

Trabajo Fin de Grado
Grado en Ingeniería Civil

Implantación de un “Port Community System” en el contexto de las Comunidades Logístico Portuarias

Autor: Juan del Viejo Núñez

Tutor: Fernando Guerrero López

Cotutor: Ignacio Eguía Salinas

**Dpto. Organización Industrial y Gestión de
Empresas I**

Escuela Técnica Superior de Ingeniería

Sevilla, 2018



Trabajo Fin de Grado
Grado en Ingeniería Civil

Implantación de un “Port Community System” en el contexto de las Comunidades Logístico Portuarias

Autor:

Juan del Viejo Núñez

Tutor:

Fernando Guerrero López

Cotutor:

Ignacio Eguía Salinas

Dpto. de Organización Industrial y Gestión de Empresas I

Escuela Técnica Superior de Ingeniería

Universidad de Sevilla

Sevilla, 2018

Trabajo Fin de Grado:
Implantación de un "Port Community System" en el contexto de las Comunidades Logístico
Portuarias

Autor: Juan del Viejo Núñez

Tutor: Fernando Guerrero López

Cotutor: Ignacio Eguía Salinas

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2018

El Secretario del Tribunal

A Isabel por su apoyo continuo.

Agradecimientos

En primer lugar, deseo expresar mi más profundo y sincero agradecimiento al Dr. Fernando Guerrero López, por su dedicación, orientación y ayuda que me ha brindado en la realización de este trabajo.

Gracias a mi familia, a mis padres y hermanos, por aconsejarme y mostrar toda su confianza sin dudar en ningún momento en cada decisión que he tomado.

Gracias a mi pareja, por su paciencia, ánimos y apoyo incondicional, que me ha ayudado a llegar hasta donde estoy ahora, compartiendo las decepciones y alegrías durante estos años.

Resumen

En el presente trabajo fin de grado se aborda la implantación integral de una plataforma “Port Community System (PCS)” en el contexto de las Comunidades Logístico Portuarias, las cuales se identifican como tendencias innovadoras en el sector de los **puertos inteligentes**.

El **objetivo del trabajo** es ofrecer una solución a los problemas relacionados con la falta de información y coordinación que afecta a los actores de la cadena logística portuaria a través de la implantación de herramientas de colaboración y optimización de procesos. La plataforma PCS tiene por objetivo no solo la digitalización, sino dotar con una capa de inteligencia a los procesos, trabajos y actividades que ocurren en el entorno portuario, además de permitir que se realicen de forma colaborativa entre los actores de las cadenas logístico portuarias involucrados. Todo esto permitirá importantes ahorros de costes y mejoras significativas de eficiencia.

Las plataformas PCS se engloban como la herramienta informática estratégica dentro de las **Comunidades Logístico Portuarias**, las cuales surgen como organismos de cooperación portuaria de cara a alcanzar consenso entre actores, solucionar problemas y optimizar los procesos relativos al comercio exterior. La función primitiva de los PCS es conectar los diferentes sistemas operados por las organizaciones presentes en los puertos, además de permitir el intercambio de información entre los actores portuarios de manera inteligente, segura y neutral.

Con la finalidad de promover la implantación de las plataformas PCS se ha desarrollado el presente proyecto, el cual incluye un **estudio del estado del arte** de la logística del transporte prestando especial atención al sistema portuario internacional, para continuar presentando una **propuesta de implantación** de Comunidad Logística Portuaria y de Port Community System, ambas divididas en diferentes etapas y fundamentadas en diferentes buenas prácticas desarrolladas por puertos internacionales de importancia estratégica. Se han elaborado diferentes tablas donde se presentan a los diferentes **actores portuarios** identificando la **problemática** que les afecta y la solución que ofrece la plataforma PCS en función de sus **funcionalidades**.

El proyecto profundiza de manera especial en las plataformas electrónicas denominadas internacionalmente como PCS, presentándose una **solución integral para la optimización del puerto** teniendo en cuenta cada una de las distintas **interfaces** portuarias, (**terrestre, marítima y de gestión**) construida y apoyada por **tecnologías avanzadas** como **Blockchain, FIWARE, IoT, Big Data, Cloud**. Por último, se desarrolla una **evaluación del impacto de implementación de la plataforma PCS** en función de los costes, indicadores portuarios, beneficios y aspectos medioambientales.

La adopción de un sistema PCS ofrece una solución integral para la digitalización, colaboración en la cadena logístico portuaria y dotación de inteligencia a los servicios logístico portuarios, protegerá y minimiza el impacto de los factores externos, ofreciendo al puerto un mayor control sobre el volumen de negocio y una reducción de los tiempos de interacción entre los grandes actores de la logística y transporte con el puerto, reduciendo así los costes en la cadena logística.

Contenido

Agradecimientos.....	8
Resumen.....	10
1. Objetivos.....	14
2. Introducción	15
2.1 Logística Internacional.....	15
2.2 Transporte Marítimo	18
2.3 Transporte por carretera	20
2.4 Terminales Portuarias.....	22
2.5 Tendencias tecnológicas en logística.....	25
3. Comunidades Logístico Portuarias.....	27
3.1 Implantación de la CLP	29
4. Plataforma PCS	36
4.1 El Port Community System	37
4.2 Actores.....	43
4.3 Funcionalidades.....	49
5. Implantación del PCS	51
5.1 Etapa A: Inicio del Proyecto	53
5.2 Etapa B: Análisis y diseño del sistema.....	57
5.3 Etapa C: Implantación y adopción	59
5.4 Etapa D: Mantenimiento y aplicación de mejoras.....	61
6. Arquitectura del PCS.....	63
6.1 Plataforma en la Nube.....	64
6.2 Interfaz Mar-Puerto.....	72
6.3 Interfaz del Puerto.....	78
6.4 Interfaz Tierra	85
6.5 Integración de Interfaces.....	90
6.6 Tecnologías Innovadoras del PCS.....	92
7. Evaluación Impacto de Implementación del PCS.....	102
7.1 Costes de aplicación	102
7.2 Indicadores Portuarios.....	104
7.3 Beneficios	110
7.4 Impacto Medioambiental	114
8. Conclusiones y Extensiones	115
8.1 Conclusiones.....	115

8.2	Extensiones.....	119
9.	Referencias Bibliográficas.....	120
10.	Índice de Tablas.....	123
11.	Índice de Gráficos.....	123
12.	Índice de Figuras.....	123
13.	Acrónimos.....	125

1. Objetivos

El reto por optimizar los procesos logísticos y el comercio internacional, unido a un entorno económico cada vez más competitivo y dinámico ha motivado la realización del presente proyecto en el cual se identifican y desarrollan las principales iniciativas y herramientas habilitadoras para la mejora de los procesos logístico-portuarios. Cabe mencionar, la insuficiencia en términos de información y coordinación existente entre los actores de la cadena logística, la cual, ha sido identificada como uno de los problemas a resolver por el presente proyecto.

Por lo tanto, el objetivo principal de este trabajo es el análisis y estudio de diferentes casos de éxito en puertos internacionales en vista a desarrollar una guía de buenas prácticas logístico-portuarias para de esta forma promover la implantación de plataformas tecnológicas portuarias, conocidas como Port Community Systems (PCS), las cuales fomentan la reducción de costes operativos, la agilidad de procesos, optimización de los flujos de información y brinda mayor competitividad internacional al puerto logístico.

En el estudio de la temática aparecen conceptos de novedosa aplicación como son las Comunidades Logístico Portuarias, las cuales se establecen como organizaciones de coordinación logística, las ventanillas únicas, como plataformas de comunicación electrónica entre actores y además se describen a los principales actores involucrados en los procesos de comercio exterior, así como las funcionalidades, costes y beneficios asociados a la implementación del Port Community System. Por último, se identifican las principales tecnologías disruptivas y habilitadoras del proyecto.

La plataforma PCS logra la Optimización de Procesos Logísticos Portuarios orientada a dar soluciones integrales en el ámbito de la logística portuaria (Interfaz Portuaria, Marítima, Terrestre y de la propia relación ciudad puerto.)

Este objetivo central se concretará a partir de los siguientes objetivos parciales:

- Estado del Arte en logística portuaria.
- Las comunidades logístico-portuarias y Port Community Systems (PCS).
- Tecnologías habilitadoras y disruptivas: donde se identifican soluciones inteligentes que aportan valor añadido para mejorar la eficiencia y optimizar los procesos logísticos entre los actores involucrados en el entorno portuario, empleando tecnologías de vanguardia para impulsar un avance tecnológico significativo, incluyendo Big Data, IoT, GIS 3D y Blockchain, mediante un enfoque holístico, que permita la interconexión e integración en un entorno digital de personas, mercancía, datos y procesos.
- Evaluación de impacto del PCS: costes, indicadores, beneficios, medioambientales.
- Conclusiones y extensiones, donde se desarrollan e identifican potenciales temáticas de estudio que continúan los avances presentados en el presente proyecto, con el objetivo común de promover la optimización de la cadena logístico portuaria

Antes de exponer el desarrollo de la metodología dispuesta, así como su aplicación en el presente proyecto, se realizará un estudio del estado del arte actual en el contexto de las Comunidades Logístico Portuarias a nivel mundial para poder identificar a los actores clave que intervienen, así como casos de éxito que se encuentren ya en fase de ejecución.

2. Introducción

2.1 Logística Internacional

Antes de introducir el concepto de logística internacional conviene nombrar el concepto de cadena de suministro, ya que la logística es un componente más dentro de la misma, además de existir gran confusión con respecto a ambos términos debido a los continuos cambios e innovaciones que han afectado al sector.

Algunos expertos han definido la cadena de suministro o "supply chain management" como la gestión de los flujos en los diferentes canales de distribución, desde los proveedores, pasando por los clientes hasta los consumidores finales. Esta gestión de la cadena de suministro acompaña a la planificación y a la gestión de todas las actividades en compras y abastecimiento, fabricación y logística. La gestión de la cadena de suministro es una función integrada con la responsabilidad principal de unir las principales funciones y procesos del negocio dentro y entre las compañías en un modelo de negocio cohesivo y de alto rendimiento. Incluye la gestión de todas las actividades de logística, así como las operaciones de fabricación y dirige la coordinación de procesos y actividades a través de marketing, ventas, diseño, finanzas y tecnologías de la información. (2)

Cuando se trata de Logística internacional se hace referencia al conjunto de actividades cuyo objetivo es el flujo de información y materiales a nivel mundial, que se inicia con el abastecimiento de materias primas en un determinado país, para finalizar con la entrega del producto final al consumidor en el país de destino. (3) Por lo tanto, la gestión del transporte y la movilidad cobrarán especial atención en el desarrollo eficiente de la actividad logística.

Hoy en día, la logística se desarrolla mediante el uso de diferentes modos de transporte, surgiendo el transporte intermodal con el fin de optimizar y agilizar las operaciones de trasbordo de mercancías. Aun así, los modos de transporte de mercancías más usados son el transporte marítimo y por carretera debido a los costes que llevan asociados.

La cadena logística abarca ámbitos tan dispares como la gestión del transporte, previsión de la demanda, temas legales y contractuales, infraestructuras, seguridad de la mercancía...

Respecto al ámbito legal y contractual cabe nombrar las normas INCOTERMS creadas por la Cámara de Comercio Internacional cuyo objetivo es definir la distribución de los gastos y transmisión de riesgos en un contrato internacional. Son de aceptación voluntaria, aunque recomendadas internacionalmente debido a que recogen infinidad de experiencias comerciales. Principalmente regula aspectos relacionados con el lugar exacto donde se entrega la mercancía, momento en el cual se transmite el riesgo, distribución de costes y el reparto de trámites documentales entre otras cuestiones. Los incoterms más usados en transporte marítimo son CIF y FOB, los cuales se resumen brevemente a continuación.

Franco a bordo (FOB), por sus siglas en inglés, "Free On Board". El vendedor realiza la entrega cuando la mercancía sobrepasa la borda del buque en el puerto de embarque convenido. Significa que el comprador soporta todos los costes y riesgos de pérdida o daño de la mercancía desde aquel punto. El término FOB exige al vendedor despachar la mercancía en aduana para la exportación. El incoterm FOB sólo es utilizado para transporte marítimo.

Coste, seguro y flete, (CIF, "Cost Insurance and Freight"). En el cual el vendedor realiza la entrega cuando la mercancía sobrepasa la borda del buque en el puerto de embarque convenido. El vendedor debe pagar los costes y el flete necesarios para llevar la mercancía al puerto de destino convenido, pero el riesgo de pérdida o daño de la mercancía, así como cualquier coste adicional

debido a sucesos ocurridos después del momento de la entrega, se transmiten del vendedor al comprador. El término CIF exige al vendedor despachar la mercancía para la exportación y solo puede ser utilizado para el transporte marítimo.

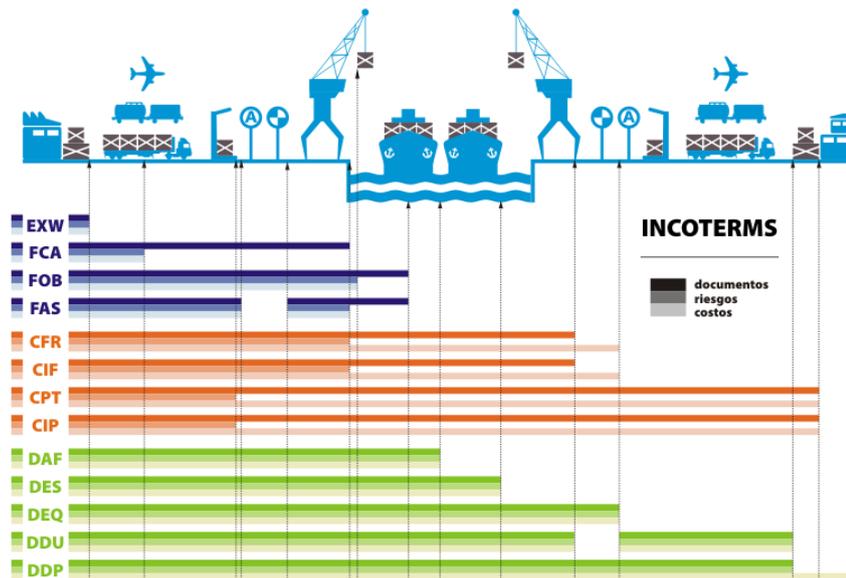


Figura 1. Incoterms (Comercio y aduanas)

Los eslabones básicos de la cadena logística se podrían dividir en 3 partes: Aprovisionamiento de materias primas, manipulación y almacenamiento y distribución de mercancía

Como eslabón principal destacan las Zonas de Actividad Logística, concentrando en una misma zona geográfica todas las actividades relativas a los procesos logísticos relativos al mercado doméstico y al comercio internacional. Se caracterizan por concentrar todas las infraestructuras de apoyo necesarias para la utilización de diferentes modos de transporte, además de bodegas orientadas al almacenamiento y realización de actividades logísticas de valor agregado.

La cadena logística es un sistema de gran complejidad en el cual influyen un gran número de agentes tanto de ámbito privado como público.

Los principales actores que influyen en la cadena logística internacional son los siguientes: Exportador, Operador logístico, Plataformas logísticas (ZAL), Terminal portuaria e Importador. En el siguiente capítulo se desarrollan las funciones principales de los actores involucrados en los procesos logísticos.



Figura 2. Etapas en logística internacional (Herbert Figueroa 2013)

Debido al protagonismo que reciben dentro de la cadena logística y por ser objeto de estudio del proyecto, a continuación, se describirá tanto el transporte marítimo como por carretera y su vínculo de unión, que son las terminales portuarias.

2.2 Transporte Marítimo

El transporte marítimo consiste en el uso de buques, embarcaciones, barcos y todo tipo de nave que pueda navegar a través de diferentes cursos de agua con el objetivo de transportar cargas o pasajeros entre dos puertos. Históricamente, es el medio de transporte de mercancía más utilizado para transporte internacional, aun teniendo en cuenta los adelantos tecnológicos que han favorecido el crecimiento de otros medios de transporte como el aéreo o el terrestre.

Debido a la preocupación de la UE por la tendencia imparable de crecimiento del transporte por carretera, el transporte marítimo de corta distancia entre los puertos de la UE se ha convertido en una de las más firmes apuestas de sostenibilidad de la Comisión Europea en la búsqueda de un mayor equilibrio modal entre los transportes. (4)

Existen diferentes tipos de buques en función de la carga y la capacidad transportada. Los principales tipos de buques son los siguientes; Buques portacontenedores, graneleros, petroleros, frigoríficos, de carga rodante y ferris.

Debido a sus características, el transporte marítimo es el medio ideal para transportar grandes cargas a un coste menor que otros medios de transporte. Debido a la temática del proyecto y su importancia dentro de la cadena logística, se hará hincapié en el transporte de mercancía con contenedor y de graneles.

-Ventajas	-Inconvenientes
Alta capacidad de carga	Velocidad baja
Alta productividad laboral	Transporte puerta a puerta no siempre es posible
Distribución y transporte fiable	Densidad de la red doméstica es baja
Eficiencia energética alta	Requisitos especiales para infraestructura terrestre
No hay problemas con tráfico transfronterizo	

Tabla 1. *Ventajas e inconvenientes del transporte marítimo*

Este modo de transporte es absolutamente esencial para la economía y el comercio mundial. Entre todos los medios de transporte, el marítimo es el que, por su capacidad, mueve el mayor volumen de mercancías en el tráfico internacional. La demanda mundial de transporte marítimo se estima que crecerá un 2.3% entre 2017 y 2020 alcanzando los 138.5 Millones de TEU, según un estudio reciente de DHL Global Forwarding. (5)

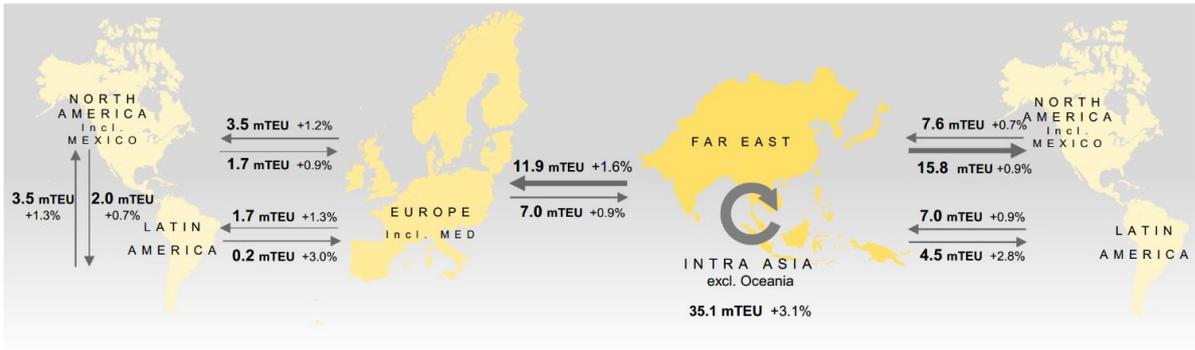


Figura 3. Demanda mundial y crecimiento estimación 2017-2021 (6)

Las características que diferencian el transporte marítimo de otros medios de transporte son su gran capacidad, flexibilidad y versatilidad e infraestructura internacional

Los principales actores relacionados con el transporte marítimo son las navieras, armadores y consignatarios de buques.

Entre los actores que intervienen en el transporte marítimo, destaca el papel de las navieras que después de experimentar un fuerte crecimiento durante principios del siglo XXI, han sufrido el estancamiento de la economía mundial y los ha llevado a formar alianzas para mejorar su posición en el mercado. A esto se le añade el problema del sobredimensionado de buques con el objetivo de aprovechar economías de escala, provocando un desplome en los precios de las operaciones de las navieras. Esta situación ha provocado la mayor bancarrota del sector marítimo, sufrida por la surcoreana Hanjin, séptima mayor naviera por capacidad de TEUs. Las principales ventajas para la formación de alianzas residen en optimizar las rutas en función de los volúmenes de cada destino, concentrar las decisiones estratégicas y comerciales y reducir el coste total de las operaciones terrestres. Actualmente existen 3 grandes alianzas (2M, Ocean Alliance y The Alliance) y representan el 77.2% de la capacidad global de contenedores, ocupando a su vez el 96% de todas las operaciones de transporte mundial de contenedores. (7)



Figura 4. Fusiones y adquisiciones de navieras (6)



Figura 5. Alianzas entre principales navieras (6)

2.3 Transporte por carretera

El transporte por carretera es una parte fundamental de la economía europea y el mercado único. Se trata de un medio rápido, eficaz, flexible y económico para el transporte de mercancías por toda Europa. En la UE, aproximadamente el 75 % de las mercancías se transporta por carretera, siendo el modo de transporte más utilizado para el transporte interno de mercancías. (8) Cabe destacar que Europa tiene una de las redes viarias más desarrolladas.

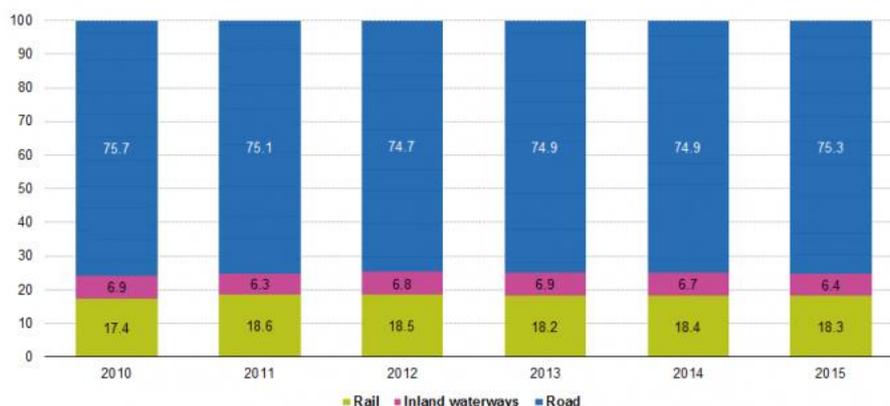


Figura 6. Reparto modal del transporte de mercancía en Europa (Eurostat)

El transporte por carretera se caracteriza por ser el único medio de transporte capaz de realizar servicios “puerta a puerta” de forma relativamente económica. Es un modo de transporte versátil y flexible, ya que permite transportar tanto pequeños paquetes, como grandes volúmenes de diferentes tipos de mercancía. Ofrece simplicidad en los procesos de carga y descarga, así como la posibilidad de organizar con libertad los horarios y rutas de transporte permitiendo transportar la mercancía de forma rápida. (9)

-Ventajas	-Inconvenientes
Gran rapidez en distancias < 2000km	Baja eficiencia energética
Servicios puerta a puerta	Baja capacidad de carga
Flexibilidad laboral y de rutas	Baja productividad laboral
Costes fijos	Transporte no seguro (clima, trafico...)

Tabla 2. Ventajas e inconvenientes del transporte por carretera (9)

Existen diferentes actores que intervienen a la hora de realizar el transporte de mercancía por carretera. La opción más usada consiste en contratar a un operador de transporte o transitario para que este subcontrate al transportista más adecuado para la situación que corresponda.

El término transportista incluye a todas las compañías o autónomos que transportan carga entre un punto de origen y otro de destino.

Principalmente la contratación del transporte por carretera es de cargas completas o de cargas agrupadas. En las cargas completas se contrata un vehículo para un determinado recorrido. Las cargas agrupadas implican a varios cargadores que comparten un mismo vehículo.

Actualmente se ha identificado en los puertos altos niveles de congestión en la entrada de estos, ocasionando tiempos de espera elevados a los transportistas e ineficiencias que afectan a las operaciones de la terminal. Los motivos apuntan a una falta de organización en cuanto a la capacidad que puede gestionar la propia terminal portuaria e incluso la existencia de horas pico en la llegada de los camiones. A partir de los citados problemas, se han comenzado a implementar sistemas de cita previa en las principales terminales portuarias del mundo, ejemplo de ello es el Puerto de Algeciras. (10). Si bien, en las ciudades portuarias de países emergentes sin Autoridades Portuarias que centralizan la gestión y coordinación de operaciones puerto-ciudad, existe una carencia manifiesta en estandarización de procesos de entornamiento y de intercambio de información.

2.4 Terminales Portuarias

La función primitiva del puerto es la de actuar como nodo entre el transporte terrestre y marítimo. En la actualidad, los puertos se han convertido en zonas logísticas de transporte intermodal donde se realizan actividades de valor añadido para la cadena logística.

“Los puertos son interfaces entre los distintos modos de transporte y son típicamente centros de transporte combinado. En suma, son áreas multifuncionales, comerciales e industriales donde las mercancías no sólo están en tránsito, sino que también son manipuladas, manufacturadas y distribuidas. En efecto, los puertos son sistemas multifuncionales, los cuales, para funcionar adecuadamente, deben ser integrados en la cadena logística global. Un puerto eficiente requiere no sólo infraestructura, superestructura y equipamiento adecuado, sino también buenas comunicaciones y, especialmente, un equipo de gestión dedicado y cualificado y con mano de obra motivada y entrenada” (“Conferencia de Comercio y Desarrollo ONU”)

Tal y como se ha indicado anteriormente, además de la función primitiva del puerto de cargar y descargar la mercancía del buque, con el tiempo han ido desarrollando diversas funciones relacionadas con el ámbito logístico como son, el depósito y almacenaje de la mercancía en las conocidas como playas de contenedores, el control e inspección por parte de las administraciones públicas para evitar la entrada de productos ilegales o perjudiciales para el consumidor o la consolidación de carga de diferentes exportadores. Además, ofrecen un servicio completo a los buques informando a los mismos del estado del puerto, facilitando la entrada al mismo con la ayuda de prácticos y remolcadores y brindando servicios de reparación y aprovisionamiento para el buque y tripulación.

