

una propuesta de ingeniería que permita atender la demanda prevista para los próximos 30 años, mediante infraestructuras y equipamientos cuyo coste de implementación sea rentable económica, financiera, social y medioambientalmente posible y rentable.

Para la elaboración de la ingeniería se han utilizado los datos indicados en apartados anteriores, fundamentalmente los contenidos en el Plan Maestro, que se han actualizado con los nuevos estudios realizados correspondientes a: topografía, batimetría, geofísica marina, toma de muestras de sedimentos, oleaje y agitación (que se incluyen como anexo 10 al 13).

Es importante destacar que, según se indica en las Especificaciones Técnicas del cartel, los licitadores podrán proponer otras alternativas diferentes a las planteadas en este apartado de ingeniería, siempre que las justifiquen de acuerdo con lo solicitado en el cartel.

2.8.4.1. Operación de Graneles Sólidos

2.8.4.1.1. Situación Actual

Las operaciones de descarga de graneles sólidos en el terminal se realizan en el actual Sitio 4, sin embargo, debido a los niveles de demanda y servicio, el terminal se encuentra saturado, presentando un nivel de servicio muy bajo, con altos niveles de espera de las naves para ser atendidas que se deben, fundamentalmente a los siguientes factores:

- Disponibilidad de solo un sitio de atraque para la atención de naves de graneles
- Altos niveles de demanda
- Baja tasa de descarga
- Metodología de operación (con retiro inmediato de la carga con camiones)
- Congestión en los accesos del terminal
- Inexistencia de áreas de almacenamiento de la carga en el terminal
- Importante número de días con precipitaciones al año, lo que imposibilita la descarga de graneles alimentarios

La baja tasa de descarga se debe en parte a la operación que hoy se desarrolla utilizando una grúa MHC apoyada con las grúas de las naves, alcanzándose una tasa neta de descarga efectiva de alrededor de 455 ton/hr. Por otra parte, se debe destacar que esta tasa de descarga también se ve afectada por dos parámetros de gran importancia:

- La descarga de graneles sufre de continuas interrupciones/detenciones de las actividades debido a eventos de precipitaciones, ya que los graneles alimentarios no pueden mojarse y es necesario interrumpir la descarga en periodos de lluvia. Tras analizar los datos existentes sobre paradas debidas a oleaje y precipitaciones se ha comprobado que las detenciones de la descarga de naves alcanzan, en promedio, niveles de *downtime* del 30% anual.
- La metodología usada actualmente para la descarga de graneles involucra la descarga directa en los camiones para el despacho de la carga. Por lo tanto, cualquier interrupción del tráfico fuera del terminal, y que no permita la llegada de los camiones al puerto mientras se realiza la descarga de las naves, significa que la descarga no se pueda realizar de forma continua y genera detenciones adicionales a las operaciones.
- Las naves que llegan al terminal son, en general, de tamaño reducido, encontrándose la mayoría entre las 5,000 y 20,000 DWT. La distribución de las naves por tamaño es la siguiente:

• 0 - 9,999 DWT	38%
• 10,000 DWT - 19,999 DWT	22%
• 20,000 DWT - 29,999 DWT	17%
• 30,000 DWT - 39,999 DWT	11%
• 40,000 DWT - 49,999 DWT	6%
• Más de 5,000 DWT	5%

Considerando la anterior distribución de los tamaños de los buques graneleros se ha estimado el nivel de utilización del terminal:

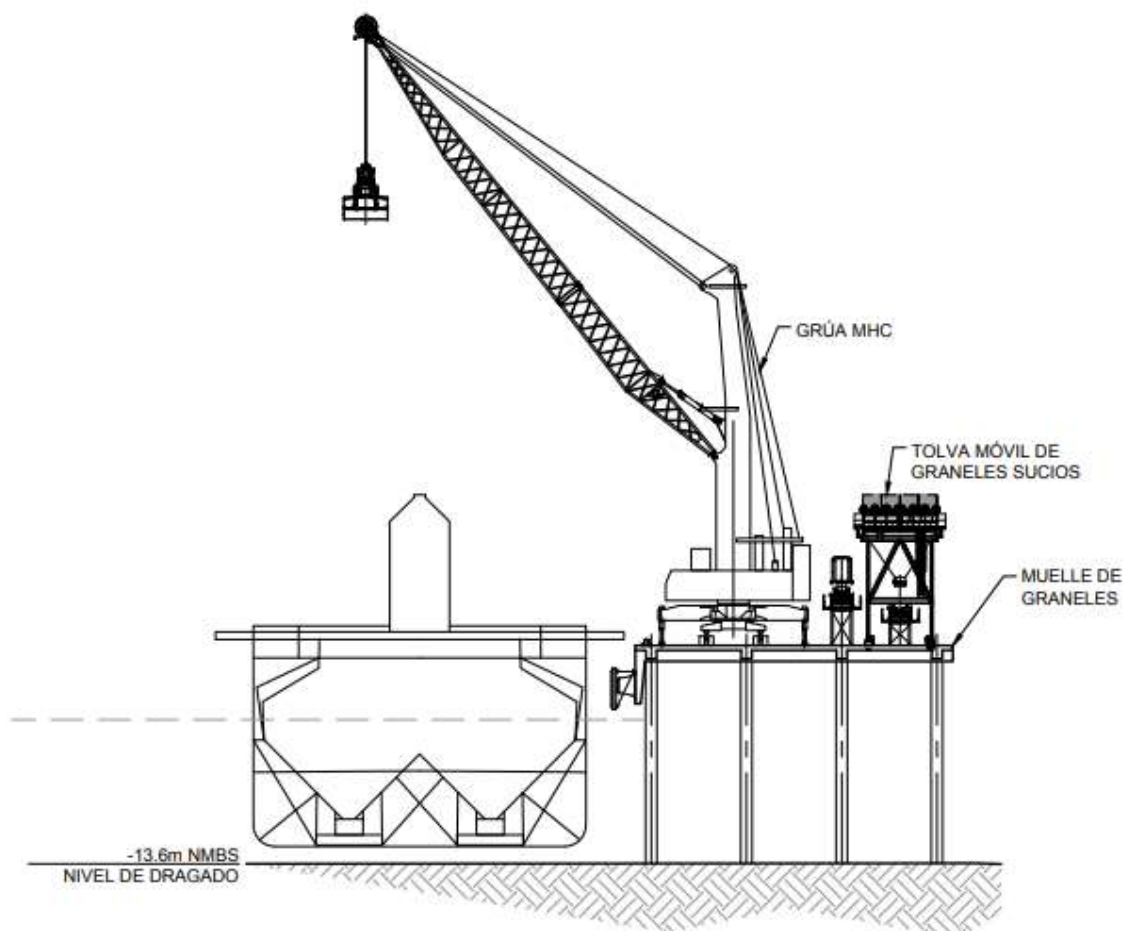
Tabla 2.113: Estimación de capacidad de la situación actual del terminal

