos para el pesaje comercial, pero podrían ser una opción para pesar camiones con contenedores, vehículos y carga general.

Al colocar 4 sistemas de pesaje en movimiento en la puerta principal y reutilizar las básculas de pesaje montadas en la superficie desde la puerta principal a la puerta de carga seca puede resultar en una solución rentable.

Las tiras de pesaje en movimiento se pueden instalar fácilmente cortando un canal de 75 mm en el pavimento existente, coloque la tira y llene con betún. Un sistema de pesaje en movimiento cuesta aproximadamente 40,000 USD, incluida la instalación, y tiene una vida útil de diseño de aproximadamente 10 años o más. Vea debajo una figura de tal sistema.

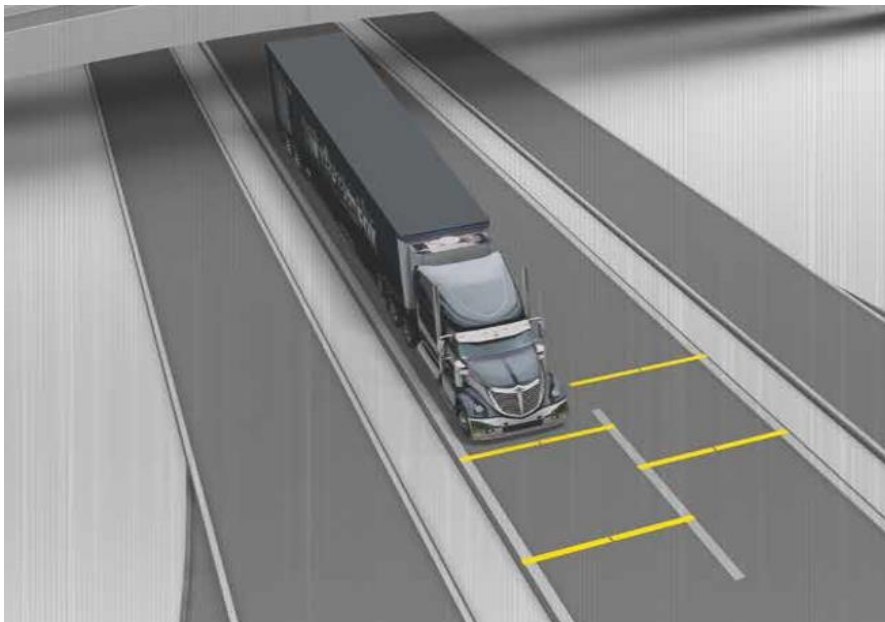


Figura 3-19 Ejemplo de un sistema de pesaje en movimiento de Intercomp

El sistema es prometedor, sin embargo, actualmente no se usa ampliamente en puertos y terminales. Esta opción podría investigarse más a fondo en una etapa posterior del proyecto.

### 3.2.2.7 Diseño de básculas

Actualmente hay 4 básculas montadas en superficie en Puerto Caldera, 2 en cada puerta. Se requieren 4 básculas adicionales para el período hasta el año 2025. Las nuevas básculas serán básculas de tipo pozo donde la plataforma de pesaje estará al mismo nivel que la carretera e instalada en un revestimiento de hormigón. Un dibujo típico se muestra en la figura a continuación.

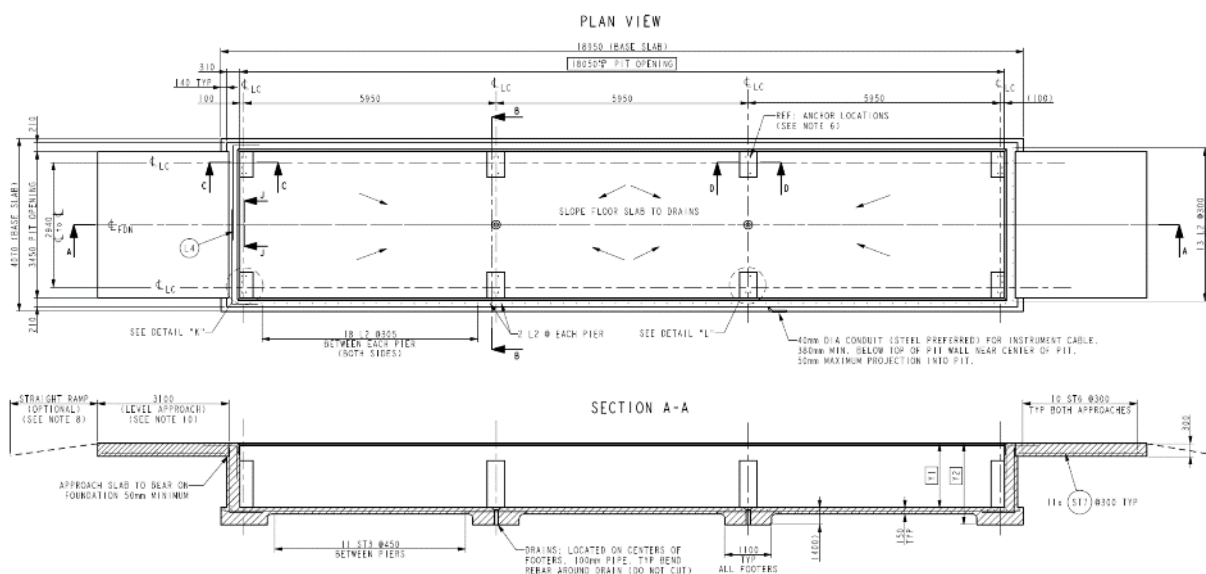


Figura 3-20 Dibujo típico de revestimiento de hormigón para báscula de pozo



Las células de carga se instalarán dentro de la cubierta de hormigón con una plataforma báscula en la parte superior, las dimensiones típicas de una plataforma de puente de báscula son de 3.4 m por 18.0m. Las dimensiones y el diseño final dependen del proveedor de las básculas

Se supone que, en ambas puertas, los edificios existentes se usarán para operar las básculas adicionales.