Empresa	Ubicación	2015	2016
APM-TERMINALS-MAERSK	Barcelona-Algeciras-Castellón	606.11	626
NOATUM PORTS	Valencia-Málaga-Santurtzi	225.52	238.06
GRUPO MSC	Valencia-Canarias	153.89	141.92

Tabla 3. *Compañías gestoras de terminales y facturación en m€ (Elaboración propia AliLogistics)*

Es por todos estos aspectos que los puertos se han convertido en **centros logísticos de primer nivel**, donde se concentran todas las actividades logísticas de interés para el comercio internacional. En el puerto intervienen la gran mayoría de actores logísticos de forma directa o indirecta, a continuación, se nombran aquellos actores vinculados íntimamente con el puerto. Principalmente los actores más relacionados con el puerto son: Autoridad portuaria, agente marítimo o consignatario, estibador, remolcadores, prácticos, aduanas e inspectores sanitarios.

En **España**, el Sistema Portuario está compuesto por **46 puertos** de interés general gestionados por **28 Autoridades Portuarias**. La importancia de los puertos como eslabones de las cadenas logísticas y de transporte queda reflejada en las siguientes cifras: el 60% de las exportaciones y el 85% de las importaciones pasan por ellos, lo que representa el 53% del comercio español con la UE y el 96% con terceros países (11). La ubicación geográfica de España la convierte en muchos aspectos en la puerta de Europa para productos de importación de Sudamérica y África.

El **sistema portuario europeo** es uno de los más avanzados y, en particular según un indicador de la calidad de las infraestructuras portuarias ofrecido por el Banco Mundial, el sistema portuario

español obtiene una nota de 5.5 sobre 7, lo cual permite ver que la calidad es alta pero lleva a engaño puesto que desde el año 2014 la nota se encuentra en una tendencia bajista, indicando claramente la **necesidad de innovar para actualizar al sistema portuario** el cual se puede beneficiar de tecnologías que optimicen los procesos que ocurren en el ecosistema portuario.



Figura 7. Calidad de las infraestructuras portuarias en España (1- extremadamente subdesarrollado, 7 – extremadamente desarrollado) (Fuente: data.worldbank.org/indicador)

La única forma de alcanzar la excelencia operacional de los puertos pasa por la digitalización completa y la dotación de inteligencia a las actividades que transcurren dentro del **ecosistema portuario**. La optimización del puerto debe atajar holísticamente toda la gestión del puerto, solo así es posible predecir eventos, paralelizar tareas, reducir costes...

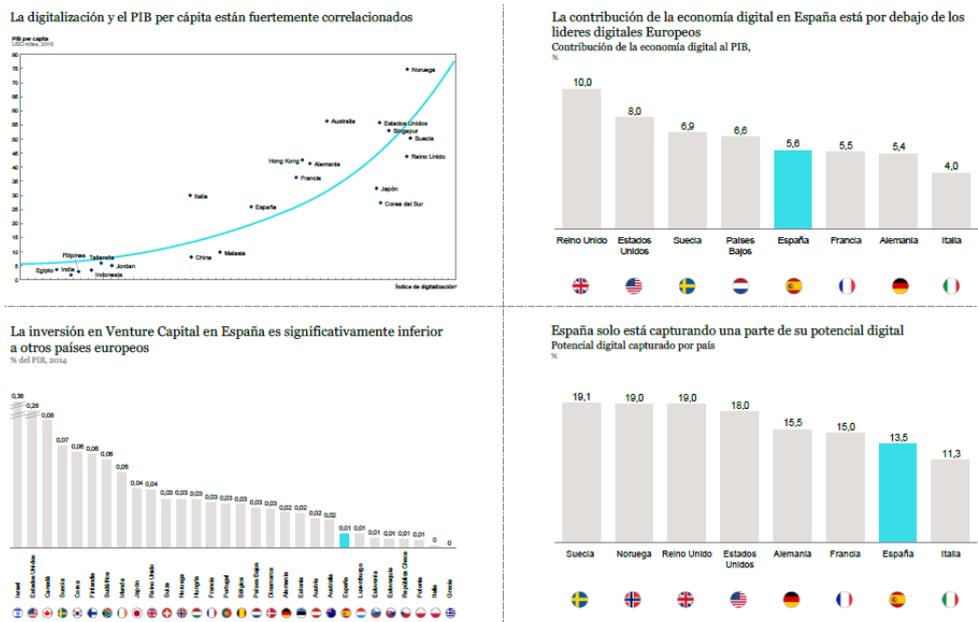


Figura 8. Digitalización en España

Uno de los grandes problemas identificados en los principales puertos a nivel mundial es la **inexistencia de interoperabilidad entre diferentes puertos** a nivel nacional e internacional para el intercambio de información, motivado por la alta competencia existente entre los diferentes gestores portuarios. Con la aplicación de estándares internacionales EDIFACT, desarrollados por

equipos de expertos en transporte y logística de la ONU se establece un punto único para comunicar la información a declarar, optimizando de esta forma los procesos logísticos y obteniendo un reporte centralizado de datos oficiales, pudiéndose hacer uso de la información tanto por las administraciones públicas como por la propia terminal portuaria con el fin de mejorar el servicio, identificar futuros problemas y obtener predicciones sobre capacidad de carga a través del uso de Big Data. Esta falta de intercambio de información se ve acrecentada en la interfaz puerto – ciudad, lo que provoca una pérdida de eficiencia de la logística interna del país, disminuyendo la competitividad.

2.5 Tendencias tecnológicas en logística

A nivel mundial los puertos están experimentando un gran avance tecnológico debido a los cambios en la forma de gestionar sus operaciones, surgiendo el concepto de “Puertos 4.0” también denominados puertos de 4ª generación, los cuales dispondrán de redes telemáticas que permitirán conectar las zonas portuarias y colaborar entre diferentes puertos. Como base principal disponen de tecnología de **Intercambio Electrónico de Datos (EDI)** estandarizada, es decir, está disponible para diferentes puertos e incluso diferentes idiomas. De esta forma se crea un lenguaje común para los diferentes actores y la posibilidad de intercambiar información en tiempo real. Los puertos 4.0 incluyen en sus sistemas tecnología relacionada con **Internet de las Cosas (IoT), Inteligencia Artificial, Big Data, automatización de operaciones, RFID y Blockchain.** (12)



Figura 9. Innovaciones futuras en el sector logístico (6)

Una de las tecnologías llamadas a revolucionar el sector de la logística es el **Blockchain**, que permitirá digitalizar las transacciones internacionales con el objetivo de obtener mayor rapidez en los procesos relativos al intercambio de documentos, reducir el número de fraudes y errores humanos, aportando mayor transparencia al proceso y permitiendo un control en tiempo real de las mercancías en circulación. Algunas empresas internacionales como IBM, Maersk o el Puerto de Hamburgo están apostando por la implementación de esta novedosa tecnología. (13)

Los sistemas portuarios habilitados con **Inteligencia Artificial** ofrecen ventajas especiales al reconocer patrones en la cadena logística que las personas no logran identificar, aunque, cabe destacar que la escasez de datos sólidos y de calidad está retrasando la aplicación de la citada tecnología. En este punto entra en juego otras de las tecnologías llamadas a revolucionar la logística mundial, el **Big Data**, que consiste en recopilar información proveniente de múltiples

fuentes con el fin de hacer predicciones y tomar decisiones en tiempo real con el objetivo de mantener la fluidez en la cadena logística. (14)

Otro ejemplo referente a innovación en el sector de la logística es la aplicación de la realidad aumentada y virtual. Concretamente, la compañía alemana DHL se encuentra trabajando en un proyecto llamado **“Vision Picking”** (6) que ayudará en los procesos de planificación logística, ejecución de procesos y organización del transporte de mercancías, consiguiendo reducir los costes de organización.

La tecnología de identificación por radiofrecuencia **RFID**, que gracias a su progresiva implementación se está consiguiendo mejorar su desarrollo tecnológico y abaratar los costes. Las aplicaciones de las etiquetas RFID son múltiples, permitiendo almacenar información relativa al producto, informar sobre su localización en tiempo real e incluso combinarlo con el uso de sensores de temperatura o presión que informan del estado de la mercancía en tiempo real. Actualmente el Puerto de Valencia hace uso de esta tecnología para el control de camiones en su terminal portuaria. (15)

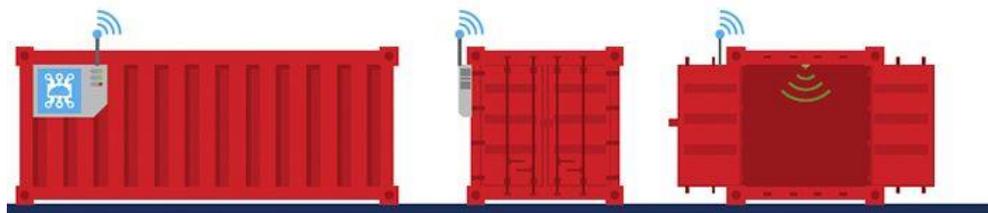


Figura 10. Smart Container RFID (Fraunhofer)

Por lo tanto, aparece la necesidad de estandarizar los procesos logísticos en el intercambio de información para la aplicación de forma correcta y uniforme de las nuevas tecnologías mencionadas anteriormente, las cuales permitirán solucionar los grandes problemas de la logística actual.

3. Comunidades Logístico Portuarias

Un análisis de la situación actual de un importante número de puertos internacionales ha dejado evidencia de la existencia de importantes deseconomías de escala que están encareciendo los servicios logísticos.

Uno de los principales ámbitos por solucionar es la escasa coordinación y comunicación entre los stakeholders del ámbito logístico-portuario. Como efecto, no se consigue alcanzar la optimización de procesos y tiempos y ello afecta encareciendo los costes para los usuarios finales.

Estos problemas no pueden ser solventados con una visión individualista, debido a que toda propuesta que mejore los servicios portuarios impactará directamente en la competitividad del sector logístico. Por lo tanto, se requiere una visión de comunidad que potencie las ventajas competitivas de cada stakeholder a través de una visión común de las necesidades a corto, medio y largo plazo del sector logístico.

Así, la situación que debe analizarse está conformado por los siguientes principios:

- La presencia de una gran cantidad de actores en torno a una misma actividad interconectada, los principales actores se describirán en apartados posteriores.
- La intensidad de las relaciones entre los actores, donde sus objetivos difieren, empresas de diverso tamaño y procesos desagregados.
- La alta demanda de soluciones de mejor calidad, más rápidos y baratos, imponiendo la necesidad de ajustar procesos que no fueron planteados para ser transformados continuamente.
- Las nuevas directivas medioambientales que obligan a respetar unos determinados valores de contaminación.

Por lo tanto, esta problemática necesita del enfoque desde la logística y la cadena de suministro para mejorar los procesos. El área portuaria es una zona estratégica para la optimización de las cadenas de transporte y logística internacionales.

Por todo lo anteriormente descrito se deben considerar los siguientes aspectos:

- Potenciar el desarrollo de las áreas logísticas próximas a las terminales portuarias, incluyendo las zonas logísticas interiores.
- Implantar soluciones innovadoras de manera transversal en la cadena logística y portuaria.
- Implantar planes y políticas regionales y nacionales de logística para impulsar un sector estratégico a nivel mundial, a la vez que se articulen las funciones de los actores involucrados en el sector.
- La creación de comunidades logísticas como pieza clave para la competitividad regional.

En los últimos años, debido a la globalización se tiende a ofrecer una solución integral a los procesos relativos al comercio exterior de mercancías, desde la producción hasta el consumo final. De este modo, se está generando una tendencia a nivel mundial en cuando a la estructuración de actores del sector denominado **clusterización** de servicios logísticos. El propósito principal es dar solución a los problemas relativos al comercio internacional y ofrecer una visión de cambio desde la cooperación entre actores.

En este punto aparecen los puertos logísticos como ubicaciones estratégicas para desarrollar operaciones de alto valor añadido. Es por ello por lo que el enfoque de **Comunidad Logístico Portuaria** ha surgido como una forma estructurada que aúna a diferentes stakeholders portuarios en torno a un objetivo, logrando mejorar los servicios que les son comunes.

En realidad, la evidencia internacional es clara respecto a los beneficios alcanzados por las comunidades logístico portuarias con participación público-privada. Aunque han sido hasta hoy muy pocas las que han implementado este enfoque. Este es el caso del Puerto de Valencia, cuya comunidad portuaria ha sido catalogada por el Instituto Global de Logística (Global Institute of Logistics) como la **comunidad con mejores prácticas** a nivel **internacional**.

- **Definición de Comunidades Logístico Portuarias**

“La comunidad portuaria nace como una herramienta de gestión y coordinación colectiva entre actores claves de un clúster portuario, logístico o una región portuaria, los que interactúan y a la vez se benefician de procesos de negocios, operaciones, productos y servicios, comunes a ellos. Su importancia actual y origen resulta de los desafíos, las complejidades y la creciente intensidad de las relaciones de negocios, estrategias e inversiones comunes las cuales son necesarias para dotar de mayor competitividad a un nodo” (16)

De esta manera, el gran desafío que tienen estas comunidades es mejorar los mecanismos de gestión de la cadena logística portuaria, según la etapa de desarrollo en la que se encuentre. Una Comunidad Logística Portuaria, requiere de una institucionalidad y mecanismos de gestión para incrementar la competitividad de la Cadena Logística Portuaria, y a su vez, las capacidades de coordinar proyectos de alcance internacional en el puerto.

Bajo los principios de la gestión de la cadena de suministro (Supply Chain Management), donde se entiende la complejidad que tiene la CLP, se promueve una visión común entre los actores participantes, la colaboración entre los distintos actores, establecer un ambiente propicio para compartir información, establecer una armonización de los sistemas de información que incluya tecnología EDI y la estandarización de procedimientos relativos a la documentación.

La CLP tiene características de un bien público y una Alianza Público-Privada (APP), pues ciertas partes de la CLP se encuentran reguladas bajo diferentes jurisdicciones que además se superponen. La CLP en su conjunto, no se puede licitar para ser gestionada, por lo que requiere tener una gobernanza entre los participantes e identificar objetivos comunes.

3.1 Implantación de la CLP

Debido a la problemática expuesta en el apartado anterior que afecta a los actores relacionados con el tráfico marítimo y la logística portuaria, se presentan a continuación una serie de recomendaciones prácticas divididas en fases para establecer una Comunidad Logístico Portuaria de éxito, en base al análisis efectuado sobre diversos puertos internacionales con experiencia en el ámbito de las CLP. A continuación, se muestra un esquema de las etapas y fases recomendadas para establecer una CLP de éxito.

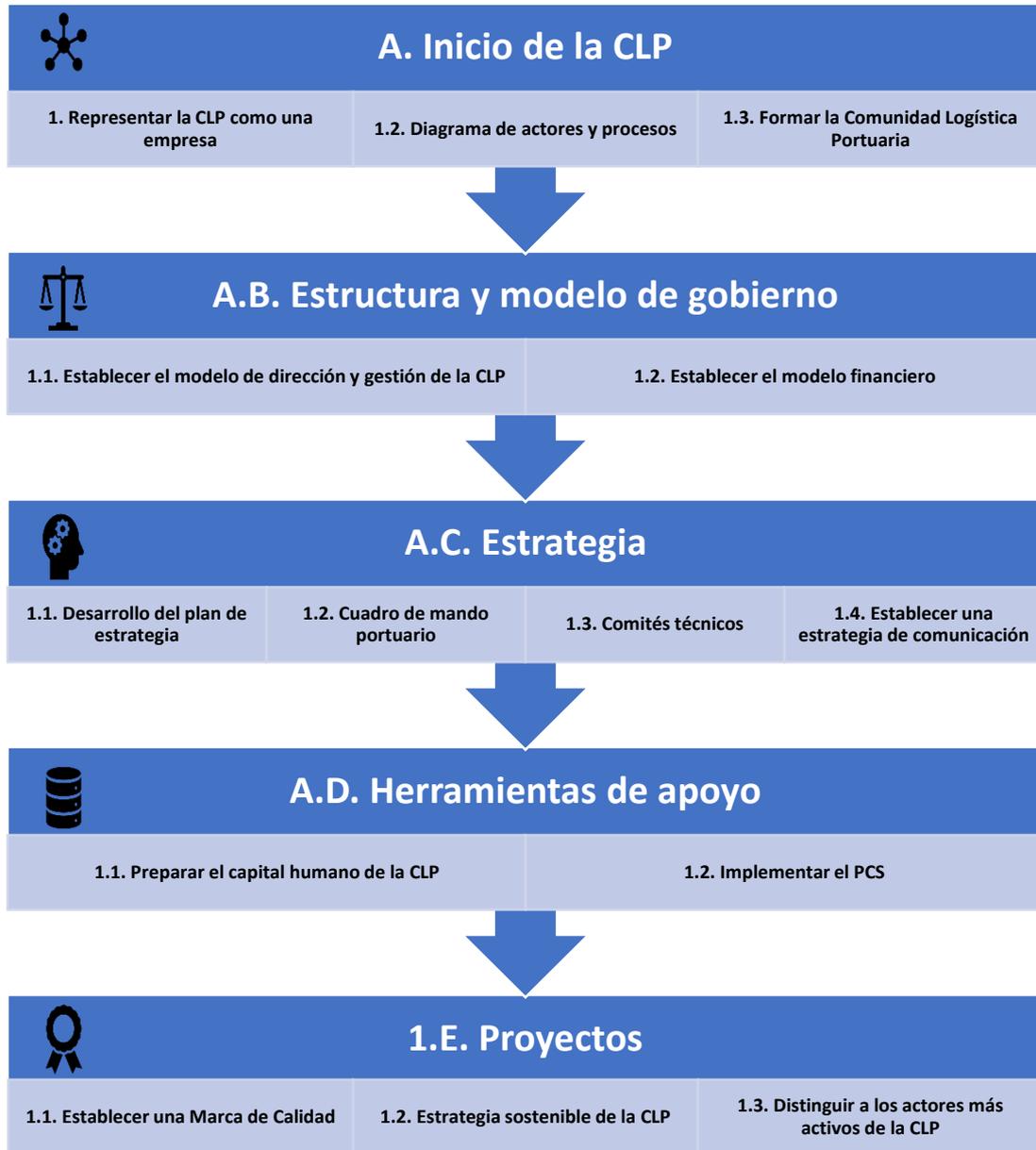


Figura 11. Fases de implementación de CLP. (fuente: elaboración propia)

A. Inicio de la CLP

1. Representar la CLP como una empresa

En esta etapa inicial se define y estructura la Comunidad Logístico Portuaria, haciendo un análisis de la estructura actual y gestión de la organización portuaria con ayuda del modelo teórico de la cadena de valor de Porter, en el cual se relacionen las operaciones logísticas y portuarias con las actividades de apoyo y primarias representadas en la siguiente figura. Para así reproducir los componentes que forman la CLP y sus funciones principales dentro del ámbito portuario y logístico. Esta fase se recomienda que sea desarrollada por la Autoridad Portuaria en cuestión.



Figura 12. Cadena de valor de M. Porter

Con respecto a la figura anterior, se debe considerar lo siguiente en relación con las actividades de apoyo.

- La **infraestructura** se vincula con la organización de la CLP como la **planificación, comunicación y relación** entre los stakeholders.
- Los **recursos humanos relacionan** a los **actores** presentes en la comunidad con su **rol principal**.
- El **desarrollo tecnológico** representa la **información y datos** que son **intercambiados** entre los diferentes actores presentes en la comunidad y que aportan valor a la misma.

En esta fase inicial se detectan las componentes fundamentales para estructurar la CLP, a la vez que ayuda a identificar mejoras en el sistema portuario.

Caso de éxito: La Comunidad Logístico Portuaria del **Puerto de Barcelona** se fundamenta en tres pilares fundamentales. El sistema informático PCS, denominado PORTIC, la estructura organizativa de su órgano de gobierno y los actores de la CLP presentes.

2. Diagrama de actores y procesos

Se representará en un **diagrama de actores** las diferentes **relaciones entre los stakeholders** de la comunidad. Además de representar un **diagrama de procesos de negocio** que incluya las áreas estratégicas del puerto. Se recomienda el uso de herramientas basadas en **tecnología Business Process Model (BPM)** considerando procesos genéricos dentro de la cadena logística.

En esta fase es preciso establecer reuniones con todos los actores para analizar a través del BPM las relaciones entre los mismos y estudiar el grado de influencia existente entre los stakeholders. Por último, se recomienda identificar procesos que generan valor y brechas existentes para poner en marcha métodos de reingeniería de procesos.

Caso de éxito: Los puertos de Bilbao y Barcelona han establecido de forma óptima el diagrama relacional entre actores y de procesos de negocios, dichas actuaciones les ha permitido detectar mejoras operativas en beneficio de la CLP.

3. Formar la Comunidad Logística Portuaria

Es de suma importancia que el **actor impulsor de la Comunidad Logístico Portuaria** (Autoridad Portuaria o un organismo independiente), tenga el suficiente liderazgo e impacto como para **mobilizar al resto de actores portuarios**. Debido a que es una etapa relativamente prematura y sin un modelo de gobierno definido, se recomienda que se encargue la autoridad portuaria de la coordinación para formar la CLP. Con el objetivo de lograr una adecuada aceptación por parte de los actores se sugiere establecer las reuniones de forma individual para de esta forma poder atender posibles mejoras y características particulares de interés para cada actor.

Otro aspecto fundamental consiste en **involucrar a socios estratégicos del puerto** como por ejemplo la aduana, para de esta forma atraer a otros actores de menor relevancia portuaria, a estos actores se les denominará como "actores imán".

Además, para realizar la búsqueda de socios se recomienda establecer una comunidad de diferentes ámbitos logísticos y con mentalidad de cambio, que puedan aportar mejoras reales. Para el inicio, se propone establecer un grupo reducido de miembros imán y de diferente ámbito logístico, para a posteriori aumentar el grupo a medida que se logren los objetivos marcados y la comunidad goce de una estructura sólida.

Caso de éxito: Las comunidades logísticas de San Antonio y Antofagasta (Chile) han establecido tres categorías diferentes para los diferentes actores. Los socios activos formados por empresas privadas (transportistas u operadores portuarios, por ejemplo). Los socios colaboradores integrados por gremios y asociaciones y que cuentan con una participación activa. Los socios permanentes están conformados por organismos públicos.

B. Estructura y modelo de gobierno

1. Establecer el modelo de dirección y gestión de la CLP

En esta fase se establece el sistema organizativo interno de la comunidad, donde es de vital importancia definir la **estructura de la institución** y marcar los **objetivos principales** de la misma, quedando representado en la **normativa interna del organismo**. Se recomienda tener en cuenta los siguientes contenidos al elaborar la normativa de la organización: Modelo de organización empresarial, esquema de financiamiento, estructura organizacional y los modelos de trabajo y participación.

Además, el líder de la organización debe reunir unos requisitos que contemplen aspectos como; ser reconocido por el resto de la comunidad como líder eficiente y neutral a sus intereses personales, disponer de tiempo para llevar a cabo el ejercicio de sus funciones y disponer de facultad para ejercer su función.

Caso de éxito: La comunidad logística de Antofagasta y UNIPORT Bilbao han redactado sus Estatutos internos donde reflejan inequívocamente las fuentes de financiación disponibles, las categorías de socios y las dinámicas laborales entre otros aspectos. Entre los modelos de gestión y dirección más usados encontramos: Modelo de Gestión Exclusiva del Puerto como el caso de Valparaíso, Modelo de Gestión Independiente contratando a una empresa externa como los puertos de San Antonio y Bilbao y por último el Modelo Mixto presente en el Puerto de Barcelona, que en la presidencia de los grupos de trabajo puede estar presente algún miembro de la CLP, pero en cambio la gestión diaria la coordina la Autoridad Portuaria.

2. Establecer el modelo financiero

Esta fase es de suma importancia para establecer la CLP y se relaciona con la fase de gestión descrita anteriormente. Las **alternativas** más comunes de **financiación** pasan por establecer un modelo de cuotas para cada socio de la comunidad logístico portuaria o que la autoridad portuaria asuma los costes totales de la inversión y el resto de los socios aporte de forma voluntaria. Uno de los aspectos negativos del sistema de cuotas, es que puede limitar la adhesión de nuevos socios con escasos recursos económicos, aunque por otra parte permite ampliar el presupuesto de la comunidad y ofrecer servicios de mayor calidad. Para la modalidad por cuotas se recomienda establecer diferentes categorías las cuales repercutirían en el coste de membresía y en los servicios ofrecidos por la CLP al socio en cuestión.

Para el arranque del proyecto se propone que la autoridad portuaria realice la inversión inicial hasta que la organización se consolide y autofinancie a través de las aportaciones de la comunidad y los proyectos ejecutados.

Caso de éxito: La CLP de Bilbao aparece como un claro ejemplo de éxito en términos de financiamiento. Tiene establecido un sistema mixto, donde sus socios aportaron en el año 2017 un 52% de los ingresos totales de la CLP. El resto fue aportado por la Autoridad Portuaria (816%), Fondos Públicos (7%), gobierno vasco (5%) y otros fondos clúster (20%). Gracias al modelo desarrollado han podido realizar talleres de formación específica, seminarios y actividades comerciales. En cambio, la CLP de Valparaíso es financiada en su totalidad por la Empresa portuaria y en cambio la CLP de San Antonio tiene establecido un sistema de cuotas.