Parámetros	Unidad	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Demanda Anual (escenario Base)	t/año	2,499,420	2,446,722	2,461,875	2,492,140	2,521,024	2,604,534
Capacidad de descarga nominal	t/h	500	500	500	500	500	500
Capacidad de descarga efectiva	t/h	455	455	455	455	455	455
Densidad promedio de la carga Cereales	t/m ³	0.625	0.625	0.625	0.625	0.625	0.625
Horas de operación (360 días de operación)	hr/año	8,640	8,640	8,640	8,640	8,640	8,640
Downtime 30%	hr/año	2,592	2,592	2,592	2,592	2,592	2,592
Capacidad de Descarga	mmt/año	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1
Utilización del sitio	%	100%	99%	101%	103%	105%	112%

Fuente: M&N

El esquema de configuración del muelle de graneles actual se muestra de forma esquemática en la siguiente Figura:

Figura 2.221: Esquema conceptual (infraestructura y operación) del muelle de graneles existente



Fuente: M&N

2.8.4.1.2. Mejoramiento del Terminal

Como se observa en la tabla anterior, el terminal presenta altos niveles de utilización, lo que se refleja en terreno con un deficiente nivel de servicio. Por lo tanto, es necesario y urgente realizar mejoras en el terminal para corregir el bajo nivel de servicio y disminuir el porcentaje de ocupación del terminal. Una primera etapa de mejoramiento contempla la construcción de una explanada en los terrenos disponibles para la implementación de nuevos accesos independientes, así como la renovación del equipo de descarga.

En cuanto a la infraestructura para el atraque de las naves, se mantiene el muelle actual, realizando algunas mejoras estructurales de mantenimiento (pintura, mejoras del sistema de protección anticorrosiva, potenciales reparaciones de hormigón y pilotes, mejoramiento de bitas y defensas, etc.) y la implementación de postes de amarre para permitir la correcta operación de las naves, considerando el desplazamiento forzado debido a la implementación del nuevo muelle de contenedores.

Las proyecciones consideran una nave de diseño con las siguientes características:

- Tipo de Nave: Handymax
- Eslora: 200m
- Manga: 32m
- DWT: 55,000 ton
- Calado: 12.0m (cargado)
- UKC estimado: 1.6m
- Profundidad requerida: 13.6m

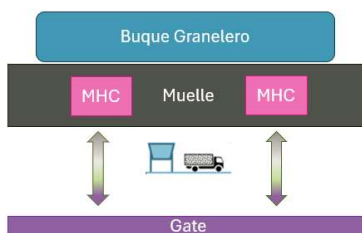
Se recomienda realizar las siguientes mejoras desde el inicio de la nueva concesión:

- Construcción de la nueva explanada del terminal
- Construcción del nuevo acceso independiente para mejorar el flujo de camiones
- Viales interiores
- Zona de estacionamiento de camiones
- Balanzas de pesaje

Se ha considerado la conveniencia de construir almacenes para regular el flujo de camiones, contemplándose dos alternativas:

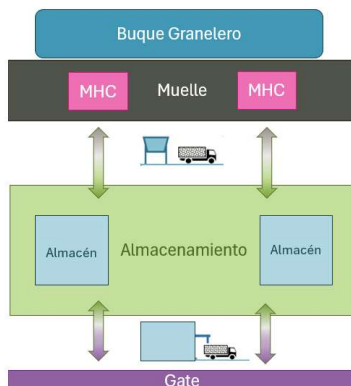
- Alternativa 1: Operación de descarga con grúas MHC. comprendiendo dos opciones de desarrollo:
- Alternativa 1A: La operación del terminal bajo el mismo esquema actual, descarga directa a camiones de importación, mejorando los accesos y construyendo puestos de amarre, pero sin construir almacenes.
- Alternativa 1B: Descarga directa a camiones internos, mejoras de los accesos y construcción de los almacenes:
- Construcción de los almacenes de granos (17,000 m² equivalentes a 20,000 ton que corresponden a un desembarque promedio en el terminal).
- Mejoramiento del sistema de descarga y transporte del material desde el muelle hasta los almacenes, mediante camiones de circulación interna.
- Postes de amarre (para corregir la posición de la nave amarrada con respecto al nuevo muelle de contenedores).
- Cargadores frontales para la operación dentro de los almacenes.
- Los camiones externos acceden a una estación de carga en los almacenes sin acceder al muelle.
- Alternativa 2: Operación con descargador de tornillo para cereales y MHC + Grúas de las naves para graneles sucios. El transporte de la carga desde el muelle hasta los almacenes se realiza mediante un sistema mecanizado de correas transportadoras

Figura 2.222: Flujo de operación de descarga de graneles para la Alternativa 1A



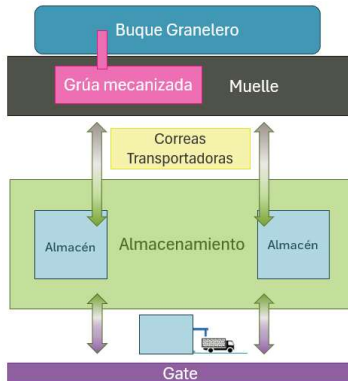
Fuente: M&N

Figura 2.223: Flujo de operación de descarga de graneles para la Alternativa 1B



Fuente: M&N

Figura 2.224: Flujo de operación de descarga de graneles para la Alternativa 2 (solo aplica a cereales)



Fuente: M&N

Alternativa 1

Para la operación de descarga, se propone operar con dos grúas MHC y 4 tolvas por nave en el sitio existente, sin necesidad de utilizar las grúas de los barcos. Estas grúas descargarán el granel (cereales y graneles sucios) y lo depositarán sobre tolvas móviles, las que contarán con alimentadores/chutes que descargarán la carga sobre camiones.

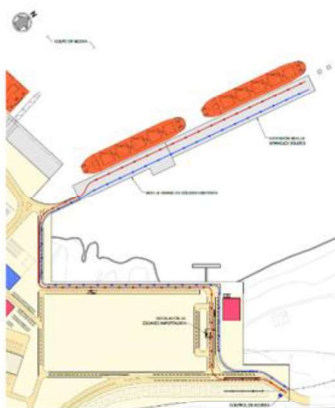
Adicionalmente, para mejorar los accesos se propone la creación de un acceso independiente y exclusivo para los camiones graneleros y la construcción de nuevos viales de acceso directo al puesto N° 4.

En cuanto a las operaciones terrestres, tal como se indicó anteriormente, se proponen dos alternativas de desarrollo del proyecto:

Alternativa 1A

Esta alternativa contempla la continuidad de las operaciones tal como se realizan actualmente con camiones externos para la recepción directa de la carga. Con el mejoramiento de los equipos de muelle y la creación de un acceso independiente y exclusivo para los camiones graneleros, se espera alcanzar los rendimientos adecuados que permitan atender las proyecciones de carga de granel del terminal.