Las obras consistirán principalmente en quitar el asfalto para instalar las nuevas básculas y la conexión a los edificios y reparar el asfalto alrededor de las básculas.

Las básculas para los gránulos sólidos en puerta-2 puede ser de 100 toneladas capacidad, y en puerta 1 de 60 o 100 toneladas.

### 3.2.3 Estimación de costos de inversión, mantenimiento y operación en su caso, incluyendo el de los estudios necesarios

#### 3.2.3.1 Estimación de las básculas

Tabla 3-15: Estimación del costo de una báscula tipo pozo

Descripción del renglón	Unidad de Pago	Cantidad	Costo unitario (USD)	Total (USD)
Remoción de pavimento superior y excavación	m3	106	8	850
Fundación	m2	100	100	10,000
Báscula pozo (hormigón armado)	m3	32.5	1000	32,500
Cubierta de báscula de acero + células de carga	-	1	40,000	40,000
Instalación	-	1	10,000	10,000
Total dólares por báscula:				68,975

#### 3.2.3.2 Puerta-1 (Estación -1)

Se estima que la inversión total para la modernización de las instalaciones de la puerta de embarque es de aproximadamente 210,000 USD. En la siguiente tabla se detalla un desglose de los costos de inversión.

Tabla 3-16: Estimación del costo de la mejora de ambas instalaciones de la puerta -1 en Puerto Caldera

	Unidad de Pago	Cantidad	Costo unitario (USD)	Total (USD)
<b>Edificio en la puerta (usa existente)</b>				
Básculas	-	2	68,975	137,950
Pavimento de carriles adicionales	m2	10	120	1,200
Iluminación, CCTV y sistemas electromecánicos	-	1	25,000	25,000
Total dólares:				164,150

### 3.2.3.3 Mantenimiento y costos de operación

El costo de mantenimiento se calcula como un porcentaje de la inversión. Para pavimento, esto es 1% por año y para edificios y servicios 2% por año.

Los costos de operación serán parte de las operaciones del puerto y no pueden dividirse solo para las puertas y básculas.

### 3.2.4 Planificación calendarizada de las actuaciones

Los siguientes pasos son necesarios para la construcción del área de estacionamiento:

1. Evaluar el sistema para pesar en movimiento, depende qué precisión requieren.
2. Mejora en la sobrecarga de los camiones (entrenamiento para los operadores).
3. Diseño detallado.
4. Procedimientos de financiación e implementación.
5. Oferta.
6. Construcción.

Los pasos 1 y 4 se estiman en aproximadamente 8 meses.

### 3.2.5 Estudio de viabilidad

La instalación de básculas adicionales se encuentra dentro del área de concesión y contribuirá directamente al ahorro en las operaciones. Debido a las básculas y puertas adicionales, los camiones tienen que esperar menos tiempo en la puerta. Esto resultará en menos camiones necesarios para los viajes de ida y vuelta a las zonas de almacenamiento de granos en las proximidades del puerto. Desde esta perspectiva, la inversión debe ser para la cuenta del concesionario, ya sea SPDC o SPC. SPDC preferido, ya que SPC no puede invertir.

El tiempo de espera adicional estimado para los camiones debido a puertas y básculas insuficientes será de aproximadamente 500 días en 2020 hasta 700 días en 2025 y 600 días en promedio.

Se estima que un camión cuesta alrededor de USD 450 por día.

El ahorro total por año es de aproximadamente  $450 \times 600 = \text{US } \$ 270,000$ , cuando hay suficientes básculas y puertas.

### 3.3 Equipos Adicionales

SPC adquirió una grúa móvil adicional, lo que aumentará la capacidad de manejo de contenedores y gráneles sólidos. Más detalles sobre el aumento de la capacidad en la informe tarea 6.

### 3.4 Laboratorio Servicio Fitosanitario del Estado en Puerto Caldera

#### 3.4.1 Generalidades del SFE

El **Servicio Fitosanitario del Estado** según el Decreto N°36801 MAG tiene como misión servir como Autoridad Nacional, que protege los recursos agrícolas de las plagas y contribuye con la protección de la salud humana y el ambiente, mediante el establecimiento de las medidas fitosanitarias y sanitarias en el ámbito de su competencia, en aras de un desarrollo competitivo y sostenible del sector agrícola y del bienestar social de la población.

Entre sus funciones está *“controlar y regular el intercambio comercial de productos agrícolas tanto en importación como para la exportación, el registro, control y regulación de sustancias químicas y biológicas de uso agrícola su control de calidad y los niveles máximos de residuos permitidos (LMR) de los plaguicidas en los productos de consumo fresco, certifica la condición fitosanitaria de los productos para la exportación, mantiene la vigilancia y el control de las plagas de importancia económica y sobre aquellas plagas no presentes en el país que puedan representar una amenaza potencial para la producción agrícola nacional”*.

