

**ESTIMACIÓN DETERMINISTA
DE CAPACIDAD DE TRANSFERENCIA
DE CARGA EN EL MUELLE PORTUARIO**
Empresa Portuaria Iquique



ESTIMACIÓN DETERMINISTA DE CAPACIDAD DE TRANSFERENCIA DE CARGA EN EL MUELLE PORTUARIO

1. INTRODUCCIÓN

El presente informe desarrolla el “Anexo Metodológico: Estimación Determinista de Capacidad de Transferencia de Carga en Muelle Portuario”, de fecha 23.12.2019 y actualizada el 15.06.2024, correspondiente al Programa de Desarrollo Logístico de la Subsecretaría de Transportes del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones de Chile, disponible en la página web del observatorio logístico (<https://www.observatoriologistico.cl/metodologias/capacidad-de-transferencia-de-carga-en-frente-de-atraque-portuario>).

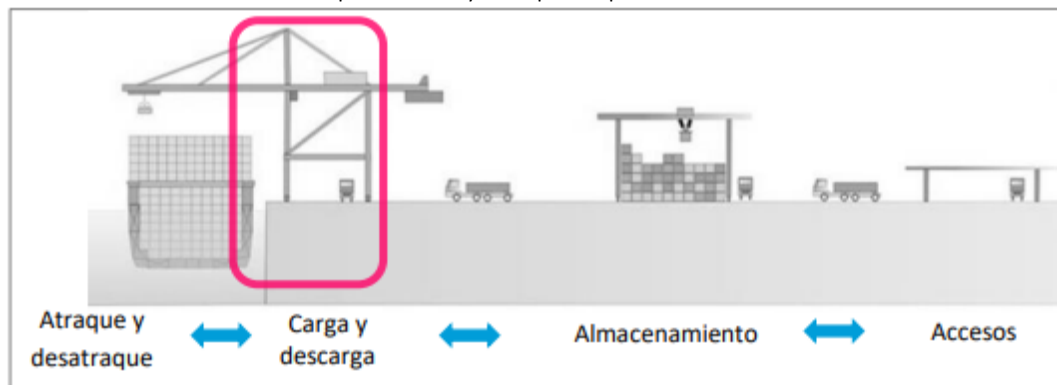
Para el desarrollo de esta metodología, cuyo objeto es determinar la capacidad de transferencia de carga en muelle del puerto de Iquique, se utilizó su base de datos del año 2023, contenida en el Sistema de Información y Estadística Logística Portuaria – SIELP, principalmente, debido a su vasta cantidad de datos y por representar de mejor manera su condición.

2. BREVE DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA

Esta metodología comprende el cálculo determinista de la capacidad de transferencia en muelle portuario, entendiendo al sistema portuario como un conjunto secuencial de subsistemas independientes, cuya sinergia determina su comportamiento. Sin embargo, esta metodología asume que la capacidad global del puerto corresponde a la de su subsistema con menor capacidad, generalmente correspondiendo al subsistema de transferencia de cargas en muelle porque suele actuar como el “punto crítico” que condiciona el resto del flujo de carga, principalmente por estar condicionada a su infraestructura, instalaciones, equipos, dotación y condiciones naturales características del entorno donde opera el puerto.

Figura 1

Sistema portuario y sus principales subsistemas.



Fuente: Anexo Metodológico: Estimación Determinista de Capacidad de Transferencia de Carga en Muelle Portuario.



El enfoque de la metodología es determinista porque se basa en valores puntuales, fijos y conocidos, sin incorporar incertidumbre o variabilidad estadística, asumiendo que las demás condiciones son constantes o ideales durante todo el periodo analizado, del mismo modo que no considera fluctuaciones como las producidas por los cambios climáticos, los retrasos operacionales, las averías, la congestión u otras fuentes.

Entonces, esta metodología se enfoca únicamente en el subsistema de transferencia de carga en muelle y cualquier alusión a la “capacidad” debe entenderse como referida únicamente a este subsistema, a menos que expresamente se indique lo contrario.

La capacidad de transferencia en muelle portuario se define como el máximo tráfico de carga que un puerto puede transferir en un año. Este máximo puede estar dado por restricciones físicas y/o condiciones económicas, en que el costo marginal de adicionar una unidad de carga transferida implica altos niveles de inversión, dado el nivel de servicio en consideración; sin embargo, esta metodología no considera el calado de los sitios de atraque y se ciñe estrictamente a lo indicado en el documento de referencia.

A continuación, se comparten los términos definidos en la metodología.

Cuadro 1

Glosario de la metodología.

Línea de Atraque Continua (LAC)	Conjunto de sitios de atraque contiguos y en línea recta, que son operadas por un mismo administrador (e.g., un concesionario). Se define para cada tipo de carga y pueden superponerse total o parcialmente.
Tipos de carga	<p>Los tipos de carga considerados en esta metodología se refieren a:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Contenedor • Granel líquido • Granel sólido • Vehículo • Fraccionada <p>Las unidades de medida para todos los tipos de carga deben ser toneladas.</p> <p>En el caso del tipo contenedor, se mide además en “Box” y “TEU”. En el caso de vehículos, se mide además en “Vehículos”.</p>
Tipo de nave	<p>Se define por el tipo de carga que transporta. Para ello se debe calcular la proporción de toneladas de un tipo de carga en el total de toneladas transferidas. Si proporcionalmente un tipo de carga es superior o igual al 90% del total, la nave se clasifica como de ese tipo de carga y se considera que el 100% de lo transferido fue de ese tipo de carga. En caso contrario, se clasifica como mixta.</p> <p>Este último tipo de nave (mixta) es considerada en el cálculo, sólo si constituye más del 10% del total del puerto en tiempo de ocupación bruta, toneladas transferidas o número de naves atracadas, constituyendo un nuevo tipo de carga.</p>



Subíndices	<p>Se utilizarán los siguientes subíndices para referirse a:</p> <p>i: nave atendida en una Línea de Atraque Continua.</p> <p>c: tipo de carga</p> <p>k: tipo de nave</p> <p>a: administrador de la <u>LAC</u>.</p> <p>t: corte temporal, consistente con los plazos asociados a la planificación estratégica del puerto.</p> <p>l: Línea de Atraque Continua.</p>
Sitios Equivalentes l,c,a	Representan estadísticamente la cantidad de naves efectivas que pueden ser atendidas simultáneamente en una Línea de Atraque Continua "l", considerando la distribución de las esloras de las naves que transfieren el tipo de carga "c" y que son administrados por "a". Se deben considerar 2 decimales.
Sitios Equivalentes Relevantes c,a	Sumatoria de Sitios Equivalentes de todas las Líneas de Atraque Continuas que pueden transferir el tipo de carga "c", y que son operados por el administrador "a".
Capacidad Dedicada l,c,a	Es aquella capacidad de una Línea de Atraque Continua "l" de un tipo de carga "c", que supone que la LAC transfiere sólo carga tipo "c", dedicando todo su tiempo disponible a ésta, como si se tratase de una línea especializada, administrada por "a".
Capacidad Ajustada l,c,a	Es la capacidad de una Línea de Atraque Continua "l", administrada por "a", en la que se levanta el supuesto de especialización. Se calcula corrigiendo la Capacidad Dedicada mediante un Factor de Participación en la LAC -en tiempo bruto de ocupación- del tipo de carga "c" respectiva.
C_a	Capacidad de transferencia en muelle del administrador "a".
Capacidad Base	Capacidad total del subsistema de transferencia en muelle del puerto para el escenario base.
Factor de optimización de la velocidad de transferencia ($\beta_{l,c,a}$)	Número mayor a 1 que refleja las mejoras tecnológicas que tengan un impacto positivo en la velocidad de transferencia. Se determina dividiendo la velocidad de transferencia nominal promedio de los equipos del escenario optimizado por la velocidad de transferencia nominal promedio de los equipos del escenario base (según lo indicado por el fabricante). Dicho factor es específico para una Línea de Atraque Continua "l", un tipo de carga "c" y un administrador "a".
Capacidad Optimizada	Capacidad total del subsistema de transferencia en muelle del puerto para el escenario optimizado.
Capacidad Proyectada	Capacidad total del subsistema de transferencia en muelle del puerto para el escenario proyectado.



Carga Transferida	Considera el tonelaje objeto de embarque y desembarque por razones de estiba o desestiba de la nave, incluyendo falsos embarques y desembarques. Excluye el suministro de agua, combustible y rancho a las naves para el consumo de las mismas. Para el tipo de carga contenedor se debe incluir además la tara.
Periodo de Referencia	Año calendario inmediatamente anterior.
Factor de Participación $I_{c,a}$	Parámetro que ajusta la Capacidad Dedicada, lo que corrige la estimación en los casos de LAC que transfieren más de un tipo de carga, dado que el tiempo es compartido. Se define para una LAC "l", un tipo de carga "c" y un administrador "a".
Tiempo Bruto de Ocupación	Período en el cual cualquier nave o artefacto naval permanece en el frente de atraque del terminal, el cual comienza en el momento en que tal nave amarra su primera espía al atracar y termina cuando suelta su última espía al momento del desatraque.
Nivel de Servicio	Se refiere a una medida de la calidad del servicio ofrecido a las naves, que consiste en dividir el tiempo de espera por el tiempo de servicio de las mismas. Es decir, cuánto tiempo tuvo que esperar la nave para ser atendida en el puerto versus el tiempo de atención efectivo (t_e/t_s).
Tasa de Ocupación c_a (T.O.)	Es una medida de la utilización de los frentes de atraque, e indica la proporción del tiempo disponible en que los sitios de atraque están ocupados. Se define para el conjunto de LAC que transfieren un tipo de carga "c" y que son administradas por "a".

Fuente: Anexo Metodológico: Estimación Determinista de Capacidad de Transferencia de Carga en Muelle Portuario.

Adicionalmente, la metodología distingue los siguientes escenarios:

- Escenario base: aquel cuyas condiciones de operación son iguales a las que rigen al momento de calcular la capacidad de transferencia de muelle, considerando los equipamientos, sistemas de gestión e infraestructura existentes.
- Escenario optimizado: considera una optimización del escenario base, en el cual se asumen inversiones ilimitadas para equipar¹ la infraestructura de los sitios de atraque existentes y, por lo tanto, considera mejoras en la productividad.
- Escenario proyectado: hace referencia a escenarios en cortes temporales futuros consistentes con los planes de infraestructura más recientes. Considera mejoras en la productividad por potenciales inversiones en equipamiento, manteniendo la infraestructura existente y, además, se proyectan variables exógenas que influyen en

¹ Equipamiento de acuerdo con estándares internacionales de la industria, consistentes con las mejores prácticas, procedimientos y metodologías empleados en la industria portuaria a través del mundo bajo condiciones y circunstancias similares a las existentes en el frente de atraque.



la estimación, como las esloras de las naves y las proporciones de tipos de carga por cada línea de atraque continua, para poder contrastar con la demanda proyectada.

2.1. Definiciones y Criterios Técnicos Previos

2.1.1. Línea de atraque continua (LAC)

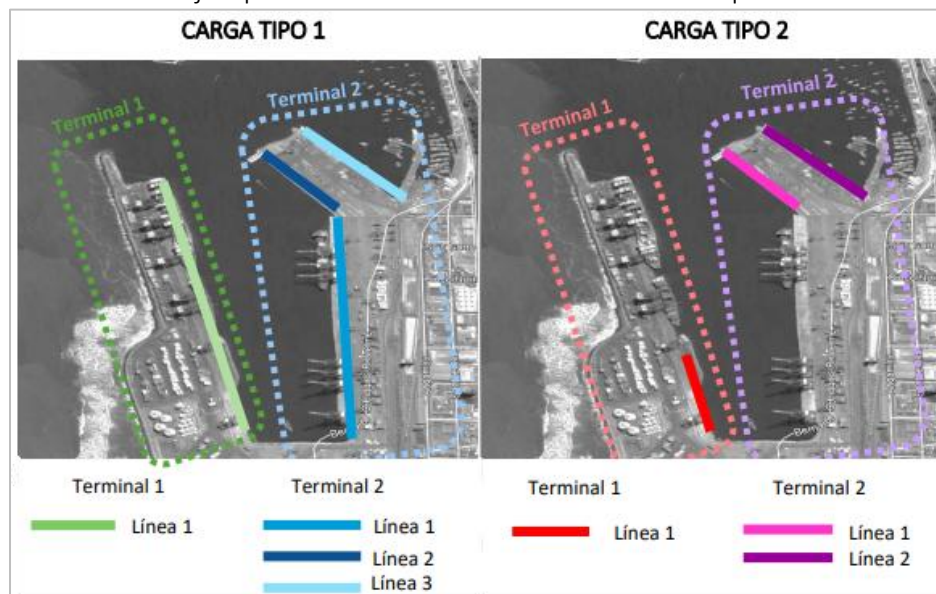
Una LAC es un conjunto de sitios de atraque contiguos y alineados, operados por un mismo administrador (por ejemplo, un concesionario). Además, se definen para cada tipo de carga, pudiendo existir superposición entre ellas cuando atienden más de un tipo de carga.

La capacidad de transferencia en muelle portuario, para cada tipo de carga “c”, se determina sumando las capacidades de las distintas Líneas de Atraque Continuas (LAC) que conforman el puerto. El cálculo se realiza inicialmente a nivel desagregado, es decir, por cada línea de atraque, para luego agregarse según el tipo de carga a nivel portuario. Este enfoque permite identificar de manera específica las necesidades de infraestructura asociadas a cada tipo de carga.

Para cada tipo de carga, es necesario identificar las distintas LAC que prestan servicios a las naves correspondientes, en los diversos terminales del puerto. De este modo, una misma LAC puede estar asociada de forma parcial o total a varios tipos de carga. La Figura 2 ilustra un ejemplo de este escenario, en el que los terminales 1 y 2 presentan múltiples LAC con capacidad para atender el tipo de carga 1, cada una compuesta por un número variable de sitios de atraque.

Figura 2

Ejemplo de identificación de líneas de atraque.



Fuente: Anexo Metodológico: Estimación Determinista de Capacidad de Transferencia de Carga en Muelle Portuario.



2.1.2. Tipo de nave

Según la metodología, para la estimación de capacidad de transferencia en muelle se deben considerar los distintos mix de carga que transfieren las naves, ya que son determinantes en la velocidad de transferencia. Esta metodología solo considera las velocidades de transferencia de las naves especializadas en un tipo de carga.

Una nave se considera especializada en un tipo de carga, cuando la proporción de tonelaje transferido de ese tipo de carga sea superior o igual a un 90% del total transferido por la nave. Sin embargo, el cálculo de la velocidad de transferencia se realiza considerando la totalidad de la carga transferida, es decir, el 100% de las cargas, aun cuando exista un porcentaje (inferior a 10%) de carga de un tipo distinto al de especialización.

En los casos en que una nave no haya transferido una proporción de carga superior al 90% para algún tipo de carga, se identifica como una nave de tipo mixta. Este tipo de nave no es considerada en el cálculo de la capacidad, a menos que:

- la sumatoria de los tiempos brutos de ocupación de dichas naves, constituya más del 10% del total del tiempo bruto de ocupación de todas las naves atendidas en el puerto,
- la sumatoria de las toneladas transferidas por dichas naves constituya más del 10% del total de toneladas transferidas en el puerto, y/o
- el número de naves mixtas atracadas supere el 10% del total de naves atracadas en el puerto.

2.1.3. Base de datos

Con el objetivo de estandarizar los cálculos de capacidad de transferencia en muelle para los distintos puertos del país, el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones ha unificado los criterios de administración de las bases de datos a través del Sistema de Información y Estadística Logístico Portuaria (SIELP). La información necesaria para estos cálculos puede obtenerse desde las hojas denominadas “Transferencia-Operación” y “Transferencia-Destinación” contenidas en dicho sistema.

Cuadro 2

Identificación de los datos requeridos para desarrollar la metodología.