Figura 2.225. Planta de circulación de camiones de graneles sólidos



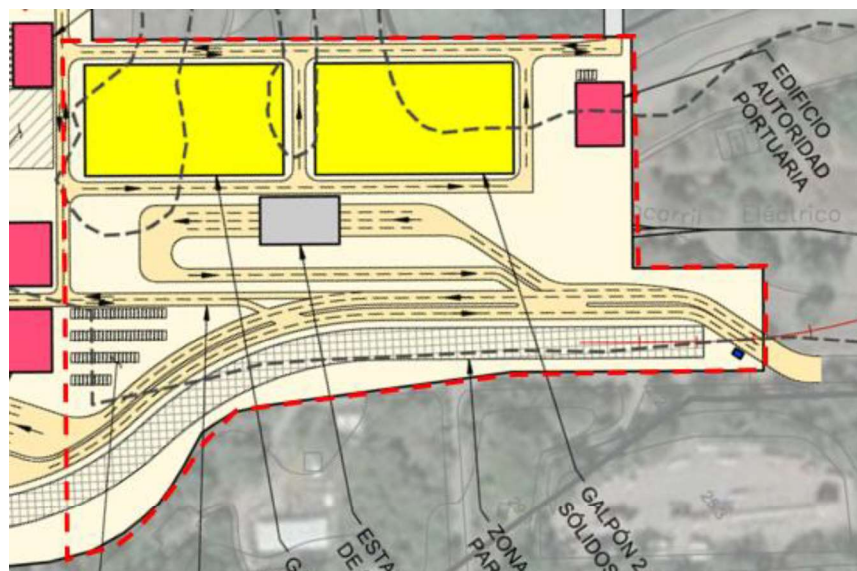
Fuente: M&N

Alternativa 1B

Con la finalidad de asegurar el flujo continuo de la carga y disminuir la congestión en los accesos del terminal, se propone disponer de una flota interna de al menos cinco camiones que transportarán la carga desde las tolvas del muelle hasta nuevos almacenes dispuestos en tierra. Estos galpones para el almacenamiento del grano tendrán una capacidad inicial aproximada de 10,000 toneladas cada uno con dimensiones aproximadas de 125mx70m, lo que se aproxima a la mitad de la carga esperada a descargar por nave que arriba al puerto, trabajando como buffer entre el almacenamiento y el gate, distribuyendo los picos de tráfico y permitiendo la operación continua del terminal ante potenciales eventos de bloqueo de la carretera de acceso que no permita el arribo de los camiones externos para la descarga de los graneles. Por otra parte, considerando que los puntos de distribución se encuentran en las cercanías del terminal, se espera que el tiempo de retiro de la carga sea reducido y permita que las labores de descargas se mantengan de forma continua durante los periodos donde se puedan ejecutar (sin presencia de precipitaciones) y sin paradas debido a la no disponibilidad de camiones para la descarga directa de la carga. Se considera que, tanto los buques como los almacenes, contendrán hasta 6 tipos de granel sólido diferentes. A su vez, esto permitirá poder despachar la carga de los almacenes a los camiones externos incluso los días y horas con presencia de precipitaciones en el área.

El ordenamiento de la carga al interior de los almacenes se realizará con cargadores frontales, mientras que la carga para el despacho a los camiones externos se realizará con los mismos cargadores frontales apoyados por sistemas de correas móviles.

Figura 2.226: Obras de mejoramiento del terminal de graneles (Alternativa 1B)



Fuente: M&N

Con estas mejoras, los parámetros de estimación de capacidad se ven modificados de acuerdo con lo siguiente:

- Longitud del muelle (existente): 180 metros (+nuevos duques de alba)
- Utilización de dos MHC en el sitio de atraque existente con una capacidad nominal de descarga de 520 ton/hr cada una.
- Descarga de cereales con una densidad promedio de 625 kg/m³ y de otros graneles con una densidad promedio de 1,200 kg/m³
- Distribución de lotes de descarga de acuerdo a estadística histórica de la terminal mostrada en el epígrafe anterior.
- Downtime del 30% debido principalmente a eventos de lluvias
- Se estima un máximo de utilización aceptable para el terminal del 75%

El 75% de utilización propuesto como máximo deseable corresponde a las recomendaciones de la literatura comúnmente usada en la industria de la ingeniería de puertos (PIANC). Se considera que por debajo del 75%, el nivel de congestión y los tiempos de espera se mantendrán dentro de márgenes esperables. Por el contrario, si se supera el 75%, el terminal sufrirá mayores ineficiencias y tiempos de espera para las naves y una reducción de los niveles de servicio a las naves y a la carga.

En ausencia de datos específicos, se han considerado los parámetros de diseño según estándares de la industria para terminales de similares características ofreciendo niveles de servicio adecuados. En las siguientes fases del proyecto, cuando entre en servicio, estos valores se refinarán para las características particulares de Puerto Caldera, según se definan.

Con la implementación de esta primera etapa de mejoras a partir del inicio de la concesión, lo cual significa que entren en servicio a partir del año 2029 aproximadamente (debido a los tiempos de construcción), los resultados muestran que los niveles de utilización bajo los niveles de carga proyectados por M&N, corresponden a los indicados en las tablas siguientes. Los cálculos que se muestran a continuación son comunes para las alternativas 1A y 1B.

La construcción de dos almacenes de granos para el terminal de graneles queda sujeta al nivel de servicio prestado por el terminal. Se recomienda su construcción cuando el downtime de operaciones debido a la no disponibilidad de camiones para la descarga de granos supere el 15%.

Tabla 2.114: Estimación de capacidad, Alternativa 1 (Caso Base)

Parámetros		Unidad	2026	2030	2035	2040	2045	2050	2056
Demanda Anual (escenario Base)		t/año	2,499,420	2,719,305	2,861,623	2,992,376	3,061,155	3,081,204	3,084,729
Capacidad de descarga (cereales)		t/h	500	1,040	1,040	1,040	1,040	1,040	1,040
Capacidad de descarga (graneles)		t/h	520	1,830	1,830	1,830	1,830	1,830	1,830
Densidad promedio de la carga	Cereales	t/m³	0.625	0.625	0.625	0.625	0.625	0.625	0.625
	Graneles	t/m³	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
Horas de operación (360 días de operación)		hr/año	8,640	8,640	8,640	8,640	8,640	8,640	8,640
Downtime 30%		hr/año	2,592	2,592	2,592	2,592	2,592	2,592	2,592
Capacidad de Descarga (cereales)		mmt/año	2.1	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Capacidad de Descarga (graneles)		mmt/año	2.8	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
Utilización del sitio		%	107%	70%	73%	77%	78%	79%	79%

Fuente: M&N

Tabla 2.115: Estimación de capacidad, Alternativa 1 (Caso Optimista)