De acuerdo con lo indicado en la Ley N°7664 uno de los objetivos del SFE es el control de residuos de sustancias químicas aplicadas a la agricultura y en los productos vegetales, procurando proteger la salud humana y el ambiente.

Además, según el Capítulo IV, Sección Única, Art. 21 del Decreto N°36801, dentro de las competencias y funciones del Laboratorio de Análisis de Residuos de Agroquímicos está realizar análisis para determinar residuos de plaguicidas en vegetales no procesados, suelo y agua superficial de escorrentía, que provengan de áreas cultivadas; así como emitir los informes correspondientes.

#### 3.4.2 El SFE en Puerto Caldera

El SFE tiene una estación de Control Fitosanitario en Puerto Caldera, en la que se realiza el diagnóstico de plagas a través del análisis biológico y químico de muestras de los productos agrícolas de importación y exportación.

Además del diagnóstico de plagas, los productos agrícolas deben ser sometidos a varios análisis para identificar si existen residuos de plaguicidas. Este tipo de análisis solamente se realizan en el Laboratorio de análisis de residuos ubicado en las Oficinas Centrales en San José y el tiempo de respuesta es de 3 días hábiles en promedio.

A pesar de que los diagnósticos de plagas se realizan de la forma más eficiente posible, el hecho de tener que esperar los resultados de los análisis de residuos por 3 días aumenta los tiempos de espera y demoras de los buques.

Adicionalmente, se realiza un análisis para determinar si los granos tienen Aflotoxinas, es un estudio solicitado por el Ministerio de Salud y es realizado únicamente por el INCIENSA.

#### Desventajas de la falta de un Laboratorio de Residuos de Plaguicidas:

- a. Traslado de las muestras
- b. Tiempos de entrega de los resultados
- c. Salud Pública.



#### Ventajas de la implementación del Laboratorio de Residuos de Plaguicidas:

- a. Apoyo al sector importador y exportador
- b. Mayor seguridad alimentaria
- c. Posible disminución de tiempos de espera.

### 3.4.3 Propuesta de mejoramiento de la Estación del SFE en Puerto Caldera

De acuerdo con la información aportada por la Sub Dirección del Servicio Fitosanitario del Estado, el proyecto de mejoramiento de la Estación en Puerto Caldera debería considerar las siguientes características:

Espacio	Área requerida mínima (m2)
Laboratorio de Residuos de Plaguicidas	300
Oficinas y laboratorio de diagnóstico de plagas	1.000
Parqueo para atención de usuarios	1.600 – 2.000

#### 3.4.3.1 Equipo de laboratorio mínimo requerido

- 2 Cromatógrafos de gases con detector masas/masas
- 2 Cromatógrafos líquidos con detector masas/ masas
- Centrífuga
- Congelador
- Refrigeradores
- Balanzas analíticas
- Molinos, Homogenizadores
- Sistemas de aire acondicionado
- Sistema de extracción de gases
- Cristalería
- Capillas
- Contrato de mantenimiento de equipos

#### 3.4.3.2 Personal de laboratorio requerido

- 2 químicos
- 1 profesional para control de calidad de los ensayos acreditados
- 4 laboratoristas químicos
- 1 auxiliar de laboratorio
- 1 secretaria

#### 3.4.3.3 Insumos

- Estándares analíticos
- Solventes y disolventes
- Contar con un contrato para el manejo de desechos orgánicos y de desechos químicos
- Carros de acero para movilizar producto

Con el propósito de analizar más en detalle la viabilidad técnica y financiera de implementar un Laboratorio del SFE en Puerto Caldera, concertamos una cita con la subdirección y el Jefe de Control Fitosanitario. Según la información proporcionada por el SFE, los costos de operación del laboratorio son superiores a las

tarifas que se cobran por los análisis, en cierta medida, esta actividad es “subvencionada” por otras partidas.

Así las cosas, se considera inviable la implementación de un laboratorio para el Servicio Fitosanitario del Estado, por las siguientes razones:

- Los costos de operación son elevados y las tarifas no cubren la totalidad de dichos costos.
- La inversión inicial sería muy alta
- El SFE procura realizar los análisis una vez que tiene una cantidad determinada de muestras para completar la matriz de análisis, esto con el propósito de hacer un uso eficiente de los recursos. Para continuar con este manejo, debe haber un volumen de muestras considerable.
- Los análisis no son realizados únicamente por el SFE, ya que el análisis de Aflatoxinas es realizado por el INCIENSA. En caso de que se implemente el laboratorio del SFE, las muestras siempre tendrían que ser analizadas en la sede del INCIENSA en Tres Ríos.
- El proceso de análisis de muestra es complejo, lo que se ahorraría de tiempo con un laboratorio en Puerto Caldera serían aproximadamente 2 horas de ida y 2 hora de vuelta.

### 3.4.4 Recomendaciones

De acuerdo con lo conversado con los funcionarios de SFE, algunas de las recomendaciones para hacer más eficiente el proceso de análisis de muestras serían las siguientes:

- Modificar la metodología de muestreo para determinar cuáles productos requieren muestreo y cuáles no, además de la frecuencia de análisis. Por ejemplo, por exportador, por país de origen, por importador, por antecedentes del importador (si ha tenido resultados fuera del límite de residuos).
- Acreditar al SFE para que pueda realizar los análisis de Aflatoxinas.
- Revisar la posibilidad de hacer convenios de reconocimiento de laboratorios oficiales entre países
- Acondicionar almacenes fiscales para aplicar el tratamiento de Bromuro de Metilo, ya que en la actualidad hay poca eficiencia por la dispersión de los contenedores.

