SIOP 2026 | COQUIMBO XI Seminario Internacional de Ingeniería y Operación Portuaria

XI SEMINARIO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA Y OPERACIÓN PORTUARIA

TRANSFORMACIÓN DIGITAL DE PROCESOS DE GESTIÓN PORTUARIA: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE INTERCAMBIO Y TRAZABILIDAD DE INFORMACIÓN EN EMPRESA PORTUARIA COQUIMBO

Javier Ferreira Villarroel, Javiera González Godoy, Vicente Castro Ravello

RESUMEN

La gestión de un contrato de concesión portuaria requiere intercambiar y controlar de forma permanente información operacional, documental y contractual. En la Empresa Portuaria Coquimbo, parte de estos antecedentes se encontraba distribuida entre correos, planillas y documentos independientes, generando actividades manuales, reprocesos y dificultades de trazabilidad. A partir de esta problemática, se diseñó e implementó una solución modular orientada a estructurar el intercambio de información entre EPCO y su concesionario. La metodología combinó Business Process Management (BPM) para levantar los escenarios AS-IS y diseñar los procesos TO-BE, con Scrumban para desarrollar y validar iterativamente la solución mediante Microsoft Power Platform y SharePoint. La implementación considera Tarifas y Descuentos, Calidad de Servicio y Protocolo Hortofrutícola, utilizando Planificación Naviera como fuente transversal. La evaluación permitió estimar posibles mejoras en la eficiencia administrativa y la reducción de reprocesos, además de verificar mediante pruebas funcionales los controles y mecanismos de trazabilidad incorporados. El caso muestra que estructurar y reutilizar la información constituye una base para fortalecer la gestión contractual y avanzar hacia mayores niveles de integración e interoperabilidad portuaria.

Palabras clave: transformación digital portuaria, trazabilidad, interoperabilidad, gestión de procesos, concesión portuaria.

[1]Javier Ferreira Villarroel, Ingeniero Civil Industrial, javier.ferreira@alumnos.ucn.cl
[2]Javiera González Godoy, Ingeniera Civil Industrial, javiera.gonzalez06@alumnos.ucn.cl
[3]Vicente Castro Ravello, Ingeniero Civil Industrial, vicente.castro01@alumnos.ucn.cl

INTRODUCCIÓN

Para el sector marítimo-portuario, la transformación digital es el eje principal de la modernización; el volumen de datos que transita a diario entre las autoridades portuarias, terminales, agencias navieras, organismos públicos y los demás participantes de la cadena logística ha aumentado la necesidad de disponer de procesos que registren, compartan y usen los datos de forma oportuna, estandarizada y trazable. Digitalizar un puerto no es solo remplazar papeles por registros digitales, es cambiar la forma en que coordinamos y gestionamos la información.

De acuerdo con el Banco Mundial e IAPH (2021), avanzar en este proceso requiere desarrollar previamente capacidades asociadas a la estandarización de procesos, disponibilidad de datos e integración entre sistemas y organizaciones. En la misma línea, Saade Hazin (2026) señala que la interoperabilidad, la gobernanza, la colaboración entre los actores y la calidad de los datos son clave para avanzar hacia mayores niveles de digitalización. Esta necesidad también aparece en Chile, donde durante los últimos años se han impulsado iniciativas orientadas a fortalecer la digitalización y la interoperabilidad del sistema marítimo-portuario.

Dentro de este contexto se encuentra la Empresa Portuaria Coquimbo (EPCO), empresa estatal responsable de administrar y desarrollar el Puerto de Coquimbo, entre cuyas funciones se encuentra recibir, revisar y controlar información operacional, documental y contractual proporcionada por el concesionario. Sin embargo, se identificaron brechas de estandarización, validación y trazabilidad que obligaban al equipo a realizar tareas manuales de búsqueda, transcripción y consolidación de antecedentes, generando reprocesos debido a información incompleta o inconsistente.

Para abordar esta problemática, se diseñó e implementó una solución modular basada en Microsoft Power Platform y SharePoint, que integra el rediseño de procesos, las disposiciones contractuales, la automatización y mecanismos de seguimiento para estructurar y centralizar el intercambio de información entre EPCO y el concesionario. De esta manera, el trabajo busca fortalecer la gestión de los procesos vinculados al Contrato de Concesión mediante controles y reutilización de datos, estableciendo una estructura que, si bien no constituye una plataforma de integración para toda la comunidad portuaria, puede servir como base para futuras iniciativas de interoperabilidad.