Parámetros		Unidad	2026	2030	2035	2040	2045	2050	2056
Demanda Anual (escenario optimista)		t/año	2,531,594	3,091,106	3,375,744	3,652,026	3,785,268	3,812,665	3,821,386
Capacidad de descarga (cereales)		t/h	500	1,040	1,040	1,040	1,040	1,040	1,040
Capacidad de descarga (graneles)		t/h	520	1,830	1,830	1,830	1,830	1,830	1,830
Densidad promedio de la carga	Cereales	t/m³	0.625	0.625	0.625	0.625	0.625	0.625	0.625
	Graneles	t/m³	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
Horas de operación (360 días de operación)		hr/año	8,640	8,640	8,640	8,640	8,640	8,640	8,640
Downtime 30%		hr/año	2,592	2,592	2,592	2,592	2,592	2,592	2,592
Capacidad de Descarga (cereales)		mmt/año	2.1	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Capacidad de Descarga (graneles)		mmt/año	2.8	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
Utilización del sitio		%	108%	79%	86%	93%	96%	97%	97%

Fuente: M&N

Como se observa en las tablas anteriores, el terminal comienza su operación con excesivos niveles de utilización llegando a un máximo estimado del 107% para el Caso Base y 108% para el Caso Optimista en 2026, para luego descender a un 70% de utilización para el Caso Base y 79% para el Caso Optimista en 2029, cuando se implementen las mejoras propuestas en el terminal. Es decir, a partir del año 2029 se estima que la descarga de naves se realizará con dos grúas MHC y con la infraestructura y equipamiento de apoyo propuesto para las operaciones terrestres.

Sin embargo, como se observa en la Tabla 2.114 para el Caso Base, a partir del año 2035 se alcanzaría un 73% de utilización, muy cercano 75% que se propone como el nivel máximo que debe tener en el terminal para

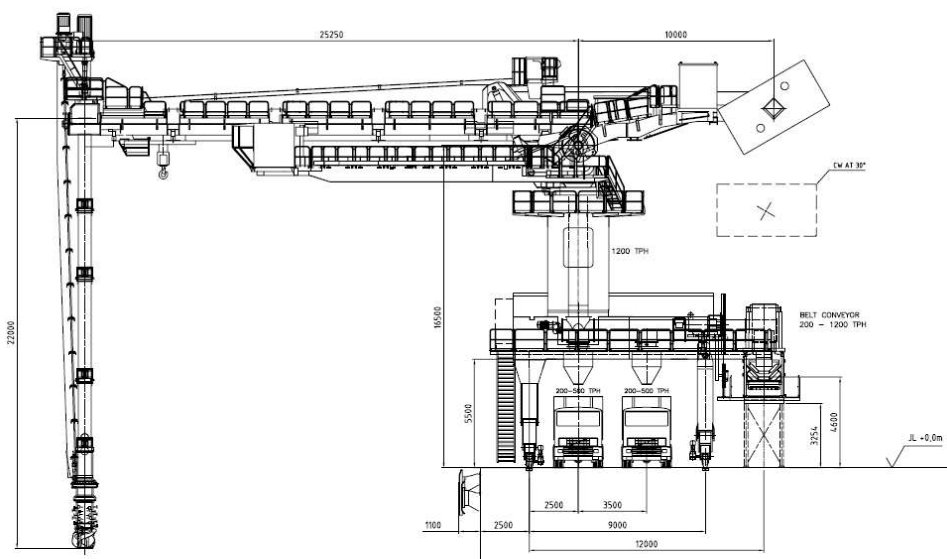
mantener una operación óptima, lo que podría gatillar la ampliación del terminal. Dado que para el escenario optimista en el año 2029 se superaría el 75%, para la Alternativa 1 se recomienda la construcción del segundo amarradero para graneles desde el principio de la concesión.

Alternativa 2

La Alternativa 2 de mejoramiento del terminal de graneles contempla variar el sistema de descarga actual, incorporando una grúa mecanizada para la descarga continua de cereales mediante un sistema tipo tornillo con una capacidad nominal de 1,800 ton/hr. Este sistema de descarga tiene la posibilidad de depositar la carga (cereales) sobre correas transportadoras que la transportan desde el muelle hasta los almacenes, o bien, en casos especiales y/o eventuales, tiene la posibilidad de depositar la carga sobre tolvas para ser cargada directamente en camiones.

Aunque mejora notablemente la productividad de descarga, este sistema presenta el inconveniente de que únicamente podría descargar cereales o graneles limpios, siendo incompatible con la descarga de graneles sucios (por ejemplo, los productos destinados a la industria del cemento o fertilizantes), que deberían seguir siendo descargados mediante una grúa tipo MHC que deposite la carga en tolvas para luego transferirla hasta el sistema de correas exclusivo para este tipo de carga, o bien, en situaciones de emergencia, depositar la carga directamente sobre camiones.

Figura 2.227: Sistema de descarga de graneles con grúa mecanizada (1)



Fuente: M&N

Figura 2.228: Sistema de descarga de graneles con grúa mecanizada (2)

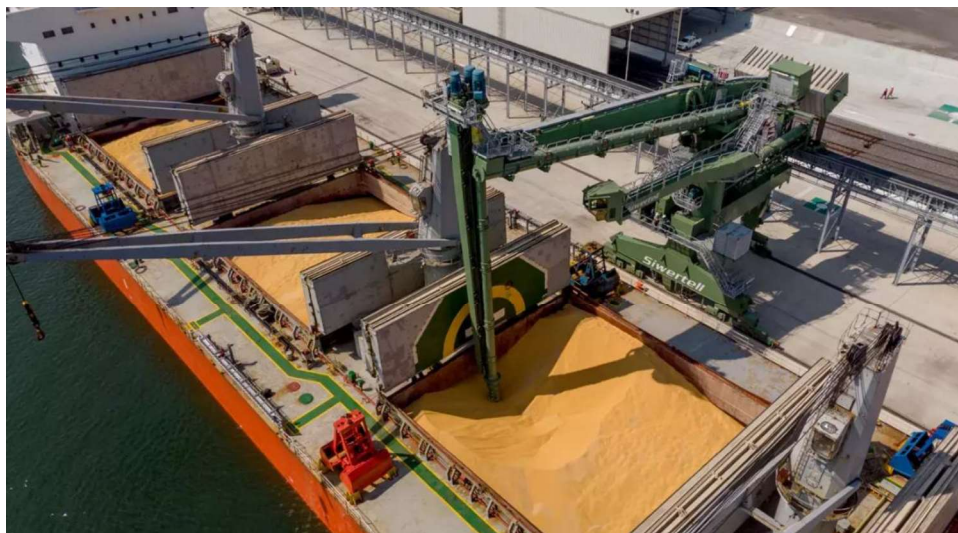
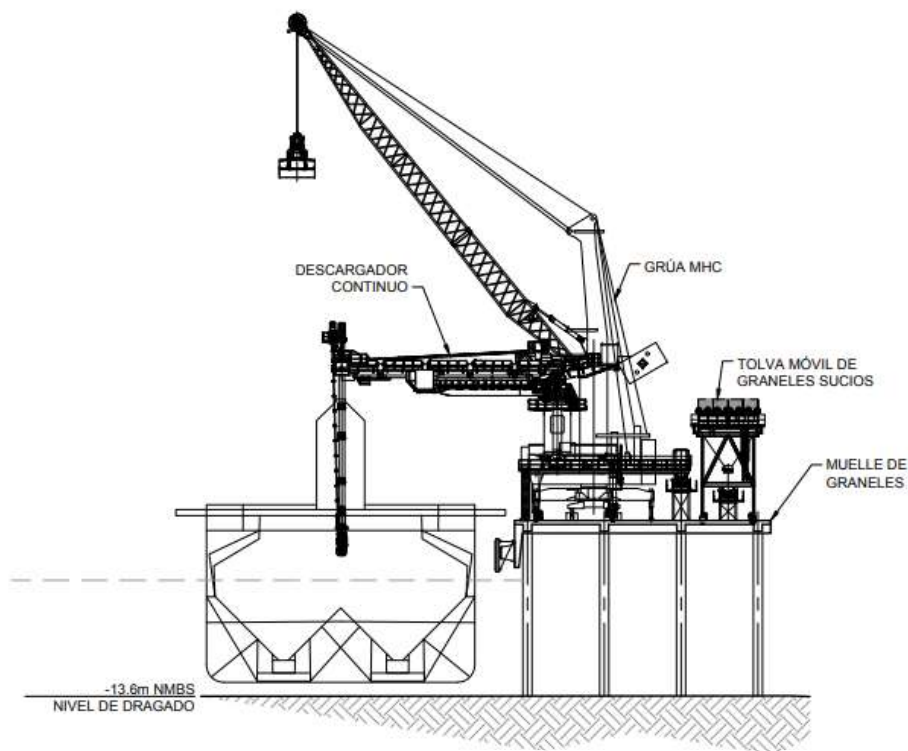