DATO	DEFINICIÓN	CAMPOS / CÁLCULO	HOJA
Nombre terminal	Nombre del terminal de atraque	TERMINAL	Transferencia-operación
Número del sitio de atraque	Número de sitio de atraque	SITIO	Transferencia-operación
Eslora nave	Eslora de la nave atracada	ESLORA	Transferencia-destinación



Tiempo bruto de ocupación	Diferencia de tiempo entre: Fecha y hora de desamarre de la última espía y Fecha y hora de desamarre de la primera espía	FH_DESAMARRE_ÚLTIMA - FH_AMARRE_PRIMERA	Transferencia-operación]
Carga total transferida en Contenedores	Suma de la carga de tipo contenedor que fue embarcada, desembarcada, re-estibada, de falso embarque o desembarque, medida en toneladas.	T_EMB_CONT + T_DES_CONT + T_FALSOS_CONT + T_RE-ESTIBA_CONT	Transferencia-operación
Número total de boxes transferidos	Suma de carga de tipo contenedor que fue embarcada, desembarcada, re-estibada, y de falso embarque o desembarque, medida en contenedores (boxes), identificando su tamaño (20 o 40 pies), si está lleno o vacío, y si es Reefer o Dry.	B_EMB_20DRY_LL + B_DES_20DRY_LL + B_EMB_20REEF_LL + B_DES_20REEF_LL + B_EMB_20DRY_V + B_DES_20DRY_V + B_EMB_20REEF_V + B_DES_20REEF_V + B_EMB_40DRY_LL + B_DES_40DRY_LL + B_EMB_40REEF_LL + B_DES_40REEF_LL + B_EMB_40DRY_V + B_DES_40DRY_V + B_EMB_40REEF_V + B_DES_40REEF_V + B_FALSOS_20 + B_FALSOS_40 + B_RE-ESTIBA_20 + B_RE-ESTIBA_40	Transferencia-operación
TEUs totales transferidos	Suma de carga de tipo contenedor que fue embarcada, desembarcada, re-estibada, y de falso embarque o desembarque, medida en contenedores estandarizados (TEU), sin discriminar si están llenos o vacíos, son Reefer o Dry. Para su cálculo, la cantidad de contenedores de 40 pies deben duplicarse, ya que equivalen a 2 TEU.	B_EMB_20DRY_LL + B_DES_20DRY_LL + B_EMB_20REEF_LL + B_DES_20REEF_LL + B_EMB_20DRY_V + B_DES_20DRY_V + B_EMB_20REEF_V + B_DES_20REEF_V + B_FALSOS_20 + B_RE-ESTIBA_20 + 2*(B_EMB_40DRY_LL + B_DES_40DRY_LL + B_EMB_40REEF_LL + B_DES_40REEF_LL + B_EMB_40DRY_V + B_DES_40DRY_V + B_EMB_40REEF_V + B_DES_40REEF_V + B_FALSOS_40 + B_RE-ESTIBA_40)	Transferencia-operación
Carga total transferida en granel sólido	Suma de la carga de tipo granel sólido que fue embarcada, desembarcada, re-estibada, y de falso embarque o desembarque, medida en toneladas.	T_EMB_GRANELSOL + T_DES_GRANELSOL	Transferencia-operación
Carga total transferida en granel líquido	Suma de la carga de tipo granel líquido que fue embarcada, desembarcada, re-estibada, y de falso embarque o desembarque, medida en toneladas.	T_EMB_GRANELLIQ + T_DES_GRANELLIQ	Transferencia-operación
Carga total transferida en Vehículos	Suma de la carga de tipo vehículo que fue embarcada, desembarcada, re-estibada, y de falso embarque o desembarque, medida en toneladas.	N.A. ⁴	N.A.
Número de vehículos transferidos	Suma de carga de tipo vehículo que fue embarcada y desembarcada, medida en vehículos.	VEH_EMB + VEH_DES	Transferencia-operación
Carga total transferida	Suma total de carga que fue embarcada y desembarcada, medida en toneladas, incluyendo contenedores, fraccionada, graneles y vehículos.	T_EMB_CONT + T_DES_CONT + T_EMB_FRACC + T_DES_FRACC + T_EMB_GRANELSOL + T_DES_GRANELSOL + T_EMB_GRANELLIQ + T_DES_GRANELLIQ + CARGA TOTAL DE VEHÍCULOS TRANSFERIDA.	Transferencia-operación



Nave del tipo de carga "c"	Clasificación del tipo de nave según las proporciones de tipos de carga que ha transferido. A partir de la proporción de toneladas de un tipo de carga "c" en el total de toneladas transferidas, si un tipo de carga es superior o igual al 90% del total, la nave se clasifica como de ese tipo de carga. En caso contrario, se clasifica como mixta (ver detalle en Tipo de Nave).	[Carga total transferida en "c"] / [Carga total transferida] para cada uno de los tipos de carga: contenedor, fraccionada, granel, y vehículo.	--
Velocidad de transferencia de nave	Velocidad o rendimiento de transferencia para la carga del tipo correspondiente al tipo de nave. Es decir, para una nave tipo contenedor, se considera sólo la velocidad de transferencia de este tipo de carga.	[Carga "c" total transferida]/[Tiempo bruto de ocupación]. [TEUs totales transferidos]/[Tiempo bruto de ocupación]. [Número de vehículos transferidos]/[Tiempo bruto de ocupación].	--

Fuente: Anexo Metodológico: Estimación Determinista de Capacidad de Transferencia de Carga en Muelle Portuario.

La base de datos descrita debe cumplir con lo siguiente:

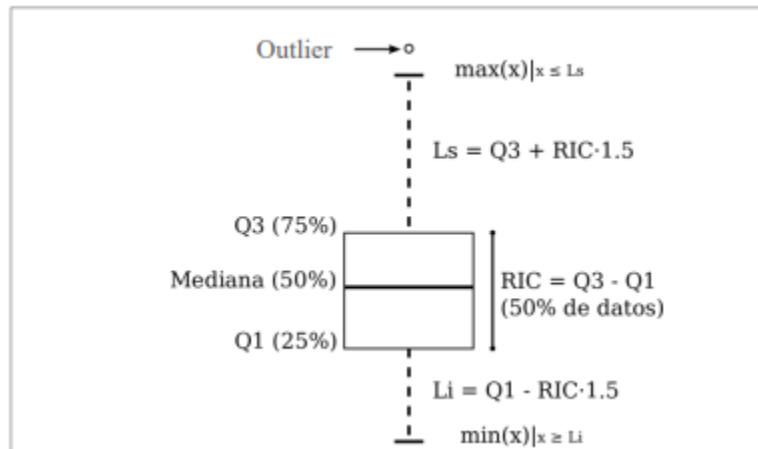
- La fecha y hora de desamarre de la última espía debe ser posterior a la de amarre de la primera espía. Además, la fecha y hora de desamarre de la última espía debe estar dentro el Periodo de Referencia.
- Se deben filtrar los registros de nave que no indiquen carga transferida, omitiéndolo de los cálculos.
- Si se reportan toneladas transferidas en un tipo de carga, su valor debe ser consistente con el tonelaje total reportado, y viceversa.
- Si se reportan contenedores transferidos, el tonelaje del tipo de carga contenedor debe ser consistente, y viceversa.
- Si se reportan vehículos transferidos, el tonelaje del tipo de carga vehículos debe ser consistente y viceversa.
- Se deben filtrar los registros de las naves que muestren un comportamiento outlier dentro de cada terminal buscando entre las velocidades de transferencia, esloras, tiempos brutos de ocupación y toneladas transferidas totales. Aquellos registros que sean menores o mayores a 1,5 veces el rango intercuartil (RIC)², son candidatos para ser filtrados (no considerarlos en los cálculos). Se debe investigar la posible causa del comportamiento anómalo, determinando si el valor está justificado y, por lo tanto, corresponde incluirlo en los cálculos o, por el contrario, no está justificado y debe

² El RIC corresponde a la diferencia entre el 3er y 1er cuartil (percentil 75 y percentil 25 respectivamente). Se sugiere utilizar la fórmula de Excel para determinar percentiles.



omitirse, dejándolo claramente señalado en la base de datos y memoria de cálculo. Es necesario advertir que, como regla general, la cantidad de registros filtrados no debería sobrepasar un 5% del total de registros para cada variable, en caso contrario se podría estar alterando el comportamiento de general de los datos y por ende introduciendo distorsiones a los resultados.

Figura 3
Explicación gráfica de las características de un boxplot.



Fuente: Anexo Metodológico: Estimación Determinista de Capacidad de Transferencia de Carga en Muelle Portuario.

3. DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA

3.1. Validación de la Base de Datos

La base de datos primitiva consta de cuatro planillas MS Excel denominadas como se indica y describen a continuación:

- “transferencia-destinacion-norte EPI 01-03 2023 v1” y “transferencia-operacion-norte EPI 01-03 2023 v2”: Ambos archivos contienen 94 registros de naves atendidas en los sitios N°1 y N°2, correspondientes al único frente de atraque del Terminal Molo (multioperado). Aunque los datos registrados difieren en su composición, ambos archivos mantienen el mismo orden de naves registradas en sus filas, desde la N°2 hasta la N°95.
- “transferencia-destinacion-norte ITI 01-03 2023 v0” y “transferencia-operacion-norte ITI 01-03 2023 v1”: Ambos archivos contienen 255 registros de naves atendidas en los sitios N°3 y N°4. El primero corresponde al frente de atraque N°2 y el segundo al frente de atraque N°3, ambos del Terminal Espigón (concesionado a Iquique Terminal Internacional). Aunque los datos registrados difieren en su composición, ambos archivos mantienen el mismo orden de naves registradas en sus filas, desde la N°2 hasta la N°256.



Figura 4
Ubicación de Sitios de Atrake.



Fuente: Elaboración propia.

Habiendo efectuado el análisis a la base de datos, ha sido posible identificar tres líneas de atraque continuas (LAC) que, debido a las características infraestructurales y operacionales del puerto de Iquique, se definen y describen como se indica a continuación:

- i. LAC N°1: Esta línea se compone de los sitios de atraque N°1 y N°2, contiguos y alineados, ambos con un esquema multioperador y administrados por Empresa Portuaria Iquique. En un análisis desagregado del año 2023, es posible afirmar lo siguiente:
 - a. Se atendieron 52 naves especializadas en transporte de vehículos, 5 naves especializadas en transporte de carga fraccionada y 3 naves especializadas en transporte de carga a granel sólido.
 - b. Se atendieron 21 naves mixtas.
 - c. Se atendieron 13 naves de pasajeros.
- ii. LAC N°2: Esta línea cuenta con el sitio de atraque N°3 administrado y operado por Iquique Terminal Internacional. En un análisis desagregado del año 2023, es posible afirmar lo siguiente:
 - a. Se atendieron 44 naves especializadas en transporte de carga fraccionada y 32 naves especializadas en transporte de contenedores.
 - b. Se atendieron 2 naves mixtas.
 - c. Se atendió una nave que no realizó transferencias de carga.
- iii. LAC N°3: Esta línea cuenta con el sitio de atraque N°4 administrado y operado por Iquique Terminal Internacional. En un análisis desagregado del año 2023, es posible afirmar que:
 - a. Se atendieron 175 naves especializadas en transporte de contenedores y sólo 1 especializada en transporte de carga fraccionada.
 - b. No se atendieron naves mixtas.



A continuación, se comparte cuadro resumen de las naves atendidas, desestimando las naves de pasajeros y aquellas que no realizaron transferencias de carga.

Cuadro 3

Cuadro comparativo de la cantidad de naves atendidas por LAC, según especialidad.

	CONTENEDOR	FRACCIONADA	VEHÍCULO	GRANEL SÓLIDO	MIXTA
LAC N°1	---	5	52	3	21
LAC N°2	32	44	---	---	2
LAC N°3	175	1	---	---	---
TOTAL	207	50	52	3	23

Fuente: Elaboración propia.

La metodología solo considera las velocidades de transferencia de las naves especializadas en un tipo de carga, según los criterios indicados en el subtítulo 2.1.2., motivo por el cual fue analizada la idoneidad de las naves mixtas, con el objeto de verificar si su comportamiento justifica su consideración en el resto del proceso, obteniéndose las conclusiones que se indican a continuación.

- i. Considerando el tiempo entre el amarre de la primera espía y el desamarre de la última, las naves mixtas suman 257,87 horas de atraque, correspondientes al 2,3% de las 11.239,72 horas de atraque totales del puerto de Iquique el año 2023.
- ii. El tonelaje total transferido por las naves mixtas el año 2023 fue de 34.260,8 toneladas métricas, equivalentes al 1,2% de la carga total transferida del registro de ese año en la base de datos.
- iii. Hay 23 naves mixtas que corresponden al 6,6% de las 349 naves atendidas el 2023.
- iv. De acuerdo con estas tres afirmaciones, las naves mixtas no deben ser consideradas en el cálculo de la capacidad portuaria por no tener una cuota de participación de, al menos, 10% del total en cualquiera de los tres casos.

Cabe aclarar que la metodología se aplica sobre la base de datos contenida en el SIELP, base de datos que contiene las transferencias de carga realizadas en las terminales de EPI. Sin embargo, entre sus tres LAC, dicha base de datos contabiliza una carga total transferida de 2.782.221 toneladas métricas en 2023, diferente a las 3.002.881 toneladas métricas anuales reportadas en su respectiva Memoria Anual. Las 220.660 toneladas métricas de diferencia correspondientes a:

- 184.118 toneladas métricas corresponden a tapas, pontones y piñeros.
- 35.368 toneladas métricas corresponden a falsas nombradas de ITI.
- 1.174 toneladas métricas corresponden a falsas nombradas de EPI.

A continuación, se reporta el cumplimiento de las condiciones previas al cálculo de la velocidad de transferencia de carga, requeridas por la metodología.



- En cada caso, la fecha y hora de desamarre de la última espía es posterior al amarre de la primera espía. Además, la fecha y hora de desamarre de la última espía están dentro del período analizado.
- Las toneladas métricas reportadas para cada tipo de carga y para cada nave es consistente con los registros oficiales.

A continuación, se individualizan las naves que serán descartadas, previo a la búsqueda de outliers:

Cuadro 4

Naves mixtas, de pasajeros y otras que no realizaron transferencia de carga descartadas.

id_puerto	id	terminal	imo	n_nave	sitio	actividad
7	3	EPI	9183855	EUROPA	1	Pasajeros
11	5	EPI	9483126	SEABOURN QUEST	1	Pasajeros
18	9	EPI	8506294	BALMORAL	1	Pasajeros
21	12	EPI	9156462	INSIGNIA	1	Pasajeros
32	19	EPI	9138329	HAMBURG	1	Pasajeros
64	32	EPI	9813072	ROALD AMUNDSEN	1	Pasajeros
139	75	EPI	9813072	ROALD AMUNDSEN	1	Pasajeros
154	87	EPI	9850460	SCENIC ECLIPSE II	1	Pasajeros
161	92	EPI	9742998	CHANG AN CHENG	1	Mixta
17	8	EPI	9277826	AMBER ARROW	2	Pasajeros
19	10	EPI	9277826	AMBER ARROW	2	Mixta
20	11	EPI	9757981	SIRIUS HIGHWAY	2	Mixta
27	15	EPI	9316141	ARC RESOLVE	2	Mixta
39	21	EPI	9188817	VIKING DRIVE	2	Mixta
47	23	EPI	9402744	NEPTUNE LEADER	2	Mixta
50	25	EPI	9673018	VIKING ADVENTURE	2	Mixta
52	26	EPI	9502506	LE BOREAL	2	Pasajeros
55	28	EPI	9863194	VIKING OCTANTIS	2	No transfiere
56	29	EPI	9514999	VIKING OCEAN	2	Mixta
69	34	EPI	9325233	GRAND SAPPHIRE	2	Mixta
76	35	EPI	9477921	DEMETER LEADER	2	Mixta
84	39	EPI	9441570	HEROIC LEADER	2	Mixta
97	46	EPI	9158276	AQUARIUS LEADER	2	Mixta
108	53	EPI	9391567	GENTLE LEADER	2	Mixta
115	58	EPI	9357315	GOLIATH LEADER	2	Mixta
117	60	EPI	9384942	ZENITH LEADER	2	Mixta
122	64	EPI	9477919	MORNING CAMILLA	2	Mixta
129	70	EPI	9388716	GUARDIAN LEADER	2	Mixta
138	74	EPI	9863194	VIKING OCTANTIS	2	Pasajeros
140	76	EPI	9742974	PING AN CHENG	2	Mixta



id_puerto	id	terminal	imo	n_nave	sitio	actividad
141	77	EPI	9138525	DON QUIJOTE	2	Mixta
143	79	EPI	9370018	FRAM	2	Pasajeros
144	80	EPI	9813084	FRIDTJOF NANSEN	2	Pasajeros
149	84	EPI	9176577	ELEKTRA	2	Mixta
162	93	EPI	9531715	BESS	2	Mixta
2023-13	11	ITI	9593684	BBC FINLAND	3	No transfiere
2023-187	172	ITI	9810331	INDUSTRIAL CONFIDENCE	3	Mixta
2023-274	252	ITI	9574365	CENA FAITH	3	Mixta

Fuente: Elaboración propia.