1 TRANSFORMACIÓN DIGITAL EN EL CONTEXTO PORTUARIO

1.1 Madurez digital y capacidades habilitantes

El Banco Mundial y la International Association of Ports and Harbors (IAPH, 2021) explican que la digitalización en los puertos es una evolución progresiva que comienza con el intercambio electrónico de datos y las ventanillas únicas marítimas, continúa con la implementación de Port Community Systems (PCS) y Port Management Systems (PMS), orientados a integrar la información

y coordinar procesos entre organizaciones y puede evolucionar hacia modelos de Smart Port sustentados en inteligencia artificial, analítica avanzada o gemelos digitales. Sin embargo, esto no significa que cada puerto deba adoptar todas las tecnologías disponibles, sino entender que para capacidades más complejas es fundamental tener una gobernanza, colaboración, interoperabilidad y una alta calidad de los datos.

1.2 Interoperabilidad y Port Community Systems

La interoperabilidad es lo que permite que distintos sistemas y organizaciones puedan intercambiar e interpretar correctamente los datos a lo largo de todo el ciclo operativo. En un entorno portuario, donde interactúa un ecosistema complejo de actores públicos y privados, operar sin una estructura común puede provocar ingresos manuales repetidos, discrepancias entre registros y actividades adicionales de conciliación de información. Los Port Community Systems (PCS) están diseñados para solucionar esta problemática, actúan como plataformas que facilitan el intercambio estructurado de datos y la coordinación de procesos dentro de la comunidad portuaria.

En América Latina y el Caribe, Saade Hazin (2026) destaca la importancia de estos sistemas para mejorar la eficiencia y resiliencia portuaria, señalando que su implementación requiere gobernanza, colaboración y datos de calidad. Bajo este enfoque, uno de los principios fundamentales es registrar la información una sola vez y permitir su reutilización en los procesos que la requieran, reduciendo duplicidades y fortaleciendo la coherencia de los antecedentes.

1.3 Contexto chileno

En Chile, el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones (MTT) publicó en 2024 los lineamientos para implementar Port Community Systems en empresas portuarias estatales (MTT, 2024), iniciativa que se complementa con la Ventanilla Única Marítima (VUMAR), orientada a digitalizar y estandarizar los trámites asociados a la llegada, permanencia y zarpe de naves, en concordancia con las exigencias internacionales de Maritime Single Window vigentes desde enero de 2024 (IMO, 2024). A nivel local, VUMAR inició sus operaciones en la Región de Coquimbo en julio de 2025 (MTT, 2025).

Asimismo, la aprobación de la Política Nacional Logística Portuaria establece objetivos de coordinación, eficiencia, resiliencia y sostenibilidad del sistema (MTT, 2026), reforzando el avance de la transformación digital en distintas escalas. Mientras las plataformas nacionales y comunitarias buscan integrar información entre organizaciones, las empresas portuarias deben fortalecer sus procesos internos, mecanismos de validación y estructuras de datos para facilitar su incorporación a estos ecosistemas interoperables.

2 CASO DE ESTUDIO Y PROBLEMÁTICA

2.1 Empresa Portuaria Coquimbo y contexto de la concesión

La Empresa Portuaria Coquimbo (EPCO) es una empresa autónoma del Estado, creada mediante la Ley N° 19.542, responsable de administrar, explotar, desarrollar y conservar el Puerto de Coquimbo. Actualmente, su frente de atraque opera bajo un modelo de concesión, por lo que EPCO debe supervisar el cumplimiento de las obligaciones contractuales, labor desarrollada principalmente por el área de Concesiones y Desarrollo, encargada de recibir, validar y procesar antecedentes operacionales, administrativos y contractuales.

Dada la naturaleza de la operación portuaria, una misma nave o período puede generar información utilizada en distintos procesos, haciendo fundamental garantizar su disponibilidad, coherencia y trazabilidad. Esta necesidad de compartir y controlar antecedentes constituye la base de la problemática abordada, orientada a fortalecer la gestión de información vinculada al Contrato de Concesión.

2.2 Procesos considerados en el caso de estudio

El proyecto consideró cuatro procesos relacionados con la gestión del Contrato de Concesión: Planificación Naviera, Protocolo Hortofrutícola, Calidad de Servicio y Tarifas y Descuentos.