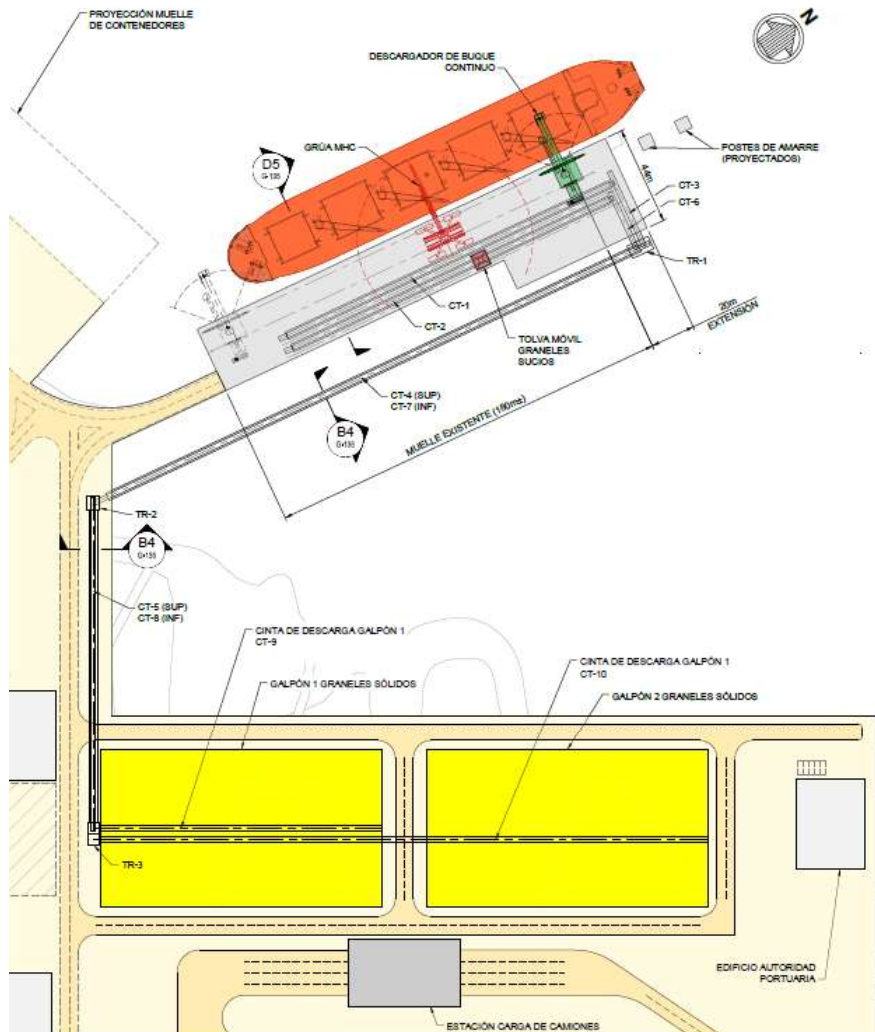
Figura 2.229: Comparativa grúa MHC y grúa mecanizada



Fuente: M&N

Para el transporte principal de la carga se utilizan cintas apoyadas sobre el muelle en un primer tramo, para luego cimentarse sobre cepas instaladas sobre el mar hasta llegar a las instalaciones terrestres. El sistema de cintas contaría con tres torres de transferencia, la última de las cuales eleva la carga para poder transferirla a un sistema de “tripper” que recorre los almacenes para depositar la carga. En cuanto a los almacenes, se mantiene la configuración descrita para la Alternativa 1.

Figura 2.230: Esquema operativo del terminal de graneles, Alternativa 2



Fuente: M&N

Contemplando estas mejoras, los parámetros de estimación de capacidad se ven modificados de acuerdo con lo siguiente:

- Longitud del muelle (existente): 180 metros (+ nuevos duques de alba)
- Utilización de una grúa de descarga continua con una capacidad nominal de 1,800 ton/hr para cereales.
- Utilización de una grúa MHC con una capacidad nominal de descarga de 1,000 ton/hr para la descarga de graneles sucios.
- Descarga de cereales con una densidad promedio de 625 kg/m³ y de 1,200 kg/m³ para graneles sucios.
- Descarga promedio de 20,000 ton por nave en el puerto (en base a datos históricos)
- Se consideran 7.0 horas adicionales para las operaciones de atraque, desatraque, preparación de grúas, otros.
- Downtime de 30% debido principalmente a eventos de precipitación en Caldera. Estos valores han sido confirmados y serán comentados con INCOP y se realizarán los pertinentes análisis de sensibilidad.
- Se estima un máximo de utilización aceptable para el terminal del 75%

Con la implementación del sistema mecanizado para esta primera etapa de mejoras a partir del inicio de la concesión, poniéndolas en operación a partir del año 2029, se obtienen los siguientes niveles de utilización.