## 4 ACCIONES MÁS URGENTES PARA PUERTO CALDERA ÁREAS DE ALMACENAMIENTO (PAVIMENTAR PATIOS)

### 4.1 Introducción

Las siguientes áreas de apilamiento están disponibles en el puerto para el almacenamiento de los contenedores 1, 2, 3, 4, 6 y 7.

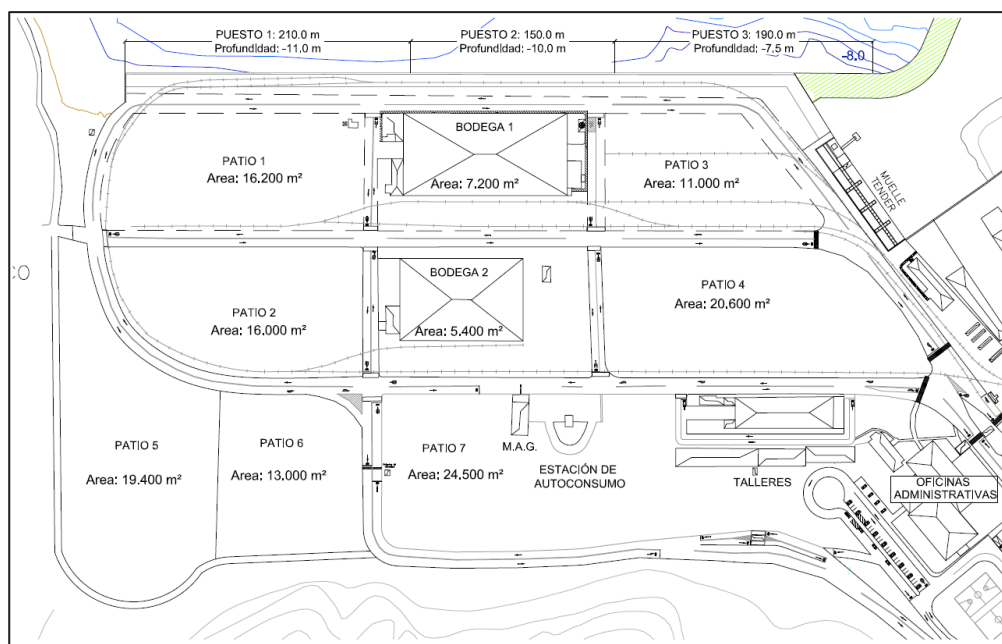


Figura 4-1 Patios en el Puerto Caldera en m2

Tabla 4-1: Patios

Nombre	Área (m²)	Pavimentado	Usado por:
<b>Patio 1</b>	16,200	Si (con adoquines)	Contenedores / Carga General
<b>Patio 2</b>	16,000	Capa de lastre compactada, aproximadamente 50 cm	Contenedores / Carga General
<b>Patio 3</b>	11,000	Si (En concreto con zonas dañadas)	Contenedores / Carga General
<b>Patio 4</b>	20,600	Rasante de material limoso)	Contenedores / Carga General
<b>Patio 5*</b>	13,000	Capa de lastre compactada	Vehiculos
<b>Patio 6</b>	13,000	No	Contenedores / Refrigerados
<b>Patio 7*</b>	15,000 y 9,000	No Si (con adoquines)	Contenedores / Vehiculos Refrigerados
<b>Total:</b>	<b>109,800</b>		

\* Las áreas de patios 5 y 7 difieren de los valores recibidos de SPC, sin embargo, el espacio ocupado por talleres, estacionamiento de equipos y una estación de combustible no se consideran patio de almacenamiento por el Consultor.

## 4.2 Condición de los pavimentos existentes

El estado de los patios en julio 2018 fue el siguiente:

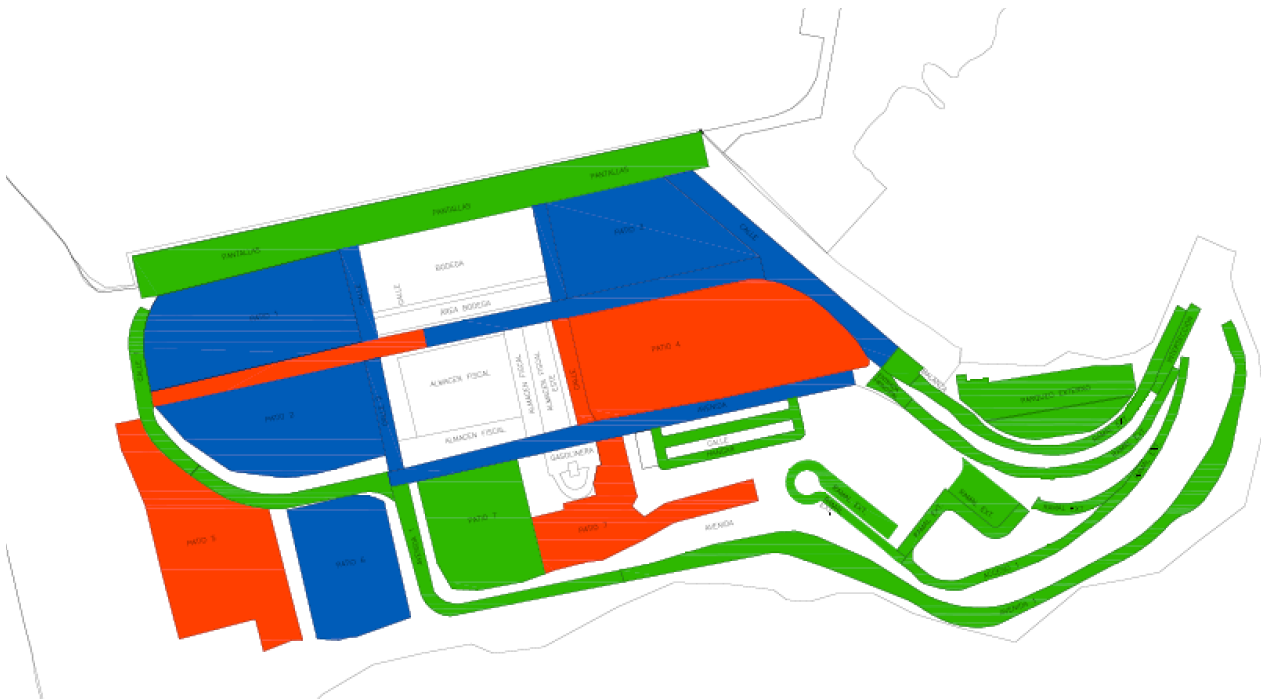


Figura 4-2 Índice de la condición de los pavimentos de Caldera: Fuente consultor 2018

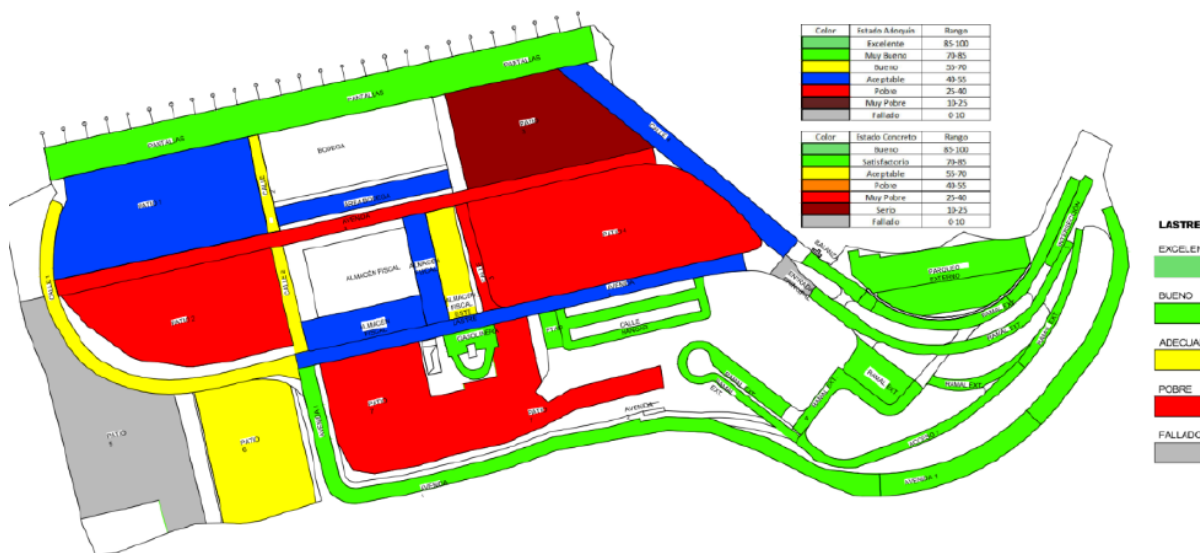


Figura 4-3 Índice de la condición de los pavimentos de Caldera: Fuente DIPC 2015



El estado del pavimento en 2018 es similar al de 2015, ver las siguientes fotos:



Figura 4-4 Fotos de los patios

### 4.3 Tipo de pavimento

Varias alternativas de tipos de pavimento están disponibles en base al 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 a 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 y / o roca triturada son menos perjudicial y menos costoso que el mantenimiento de pavimentos de hormigón rígidos in situ.

Además de las consideraciones económicas directas, hay otras consideraciones 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.

Tabla 4-2: 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>Alguno asfalto puede ser susceptible a goteos de aceite, etc. Los aglutinantes modificados son generalmente resistente al aceite que cae de las operaciones normales. Donde es probable que haya un significativo se puede especificar la presencia 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 de aceite</li> <li>Resistente a los arañazos</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>Las 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 de aceite</li> <li>Período largo antes de volver a allanar</li> <li>Puedes reparar las áreas defectuosas al reemplazar los adoquines dañados</li> <li>Realiza bien sobre una base consolidada diseñada</li> <li>Pavimento rentable</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>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>

Varios tipos de pavimento para las diversas áreas en un terminal de contenedores están disponibles como se indica en la tabla a continuación.

Tabla 4-3: Recomendaciones para tipos de pavimento: Fuente UNCTAD

Tipo de Operación	Asfalto	Hormigón convencional	Balsas de hormigón	Adoquines
Patios de contenedores	1	3	1	7
Áreas de estacionamiento de remolques	2	7	0	8
Áreas de Reach Stackers	2	0	2	8
Camiones	8	0	5	0
Área de la grúa móvil	2		2	5
Áreas de mantenimiento	1	8	4	5

1 Evitar si es posible

5 Solución Razonable

10 Solución recomendada

En vista de los diferentes tipos de pavimentos y recomendaciones que se presentan en esta sección y en la tabla 4-3, se recomienda utilizar adoquines como pavimento.