Ya descartadas las naves que no cumplen con los criterios técnicos previos de selección de datos, se procede con la filtración de registros de naves que muestren un comportamiento outlier dentro de cada terminal, buscando entre las velocidades de transferencia, esloras, tiempos brutos de ocupación y toneladas transferidas totales. Para dar cumplimiento a esta tarea, es prerequisite calcular la velocidad de transferencia ($V_{l,c,a}$), cuya formulación matemática relaciona las variables a subíndices, los que se explican a continuación:

- $V_{l,c,a}$: Corresponde a la velocidad de transferencia de carga en una LAC “l”, de un tipo de carga “c”, transferida en una terminal de un administrador “a”.
- Como se indicó en la página 11 de este informe, hay tres líneas de atraque que serán indicadas con los subíndices 1, 2 o 3, inmediatamente después de la letra “V”.
- El subíndice “c” indica el tipo de carga y esta será referida de la siguiente manera:
 - c: contenedor.
 - f: fraccionada.
 - g: granel sólido.
 - v: vehículo.
- El subíndice “a” indica el administrador del terminal donde se transfiere la carga, distinguiéndose y asignándose los siguientes subíndices:
 - Terminal N°1: “E” de Empresa Portuaria Iquique.
 - Terminal N°2: “I” de Iquique Terminal Internacional.

Para determinar la velocidad de transferencia de cada nave, se procede con su cálculo utilizando la siguiente fórmula:

$$V_{l,c,a} = \frac{\text{Carga transferida}}{\text{Tiempo de operación bruto}}$$

Una vez obtenidas las velocidades de transferencia de carga de cada nave, se procede con la búsqueda e identificación de variables con comportamiento outlier, procedimiento



propuesto por la metodología en el subtítulo 2.1.3. y que se aplica sobre las siguientes variables: tiempo de la nave atracada, eslora, toneladas totales transferidas y velocidad de transferencia de carga.

3.1.1. Análisis a las variables de la Línea Continua de Atraque N°1

A continuación, se presentan los cuadros con los rangos de aceptación basado en el criterio intercuartílico y, seguidamente, las variables analizadas de la LAC N°1, según el tipo de carga de especialidad (transferencias de vehículos, carga fraccionada y granel sólido) y correspondientes a la administración de Empresa Portuaria Iquique.

Cuadro 5

Cálculo del rango de aceptación basado en el criterio intercuartílico de la distribución de datos de los procesos de transferencia de vehículos por la LAC N°1.

	T°_nave_atracada	Eslora	Tons.total_transf.	v_transf.veh.
CUARTIL 1	6,23	200,00	562,75	84,29
CUARTIL 2	8,38	200,00	1144,00	115,79
CUARTIL 3	13,58	200,00	2271,25	144,66
CUARTIL 4	34,40	233,00	4418,00	366,79
IQR	7,36	0,00	1708,50	60,38
LÍMITE INF.	-4,81	200,00	-2000,00	-6,28
LÍMITE SUP.	24,62	200,00	4834,00	235,23

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 6

Análisis a las naves atendidas en la LAC N°1 para transferencias de vehículos, buscando variables con comportamiento outlier.

id_puerto	id	imo	T°_nave_atracada	Eslora	Tons. total_transf.	v_transf.veh.
2	1	9402706	13,42	200	1553,00	115,75
3	2	9367580	20,12	180	2912,00	144,76
9	4	9728851	5,78	200	526,00	90,95
12	6	9441570	20,47	200	4091,00	199,89
13	7	9441520	5,87	200	809,00	137,90
24	13	9311866	23,13	200	2617,00	113,13
26	14	9498597	5,90	200	793,00	134,41
28	16	9674177	8,07	200	798,00	98,93
30	17	9426374	7,27	200	1051,00	144,63
31	18	9519145	12,00	200	1624,00	135,33
37	20	9284764	9,97	200	2509,00	251,74
43	22	9336086	20,47	200	2693,00	131,58



id_puerto	id	imo	T°_nave_atracada	Eslora	Tons._total_transf.	v_transf._veh.
49	24	9303194	5,62	200	308,00	54,84
53	27	9494905	6,15	200	470,00	76,42
58	30	9357315	10,47	200	2879,00	275,06
60	31	9384942	8,42	200	575,00	68,32
68	33	9158604	7,03	200	838,00	119,15
77	36	9441568	8,37	200	1895,00	226,49
80	37	9203590	34,40	200	4418,00	128,43
83	38	9228306	8,77	200	1046,00	119,32
91	40	9188817	7,85	164	1715,00	218,47
94	43	9409340	8,98	200	1387,00	154,40
95	44	9460887	21,58	200	3007,00	139,32
96	45	9707027	6,45	200	597,00	92,56
98	47	9339806	4,28	200	200,00	46,69
99	48	9728851	6,97	200	671,00	96,32
104	51	9355240	15,33	200	2192,00	142,96
106	52	9285627	24,68	200	3207,00	129,93
109	54	9707003	5,52	200	293,00	53,11
110	55	9357298	8,95	200	2872,00	320,89
112	56	9673018	14,08	200	1565,00	111,12
114	57	9383429	29,08	233	3603,00	123,89
118	61	9398321	7,77	200	1612,00	207,55
120	62	9338890	7,87	191	822,00	104,49
121	63	9798387	6,75	230	282,00	41,78
123	65	9122930	9,85	200	1141,00	115,84
125	66	9303194	8,13	200	2789,00	342,91
126	67	9445394	6,25	233	375,00	60,00
127	68	9472206	15,78	233	1569,00	99,41
128	69	9442861	10,60	200	1901,00	179,34
131	72	9651101	4,83	200	265,00	54,83
134	73	9728851	3,92	200	46,00	11,74
142	78	9441611	10,37	200	1147,00	110,64
145	81	9284764	10,65	200	1614,00	151,55
147	82	9476721	5,90	200	356,00	60,34
148	83	9498602	8,40	200	3081,00	366,79
151	85	9357298	6,02	200	460,00	76,45
152	86	9336050	16,92	200	649,00	38,36
158	89	9277814	6,02	200	468,00	77,78
159	90	9279329	3,92	200	350,00	89,36
160	91	9712632	15,23	200	1317,00	86,46
165	94	9392353	7,32	187	838,00	114,53

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro 7**

Cálculo del rango de aceptación basado en el criterio intercuartílico de la distribución de datos de los procesos de transferencia de carga fraccionada por la LAC N°1.

	T°_nave_atracada	Eslora	Tons._total_transf.	v_transf._fracc.
CUARTIL 1	47,90	180,00	5500,00	87,56
CUARTIL 2	56,25	180,00	5828,00	98,34
CUARTIL 3	62,82	180,00	6129,00	108,96
CUARTIL 4	93,78	180,00	7248,00	121,67
IQR	14,92	0,00	629,00	21,40
LÍMITE INF.	25,53	180,00	4556,50	55,45
LÍMITE SUP.	85,19	180,00	7072,50	141,07

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 8

Análisis a las naves atendidas en la LAC N°1 para transferencias de carga fraccionada, buscando variables con comportamiento outlier.

id_puerto	id	imo	T°_nave_atracada	Eslora	Tons._total_transf.	v_transf._fracc.
100	49	9742974	93,78	180	7248,00	77,28
102	50	9742950	43,07	180	4235,00	98,34
116	59	9742962	62,82	180	5500,00	87,56
156	88	9525429	56,25	123	6129,00	108,96
161	92	9742998	47,90	180	5828,00	121,67

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 9

Cálculo del rango de aceptación basado en el criterio intercuartílico de la distribución de datos de los procesos de transferencia de carga granel sólido por la LAC N°1.

	T°_nave_atracada	Eslora	Tons._total_transf.	v_transf._granel
CUARTIL 1	40,35	130,00	4002,00	90,66
CUARTIL 2	45,77	137,00	4824,00	91,03
CUARTIL 3	69,27	137,00	6600,00	98,22
CUARTIL 4	92,77	137,00	8376,00	105,40
IQR	28,92	7,00	2598,00	7,56
LÍMITE INF.	-3,02	119,50	105,00	79,33
LÍMITE SUP.	112,64	147,50	10497,00	109,55

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro 10**

Análisis a las naves atendidas en la LAC N°1 para transferencias de carga granel sólido, buscando variables con comportamiento outlier.

id_puerto	id	imo	T°_nave_atracada	Eslora	Tons._total_transf.	v_transf._granel
92	41	9331505	34,93	137	3180,00	91,03
93	42	9331505	45,77	137	4824,00	105,40
130	71	9574377	92,77	123	8376,00	90,29

Fuente: Elaboración propia.

Se han destacado las celdas de las variables identificadas con comportamiento outlier, cuyo análisis y resultados se comparten a continuación:

- i. El análisis de los 52 registros de las transferencias de vehículos en la LAC N°1, contenidos en el cuadro 6, permite identificar una elevada cantidad de observaciones que podrían ser consideradas valores atípicos (outliers), conforme a los criterios técnicos establecidos en la metodología. Esto se origina, principalmente, debido a la ausencia de equipamiento especializado en el frente de atraque del terminal molo, lo que restringe las operaciones y que las obliga a que dependan de las capacidades de las empresas de muellaje que, a diferencia del concesionario del terminal espigón, disponen de recursos limitados, debiendo adaptarse a las condiciones específicas de cada situación. Debido al desarrollo de las faenas en un entorno multioperador, se incrementan los posibles escenarios cuya causalidad es multifactorial, lo que introduce mayor incertidumbre en los resultados operacionales.

Asimismo, se observa una singularidad estadística en la variable “eslora”, caracterizada por una marcada concentración de observaciones en torno a los 200 metros. Esta tendencia genera un efecto de rigidez en el rango intercuartílico, provocando que sus restricciones (límites inferior y superior) se mantengan constantes en ese valor. En consecuencia, se identifican ocho registros como posibles candidatos a outliers, lo que representa el 15,39% de la muestra. Esta proporción excede la recomendación metodológica que sugiere evitar eliminar más del 5% de los registros por variable, con el fin de preservar la integridad de los estadígrafos por calcular.

Cabe destacar que los tres indicadores de tendencia central de esta distribución para la variable “eslora” se encuentran prácticamente alineados, lo que evidencia una distribución simétrica, característica de un conjunto de datos homogéneos y representativos. La coincidencia de la media (201 m), mediana (200 m) y moda (200 m) denota uniformidad en la atención de naves destinadas a las transferencias de vehículos, lo cual sugiere una planificación operativa altamente estandarizada y la existencia de una flota recurrente de características similares, ésta última posiblemente influenciada por las restricciones operacionales que se presentan debido a la infraestructura disponible y a la falta de tecnologías más apropiadas.



Complementando el análisis mediante la función CURTOSIS de Microsoft Excel, se observa que la mayoría de las variables presentan distribuciones leptocúrticas, a excepción de la variable “toneladas totales transferidas” (Tons._total_transf.). Este hallazgo reviste importancia, ya que las distribuciones leptocúrticas tienden a favorecer la aparición de valores extremos.

En relación con la variable “eslora”, si bien se detecta una cantidad significativa de registros con comportamiento atípico, refleja una alta concentración de naves en torno a los 200 metros de eslora. Esta variable exhibe la distribución leptocúrtica más pronunciada del conjunto, favoreciendo la aparición de datos extremos. Sin embargo, al no haber registros de anomalías que den cuenta de situaciones atípicas, se concluye que “eslora” no representa un factor crítico de distorsión en esta escala de análisis, motivo por el cual se decide conservar sus registros.

En cuanto al “tiempo de la nave atracada” (T°_nave_atracada), los registros identificados como posibles outliers corresponden, en todos los casos, a observaciones cuya variable “toneladas totales transferidas” (Tons._total_transf.) presenta los más altos volúmenes de carga transferida. Esta condición permite que su cociente, es decir, la variable “velocidad de transferencia de vehículos” (v_transf._veh.), se encuentre en un rango de resultados habituales y dentro del rango de aceptación, lo que disipa riesgos de sesgo o distorsión en los estadígrafos derivados. Además, cada aumento marginal de carga total transferida (Tons._total_transf.) produce impactos mayores en el tiempo de la nave atracada (T°_nave_atracada), motivo por el cual no se hayan motivos que justifiquen la exclusión de sus registros.

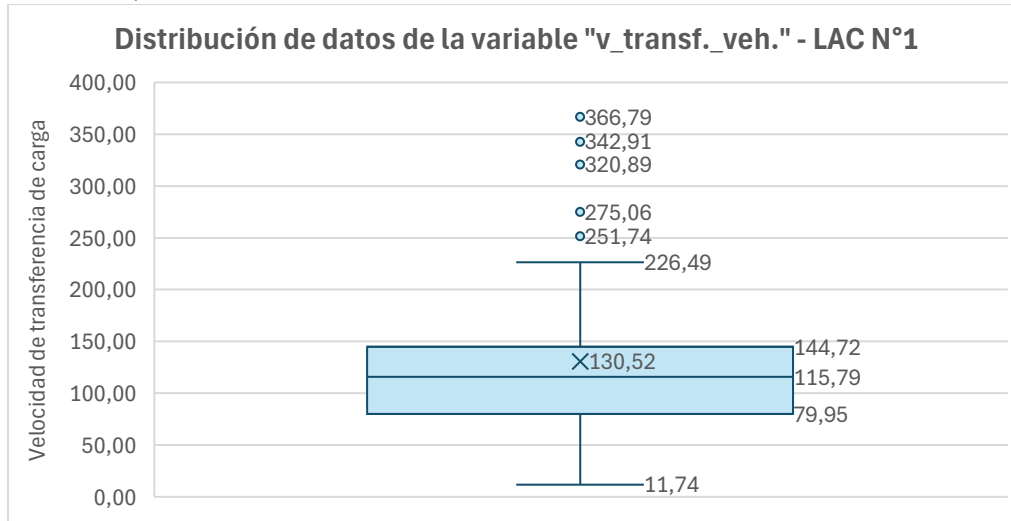
La variable “velocidad de transferencia de vehículos” (v_transf._veh.) presenta 5 valores atípicos como candidatos a outlier, sobre los cuales se desarrolla un análisis más acabado, por su directa influencia sobre los estadígrafos derivados.

Como en casos anteriores, utilizando la función CURTOSIS de Microsoft Excel se aprecia la fuerte influencia de la distribución de la variable “tiempo de la nave atracada” (T°_nave_atracada) sobre la variable “velocidad de transferencia de vehículos” (v_transf._veh.), al transferirle su condición leptocúrtica desde un valor de 2,43 a uno similar de 2,05. Además, el gráfico 1 muestra una asimetría positiva leve, donde la media se ubica por encima de la mediana, explicando la tendencia incremental de la variable. Sin embargo, los cinco valores atípicos se apartan notoriamente del comportamiento general de la distribución, comprometiendo su representación estadística, justificando la exclusión de los registros relacionados a estos valores atípicos (outliers).

A continuación, una representación gráfica permite identificar los 5 valores atípicos de la distribución de la variable “velocidad de transferencia de vehículos” (v_transf._veh.).