C. Estrategia

1. Desarrollo del plan de estrategia

Para desarrollar la **estrategia del Plan Maestro Portuario** se requiere de la participación activa de todos los socios de la CLP, y que estos mismos validen y apoyen las actividades planificadas. Por lo tanto, se deberán tener en cuenta los intereses tanto públicos como privados de los diferentes actores presentes en la CLP. Cabe señalar que los objetivos generales del Plan Maestro estarán íntimamente relacionados con el contenido de los **grupos de trabajo** que se formarán posteriormente.

Es interesante introducir un **plan a largo plazo** (de 3 a 5 años), estableciendo de esta forma un horizonte temporal para el proyecto de la CLP. Además, se recomienda realizar **revisiones de seguimiento bianuales** para verificar el adecuado cumplimiento de los objetivos del Plan Estratégico.

Caso de éxito: LA CLP de San Antonio cuenta con un Programa Estratégico (2016-2018) donde definen sus objetivos prioritarios en torno a tres pilares; Logística, infraestructura y sostenibilidad.

Por su parte, UNIPORT Bilbao ha desarrollado su Plan Estratégico (2017-2020) centrado en cuatro objetivos fundamentales; Innovación competitiva, Promoción e internacionalización, Representación de la CLP, y Contribución a la Federación para la Logística y Movilidad del País Vasco. El citado Plan está coordinado para cumplir los objetivos del Programa Estratégico de la Autoridad Portuaria.

2. Cuadro de mando portuario

Para elaborar el **Cuadro de Mando Portuario (CMP)** se debe tener en cuenta el Plan Maestro del Puerto elaborado previamente, considerando los objetivos estratégicos y resultados obtenidos.

Se deberán definir, con ayuda de los diferentes actores de la CLP, los **factores clave de éxito**, como pueden ser, el nivel de uso de nuevas tecnologías, la sostenibilidad del puerto, la integración puerto-ciudad, la calidad de los accesos o el nivel de servicio ofrecido a los clientes.

Para cada factor definido se deben determinar una serie de **indicadores** que controlen el nivel de cumplimiento de estos. Además, se debe indicar la forma de cálculo y la información necesaria para de esta forma establecer un sistema homogéneo de cuantificación del desarrollo alcanzado en cada fase.

Una vez se estandarice la extracción de los datos ofrecidos por los indicadores, se generará el Cuadro de Mando Portuario para evaluar el nivel de **cumplimiento de los factores clave de éxito**.

Por último, se procede al análisis de datos para implementar acciones de mejora en las actividades estratégicas portuarias.

Caso de éxito: El puerto de Valparaíso ha desarrollado su cuadro de Mando integral formado por dos modelos diferenciados, uno para navieras y armadores con diez indicadores estratégicos a evaluar y otro modelo para clientes y exportadores.

3. Comités técnicos

Los **comités técnicos** están formados por diferentes actores logísticos y su objetivo es la **mejora continua de los procesos** o incluso buscar **soluciones a problemas de la comunidad portuaria**, siempre en línea con el Plan Maestro del Puerto.

Se recomienda que exista un cierto nivel de asociación entre los comités expertos y los consejos de gobierno de la CLP, a pesar de que trabajen de forma independiente por la mejora continua de la comunidad portuaria. El número de comités expertos a establecer dependerá principalmente del grado de madurez alcanzado por el puerto y de las dimensiones de este, aunque no se recomienda establecer más de 6 comités, evitando de esta forma que se creen diferentes conflictos de interés. Además, deberá asignarse un **coordinador de los comités expertos** que sea el encargado de plantear los retos planteados en cada situación.

Caso de éxito: La Comunidad Portuaria del Puerto de Bilbao está compuesta por seis grupos de trabajo, en los cuales se analizan las actividades que son transmitidas al coordinador de cada grupo de la CLP. Los grupos de trabajo formados cubren las siguientes temáticas; industriales, aduanas, contenedor, inspector de frontera, mercancía convencional y cargas de proyecto.

4. Establecer una estrategia de comunicación

Inicialmente, se deben establecer los instrumentos para posicionar de forma estratégica a la Comunidad Logístico Portuaria y dotarla de **visibilidad a nivel local y global**. Es de suma importancia identificar a los actores objetivo para de esta forma determinar el mensaje y la vía de comunicación más efectiva. Además, la estrategia de comunicación puede estar formada por diferentes procesos en función del contenido a difundir.

Caso de éxito: La CLP de Valparaíso ha desarrollado una página web, participa activamente en redes sociales y anualmente organiza un foro donde promocionan las actividades de la comunidad y congregan a empresas del sector, instituciones públicas y universidades.

D. Herramientas de apoyo

1. Preparar el capital humano de la CLP

Para diseñar la **estrategia de formación** de los miembros de la CLP, se establece como etapa previa la de identificar las **limitaciones formativas** existentes en la comunidad. Es una práctica común, la

de establecer acuerdos de colaboración con entidades formativas, con el objetivo de disponer de profesionales formados. Otra de las actividades recomendadas consiste en programar workshops y talleres sobre los diferentes procesos logísticos que se desarrollan en los puertos, alcanzando de esta forma un entendimiento global por parte de la comunidad.

Caso de éxito: BarcelonaPort estableció con un grupo de trabajo enfocado a capacitar a su personal, el cual tiene la misión de establecer un marco de diálogo y de colaboración entre los centros educativos y las empresas, para desarrollar programas de formación y prácticas que permitan mejorar la adaptación de la oferta y demanda de trabajo en el sistema portuario.

El primer Programa de Capacitación de BarcelonaPort se ejecutó a través de un convenio con Escuelas de Negocios y Universidades considerando 2 elementos:

- Programa enfocado a la CLP, con tres enfoques: Gerencial: módulos de estrategia y gestión de empresas. Mandos intermedios: curso de gestión de Marketing, calidad y cadena de suministro. Técnicos: cursos de inglés, informática, herramientas de calidad.
- Programa dirigido a clientes finales (Navieras, Importadores, etc.). El cual incluía la divulgación de los procesos portuarios.

Uniport Bilbao realiza un análisis de las necesidades formativas cada vez que surge nueva normativa o tendencias dentro del ámbito portuario y logístico, por ejemplo, nuevas normativas aduaneras o procesos de inspección en frontera entre otros.

2. Implementar el PCS

Como se introduce en el posterior capítulo, un **Port Community System (PCS)** es una **plataforma tecnológica** para la gestión y comunicación entre los diferentes miembros de la comunidad portuaria.

A la hora de implementar un PCS es necesario definir una serie de fases que requieren de la participación de diferentes actores de la CLP.

- Estudio de mejoras en los procesos del puerto.
- Analizar las diferentes tecnologías disponibles de PCS.
- Definir los beneficios que afectan a cada miembro de la comunidad portuaria.
- Establecer la estrategia operativa y de desarrollo del PCS.
- Establecer el modelo financiero y de gestión.

Para el estudio de mejoras de los procesos portuarios se recomienda hacer uso del diagrama de procesos establecido en la primera fase del presente capítulo.

Las fases de implantación para el PCS se definen de forma más detallada en el capítulo 5.

Caso de éxito: A nivel internacional, los ejemplos de éxito son numerosos, por citar algunos encontramos los puertos de Felixstowe, Hong Kong, Rotterdam, Amberes, Le Havre, Abu Dhabi y PORTIC de Barcelona.

En Latinoamérica destaca el PCS del Puerto de Valparaíso, formada por tres subsistemas que cubren funciones de gestión, operación. Entre las principales ventajas de este PCS están:

Gestiona la información de la cadena de suministros, Visualiza la demanda logística, Sincroniza el flujo documental, Genera documentos electrónicos, Reduce costos.

E. Proyectos

1. Establecer una Marca de Calidad

Esta fase supone coordinar a los actores de la CLP para optimizar las operaciones portuarias, definiendo unos **estándares de calidad adecuados**.

La Marca de Calidad consiste en una estrategia impulsada por la CLP, en la cual se establecen compromisos respecto a la calidad del servicio (tiempos, estándares, normativa...), se crean protocolos para determinar el cumplimiento de unos ciertos niveles de calidad y se establece un comité de calidad para coordinar la participación de los diferentes miembros de la comunidad portuaria.

Caso de éxito:

BarcelonaPort tiene implementada su propia Marca de Calidad denominada como "efficiency Network", la cual está enfocada a garantizar la eficiencia en los procesos logísticos del puerto, en concreto se centra en la seguridad de las operaciones y mercancía, la fluidez de la información, la transparencia y trazabilidad de mercancías y documentación

2. Estrategia sostenible de la CLP

La estrategia sostenible tiende a establecer unas prioridades relacionadas con el **ámbito social, económico y ambiental**. Es de suma importancia comprobar que los objetivos del Plan Maestro Portuario estén en sintonía con las líneas generales de la estrategia sostenible. Anualmente, se recomienda implementar mejoras para fomentar una cultura de mejora continua y elaborar reportes de los resultados obtenidos.

Caso de éxito:

BarcelonaPort ha elaborado su primer Plan de Sostenibilidad Sectorial durante el año 2017 centrándose en las entidades pertenecientes a la CLP. En su primer año se consiguió una gran aceptación del plan por parte de los miembros de la comunidad logística.

3. Distinguir a los actores más activos de la CLP

Una práctica para fomentar la participación de los diferentes miembros de la CLP es otorgar un reconocimiento público a los actores por apoyar los objetivos establecidos y por la implementación de mejoras logísticas en la comunidad.

Caso de éxito:

La CLP Barcelona entrega premios a los actores pertenecientes a la Efficiency Network que colaboran en implantar los objetivos establecidos en el Plan de la Marca de Calidad del puerto. Han establecido 4 tipologías de premios para personas, empresas y colaboración efectiva entre empresas y cliente final. Los premios valoran a las empresas que hayan implantado herramientas que fomenten la colaboración y la calidad del servicio.

4. Plataforma PCS

Cerca del 80% de la carga exportada por los países utilizan la red portuaria, pero ésta se caracteriza por necesitar una gran cantidad de documentación, procesos operativos ineficientes y manuales, incluso controles que generan falta de coordinación entre agentes además de provocar pérdidas de tiempo y largas esperas de camiones. Los problemas anteriores producen un impacto negativo en la competitividad del país, afectando en gran parte al transporte terrestre y al cumplimiento en los tiempos de entrega.

Como solución a estas ineficiencias aparece la herramienta informática denominada "Port Community System", la cual administra de forma integral la infraestructura portuaria, con funcionalidades que superan a las ofrecidas por los sistemas de ventanilla única estatal e integrando las actividades relacionadas con la exportación e importación de los diferentes actores tanto públicos como privados de una forma eficiente y segura para mejorar la integración, conectividad y desarrollo económico del sistema portuario.

Las herramientas vinculadas a las tecnologías de la información y comunicación (Tics) están irrumpiendo con fuerza y consiguiendo mejorar la gestión y eficiencia de la cadena logística y portuaria a nivel mundial. Uno de los elementos clave en la aplicación de las Tics en los puertos es la conexión de los diferentes actores de la cadena de suministro, consiguiendo mejorar el flujo de información entre los mismos. Las principales tendencias que han influido en el desarrollo de las TIC en el sector de la logística son la globalización del comercio, el rápido crecimiento del comercio electrónico y el desarrollo de conceptos innovadores como logística inversa, trazabilidad de mercancías, transporte multimodal y de puerta a puerta. Como resultado, las soluciones TIC desempeñan un papel cada vez más importante en el diseño y la implementación de medidas de facilitación del comercio y la logística. Estas aplicaciones consiguen reducir los tiempos de espera en los puertos comerciales, asegurar un procesamiento de datos efectivo, simplificar los trámites y ofrecer información de gran utilidad a los operadores de transporte.

Es muy probable que el uso de las TIC en áreas tales como la automatización de procesos aduaneros, la documentación electrónica y la información avanzada en logística continúe evolucionando en los próximos años.

De todos modos, es relevante señalar que las mejoras asociadas al uso de estas herramientas no pueden lograrse sin un entorno normativo y regulatorio sólido, una capacidad institucional adecuada, **gestión de cambios cuidadosamente planificada** y el rediseño de procesos comerciales. Cuando se dispone de tecnologías de la información y de entornos operacionales y legislativos adecuados, la facilitación del comercio suele conducir al éxito.

Hoy en día, los conceptos más extendidos, basados en herramientas TIC, para apoyar la modernización de los puertos y la facilitación del comercio son la "Ventanilla única" y el "Port Community System". Para profundizar más sobre el impacto de ellos, ambos conceptos se definen ampliamente en las siguientes secciones.

4.1 El Port Community System

Un Port Community System es una plataforma electrónica cuya función principal **es conectar los diferentes sistemas** operados por las organizaciones presentes en un puerto logístico. Es una plataforma compartida ya que es estructurada, organizada y utilizada por las diferentes empresas de un mismo sector, es decir, la comunidad logística y portuaria.

La razón principal para establecer una plataforma PCS se fundamenta en que los actores portuarios y logísticos hacen uso de una gran cantidad de información diariamente para innovar y optimizar los procesos relacionados con el transporte y la logística de mercancías. Como resultado, la industria del transporte debe guiar su propio cambio y hacer efectivo estos procesos de innovación. Tales innovaciones en el sector del transporte no deberían reflejar solo el desarrollo interno de cada compañía a nivel individual, sino ir más allá del concepto tradicional y ver a las compañías relacionadas con el transporte y la logística como enlaces de una única cadena, donde el rendimiento global de toda la cadena de transporte está determinado por cada una de las partes que la componen. Por lo tanto, todos los miembros de la comunidad logística portuaria deberían colaborar estrechamente en los procesos de innovación tecnológica para lograr situarse en una posición competitiva dentro del sector.

Debido a que la mayoría de las empresas no pueden abordar grandes innovaciones de manera individual y efectiva, estas acciones deben llevarse a cabo bajo el paraguas de la cooperación a través de la creación de alianzas con empresas y organismos gubernamentales que sean capaces de manejar tales desafíos. Las alianzas establecidas entre diferentes organizaciones se engloban principalmente en los siguientes tipos:

- **Las alianzas en cadena** donde una serie de empresas que no son competidoras se unen para colaborar en ciertos servicios con el fin de llevar a cabo procesos de innovación. Un ejemplo es un servicio de transporte puerta a puerta con servicios de valor añadido incluidos; en este caso, sería posible una alianza entre un transportista marítimo, sus agentes en los puertos de origen y destino, un agente de carga internacional y un operador ferroviario.
- **Las alianzas de nodo** se establecen entre empresas y entidades que trabajan en torno al mismo nodo de la cadena logística. Dos ejemplos son una comunidad portuaria o una plataforma logística en un área determinada. Una de las características de este tipo de alianza es que incluyen compañías que son competidoras, pero que forman una alianza estratégica para lograr un objetivo común.

La Asociación Internacional de Port Community System (IPCSA) define el PCS como una **plataforma abierta y neutral** que permite de una manera inteligente y segura el **intercambio de información** entre actores públicos y privados con el objetivo de mejorar la eficiencia y la competitividad de las comunidades portuarias. Optimiza, organiza y automatiza procesos logísticos y portuarios a través del envío único de datos y conectando la cadena logística y de transporte. (17)

Fundamentalmente, el PCS responde a la necesidad de maximizar la infraestructura física y administrar la eficiencia de las operaciones portuarias de manera global. El sistema existe en un entorno en el que un número importante de empresas desempeña un papel diferente en la cadena logística y del transporte.

El PCS permite el intercambio de información entre todos los miembros del sector logístico y portuario y es reconocido como el método más avanzado para intercambiar información con la infraestructura de la comunidad portuaria a nivel nacional. El PCS gestiona las comunicaciones electrónicas en el puerto entre los importadores y exportadores, las autoridades portuarias, aduana y operadores de transporte privado entre otros (navieras, agentes, transitarios, estibadores, transporte por carretera y ferrocarril).

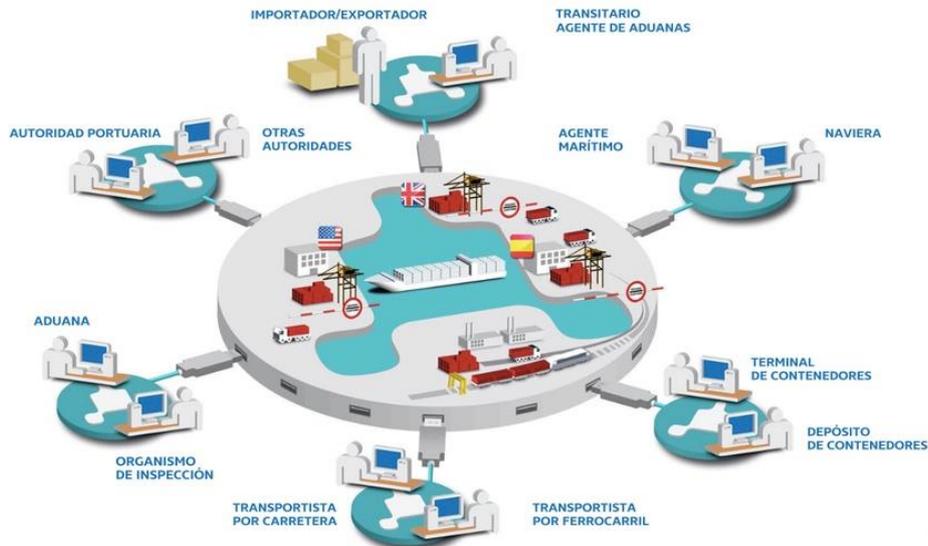


Figura 13. Relación establecida entre actores por el PCS (fuente. ValenciaportPCS)

Fundamentalmente los servicios que incluye el PCS son los siguientes:

- Facilitar el intercambio de información y datos entre los diferentes actores portuarios como aduanas, autoridad portuaria y operadores de transporte.
- Intercambiar electrónicamente las declaraciones aduaneras y las respuestas de estas entre particulares y los servicios aduaneros.
- La gestión electrónica de toda la información relativa a la importación y exportación de carga contenerizada, carga general y granel.
- Informar a través de una vía única sobre el estado y control, localización y seguimiento de la carga durante el proceso completo de la cadena logística y de transporte.
- Recibir y procesar las declaraciones de mercancía peligrosa a través de la autoridad competente del puerto.

Una de las funciones principales del sistema es obtener de forma automática, a través de los intercambios de información entre los operadores portuarios privados, la información requerida por la Aduana. A través del sistema la documentación necesaria puede ser enviada a la aduana sin necesidad de intervención manual o presencial, reduciendo de esta forma el tiempo necesario para realizar las gestiones de obligado cumplimiento. El PCS también permite que una naviera envíe electrónicamente una solicitud para atracar el buque y recibir nuevamente la autorización del puerto por medios electrónicos. Además, el PCS permite a los transitarios reservar electrónicamente el espacio en un barco, organizar el transporte terrestre para recoger los contenedores vacíos o enviar el manifiesto de carga a la aduana y recibir el despacho aduanero de forma electrónica.

A la vez se logra una reducción de tiempos en la tramitación, gestión y envío de documentación debido a que se unifica en un mismo punto los tramites de obligado cumplimiento para los actores de la comunidad logística. El sistema permite enviar electrónicamente a la autoridad portuaria información esencial para realizar procesos en los puertos (datos de buques, documentos, e información sobre escalas, atraques y operaciones).

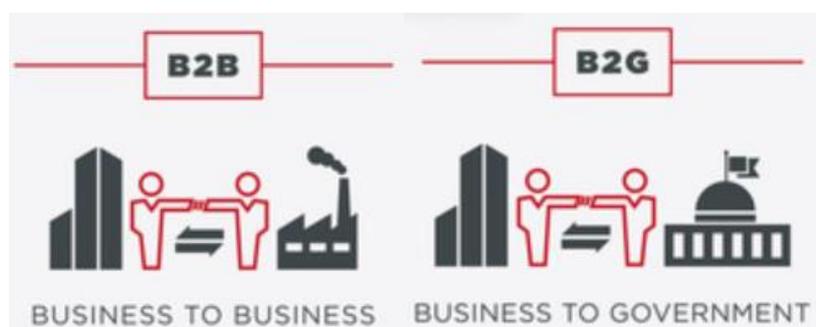
El sistema no supone un coste para los agentes, además de reducir considerablemente el tiempo de atraque y el que la carga permanece en la terminal. Dicha reducción en tiempos produce directamente un ahorro de costes además de incrementar la capacidad y competitividad de los puertos internacionalmente. La estrategia de "puerto sin papel", donde las comunicaciones e intercambios de documentos se realizan electrónicamente, facilita el control de mercancías por parte de las autoridades competentes, ayudando de esta forma a evitar fraude y evasiones fiscales, además de colaborar con el medio ambiente.

Las ventajas principales para los operadores de comercio exterior son:

- **Mejora en la planificación de las operaciones** de importación/exportación, al conocer previamente el modelo de certificados necesarios para cada operación.
- **Reducción de tiempo y coste** de las mercancías inmovilizadas al permitir el control unificado.
- **Ahorro de tiempo en tramitación del despacho** de la mercancía, al posibilitar el reenvío directo de la documentación aportada.
- **PCS vs VUP (Port Community System vs ventanilla única portuaria)**

De acuerdo con el marco electrónico marítimo, no es sencillo definir de forma concreta un sistema electrónico portuario debido a la diferencia existente entre los diferentes puertos. La diferencia principal se define a continuación:

- La **Ventanilla Única Portuaria** es un sistema que proporciona información a las autoridades portuarias a nivel local sobre los buques, por lo tanto, tiene un carácter **B2G** (Business to Government). La comunicación establecida tiene el objetivo de informar a la autoridad de gobierno del puerto.
- El **Port Community System** se define como una herramienta para intercambiar mensajes dentro del entorno portuario y está orientado a establecer una vía de comunicación para el sector logístico y comercial, por lo tanto, tendrá un carácter **B2B** (Business to Business).



Por lo tanto, no es posible establecer una definición específica para los diferentes sistemas electrónicos portuarios, pero en términos generales se podría definir como "un sistema de envío de información portuaria sobre las operaciones relativas a la cadena de suministro", y dicha

definición incluiría a ambos sistemas anteriormente nombrados. Como se ha descrito anteriormente, la principal diferencia radica en que la mayoría de los puertos hacen uso del PCS para realizar transacciones comerciales o mercantiles, en cambio la ventanilla única portuaria tiene el objetivo de agilizar las transacciones administrativas. A pesar de lo anteriormente descrito, algunos puertos hacen uso de ambos sistemas indistintamente con fines comerciales y administrativos.

El PCS tiene la capacidad de actuar como ventanilla única nacional o integrarse dentro de la misma. Como ya se ha introducido anteriormente, una de las funcionalidades más destacadas es que al estar integrada con otras plataformas de intercambio de datos nacionales, posibilita la introducción de datos de forma única.

La principal **finalidad de una plataforma PCS** se basa en el intercambio de información eficiente y eficaz entre la comunidad logístico portuaria. La forma en la que el intercambio de información ocurre se puede describir haciendo uso de modelos de información. (19) Los tres modelos de información más usados en los sistemas de información portuarios se describen a continuación:

- **Modelo de Información Bilateral (BIM)**

La información es intercambiada directamente entre los diferentes actores con una estructura bilateral. Al hacer uso de canales de comunicación básicos, como fax, teléfono o email, el intercambio de información es directo, sencillo y económico de implementar, sin embargo, el modelo de información bilateral describe problemas de dimensionalidad por lo que su uso es más apropiado para ambientes en el cual el número de miembros presentes en la comunidad es reducido.

- **Modelo de Información Centralizado (CIM)**

Aparece la figura de operador independiente y neutral que proporciona servicios de intercambio de información y gestiona el almacenamiento, envío y recuperación de dicha información entre los diferentes miembros que forman la comunidad. El operador del servicio ofrece servicios de valor añadido relacionados con la gestión de los datos intercambiados que mejoran los procesos logísticos de la comunidad portuaria. En el modelo centralizado (CIM), la información no se intercambia directamente entre los diferentes miembros de la comunidad como en el modelo bilateral (BIM), sino que se solicita directamente al operador central que es quien tiene acceso a los datos. Por lo tanto, el modelo de información centralizado es adecuado para situaciones en las que medianas empresas del sector logístico y del transporte establecen comunicaciones e intercambio de información con grandes empresas que cuentan con su propio sistema interno de intercambio electrónico de datos.

- **Modelo de Información Descentralizado (DIM)**

En el modelo descentralizado también está presente la figura de un operador, aunque este no es responsable del control de la información intercambiada. El operador simplemente conoce que información se almacena, como poder recuperar dicha información y cuando actualizarla. En el modelo descentralizado la información es intercambiada en el momento que se precisa la misma.

- **Principales empresas del sector PCS**

- **Soget:** Empresa de origen francés dedicada a la gestión de la logística portuaria mediante el uso de soluciones TIC. Además de en Francia, cuentan con importante

presencia en países francófonos (África, América Latina y Oceanía). Combinan su experiencia en logística portuaria con uso intensivo de TIC innovadoras.