Planificación Naviera concentra los antecedentes operacionales de las naves programadas en el Puerto de Coquimbo, incluyendo fechas de llegada, atraque y zarpe, tipo de operación y carga asociada, información que posteriormente se utiliza en Protocolo Hortofrutícola y Calidad de Servicio. El primero contempla el registro, envío y revisión de antecedentes de operaciones hortofrutícolas, sujetos a etapas y plazos establecidos, mientras que el segundo corresponde a una evaluación periódica de tiempos e indicadores asociados a la atención de las naves.

Por su parte, Tarifas y Descuentos comprende la gestión de solicitudes de creación, modificación, reajuste, desagregación o eliminación de tarifas, junto con las etapas de análisis, revisión y formalización realizadas por EPCO. Aunque cada proceso presenta reglas y condiciones particulares, todos requieren intercambiar información entre EPCO y el concesionario, controlar estados y plazos, revisar antecedentes y conservar registros de las acciones realizadas.

2.3 Situación inicial

Previo al desarrollo del proyecto, el intercambio de información entre EPCO y el concesionario dependía principalmente de correos electrónicos, planillas Excel y documentos independientes, generando una dispersión documental que aumentaba los tiempos de búsqueda, consolidación y revisión de antecedentes. A esto se sumaba la ausencia de una estructura común, que obligaba a ingresar repetidamente información de las naves en procesos como Calidad de Servicio y Protocolo Hortofrutícola, aumentando el riesgo de inconsistencias.

Asimismo, el seguimiento de plazos, estados y documentación requería verificaciones manuales, mientras que los antecedentes incompletos o incorrectos generaban solicitudes de corrección y nuevos ciclos de revisión. Esta fragmentación también limitaba la trazabilidad, dificultando conocer el estado actualizado de cada solicitud y reconstruir las acciones realizadas por ambas partes.

2.4 Brechas identificadas

A partir del levantamiento de los procesos se identificaron las principales brechas que afectaban el intercambio de información y el rendimiento del equipo. El detalle de estas deficiencias estructurales, junto con su impacto directo en las actividades diarias, se resume en la Tabla 1.

Tabla 1: Principales brechas identificadas en los procesos analizados.

Brecha	Situación observada	Efecto en la gestión
Dispersión de la información	Los antecedentes de un mismo proceso se encontraban fragmentados entre correos electrónicos, planillas y documentos.	Excesivo tiempo invertido en la búsqueda y consolidación manual de la información.
Baja estandarización	La información era recibida mediante distintos formatos, requiriendo en algunos casos su revisión y adecuación antes de ser utilizada.	Mayor tiempo de revisión y necesidad de preparar los antecedentes antes de utilizarlos.
Duplicidad de registros	Los datos transversales (como la información de una nave) debían ingresarse nuevamente al pasar a ser requeridos por otro proceso.	Alto riesgo de generar inconsistencias entre registros y constantes reprocesos.
Actividades manuales de control	La revisión de fechas, plazos, estados, antecedentes pendientes y documentación dependía en gran medida de verificaciones realizadas por los usuarios.	Mayor carga de trabajo asociada al control y seguimiento de los procesos.
Trazabilidad limitada	Carencia de una estructura única que permitiera consultar el historial de decisiones, estados y responsables durante cada proceso.	Pérdida de visibilidad sobre el avance del proceso y gran dificultad para reconstruir acciones pasadas.

Este diagnóstico permitió definir los requerimientos funcionales y orientar el diseño de la solución sobre cuatro pilares: centralización de información, reutilización de datos validados, automatización de controles y trazabilidad de las acciones realizadas.

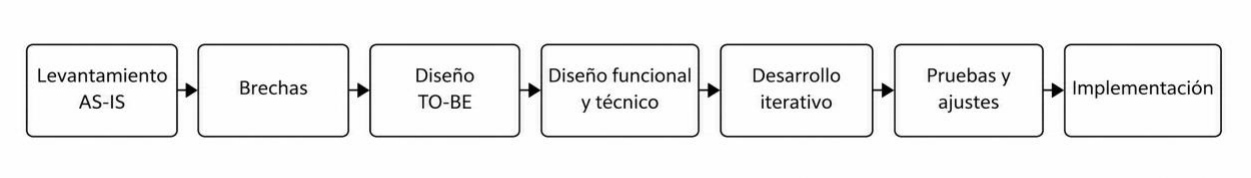
3 METODOLOGÍA, DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN

3.1 Enfoque y etapas de desarrollo

Para estructurar el proyecto se combinaron dos enfoques complementarios: Business Process Management (BPM) y Scrumban. El primero permitió levantar y analizar los procesos existentes, identificar brechas y diseñar los escenarios futuros (TO-BE), siguiendo las etapas propuestas por Dumas et al. (2018). Este levantamiento se realizó mediante reuniones con los usuarios responsables, revisión documental y análisis del Contrato de Concesión y sus anexos, identificando actividades, participantes, reglas de negocio y puntos de intercambio de información entre EPCO y el concesionario.