Tabla 2.116: Estimación de capacidad, Alternativa 2 (caso Base)

Parámetros	Unidad	2026	2030	2035	2040	2045	2050	2056
Demanda Anual Total (escenario Base)	t/año	2,499,420	2,719,305	2,861,623	2,992,376	3,061,155	3,081,204	3,084,729
Demanda Anual Graneles (escenario Base)	t/año	1,949,842	2,195,697	2,308,488	2,409,166	2,457,063	2,463,467	2,450,787
Demanda Anual Cereales (escenario Base)	t/año	549,578	523,608	553,135	583,210	604,091	617,737	633,942
Capacidad de descarga nominal de Cereales	t/h	500	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800
Capacidad de descarga nominal de Graneles	t/h	500	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Densidad promedio de la carga	Cereales	t/m³	0.625	0.625	0.625	0.625	0.625	0.625
	Graneles	t/m³	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
Horas de operación (360 días de operación)	hr/año	8,640	8,640	8,640	8,640	8,640	8,640	8,640
Downtime 30%	hr/año	2,592	2,592	2,592	2,592	2,592	2,592	2,592
Capacidad de Descarga Cereales	mmt/año	2.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Capacidad de Descarga Graneles	mmt/año	2.0	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
Utilización del sitio	%	123%	60%	63%	66%	67%	68%	68%

Fuente: M&N

Tabla 2.117: Estimación de capacidad, Alternativa 2 (caso Optimista)

Parámetros	Unidad	2026	2030	2035	2040	2045	2050	2056
Demanda Anual Total (escenario Optimista)	t/año	2,618,69	3,091,106	3,375,744	3,652,026	3,785,268	3,812,665	3,821,386
Demanda Anual Graneles (escenario Optimista)	t/año	2,022,242	2,448,930	2,676,811	2,894,520	2,991,778	2,999,578	2,984,134
Demanda Anual Cereales (escenario Optimista)	t/año	564,764	642,175	698,933	757,505	793,489	813,087	837,252
Capacidad de descarga nominal de Cereales	t/h	500	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800
Capacidad de descarga nominal de Graneles	t/h	500	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Densidad promedio de la carga	Cereales	t/m³	0.625	0.625	0.625	0.625	0.625	0.625
	Graneles	t/m³	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
Horas de operación (360 días de operación)	hr/año	8,640	8,640	8,640	8,640	8,640	8,640	8,640
Downtime 30%	hr/año	2,592	2,592	2,592	2,592	2,592	2,592	2,592
Capacidad de Descarga Cereales	mmt/año	2.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Capacidad de Descarga Graneles	mmt/año	2.0	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
Utilización del sitio	%	130%	68%	74%	80%	83%	84%	85%

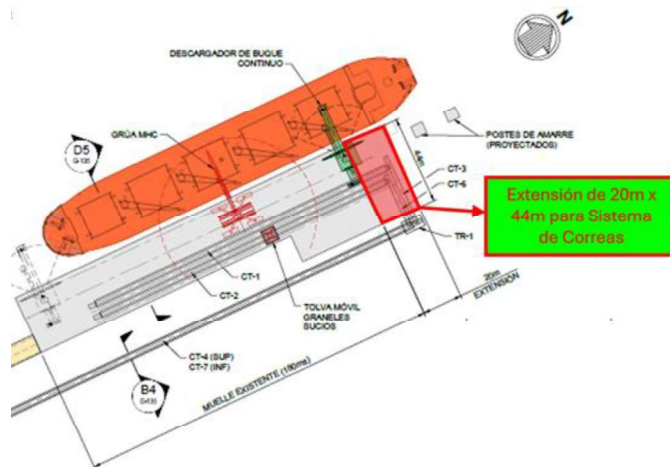
Fuente: M&N

Según la Tabla 2.116 para el Caso Base, con la implementación del sistema de descarga continua en el terminal, los niveles de utilización disminuyen drásticamente alcanzando un 60% en el año de inicio de la operación (2029) para luego alcanzar un máximo de 68% en el año 2056. Por otra parte, si se analiza la solución considerando las proyecciones de carga del Caso Optimista, de acuerdo con la Tabla 2.117, los niveles de utilización se reducen al 68% para el año 2030 y alcanzan un máximo del 85% para el año 2056, sobrepasando el nivel máximo de utilización recomendado del 75% en el año 2036.

La solución mecanizada presenta las siguientes complicaciones desde el punto de vista operativo:

- Al considerar dos sistemas de descarga en el muelle existente, se requiere la implementación de zonas de parking para las grúas.
- El sistema de descarga de cereales no alcanzaría todas las bodegas de las naves, por lo que se hace necesario recolocaciones del barco (*shifting*). Sin embargo, mover las naves hacia el terminal de contenedores podría provocar interferencias que afecten la operación de ambos terminales.
- Para la implementación de los sistemas de correas se requiere la implementación de una pequeña expansión del muelle existente de alrededor de 20 metros. Esta extensión implica la hinca de al menos 3-4 nuevos pilotes, nuevas vigas y tablero de concreto.
- Considerando la necesidad de espacio de los sistemas de correas y del parking de las grúas, se requeriría una extensión de al menos 60m en el muelle existente, la cual se debe ejecutar antes de la implementación de los nuevos sistemas de descarga.
- Para la implementación de los sistemas de correas se requiere la construcción de nuevas cepas en base a pilotes y estructura metálica para permitir el soporte de las correas entre las instalaciones terrestres y el muelle de graneles.
- El costo del equipo de descarga de cereales es de alrededor de US\$10 millones, equivalente aproximadamente al doble del costo de una grúa tipo MHC.
- La implementación de los sistemas de correas supone un costo aproximado de los equipos de alrededor de US\$7,000 por metro lineal, suponiendo un costo adicional de entre US\$4 y US\$5 millones, sin contemplar el costo adicional de las estructuras de soporte.
- En caso de considerar el caso optimista, el sistema requeriría de la ampliación del sistema mecanizado y muelle, incurriendo en altos niveles de inversión.

Figura 2.231. Expansión de 20m x 44m de muelle para Sistemas de Correas



Fuente: M&N

2.8.4.1.3. Selección de Alternativa de Mejoramiento de la Terminal

Tomando en consideración las descripciones de las dos alternativas propuestas para la optimización del terminal, se recomienda continuar el análisis considerando la Alternativa 1 (descarga de graneles con grúas MHC). Esta recomendación se basa en los siguientes puntos:

- La Alternativa 1 permite el mejoramiento de la operación del terminal sin incurrir en grandes modificaciones de las operaciones ni infraestructura marítima existente, utilizando el muelle existente con ligeras modificaciones, utilizando grúas MHC y con la misma metodología de operación, con camiones para el transporte de la carga.
- Considerando los volúmenes de carga proyectados, que mantienen casi constantes durante los últimos 20 años de concesión, la alternativa 1 se ajusta de mejor forma a los niveles de inversión iniciales requeridos para el proyecto y brinda una mayor facilidad de la operación. Mayores niveles de inversión podrían generar la necesidad de incrementar las tarifas de transferencia de carga.
- La implementación del sistema mecanizado desde el inicio de la concesión supone un costo de alrededor de US\$30 millones, similar al costo de construir un segundo amarradero para graneles, pero sin tener suficiente disponibilidad de sitios de atraque si se requiere para otras cargas o tipos de naves.
- Para el Caso Optimista de proyección de carga, se alcanzan niveles de utilización del 85%, por lo que de igual forma se tendría la necesidad de construir un segundo muelle, al igual que para la Alternativa 1, pero con un mayor nivel de inversión y complejidad operacional
- En caso de requerirse la ampliación del terminal, la Alternativa 1 presenta la oportunidad de ampliar el muelle de atraque permitiendo el atraque de otras naves en el terminal de graneles en casos excepcionales donde se requiera disponer de un muelle adicional.