- **Navis:** Empresa de Software de los EEUU que forma parte del grupo Cargotec. Combina las mejores prácticas industriales con las últimas tecnologías TIC. Cuenta con productos de referencia mundial en el ámbito de la optimización y automatización de Terminales Portuarias. Sus productos tienen presencia en las Terminales Portuarias más importantes del mundo.
- **1-Stop:** Compañía de origen australiano con soluciones para puertos en las áreas de entornamiento y control de accesos. Su mercado actual lo conforman los puertos australianos y de Asia. Se encuentran en proceso de expansión en la región LATAM.
- **Portnet:** es una empresa subsidiaria de PSA Corporation Limited creada en el año 2000 con el objetivo de incrementar la productividad y ahorrar costes en logística portuaria gracias al uso de las tecnologías de la información y comunicación (TIC). Portnet provee a la industria de la logística de una plataforma única para todos los modos de transporte. Portnet tiene más de 900 usuarios y maneja más de 200 millones de transacciones anualmente facilitando a su vez información en tiempo real, información sobre los procesos de logística y de envío...
- **Infoport:** Servicios TIC (tecnologías de la información y comunicaciones) Infoport Valencia es la empresa tecnológica de la comunidad portuaria de Valencia. Fue creada en 1998 para satisfacer las necesidades tecnológicas de las empresas que forman esta comunidad.
- **Serviport:** Serviport Andalucía ha sido una iniciativa empresarial conjunta de las Autoridades Portuarias de Bahía de Cádiz y Sevilla, el Ente Público Puertos del Estado -a través de Portel Servicios Telemáticos, S.A.-, CaixaBank, Unicaja y diversas empresas de sendas Comunidades Portuarias, para la aplicación de tecnologías y servicios en sistemas de información y telecomunicaciones avanzados en distintos ámbitos, incluido el portuario. Serviport presta servicios de telecomunicación e informática en el ámbito de la comunidad portuarias Sevilla, formando una sociedad competitiva y especializada en servicios a las Autoridades Portuarias y a otros Agentes de la Comunidad Portuaria; igualmente diversifica su oferta de servicios a otras organizaciones o empresas de otros sectores, públicos o privados, nacionales o internacionales, que así lo demanden. Gestiona unos 3000 contenedores al día
- **Portic:** La misión de Portic es mejorar la competitividad de las empresas de la comunidad logística portuaria de Barcelona mediante una plataforma tecnológica que facilite la interacción entre todas ellas. Portic tiene más de 260 clientes de la Comunidad Portuaria y 4.000 contenedores/día gestionados.

4.2 Actores

Stakeholder	Rol	Relación	Problemática Actual	Solución PCS
A. Exportador	-Se define como la persona física o jurídica que efectúa la venta de una mercancía (producto) a un país tercero.	Importador-Transitario-Transporte	-Existe desconocimiento en la localización continua de la mercancía .	- RFID, GPS, Track&trace. Información en tiempo real y automática sobre la localización de la carga, dichos dispositivos electrónicos permiten funciones adicionales. Permitiendo de esta forma tener más control sobre el stock y la producción (JIT).
B. Operador de transporte multimodal	Personas físicas o jurídicas, generalmente compañías navieras, empresas ferroviarias, y operadores de transporte (transitarios), que celebran un contrato de transporte multimodal obligándose frente al cargador a realizar un servicio de transporte "puerta a puerta"	todos	-Información descentralizada -Trámites Aduaneros extensos y complicados (específicos) -Necesidad contractual de informar al cliente y otros actores sobre la situación de la carga.	- Ahorro de tiempo en procesos. A través de la plataforma PCS, todos los actores están en contacto directo. (B/L) - Gracias a la aplicación PCS, los trámites aduaneros serán más fluidos y directos (vía telemática). - RFID, GPS, Track&trace. Información en tiempo real y automática sobre la localización de la carga
C. Transitario	Coordina entre exportador/importador y porteador efectivo de la carga. Importante función y tener experiencia en trámites aduaneros.	Importador-Consignatarios- Agentes de aduanas- Navieras	-Información descentralizada -Trámites Aduaneros extensos y complicados (específicos) -Necesidad contractual de informar al cliente y otros actores sobre la situación de la carga.	- Ahorro de tiempo en procesos. A través de la plataforma PCS, todos los actores están en contacto directo. (B/L) - Gracias a la aplicación PCS, los trámites aduaneros serán más fluidos y directos (vía telemática). - RFID, GPS, Track&trace. Información en tiempo real y automática sobre la localización de la carga

<p>D. Empresa alquiler de contenedores</p>	<p>Empresa cuya función principal es proveer a sus clientes con contenedores para el trayecto contratado.</p>	<p>Navieras-SOC</p>	<p>-Logística Inversa -Sustracción de la carga (Piratería) -Problemas de mantenimiento de la carga</p>	<p>-A través de la plataforma PCS, diferentes agentes sin relación podrían estar en contacto directo y de esta forma optimizar los problemas de logística inversa en contenedores. (Un contenedor vacío en un puerto de destino, podría ser devuelto al origen por un tercero que utilice la ruta inversa a la de origen.)</p> <p>- A través de sensores (infrarrojos) y otras tecnologías de detección se podría conocer al momento si el contenedor está siendo manipulado por personas no autorizadas, pudiendo conectar con el sistema de seguridad del puerto y atender el problema lo más rápido posible. Así mismo a través de etiquetas RFID se consigue información en tiempo real y automática sobre la localización de la carga.</p> <p>-Mediante sensores (de temperatura, movimiento, detección de gases inflamables) se podrían regular las condiciones óptimas de la carga y evitar pérdidas materiales.</p>
<p>E. Fletador</p>	<p>Explota el buque alquilándolo.</p>	<p>Naviera-Transitario</p>	<p>Mismos que Naviera</p>	<p>-Mismos que naviera</p>
<p>F. Broker Marítimo</p>	<p>Intermediario entre navieras o armadores y fletadores. Se encarga de buscar a navieras o armadores y buque a cargadores.</p>	<p>Naviera-Armador-fletador</p>	<p>-Difícil contacto debido a competencia.</p>	<p>-Contacto directo entre stakeholders a través de la plataforma PCS, pudiendo así optimizar los flujos de mercancías.</p>
<p>G. Armador</p>	<p>Persona que explota comercialmente o no un buque, y que resulta responsable de la navegación de este. El armador puede ser o no el propietario del buque.</p>	<p>Naviera</p>	<p>-Tiempos de espera altos en entrada de puertos (cuellos de botella)</p>	<p>-Ahorro en el tiempo de operaciones portuarias (amarre, remolcador...) gracias al contacto directo con autoridades portuarias.</p>

<p>H. Naviera</p>	<p>Persona natural o jurídica, sea o no propietario de la nave, que la explota y expide en su nombre.</p>	<p>Armador- Estiba- transitario-Autoridad Portuaria</p>	<p>-Tiempos de espera altos en entrada de puertos (cuellos de botella)</p>	<p>-Ahorro en el tiempo de operaciones portuarias (amarre, remolcador...) gracias al contacto directo con autoridades portuarias.</p>
<p>I. Capitanía marítima</p>	<p>La autoridad española que se encarga la inspección de mercancías a bordo de los buques, de los medios de estiba y desestiba y la autorización o prohibición de las operaciones de carga y descarga. Además del despacho de buques y cierre de un puerto cuando las circunstancias de seguridad lo requieran.</p>	<p>Naviera- Sociedad Portuaria- Estibadores-</p>	<p>-Gran cantidad de solicitudes de arribo y zarpe</p>	<p>- Mejora en la gestión de las operaciones portuarias de arribo y zarpe a través de la comunicación directa con el buque y Sociedad portuaria</p>
<p>J. Operador Portuario</p>	<p>Empresa que presta servicios en los puertos, directamente relacionados con la entidad portuaria, tales como cargue y descargue, almacenamiento, practicaje, remolque, estiba y desestiba, manejo terrestre o porteo de la carga, dragado, clasificación y reconocimiento.</p>	<p>Naviera-Autoridad Portuaria-transportista</p>	<p>-La información sobre contenedores es muy grande, información inabarcable</p>	<p>-La información recibida a través del PCS es categorizada a través de la aplicación e informa automáticamente a cerca de contenedores prioritarios (mercancía peligrosa, productos perecederos)</p>
<p>K. Zona Franca</p>	<p>Una zona franca es un área del territorio nacional que goza de un régimen aduanero y fiscal especial, con el fin de fomentar la industrialización de bienes y la prestación de servicios orientados principalmente a los mercados externos y de manera subsidiaria al mercado nacional. Para las operaciones con el resto</p>	<p>Transportista</p>	<p>-Almacenamiento de contenedores de diferentes clientes y por largos periodos de tiempo</p>	<p>-RFID, GPS, Track & trace. Información en tiempo real sobre localización de la carga. Permite la distribución de contenedores atendiendo a su destino final, tipo de carga (refrigerados) o prioridad. -Sensores permiten la detección de sustancias ilegales, nocivas o peligrosas previa entrada en país de destino.</p>

	del mundo las zonas francas se reconocen como parte del territorio nacional, mientras que para las operaciones de comercio con el país se toman como territorio extranjero.			
L. Patio de contenedores	Zona logística destinada a almacenar los contenedores	Estiba- Aduanas- Autoridad portuaria	-Tiempo de búsqueda de ubicación de contenedor alto -Organización deficiente de contenedores	- RFID, GPS, Track & trace. Información en tiempo real sobre localización de la carga. Permite la distribución de contenedores atendiendo a su destino final, tipo de carga (refrigerados) o prioridad. - Sensores permiten la detección de sustancias ilegales, nocivas o peligrosas previa entrada en país de destino
M. ZAL	Zona especializada en las actividades de almacenamiento y distribución de mercancías, donde además se desarrollan actividades y se prestan servicios de valor agregado.	Sociedad portuaria- Empresas de transporte Transportista	- Congestión en zonas de acceso a las terminales portuarias por falta de organización previa	-Servicio de cita previa para entrada en puerto (enturnamiento) y servicios adicionales al transportista
N. Agente Aduanas	Realiza los procesos aduaneros por cuenta de terceros.	Transitario-Naviera- Aduanas	-Tiempos de procedimientos altos (espera de turno, entrega de documentación, validaciones...) -Alto consumo de papel, necesidad de presentar documentos impresos	-Envío de documentos a través de PCS (40% menos consumo de tiempo) - e-documents (ahorro económico del 38%)
O. Aduanas	Administración dependiente del Estado encargada de cobrar impuestos y vigilar las mercancías.	Agente de Aduanas	-Necesidad de gran número de personal para atención al cliente. (altos costes fijos) -Tiempo necesario para comprobar descargas alto.	- A través de la plataforma se podrán entregar los documentos requeridos telemáticamente . -La autoridad recibe la lista de mercancía descargada a través de la plataforma y comprueba con el sistema central de aduanas que dicha mercancía este previamente declarada en el sistema

				(tiempo de comprobación de 4 horas reducido a 3 minutos)
P. Empresa de transporte	Se encarga de la organización del transporte terrestre. Puede poseer los vehículos o subcontratarlo.	Transitario-exportador-importador	-falta de información sobre llegada y localización de la mercancía, y consiguiente desaprovechamiento del espacio disponible en	--RFID, GPS, Track & trace. Información en tiempo real sobre localización de la carga. Posibilidad de optimizar la distribución de la carga con mayor eficacia.
Q. Transportista	Realiza el transporte de la mercancía. Puede pertenecer a una empresa de transporte, privada e incluso ser autónomo.	Transitario-empresa de transporte- Exportador-	-Tiempos de espera altos en entrada a terminal portuaria. -Falta de información sobre la hora de llegada de la carga.	-Control acceso al puerto. Mediante sistema de reconocimiento OCR , comprueba la matrícula en la lista de autorizaciones aduaneras. Comprobaciones más rápidas y eficientes. Evita retenciones (colas, cuellos de botella) en las puertas a la terminal de contenedores. (movimientos gestionados electrónicamente). Ahorro de tiempo espera de 5 minutos a 35 segundos -A través de la plataforma recibiría información en tiempo real sobre situación de la mercancía, evitando esperas innecesarias (posibilidad de procesos JIT)
R. Sociedad Portuaria	Sociedades anónimas constituidas con capital privado, público o mixto, cuyo objeto social será la inversión en construcción y mantenimiento de puertos, y su administración. Las sociedades portuarias podrán también prestar servicios de cargue y descargue, de almacenamiento en puertos, y otros directamente relacionados con la actividad portuaria.	Estiba-naviera-Aduanas. (todos directa o indirectamente)	-Necesidad de gran número de personal en el control de acceso -Formación de cuellos de botella en el control de acceso, pérdida de eficiencia.	-Control acceso al puerto. Mediante sistema de reconocimiento OCR, comprueba la matrícula en la lista de Autorizaciones Aduaneras. Necesidad de menos personal y comprobaciones más rápidas y eficientes. (No hay necesidad de parar el camión, proceso rápido de 30 segundos)

<p>S. Importador</p>	<p>Compra de mercancía/carga</p>	<p>Transitario- Transportista- exportador</p>	<p>-Falta de información sobre hora de llegada de la mercancía.</p>	<p>-RFID, GPS, Track&trace. Información en tiempo real sobre localización de la carga. Permite organizar el stock con antelación, evita esperar una mercancía que desconocemos la hora de llegada, evaluación de la demanda...</p>
<p>T. Gobierno estatal</p>	<p>Autoridad que ejerce funciones de administración y dirección del país.</p>	<p>Ciudadanos-Aduanas- Comercio</p>	<p>-Falta de información veraz sobre destino final de mercancía importada -Entrada de mercancía no autorizada. -falta de datos cuantitativos sobre importaciones/exportaciones</p>	<p>-RFID, GPS, Track & Trace. A través de estos dispositivos se obtiene información sobre el destino final de mercancía sospechosa de ser utilizada para actividades delictivas. -Sensores permiten la detección de sustancias ilegales, nocivas o peligrosas previa entrada en país de destino. -Mayor control de las actividades import/export. Obtención de datos para estudios relacionados con el comercio.</p>

4.3 Funcionalidades

A continuación, se describen en forma de tabla las funcionalidades identificadas y relativas a la aplicación del PCS.

Categoría	A. Función	Problema actual	Descripción	D. Beneficios	E. Tecnología.	F. Linked actor
Seguridad	Trazabilidad	Inexistencia de información en tiempo real. Diferentes fuentes de información sobre localización no coinciden. Identificar responsables ante un deterioro de la mercancía.	A través de tecnología basada en localización de la mercancía será posible estimar de una forma más eficiente el tiempo de llegada de esta, permitiendo una mejor planificación de los procesos logísticos y favoreciendo procesos JIT. Ofrece información acerca de los documentos tramitados.	Mejor planificación y eficiencia. Identificar al autor del accidente.	RFID, GPS-Track&Trace	Exportador, importador, transitario,
Seguridad	Legalidad	Gran cantidad de carga dificulta el control	La plataforma permite realizar la Declaración de Mercancías telemáticamente. Los controles aduaneros y de narcóticos serán rápidos y efectivos. El sistema alertara automáticamente si hubiera datos incoherentes (peso diferente, mercancía sensible de estar relacionada con actividades ilícitas, rutas calientes.)	Mayor control y seguridad de los puertos. Rapidez al tramitar manifiestos de carga	Bases de datos interconectadas (aduanas-policía-puertos)	Agente de aduanas-antinarcoóticos
Seguridad	Gestión de mercancías peligrosas	Información sobre mercancías peligrosas no estaba en tiempo real	Permite tramitar las solicitudes de autorización para carga, descarga y tránsito de mercancías consideradas como peligrosas	Mayor control y seguridad del Puerto. Rapidez en tramites	Plataforma Informática	Autoridad portuaria-naviera
Comunicación	Colaboración-conectividad	Información descentralizada. Contenedores no van a plena carga.	La plataforma aproxima a los diferentes actores. Compartir información. Creación de sinergias para alcanzar mayor efectividad a través de la colaboración directa. Conectando al exportador con el transporte a través de la plataforma que informa de las capacidades disponibles de los transportistas, fechas y rutas. Permite reservas de carga	Incremento de productividad. Optimización de viajes. Mejora tasas de carga. Reducción contaminación.	Booking service-base de datos informativa	Exportador-transitario-transportista

Comunicación	Conectividad	Entrega de gran número de documentos. Trámite lento debido al volumen de documentación necesaria.	Comunicación directa y en tiempo real con terminal Portuaria. Posibilidad de entregar los documentos necesarios telemáticamente, a través de formularios tipo y sistemas EDI. Gestión de escalas, listas de carga y órdenes de transporte.	Rapidez procesos- Ahorro papel-No es necesario personarse físicamente	Plataforma informática	Autoridad portuaria- Actores Logísticos
Comunicación	Predicciones de carga	Inexistencia datos reales sobre importación	Base de datos: creación de una base de datos automática para realizar predicciones futuras (Big Data) sobre fechas de mayor congestión y rutas principales. Además de servir para estudios del gobierno sobre el crecimiento de las importaciones/importaciones	Control sobre importaciones.	Plataforma informática con base de datos histórico	Gobierno- Autoridad portuaria
Productividad	Enturnamiento (Vehicle booking system)	Formación cuellos de botella en accesos a la terminal portuaria y ZAL.	Entradas a terminal: A través de sistemas de Enturnamiento, la entrada/salida a la terminal será de forma automática con cita previa, además de comprobar por medios electrónicos las licencias, ID del conductor y que el peso de la carga coincide con lo declarado en documentos. Permite además informar sobre punto de recogida de la carga y lugar asignado para aparcar.	Ahorro de tiempo	Plataforma Enturnamiento (cita previa)	Transportistas- Autoridad portuaria
Productividad	Comprobación de documentación	Perdida de eficiencia en accesos portuarios. Necesidad de gran número de personal de control y validación de	Comprobación telemática de la autorización aduanera y de entrada/salida del puerto con tecnología OCR y RFID.	Mayor productividad. Ahorro de tiempo.	OCR-RFID	Transitarios- transportistas-

5. Implantación del PCS

En este apartado se analizan diferentes puertos que cuentan en la actualidad con plataformas PCS, se describen las funcionalidades principales que aportan mayor valor a la cadena de suministro y a la gestión de las mercancías. Finalmente se realiza una tabla donde aparecen las buenas prácticas más recomendables y usadas por puertos logísticos de referencia mundial.

En base al estudio realizado sobre diferentes plataformas PCS se sugiere que el proceso para diseñar e implementar la plataforma **PCS** se divida en **cuatro etapas principales**; 1. Iniciación del proyecto. 2. Análisis y diseño del sistema. 3. Implantación y adopción de la plataforma. 4. Mantenimiento e implantación de mejoras. (20)

Durante la etapa de iniciación del proyecto la clave es identificar claramente y comunicar a todos los participantes la necesidad de implementar una plataforma PCS. Una vez que la necesidad haya sido identificada se analizan los objetivos y el ámbito comercial, para de esta forma diseñar un sistema apropiado que incluya una arquitectura y un lenguaje de comunicación. Posterior a la etapa de diseño se procede al comienzo del proceso de implantación tecnológica, contrato con las partes interesadas y promover la adopción de la plataforma. De la misma forma que ocurre con los desarrollos tecnológicos, el sistema debe mantenerse y actualizarse continuamente para reflejar las prácticas de negocio más innovadoras que existan en ese momento.

Es importante enfatizar la tensión que puede ocurrir entre el nivel individual de las empresas y el nivel colectivo de todos los miembros de la comunidad en la etapa de implantación del sistema.

A nivel individual de las empresas, las organizaciones participantes pueden diferir con respecto a los beneficios previstos, los recursos que tengan disponibles (experiencia y presupuesto disponible) e incluso el poder de negociación con el que cuentan. Sin embargo, a nivel colectivo, el éxito en la implantación será función del nivel de compromiso a largo plazo de todas las partes que participan en el PCS. Los miembros de la comunidad deben acordar conjuntamente el uso de tecnologías de la información, estándares y protocolos comunes.

Debido a que los miembros de la comunidad logística difieren con respecto a sus funciones, recursos disponibles, capacidades y beneficios percibidos, la adopción y la implantación de sistemas de información pueden estar sujetas a negociaciones continuas, conflictos de interés o incluso al fracaso. Los estudios muestran que la falta de recursos de ciertas PYMES que operan en el sector logístico se puede convertir en una barrera para lograr su implicación en el proyecto en cuestión.

Además, en el entorno portuario, no todos los miembros se benefician al mismo nivel con la participación en el PCS, a esto se le denomina como "Beneficio heterogéneo", lo cual implica una diferente implicación de las diferentes partes en el momento de adoptar la plataforma PCS.

Un ejemplo de beneficio heterogéneo podría ser la diferencia entre una pequeña empresa de transporte de mercancías que se comunica con una terminal portuaria solo unas pocas veces al día, frente a la terminal portuaria que debe comunicarse con múltiples compañías de transporte de carga de forma permanente. Es por esto por lo que se necesitan embajadores o sponsors y un coordinador para promover la participación de todas las partes.

Los embajadores inician la difusión y establecimiento del PCS, aportando experiencia e incluso apoyo financiero a aquellas empresas que se encuentran competitivamente en una situación de

desventaja. Las autoridades portuarias suelen actuar como coordinadores en el proceso de desarrollo del sistema.

Afrontar los desafíos que implica el concepto de beneficios y recursos heterogéneos al mismo tiempo que se organizan y estructuran las diferentes etapas del PCS requerirá el esfuerzo e implicación de todas las partes interesadas. A continuación, se describen los casos de buenas prácticas identificadas en diferentes sistemas en funcionamiento a nivel portuario internacional.

Puertos internacionales bajo estudio

Con el objetivo de obtener una visión práctica sobre los factores de éxito que rodean la implantación de una plataforma PCS se analizan diferentes puertos internacionales con sistemas PCS ya en funcionamiento.

PCS	Ubicación	Objetivos
Port Infolink	Rotterdam, EU	Coordinación procesos portuarios y de la cadena de suministro
Secure Logistics	Holanda, EU	Coordinación cadena de suministro
Dakosy	Hamburgo, EU	Coordinación procesos portuarios
Seagha	Amberes, EU	Coordinación procesos portuarios
FIRST	Nueva York, USA	Información del Puerto y mercancía en tiempo real
Freight Information Highway	USA	Organización cadena suministro
Portnet Tradenet	Singapur, Asia	Coordinación procesos portuarios
OnePort Tradelink	Honk Kong, Asia	Coordinación procesos portuarios, tramites sin papeles

Tabla 4. PCS analizados a nivel internacional

Identificamos los factores clave de éxito en una serie de etapas que se formulan a lo largo del ciclo de vida de desarrollo del sistema de información. El éxito de la implantación parece estar relacionada con las prácticas específicas realizadas dentro de cada una de estas cuatro etapas. La siguiente sección describe estas etapas en el contexto de los puertos y resalta los factores de éxito asociados como lecciones aprendidas utilizando los ocho casos de puerto como ejemplos ilustrativos.

Al analizar los diferentes sistemas adoptados en los puertos internacionales, se puede observar que tienen en común estas diferentes etapas de implantación anteriormente nombradas. De esta forma se identifican características específicas relacionadas con cada etapa e incluso errores de aplicación o puntos débiles. Se procede a analizar etapa por etapa e identificar las diferentes buenas prácticas que se han llevado a cabo en los diferentes puertos internacionales bajo estudio.

- Las 4 etapas de implantación

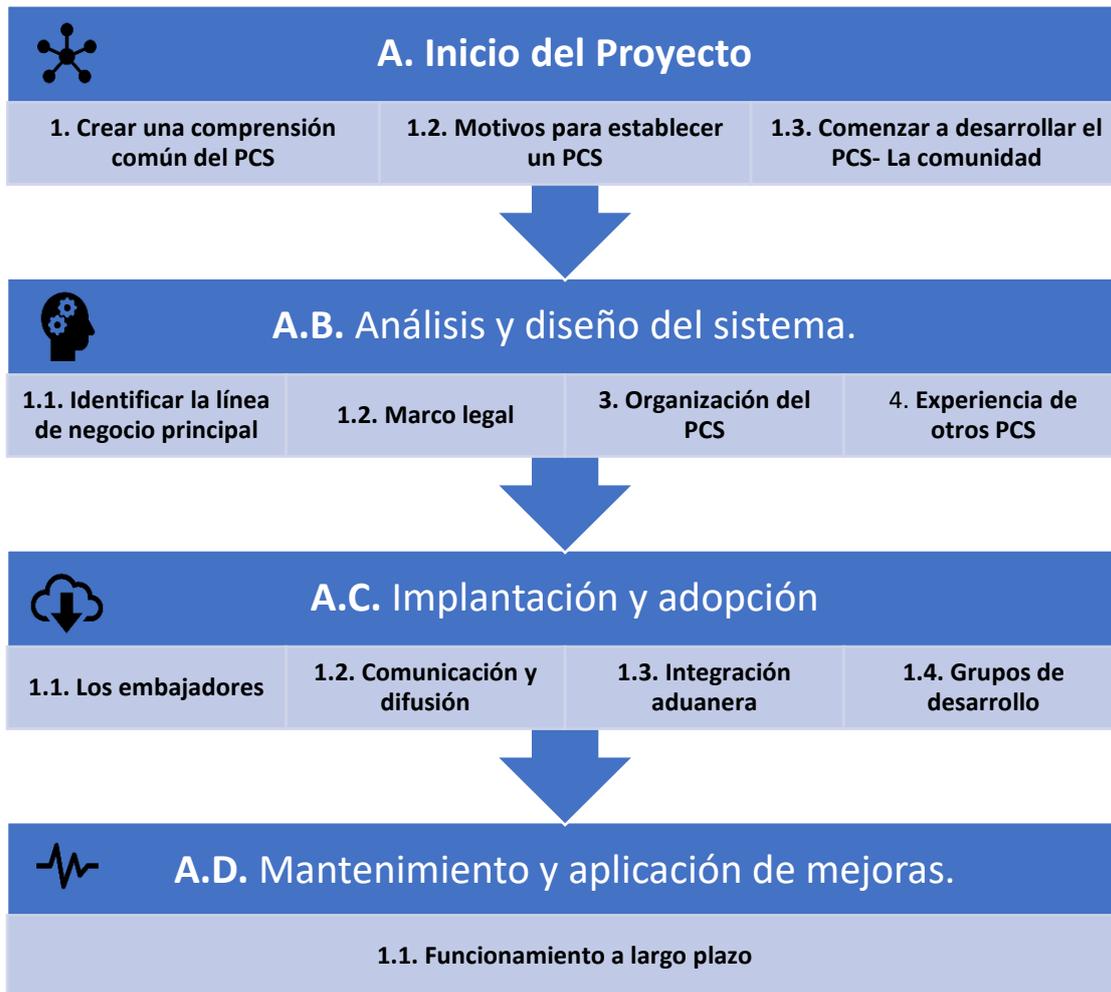


Figura 15. Las 4 etapas de implantación. (fuente: elaboración propia)

5.1 Etapa A: Inicio del Proyecto

El objetivo común del sistema PCS es procesar y redistribuir de forma inteligente información a las otras organizaciones que participan en la red de Comunidades Logístico-Portuarias, ya que dichas organizaciones no pueden alcanzar estos objetivos de forma individual. El éxito en el establecimiento de la Comunidad Logístico Portuaria, así como de la plataforma PCS dependerá de la disposición de las diferentes partes interesadas en contribuir y mantener económicamente la misma, así como a compartir información sobre sus operaciones con la Comunidad Logística.