**Gráfico 1**

Boxplot de la velocidad de transferencia de vehículos en la LAC N°1.

*Fuente: Elaboración propia.*

Como en casos anteriores, utilizando la función CURTOSIS de Microsoft Excel se aprecia la fuerte influencia de la distribución de la variable “tiempo de la nave atracada” ($T^{\circ}_{nave_atracada}$) sobre la variable “velocidad de transferencia de vehículos” ($v_transf._veh.$), al transferirle su condición leptocúrtica desde un valor de 2,43 a uno similar de 2,05. Además, el gráfico 1 muestra una asimetría positiva leve, donde la media se ubica por encima de la mediana. En este contexto, los cinco valores extremos identificados se apartan notoriamente del comportamiento general, comprometiendo la representatividad estadística de la variable y justificando su exclusión del análisis.

Posterior al análisis de las distribuciones involucradas en las transferencias de vehículos, se resuelve que es metodológicamente pertinente eliminar los cinco registros correspondientes a los outliers de la variable “velocidad de transferencia de vehículos” ($v_transf._veh.$), aun cuando ello implique transgredir el umbral metodológico del 5%. Esta decisión supone la exclusión del 9,62% de los registros³ de dicha variable, permitiendo obtener una distribución más representativa, asegurando la confiabilidad de los estadígrafos que serán utilizados para realizar el cálculo de la capacidad portuaria.

Respecto a la variable “toneladas totales transferidas” ($Tons._total_transf.$), no se observan valores atípicos (outliers) en su distribución.

El cuadro que se presenta a continuación comparte los registros actualizados contenidos en el Cuadro 6, incorporando únicamente aquellos que serán considerados para el cálculo de los estadígrafos y demás cálculos requeridos.

³ Corresponden a los siguientes registros id: 20, id: 30, id: 55, id: 66 e id: 83.



Cuadro 11

Naves atendidas en la LAC N°1 para transferencias de vehículos que componen la base de datos depurada. El cuadro indica en color los valores atípicos mantenidos.

Id_puerto	id	imo	T°_nave_atracada	Eslora	Tons._total_transf.	V_transf._veh
2	1	9402706	13,42	200	1553,00	115,75
3	2	9367580	20,12	180	2912,00	144,76
9	4	9728851	5,78	200	526,00	90,95
12	6	9441570	20,47	200	4091,00	199,89
13	7	9441520	5,87	200	809,00	137,90
24	13	9311866	23,13	200	2617,00	113,13
26	14	9498597	5,90	200	793,00	134,41
28	16	9674177	8,07	200	798,00	98,93
30	17	9426374	7,27	200	1051,00	144,63
31	18	9519145	12,00	200	1624,00	135,33
43	22	9336086	20,47	200	2693,00	131,58
49	24	9303194	5,62	200	308,00	54,84
53	27	9494905	6,15	200	470,00	76,42
60	31	9384942	8,42	200	575,00	68,32
68	33	9158604	7,03	200	838,00	119,15
77	36	9441568	8,37	200	1895,00	226,49
80	37	9203590	34,40	200	4418,00	128,43
83	38	9228306	8,77	200	1046,00	119,32
91	40	9188817	7,85	164	1715,00	218,47
94	43	9409340	8,98	200	1387,00	154,40
95	44	9460887	21,58	200	3007,00	139,32
96	45	9707027	6,45	200	597,00	92,56
98	47	9339806	4,28	200	200,00	46,69
99	48	9728851	6,97	200	671,00	96,32
104	51	9355240	15,33	200	2192,00	142,96
106	52	9285627	24,68	200	3207,00	129,93
109	54	9707003	5,52	200	293,00	53,11
112	56	9673018	14,08	200	1565,00	111,12
114	57	9383429	29,08	233	3603,00	123,89
118	61	9398321	7,77	200	1612,00	207,55
120	62	9338890	7,87	191	822,00	104,49
121	63	9798387	6,75	230	282,00	41,78
123	65	9122930	9,85	200	1141,00	115,84
126	67	9445394	6,25	233	375,00	60,00
127	68	9472206	15,78	233	1569,00	99,41
128	69	9442861	10,60	200	1901,00	179,34
131	72	9651101	4,83	200	265,00	54,83
134	73	9728851	3,92	200	46,00	11,74



Id_puerto	id	imo	T°_nave_atracada	Eslora	Tons._total_transf.	V_transf._veh
142	78	9441611	10,37	200	1147,00	110,64
145	81	9284764	10,65	200	1614,00	151,55
147	82	9476721	5,90	200	356,00	60,34
151	85	9357298	6,02	200	460,00	76,45
152	86	9336050	16,92	200	649,00	38,36
158	89	9277814	6,02	200	468,00	77,78
159	90	9279329	3,92	200	350,00	89,36
160	91	9712632	15,23	200	1317,00	86,46
165	94	9392353	7,32	187	838,00	114,53

Fuente: Elaboración propia.

- ii. El Cuadro 8 presenta cinco registros correspondientes a transferencias de carga fraccionada realizadas en la Línea de Atraque Continua N°1, de los cuales tres han sido identificados como posibles valores atípicos (outliers). Se trata de un caso particular, dado el reducido número de observaciones, lo que da lugar a singularidades estadísticas. Un ejemplo de ello se evidencia en la variable “eslora”, donde un único valor difiere significativamente del resto, pero no genera alteraciones al rango intercuartílico, manteniéndose como una constante (180 m). Asimismo, los otros dos registros que exceden las restricciones corresponden a un caso en la variable “tiempo de la nave atracada” (T°_nave_atracada) y a dos en la variable “toneladas totales transferidas” (Tons._total_transf.).

Se observa una consistencia interna en los datos asociados a las transferencias de carga fraccionada, principalmente explicada por una coherencia en los rendimientos de la variable “velocidad de transferencia de carga” (v_transf._fracc.). Esta variable no presenta registros que puedan considerarse valores atípicos, lo cual revela una coherencia en la relación entre el tiempo de atraque de la nave y la cantidad total de carga transferida. En efecto, a pesar de las diferencias en sus magnitudes, su cociente se mantiene dentro del rango de aceptación, lo que sugiere operaciones habituales, exentas de anomalías operacionales y estadísticas.

- iii. El análisis de los registros de naves atendidas en la LAC N°1 para transferencias de granel sólido (cuadros 9 y 10) no presenta hallazgos de valores atípicos (outliers).

3.1.2. Análisis a las variables de la Línea Continua de Atraque N°2

A continuación, se presentan los cuadros con los rangos de aceptación basado en el criterio intercuartílico y, seguidamente, las variables analizadas de la LAC N°2, según el tipo de carga de especialidad (transferencias de carga fraccionada y contenedores) y correspondientes a la administración de Iquique Terminal Internacional.

**Cuadro 12**

Cálculo del rango de aceptación basado en el criterio intercuartílico de la distribución de datos de los procesos de transferencia de carga fraccionada por la LAC N°2.

	T°_nave_atracada	Eslora	Tons._total_transf.	v_transf._fracc.
CUARTIL 1	27,84	121,00	1.816,76	32,61
CUARTIL 2	73,92	141,00	2.615,01	40,72
CUARTIL 3	87,97	172,00	5.194,15	73,07
CUARTIL 4	240,00	200,00	22.521,04	143,46
IQR	60,13	51,00	3.377,39	40,46
LÍMITE INF.	-62,35	44,50	-3.249,32	-28,09
LÍMITE SUP.	178,15	248,50	10.260,23	133,77

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 13

Análisis a las naves atendidas en la LAC N°2 para transferencias de carga fraccionada, buscando variables con comportamiento outlier.

id_puerto	id	imo	t°_nave_atracada	eslora	carga_total_transf.	v_transf._fracc.
2022-262	1	9742998	196,60	180	7.000,35	35,61
2023-15	12	9331490	28,72	137	2.008,77	69,95
2023-25	20	9742974	202,67	180	6.678,59	32,95
2023-11	26	9172959	98,40	155	6.777,67	68,88
2023-39	29	9635248	20,47	180	1.790,10	87,46
2023-31	31	9357200	42,48	139	2.730,37	64,27
2023-52	45	9832432	19,12	180	2.008,38	105,06
2023-54	49	8607165	77,57	121	2.696,34	34,76
2023-62	56	9789805	240,00	190	22.521,04	93,84
2023-71	64	9534470	14,48	117	235,98	16,29
2023-65	66	9484039	31,70	178	4.547,74	143,46
2023-82	73	9430222	25,22	162	372,69	14,78
2023-87	76	8607165	74,85	121	2.145,47	28,66
2023-91	83	9553000	143,17	190	15.402,27	107,58
2023-106	87	8607165	72,98	121	2.549,09	34,93
2023-110	97	8607220	78,02	109	2.612,48	33,49
2023-111	100	8607165	79,63	121	2.710,60	34,04
2023-119	106	9543419	18,27	187	1.505,81	82,43
2023-126	109	8607165	75,63	121	2.710,60	35,84
2023-122	112	8607220	83,82	121	2.552,84	30,46
2023-124	115	9687203	202,13	190	19.592,60	96,93
2023-128	123	9194476	66,53	145	6.485,61	97,48



id_puerto	id	imo	t°_nave_atracada	eslora	carga_total_transf.	v_transf._fracc.
2023-141	125	9204556	92,67	145	4.357,43	47,02
2023-151	127	9139610	50,18	122	2.179,00	43,42
2023-143	132	9539365	12,53	162	172,18	13,74
2023-158	134	9182801	90,92	141	4.058,30	44,64
2023-154	140	9550163	15,37	170	1.005,23	65,42
2023-162	142	8918318	53,03	111	1.825,65	34,42
2023-163	146	9204556	81,78	145	5.133,56	62,77
2023-168	151	8607165	86,98	121	2.845,30	32,71
2023-178	162	9204556	82,25	145	4.621,34	56,19
2023-169	165	9182801	109,27	141	5.375,91	49,20
2023-195	173	8918318	66,92	111	2.544,22	38,02
2023-186	180	9495947	113,42	189	15.616,93	137,70
2023-211	190	8607165	82,63	121	2.022,16	24,47
2023-212	196	8918318	79,68	111	2.380,99	29,88
2023-214	198	9139610	6,22	122	5,64	0,91
2023-216	199	9854583	121,55	200	16.894,04	138,99
2023-234	214	8918318	70,68	111	2.617,54	37,03
2023-247	225	9500065	15,40	140	702,17	45,60
2023-262	233	9139610	32,90	122	1.016,13	30,89
2023-265	242	9160736	70,78	156	7.519,76	106,24
2023-275	246	9030149	22,00	159	710,65	32,30
2023-235	249	9213959	4,92	120	13,65	2,78

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 14

Cálculo del rango de aceptación basado en el criterio intercuartílico de la distribución de datos de los procesos de transferencia de contenedores por la LAC N°2.

	t°_nave_atracada	eslora	carga_total_transf.	v_transf._cont.
CUARTIL 1	14,64	172,00	2.879,79	138,08
CUARTIL 2	18,02	172,00	3.861,51	212,81
CUARTIL 3	23,80	183,00	5.298,29	330,37
CUARTIL 4	48,83	224,00	8.750,36	612,23
IQR	9,16	11,00	2.418,51	192,29
LÍMITE INF.	0,89	155,50	-747,98	-150,34
LÍMITE SUP.	37,54	199,50	8.926,05	618,80

Fuente: Elaboración propia.



Cuadro 15

Análisis a las naves atendidas en la LAC N°2 para transferencias de contenedores, buscando variables con comportamiento outlier.

id_puerto	id	imo	t° nave_ atracada	eslora	carga_total_ transf.	v_transf._ cont.
2023-92	74	9433157	15,75	180	3.972,25	252,21
2023-83	79	9313216	19,73	169	4.712,67	238,82
2023-95	81	9241475	26,58	208	1.325,25	49,85
2023-101	89	9262560	22,60	189	3.084,55	136,48
2023-96	91	9313216	19,42	169	6.942,66	357,56
2023-103	94	9950076	30,53	172	3.750,76	122,84
2023-107	95	9928932	33,85	202	762,41	22,52
2023-118	104	9950076	31,83	172	4.407,18	138,45
2023-139	129	9313216	48,83	169	6.690,22	137,00
2023-129	138	9950076	27,05	172	7.694,62	284,46
2023-170	149	9197351	22,33	168	1.504,98	67,39
2023-173	155	9355343	9,83	224	6.020,28	612,23
2023-184	163	9197351	7,33	168	634,78	86,56
2023-149	170	9950076	16,75	172	5.520,44	329,58
2023-191	177	9950076	21,00	172	3.632,08	172,96
2023-181	178	9354662	23,07	182	8.750,36	379,35
2023-202	189	9950076	26,35	172	4.748,97	180,23
2023-209	193	9950076	14,72	172	2.405,12	163,43
2023-213	194	9354662	10,83	183	5.267,02	486,19
2023-224	204	9354662	14,68	183	4.137,08	281,75
2023-228	208	9555228	19,30	172	1.966,09	101,87
2023-229	212	9950076	14,50	172	3.108,65	214,39
2023-232	217	9354662	15,77	183	3.314,82	210,24
2023-230	218	9950076	15,77	172	2.397,44	152,06
2023-240	223	9950076	26,00	172	7.627,52	293,37
2023-243	227	9354662	9,07	183	3.016,87	332,74
2023-242	230	9950076	15,50	172	4.037,89	260,51
2023-251	235	9950076	21,87	172	4.618,88	211,23
2023-257	237	9354662	7,75	183	3.248,44	419,15
2023-254	239	9950076	14,72	172	5.392,11	366,39
2023-259	244	9950076	14,03	172	2.468,53	175,90
2023-268	251	9354662	6,48	183	3.559,11	548,96

Fuente: Elaboración propia.

Se han destacado las celdas de las variables identificadas con comportamiento outlier. A continuación, se presenta el análisis y los resultados en esta etapa del desarrollo metodológico:



- i. Del análisis de los cuadros 12 y 13 se desprende que la distribución de los 44 registros de transferencias de carga fraccionada en la LAC N°2 presenta 12 observaciones correspondientes a 8 registros, observaciones que podrían ser consideradas valores atípicos (outliers), conforme a los criterios técnicos establecidos en la metodología. Posiblemente, esta condición se deba a la influencia que ha ejercido la minería y proyectos de otros sectores industriales del hinterland sobre las transferencias de carga fraccionada. En este contexto, un ejemplo claro es el proyecto minero Quebrada Blanca 2 de TECK, el que tuvo un impacto significativo en el crecimiento registrado entre 2023 y 2024, debido a que la ejecución de sus obras le aportó al Puerto de Iquique 333.567 y 428.630 toneladas métricas durante los años 2023 y 2024, respectivamente.

Proyectos como el mencionado impactan positivamente sobre el comportamiento de la demanda, afectando las operaciones con asimetrías producidas por el aumento en la recalada de naves de mayor tamaño. Estadísticamente, es posible afirmar que para la variable “eslora” se observa una distribución asimétrica negativa o sesgada a la izquierda, dado que la moda (121 m) es considerablemente inferior a la mediana (141 m) y a la media (146 m). Esta configuración indica que, si bien existe una alta frecuencia de naves de menor eslora (121 m), también se registran naves con mayores dimensiones que elevan el promedio general, sugiriendo una heterogeneidad operacional, posiblemente vinculada a la versatilidad de la LAC N°2 para atender distintas configuraciones de carga fraccionada.

Acerca de los valores atípicos (outlier), se observan dos registros⁴ con las variables “carga total transferida” (carga_total_transf.) y “velocidad de transferencia de carga” (v_transf._fracc.) superando sus respectivas restricciones, constatándose en el peor caso un acotado margen excedido de hasta 3,8%. Debido a la cantidad de observaciones atípicas y este acotado margen, se mantienen estos registros porque no representan un riesgo.

También, se observan dos registros⁵ con las variables “tiempo de la nave atracada” (t°_nave_atracada) y “carga total transferida” (carga_total_transf.) excediendo sus respectivas restricciones. Sin embargo, sus cocientes no se ven afectados, sugiriendo que sus operaciones se ajustan a sus rendimientos habituales, descartándose la influencia de situaciones anómalas y, por tanto, la eliminación de sus respectivos registros.