Esto parece lógico ya que el pavimento existente en la mayoría de los patios consiste en adoquines

Para fines de mantenimiento, también se recomienda continuar con el mismo tipo de pavimento, que ya está presente.

## 4.4 Cantidad de patios necesarios

Igual como para las básculas, se aplicará un lapso de tiempo de 7 años hasta 2025 para calcular la cantidad de patios necesarios, ya que este lapso de tiempo se considera una acción urgente.

Supuestos:

- Tiempo de permanencia: promedio 2.8 días (Llenos: 3.8 días y vacíos 1.8 días)
- Operaciones por reach stackers 58.9 m2 por TEU de almacenamiento (altura 1)
- 4 contenedores de altura promedio
- Incluido un factor pico de 1.3 y 70% ocupación.

Tabla 4-4: áreas de patios \*Fuente; SPC Llenos: 3.8 días y vacíos 1.8 días

	2017	2025
Volumen de contenedores en ,000 TEU (alta escenario)	290	414
Tiempo de permanencia (Dwell time) en días*	2.8	2.8
Cantidad de Puestos 20' necesario	1,103	1,473
Área en m <sup>2</sup> necesario	60,749	86,766

Los patios 1, 2, 3, 4 y 6 (76,800m2 totales) son suficientes hasta 2020. Después de ese año, se supone que el patio 7 se usará también.

Los patios se deben mejorar de la siguiente manera:

Tabla 4-5: Mejora de patios

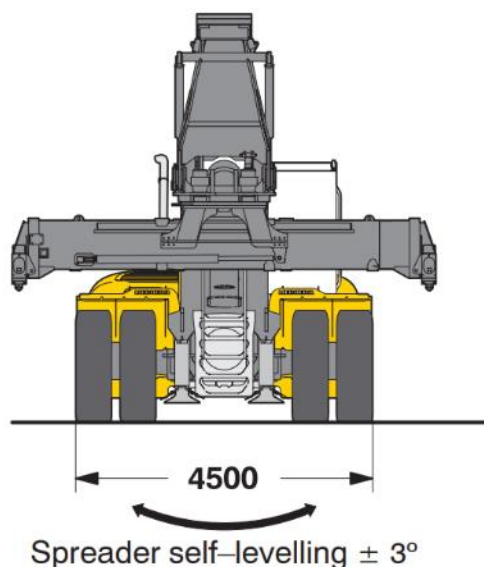
Patio	Descripción
1	Mantenimiento normal
2	Pavimentar
3	Reparar el pavimento (concreto)
4	Pavimentar
6	Pavimentar

## 4.5 Diseño funcional de los patios

### 4.5.1 Patio 2 y 4

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.



## Resultados:

Single Equivalent Wheel Load (kN)

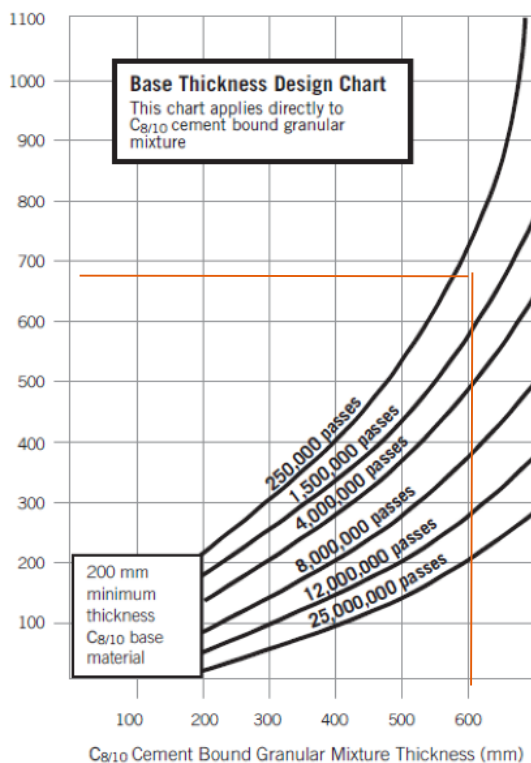


Figura 4-5 Espesor base como base cementada de cemento

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 4-6: 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>Sub-base de roca triturada</b>	150mm	150mm
<b>Subrasante</b>	Sub Suelo existente CBR7%	

\*depende mucho del CBR del subrasante

Para terminales de contenedores se usan normalmente adoquines rectangulares

### 4.5.2 Patio 3

Patio 3 consiste en losas de concreto (ver foto) y está dañado en varios lugares. Tiene grietas o está completamente desgastado.



Figura 4-6 Pavimento de patio 3

Para tener una idea de los costos de reparación, se ha estimado la cantidad de ubicaciones dañadas donde el concreto debe eliminarse completamente hasta la subrasante de aproximadamente 1600m<sup>2</sup>. Y será reemplazado por concreto pobre de 300 mm de espesor y una base de roca triturada de 150 mm. El espesor del hormigón depende en gran medida del CBR de la subrasante.