Es por esto por lo que el éxito en la implantación de la plataforma PCS, así como el establecimiento de la Comunidad Logística Portuaria será función de la acción conjunta de los diferentes miembros que conforman la comunidad.

El nuevo sistema deberá tener el apoyo de las diferentes partes presentes en el sector logístico portuario. En esta etapa las diferentes partes interesadas deben ser identificadas y ser consideradas para determinar los problemas básicos que afectan a la comunidad, a la vez que se

marquen claramente los objetivos y el alcance del proyecto. Será de especial importancia que en esta fase las diferentes partes involucradas conozcan de antemano los **costes asociados a la aplicación del PCS**.

En el caso de los puertos australianos, la mayoría cuenta con plataformas independientes urgiendo la necesidad de englobar las diferentes soluciones desarrolladas en una misma plataforma. La principal barrera existente a la hora de implementar un sistema PCS tiene relación con factores humanos y la negativa a compartir determinada información corporativa además de la gran inversión inicial necesaria.

Además, se precisa de la figura de una institución que promueva la eficiencia portuaria, además de fomentar mesas de trabajo que tengan en cuenta a todos los actores involucrados en la cadena logística de manera que las soluciones adoptadas sean fruto del consenso de la comunidad portuaria.

1. Crear una comprensión común del PCS

Previo desarrollo del PCS, es de suma importancia alcanzar un entendimiento sobre el concepto de PCS por parte de toda la comunidad portuaria. A la vez que conocer el alcance y soluciones que puede ofrecer la plataforma en la región a implementar. (Identificar los principales problemas presentes en la logística portuaria en el ámbito de aplicación y la solución relacionada al PCS).

2. Motivos para establecer un PCS

- Aumento de la eficacia en los procesos portuarios.
- Facilitar el flujo continuo (regular) de los datos electrónicos.
- Cumplimiento de directivas, normativas y regulaciones a nivel nacional e internacional.
- Facilitar el comercio electrónico a través del intercambio de datos se traduce en menores retrasos en los movimientos de mercancía.

3. Comenzar a desarrollar el PCS- La comunidad

- Participación de la comunidad

El primer paso consiste en reunir a toda la comunidad portuaria, desde agencias gubernamentales, autoridades portuarias, aduanas, transitarios, transportistas...

- Elección del coordinador

Es de suma importancia elegir a un coordinador que tenga la responsabilidad de integrar a toda la comunidad portuaria y a la vez actúe de manera independiente a su propio interés para actuar por el bien de toda la comunidad. Se identifica como uno de los objetivos más complicados de alcanzar.

- Identificar el modelo de negocio, legal e incluso financiero

Identificar la financiación para la creación y desarrollo del marco legal y de negocio del proyecto, de esta forma la comunidad tendrá más confianza en el proyecto, logrando una mayor implicación de todas las partes. Este aspecto es crítico para lograr la implementación satisfactoria del PCS.

A continuación, se presentan algunos casos prácticos relativos a esta etapa inicial.

- Buena práctica "Identificar un problema común de la Comunidad Logístico Portuaria"

Un método para obtener apoyo de las diferentes partes interesadas en la Comunidad Logística Portuaria consiste en identificar el mayor problema existente, aquel que se desee solucionar con la mayor prioridad. A pesar de parecer un paso evidente, conviene prestar especial atención a

esta etapa del proceso debido a que la plataforma ayuda a solucionar más de un problema diferente a través de sus funcionalidades y dependiendo del participante esos problemas serán identificados con una prioridad distinta, en función de los intereses de cada miembro de la comunidad logística. Por lo tanto, **la identificación de un problema de relevancia común para toda la comunidad logística será la clave para lograr el éxito en la implantación del sistema PCS.** Un caso práctico aparece en el Puerto de Rotterdam, donde existía un descontento general con el sistema de información portuario existente, el cual emitía información de forma intermitente provocando poca fiabilidad en el mismo. Las diferentes partes interesadas identificaron el problema como urgente y de interés común. Para diseñar el nuevo sistema PCS se creó la compañía privada Port Inforlink, propiedad del Puerto de Rotterdam. Se comenzó identificando el problema de mayor magnitud, el cual obstaculizaba el flujo eficiente de mercancías en el puerto debido a la gran cantidad de documentos que se necesitaban para proceder con los trámites de importación. La solución promovida por la autoridad portuaria y la agencia de aduanas resultó en un proceso de importación sin papeles. Como dos de las principales partes involucradas en el desarrollo de los procesos portuarios coincidían en la necesidad de buscar una solución y la urgencia de esta, se desarrollaron e implementaron con éxito los primeros servicios de la nueva plataforma PCS.

En cambio, identificar un problema que no es significativo para los usuarios del sistema puede resultar en una pérdida de interés por parte de estos a la hora de participar e involucrarse en el proyecto. Un ejemplo fue el programa para reducir la *congestión ambiental y mejorar la calidad del aire (CMAQ)* financiado por el Departamento de Transporte de EE. UU que desarrolló el *sistema de información de mercancía en tiempo real para transporte (FIRST's)*. Como resultado, el sistema fue diseñado como un punto único de información relativa a los Puertos de Nueva York y Nueva Jersey, pero fue promocionado a los usuarios como un medio para mejorar la calidad del aire y reducir la contaminación. Desafortunadamente, al tratarse de aspectos intangibles los participantes no identificaron una necesidad urgente de aplicar dicho sistema con la consecuencia de que no se lograron los resultados esperados y el proyecto fracasó.

- Buena práctica “Apoyo y difusión inicial del proyecto”

Es un hecho que los sistemas de información portuaria requieren una gran inversión tanto económica como en términos de tiempo. La capacidad y la intención de realizar dichas inversiones puede variar ampliamente entre los diferentes actores portuarios, influenciado en gran parte por la relación existente entre los recursos de cada empresa y su capacidad financiera para apoyar una nueva inversión. Además, se ha documentado en diferentes puertos a nivel mundial que la escasez de recursos, en términos económicos, de tiempo y de experiencia, es uno de los principales impedimentos para las pequeñas y medianas empresas a la hora de implantar sistemas de información como el PCS. (21) Debido a la heterogeneidad de recursos que presentan las diferentes partes de la comunidad portuaria se debe analizar de forma especial la inversión requerida por cada una de ellas considerando una posible compensación a las pequeñas empresas.

El atractivo de invertir en un sistema de información se debe en gran parte a los beneficios asociados a su aplicación. Generalmente son las grandes empresas que cuentan con recursos significativos, las que apoyan el establecimiento y la promoción de plataformas PCS. Este hecho a menudo provoca una brecha entre las empresas promotoras (grandes empresas) y las empresas que acaban haciendo uso de la plataforma en cuestión. Además, las grandes empresas cuentan con amplia experiencia a la hora de invertir en nuevas tecnologías y son conscientes de los costes iniciales y periodos de amortización en los que deben incurrir. Por el contrario, las pequeñas empresas tienden a esperar obtener resultados de forma inmediata mediante el uso de aplicaciones tecnológicas.

Resulta razonable que los beneficios asociados al uso de sistemas de intercambio de información aumenten de forma proporcional al volumen de información compartida. La consecuencia resulta evidente, ya que las grandes empresas a menudo se beneficiarán en mayor medida que las pequeñas, provocando cierta desconfianza sobre los beneficios que el PCS puede proporcionar a estas últimas y resultando en una negativa a la hora de invertir.

Normalmente, los beneficios que resultan de la aplicación del PCS están claros para todas las partes involucradas. Sin embargo, a nivel particular de cada empresa estos beneficios no son siempre tan evidentes, ya que muchos se definen como indirectos y son identificables solo a largo plazo. La condición previa de mayor importancia para lograr alcanzar los beneficios esperados a largo plazo es conseguir involucrar al mayor número de miembros de la comunidad logística y portuaria. Cuantos más miembros se involucren, mayor será la cantidad de información procesada y la precisión de esta, obteniendo unos mayores niveles en cuanto a calidad en el servicio ofrecido a la comunidad. Para alcanzar dichos objetivos todos los miembros de la comunidad logística deben participar en el proyecto de manera efectiva.

Debido a la heterogeneidad de recursos y beneficios existentes entre los diferentes miembros de la comunidad se deben planificar estratégicamente las actividades de financiación y promoción de los miembros, garantizando que todos se encuentren en igualdad de condiciones. Una de las técnicas más comunes consiste en la promoción del programa por parte del gobierno. Algunos ejemplos se basan en implantar dichos sistemas de forma secuencial y con una fecha límite de obligado cumplimiento, para permitir flexibilidad a los miembros de la comunidad.

Sin embargo, cabe destacar que no todos los sistemas de información portuaria apoyados por el gobierno tuvieron el mismo nivel de éxito. Tras analizar diferentes casos, se puede afirmar que la clave para alcanzar una promoción por parte del gobierno radica principalmente en la naturaleza y duración de la financiación, así como el compromiso y participación de los diferentes miembros de la comunidad.

Como caso práctico aparece el Puerto de Rotterdam y su sistema "Port Infolink" en el cual la autoridad portuaria decidió realizar las inversiones iniciales debido a la importancia relativa del proyecto para la comunidad logística y con el fin de mantener una posición competitiva del puerto. Además de esto, los usuarios no pagaron ningún tipo de costes operacionales en la fase inicial, consiguiendo que los miembros identificaran la plataforma como una actividad atractiva para la participación. Una vez la fase de inicio quedó consolidada y se implementaron otros servicios que aportaban valor añadido a los usuarios, se comenzó a cobrar a los usuarios en función de los servicios que usaban.

Durante el proceso se identificó a la agencia de aduanas como uno de los usuarios de mayor importancia debido a las funciones que desempeñan en los tramites de comercio internacional y colaboró estrechamente en las diferentes fases de implantación. En este ámbito coincide la empresa francesa Soget que recomienda la creación de alianzas estratégicas con los servicios de comercio exterior, haciendo especial énfasis en el servicio de aduanas.

Recientemente, se ha introducido una estructura basada en tarifas, cubriendo de esta forma los costes operativos del sistema además de extender el uso de nuevos servicios y funcionalidades adicionales, beneficiando así a diferentes miembros de la comunidad.

Por el contrario, algunos sistemas son financiados por el gobierno únicamente en su fase inicial, como fue el caso del piloto "Freight Information Highway" desarrollado por el Departamento de Transporte de EE. UU. La finalidad de esta inversión fue la de gestionar un sistema de información para una cadena de transporte integral que incluyera a un importante transportista marítimo, una terminal portuaria y ferroviaria, así como una compañía de transporte por carretera. La idea

se basaba en demostrar una relación costes-beneficio positiva y que sirviera como impulso para conseguir inversión por parte de los usuarios. El piloto sirvió para demostrar que la tecnología funcionaba, pero desafortunadamente, debido a los bajos índices de uso, no se pudo medir la relación costes-beneficio de manera que convenciera a los usuarios del sistema. La consecuencia derivó en una falta de inversión por parte de los usuarios y el programa se paralizó debido al cese de la financiación por parte del gobierno.

Por último, cabe señalar que no todo el apoyo debe llegar en forma financiera. Existen casos, en los cuales el gobierno aprueba nuevas leyes para favorecer la presentación electrónica de documentos. Ejemplo de ello son los servicios de One PORT y Tradelink en Hong Kong que fueron desarrollados y financiados por empresas privadas. Gracias a la aplicación de una serie de leyes por parte del gobierno que consistieron en establecer fechas límite para ofrecer flexibilidad y adaptarse a los nuevos cambios consiguiendo de esta forma impulsar el uso del sistema. Con el fin de garantizar un entorno comercial justo y transparente el gobierno de Hong Kong ha estimulado la libre competencia en el servicio electrónico al finalizar la licencia exclusiva por parte de Tradelink, empresa que tenía la exclusividad en la explotación del servicio.

5.2 Etapa B: Análisis y diseño del sistema.

En la etapa de análisis y diseño del sistema los requisitos basados en el contexto comercial se deben transformar en un modelo de sistema de información. Este modelo servirá como base para el diseño de la arquitectura y elección del lenguaje de comunicación, así como el formato más adecuado a desarrollar. La principal lección aprendida en esta etapa de la implementación pertenece al diseño de la arquitectura del sistema. Específicamente, la arquitectura del sistema debe reflejar el contexto de la organización. Un sistema que refleje el entorno operativo actual será considerado como una tecnología de automatización o facilitación de las operaciones portuarias.

Muchos puertos han estado usando algún tipo de tecnología de comunicación (fax, correo, EDI) durante muchos años. Este tipo de comunicación ha crecido de forma orgánica o interna a medida que los miembros del puerto han instalado estos sistemas de comunicación punto a punto. Un ejemplo de este tipo de comunicación sería la establecida en un puerto para transferir datos comerciales entre la terminal portuaria y la naviera. Estos sistemas, definidos como PCS del tipo I, tienen el propósito casi exclusivo de enviar mensajes simples sin funciones de soporte inteligente.

La siguiente generación de sistemas portuarios, denominados PCS tipo II, se conciben como sistemas "central hub" y cuentan con funciones de toma de decisiones inteligentes. Los PCS tipo II ofrecen unas posibilidades más amplias para la integración de datos y mayor agilidad en los canales de comunicación. Las arquitecturas más antiguas (PCS tipo I) tienen una estructura más compleja, lo que lleva asociado unos mayores costes de mantenimiento además de una dificultad añadida a la hora de ampliar nuevos servicios o canales de comunicación. Por lo tanto, la transición de Tipo I a Tipo II no ocurre de forma fácil ni rápida, especialmente dada la actitud conservadora al cambio, presente en la comunidad logística portuaria.

Los miembros que están acostumbrados a intercambiar información directamente con sus socios comerciales pueden sentir que hacerlo a través de un sistema central hub es innecesario, especialmente si hacerlo requiere un cambio en la tecnología usada. Además, el éxito de un sistema de tipo central hub depende en gran medida de que todas las partes contribuyan y usen los datos comerciales.

Esto requiere un nivel significativo de confianza entre todos los miembros de la comunidad logística. (22)

Confianza en el sentido de que las otras organizaciones no harán un uso indebido de la información que se intercambia y la confianza para cumplir su compromiso de participar activamente en la plataforma de intercambio de información. Al revisar los casos de estudio, quedó claro que el diseño del sistema, es decir, la forma de la arquitectura de la transacción puede servir para mitigar muchos de estos problemas de confianza.

4. Identificar la línea de negocio principal

Dependiendo de la ubicación del proyecto, se identifican diferentes formas de desarrollo de negocio y competencias de los actores involucrados en la comunidad portuaria. La descripción de los principales desafíos a superar y los beneficios asociados a la aplicación de la plataforma PCS obtienen gran importancia en el desarrollo del proyecto.

5. Marco legal

Es necesario considerar el marco legal que influye en la aplicación del PCS. Algunos aspectos a tener en cuenta están relacionados con la ley de protección de datos, directivas de comercio nacional e internacional, procedimientos aduaneros, etc.

6. Organización del PCS

Modelo que regirá el PCS, es decir, si será gestionado por la administración pública, privada o una empresa público-privada influirá en el sistema de financiación y de gestión.

7. Experiencia de otros PCS

Antes de comenzar a desarrollar el módulo PCS, se recomienda analizar puertos donde ya se haya implantado un sistema similar.

- **Buena práctica (Arquitectura del Sistema)**

Un ejemplo práctico aparece con la solución adoptada por Initi8, empresa consultora y desarrolladora de software con sede en Rotterdam, la cual se encargó de buscar la solución al problema de la planificación y coordinación de los barcos en el Puerto de Rotterdam.

El problema existente requería una actuación inmediata debido a su urgencia y a que afectaba a diferentes miembros de la comunidad; los buques solían sufrir retrasos, largos tiempos de espera, y terminaban afectando a otros procesos de la cadena de suministro. Desde una perspectiva tecnológica, la aplicación de un sistema central hub funcionaría de manera óptima para coordinar todas las partes. Sin embargo, tal solución dependería de niveles significativos de confianza y el tiempo requerido para obtener esta confianza entre los diferentes miembros acabaría con el proyecto en cuestión. Initi8 estudió una solución alternativa y recomendó una arquitectura "sistema de agentes". En dicha arquitectura, cada terminal y cada operador de buques se representa como un agente virtual. El agente virtual puede recopilar información de las bases de datos de buques o terminales, pero no comparte estos datos directamente con ningún otro agente. En cambio, todos los agentes se reúnen en un tipo de mercado virtual donde los agentes de buques negocian por las citas con las terminales. De esta manera, el diseño del sistema refleja las prácticas actuales de comunicación y negociación punto a punto, pero mejora la velocidad a la que ocurren. Si bien esta solución puede no generar una solución óptima, genera una solución factible que en sí misma es una mejora significativa.

De manera similar, si el entorno y la cultura del puerto ya se basan en un sistema de control centralizado, entonces puede ser preferible una arquitectura central hub. Por ejemplo, en Singapur, donde tanto los trabajadores públicos como privados colaboran estrechamente desde

hace años con el objetivo de alcanzar el concepto de "isla inteligente", este es uno de los motivos por el cual los sistemas TradeNet y PortNet han tenido un gran éxito de implementación.

PortNet comenzó en 1984 y se trasladó a un entorno relacionado con Internet en 1999. El sistema sirve como un centro de orquestación central para una gran cantidad de servicios relacionados con el puerto, que incluyen diferentes servicios online (solicitud de atraque, estiba, reserva de grúas servicios de entrada para camiones y planificación de estiba, trazabilidad, administración de documentación, depósito de datos y servicios financieros entre otros).

El principal objetivo de TradeNet es servir como una plataforma para la comunicación con el gobierno de Singapur y relacionada al comercio. En resumen, el tamaño y la cultura de Singapur han servido para fomentar la implementación exitosa de un diseño de sistema centralizado. (23)

Uno de los principales objetivos a alcanzar por las comunidades logísticas portuarias es la interconexión de puertos a cualquier nivel, facilitando las operaciones portuarias y el intercambio de información entre las diferentes comunidades portuarias.

La plataforma Port Community System del Puerto de Valencia se denomina ValenciaPortPCS y uno de los servicios tecnológicos que ofrece es la integración con las navieras más importantes del mundo a través de las plataformas tecnológicas de INTTRA y GT Nexus. Agrupa los servicios de estas dos plataformas siendo así un punto de acceso único a las principales navieras del mundo para ofrecer servicios de Bookings, Instrucciones de Embarque y Track & Trace con una extensa red de navieras. Algunas características principales que incluye el PCS del puerto de Valencia son arquitectura de software SOA, estándares de programación XML, .NET y seguridad HTTPS.

Así como el diseño del sistema puede ayudar a fomentar la confianza y el éxito, también puede obstaculizar la implantación. Si la arquitectura del sistema a implantar supone un cambio demasiado radical con respecto a las operaciones actuales, los promotores del proyecto tendrán dificultades para superar los problemas de confianza y resistencia al cambio. Por ejemplo, Vos Logistics, un proveedor de servicios de logística (3PL), buscó implementar un sistema de información para mejorar el transporte de contenedores marítimos entre una terminal del interior del norte de Holanda y el Puerto de Rotterdam (24). La idea detrás del sistema era proporcionar a todas las partes involucradas información precisa sobre el estado y la ubicación con el objetivo de mejorar la eficiencia. El sistema que Vos preveía era una arquitectura central hub en la que participarían todos los miembros de la cadena de transporte de contenedores. Dado que muchas de las empresas que participan en la cadena de transporte usaban previamente otros medios para comunicarse directamente con sus socios comerciales, no vieron de inmediato la necesidad de comenzar a comunicarse a través de un central hub. Además, el hecho de que muchos de los miembros que participaban en la cadena de transporte no tuvieran mucha experiencia en el uso de sistemas informáticos provocó que el proyecto fracasara.

5.3 Etapa C: Implantación y adopción

Hasta que comience la implantación, el desarrollo de un sistema de información sigue siendo en gran medida un ejercicio teórico de especulación sobre los beneficios y costes, ventajas y desventajas de dicho sistema. La implantación del sistema de información es la etapa durante la cual una organización altera sus prácticas comerciales y aplicaciones para interactuar con el sistema de información. En una red de organizaciones, la decisión tomada por cada organización individual para comenzar a usar activamente el sistema de información constituye el proceso de adopción del sistema.

Un ejemplo de buena práctica en esta etapa consiste en aplicar una estrategia de implantación modular, es decir, comenzar con módulos individuales de la plataforma PCS que tengan asociadas soluciones y objetivos claramente identificados para posteriormente ir mejorando el sistema de forma progresiva.

Como los sistemas de información portuaria se caracterizan por su complejidad y grandes dimensiones, además de estar diseñados para conectar una comunidad de miembros con intereses diferentes, es probable que esta etapa se vea afectada por tensiones entre la empresa encargada del desarrollo del sistema y la comunidad logístico portuaria. La falta de recursos a nivel de empresa podría derivar en la salida de una organización de la etapa en cuestión; esto a su vez puede tener impactos negativos directos en los beneficios de todos los demás participantes de la comunidad. Por lo tanto, la adopción del sistema debe realizarse de manera adecuada para garantizar el interés y el apoyo continuo a todas las partes involucradas.

Un método para lograr esto es a través de una estrategia de implementación modular en la que cada módulo tenga objetivos claros y se identifiquen de forma tangible los beneficios asociados a cada una de las partes involucradas.

8. Los embajadores

La selección de embajadores que promocionen el concepto y desarrollo del PCS cobra vital importancia para difundir el proyecto tanto a nivel nacional como internacional.

A través de los embajadores se obtiene una mejor comprensión sobre el modo de operar de otras plataformas PCS, ayudando esto a mejorar nuestro sistema en desarrollo.

9. Comunicación y difusión

La comunicación es de vital importancia, por lo tanto, se recomienda mantener a toda la Comunidad Logístico Portuaria informada sobre el progreso del PCS. La opinión de la comunidad, así como posibles propuestas de mejora cobra gran importancia para lograr el éxito del proyecto.

10. Integración aduanera

Uno de los aspectos fundamentales que se verán afectados por la aplicación del PCS, es la forma de operar con las autoridades aduaneras, por lo que se recomienda una reforma de los procesos relativos a las aduanas. La Organización Mundial de Aduanas (WCO) recomienda una serie de medidas recogidas en su guía para la facilitación del comercio.

11. Grupos de desarrollo

Identificar a los actores clave dentro de la comunidad logística portuaria para trabajar en grupos de trabajo que ayuden a resolver y desarrollar la solución electrónica con el objetivo de aumentar la eficiencia en los procesos logísticos. Es necesario estudiar e identificar los procesos de actuación y su prioridad.

- Buena Practica "Estrategia de implantación modular"

Este es el enfoque adoptado por muchos de los sistemas de la comunidad portuaria más experimentados, incluido el sistema Dakosy en Hamburgo, Alemania (iniciado en 1979), los sistemas Portnet y Tradenet en Singapur (iniciados en 1984 y 1986 respectivamente) y el sistema de Seagha en Amberes, Bélgica (iniciado en 1986). Además, los sistemas más nuevos, como el sistema Port Infolink en el Puerto de Rotterdam, Países Bajos, también ha tenido éxito al usar un enfoque de implementación modular. Por otro lado, los sistemas que intentan lograr demasiados avances en las primeras fases de implementación pueden enfrentar dificultades importantes como lo demuestran los casos de Vos Logistics y FIRST.

5.4 Etapa D: Mantenimiento y aplicación de mejoras.

La implantación de una plataforma PCS debe ser un proceso en continua evolución. Uno de los aspectos de mayor importancia será mantener un alto índice de fidelidad en cuanto al uso de la plataforma por parte de la comunidad, por lo que se deberá mantener actualizada constantemente para ofrecer servicios que se ajusten a las necesidades de los usuarios. Para conseguir este objetivo se recomienda hacer un estudio exhaustivo para sincronizar las características y el alcance de la plataforma con las necesidades los miembros de la comunidad en cada momento. La velocidad con la que evoluciona el sistema se identifica como uno de los aspectos de mayor importancia en esta etapa de desarrollo del sistema. La capacidad del PCS para evolucionar con el fin de aprovechar las oportunidades emergentes permite el éxito continuo del sistema y de sus usuarios.