⁴ Corresponden a los siguientes registros id: 180 e id: 199.

⁵ Corresponden a los siguientes registros id: 56 e id: 115.



Se observa un registro⁶ que solo excede la restricción de la variable “carga total transferida” (carga_total_transf.); sin embargo, el resto de sus variables mantiene un comportamiento dentro de rangos operacionales normales, motivo por el cual no se justifica su exclusión.

Por otro lado, se observan dos registros⁷ con la variable “tiempo de la nave atracada” (t°_nave_atracada) excediendo sus restricciones, acusando elevados tiempos de espera que escapan a las condiciones habituales, lo que sugiere excepciones operacionales que distan por mucho del comportamiento habitual de la estadía de las naves. Sus estadías superan en 64% los tiempos requeridos por naves con similar carga total transferida (carga_total_transf.), constituyendo un rendimiento subestándar, cuyo valor atípico podría generar vicios durante el posterior cálculo de los estadígrafos. Además, se observa un registro⁸ correspondiente a la variable (v_transf._fracc.) con el mayor rendimiento de la distribución, excediendo por amplio margen su restricción, motivo por el cual se eliminará junto a los dos registros previamente citados, representando el 6,8% de los registros de las transferencias de carga fraccionada. Este porcentaje de datos excede por bajo margen la restricción de la metodología, pero mantiene la integridad de la muestra.

El cuadro que se presenta a continuación comparte los registros actualizados contenidos en el Cuadro 13, incorporando únicamente aquellos que serán considerados para el cálculo de los estadígrafos y demás cálculos requeridos.

Cuadro 16

Naves atendidas en la LAC N°2 para transferencias de carga fraccionada que componen la base de datos depurada. El cuadro indica en color los valores atípicos mantenidos.

id_puerto	id	imo	t°_nave_atracada	eslora	carga_total_transf.	v_transf._fracc.
2023-15	12	9331490	28,72	137	2.008,77	69,95
2023-11	26	9172959	98,40	155	6.777,67	68,88
2023-39	29	9635248	20,47	180	1.790,10	87,46
2023-31	31	9357200	42,48	139	2.730,37	64,27
2023-52	45	9832432	19,12	180	2.008,38	105,06
2023-54	49	8607165	77,57	121	2.696,34	34,76
2023-62	56	9789805	240,00	190	22.521,04	93,84
2023-71	64	9534470	14,48	117	235,98	16,29

⁶ Corresponde a la id: 83.

⁷ Corresponde a los siguientes registros: id: 1 e id: 20.

⁸ Corresponde al registro id: 66.



id_puerto	id	imo	t°_nave_atr acada	eslora	carga_total_ transf.	v_transf. _fracc.
2023-82	73	9430222	25,22	162	372,69	14,78
2023-87	76	8607165	74,85	121	2.145,47	28,66
2023-91	83	9553000	143,17	190	15.402,27	107,58
2023-106	87	8607165	72,98	121	2.549,09	34,93
2023-110	97	8607220	78,02	109	2.612,48	33,49
2023-111	100	8607165	79,63	121	2.710,60	34,04
2023-119	106	9543419	18,27	187	1.505,81	82,43
2023-126	109	8607165	75,63	121	2.710,60	35,84
2023-122	112	8607220	83,82	121	2.552,84	30,46
2023-124	115	9687203	202,13	190	19.592,60	96,93
2023-128	123	9194476	66,53	145	6.485,61	97,48
2023-141	125	9204556	92,67	145	4.357,43	47,02
2023-151	127	9139610	50,18	122	2.179,00	43,42
2023-143	132	9539365	12,53	162	172,18	13,74
2023-158	134	9182801	90,92	141	4.058,30	44,64
2023-154	140	9550163	15,37	170	1.005,23	65,42
2023-162	142	8918318	53,03	111	1.825,65	34,42
2023-163	146	9204556	81,78	145	5.133,56	62,77
2023-168	151	8607165	86,98	121	2.845,30	32,71
2023-178	162	9204556	82,25	145	4.621,34	56,19
2023-169	165	9182801	109,27	141	5.375,91	49,20
2023-195	173	8918318	66,92	111	2.544,22	38,02
2023-186	180	9495947	113,42	189	15.616,93	137,70
2023-211	190	8607165	82,63	121	2.022,16	24,47
2023-212	196	8918318	79,68	111	2.380,99	29,88
2023-214	198	9139610	6,22	122	5,64	0,91
2023-216	199	9854583	121,55	200	16.894,04	138,99
2023-234	214	8918318	70,68	111	2.617,54	37,03
2023-247	225	9500065	15,40	140	702,17	45,60
2023-262	233	9139610	32,90	122	1.016,13	30,89
2023-265	242	9160736	70,78	156	7.519,76	106,24
2023-275	246	9030149	22,00	159	710,65	32,30
2023-235	249	9213959	4,92	120	13,65	2,78

Fuente: Elaboración propia.

- ii. Respecto al análisis de los cuadros 14 y 15, es posible observar que la muestra de los 32 registros de transferencias de contenedores de la LAC N°2 presenta 4 observaciones en 4 registros⁹, observaciones de valores que podrían ser considerados

⁹ Corresponden a los registros id: 81, id: 95, id: 129 e id: 155.



atípicos (outliers), conforme a los criterios técnicos establecidos en la metodología. No obstante, aunque se aprecia una dispersión de las observaciones, porque no corresponden a los mismos registros, existe una confluencia de tres hallazgos en la variable “eslora” y solo una en la variable “tiempo de la nave atracada” ($t^{\circ}_{\text{nave_atracada}}$).

Atendiendo a los hallazgos de la variable “eslora”, es posible apreciar que las dos primeras no sobrepasan el 4,1% de desviación respecto de su restricción superior, lo cual puede ser considerado un margen acotado, a diferencia del tercer valor atípico de esta variable, la que sí presenta una desviación mayor. Sin embargo, las dos primeras observaciones corresponden a registros con permanencias muy altas ($t^{\circ}_{\text{nave_atracada}}$) para el nivel de carga total transferida ($v_{\text{transf. cont.}}$), lo que acusa situaciones particulares que pudieron producir un comportamiento atípico respecto del resto de las variables y que podría inducir a vicios. Al contrario, la tercera observación corresponde a una nave con muy bajo tiempo de permanencia ($t^{\circ}_{\text{nave_atracada}}$), un alto volumen de carga total transferida ($\text{carga_total_transf.}$) y la mayor eslora y velocidad de transferencia de contenedores ($v_{\text{transf. cont.}}$) de la muestra, escapando a los parámetros habituales de rendimiento y características de este tipo de operación, siendo también un rendimiento atípico para el caso de naves atendidas en la LAC N°3, esta última con la mayor especialización en transferencias de carga contenedorizada del Puerto de Iquique.

Por otro lado, la observación de la variable “tiempo de la nave atracada” ($t^{\circ}_{\text{nave_atracada}}$) corresponde al sexto registro con el mayor volumen transferido de la muestra, manteniendo dentro de parámetros normales el resto de sus variables. Aunque tenga un gran volumen de carga total transferido ($\text{carga_total_transf.}$), el tiempo de la nave atracada supera el 23% de su restricción superior y no es coherente con los demás rendimientos de naves con similares condiciones, quedando en evidencia la influencia de factores que distorsionan el rendimiento de la nave del registro, produciendo un resultado atípico (outlier) que eventualmente puede generar sesgos estadísticos.

Los análisis efectuados a esta muestra derivan en la eliminación de los cuatro registros, por ser considerados atípicos (outlier) y porque se prevén vicios en el cálculo de los estadígrafos, si se mantienen. La eliminación de estos registros representa el 12,5% de los registros de la muestra lo cual excede la recomendación de la metodología. Sin embargo, se concluye que el volumen de registros que se mantienen constituye una muestra representativa y confiable de esta LAC.



El cuadro que se presenta a continuación comparte los registros actualizados contenidos en el Cuadro 15, incorporando únicamente aquellos que serán considerados para el cálculo de los estadígrafos y demás cálculos requeridos.

Cuadro 17

Naves atendidas en la LAC N°2 para transferencias de contenedores que componen la base de datos depurada.

id_puerto	id	imo	t°_nave_atacada	eslora	carga_total_transf.	v_transf._cont.
2023-92	74	9433157	15,75	180	3.972,25	252,21
2023-83	79	9313216	19,73	169	4.712,67	238,82
2023-101	89	9262560	22,60	189	3.084,55	136,48
2023-96	91	9313216	19,42	169	6.942,66	357,56
2023-103	94	9950076	30,53	172	3.750,76	122,84
2023-118	104	9950076	31,83	172	4.407,18	138,45
2023-129	138	9950076	27,05	172	7.694,62	284,46
2023-170	149	9197351	22,33	168	1.504,98	67,39
2023-184	163	9197351	7,33	168	634,78	86,56
2023-149	170	9950076	16,75	172	5.520,44	329,58
2023-191	177	9950076	21,00	172	3.632,08	172,96
2023-181	178	9354662	23,07	182	8.750,36	379,35
2023-202	189	9950076	26,35	172	4.748,97	180,23
2023-209	193	9950076	14,72	172	2.405,12	163,43
2023-213	194	9354662	10,83	183	5.267,02	486,19
2023-224	204	9354662	14,68	183	4.137,08	281,75
2023-228	208	9555228	19,30	172	1.966,09	101,87
2023-229	212	9950076	14,50	172	3.108,65	214,39
2023-232	217	9354662	15,77	183	3.314,82	210,24
2023-230	218	9950076	15,77	172	2.397,44	152,06
2023-240	223	9950076	26,00	172	7.627,52	293,37
2023-243	227	9354662	9,07	183	3.016,87	332,74
2023-242	230	9950076	15,50	172	4.037,89	260,51
2023-251	235	9950076	21,87	172	4.618,88	211,23
2023-257	237	9354662	7,75	183	3.248,44	419,15
2023-254	239	9950076	14,72	172	5.392,11	366,39
2023-259	244	9950076	14,03	172	2.468,53	175,90
2023-268	251	9354662	6,48	183	3.559,11	548,96

Fuente: Elaboración propia.

3.1.3. Análisis a las variables de la Línea Continua de Atraque N°3

A continuación, se presentan los cuadros con los rangos de aceptación basado en el criterio intercuartílico y, seguidamente, las variables analizadas de la LAC N°3, para las transferencias



de carga contenedorizada y correspondientes a la administración de Iquique Terminal Internacional.

Cuadro 18

Cálculo del rango de aceptación basado en el criterio intercuartílico de la distribución de datos de los procesos de transferencia de contenedores por la LAC N°3.

	t°_nave_atracada	eslora	carga_total_transf.	v_transf._cont.
CUARTIL 1	19,74	217,00	5.821,39	283,55
CUARTIL 2	27,35	230,00	8.939,62	371,80
CUARTIL 3	46,03	300,00	20.020,18	476,79
CUARTIL 4	95,48	337,00	42.003,67	728,36
IQR	26,29	83,00	14.198,79	193,24
LÍMITE INF.	-19,70	92,50	-15.476,80	-6,32
LÍMITE SUP.	85,47	424,50	41.318,36	766,65

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 19

Análisis a las naves atendidas en la LAC N°3 para transferencias de contenedores, buscando variables con comportamiento outlier.

id_puerto	id	imo	t°_nave_atracada	eslora	carga_total_transf.	v_transf._cont.
2022-263	2	9215165	15,30	217	4.841,36	316,43
2022-266	3	9687538	95,48	300	33.771,61	353,69
2022-258	4	9313216	19,22	169	6.117,54	318,35
2022-264	5	9215177	20,80	217	5.966,77	286,86
2023-4	6	9687552	49,00	300	28.938,23	590,58
2022-256	7	9262560	41,30	189	12.472,41	302,00
2023-6	8	9495765	13,07	260	2.136,51	163,51
2022-267	9	9400174	15,43	269	5.445,27	352,83
2023-2	10	9706308	63,43	300	28.756,74	453,34
2022-268	13	9313216	22,00	169	7.770,07	353,18
2023-7	14	9685346	64,42	337	26.600,86	412,95
2023-14	15	9241475	14,28	208	1.761,64	123,34
2023-12	16	9262560	50,03	189	10.966,50	219,18
2023-17	17	9400174	22,90	269	6.138,15	268,04
2023-16	18	9313216	15,18	169	3.266,10	215,11
2023-8	19	9742170	62,03	330	24.288,56	391,54
2023-18	21	9779771	70,00	336	33.016,53	471,66
2023-20	22	9215165	24,20	217	8.776,97	362,68
2023-27	23	9612789	27,35	224	3.968,31	145,09
2023-28	24	9241475	39,33	208	11.084,21	281,80



id_puerto	id	imo	t°_nave_atracada	eslora	carga_total_transf.	v_transf._cont.
2023-24	25	9520039	63,53	335	32.006,03	503,77
2023-23	27	9215177	13,13	217	4.540,20	345,70
2023-19	28	9313216	16,27	169	3.088,24	189,85
2023-34	30	9241475	32,43	208	7.685,70	236,97
2023-22	32	9400174	16,97	269	4.292,06	252,97
2023-26	33	9520053	74,15	336	32.603,57	439,70
2023-40	34	9241475	35,80	208	10.605,40	296,24
2023-29	35	9687526	32,60	300	20.141,86	617,85
2023-35	36	9215165	19,32	217	5.412,54	280,20
2023-30	37	9313216	8,20	169	2.706,37	330,05
2023-32	38	9687540	42,42	300	19.898,49	469,12
2023-44	39	9241475	22,65	208	9.365,43	413,48
2023-36	40	9215177	14,22	217	5.483,64	385,72
2023-33	41	9687576	49,17	300	25.745,01	523,63
2023-47	42	9786762	16,10	230	3.987,72	247,68
2023-50	43	9290816	21,28	269	3.190,41	149,90
2023-41	44	9687538	54,05	300	29.026,81	537,04
2023-49	46	9241475	29,23	208	4.110,79	140,62
2023-45	47	9313216	16,97	169	3.670,78	216,35
2023-51	48	9297840	12,83	265	4.311,54	335,96
2023-42	50	9687552	46,43	300	22.696,32	488,79
2023-57	51	9262560	16,90	189	3.520,75	208,33
2023-53	52	9294408	22,22	266	6.380,71	287,20
2023-55	53	9713351	62,73	337	32.654,30	520,53
2023-58	54	9241475	27,50	208	5.829,97	212,00
2023-56	55	9313216	14,43	169	3.336,96	231,20
2023-37	57	9400174	23,13	269	5.855,68	253,13
2023-59	58	9685346	70,87	337	31.937,24	450,67
2023-66	59	9262560	15,80	189	1.751,57	110,86
2023-61	60	9786762	18,42	230	6.148,27	333,84
2023-67	61	9241475	45,85	208	20.903,22	455,90
2023-64	62	9313216	9,95	169	3.265,38	328,18
2023-68	63	9297840	15,65	265	7.247,58	463,10
2023-60	65	9742170	39,72	330	23.333,30	587,49
2023-72	67	9294408	13,22	266	6.718,89	508,36
2023-69	68	9793911	50,53	330	31.828,77	629,86
2023-73	69	9313216	8,65	169	2.505,05	289,60
2023-78	70	9241475	28,92	208	11.040,85	381,82
2023-76	71	9400174	17,77	269	6.605,69	371,80
2023-74	72	9520039	79,80	335	42.003,67	526,36
2023-77	75	9786762	13,93	230	7.257,70	520,89
2023-81	77	9433157	23,45	180	10.470,19	446,49