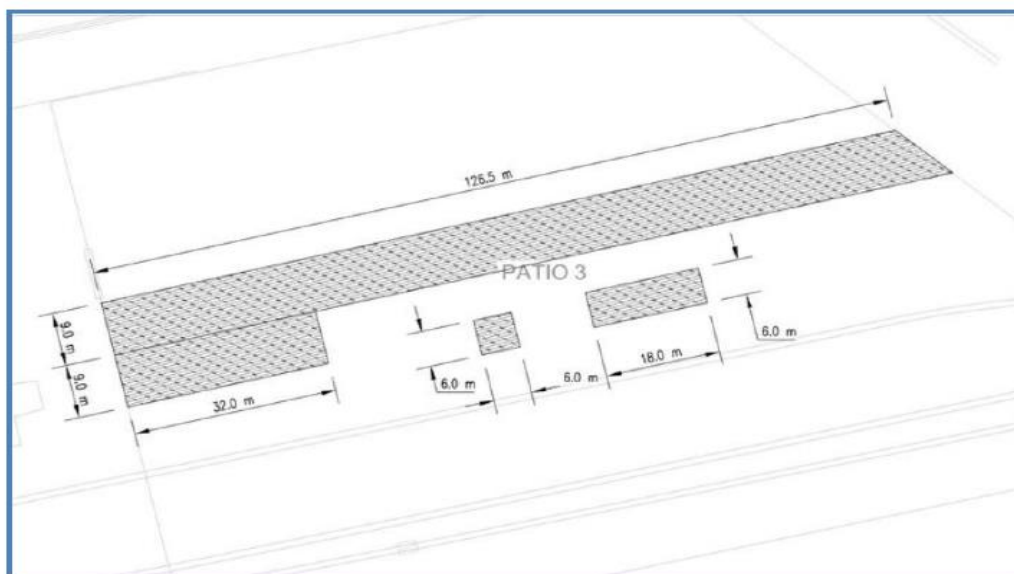


Figura 4-7 Dimensiones de los deterioros en el patio 3 Fuente informes Gestión de Plan de Mantenimiento 2016

## 4.6 Estimación de costos de inversión, mantenimiento y operación en su caso, incluyendo el de los estudios necesarios

Tabla 4-7: Estimación de costos para los patios

No.	Descripción del renglón	Unidad	Cantidad	Costo unitario (USD)	Total (USD)
<b>Patio 2</b>					
1	Excavación	m <sup>3</sup>	13.760	\$ 8	\$ 110.080
2	Sub-base (rocas trituradas)	m <sup>3</sup>	2.400	\$ 60	\$ 144.000
3	Base C8/10	m <sup>3</sup>	9.600	\$ 103	\$ 988.800
4	Arena	m <sup>3</sup>	480	Incl.	
5	Adoquines (100 x 200mm x 80mm)	m <sup>2</sup>	16.000	26	416.000
	Subtotal:				1.658.880
<b>Patio 4</b>					
1	Excavación	m <sup>3</sup>	17716	\$ 8	\$ 141,728
2	Sub-base de roca triturada	m <sup>3</sup>	3090	\$ 60	\$ 185,400
3	Base C8/10	m <sup>3</sup>	12360	\$ 103	\$ 1,273,080
4	Arena	m <sup>3</sup>	618	incl.	
5	Adoquines (100 x 200mm x 80mm)	m <sup>2</sup>	20600	\$ 26	\$ 535,600
	Subtotal:				\$ 2,135,808
<b>Patio 6</b>					
1	Excavación	m <sup>3</sup>	11180	\$ 8	\$ 89,440
2	Sub-base de roca triturada	m <sup>3</sup>	1950	\$ 60	\$ 117,000
3	Base C8/10	m <sup>3</sup>	7800	\$ 103	\$ 803,400
4	Arena	m <sup>3</sup>	390	incl.	
5	Adoquines (100 x 200mm x 80mm)	m <sup>2</sup>	13000	\$ 26	\$ 338,000
	Subtotal:				\$ 1,347,840
<b>Patio 3 1600m2 Reparar</b>					
	Extracción de concreto existente	m <sup>2</sup>	1600	\$ 125	\$ 200.000
	Sub-base de roca triturada	m <sup>3</sup>	240	\$ 80	\$ 19.200
	Hormigón colado in situ con espigas*	m <sup>3</sup>	480	\$ 650	\$ 312.000
	Subtotal:				\$ 531.200
	Grand total:				\$ 5.673.728

PM: Investigación de suelo para obtener el CBR de subrasante y determinar el tipo de hormigón y espesor\*. El costo de mantenimiento se calcula como un porcentaje de la inversión. Para pavimento, esto es 1% por año y para edificios y servicios 2% por año.

## 4.7 Planificación calendarizada de las actuaciones

Los siguientes pasos son necesarios para pavimentar los patios

1. Estudio de subsuelo para identificar el valor de CBR
2. Diseño detallado
3. Procedimientos de financiación e implementación
4. Oferta
5. Construcción.

Los pasos 1 a 5 se estiman en aproximadamente medio año.

Se propone investigar y mapear todo el patio 3 para identificar el grado de daño y realizar los siguientes pasos:

- Descripción de la evaluación del pavimento.
- Paso 1: Recopilación de datos históricos y revisión de registros.
- Paso 2: Visita inicial y evaluación del sitio.
- Paso 3: Actividades de prueba de campo.
- Paso 4: Caracterización de los materiales del laboratorio.
- Paso 5: Análisis de datos.
- Paso 6: Informe final de evaluación de campo.