Debido a los cambios continuos tanto internos como externos que afectan a los diferentes miembros de la comunidad portuaria se espera que surjan diferencias entre la tecnología desarrollada y la evolución de los usuarios. Además, los aspectos que en el inicio motivaron la adopción e implantación del sistema podrían cambiar surgiendo la necesidad de actualizar los servicios que se ofrecen a la comunidad. Debido a esto se sugiere que la plataforma PCS se mantenga constantemente actualizada, teniendo en cuenta el rediseño de sus procedimientos y que estos se adapten a las necesidades que exigen los miembros de la comunidad en cada momento. **En el contexto portuario, esto implica pasar del intercambio electrónico de datos a la difusión inteligente de datos disponibles, organizar los procesos de trabajo y extraer datos para explotarlos de la manera más óptima.** Por lo tanto, para conseguir el objetivo de mantener el sistema como una solución que beneficie a la comunidad logístico y portuaria se deben mantener unos niveles de actualización y evolución constantes del mismo.

12. Funcionamiento a largo plazo

Para conseguir que la aplicación persista y pueda seguir desarrollándose es necesario establecer un plan de futuro.

La mayoría de los PCS usan un modelo mixto de ingresos. Algunos sistemas se basan en cuotas de suscripción mensuales o anuales por unidad de servicios o incluso por la totalidad de servicios que ofrecen. Otra opción es cobrar una cuota proporcional a la unidad de carga (toneladas cargadas, declaración aduanera, tiempo...) e incluso por cantidad de mensajes electrónicos intercambiados.

El desarrollo de la plataforma ha de ser continuo y en etapas, teniendo en cuenta líneas de mejora y corrección de errores existentes. Debido a la rápida evolución de los sistemas electrónicos, el margen de mejora en la eficiencia de procesos será continuado.

- Buena Practica "Habilidad del sistema a evolucionar"

Como caso de éxito encontramos la *"CargoCard"* desarrollada por la compañía holandesa *"Secure Logistics"* que, a través de su servicio de preanuncio de llegadas de camiones a las terminales portuarias e identificación del conductor, consiguió disminuir el tiempo necesario para acceder a las terminales, además de eliminar los problemas relacionados con la suplantación de identidad, contribuyendo de esta forma a alcanzar unos procesos logísticos más eficientes, rápidos y seguros. Con la posterior introducción del *Código Internacional para la Protección de los Buques y de las Instalaciones Portuarias* (ISPS Code) se aceleró la adopción de la *"CargoCard"*.

En la fase inicial, la tarjeta se usó para la optimización de los procesos internos de las terminales, pero después de la introducción del código ISPS la tarjeta ayudó a implantar las disposiciones del Código. En el futuro, el rango de aplicaciones de la tarjeta se podría extender a otros puertos y otros ámbitos en la cadena de transporte.

Port Infolink ha desarrollado una serie de paquetes de servicios que constituyen el PCS. Cada uno de estos módulos se ha desarrollado considerando la participación continua con los miembros de la comunidad. Los servicios se basan en una plataforma que proporciona una plataforma comunitaria y un registro continuo de datos que se almacenan para futuras operaciones y proyectos relacionados con el ámbito del comercio internacional y la logística.

Los nuevos requisitos de los miembros de la comunidad se satisfacen constantemente desarrollando nuevos módulos de servicios o nuevas versiones actualizadas de los módulos de servicios existentes.

Uno de los servicios de mayor éxito ofrecidos por empresas líderes mundialmente en plataformas PCS como Soget o 1-Stop, son los **servicios de tecnología móvil**, orientado en particular al sector del transporte por carretera que incluya diversas funciones como reserva de carga e información actualizada sobre estado de esta. En concreto, la empresa australiana, 1-Stop, ofrece el servicio "Vehicle Booking System" o sistema de reserva de vehículo. A través de dicho sistema los camiones reservan una cita para poder acceder a la terminal. Existen medidas para mejorar la competitividad, como imponer multas a los transportistas que llegan tarde o no se presentan a su cita. Otra forma de optimizar el proceso de control de mercancías y disminuir el tiempo de espera del transportista es desvincular las operaciones de inspección del transportista y realizarlas de manera independiente y en instalaciones a las afueras de las terminales. Por lo tanto, se precisa un servicio que traslade los contenedores de la terminal a la zona de inspección.

6. Arquitectura del PCS

La plataforma PCS es una solución integral que permite la evolución hacia los puertos del futuro. El correcto desarrollo y su posterior implementación hará más atractiva la propuesta de valor que ofrece el puerto a la cadena logística (capacidad, eficiencia, confianza, soporte, costes) y los servicios que ofrece a los clientes (trazabilidad, seguridad, ahorros de tiempo, etc.). Conjuntamente, la implantación del PCS, puede aportar valor a la digitalización de puertos, ya sean puertos sin sistemas digitalizados, con una implantación global, o a puertos más avanzados en la digitalización, ya que, por su carácter modular, permite la implementación de módulos independientes, como pueda ser el caso del Puerto de Algeciras, con algunas iniciativas ya implantadas de digitalización y donde una plataforma modularizada puede aportar mayor valor de innovación concreta. Por último, y no menos importante, permitir integrar el puerto en la ciudad y favorecer nuevos modelos de negocio que potencien a todos los actores de la cadena de valor de la exportación del entorno portuario, facilitando procesos y mecanismos para exportar de forma eficiente.

A continuación, se muestra en la siguiente figura el esquema general de módulos que conforman el proyecto PCS, posteriormente se procede a describir los mismos de forma exhaustiva:

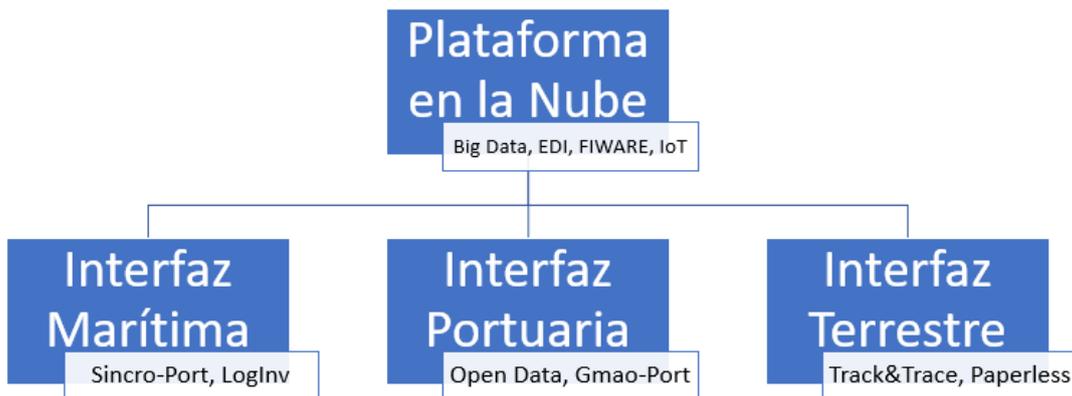


Figura 16. Esquema general de módulos portuarios

6.1 Plataforma en la Nube

En primer lugar, se define la **arquitectura de la plataforma loE (Internet of Everything)**. Se propone que la plataforma sea diseñada de forma que pueda agregar información de distintos tipos, desde un módulo basado en **FIWARE** para la recepción de datos procedentes de **dispositivos IoT**, que de forma masiva serán gestionados hacia la **Big Data**, que junto a la información con componente geográfica y el sistema de descentralización de datos, serán la base para la capa de inteligencia para la provisión de servicios para la optimización de la gestión integral del puerto en cada una de sus interfaces.

1. *Arquitectura Cloud*

La primera actividad trata de **diseñar la arquitectura en la nube** que permita dar servicio a los distintos módulos de los que se compone la Plataforma loE. Entre las ventajas del uso de esta arquitectura en la nube podemos destacar la reducción del coste, flexibilidad, deslocalización y el mayor respeto con el medio ambiente. Además, se añade el hecho de la construcción sobre tecnologías de código abierto, garantizando la interoperabilidad entre los distintos módulos.

La arquitectura a diseñar estará basada en una serie de **capas**, que se diseñarán teniendo en cuenta que en ella deben tener cabida cada uno de los desarrollos. Se consideran fundamentales las siguientes capas descritas a continuación del esquema de la arquitectura:

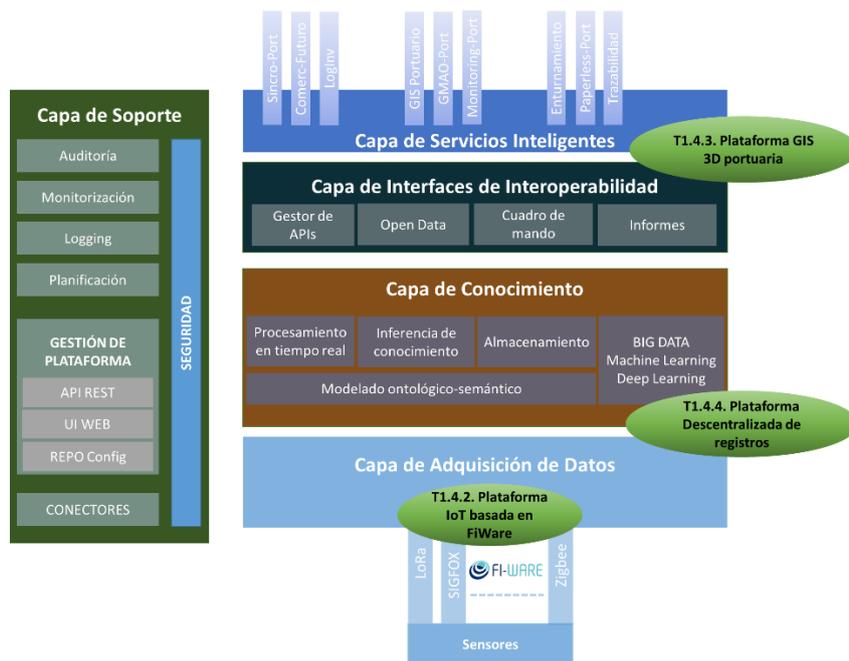


Figura 17. Esquema arquitectura cloud

Capa de Adquisición de Datos

Capa que se encargará de integrar la información desde fuentes de datos heterogéneas, tal y como se define en la norma UNE 178104:2017 (25), que pueden ser: sensores, actuadores, gateways, dispositivos móviles, redes públicas, redes sociales y otros sistemas IT externos como SCADAS o soluciones propietarias. De forma concreta, en la capa se desplegarán los módulos software para la **adquisición de datos**, donde se considerarán diversos tipos de alternativas de adquisición de datos, incluyendo los **datos procedentes de sensorización**. Resaltar que estos datos

procedentes de la sensorización IoT **serán gestionados por la plataforma de IoT basada en FIWARE**, la cual se describirá en el siguiente apartado.

Capa de Conocimiento

Capa que contendrá todos los módulos necesarios para el **almacenamiento** (incluyendo datos espaciales, temporales y geográficos), **tratamiento, gestión y explotación** de la información recopilada por la plataforma. Integrará las últimas tecnologías para dotar de inteligencia a todo el sistema, siendo la base para la provisión de servicios inteligentes.

- Traslado de datos recibidos desde la capa de adquisición, entre las distintas funciones de la Capa de Conocimiento para su almacenamiento, proceso y recuperación, así como hacia la Capa de Interoperabilidad (para su conexión con servicios externos).
- Acceso a toda la información tanto histórica como en tiempo real.
- Almacenamiento persistente de la información, relativa tanto a la operativa en tiempo real, como a la operativa analítica correspondiente a históricos.
- Modelo ontológico y semántico de datos como soporte al aprendizaje automático.
- Soporte para el tratamiento en tiempo real de los datos recibidos desde la Capa de Adquisición a través de módulos de Gestión de Eventos Complejos y generación de reglas (CEP).
- Soporte para el tratamiento por lotes (Batch) mediante el empleo de procesos ETL, técnicas de Big Data, machine learning, deep learning y minería de datos que permitan el análisis de grandes volúmenes de información acumulada para la obtención de patrones y tendencias.
- Soporte para el tratamiento Analítico de los datos a través de procesos de Inteligencia de Negocio o Business Intelligence (BI).

Como soporte a la capa de conocimiento, se ha considerado, por su carácter innovador, con entidad propia al sistema que será el soporte para los contratos inteligentes y para dotar de seguridad al sistema de adquisición de datos procedente de sensores, y que corresponde al **sistema** basado en **Blockchain**.

Capa de Interfaces de Interoperabilidad

Capa en la que se definen las Interfaces de Programación de Aplicaciones (**APIs**) para la interconexión con las aplicaciones y servicios inteligentes. También se incluirán las APIs externas, y los sistemas internos del puerto (capas GIS, históricos, etc.) o de empresas de la cadena logística, y la conexión con repositorios de datos **Open Data** de la ciudad, y los propios. Para estos últimos, se definirán las herramientas y módulos software para la generación de repositorios Open Data propios.

Capa de Servicios Inteligentes

Capa superior de la arquitectura, que contiene todos los elementos asociados a la visualización al usuario final con las **aplicaciones y funcionalidades para la optimización del entorno portuario**, incluyendo a cada una de las **interfaces (mar – puerto – tierra)** involucradas. Como punto a resaltar, para facilitar la flexibilidad de la arquitectura, los módulos de la capa de servicios inteligentes se diseñarán y desarrollarán mediante un enfoque de integración continua y generación de contenedores de aplicaciones virtuales que facilitarán el proceso de despliegue e integración de dichos servicios.

Por su especial carácter innovador y relevancia en la plataforma, se ha considerado con entidad propia al **sistema de información geográfica**, que se trataría como un servicio más sobre la

plataforma y que se integraría sobre esta a través de la capa de interoperabilidad mediante las APIs que se definan, siendo el soporte para la georreferenciación de datos, consultas geográficas y posibilitar su visualización 3D.

Capa Soporte

Capa transversal a todas las anteriores, que incluye la implementación de las herramientas **software** para permitir la **gestión, configuración, operación y mantenimiento de la Plataforma**: módulos de gestión y configuración de usuarios y roles, de administración y asignación de recursos, de gestión de la seguridad y herramientas para la gestión de la privacidad de la información.

2. Plataforma integradora de IoT basada en FIWARE

La integración de **FIWARE** dentro del sistema de gestión de logística portuaria es uno de los principales puntos innovadores, puesto que esta tecnología cuenta con el respaldo de las autoridades a nivel europeo y su uso se ha convertido en el estándar de facto en Smart Cities, por lo que es fundamental que la plataforma PCS incorpore un potente elemento de conexión con sensores de diversa índole que permitan el procesado e integración de los datos en tiempo real, incorporando como elemento adicional de seguridad la interacción con la plataforma de descentralización de datos para referir de manera unívoca los datos con los sensores.

Para ello, en la presente tarea se definirán y desplegarán los módulos software que proporcionarán los mecanismos para la recopilación y el envío de datos entre la plataforma y los dispositivos físicos que se conecten a ella mediante un enfoque semántico normalizado que permita abstraerse de los diferentes protocolos y lenguajes de comunicación empleados por cada dispositivo. Además, se desarrollarán los **módulos de gestión de dispositivos** que permitan su **caracterización y parametrización**. Para ello se propone el empleo de la tecnología open source FIWARE, cuyo estándar **NGSI** para la recopilación, gestión y publicación de información contextual se postula como el estándar de facto para interconexión de entornos IoT.

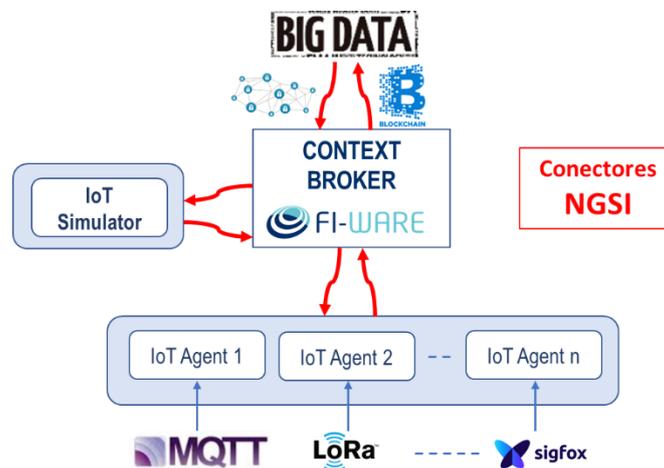


Figura 18. Esquema de elementos de la plataforma integradora de IoT basada en FIWARE

Por otro lado, esta tarea se completará con una integración funcional de Blockchain que permita el registro en la cadena de bloques las diferentes medidas y alarmas de interés para el resto de los sistemas y participantes de la cadena de generación de valor del ecosistema de la logística portuaria.

Dichas mediciones y alarmas registradas de forma inalterable, confiable y bajo un paradigma de no-repudio ofrecerán una garantía a terceros para alcanzar un mayor nivel de automatización en

sus procesos o relaciones. Así pues, cualquier empresa tercera podrá identificarse y utilizar los registros de la Blockchain como una fuente de información confiable.

Para ello se diseñarán e implementarán una serie de conectores sobre tecnología FIWARE que permitirán de forma estandarizada el registro y lectura de información custodiada en la Blockchain, permitiendo a cualquier dispositivo IoT la escritura en la cadena de bloques de forma estandarizada según la propia normalización de FIWARE. Asimismo, se habilitará la lectura o notificación a través de dichos conectores.

3. Plataforma GIS 3D portuaria

En esta tarea llevará a cabo el **diseño y desarrollo del sistema GIS** con componente **3D** con características específicas para la gestión portuaria y que permita la integración con **BIM (Building Information Modeling)**. Este sistema permitirá trabajar en marco de información geoespacial único, en la que dicha información estará validada y certificada, pudiendo cada usuario combinar información de distintas fuentes de datos espaciales.

El módulo GIS se construirá sobre la base de estas **premisas y funcionalidades**:

- **Software libre** que cumpla los estándares OGC del Open Geospatial Consortium
- **Integración GIS/BIM/CAD**, que permitirá una gestión integral y tridimensional del puerto
- **Abierto e interoperable** con terceros sistemas como los CAD, el modelo **BIM**, o cualquier servicio open data
- **Importancia del dato**. Es fundamental tener la información actualizada y validada. Es lo que aporta valor y permitirá pasar del uso de los mapas como diseño gráfico para su impresión, a un uso de la información geográfica que permita tomar decisiones
- **Multidispositivo y multicanal**, pudiendo gestionar los activos desde cualquier dispositivo móvil
- **Gestión de la movilidad**, monitorizando actividades y eventos en cuadros de mando
- Análisis y toma de decisiones en tiempo real, mediante visualizaciones 3D y BIM, y con herramientas de análisis espacial combinado con Big Data
- Soporte para el tratamiento de la información geográfica (GIS) de los datos recibidos, permitiendo georreferenciar estos y hacer consultas geográficas



El **GIS** será un módulo fundamental dentro de la Plataforma, que dará un servicio al resto de componentes, dándole soporte geoespacial tanto de visualización como de análisis de los datos de los sensores y demás información almacenada. Será además la base de la gestión del inventario de activos. El GIS ayudará a administrar las infraestructuras y los activos en una única interfaz accesible desde cualquier dispositivo.

BIM (Building Information Modeling), supone un cambio radical en la industria. Los modelos BIM no sólo incluyen geometría tridimensional real, sino información asociada a cada uno de los elementos como fecha de construcción, materiales, empresa propietaria, y multitud de datos relacionados. Dentro de los proyectos GIS la metodología BIM encaja perfectamente, ya que los modelos BIM incorporan gran cantidad de información que un sistema GIS puede gestionar a la perfección. Para que exista una colaboración eficiente entre ambos mundos es necesario un

puente, y el formato estándar IFC, (Industry Foundation Classes), es el recurso idóneo para esto. La plataforma PCS combinará ambos sistemas de forma eficiente, y con el objetivo de crear un entorno tecnológico propicio para la gestión portuaria.

Funcionalidades principales:

- **Generación y Adaptación de la Información Geográfica:** Actualización de datos desde CAD, actualización de información alfanumérica, actualización del modelo de datos, publicación de servicios
- **Análisis Big Data geoespacial:** Se crearán **algoritmos** especiales que utilicen no sólo el dato, si no su ubicación espacial, para detectar patrones ocultos o eventos futuros. La información espacial generará nueva información de relevancia, combinado datos de fuentes diversas junto con los datos provenientes de los sensores y actuadores de los activos del puerto
- **Servicios geoespaciales basados en OGC** estandarizados que se integren con los procedimientos del resto de la Plataforma Cloud, y que aporten el componente de análisis espacial al resto de Módulos y servicios

Integración BIM/GIS/CAD, creando servicios específicos de visualización, edición y análisis de los datos combinados.

4. Plataforma descentralizada de registros

Por último, **se estudiarán las distintas tecnologías de registro distribuido**, incluyendo tanto públicas, como privadas e híbridas, y se seleccionará aquella que pueda cumplir con los requerimientos.

Se pondrá especial empeño en el estudio de **Blockchains** que están en funcionamiento en la actualidad, como pueden ser Ethereum, NEO, Hyperledger Fabric, Hyperledger Sawtooth, EOS, etc. Dentro de estas habrá que estudiar la **viabilidad de la solución** en términos de coste (por uso o por cuotas periódicas), madurez de la tecnología y ecosistema.

Esta **plataforma híbrida** tendrá tres cometidos:

- A. Proporcionar una **capa de seguridad sobre FIWARE** aportando trazabilidad a la información proveniente de sensores

Estudio sobre las tecnologías **Blockless Distributed Ledger (BDL)** que han surgido como respuesta a las insuficiencias que presentan las Blockchain (Ethereum, Hyperledger Fabric, etc.) en sistemas que manejan un gran volumen de datos y que requieren tiempos de respuesta menores que los que puede proporcionar estas Blockchains, como es el caso de aquellos sistemas relacionados con IoT.

El uso de estas tecnologías BDL **mejora los tiempos de transacción** permitiendo realizar validaciones en paralelo, así como mejorar en el rendimiento cuanto más dispositivos conformen la red, **escalando de manera más eficiente** que otras soluciones Blockchain.

Se analizarán las principales iniciativas que están surgiendo aunando los conceptos de IoT y BDL como pueden ser IOTA, HashGraph, Filament o Chronicled desde el punto de vista de los requisitos de proyecto y la madurez de cada una de estas iniciativas.

- B. **Agilizar el procesamiento de los contratos de exportación/importación**, permitiendo un conocimiento fidedigno de la entidad responsable en cada eslabón de la cadena, mediante términos Incoterms

En la actualidad, la prueba de envío se hace por medio de registros en papel, resultando en procesos lentos y abiertos a conflictos por parte de las partes interesadas. Esto, en última instancia afecta la satisfacción de los consumidores y retrasando los flujos de dinero entre cargueros, minoristas y transportistas afectando a su capacidad de negocio. El uso de los **EDI** (Electronic Data Interchange) se ha ido extendiendo en los puertos, lo que digitaliza algunos de los aspectos de las transacciones y contratos, aunque en muchos de ellos todavía no es una realidad. Con el uso de la plataforma descentralizada, se busca la creación de contratos inteligentes inmutables con un registro indiscutible del histórico de la carga.

- C. Registrar cada uno de los movimientos de un contenedor de manera que queda registrado y garantizado todo el ciclo de vida de los contenedores

Dentro de la solución se diseñarán e implementarán mecanismos para el registro de cada una de las operaciones que afecten a un contenedor de manera que quede registrado y garantizado todo el ciclo de vida de los contenedores.

5. *Estándares de Intercambio electrónico de Datos*

En las comunidades portuarias más avanzadas, los sistemas de información están basados en la tecnología EDI (Electric Data Interchange), que se configura como el estándar para estructurar la transacción o datos del mensaje en las transacciones comerciales o administrativas, sin necesidad de imprimir documentos. Las Naciones Unidas lo definen como la **transferencia electrónica entre diferentes sistemas informáticos de transacciones comerciales** o administrativas usando un estándar para estructurar la transacción o datos del mensaje. (26) Actualmente, muchas organizaciones y terminales portuarias menores siguen realizando la transferencia de datos a través de documentos en papel, formularios o incluso fax. Además, se prevé que entre en vigor a nivel mundial una enmienda para facilitar el tráfico marítimo internacional con el requisito que exija introducir el estándar EDI para facilitar la transmisión de información relativa al tráfico marítimo y evitar duplicidad de información, promoviendo la denominada **ventanilla única**.

De esta forma, es crucial identificar aquellos estándares EDI que puedan tener utilidad en la plataforma PCS, y para ellos, se modelará el estándar para adecuarlo a los procesos y sistemas de los servicios de optimización, enfocados a los **contratos inteligentes** conectados a la plataforma **descentralizada** basada en Blockchain.

La clave de dicha tecnología es que, al adherirse a la misma norma, facilita que distintas aplicaciones de dos organizaciones diferentes, incluso en dos países diferentes, puedan intercambiar electrónicamente documentos, sin intervención humana.

Para ello, se utiliza una transmisión estructurada de datos y se definen un conjunto de mensajes estándar que cumplan con las siguientes condiciones:

- Cada tipo de mensaje debe tener una funcionalidad específica. Por ejemplo: factura, notificación de mercancías peligrosas, reporte de movimientos de contenedores, entre otras.
- Los datos deben estar estructurados y codificados. Para que dos sistemas diferentes se entiendan, el contenido de datos debe estar definido, y en la medida de lo posible, codificado. Puede que en un sistema tengamos *“Puerto de Sevilla”* y en otro *“Port of Seville”*, sin embargo, el código de la ciudad en ambos debe ser *“ES SVQ 1”*, y eso es inequívoco e independiente del idioma utilizado o la intervención humana posible.