id_puerto	id	imo	t°_nave_atracada	eslora	carga_total_transf.	v_transf._cont.
2023-75	78	9520053	63,03	336	30.653,94	486,31
2023-90	82	9241475	29,78	208	2.257,51	75,80
2023-84	84	9297840	19,17	265	7.878,97	411,08
2023-89	85	9508902	63,68	336	27.256,62	428,00
2023-85	86	9687540	55,15	300	27.000,74	489,59
2023-93	88	9433157	23,97	180	15.548,08	648,74
2023-88	90	9687576	60,97	300	26.351,19	432,22
2023-104	92	9400174	22,05	269	8.849,36	401,33
2023-100	93	9687538	63,87	300	27.119,07	424,62
2023-108	96	9433157	23,57	180	8.939,62	379,33
2023-105	98	9786762	25,00	230	6.972,96	278,92
2023-98	99	9687552	52,70	300	28.749,53	545,53
2023-112	101	9241475	33,73	208	9.496,21	281,51
2023-99	102	9313216	9,57	169	2.272,96	237,59
2023-109	103	9297840	23,17	265	13.012,90	561,71
2023-114	105	9713351	70,60	337	30.829,04	436,67
2023-115	107	9797204	23,33	230	12.911,68	553,36
2023-113	108	9401776	45,33	259	17.209,60	379,62
2023-116	110	9685346	56,33	337	30.356,00	538,86
2023-117	111	9313216	9,23	169	4.836,76	523,84
2023-121	113	9797199	26,40	230	7.504,86	284,28
2023-125	114	9725134	74,55	324	26.655,61	357,55
2023-130	116	9786762	19,97	230	11.281,67	565,03
2023-123	117	9950076	20,17	172	7.331,93	363,57
2023-131	118	9793911	46,10	330	24.803,34	538,03
2023-134	119	9241475	40,32	208	17.722,99	439,59
2023-132	120	9297840	19,52	265	7.936,49	406,65
2023-135	121	9313216	9,40	169	3.512,92	373,71
2023-133	122	9520039	49,65	336	29.042,53	584,95
2023-136	124	9797204	20,67	230	8.450,69	408,90
2023-157	126	9520053	26,03	336	12.934,51	496,84
2023-140	128	9219379	46,30	221	19.432,45	419,71
2023-138	130	9520053	31,77	336	11.392,44	358,63
2023-144	131	9797199	21,30	230	11.193,80	525,53
2023-142	133	9508902	45,88	336	30.294,25	660,25
2023-155	135	9928891	6,83	202	301,60	44,14
2023-153	136	9241475	37,67	208	11.669,98	309,82
2023-159	137	9786762	23,28	230	6.892,19	296,01
2023-156	139	9313216	17,13	169	5.084,36	296,75
2023-152	141	9932488	54,40	336	27.662,28	508,50
2023-160	143	9297852	10,38	265	6.790,01	653,93
2023-161	144	9297840	25,10	265	8.482,06	337,93



id_puerto	id	imo	t°_nave_atracada	eslora	carga_total_transf.	v_transf._cont.
2023-145	145	9950076	30,43	172	7.015,57	230,52
2023-147	147	9687576	37,47	300	17.328,41	462,50
2023-167	148	9724049	53,00	300	14.729,21	277,91
2023-166	150	9219379	12,85	221	7.294,61	567,67
2023-164	152	9797204	20,98	230	6.232,09	297,00
2023-165	153	9313216	18,65	169	5.274,60	282,82
2023-148	154	9687538	60,80	300	31.863,74	524,07
2023-172	156	9219379	34,90	221	11.332,92	324,73
2023-171	157	9797199	14,52	230	9.028,75	621,96
2023-146	158	9950076	23,13	172	5.222,72	225,77
2023-182	159	9687552	32,33	300	14.915,84	461,31
2023-177	160	9401776	29,22	259	3.948,48	135,14
2023-150	161	9687552	20,88	300	6.897,59	330,29
2023-180	164	9786762	20,52	230	5.980,71	291,50
2023-183	166	9219379	30,47	221	9.843,16	323,08
2023-193	167	9713351	24,63	337	10.965,57	445,15
2023-179	168	9797187	28,58	230	11.095,05	388,17
2023-174	169	9713351	31,90	337	14.115,76	442,50
2023-175	171	9685346	46,17	337	24.759,71	536,31
2023-188	174	9797204	20,65	230	15.040,54	728,36
2023-194	175	9110975	42,88	243	14.725,80	343,39
2023-189	176	9797199	25,18	230	8.365,00	332,16
2023-190	179	9793911	55,23	330	24.749,88	448,10
2023-196	181	9401776	29,00	259	3.809,98	131,38
2023-176	182	9742170	33,70	330	16.627,51	493,40
2023-192	183	9786762	13,88	230	5.812,80	418,69
2023-205	184	9354662	13,68	182	8.146,69	595,37
2023-198	185	9950076	14,78	172	1.644,88	111,27
2023-201	186	9219379	24,32	221	11.534,99	474,37
2023-199	187	9520039	45,97	336	28.756,06	625,59
2023-206	188	9797187	22,50	230	5.797,13	257,65
2023-210	191	9401776	33,62	259	12.124,72	360,68
2023-203	192	9520053	61,83	336	29.966,27	484,63
2023-207	195	9797204	23,35	230	7.741,80	331,55
2023-215	197	9110975	48,70	243	23.263,57	477,69
2023-208	200	9797199	30,18	230	7.389,21	244,81
2023-204	201	9508902	60,88	336	24.033,98	394,75
2023-217	202	9950076	29,95	172	4.327,69	144,50
2023-219	203	9219379	41,28	221	17.934,11	434,42
2023-221	205	9786762	13,95	230	5.234,93	375,26
2023-218	206	9932488	58,60	336	29.299,67	499,99
2023-220	207	9950076	10,15	172	3.789,62	373,36



id_puerto	id	imo	t°_nave_atracada	eslora	carga_total_transf.	v_transf._cont.
2023-225	209	9401776	33,12	259	7.727,89	233,35
2023-226	210	9797187	22,37	230	7.057,23	315,52
2023-222	211	9687576	48,60	300	23.837,89	490,49
2023-233	213	9110975	31,20	243	4.933,15	158,11
2023-223	215	9687538	38,37	300	19.801,30	516,11
2023-231	216	9797204	21,45	230	6.030,22	281,13
2023-238	219	9219379	26,50	221	8.324,11	314,12
2023-239	220	9932476	47,57	336	27.567,43	579,55
2023-236	221	9797199	25,05	230	7.618,09	304,12
2023-237	222	9713351	40,90	337	18.912,06	462,40
2023-246	224	9401776	50,47	259	13.606,92	269,62
2023-241	226	9786762	22,30	230	5.350,97	239,95
2023-244	228	9685346	54,38	337	25.880,37	475,89
2023-249	229	9110975	41,30	243	9.643,10	233,49
2023-256	231	9520041	22,77	336	2.777,67	122,01
2023-250	232	9797187	30,83	230	5.069,66	164,42
2023-253	234	9219379	46,67	221	14.905,83	319,41
2023-255	236	9797204	20,47	230	6.130,78	299,55
2023-252	238	9742170	49,20	330	24.433,49	496,62
2023-263	240	9401776	31,53	259	13.603,97	431,42
2023-260	241	9797199	21,92	230	6.318,46	288,29
2023-258	243	9793911	48,42	330	24.208,47	500,00
2023-266	245	9110975	21,42	243	6.584,56	307,45
2023-282	247	9520039	11,52	336	4.636,37	402,58
2023-267	248	9786762	20,00	230	6.401,14	320,06
2023-269	250	9520039	32,35	336	15.313,56	473,37
2023-261	253	9950076	17,03	172	6.124,30	359,55
2023-270	254	9219379	42,25	221	12.670,67	299,90
2023-272	255	9797187	19,42	230	5.305,72	273,26

Fuente: Elaboración propia.

Como reflexión inicial, cabe destacar que las LAC N°1 y N°2 están fuertemente influenciadas por distribuciones leptocúrticas, es decir, gran concentración de datos que favorece la proliferación de valores atípicos (outliers), condición que exige una profundidad de análisis que permita verificar que los hallazgos deben ser eliminados. Por el contrario, la LAC N°3 destaca por una fuerte influencia de distribuciones platicúrticas (eslora; carga_total_transf.; v_transf._cont.) y sólo una distribución mesocúrtica (t°_nave_atracada). Esta condición implica la presencia de valores más dispersos alrededor de la media, con colas más ligeras, y menor probabilidad de valores atípicos (outliers).

Analizando la variable “eslora”, se evidencia una distribución notoriamente sesgada a la derecha, donde la media (253,39 m) se aleja significativamente de la mediana y la moda,



ambas en 230 m. Este comportamiento sugiere la presencia de naves de gran eslora, lo que incide en una elevación del promedio general. Esta configuración es propia de una línea de atraque que opera con naves de alta capacidad, pero donde aún predomina la atención de buques de dimensiones moderadas. Este fenómeno está asociado a ventanas operativas específicas para buques de gran calado, sin que constituyan el patrón más frecuente. Además, las favorables condiciones de la infraestructura y tecnología disponibles en esta LAC propician este comportamiento.

Respecto a los cuadros 18 y 19, es posible observar que de los 175 registros se hallan dos¹⁰ valores atípicos (outlier) que, debido a la cantidad de registros y su comportamiento, es posible eliminarlos cumpliendo con la restricción de la metodología que recomienda no exceder la eliminación de más del 5% de registros por cada variable. En este caso, al eliminar los registros se elimina el 1,14% del total de la muestra.

Adicionalmente, cabe precisar que solo hubo una nave que transfirió carga fraccionada¹¹ en la LAC N°3, registro que de por sí es un valor atípico, motivo por el cual no será considerado en los sucesivos cálculos.

3.2. Cálculo de la Capacidad Portuaria

La metodología del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones establece que, para lograr el cálculo de la capacidad portuaria, se debe seguir la siguiente formulación:

$$Capacidad\ Dedicada_{l,c,a} = V_{l,c,a} \times TO_{l,c,a} \times N_{l,c,a} \times H_{l,c,a}$$

$$Capacidad\ Ajustada_{l,c,a} = Capacidad\ Dedicada_{l,c,a} \times Factor\ de\ Participación_{l,c,a}$$

$$C_a = \sum_c \sum_l Capacidad\ Ajustada_{l,c,a}$$

$$Capacidad\ de\ Carga\ y\ Descarga = \sum_a C_a$$

Donde:

- l : línea de atraque continua.
- c : tipo de carga.
- a : administrador de la LAC.

¹⁰ Corresponden a los registros id: 3 e id: 72.

¹¹ Corresponde al registro id: 80.



- $V_{l,c,a}$: Velocidad de transferencia de naves en la LAC l , de tipo de carga c y administrador a .
- $N_{l,c,a}$: Número de sitios equivalentes en la LAC l , para naves del tipo de carga c y administrador a .
- $TO_{c,a}$: Tasa de ocupación máxima admisible para el conjunto de LAC del tipo de carga c y administrador a .
- $H_{l,c,a}$: Número de horas disponibles al año en la LAC l , para naves del tipo de carga c y administrador a .
- **Factor de Participación** $_{l,c,a}$: Participación en tiempo de ocupación bruto de naves en la LAC l , de tipo de carga c y administrador a .
- C_a : Capacidad del subsistema de transferencia en muelle del administrador a .

En términos generales, primero se determina la Capacidad Dedicada de una LAC “ l ” para el tipo de carga “ c ”, administrado por “ a ”, que supone que la Línea de Atraque Continua atiende sólo naves de ese tipo de carga. Luego, se determina la Capacidad Ajustada de esa LAC para cada tipo de carga y administrador, multiplicando la Capacidad Dedicada por la participación de cada tipo de carga, lo que corrige la estimación en los casos de líneas de atraque continuas que transfieren más de un tipo de carga, dado que el tiempo es compartido. Posteriormente, se determina la capacidad de transferencia en muelle de cada administrador (C_a), para finalizar con la Capacidad Base, que viene a ser la capacidad total de todos los tipos de carga del puerto en toneladas para este subsistema.

3.2.1. Cálculo de la velocidad de transferencia ($V_{l,c,a}$)

De acuerdo con la metodología, una vez se logra depurar la base de datos, se procede con la obtención de las velocidades de transferencia de carga en la LAC l , para un tipo de carga c y un administrador a , mediante el uso de estadígrafos cuyos criterios de utilización se indican a continuación:

- Se utiliza el percentil 75 para calcular las velocidades de transferencias del tipo de carga granel sólido, vehículos y contenedores, debido a las distorsiones que produce el uso de la media aritmética en esta clase de aplicaciones, y porque la metodología asume que es factible alcanzar un valor mayor al promedio de forma sostenible en el tiempo.
- Se utiliza el percentil 50 para calcular las velocidades de transferencias del tipo de carga fraccionada y mixta, porque para este tipo de carga se espera una varianza mayor, asumiéndose que la mediana es sostenible en el tiempo.



A continuación, se presentan las velocidades de transferencias que se utilizarán para el cálculo de la Capacidad Base, de acuerdo con los lineamientos estampados en el Anexo Metodológico para cada caso.

Cuadro 20

Velocidades de transferencia de carga de la muestra para una LAC “I”, un tipo de carga “c” y un administrador “a”.

	Percentil 75			Percentil 50	
	Contenedor	Granel	Vehículo	Fraccionada	Mixta
V 1,C,E	-	-	-	-	-
V 1,F,E	-	-	-	98,34	-
V 1,G,E	-	98,22	-	-	-
V 1,V,E	-	-	136,62	-	-
V 2,C,I	330,37	-	-	-	-
V 2,F,I	-	-	-	43,42	-
V 2,G,I	-	-	-	-	-
V 2,V,I	-	-	-	-	-
V 3,C,I	475,89	-	-	-	-
V 3,F,I	-	-	-	-	-
V 3,G,I	-	-	-	-	-
V 3,V,I	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia.

Para las Capacidades Optimizada y Proyectada, además de calcularse la velocidad de transferencia mediante un estadígrafo como se ha hecho, se incorpora un factor $\beta_{l,c,a}$ que refleja la optimización de la velocidad de transferencia, debido a un eventual escenario que incorpora mejoras tecnológicas de grúas, ductos, cintas transportadoras u otros equipamientos, ya que se suponen escenarios optimizados, los que dependen de la Línea de Atraque Continua (LAC) y el tipo de carga. Para determinar el factor de optimización es necesario definir qué equipamientos podrían instalarse potencialmente en la infraestructura existente y a qué LAC “I” de tipos de carga “c” administradas por “a” impactarían, siendo coherentes con los planes de desarrollo de cada puerto y sus concesionarios, cuando corresponda.

Para mantener la continuidad y coherencia en los cálculos, se abordará el cálculo del factor $\beta_{l,c,a}$ y, posteriormente, los demás cálculos que permitan determinar la Capacidad Optimizada, una vez se haya conseguido obtener la Capacidad Base del Puerto de Iquique.


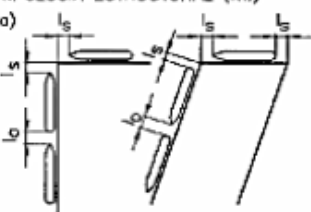
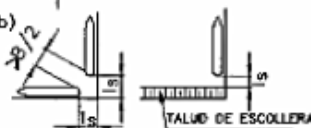


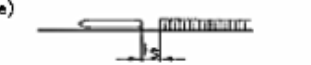
3.2.2. Cálculo de los Sitios Equivalentes ($N_{l,c,a}$)

Los Sitios Equivalentes representan estadísticamente la cantidad de naves que pueden ser atendidas simultáneamente en una LAC, considerando la distribución de esloras de las naves atracadas en un período. Por tratarse de una representación estadística, son números con hasta 2 decimales. Además, se debe considerar el factor de seguridad indicado por



DIRECTEMAR en la respectiva resolución de habilitación de operación del puerto. Como referencia, el Anexo Metodológico proporciona el ejemplo de la figura 5, donde se identifican las Recomendaciones de Obras Marítimas (ROM) de Puertos del Estado de España.

Figura 5
Recomendaciones de resguardo entre naves.