## 4.8 Estudio de viabilidad

La pavimentación de los patios de contenedores y patios para otros tipos de carga es una práctica normal en un puerto. Actualmente, algunas de los patios no están pavimentadas, lo que causa cierta ineficiencia o costos adicionales en las operaciones portuarias, tales como:

- Aumento del mantenimiento, nivelación de las áreas y relleno de agujeros, etc.
- Las superficies ásperas del pavimento pueden provocar una abrasión excesiva del neumático para el equipo operativo del terminal.
- Conducción más lenta con el equipo sobre áreas sin pavimentar.
- Apilamiento de contenedor menos alto.
- Durante lluvias intensas, alguna área no puede ser utilizada.
- Asentamientos adicionales.
- Aumento de accidentes debido a la superficie áspera.

Desde esa perspectiva, es una solución técnicamente factible y debería ejecutarse.

Sin embargo, al pavimentar los patios mencionadas, el rendimiento y la rotación del puerto no necesariamente aumentarán. No se creará más espacio, solo se mejorará la superficie.

Se supone que el contrato actual y las tarifas de concesión que se pagan a la Administración concedente se basan en el hecho de que estos patios no están pavimentados. Las mejoras a la infraestructura distintas a las descritas en el contrato deberían tener influencia en el monto de la tarifa de concesión.

El monto total de la inversión es de USD 5,6 millones para los patios 2,4,6 y 3. El contrato actual no permite ninguna inversión por parte de la concesionaria (es un contrato de gestión) y el propietario del puerto Administración concedente debe por lo tanto invertir. El contrato debe ser negociado para llegar a un acuerdo sobre el pago de la inversión para el pavimento de los patios.



Para tener una idea de cómo financiar o recuperar la inversión, el costo adicional por TEU se ha calculado con los siguientes puntos de partida:

	2017	2020	2025	2030	2035	2042
<b>Cantidad de TEUs en "000 por año</b>	290	319	313	372	442	544

Período de depreciación: 7 años (Tiempo restante de concesión hasta 2026)

Cantidad total de TEU hasta 2026: 3.1 millón

Costos de inversión: US\$ 5.6 millón

Taza de interés: 7% asumiendo el 100% del préstamo

OPEX: Por asumir en el costo total de las operaciones portuarias.

Costos financieros: US\$ 2.7 millón en 7 años

Costo adicional por TEU US\$ 2.66 en 7 años.

## 5 ACCIONES MÁS URGENTES PARA PUERTO CALDERA OPERACIONAL

### 5.1 Escáner de contenedores

Se decidió como acción urgente investigar una ubicación adecuada para el escáner de contenedores en el puerto.

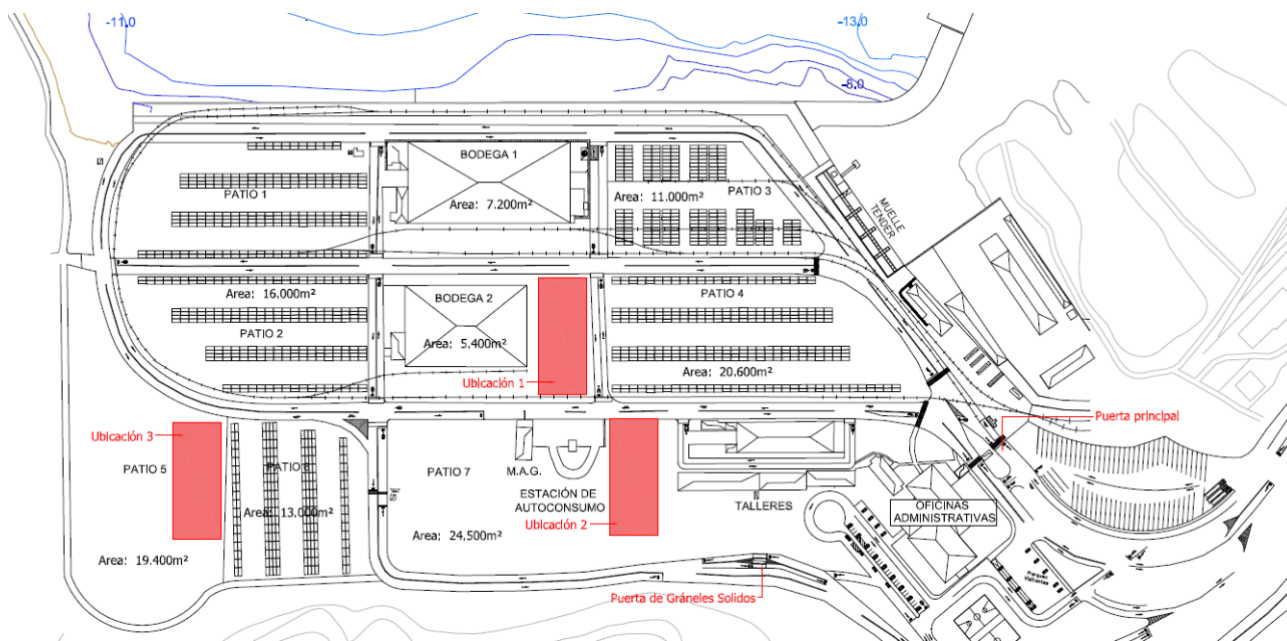


Figura 5-1 Ubicaciones para un escáner de contenedores

Durante la reunión del 21 de septiembre de 2018, se acordó que la ubicación de los escáneres y el área de aduanas se determinará en el plan maestro tarea 7, ya que la ubicación depende en gran medida del diseño general.