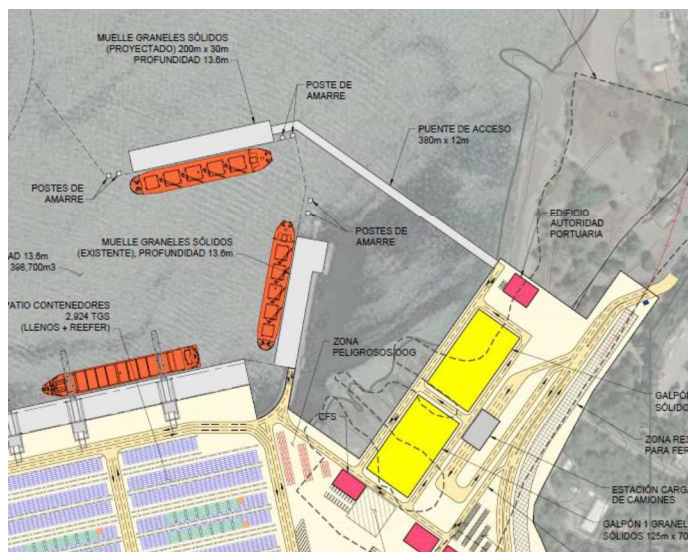
2.8.4.1.4. Análisis de la ampliación del terminal

Debido a que se observan niveles de utilización para el terminal superiores al 75% recomendado, se considera necesaria la construcción de un nuevo sitio de atraque. La disposición de este nuevo sitio de atraque se podría plantear de dos formas (manteniendo la metodología de operación anteriormente descrita para la Alternativa 1):

- Opción A: construcción de un nuevo muelle de 200m de largo orientado de forma sensiblemente perpendicular al existente, equipado con postes de amarre adicionales y conectado a las instalaciones terrestres mediante un puente de acceso, que puede ser independiente desde tierra hasta el nuevo muelle, o conectando ambos muelles.
- Opción B: Extensión del muelle existente en 280m.

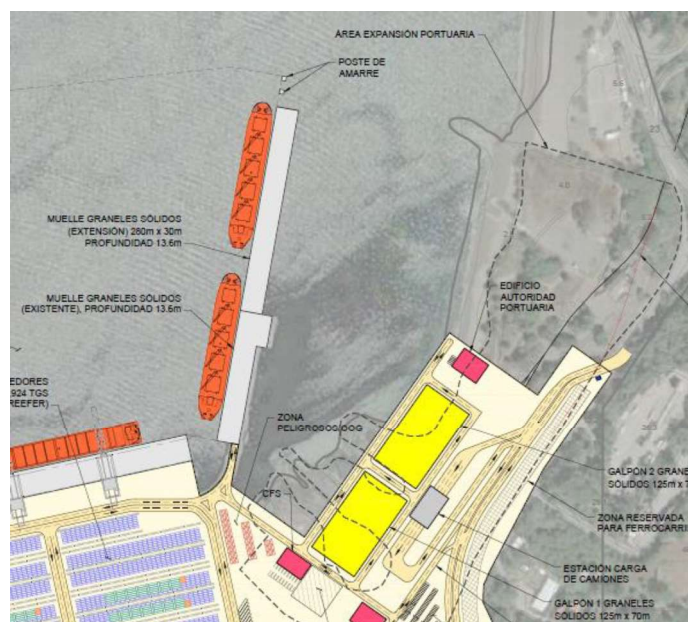
En cuanto al equipamiento de descarga adicional, para el segundo amarradero se considera la adición de una sola grúa MHC con capacidad de descarga nominal de 520 ton/hr, que operará en combinación con las grúas de las naves que atraquen en el nuevo muelle. En el caso de unir el nuevo muelle mediante un puente a tierra sin conexión directa con el muelle actual, se dificultaría el desplazamiento de grúas MHC entre ambos muelles, con lo que debería considerarse la posibilidad de implementar una segunda grúa MHC en el nuevo muelle, en previsión de labores de mantenimiento, averías o picos de descargas.

Figura 2.232: Opción A propuesta para la ampliación del terminal de graneles



Fuente: M&N

Figura 2.233: Opción B propuesta para la ampliación del terminal de graneles



Fuente: M&N

Considerando los niveles de utilización estimados para el terminal de graneles existente, especialmente para el escenario optimista de volumen de carga proyectada, se recomienda que la ampliación del terminal sea ejecutada como parte de las inversiones iniciales del nuevo contrato de concesión. Este escenario de terminal ampliado permitirá tener una mayor flexibilidad para la operación pudiendo operar otras naves de manera eventual en el nuevo muelle, o bien poder distribuir de mejor forma la operación de naves menores y mayores

Al considerar la implementación de esta ampliación del terminal, se tienen los siguientes resultados, que es igual tanto para la opción A como para la opción B.

Tabla 2.118: Estimación de Capacidad con mejoramientos y Ampliación (caso Optimista)

Parámetros	Unidad	2026	2030	2035	2040	2045	2050	2056
Demanda Anual Total (escenario Optimista)	t/año	2,618,69	3,091,106	3,375,744	3,652,026	3,785,268	3,812,665	3,821,386
Demanda Anual Graneles (escenario Optimista)	t/año	2,022,242	2,448,930	2,676,811	2,894,520	2,991,778	2,999,578	2,984,134
Demanda Anual Cereales (escenario Optimista)	t/año	564,764	642,175	698,933	757,505	793,489	813,087	837,252
Capacidad de descarga nominal	t/h	500	1,040	1,040	1,560	1,560	1,560	1,560
Densidad promedio de la carga	t/m ³	0.625	0.625	0.625	0.625	0.625	0.625	0.625
Horas de operación (360 días de operación)	hr/año	8,640	8,640	8,640	8,640	8,640	8,640	8,640
Downtime 30%	hr/año	2,592	2,592	2,592	2,592	2,592	2,592	2,592
Capacidad de Descarga	mmt/año	2.1	3.8	3.8	5.0	5.0	5.0	5.0
Utilización del sitio	%	111%	61%	67%	72%	75%	75%	75%

Fuente: M&N

Tal como se muestra en la Tabla 2.118, una vez implementada la ampliación del terminal los niveles de utilización se reducen cayendo por debajo del 75% recomendado, el cual se alcanza en el año 2045 y se mantiene hasta el año 2056.