ESQUEMA REPRESENTATIVO DEL MUELLE	VALORES DE LAS VARIABLES EN FUNCION DE LA ESIORA TOTAL (L en m.) DEL BARCO MAYOR QUE AFECTA A LA DETERMINACION DE LA DIMENSION ANALIZADA				
	MAYOR DE 300	300-201	200-151	150-100	MEJOR DE 100 (1)
<p>1.-DISTANCIA "l₀" ENTRE BARCOS ATRACADOS EN LA MISMA ALINEACION (m.)</p>  <p>2.-SEPARACION "l_s" ENTRE BARCO Y CAMBIOS DE ALINEACION O DE TIPOLOGIA ESTRUCTURAL (m.)</p> <p>a)</p>  <p>b)</p>  <p>c)</p>  <p>d)</p>  <p>e)</p> 	30	25	20	15	10
30	25	20	10	5	
45/40	30	25	20	15	
30/25	20	15	15	10	
-/60	50	40	30	20	
20	15	15	10	10	

Fuente: Anexo Metodológico "Estimación Determinista de Capacidad de transferencia de Carga en Muelle Portuario", mayo de 2019.



El cálculo de los Sitios Equivalentes para un determinado tipo de nave, en una LAC específica, considera sólo aquellas naves del tipo de carga “c” que atracaron en esa línea.

Para la Capacidad Base y la Optimizada, se determina el número de Sitios Equivalentes en cada Línea de Atraque Continua, de acuerdo con la Guía Metodológica de Ámbito Marítimo Portuario, usando el campo “eslora” de la base de datos descrita para esta metodología. Luego, para determinar la Capacidad proyectada se proyecta la cantidad de naves atendidas y su distribución por rangos de eslora, para calcular los Sitios Equivalentes asociados a cada LAC, en cada corte temporal “t”.

Siguiendo con las disposiciones metodológicas se ha procedido de la siguiente manera:

- i. Se utilizó la base de datos depurada para proceder con el cálculo de los Sitios Equivalentes.
- ii. Se determinaron 29 categorías (i) que clasifican el rango de eslora de las naves. Estas categorías comienzan en una base de 81 metros de eslora y se extienden hasta los 370 metros, considerando un rango de 10 metros por categoría.
- iii. Se registró la cantidad de naves atendidas en cada categoría, de acuerdo con la longitud de sus esloras.
- iv. Se determinó la participación de cada categoría (i) respecto del total de naves atendidas en la línea de atraque, de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$\textit{Participación de la categoría i} = \frac{\textit{Cantidad de naves en categoría i}}{\textit{Total de naves}}$$

Donde:

Cantidad de naves en categoría i: Número de naves que por su eslora pertenecen a la categoría i.

Total, de naves: Todas las naves que atracaron en la Línea de atraque Continua durante el período.

- v. Se analizaron las resoluciones C.P.IQUE.ORD. N°12.600/52/VRS de fecha 7 de julio de 2015 y C.P.IQUE.ORD. N°12.600/46/VRS de fecha 19 de octubre de 2020, identificándose las recomendaciones de DIRECTEMAR respecto de cada uno de los sitios de atraque, sobre lo cual se obtuvieron las interpretaciones que más adelante se exponen para realizar el cálculo de los sitios de equivalentes.



Cuadro 21

Interpretaciones de las recomendaciones de resguardo de la DIRECTEMAR.

	C.P. IQUE. ORD. N°12.600/52/VRS. de fecha 07.07.2015	C.P. IQUE. ORD. N°12.600/46/VRS. de fecha 19.10.2020
Separación entre naves (I_0)	Buques amarrados en una misma LAC, deberán quedar separados entre ellos al menos 15 metros. Con marejadas la distancia será de 20 metros.	
Separación extremo sur (I_s)	En LAC N°2, las naves con eslora superior a 270 mts. deben atracar a 60 mts. de la explanada desde donde se proyecta el frente de atraque (desde bita 21).	---
Separación extremo sur (I_s)	En LAC N°3, las naves con eslora superior a 245 mts. deben atracar a 13 mts. de la bita 45 (extremo sur).	---

Fuente: Elaboración propia a partir de las resoluciones citadas en el primer renglón.

- vi. Se estableció el punto medio del rango de cada categoría.
- vii. Se determinó la cantidad de naves que pudieran ser atendidas simultáneamente según cada categoría (i), suponiendo naves de eslora igual al punto medio de la categoría.

$$\text{Cantidad de naves } i \text{ simultáneas} = \frac{\text{Largo de la Línea de Atraque}}{\text{Punto medio de la categoría } i}$$

Donde:

Largo de la línea de atraque: Es el largo de la línea de atraque en metros, descontando las distancias de seguridad de acuerdo con la eslora de la nave, en metros.

Punto medio de la categoría i: Valor correspondiente al punto medio del rango de cada categoría, en metros.

- viii. El número de sitios equivalentes se obtuvo aplicando la siguiente fórmula:

$$N_{eq} = \frac{1}{\sum_{i=1}^{\text{Categorías}} \frac{\text{Participación de la categoría } i}{\text{Cantidad de naves } i \text{ simultáneas}}}$$

Donde:

El numerador y denominador de la sumatoria fueron explicados en iv. y vii.

N_{eq} : Número de sitios equivalentes de la LAC considerada.



A continuación, se comparten los cálculos realizados en cada una de las Líneas de Atraque Continua y para cada tipo de carga.

Cuadro 22

Cálculo de los sitios equivalentes de la LAC N°1, administrada por Empresa Portuaria Iquique y correspondiente a la transferencia de vehículos.

Categoría i (rango)	Número naves	Participación de la Nave i	Separación seguridad entre naves (l_0)	Punto medio categoría	Cantidad naves i simultaneas	Sitios equivalentes
81 a 90		0,00	15	85	4,56	0,00
91 a 100		0,00	15	95	4,08	0,00
101 a 110		0,00	15	105	3,70	0,00
111 a 120		0,00	15	115	3,37	0,00
121 a 130		0,00	15	125	3,10	0,00
131 a 140		0,00	15	135	2,87	0,00
141 a 150		0,00	15	145	2,68	0,00
151 a 160		0,00	15	155	2,50	0,00
161 a 170	1	0,02	15	165	2,35	0,01
171 a 180	1	0,02	15	175	2,22	0,01
181 a 190	1	0,02	15	185	2,10	0,01
191 a 200	1	0,02	15	195	1,99	0,01
200 a 210	39	0,83	15	205	1,89	0,44
211 a 220		0,00	15	215	1,80	0,00
221 a 230	1	0,02	15	225	1,72	0,01
231 a 240	3	0,06	15	235	1,65	0,04
241 a 250		0,00	15	245	1,58	0,00
251 a 260		0,00	15	255	1,52	0,00
261 a 270		0,00	15	265	1,46	0,00
271 a 280		0,00	15	275	1,41	0,00
281 a 290		0,00	15	285	1,36	0,00
291 a 300		0,00	15	295	1,32	0,00
301 a 310		0,00	15	305	1,27	0,00
310 a 320		0,00	15	315	1,23	0,00
321 a 330		0,00	15	325	1,19	0,00
331 a 340		0,00	15	335	1,16	0,00
341 a 350		0,00	15	345	1,12	0,00
351 a 360		0,00	15	355	1,09	0,00
361 a 370		0,00	15	365	1,06	0,00
TOTALES	47	1,00				0,53

Neq	1,89
-----	------

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro 23**

Cálculo de los sitios equivalentes de la LAC N°1, administrada por Empresa Portuaria Iquique y correspondiente a la transferencia de carga fraccionada.

Categoría i (rango)	Número naves	Participación de la Nave i	Separación seguridad entre naves (l_o)	Punto medio categoría	Cantidad naves i simultaneas	Sitios equivalentes
81 a 90		0,00	15	85	4,56	0,00
91 a 100		0,00	15	95	4,08	0,00
101 a 110		0,00	15	105	3,70	0,00
111 a 120		0,00	15	115	3,37	0,00
121 a 130	1	0,20	15	125	3,10	0,06
131 a 140		0,00	15	135	2,87	0,00
141 a 150		0,00	15	145	2,68	0,00
151 a 160		0,00	15	155	2,50	0,00
161 a 170		0,00	15	165	2,35	0,00
171 a 180	4	0,80	15	175	2,22	0,36
181 a 190		0,00	15	185	2,10	0,00
191 a 200		0,00	15	195	1,99	0,00
200 a 210		0,00	15	205	1,89	0,00
211 a 220		0,00	15	215	1,80	0,00
221 a 230		0,00	15	225	1,72	0,00
231 a 240		0,00	15	235	1,65	0,00
241 a 250		0,00	15	245	1,58	0,00
251 a 260		0,00	15	255	1,52	0,00
261 a 270		0,00	15	265	1,46	0,00
271 a 280		0,00	15	275	1,41	0,00
281 a 290		0,00	15	285	1,36	0,00
291 a 300		0,00	15	295	1,32	0,00
301 a 310		0,00	15	305	1,27	0,00
310 a 320		0,00	15	315	1,23	0,00
321 a 330		0,00	15	325	1,19	0,00
331 a 340		0,00	15	335	1,16	0,00
341 a 350		0,00	15	345	1,12	0,00
351 a 360		0,00	15	355	1,09	0,00
361 a 370		0,00	15	365	1,06	0,00
TOTALES	5	1,00				0,43

Neq	2,35
-----	------

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro 24**

Cálculo de los sitios equivalentes de la LAC N°1, administrada por Empresa Portuaria Iquique y correspondiente a la transferencia de granel sólido.

Categoría i (rango)	Número naves	Participación de la Nave i	Separación seguridad entre naves (l_o)	Punto medio categoría	Cantidad naves i simultaneas	Sitios equivalentes
81 a 90		0,00	15	85	4,56	0,00
91 a 100		0,00	15	95	4,08	0,00
101 a 110		0,00	15	105	3,70	0,00
111 a 120		0,00	15	115	3,37	0,00
121 a 130	1	0,33	15	125	3,10	0,11
131 a 140	2	0,67	15	135	2,87	0,23
141 a 150		0,00	15	145	2,68	0,00
151 a 160		0,00	15	155	2,50	0,00
161 a 170		0,00	15	165	2,35	0,00
171 a 180		0,00	15	175	2,22	0,00
181 a 190		0,00	15	185	2,10	0,00
191 a 200		0,00	15	195	1,99	0,00
200 a 210		0,00	15	205	1,89	0,00
211 a 220		0,00	15	215	1,80	0,00
221 a 230		0,00	15	225	1,72	0,00
231 a 240		0,00	15	235	1,65	0,00
241 a 250		0,00	15	245	1,58	0,00
251 a 260		0,00	15	255	1,52	0,00
261 a 270		0,00	15	265	1,46	0,00
271 a 280		0,00	15	275	1,41	0,00
281 a 290		0,00	15	285	1,36	0,00
291 a 300		0,00	15	295	1,32	0,00
301 a 310		0,00	15	305	1,27	0,00
310 a 320		0,00	15	315	1,23	0,00
321 a 330		0,00	15	325	1,19	0,00
331 a 340		0,00	15	335	1,16	0,00
341 a 350		0,00	15	345	1,12	0,00
351 a 360		0,00	15	355	1,09	0,00
361 a 370		0,00	15	365	1,06	0,00
TOTALES	3	1,00				0,34

Neq	2,95
-----	------

Fuente: Elaboración propia.



Cuadro 25

Cálculo de los sitios equivalentes de la LAC N°2, administrada por Iquique Terminal Internacional y correspondiente a la transferencia de carga fraccionada.

Categoría i (rango)	numero naves	Participación de la Nave i	Separación seguridad entre naves (I ₀)	Separación extremo sur (I _s)	Punto medio categoría	Cantidad naves i simultaneas	Sitios equivalentes
81 a 90		0,00	15		85	3,76	0,00
91 a 100		0,00	15		95	3,37	0,00
101 a 110	1	0,02	15		105	3,05	0,01
111 a 120	6	0,15	15		115	2,78	0,05
121 a 130	11	0,27	15		125	2,56	0,10
131 a 140	3	0,07	15		135	2,37	0,03
141 a 150	6	0,15	15		145	2,21	0,07
151 a 160	3	0,07	15		155	2,06	0,04
161 a 170	3	0,07	15		165	1,94	0,04
171 a 180	2	0,05	15		175	1,83	0,03
181 a 190	5	0,12	15		185	1,73	0,07
191 a 200		0,00	15		195	1,64	0,00
200 a 210	1	0,02	15		205	1,56	0,02
211 a 220		0,00	15		215	1,49	0,00
221 a 230		0,00	15		225	1,42	0,00
231 a 240		0,00	15		235	1,36	0,00
241 a 250		0,00	15		245	1,31	0,00
251 a 260		0,00	15		255	1,25	0,00
261 a 270		0,00	15		265	1,21	0,00
271 a 280		0,00	15	60	275	1,00	0,00
281 a 290		0,00	15	60	285	0,96	0,00
291 a 300		0,00	15	60	295	0,93	0,00
301 a 310		0,00	15	60	305	0,90	0,00
310 a 320		0,00	15	60	315	0,87	0,00
321 a 330		0,00	15	60	325	0,85	0,00
331 a 340		0,00	15	60	335	0,82	0,00
341 a 350		0,00	15	60	345	0,80	0,00
351 a 360		0,00	15	60	355	0,77	0,00
361 a 370		0,00	15	60	365	0,75	0,00
TOTALES	41	1,00					0,45

Neq	2,23
-----	------

Fuente: Elaboración propia.



Cuadro 26

Cálculo de los sitios equivalentes de la LAC N°2, administrada por Iquique Terminal Internacional y correspondiente a la transferencia de contenedores.

Categoría i (rango)	numero naves	Participación de la Nave i	Separación seguridad entre naves (I _o)	Separación extremo sur (I _s)	Punto medio categoría	Cantidad naves i simultaneas	Sitios equivalentes
81 a 90		0,00	15		85	3,76	0,00
91 a 100		0,00	15		95	3,37	0,00
101 a 110		0,00	15		105	3,05	0,00
111 a 120		0,00	15		115	2,78	0,00
121 a 130		0,00	15		125	2,56	0,00
131 a 140		0,00	15		135	2,37	0,00
141 a 150		0,00	15		145	2,21	0,00
151 a 160		0,00	15		155	2,06	0,00
161 a 170	4	0,14	15		165	1,94	0,07
171 a 180	16	0,57	15		175	1,83	0,31
181 a 190	8	0,29	15		185	1,73	0,17
191 a 200		0,00	15		195	1,64	0,00
200 a 210		0,00	15		205	1,56	0,00
211 a 220		0,00	15		215	1,49	0,00
221 a 230		0,00	15		225	1,42	0,00
231 a 240		0,00	15		235	1,36	0,00
241 a 250		0,00	15		245	1,31	0,00
251 a 260		0,00	15		255	1,25	0,00
261 a 270		0,00	15		265	1,21	0,00
271 a 280		0,00	15	60	275	1,00	0,00
281 a 290		0,00	15	60	285	0,96	0,00
291 a 300		0,00	15	60	295	0,93	0,00
301 a 310		0,00	15	60	305	0,90	0,00
310 a 320		0,00	15	60	315	0,87	0,00
321 a 330		0,00	15	60	325	0,85	0,00
331 a 340		0,00	15	60	335	0,82	0,00
341 a 350		0,00	15	60	345	0,80	0,00
351 a 360		0,00	15	60	355	0,77	0,00
361 a 370		0,00	15	60	365	0,75	0,00
TOTALES	28	1,00					0,55

Neq	1,81
-----	------

Fuente: Elaboración propia.



Cuadro 27

Cálculo de los sitios equivalentes de la LAC N°3, administrada por Iquique Terminal Internacional y correspondiente a la transferencia de contenedores.