Los mensajes deben estructurarse en conjuntos de datos estandarizados. Por ejemplo, a la hora de tener un grupo de datos que indique la dirección de una persona o empresa deberemos utilizar los mismos campos si esa dirección está introducida en un mensaje factura o en un manifiesto de

un buque. Y estos datos pueden estructurarse como calle, número, ciudad, código postal y país. En la siguiente figura se esquematiza el proceso de envío de registros a través de la citada tecnología.



Figura 19. Proceso de envío de registro con tecnología EDI. (fuente: elaboración propia)

El uso de la tecnología EDI puede suponer para la organización grandes ventajas como, por ejemplo; disponer de un sistema de intercambio de datos más rápido y sin errores, la reducción de los costes de comunicación, la simplificación de procesos logísticos y conseguir entregar la mercancía a tiempo, consiguiendo de esta forma mejorar la posición competitiva de la organización. (26)

Existen estudios (27) que han categorizado los principales beneficios asociados a la implantación de la tecnología EDI, los cuales se resumen a continuación:

- **Beneficios Directos:** incluyen el ahorro en papel, evitar procedimientos administrativos repetitivos e incluso la reducción del personal administrativo necesario.
- **Beneficios Indirectos:** evitar errores, conseguir pagos más rápidos y seguros.
- **Beneficios Estratégicos:** Aumentar las relaciones comerciales con otras compañías a través de la tecnología EDI y mejorar la fidelidad con el cliente.

A pesar de las diferentes ventajas y beneficios identificados referentes a la aplicación e implementación de tecnología EDI, muchas compañías se resisten a implementar dicha tecnología en sus sistemas de comunicación. Algunos de los motivos que motivan la falta de adopción de la nombrada tecnología están relacionados con la falta de una estandarización apoyada internacionalmente y la baja seguridad de percibir beneficios directos al implementar el sistema. A continuación, se muestra una tabla con los mensajes estandarizados para el ámbito de la interfaz terrestre y para movimientos de contenedores tanto vacíos como cargados.

ESTÁNDAR	MENSAJE	DESCRIPCIÓN
IFTMIN	Instruction. -Instrucción	Corresponde al Documento de transporte , enmarca los mensajes para organizar el transporte terrestre. En el mismo, el demandante de transporte fija las instrucciones para realizar el transporte.
COPARN	Container pre-announcement and reléase	Dicho mensaje es utilizado para que el proveedor del equipamiento traslade a la

ESTÁNDAR	MENSAJE	DESCRIPCIÓN
	notice. -Orden Entrega/Admisión	empresa de entrega o admisión las instrucciones para la Entrega/Admisión de un único contenedor
COPINO	Container pick up notification. -Notificación de recogida del contenedor	La empresa de transporte informa sobre la planificación del transporte (fechas de carga/descarga, matrícula del contenedor recogido...)
CODECO	Confirmación de entrega del contenedor	Permite a terminales y depósitos informar sobre la entrega de un contenedor . Es el único mensaje que no transmite instrucciones.
IFTSTA	Status message- Seguimiento de mercancía (Track&Trace)	Información relativa al movimiento físico de mercancía o equipamiento en cualquier punto de la cadena de transporte.

Tabla 5. *Tabla estándares Intercambio de información (EDI), Transporte por carretera.*

Los agentes que intervienen en los anteriores mensajes de intercambio de información son los siguientes: Cliente o demandante de transporte, empresas de transporte, transportista autónomo o proveedor de transporte, alquiler de contenedores, navieras o proveedores de equipamiento, empresas de entrega o admisión del equipamiento, patios de contenedores y ZAL.

Estos mensajes EDIFACT han sido elaborados por el grupo de trabajo "SMDG" constituidos como una organización sin ánimo de lucro reconocido por el consejo de la ONU/CEFACT que se encarga de desarrollar, mantener y promover el uso de los mensajes EDI en la industria marítima. Su grupo de trabajo está formada por empresas y organizaciones que trabajan en la industria marítima tales como terminales de contenedores, operadores marítimos interoceánicos, autoridades portuarias y otras organizaciones relacionadas.

6.2 Interfaz Mar-Puerto

Este apartado aborda el primero de los subsistemas de servicios inteligentes orientado a ofrecer **soluciones de optimización para la interfaz Mar – Puerto**. Se trata de una serie de servicios innovadores con el fin de permitir la optimización de la interfaz del puerto con la componente marítima, y más concretamente con sus tres principales elementos: el buque (elemento que es el medio de ingreso/salida de mercancías y que es el punto de activación de toda la operativa y cadena logística del entorno portuario), el comercio exterior (elemento a alto nivel de la importación y exportación de mercancías), y el contenedor (elemento físico estándar para el transporte de mercancías enfocado a agilizar la operativa pero con el hándicap de su retorno a origen o lugar de carga).

En primer lugar, se abordará el diseño y desarrollo de un sistema de sincronización entre actores del entorno portuario, partiendo de la predicción de la llegada del buque como elemento central de activación de las operaciones portuarias, como paso previo a su inicio, de forma que se habiliten dichas operaciones **“Just In Time”**, minimizando tiempos de espera e ineficiencias derivadas de la falta de coordinación y mejorando flujos de trabajo.

En segundo lugar, resaltar que la gestión de las operaciones Mar-Puerto tiene diversos horizontes temporales de actuación que permiten optimizar las actuaciones tanto en tiempo real o corto plazo derivado de las operaciones **“Just In Time”** abordadas en el objetivo específico anterior, como actuaciones a medio y largo plazo, derivado de planificaciones específicas que se anticipen a acontecimientos concretos futuros. En este último punto es donde entra en juego el comercio exterior que va a circular a través de un puerto específico el cual conlleva incertidumbres en relación con el volumen y tipología de la mercancía que entrará o saldrá de puerto, esta situación dificulta el proceso de optimización. La solución propuesta se basa en diseñar y desarrollar **modelos predictivos** que permitan conocer la tendencia futura para establecer diversos escenarios de evaluación de recursos, operatividad y estrategias de mejora.

En tercer lugar, el último de los elementos relevantes corresponde con el recipiente de transporte de la mercancía, esto es, el **contenedor**. Así, los contenedores que vacían en puerto no siempre tienen uso de salida del mismo puerto y deben enviarse a usuarios en lugares diferentes, bien vía marítima o vía terrestre para su reposicionado. La gestión de esta actividad presenta hoy en día numerosas deficiencias que pueden ser mejoradas mediante las **técnicas adecuadas de logística inversa**. Se abordarán soluciones dinámicas de apoyo a la implementación de las mencionadas estrategias de optimización basadas en la logística inversa para el reposicionado inteligente de contenedores, y por otro lado la incorporación de un elemento de conexión para la gestión de cargas de compensación que permitan la coordinación del uso del contenedor vacío por terceras partes, incrementando el beneficio por parte del operador y la mejora de la sostenibilidad y el respeto por el medio ambiente.

1. Sistema colaborativo de sincronización de operaciones marítimas, Sincro-Port

El papel principal que juega el puerto en la cadena logística es ser un hub de salida o de llegada para distintos medios de transporte, los cuales requieren coordinación entre ellos y una visión global de los mismos, con el punto central hacia el buque, dado que es el activo detonante de las operaciones logísticas portuarias.

En la presente tarea se pretende **diseñar y desarrollar un sistema para la sincronización de operaciones (Sincro-Port)** que facilite la toma de decisiones basadas en la colaboración y el flujo

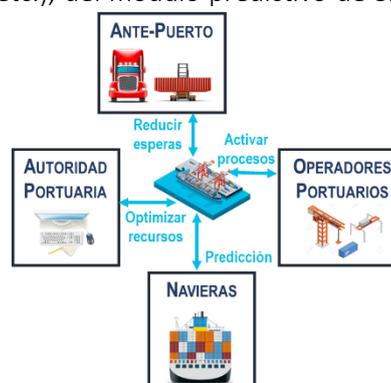
de la información entre los actores clave del puerto y su entorno. Sincro-Port no sólo establecerá una visión global entre interfaces (mar-puerto-ciudad), sino que busca enfocar toda la información para establecer un sistema de toma de decisiones conjunta entre los diferentes actores presentes en las terminales logístico-portuarias.

De esta forma, el objetivo principal de Sincro-Port es habilitar operaciones “Just In Time” dentro del puerto y en relación con otros actores del puerto, de forma que el elemento central sea el buque, y a partir de su información constituir un insumo clave para la sincronización entre la llegada del buque con las operaciones del puerto (preparación del puerto para estiba y desestiba) y la interfaz terrestre (gestión de citas y turnos). Así, Sincro-Port por un lado permite optimizar la última etapa del trayecto marítimo para sincronizar un inicio de operaciones en el puerto de forma eficiente, compartiendo información y contenido crítico entre actores y activando procesos en el momento óptimo, incluyendo avisos de posibles alertas y condiciones especiales (tipo de mercancía, etc.), y por otro lado, mejorar la relación con la ciudad, reduciendo el tráfico ocasionado por las esperas del transporte terrestre en los accesos a las terminales portuarias, coordinando de manera eficiente la interacción con los ante-puertos.

Como funcionalidad a resaltar, se dispondrá de un **módulo predictivo de tiempos de llegada del buque**, siendo además fundamental la información en tiempo real del estado de la terminal, que, junto con las estimaciones actualizadas, de diferentes operaciones y medios de transporte que afecten a las operaciones dentro y fuera del puerto, se traducirá en que la información funcionará como un mecanismo de coordinación.

La información será actualizada ininterrumpidamente gracias al reporte de datos de los diferentes actores involucrados (navieras, ante-puertos, etc.), del módulo predictivo de Sincro-Port y a las planificaciones establecidas por la autoridad portuaria.

La información reportada se utilizará para coordinar y activar procesos a partir de las estimaciones sobre la llegada y salida de buques y las condiciones de contorno (operativa portuaria, camiones solicitando turnos, etc.). Compartir la citada información y la toma de decisiones colaborativa requerirá la integración de Sincro-Port con otros sistemas y módulos presentes en la plataforma PCS, como el sistema de enturnamiento de reserva de citas y turnos.



La medida para alcanzar un alto grado de predictibilidad en el puerto pasa por minimizar la diferencia entre los tiempos estimados (ETx) y los tiempos actuales (ATx). Dicha diferencia representa la capacidad de predicción del puerto y se establece como indicador clave de rendimiento (KPI) al medir la sincronización en la cadena de transporte y logística.

Incluso, llegado el caso, los buques que llegan podrían ajustar su velocidad y así llegar justo a tiempo, lo que les permitiría ahorrar consumo de combustible y reducir emisiones contaminantes. La mejora de la predictibilidad de buques mejorará la eficiencia global del puerto (entradas y salidas al puerto, tanto del transporte marítimo como del terrestre).

2. Sistema predictivo aplicado al comercio exterior

La **gestión** de las operaciones **Mar-Puerto** tiene diversos horizontes de actuación que permiten optimizar las actuaciones. El comercio exterior que va a circular a través de un puerto específico

tiene incertidumbres en relación con el volumen y tipología de mercancía que entrará o saldrá de puerto. Esta incertidumbre dificulta el proceso de optimización.

El conocimiento previo de las operaciones de comercio exterior con tiempo suficiente permitiría al puerto definir sus esquemas de optimización de forma mucho más eficiente.

Por otro lado, las **tecnologías actuales de Inteligencia Artificial aplicadas a oferta y demanda empiezan a emplearse** en diversos sectores y están empezando a formar parte de los sistemas de toma de decisiones que se emplean para estructurar muy diversas operaciones, por ejemplo, en los sectores eléctrico o agrícola (28).

En las operaciones de optimización de la gestión Mar-Puerto las previsiones de comercio exterior permitirían un enfoque absolutamente innovador con una aproximación mucho más agresiva en la definición de recursos, planificación de operaciones, etc.

Así, se **diseñarán y desarrollarán modelos específicos para la previsión de información de comercio exterior** relevante para la optimización de los procesos de logística portuaria. En concreto, en función de históricos de datos de importaciones, exportaciones, datos macroeconómicos, etc. Los modelos que a desarrollar son capaces de prever los flujos del puerto para diversos horizontes temporales. Se plantean una serie de objetivos parciales para lograr el objetivo del sistema de predicción:

- Desarrollo de modelos predictivos utilizando la información del entorno portuario
- Análisis de modelos predictivos mejorados utilizando información procedente de IoT
- Validación de los modelos mediante “backtesting”
- Validación de los modelos mediante simulación virtual
- Evaluación de los beneficios económicos y ambientales que se pueden alcanzar con el empleo de esta tecnología

Este subsistema predictivo utilizará como input los datos, actuales e históricos (sensores, APIs externas, sistemas del puerto, Open Data) y se integrará en la capa de conocimiento.

La información aportada por este subsistema predictivo será utilizada como entrada en los subsistemas de logística y optimización de procesos portuarios, y en la definición de la logística inversa de contenedores vacíos.

El plan de trabajo se divide en una serie de subtareas que se exponen a continuación:

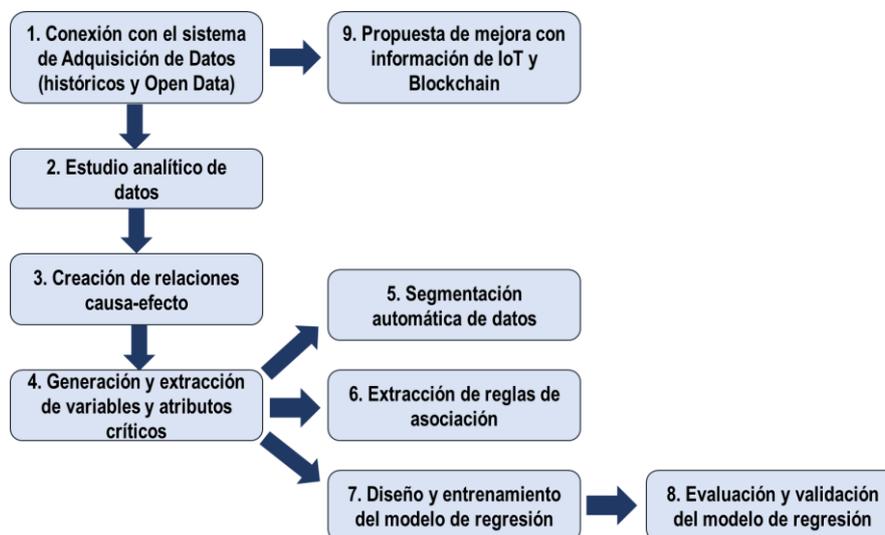


Figura 20. Subtareas del desarrollo del sistema predictivo

En primer lugar, se realizará la **conexión con el sistema de adquisición de datos (1)**, para lo que se desarrollará un conector software que permita la interoperabilidad entre dicho sistema y el componente de ingesta de datos del subsistema predictivo, con especial relevancia en lo referente a los datos de Open Data requeridos por los modelos, que serán identificados y se desarrollarán conectores específicos para que el sistema de adquisición de datos los recoja.

Los datos de mercado y de Open Data se indexarán con la variable tiempo generándose series temporales que permitirán abordar el problema como un proceso predictivo en el tiempo.

Una vez captados los datos se realizará un **estudio analítico (2)** de los mismos. En este estudio se obtendrán diferentes métricas de estadística descriptiva y visualización de datos, con el objetivo de descubrir posibles anomalías en los datos y patrones de comportamiento. Con el resultado de este análisis, se diseñarán y automatizarán posibles acciones correctivas para los datos (identificación de datos ausentes y “outliers”, corrección de dichos datos, etc.), así como se obtendrá una visión completa de los datos de cara a elaborar a continuación las relaciones causa-efecto.

La creación de **relaciones causa-efecto (3)** consistirá en la extracción de información a partir del conjunto de datos de manera que se expongan, de forma automática, una serie de hipotéticas causas y un efecto.

El conjunto de causas (C_1 a C_k) será calculado de forma automática en base a la evolución de las variables originales del conjunto de datos. En concreto, se realizarán cálculos estadísticos con restricciones en base a la serie temporal formada por los datos de mercado. El efecto (E) se extraerá del futuro obtenido de dichas series desplazando el punto de cálculo a través de la línea temporal.

La **extracción de variables críticas (4)** es un proceso que selecciona matemáticamente las causas más correlacionadas con el efecto. Esta correlación puede ser o no lineal y además los algoritmos que se emplearán tendrán en cuenta el valor predictivo para el efecto que tienen las causas, tanto de forma individual como en conjunto (seleccionando los subconjuntos de causas más prometedores).

La **segmentación automática de los datos (5)** implicará el uso de **algoritmos de clustering**, tanto particionales como jerárquicos, en base a las causas más relevantes seleccionadas en la fase anterior. Con este proceso obtendremos varias **tablas de datos** (clústeres) que podemos analizar de manera pormenorizada.

La **extracción de reglas de asociación (6)** consistirá en crear el conjunto de reglas (patrones) más significativo a partir del conjunto de datos con las causas más relevantes. Para ello, se emplearán algoritmos específicos para la construcción de reglas del tipo; antecedente-consecuente. El resultado de este proceso será una **tabla de reglas de asociación**.

Las reglas de asociación vendrán determinadas por: su antecedente, que explica la relación concreta en las causas mediante operadores aritmeticológicos; su consecuente, que es el valor concreto del efecto producido por la combinación de causas; y una puntuación que indica el grado de fortaleza, o presencia, de la regla dentro del conjunto de datos.

La tabla de reglas se ordenará descendentemente por la columna de puntuación con el objetivo de obtener las reglas más consistentes al principio de la tabla.

El **diseño del modelo de regresión (7)** consistirá en configurar el modelo de aprendizaje automático, que podrá ser una arquitectura de red neuronal, máquinas de vectores soporte u otros regresores o combinación de estos, adaptados de manera óptima al conjunto de datos con

las causas más relevantes encontradas previamente. Para ello, se ajustarán los parámetros específicos del algoritmo de aprendizaje.

Posterior al diseño y configuración del algoritmo, se llevará a cabo el **entrenamiento del modelo** en base a las particiones de training del conjunto de datos. Estas particiones serán realizadas para aislar subconjuntos de datos que actuarán como test para probar la bondad del modelo en la siguiente fase.

La **evaluación y validación del modelo de regresión (8)** consistirá, en primer lugar, en ejecutar el modelo previamente entrenado suministrando los datos de test y recoger los resultados predictivos arrojados por el modelo. En segundo lugar, se computarán una serie de métricas de error específicas para regresión en base a los valores predichos y los valores reales de los conjuntos de test. Se analizarán dichas métricas y se interpretarán los resultados finales obtenidos en todas las fases de la tarea.

3. Logística inversa para reposicionado de contenedores vacíos y cargas de compensación

Los contenedores han transformado de manera radical el transporte de mercancías a nivel mundial, desde su introducción en la década de los 60, la **contenerización** se ha convertido en una de las formas más importantes de transportar mercancía, dado que reducen costes del manejo en zonas de intermodalidad (puertos, ante-puertos, zonas francas, etc.), así como hacer más rápidas y seguras las operaciones.

Un aspecto que normalmente pasa desapercibido a pesar de su vital relevancia en el contexto del uso de contenedores es el de los **contenedores vacíos**. Detalles de su importancia es que **en** el mundo hay más de 3,5 millones de TEU's (contenedores de 20') o FEU's (contenedores de 40') que se almacenan vacíos (un 10% del total aproximadamente) en las diferentes terminales de contenedores de todo el mundo, que el 20,5% de las operaciones de los puertos corresponden a manipulación de contenedores vacíos y que el 25% de los contenedores transportados son vacíos. La problemática asociada es el hecho de que Asia, y especialmente China, es el principal exportador a nivel mundial de carga contenerizada, por lo que en el resto de las zonas del mundo existe la tendencia de "acumulación de vacíos", y las navieras deben gestionar el retorno de vacíos a zonas eminentemente exportadoras.

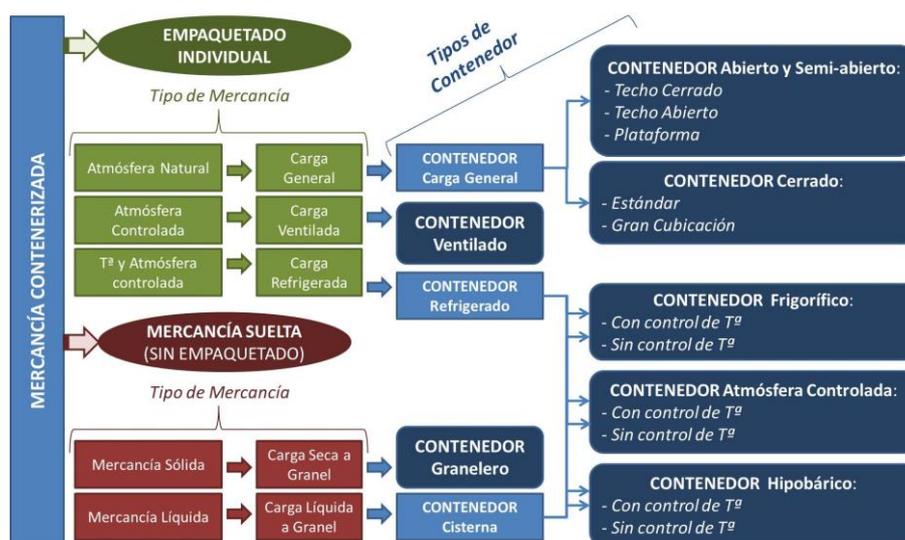


Figura 21. Tipos de contenedores

En este punto entra el concepto de **logística inversa** del contenedor, que hace referencia al contenedor vacío y se encarga de los movimientos y distribución de los mismos, iniciándose cuando un contenedor es vaciado o desconsolidado en las instalaciones del receptor y finaliza en el punto donde el contenedor es posicionado para volver a cargarse o consolidarlo.

El objetivo del sistema **LogInv** será el de proporcionar herramientas para hacer un movimiento de los contenedores vacíos de forma eficiente para todas las partes involucradas, particularmente de operadores logísticos, empresas de transporte y compañías navieras que posean o subcontraten transporte de carga contenerizada, siendo un input relevante el sistema de predicción de comercio exterior, de forma que los actores involucrados en la herramienta de gestión de vacíos a desarrollar puedan disponer de información de valor añadido para planificar por adelantado el uso de los contenedores vacíos de forma optimizada.

El sistema considerará **dos niveles** en lo relativo al reposicionamiento de contenedores vacíos:

- ***LogInv - Internacional***

El primer nivel hace referencia al **movimiento de contenedores internacional** realizado por las navieras y motivado principalmente por el desequilibrio entre las importaciones y exportaciones en contenedores, además de que no siempre coincide el contenedor que se utiliza en importación y exportación, por ejemplo, en el caso de la logística hortofrutícola andaluza, se necesita emplear contenedores refrigerados para la exportación, sin embargo, las importaciones de Andalucía en una mayor parte son contenedores no refrigerados, lo que origina un problema derivado de que los contenedores para exportación no disponen de elementos propios de refrigeración y deben emplearse elementos externos (Genset). La generación de excedentes o depósitos con acumulación de contenedores vacíos, por un lado, o la escasez por la excesiva demanda por otro, es paliada con movimientos internacionales de contenedores vacíos entre puertos de distintos países que realizan las compañías navieras en función de sus necesidades.

Así, en la presente tarea se diseñará un modelo dinámico para evaluar y proponer soluciones de mejora a líneas navieras con el fin de valorar el impacto sobre los costes logísticos derivados del transporte de contenedores vacíos, no solo a nivel marítimo, sino también considerando los costes del transporte de vacío en el transporte terrestre. Entre las estrategias se considerarán a los diversos actores que pueden coordinar estrategias de optimización de logística inversa, tales como la devolución de contenedores a origen, el match back (reaprovechamiento con depot intermedio) o la triangulación.

- ***LogInv - Nacional***

El segundo nivel hace referencia al **movimiento de contenedores local** que tiene que ver con el movimiento terrestre de contenedores vacíos entre puertos, depósitos (patios de contenedores) e instalaciones de cargadores y receptores. De forma específica, una vez descargado, el contenedor vacío tiene que ser colocado en una nueva ubicación para ser reutilizado una vez más como unidad de transporte, siendo muy extraño que coincidan el lugar donde se descarga un contenedor con aquel en el que se vuelva a cargar. En general, este reposicionamiento suele durar poco y se refiere a su traslado entre terminales y en el entorno de la zona portuaria. Siguiendo en el ámbito Nacional, pero en un nivel de más alcance que el local (nivel regional), otro nivel de reposición hace referencia a la región, que se extiende más allá de las zonas portuarias vecinas incluyendo el área de influencia de la operación portuaria. Normalmente, este reposicionado es de más larga duración, donde puede intervenir el transporte de cabotaje.

Los actores a nivel nacional están incorporados en la solución de optimización de logística inversa a nivel internacional, pero en este caso se añadirá una funcionalidad adicional para **gestionar de**

forma inteligente cargas de compensación exclusivas a nivel nacional, ya que uno de los puntos críticos es el hecho de que las navieras en algunos países no asumen el coste del transporte del contenedor vacío en la parte terrestre, por lo que las empresas de transporte son las que se ven afectadas por el incremento del coste.