Las dos opciones propuestas no revierten grandes diferencias en cuanto a sus costos, sin embargo, cuentan con algunas diferencias operacionales:

- La Opción A permite corregir la orientación del muelle y enfrentar de mejor forma la acción del oleaje en el terminal, tal como lo indican los resultados del nuevo estudio de oleaje desarrollado, disminuyendo la magnitud de los movimientos esperados para las naves atracadas en el terminal.
- La Opción A dificulta el tránsito de las grúas en caso de requerir su desplazamiento entre muelles.
- La Opción B permite generar un frente de atraque continuo, permitiendo, a su vez, la operación de otras cargas y naves en casos eventuales.

En resumen, para la ampliación del terminal de graneles se requeriría, principalmente, la siguiente infraestructura y equipos adicionales:

- Construcción del nuevo muelle (Opciones A o B)
- Una grúa MHC adicional
- Dos tolvas adicionales

Los resultados del nuevo estudio de oleaje desarrollado para la zona de Puerto Caldera, concluyen que el oleaje entra a la dársena con una dirección predominantemente W-E, confirmando que el muelle actual de graneles tiene problemas de orientación, provocando movimientos indeseables de las naves cuando se encuentran amarradas y a la generación de downtime por oleaje, que puede ser reducido mejorando la orientación del nuevo muelle respecto de la dirección del oleaje predominante en la dársena.

Por lo tanto, a nivel de factibilidad, y para efectos de estimación de Capex, se ha optado por continuar con el análisis de la opción A, pues es la que presenta una mejor orientación para el atraque y operación de las naves.

La ampliación de los sitios de atraque del terminal de graneles no está estrictamente ligada a la implementación de los almacenes, ya que, para el escenario de ampliación de los sitios de atraque, se mantiene la recomendación de construcción de los almacenes ante escenarios de baja disponibilidad de camiones en el sitio que, para este caso, se deberían ubicar entre ambos muelles.

2.8.4.1.5. Acceso a la Terminal de Graneles Sólidos

Con el fin de segregar los tráficos de granel del resto de cargas, aliviando la congestión y aislando el impacto de posibles incidentes a la operación del resto del Puerto, se plantea un acceso independiente a la terminal de graneles. Para esta, el número de líneas de acceso, estaciones de carga, y líneas de salida (*gate lanes*) requeridas para satisfacer la proyección de demanda de graneles se ha dimensionado con base en los factores mostrados a continuación.

- Porcentaje de la demanda transportada con tráfico rodado: 100%, cargando una media de 26 toneladas de granel por camión, Días de operación por año: 363 días (24 horas al día)
- Factores pico:
 - Semanal: 1.15
 - Diario: 1.10
 - Hora: 1.50
- Tiempo de acceso y carga por camión: 540 segundos (9 minutos) considerando los trámites de acceso, identificación, y carga del camión en las estaciones de carga planeadas a través de correas,
- Tiempo de acceso de salida por camión: 150 segundos desde la entrada en servicio de la estación de carga de graneles,
- Utilización máxima del carril para evitar largas colas: 80%

Estos valores se refinarán para las características individuales de Puerto Caldera, a medida que éstas sean definidas.

De los criterios propuestos se estima la necesidad de cuatro líneas de acceso y dos de salida a lo largo del periodo de concesión. Si bien es cierto que el requerimiento mínimo en los primeros años de concesión es de una línea de salida, se propone dotar de dos líneas a lo largo de todo el periodo de concesión dada la necesidad de proveer de redundancia que permita mantener el funcionamiento del terminal en caso de necesitarse el cierre temporal de una de las líneas, junto al limitado coste marginal de implementarla.

Tabla 2.119 Dimensionamiento del número de líneas de acceso, carga, y salida para graneles sólidos

Parámetro	Unidades	2029	2030	2035	2040	2045	2050	2056
Visitas de camiones por año	visitas/año	103,317	104,589	110,063	115,092	117,737	118,508	118,644
Días operativos por año	días/año	363	363	363	363	363	363	363
Horas operativas por día	horas/día	24	24	24	24	24	24	24
% de demanda procesado a través del gate	%	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Tiempo medio de procesamiento - Acceso y carga	segundos	540	540	540	540	540	540	540
Tiempo medio de procesamiento – Salida	segundos	150	150	150	150	150	150	150
Utilización máxima de las líneas para evitar colas	%	80 %	80 %	80 %	80 %	80 %	80 %	80 %
Visitas diarias - media	visitas/día	285	288	303	317	324	326	327
Visitas por hora – media	visitas/hora	12	12	13	13	14	14	14
Visitas por hora - pico	visitas/hora	23	23	24	25	26	26	26

Productividad media de línea de acceso	visitas/hora	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7
Productividad media de línea de salida	visitas/hora	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
Productividad máxima recomendada para evitar colas a la entrada (utilización: 80%)	visitas/hora	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3
Productividad máxima recomendada para evitar colas a la salida (utilización: 80%)	visitas/hora	19.2	19.2	19.2	19.2	19.2	19.2	19.2
Mínimo número de líneas de entrada requeridas	líneas	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
Mínimo número de líneas de salida requeridas	líneas	1.0	1.0	1.0	2.0	2.0	2.0	2.0

Fuente: M&N

2.8.4.1.6. Proceso de Escaneo

Se prevé que la inspección de la carga a Granel en Puerto Caldera requiera del escaneo de toda la carga, en línea con el requerimiento actualmente en práctica en instalaciones similares en Costa Rica y la región. Dado que actualmente no existen referencias comparativas suficientes (benchmarks) para el escaneo de graneles, será necesaria una revisión de los flujos operativos relacionados por parte del concesionario para garantizar la eficacia del proceso.

Los procesos requeridos relacionados al escaneo de carga se han mapeado en coordinación con INCOP y el Ministerio de Seguridad. con los que se han llevado a cabo reuniones en las que se han definido los siguientes procesos:

Requerimientos Generales

- Toda la carga a granel manejada en Puerto Caldera ha de ser escaneada,
- Deberá proveerse de una zona de inspección física a la que puedan desplazarse aquellas unidades identificadas como sospechosas en el escaneo,
 - Esta zona de inspección física deberá ser accesible desde la zona pública (acceso) y desde la zona estanca de la terminal,
- Deberá darse la posibilidad a los escaneos erróneos de volver a pasar por el escaneo (zona para la maniobra de *bypass*).

Acceso de Carga a Granel (Exportaciones)

El flujo principal de la Carga a Granel es de importación, considerándose la demanda de exportación como prácticamente nula para el periodo de estudio, pudiendo satisfacerse en las instalaciones dispuestas.

Descarga de Granel (Importaciones)

En línea con los puntos generales, se requiere que toda la carga a granel que llegue a la terminal sea escaneada antes de ser almacenada o transportada en camión. Así, el flujo de escaneo para las importaciones se asemejará al de la carga general, con un tiempo de procesamiento estimado de 60 segundos por unidad, un 0.5% de las unidades pasando a la zona de inspección y otro 0.5% necesitando un reescaneo. Se estima que serán necesarias dos líneas de escaneo para cumplir con estos requisitos.