Posteriormente, las brechas identificadas se tradujeron en requerimientos orientados a reducir el ingreso repetido de datos, incorporar controles y fortalecer la trazabilidad, mientras que Scrumban permitió organizar el desarrollo mediante iteraciones sucesivas, pruebas y revisiones periódicas con los usuarios de EPCO (Ladas, 2009). Estas instancias facilitaron ajustes en las reglas de negocio y el funcionamiento de los procesos antes de completar su implementación, siguiendo las etapas resumidas en la Figura 1.

Figura 1: Etapas principales de la metodología aplicada.



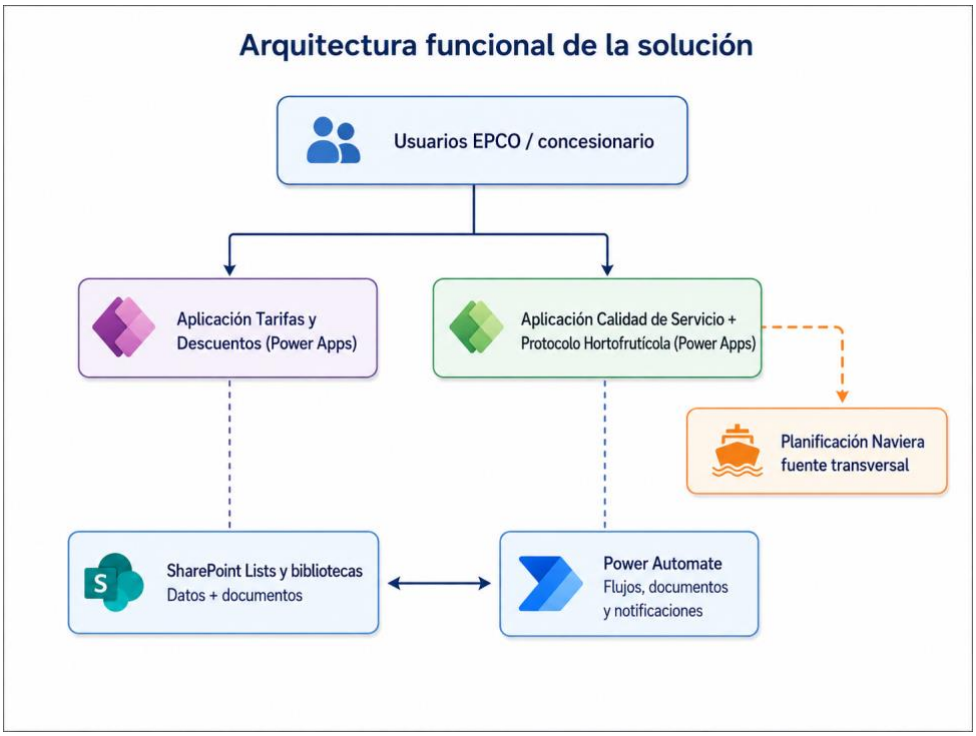
Fuente: Elaboración propia.

3.2 Diseño e implementación de la solución

A partir de los escenarios TO-BE se diseñó una solución modular para los procesos de Tarifas y Descuentos, Calidad de Servicio y Protocolo Hortofrutícola, incorporando Planificación Naviera como fuente transversal de información operacional. Su arquitectura se desarrolló mediante Microsoft Power Platform y SharePoint, utilizando Power Apps como interfaz de interacción, listas y bibliotecas de SharePoint para almacenar registros y documentos, y Power Automate para ejecutar automatizaciones asociadas a generación documental, notificaciones, actualización de estados y procesamiento de información.

La solución se estructuró en dos aplicaciones, una destinada exclusivamente a Tarifas y Descuentos y otra que integra Calidad de Servicio y Protocolo Hortofrutícola, permitiendo conservar las reglas, etapas y condiciones particulares de cada proceso, junto con criterios comunes de gestión de usuarios, registros, estados y documentación. La arquitectura funcional se presenta en la Figura 2 y, una vez finalizado el desarrollo, el sistema fue entregado a EPCO en condiciones de ser utilizado, quedando pendiente su puesta en operación habitual debido a factores internos de la empresa.