Categoría i (rango)	Número naves	Participación de la Nave i	Separación seguridad entre naves (I _o)	Separación extremo sur (I _s)	Punto medio categoría	Cantidad naves i simultaneas	Sitios equivalentes
81 a 90		0,00	15		85	3,28	0,00
91 a 100		0,00	15		95	2,94	0,00
101 a 110		0,00	15		105	2,66	0,00
111 a 120		0,00	15		115	2,43	0,00
121 a 130		0,00	15		125	2,23	0,00
131 a 140		0,00	15		135	2,07	0,00
141 a 150		0,00	15		145	1,92	0,00
151 a 160		0,00	15		155	1,80	0,00
161 a 170	14	0,08	15		165	1,69	0,05
171 a 180	10	0,06	15		175	1,59	0,04
181 a 190	5	0,03	15		185	1,51	0,02
191 a 200		0,00	15		195	1,43	0,00
200 a 210	14	0,08	15		205	1,36	0,06
211 a 220	6	0,03	15		215	1,30	0,03
221 a 230	40	0,23	15		225	1,24	0,19
231 a 240		0,00	15		235	1,19	0,00
241 a 250	5	0,03	15	13	245	1,15	0,03
251 a 260	8	0,05	15	13	255	1,10	0,04
261 a 270	16	0,09	15	13	265	1,06	0,09
271 a 280		0,00	15	13	275	1,02	0,00
281 a 290		0,00	15	13	285	0,99	0,00
291 a 300	18	0,10	15	13	295	0,95	0,11
301 a 310		0,00	15	13	305	0,92	0,00
310 a 320		0,00	15	13	315	0,89	0,00
321 a 330	9	0,05	15	13	325	0,86	0,06
331 a 340	28	0,16	15	13	335	0,84	0,19
341 a 350		0,00	15	13	345	0,81	0,00
351 a 360		0,00	15	13	355	0,79	0,00
361 a 370		0,00	15	13	365	0,77	0,00
TOTALES	173	1,00					0,89

Neq	1,12
-----	------

Fuente: Elaboración propia.



A continuación, se comparte un resumen de los sitios equivalentes obtenidos.

Cuadro 28

Valores de los sitios equivalentes obtenidos de acuerdo con su LAC, tipo de carga y administrador.

	Contenedor	Granel	Vehículo	Fraccionada	Mixta
N 1,C,E	-	-	-	-	-
N 1,F,E	-	-	-	2,35	-
N 1,G,E	-	2,95	-	-	-
N 1,V,E	-	-	1,89	-	-
N 2,C,I	1,81	-	-	-	-
N 2,F,I	-	-	-	2,23	-
N 2,G,I	-	-	-	-	-
N 2,V,I	-	-	-	-	-
N 3,C,I	1,12	-	-	-	-
N 3,F,I	-	-	-	-	-
N 3,G,I	-	-	-	-	-
N 3,V,I	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia.

3.2.3. Cálculo de la Tasa de Ocupación ($TO_{c,a}$)

La Tasa de Ocupación es una medida de la utilización de los sitios de atraque e indica la proporción del tiempo disponible en que los sitios están ocupados.

Diferentes organismos internacionales entregan una tasa de ocupación máxima admisible, según características del terminal y su operación, debido a que sobre esa tasa se observan efectos de congestión que encarecen el comercio exterior y, por ello, se sugiere evaluar la construcción de nueva infraestructura. Se considera esta recomendación para la tasa de ocupación, no el valor histórico de ocupación de las LAC, ya que se asume que en el largo plazo se debe operar en un nivel óptimo.

Se debe determinar el número de Sitios Equivalentes Relevantes, correspondientes a la suma de los Sitios Equivalentes de cada LAC, capaz de atender un tipo de carga “c” y que sean operadas por el administrador “a”.

$$\text{Sitios Equivalentes Relevantes}_{c,a} = \sum_l \text{Sitios Equivalentes}_{l,c,a}$$



Para esta metodología se ha adoptado el cuadro 29, con los valores de tasa de ocupación a utilizar, según la nave de tipo de carga “c” y la cantidad de Sitios Equivalentes Relevantes. Esta información se basa en las recomendaciones de Valencia Port (2011), estableciendo una fórmula continua para efectos de Sitios Equivalentes Relevantes con decimales.

Cuadro 29

Tasa de Ocupación Óptima Sugerida.

Tipo de nave	T.O. máxima admisible
Contenedores	$0,2835 * \ln(\text{Sitios Equivalentes Relevantes}_{c,a}) + 0,1710$
Fraccionada, Vehículos o Mixta	$0,2587 * \ln(\text{Sitios Equivalentes Relevantes}_{c,a}) + 0,2796$
Graneles	$0,1838 * \ln(\text{Sitios Equivalentes Relevantes}_{c,a}) + 0,5201$

Fuente: Anexo Metodológico “Estimación Determinista de Capacidad de transferencia de Carga en Muelle Portuario”, mayo de 2019.

A continuación, se comparten los valores obtenidos para los Sitios Equivalentes Relevantes y la Tasa de Ocupación Óptima Sugerida.

Cuadro 30

Sitios Equivalentes Relevantes.

	Contenedor	Fraccionada	Vehículos	Granel Sólido
E.P.I.	---	2,35	1,89	2,95
I.T.I.	2,93	2,23	---	---

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 31

Tasa de Ocupación Óptima Sugerida.

	Contenedor	Fraccionada	Vehículos	Granel Sólido
E.P.I.	---	0,50	0,44	0,72
I.T.I.	0,48	0,49	---	---

Fuente: Elaboración propia.

3.2.4. Cálculo de las Horas Disponibles ($H_{l,c,a}$)

Las horas disponibles son las horas totales del año en que es posible operar, rebajando los feriados legales (navidad y año nuevo) y aquellas restricciones operacionales de las instalaciones portuarias indicadas por la DIRECTEMAR para cada una de las líneas de atraque.

A continuación, se presentan las horas del año 2023, las horas de sus festivos, las horas de los cierres de puerto y las horas disponibles que tuvo cada Línea de Atraque Continua (LAC) ese año.

**Cuadro 32**

Desglose de la información utilizada para el cálculo de las horas disponibles el año 2023.

	Horas Totales	Horas Festivos	Cierre Puerto	Horas Disponibles
LAC N°1	8.760	48	390,83	8.321,17
LAC N°2	8.760	48	532,50	8.179,50
LAC N°3	8.760	48	603,17	8.108,83

Fuente: Elaboración propia.

3.2.5. Cálculo de la Capacidad Dedicada (C_a)

A continuación, se indica la fórmula empleada para el cálculo de la Capacidad Dedicada y, consecutivamente, los valores obtenidos en cada caso, todos ellos medidos en toneladas métricas.

$$Capacidad\ Dedicada_{l,c,a} = V_{l,c,a} \times TO_{c,a} \times N_{l,c,a} \times H_{l,c,a}$$

Cuadro 33

Valores de la capacidad dedicada de acuerdo con cada LAC, tipo de carga y administrador.

	Contenedor	Granel	Vehículo	Fraccionada	Mixta
CD 1,C,E	-	-	-	-	-
CD 1,F,E	-	-	-	963.013,09	-
CD 1,G,E	-	1.732.868,76	-	-	-
CD 1,V,E	-	-	954.776,65	-	-
CD 2,C,I	2.328.894,80	-	-	-	-
CD 2,F,I	-	-	-	385.713,89	-
CD 2,G,I	-	-	-	-	-
CD 2,V,I	-	-	-	-	-
CD 3,C,I	2.057.904,86	-	-	-	-
CD 3,F,I	-	-	-	-	-
CD 3,G,I	-	-	-	-	-
CD 3,V,I	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia.

3.2.6. Cálculo del Factor de Participación (*Factor de Participación* $_{l,c,a}$)

Utilizando la fórmula que se indica a continuación, se exponen los factores de participación del cuadro 34, los que indican la participación del tiempo de las naves de una LAC "I", para el tipo de carga "c" y un administrador "a".

$$Factor\ de\ Participación_{l,c,a} = \frac{\sum_{naves\ tipo\ carga\ "c" \in \{l,c,a\}} Tiempo\ Bruto\ de\ Ocupación}{\sum_{naves \in \{l,c,a\}} Tiempo\ Bruto\ de\ Ocupación}$$



Cuadro 34

Valores de la capacidad ajustada de acuerdo con cada LAC, tipo de carga y administrador.

	Contenedor	Granel	Vehículo	Fraccionada	Mixta
FP 1,C,E	-	-	-	-	-
FP 1,F,E	-	-	-	0,30	-
FP 1,G,E	-	0,17	-	-	-
FP 1,V,E	-	-	0,52	-	-
FP 2,C,I	0,15	-	-	-	-
FP 2,F,I	-	-	-	0,85	-
FP 2,G,I	-	-	-	-	-
FP 2,V,I	-	-	-	-	-
FP 3,C,I	1,00	-	-	-	-
FP 3,F,I	-	-	-	-	-
FP 3,G,I	-	-	-	-	-
FP 3,V,I	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia.

3.2.7. Cálculo de la Capacidad Ajustada de cada LAC ($Capacidad\ Ajustada_{l,c,a}$)

Teniendo a disposición la Capacidad Dedicada y el Factor de Participación, correlativamente se multiplican sus valores para obtener la Capacidad Ajustada, de acuerdo con la fórmula y el cuadro 35 que se exponen a continuación.

$$Capacidad\ Ajustada_{l,c,a} = Capacidad\ Dedicada_{l,c,a} \times Factor\ de\ Participación_{l,c,a}$$

Cuadro 35

Valores de la Capacidad Ajustada de acuerdo con cada LAC, tipo de carga y administrador.

	Contenedor	Granel Sólido	Vehículo	Fraccionada	Mixta
CA 1,C,E	-	-	-	-	-
CA 1,F,E	-	-	-	292.789,26	-
CA 1,G,E	-	300.810,55	-	-	-
CA 1,V,E	-	-	498.750,85	-	-
CA 2,C,I	353.174,54	-	-	-	-
CA 2,F,I	-	-	-	327.220,77	-
CA 2,G,I	-	-	-	-	-
CA 2,V,I	-	-	-	-	-
CA 3,C,I	2.057.904,86	-	-	-	-
CA 3,F,I	-	-	-	-	-
CA 3,G,I	-	-	-	-	-
CA 3,V,I	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia.



3.2.8. Cálculo de la Capacidad Base

Teniendo disponibles la capacidad ajustada de cada variable, es posible calcular la Capacidad Ajustada de cada administración de acuerdo con la fórmula que se comparte a continuación.

$$C_a = \sum_c \sum_l \text{Capacidad Ajustada}_{l,c,a}$$

A continuación, se comparten las capacidades ajustadas de Empresa Portuaria Iquique e Iquique Terminal Internacional.

$$Ca_{E.P.I.} = 1.092.350,66 \text{ toneladas métricas.}$$

$$Ca_{I.T.I.} = 2.738.300,17 \text{ toneladas métricas.}$$

Finalmente, tal y como se indica que la siguiente fórmula, se suman las capacidades ajustadas de ambas administraciones, obteniéndose la Capacidad Base que se indica a continuación.

$$\text{Capacidad de Carga y Descarga} = \sum_a C_a$$

$$\text{Capacidad Base} = 3.830.650,83 \text{ toneladas métricas.}$$

3.2.9. Cálculo de la Capacidad Optimizada

De acuerdo con la explicación del subtítulo 3.2.1.¹², la Capacidad Optimizada corresponde al producto cuyos factores son la Velocidad de Transferencia $V_{l,c,a}$ y el factor $\beta_{l,c,a}$, este último que refleja la optimización del primero, debido a un eventual escenario que incorpora mejoras tecnológicas de grúas, ductos, cintas transportadoras u otros equipamientos, ya que se suponen escenarios optimizados, los que dependen de la Línea de Atraque Continua (LAC) y el tipo de carga.

Figura 6

Fórmula para obtener la Velocidad de Transferencia Optimizada.

$$\overline{V_{l,c,a}} = V_{l,c,a} \times \beta_{l,c,a}$$

$$\beta_{l,c,a} \geq 1$$

Fuente: Anexo Metodológico "Estimación Determinista de Capacidad de transferencia de Carga en Muelle Portuario", mayo de 2019.

¹² Texto de la página 38, bajo el cuadro 20.



En este desarrollo, la Capacidad Optimizada y Proyectada coinciden porque el año 2030 se proyecta el inicio de una nueva concesión del Puerto de Iquique, cuyo enfoque le exigirá al eventual adjudicatario invertir en nueva infraestructura y la incorporación de nuevas tecnologías en el subsistema de transferencias de carga.

Aunque la inversión que será exigida por contrato se compone de infraestructura y equipamiento en los frentes de atraque concesionados, la primera requerirá plazos que impiden su explotación inmediata, motivo por el cual el factor de optimización $\beta_{l,c,a}$ solamente contiene la inversión en equipamiento que consiste en dos¹³ grúas Ship to Shore (STS), cuyos rendimientos operacionales alcanzan hasta 50 contenedores por hora por grúa, de acuerdo con los reportes emanados desde el Terminal Pacífico Sur (TPS) de Valparaíso. Actualmente, Iquique Terminal Internacional logra rendimientos de hasta 30 contenedores por hora utilizando grúas tipo Liebherr 550 y marca Gottwald.

De acuerdo con lo antes señalado, se calculó el factor de optimización como se indica a continuación:

$$\beta_{l,c,a} = \frac{50 \text{ (ton./hora)}}{30 \text{ (ton./hora)}} = 1,67$$

Los siguientes cuadros actualizaron los valores relacionados con la carga contenedorizada, administrada por I.T.I., debido a que el nuevo $\beta_{l,c,a}$ afecta dichos valores. Junto a los cuadros primitivos, permiten obtener la Capacidad Base optimizada del Puerto de Iquique.

Cuadro 36

Nuevos valores de la Velocidad de Transferencia en toneladas métricas por hora.

	Percentil 75			Percentil 50	
	Contenedor	Granel	Vehículo	Fraccionada	Mixta
V 1,C,E	-	-	-	-	-
V 1,F,E	-	-	-	98,34	-
V 1,G,E	-	98,22	-	-	-
V 1,V,E	-	-	136,62	-	-
V 2,C,I	551,72	-	-	-	-
V 2,F,I	-	-	-	43,42	-
V 2,G,I	-	-	-	-	-
V 2,V,I	-	-	-	-	-
V 3,C,I	794,73	-	-	-	-
V 3,F,I	-	-	-	-	-
V 3,G,I	-	-	-	-	-
V 3,V,I	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia.

¹³ Es posible que las exigencias contractuales que se han venido estudiando cambien. Sin embargo, hasta la fecha de redacción del presente documento ha sido considerado el equipamiento indicado.

**Cuadro 37**

Nuevos valores de la Capacidad Dedicada.

	Contenedor	Granel	Vehículo	Fraccionada	Mixta
CD 1,C,E	-	-	-	-	-
CD 1,F,E	-	-	-	963.013,09	-
CD 1,G,E	-	1.732.868,76	-	-	-
CD 1,V,E	-	-	954.776,65	-	-
CD 2,C,I	3.889.254,31	-	-	-	-
CD 2,F,I	-	-	-	385.713,89	-
CD 2,G,I	-	-	-	-	-
CD 2,V,I	-	-	-	-	-
CD 3,C,I	3.436.701,11	-	-	-	-
CD 3,F,I	-	-	-	-	-
CD 3,G,I	-	-	-	-	-
CD 3,V,I	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 38

Nuevos valores de la Capacidad Ajustada.

	Contenedor	Granel Sólido	Vehículo	Fraccionada	Mixta
CA 1,C,E	-	-	-	-	-
CA 1,F,E	-	-	-	292.789,26	-
CA 1,G,E	-	300.810,55	-	-	-
CA 1,V,E	-	-	498.750,85	-	-
CA 2,C,I	589.801,49	-	-	-	-
CA 2,F,I	-	-	-	327.220,77	-
CA 2,G,I	-	-	-	-	-
CA 2,V,I	-	-	-	-	-
CA 3,C,I	3.436.701,11	-	-	-	-
CA 3,F,I	-	-	-	-	-
CA 3,G,I	-	-	-	-	-
CA 3,V,I	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se comparten la capacidad ajustada de Empresa Portuaria Iquique y la proyectada de Iquique Terminal Internacional, así como la Capacidad Base Optimizada del Puerto de Iquique.

$$Ca_{E.P.I. \text{ proyectada}} = 1.092.350,66 \text{ toneladas métricas.}$$

$$Ca_{I.T.I. \text{ proyectada}} = 4.353.723,37 \text{ toneladas métricas.}$$

$$\text{Capacidad Base Optimizada} = 5.446.074,03 \text{ toneladas métricas.}$$