Figura 2: Arquitectura funcional de la solución.



Fuente: Elaboración propia.

3.3 Integración de información, automatización y trazabilidad

Uno de los principales criterios de diseño fue reutilizar los antecedentes disponibles entre procesos, utilizando Planificación Naviera como fuente común de información sobre fechas operacionales, tipos de operación y características de la carga, posteriormente empleada en Calidad de Servicio y Protocolo Hortofrutícola.

Asimismo, se automatizaron actividades que anteriormente requerían verificaciones manuales, incluyendo controles de estados y plazos, generación documental, consolidación de antecedentes y envío de notificaciones, mientras que la trazabilidad se incorporó mediante relaciones entre solicitudes, naves, períodos, expedientes, documentos y decisiones. De esta manera, la solución no se limitó a digitalizar los procedimientos existentes, sino que integró reglas de negocio, automatización y mecanismos de seguimiento para mantener la información vinculada durante las distintas etapas de cada proceso.

3.4 Procedimiento de evaluación y estimación de resultados

Para evaluar los posibles efectos sobre la eficiencia administrativa, se compararon los tiempos de ejecución de los procedimientos tradicionales (AS-IS) con los procesos rediseñados mediante el sistema (TO-BE). Dada la baja estandarización de los procedimientos originales, la evaluación se centró en el tiempo necesario para completar cada tarea administrativa, en lugar de medir individualmente las actividades que la componían.

En el escenario AS-IS, los tiempos de referencia se establecieron a partir del levantamiento de procesos y las estimaciones proporcionadas por los analistas del área de Concesiones y Desarrollo de EPCO, considerando su experiencia en la ejecución habitual de las actividades, mientras que para el escenario TO-BE se realizaron pruebas funcionales utilizando antecedentes de solicitudes reales previamente gestionadas por la empresa. Estas pruebas permitieron obtener tiempos aproximados de ejecución e identificar tareas simplificadas, automatizadas o eliminadas, concentrando la comparación en actividades administrativas de búsqueda, preparación, transcripción y consolidación de información, sin incluir la revisión técnica y contractual que continúa siendo responsabilidad de EPCO.

Para las actividades que permanecieron en el proceso rediseñado, se contrastaron los tiempos aproximados de ambos escenarios, mientras que en aquellas eliminadas mediante la solución se estimó el tiempo potencialmente liberado, considerando su duración original y los volúmenes históricos de trabajo. Complementariamente, la evaluación de la calidad de información consideró antecedentes históricos de reprocesos y completitud documental, junto con los controles incorporados en las aplicaciones, mientras que la trazabilidad se verificó mediante pruebas funcionales de las relaciones entre registros, documentos, estados y decisiones.

La evaluación tuvo un carácter exploratorio, orientado a verificar el funcionamiento de la solución y obtener una primera aproximación a sus beneficios administrativos, por lo que los tiempos obtenidos en las pruebas TO-BE se contrastaron con las referencias históricas proporcionadas por una analista experimentada del área. En consecuencia, los resultados corresponden a estimaciones referenciales de eficiencia, cuya magnitud deberá validarse posteriormente durante la operación habitual del sistema.

4 RESULTADOS

Los resultados se analizaron considerando tres efectos principales de la solución: reducción de actividades administrativas, mejora en el control de la información y mayor trazabilidad. Las estimaciones se obtuvieron a partir de antecedentes históricos y pruebas funcionales de los escenarios AS-IS y TO-BE, excluyendo el tiempo de revisión técnica o contractual realizado por EPCO. Dado que la solución aún no ha sido evaluada en operación real, los efectos sobre tiempos, reprocesos y completitud se presentan como resultados esperados, mientras que los controles y mecanismos de trazabilidad fueron verificados durante las pruebas.

4.1 Reducción de actividades administrativas

En el proceso de Tarifas y Descuentos se utilizó como caso de referencia el reajuste de descuentos asociados al concentrado de cobre, debido a la cantidad de actividades manuales requeridas para su preparación. Para el escenario AS-IS, se consideró un tiempo aproximado de 8 horas-hombre, estimado a partir de la experiencia de la analista responsable del proceso, quien debía transcribir, comparar y verificar los antecedentes durante una jornada de trabajo.

En el escenario TO-BE, las pruebas realizadas con solicitudes reales mediante la aplicación permitieron establecer un tiempo referencial de aproximadamente 1 hora-hombre para las actividades administrativas correspondientes. Esta diferencia se atribuye principalmente a la estructuración de datos y la automatización de tareas anteriormente manuales. Para estimar la variación se utilizó la siguiente expresión:

$$R = \frac{T_{AS-IS} - T_{TO-BE}}{T_{AS-IS}} \times 100 \qquad (1)$$

Aplicando los tiempos considerados:

$$R = \frac{8 - 1}{8} \times 100 = 87{,}5 \qquad (2)$$

De esta manera, se obtuvo una reducción estimada del 87,5 % en el tiempo administrativo para el caso analizado. Este resultado corresponde a una aproximación basada en las pruebas realizadas y no representa una reducción generalizable a todas las solicitudes del proceso. Asimismo, no considera el tiempo destinado a la revisión técnica o contractual realizada por EPCO, debido a que dichas actividades se mantienen en el escenario TO-BE.

En Calidad de Servicio, la preparación de la información correspondiente a cada trimestre requería aproximadamente dos semanas de trabajo en jornadas de 4,5 horas, equivalentes a cerca de 45 horas-hombre para un período con alrededor de 50 naves. Este tiempo se destinaba principalmente a reunir, ordenar y preparar los antecedentes necesarios antes de iniciar la revisión.

En el escenario TO-BE, la aplicación automatiza la organización y asociación de los antecedentes de cada nave al trimestre correspondiente, eliminando la etapa de preparación manual previa a la revisión. Por esta razón, se estima una reducción potencial de aproximadamente 45 horas-hombre por trimestre, correspondientes a las actividades administrativas que dejan de realizarse. Esta estimación no incluye el análisis técnico de los indicadores, que continúa siendo responsabilidad de EPCO.

En Protocolo Hortofrutícola, la conformación documental de cada expediente requería aproximadamente 40 minutos de trabajo administrativo. Considerando 19 expedientes históricos como referencia, esta actividad representaba cerca de 12,67 horas-hombre por temporada, destinadas principalmente a reunir, ordenar y preparar los antecedentes antes de iniciar su revisión.

En el escenario TO-BE, la aplicación permite que los documentos y antecedentes queden organizados y asociados automáticamente a cada expediente desde su incorporación, eliminando la necesidad de realizar posteriormente su recopilación y preparación manual. Considerando los 19 expedientes históricos de referencia, se estima una reducción potencial de 12,67 horas-hombre por temporada, correspondientes a esta actividad administrativa. La revisión técnica de los antecedentes continúa siendo realizada por EPCO.

4.2 Calidad de información

Además de reducir actividades administrativas, la solución incorpora controles orientados a disminuir errores de ingreso, antecedentes incompletos y reprocesos. Estos efectos se presentan como resultados esperados del escenario TO-BE, ya que aún no han sido medidos durante un período prolongado de operación real.

En Tarifas y Descuentos, el caso histórico utilizado como referencia registró cuatro ciclos de reproceso posteriores a la revisión inicial. En el escenario TO-BE, la incorporación de validaciones y controles durante el ingreso de información busca prevenir las inconsistencias que anteriormente generaban nuevas revisiones. No obstante, considerando que podrían presentarse situaciones puntuales que requieran correcciones adicionales, se estableció como supuesto conservador un reproceso excepcional. Bajo este escenario, la reducción potencial de ejecuciones se estimó mediante la siguiente expresión:

$$R_r = \frac{E_{AS-IS} - E_{TO-BE}}{E_{AS-IS}} \times 100 \qquad (3)$$

Considerando cinco ejecuciones en el escenario AS-IS y dos en el escenario TO-BE:

$$R_r = \frac{5 - 2}{5} \times 100 = 60 \qquad (4)$$

Bajo el supuesto considerado, se obtiene una reducción potencial del 60 % en la cantidad de ejecuciones del proceso. Este resultado corresponde al escenario hipotético TO-BE y no a una reducción observada durante la operación real, por lo que deberá validarse posteriormente.

En Calidad de Servicio, se analizaron 37 datos críticos requeridos durante el proceso, clasificándolos según los mecanismos de validación incorporados en la aplicación. Se identificaron 25 datos con control fuerte, correspondiente a validaciones automáticas de obligatoriedad, formato o consistencia; 9 con control parcial, cuya verificación requiere intervención del usuario; y 3 sin control directo. Para representar esta cobertura se utilizó el Índice de Control de Datos de Ingreso (ICDI), asignando una ponderación de 1 a los controles fuertes, 0,5 a los parciales y 0 a los datos sin control. Esta ponderación constituye un criterio de evaluación definido para el estudio:

$$ICDI = \frac{N_F + 0{,}5N_P}{N_T} \times 100 \qquad (5)$$

Aplicando los valores analizados:

$$ICDI = \frac{25 + (0{,}5 \times 9)}{37} \times 100 = 79{,}7 \qquad (6)$$

El resultado corresponde a una cobertura de control de 79,7 % sobre los datos críticos. Este indicador refleja los controles incorporados en la aplicación y no reemplaza la revisión de la veracidad de los antecedentes por parte de EPCO.

En Protocolo Hortofrutícola, de 19 expedientes históricos revisados, solo uno contenía la totalidad de los antecedentes críticos, equivalente a una completitud formal de 5,3 %. En el escenario TO-BE, la aplicación incorpora validaciones que condicionan el avance de determinadas etapas a la incorporación de los antecedentes obligatorios. Por lo tanto, se espera mejorar la completitud formal de los expedientes, aunque su magnitud deberá comprobarse durante la operación habitual del sistema. Estas validaciones permiten controlar la presencia de documentación requerida, pero no garantizan por sí solas la exactitud de su contenido.

4.3 Trazabilidad e integración de la información

La trazabilidad fue verificada durante las pruebas funcionales de las aplicaciones. En Tarifas y Descuentos fue posible reconstruir el historial de cada solicitud y sus acciones asociadas; en Calidad de Servicio, mantener la relación entre períodos, naves y antecedentes de revisión; y en Protocolo Hortofrutícola, vincular las distintas etapas, documentos y decisiones de cada expediente.

Además, Planificación Naviera permite reutilizar antecedentes operacionales de las naves en Calidad de Servicio y Protocolo Hortofrutícola, reduciendo el ingreso repetido de información y manteniendo una referencia común entre procesos. De esta forma, el seguimiento deja de depender de correos, planillas o documentos aislados y pasa a formar parte de la estructura de información del propio sistema.

5 DISCUSIÓN

Los resultados muestran que el principal aporte de la solución no radica únicamente en digitalizar documentos, sino en rediseñar el intercambio de información y fortalecer su control, considerando que, en el escenario inicial, gran parte de los antecedentes ya existía en formato digital, pero su dispersión generaba tareas manuales de búsqueda, transcripción y consolidación. Frente a esta situación, la solución desarrollada permite estructurar los datos, mantenerlos asociados a sus respectivos procesos y reutilizarlos en etapas posteriores, incorporando reglas de negocio, validaciones y mecanismos de seguimiento que fortalecen la gestión contractual entre EPCO y el concesionario.

Un ejemplo de esta integración es Planificación Naviera, que actúa como fuente común de antecedentes operacionales para Calidad de Servicio y Protocolo Hortofrutícola, evitando el ingreso repetido de información y estableciendo una base para futuras iniciativas de interoperabilidad, aunque actualmente su alcance se limita a la arquitectura interna de EPCO. Asimismo, la automatización de actividades administrativas permite proyectar una menor carga de trabajo y concentrar los esfuerzos en tareas de análisis y revisión contractual, mientras que los controles incorporados buscan disminuir inconsistencias y antecedentes incompletos, sin sustituir la revisión realizada por EPCO, dado que verificar formatos, obligatoriedad y cálculos no garantiza la veracidad de la información declarada.

En materia de trazabilidad, la solución permite mantener relacionados los registros, documentos y decisiones de cada proceso, facilitando la reconstrucción de solicitudes y expedientes sin depender de fuentes dispersas, aspecto especialmente relevante para el seguimiento de obligaciones contractuales. Su implementación también evidenció que la transformación digital requiere definir previamente estados, responsabilidades, reglas de avance y relaciones entre datos, por lo que el levantamiento AS-IS y el diseño TO-BE resultaron fundamentales para estructurar la solución, en concordancia con lo planteado por el Banco Mundial e IAPH y Saade Hazin respecto de la importancia de la gobernanza, colaboración y calidad de los datos.

Como referencia comparativa, la Empresa Portuaria Arica (2011) documenta el desarrollo de Conexión Arica, un Port Community System (PCS) cuya primera etapa consideró el levantamiento de procesos y la organización de información logística, mientras que el Hamburg Vessel Coordination Center (HVCC, s.f.), en Alemania, dispone de una plataforma colaborativa que centraliza antecedentes operacionales para coordinar la planificación portuaria. Aunque ambas experiencias presentan un alcance diferente al proyecto desarrollado en EPCO, comparten principios de estructuración, centralización y reutilización de información, por lo que constituyen referencias cualitativas de diseño y no una validación cuantitativa, dado que las fuentes consultadas no proporcionan indicadores homogéneos que permitan contrastar directamente los beneficios estimados.

Finalmente, los resultados deben interpretarse considerando que las mejoras en eficiencia administrativa y calidad de información se estimaron a partir de antecedentes históricos y pruebas funcionales, sin contar aún con una evaluación durante la operación habitual del sistema, por lo que se propone realizar una evaluación ex post que registre tiempos administrativos, cantidad de reprocesos y completitud documental durante un período representativo de operación. La comparación de estos indicadores con las referencias históricas permitiría determinar en qué medida se materializan los beneficios estimados, además de identificar nuevas oportunidades de integración y mejora en la gestión portuaria.

6 CONCLUSIONES

El proyecto permitió abordar brechas asociadas a la dispersión, duplicidad y limitada trazabilidad de la información utilizada en procesos vinculados al Contrato de Concesión del Puerto de Coquimbo. A partir del levantamiento AS-IS y del diseño TO-BE, se implementó una solución modular orientada a estructurar el intercambio de información entre EPCO y el concesionario, incorporando reutilización de datos, automatización y mecanismos de seguimiento.

Las pruebas funcionales muestran mejoras esperadas en la eficiencia administrativa, el control de la información y la trazabilidad de los procesos. Al mismo tiempo, permitieron verificar el funcionamiento de los controles incorporados y la relación entre los antecedentes generados durante cada etapa, aunque los impactos estimados deberán ser validados posteriormente mediante la operación real de la solución.

El principal aporte del proyecto es haber establecido una estructura común para gestionar información que anteriormente se encontraba distribuida entre distintas fuentes y procesos. Esta base permite ampliar progresivamente la solución hacia nuevas obligaciones del Contrato de Concesión y presenta elementos que pueden ser adaptados a otros contextos portuarios con necesidades similares.

La experiencia desarrollada en Puerto de Coquimbo muestra que avanzar en transformación digital portuaria requiere, antes que incorporar tecnologías de mayor complejidad, contar con procesos estructurados, información confiable y trazabilidad. Sobre esta base es posible continuar avanzando hacia mayores niveles de integración, analítica e interoperabilidad dentro de la gestión portuaria.

7 REFERENCIAS

Dumas, M., M. La Rosa, J. Mendling y H.A. Reijers. 2018. Fundamentals of Business Process Management. 2nd ed. Springer, Berlin-Heidelberg, Germany.

Empresa Portuaria Arica (EPA). 2011. Memoria Anual 2011. Empresa Portuaria Arica, Arica, Chile.

González Godoy, J., V. Castro Ravello y J. Ferreira Villarroel. 2026. Desarrollo e implementación de un sistema de intercambio y trazabilidad de información relacionada al Área de Concesiones y Desarrollo. Capstone Project, Universidad Católica del Norte, Coquimbo, Chile.

Hamburg Vessel Coordination Center (HVCC). s.f. Digital Services. Hamburg Vessel Coordination Center GmbH, Hamburgo, Alemania.

International Maritime Organization (IMO). 2024. Maritime Single Window - advancing digitalization in shipping. International Maritime Organization, London, United Kingdom.

Ladas, C. 2009. Scrumban: Essays on Kanban Systems for Lean Software Development. Modus Cooperandi Press, United States.

Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones (MTT). 2024. Lineamientos y estándares para la implementación base de un Port Community System, PCS en puertos chilenos. Programa de Desarrollo Logístico, Gobierno de Chile, Santiago, Chile.

Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones (MTT). 2025. Ventanilla Única Marítima (VUMAR) inicia operaciones en la Región de Coquimbo. Programa de Desarrollo Logístico, Gobierno de Chile, Santiago, Chile.

Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones (MTT). 2026. Política Nacional Logística Portuaria. Resolución Exenta N.º 1099. Gobierno de Chile, Santiago, Chile.

Saade Hazin, M. 2026. Transformación digital portuaria: sistemas comunitarios portuarios y gemelos digitales. Boletín FAL, Comisión Económica para América Latina y el Caribe, Santiago, Chile.

World Bank e International Association of Ports and Harbors (IAPH). 2021. Accelerating Digitalization Across the Maritime Supply Chain. World Bank, Washington, D.C., United States.