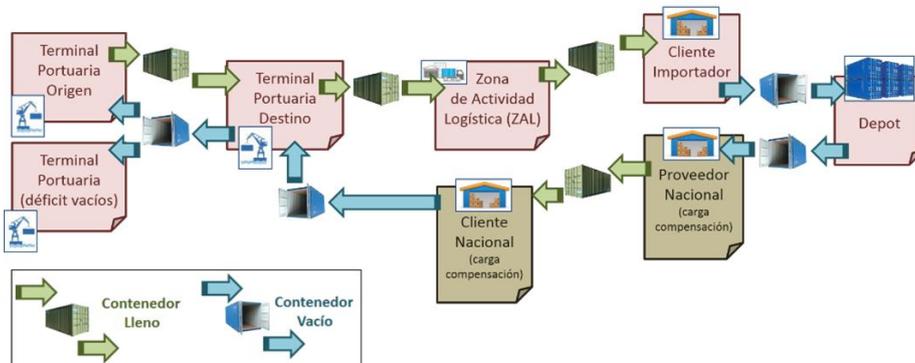


Figura 22. Esquema funcional de cargas de compensación

6.3 Interfaz del Puerto

Esta actividad, describe el **segundo subsistema de provisión de servicios inteligentes** que lanzará la plataforma PCS orientado a ofrecer **soluciones de optimización para la gestión interna del puerto**. Al igual que en la actividad anterior, incorpora una serie de servicios innovadores que permiten optimizar, en este caso, la operativa interna del puerto y facilite servicios para el ahorro de costes y reducción del impacto medio ambiental.

Como punto inicial, se pretende diseñar una red de comunicaciones portuaria que permita obtener datos de los diferentes **sensores IoT** en tiempo real a partir de **soluciones mixtas de tecnologías radio de baja potencia**, que ofrezcan valor añadido a los servicios a desarrollar sobre logística portuaria en el marco del proyecto.

Otro elemento de gran relevancia a nivel de gestión del puerto es el correspondiente al **sistema de información portuaria y dominio público** que tiene el fin de aportar un marco geoespacial único para el puerto, con la aplicación de tecnologías de última generación como **GIS 3D, BIM e integración CAD**, cobrando especial interés para la gestión integral y tridimensional del puerto. Otro aspecto que está cobrando cada vez mayor repercusión a nivel local es la visión del puerto desde la ciudad, para ello, se incorporarán elementos **Open Data** al sistema de información portuaria para facilitar la apertura del puerto a la ciudad.

La **conservación de los activos portuarios** es uno de los principales elementos de la operativa de gestión de las Autoridades Portuarias, donde normalmente tienen que gestionar un amplio abanico de activos y un gran número de empresas de mantenimiento hacia elementos muy específicos. Se diseñará y desarrollará un sistema de conservación de activos portuarios que implemente técnicas innovadoras de mantenimiento predictivo, siendo fundamental la red de comunicación para obtener información en tiempo real de las condiciones de las infraestructuras procedente de dispositivos IoT.

Por último, se dispondrán de varios servicios que aporten valor añadido al seguimiento y evaluación de las actividades portuarias. El primero de ellos relacionado con el diseño y desarrollo de modelos basados en eventos discretos que permitan servir para la simulación de las operaciones portuarias para facilitar la optimización de la operativa y evaluar distintos escenarios futuros y el comportamiento de la cadena logística portuaria ante cambios. El segundo será el

diseño y desarrollo de un completo **cuadro de mando** para la evaluación de la eficiencia operativa, ambiental y de comercio del puerto.

1. Infraestructura de comunicación y seguridad de datos para la sensorización IoT

- *Red de comunicaciones*

El principal objetivo de esta tarea será el **diseño y desarrollo de una red de comunicaciones adaptada a las necesidades de un sistema de sensorización IoT** para su aplicación y puesta en marcha en el ámbito de la logística portuaria. Para ello, además de los requisitos de comunicaciones específicos de las redes de sensores y sistemas IoT, tales como bajo consumo de energía, bajo coste de implantación y baja velocidad de transferencia de datos, se tendrán en cuenta las peculiaridades del entorno portuario en el que la red de comunicaciones deberá prestar servicio: el área de cobertura a la que se dará servicio, las condiciones ambientales de trabajo (zonas con elevado porcentaje de humedad relativa) y las necesidades de interoperabilidad e integración con servicios pre-existentes.

Por tanto, se analizarán y propondrán soluciones mixtas de tecnologías radio de baja potencia, tanto para redes de corto alcance (ZigBee, Z-Wave, Bluetooth, ...) como para redes de área extensa (tecnologías LPWAN) o soluciones basadas en comunicaciones celulares, de forma que la plataforma PCS tenga la adaptabilidad de recopilar información de múltiples y heterogéneas fuentes de datos provenientes de sensorización IoT.

Igualmente, para cada caso de uso se estudiarán y adoptarán los protocolos de comunicación óptimos, en términos de eficiencia, escalabilidad, calidad de servicio, robustez, y seguridad de la información, estableciéndose los algoritmos y sistemas de encriptación necesarios para garantizar la privacidad de los datos en aquellas aplicaciones que así lo requieran.

- *Sensorización aplicada*

Por otro lado, además de la definición de los nodos de comunicaciones, se definirán **los dispositivos encargados de la recopilación de la información del mundo físico (sensores)** necesarios para cada caso de uso definido y cuyos resultados permitirán la definición de las aplicaciones de la sensorización para el desarrollo del sistema.

Entre las potenciales aplicaciones de sensorización que aporten valor añadido a las diversas soluciones de optimización incorporadas en la plataforma PCS, se evaluarán:

Monitorización de las infraestructuras

El objetivo de la monitorización de la **salud estructural de infraestructuras** consiste en la recogida de medidas, por medio de sensores instalados en dichas estructuras, que ayuden a detectar daños en las características dinámicas o estáticas de la propia estructura. En el ámbito de puertos inteligentes, esto puede aplicarse por ejemplo en la medida de los esfuerzos y el estrés soportados por la estructura metálica de grúas y pórticos, en la detección de grietas, problemas en puntos de soldadura o deformaciones excesivas durante la carga. Las principales tecnologías de detección que pueden aplicarse a la monitorización de la salud de estructuras son los medidores de tensión piezoeléctricos, los acelerómetros tri-axiales, los sensores ópticos de deformación y las sondas inductivas o ultrasónicas, etc. De esta forma, la sensorización permitirá enriquecer el *Sistema de conservación. Mantenimiento predictivo de activos portuarios*, ofreciendo información en tiempo real del activo que permitan desarrollar protocolos de mantenimiento predictivo.

Seguimiento y localización de contenedores:

Este sistema de sensorización puede ser empleado para hacer un **seguimiento de la localización** de los contenedores en las diferentes zonas operativas del puerto e incluso fuera de él. Para ello, se pueden aplicar, **balizas inalámbricas** que se activen de manera autónoma con una cierta periodicidad para indicar la posición del contenedor. También se activarán durante los procesos de carga y descarga del contenedor, para indicar el instante en que el contenedor está cambiando de posición. Por tanto, el sistema puede ser aplicado a los contenedores tanto mientras son cargados por las grúas de los muelles como transportados por los vehículos de guiado automático (AGVs) que trasladen carga desde el muelle hacia la zona de acopio, de forma que se aporte valor añadido a la trazabilidad de estos.

Identificación de contenedores y vehículos

Las **placas CSC** incorporan de forma visible en el contenedor su **información básica** para la administración en terminales, patios de contenedores y aduanas. La **visión artificial** puede aplicarse para la **identificación automática del número y características del contenedor** y para recopilar esta información como parte de la logística automática en tiempo real, facilitando de esta forma la administración automatizada de contenedores. Además, el sistema de visión podría utilizarse además para comprobar la integridad del sellado del contenedor, la orientación de la puerta del contenedor o el estado de la manija y la cerradura de la puerta. Unido a la lectura de matrícula del vehículo, esta sensorización podría ayudar al sistema de gestión de entrada y salida del puerto.

2. Sistema de información portuaria y dominio público. Apertura del puerto a la ciudad – Open data

En esta tarea se llevará a cabo el **diseño y la construcción del Sistema de Información Geográfico (GIS)** que gestione la información portuaria con componente geográfica: Capas sobre batimetrías, concesiones, obras y proyectos, redes, medio ambiente, planos históricos, etc.

El **GIS 3D** conseguirá un puerto más eficiente y productivo, ayudando al puerto a recoger, analizar y procesar datos estratégicos en cualquier momento y desde cualquier dispositivo, incluso sobre el terreno, integrando información de todo tipo de aspectos en las operaciones portuarias.

Entre otras funcionalidades, se llevarán a cabo las siguientes:

- **Gestión de activos:** Activos y recursos georreferenciados con información disponible en tiempo real. Gestión de los activos físicos en tierra y en un espacio limitado es crucial para el mantenimiento de las operaciones portuarias básicas. Es necesario entender los activos y saber dónde están, desde las líneas de servicios a las grúas.
- **Operaciones:** visión detallada y en tiempo real de todos los activos, permitiendo identificar la información clave de la actividad del día a día. Operaciones en el mapa, visibles y en tiempo real. Se mejorarán las operaciones portuarias a través de una coordinación precisa.
- **Seguridad:** visión a gran escala de los sucesos del puerto que permitirá estar preparado para actuar y reaccionar:
 - Accesos: control de los accesos a la zona portuaria tanto en las terminales de pasajeros como en la zona de mercancías.

- Cámaras de vigilancia: las cámaras registrarán los accesos y movimientos por todo el recinto portuario las 24 horas del día situadas para ello en puntos estratégicos y de confluencia.
- Alarmas: notificaciones sincronizadas en tiempo real.
- **Condiciones ambientales y oceanográficas.** Gestión del cumplimiento medioambiental y tener un plan de respuesta de emergencias. Acceso a parámetros ambientales como temperatura del aire, mar, posicionamiento de barcos e información de boyas en tiempo real.

El GIS 3D tendrá una **capa de inteligencia espacial**, con la que se podrá gestionar toda la lógica portuaria. Esta capa de inteligencia usará **algoritmos basados en atributos espaciales** para un análisis continuado del estado del puerto, y será un servicio horizontal al resto de los servicios de la Plataforma. Gracias a la integración del **GIS con el motor de Big Data**, se conseguirá este análisis espacial 3D totalmente innovador, que llevará a cabo una gestión inteligente del puerto.

Además, esta tarea contempla todas las actividades destinadas a la gestión del Open data, tanto conexión a capas de información externas como a publicación en formato WMS de capas propias del puerto.

Dentro de la información open data a publicar, se puede encontrar tanto información georreferenciada como datos en tablas, pudiendo ser, entre otros: Direcciones postales, cartografía base, comunicación, Cruceros y Ferris, Empresas de Servicios Portuarios, Estadísticas de Tráfico Mensual, Meteorología, Señalización Marítima, Servicios Ferroviarios, Buques en puerto, etc.

3. Sistema de conservación. mantenimiento predictivo de activos portuarios

La presente tarea trata de desarrollar un **sistema de gestión integral de activos portuarios para conservación del entorno portuario (GMAO-Port)**, que incorpore, además de la gestión de incidencias para mantenimiento correctivo y la gestión de calendarios de mantenimiento preventivo, un sistema basado en sensorización, análisis Big Data e inteligencia artificial para la aplicación de mantenimiento predictivo.

- *Caracterización de activos portuarios*

El primer paso consistirá en la **caracterización inteligente de los activos portuarios**, con el fin de **determinar** en base a históricos de averías (activo, elemento averiado, frecuencias, etc.) los parámetros críticos de cada activo, con el fin de identificar la factibilidad de emplear elementos de IoT para predecir alertas sobre posibles averías. Como ejemplo, citar el elemento spreader para las grúas pórtico, que aunque suponen un coste de poco más del 2% del total de la grúa para contenedores, su rendimiento es un factor fundamental en la economía del manejo del contenedor, ya que es el elemento de las grúas con mayores roturas, principalmente en sus twistlocks como elemento más vulnerable (eje de sujeción con el container), lo que puede conllevar a afecciones en la carga, así como suponer un coste considerable en la operativa del puerto y de la cadena logística por el tiempo de inactividad de la grúa pórtico, activo de mayor valor del puerto para la estiba y desestiba. En este caso, el saber de antemano una avería de un spreader significa un gran ahorro, por lo que disponer de sensores sobre datos de la operación física (como vibraciones, golpes, equilibrio, ...) es el punto de partida de GMAO-Port de predecir posibles roturas de los spreaders.

- *Diseño y desarrollo de sistema GMAO-Port*

Una vez determinados puntos críticos de activos portuarios y elementos de IoT para medir parámetros, se desarrollarán **algoritmos basados en inteligencia artificial que permitan**

correlacionar los datos obtenidos (por ej. con acelerómetros o inclinómetros) con los históricos de mantenimiento para activar operaciones de mantenimiento preventivo.

De esta forma, el sistema GMAO-Port dispondrá de módulos clásicos de gestión de incidencias (mantenimiento correctivo con colaboración entre gestores de mantenimiento – técnicos – empresas), planificación de mantenimiento preventivo (calendarios de mantenimiento), gestión de materiales (stock) y gestión de órdenes de trabajo, además del innovador módulo de gestión inteligente para la predicción de mantenimiento.

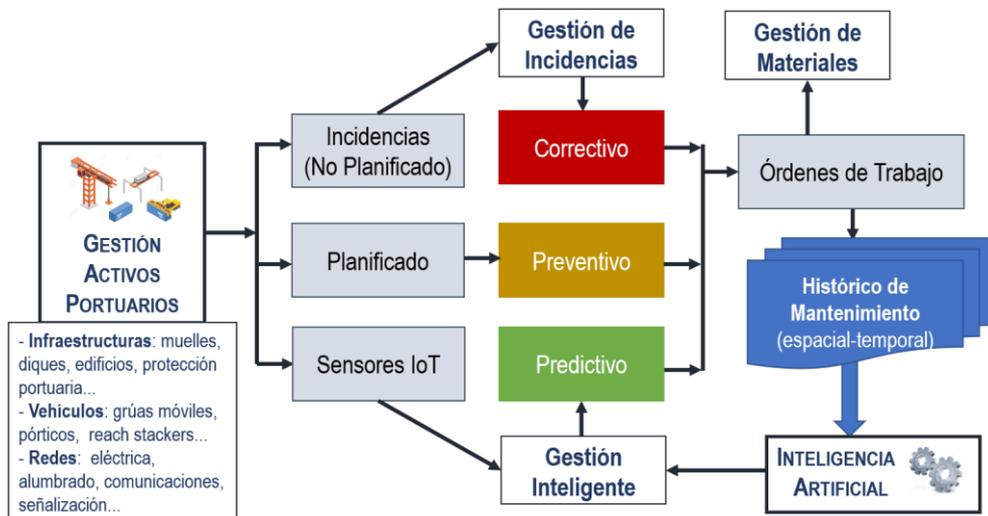


Figura 23. Esquema de GMAO-Port: Mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo

4. Operación, monitorización y cuadro de mando

- *Simulador de operaciones del puerto*

En esta sub-tarea, para lograr la implementación de sistemas automatizados flexibles, complejos y altamente precisos, se **diseñará y desarrollará una herramienta de simulación de eventos discretos** que proporcione una excelente herramienta para la evaluación de las operaciones del puerto en una gran variedad de casos, especialmente para la evaluación de estrategias de asignación de recursos, ubicación de contenedores, configuraciones físicas de la terminal portuaria, posicionamiento de grúas y ayuda a la toma de decisiones de otros subsistemas de la plataforma PCS, sirviendo los resultados ofrecidos por el simulador como un input más. Además, el simulador se hace totalmente necesario para testear y probar el conjunto de las funcionalidades de la plataforma, de forma que se permita la generación de datos masivos de forma simulada lo más fiel posible a un entorno real.

La simulación de operaciones portuarias se enfocará de forma prioritaria hacia terminales de contenedores con énfasis en aquellos aspectos que afectan a la cadena de frío para contenedores refrigerados. De forma preliminar, se prevén tres grandes subsistemas operativos a simular: Operativa de Buque, Operativa de Almacenaje y Apilado y Operativa de Transferencia, donde para cada uno de ellos se dispondrán de una serie de elementos clave a simular.

que se clasificarán los indicadores por tipología, definiendo su horizonte temporal de medida (tiempo real, mensual, tras eventos, etc.) y su formulación de cálculo. Entre otros, se incluirán aspectos de indicadores de movilización y predicción de carga (toneladas, volumen, tipo de mercancía, etc.), indicadores de análisis de eficiencia operativa portuaria (tiempos de carga y descarga, estancia en terminales, despachos, etc.), indicadores de infraestructuras (bitácora de asignaciones, mantenimiento, averías, etc.), indicadores de sensorización (despliegue de sensores, georreferenciación e información en tiempo real), indicadores de desempeño logístico del entrenamiento (tiempos de retraso, espera y tránsito, cumplimiento de citas y turnos, etc.), indicadores de impacto **energético y medio ambiental, etc.**

El cuadro de mando mostrará información en tiempo real, y gracias a los algoritmos a implementar, llevará a cabo recomendaciones automáticas. Los dashboards tendrán diferentes pantallas con paneles para la muestra de datos. Los datos se visualizarán en formato de gráficos (histogramas, gráficos de barras y circulares, ...), mapas, en formato de textos, etc., siempre en función de la necesidad del usuario. Por lo que se tendrá que hacer un trabajo de campo con entrevistas para definir los requisitos que tendrán estos dashboards.

Para la implementación de los cuadros de mando se utilizará como base una herramienta bien conocida en el ámbito de la inteligencia de negocio o business intelligence, spagobi. Para poder integrar spagobi a nuestro sistema se empleará la API que provee este software y la API propia del sistema. Spagobi permitirá a los usuarios la definición de sus propios dashboards a través de un cuadro de mando genérico que provee. Así nos aseguramos de que nuestro sistema se pueda adaptar a futuras necesidades.

Debido al creciente reconocimiento a la sostenibilidad del medio ambiente como un factor importante para el transporte marítimo, y la cada vez mayor presión para que los puertos se adapten a las nuevas exigencias de las políticas medioambientales, el cuadro de mando del PCS dispondrá de un apartado específico para la **evaluación energética y medio ambiental**, que utilizará como **motor de cálculo el modelado de inventario energético y medio ambiental** diseñado y desarrollado en la tarea de *Modelado de la logística en entornos portuarios*, de forma que se disponga de información sobre la evolución como consecuencia de la optimización de operaciones portuarias con respecto a reducir el impacto ambiental originado por las operaciones portuarias, incluyendo huella de carbono (CO₂) y contaminantes primarios (COV, NO_x, CO y PM).

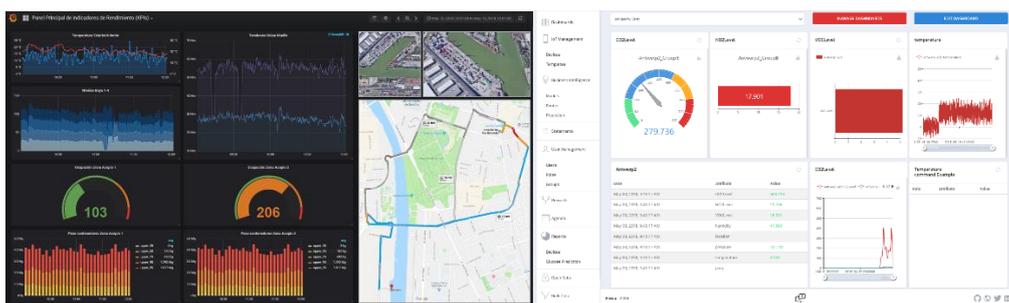


Figura 26. Ejemplo de dashboard portuario

6.4 Interfaz Tierra

La última de las actividades se configura como un sub-sistema de servicios inteligentes está orientado a ofrecer **soluciones de optimización para la interfaz terrestre**. Los elementos que se incorporan en la actividad están relacionados con una serie de **servicios innovadores para optimizar la interfaz del puerto con la componente terrestre**, considerando aspectos de digitalización en la gestión de contratos, la trazabilidad de la mercancía y la optimización del punto de interacción crítico que es la entrada y salida al puerto.

En primer lugar, se definirá y estructurará un estándar que modele la gestión de turnos considerando todo tipo de mercancía, para permitir el **reporte de información de entornamiento**, facilitando la integración y cruce de información.

El estándar anterior, será la base para el **diseño y desarrollo de un sistema de entornamiento que permita optimizar la gestión de citas y turnos** de las cadenas logísticas en la entrada y salida del puerto. Este sistema incorporará como elemento diferencial la incorporación de múltiples actores de la cadena logística, con información particularizada a cada uno de ellos, así como herramientas de optimización en la reprogramación de procesos de asignación de turnos y citas.

Para la mejora de la eficiencia y seguridad de procesos del puerto, se diseñará y desarrollará un **sistema 'paperless'** para la gestión de las actividades aduaneras en cuanto a contratos inteligentes, de forma que el sistema aporte desintermediación, fiabilidad, transparencia, integridad, reducción de tiempos, ahorro de costes y respeto por el medio ambiente, todo ello con la digitalización de contratos Incoterms y la integración de Blockchain para la firma e identificación inequívoca de responsabilidades.

Por último, se persigue configurar un **sistema para ofrecer información sobre la trazabilidad de la mercancía y vehículos** en toda la cadena logística portuaria, incorporando no solo la trazabilidad interna en el puerto (control de vehículos autónomos basado en una innovadora herramienta de geocercas), sino la trazabilidad desde el proveedor (con especial relevancia en la monitorización de elementos relacionados con la cadena de frío).

1. Sistema de reserva de citas y turnos

Un elemento central de la problemática de las ciudades portuarias es el impacto que generan los vehículos pesados en la movilidad de la ciudad, especialmente en congestión de tráfico y dificultades relacionadas. Así, se pretende diseñar y desarrollar un sistema de gestión de entornamiento adaptado al tipo de carga: contenedores, graneles, carga general, etc., que minimice el impacto en la ciudad, articulando **procesos de optimización de turnos** para mejorar la eficiencia y competitividad, reduciendo tiempos de espera y congestión en la ciudad.

- *Diseño de estándar para el reporte de información*

Otra problemática añadida es la **carencia de información estandarizada** de los sistemas de gestión de turnos, lo que dificulta la explotación de información, de forma que el primer paso de la tarea consistirá en la **definición y estructuración de un estándar para el reporte de información de entornamiento (RIEN)**, que facilite su integración por parte de las diferentes terminales portuarias, ante-puertos y zonas de actividad logística (ZAL), además de considerar elementos que permitan cruzar información con otros sistemas, como puede ser incorporar información del documento de transporte, que en líneas generales no suele digitalizarse a la hora de gestionar turnos.

Una vez definido el estándar, se desarrollará un **módulo consolidador de registros RIEN**, basado en web service para facilitar su integración por parte de sistemas de gestión de turnos externos a la plataforma PCS, que permita la gestión de errores en el caso de identificarlos.

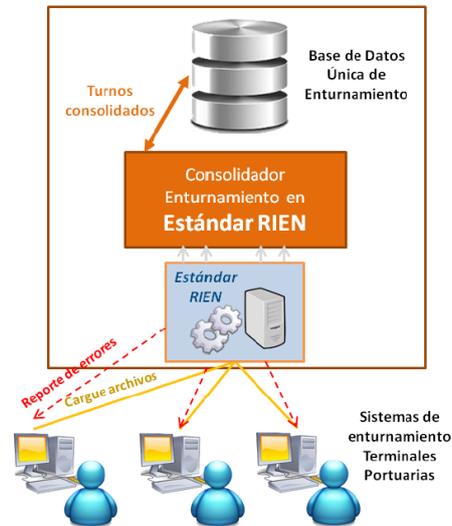


Figura 27. Esquema general del módulo de enturnamiento en estándar RIEN a diseñar

- **Desarrollo de web-móvil de enturnamiento**

Una de las particularidades de los sistemas de gestión de citas y turnos es el hecho del gran número de actores involucrados (autoridad portuaria, terminales, empresas de transporte, conductores, exportadores/importadores, agentes de seguridad en accesos, etc.), por lo que será necesario un sistema adaptable a cada uno de ellos, que facilite la interacción y coordinación entre ellos, mostrando la información de utilidad para cada actor, así como que disponga de inteligencia para la optimización y reprogramación de procesos de asignación de turnos y citas, de forma que se tenga un **sistema adaptativo e inteligente**.

Un punto relevante, para el caso de gestión de turnos de graneles, es el impacto de las condiciones climatológicas en su operativa, que pueden afectar de forma directa a las operaciones de la terminal, ampliando el tiempo de carga y descarga o incluso paralizando los procesos con el consecuente impacto en la cadena logística. Así, se considera necesario incorporar como elemento innovador una **predicción climatológica que aporte valor añadido para gestionar la asignación de turnos**.

En el diseño y desarrollo del sistema de enturnamiento se considerarán todos los posibles factores y elementos que influyen, tales como:

- **Procesos de autorización** a empresas de transporte por parte de clientes de la mercancía a cargar o descargar en el buque.
- **Documentación administrativa** para obtener orden de cargue y descargue (datos producto, conductor, vehículo, importador/exportador, empresa de transporte, cliente, buque, etc.)
- **Inspecciones** a la carga, facilitando el contacto **e interacción con organismo oficiales**
- Modelos de gestión de enturnamiento, considerando cualquier **tipo de mercancía** (graneles, contenedores, carga de proyectos, etc.).
- Métodos de **asignación de turnos** para aviso y aporte de valor añadido al conductor en el tránsito a la terminal, donde se proveerá de diferentes medios de información al conductor del vehículo, que podrá recibir información de su turno vía web, vía móvil e

incluso vía SMS, según sus preferencias, y dispondrá a su vez de información pormenorizada del planificador de rutas a dos niveles: un primer nivel sobre la ruta óptima a seguir desde el ante-puerto o zona de estacionamiento en la que se encuentre hasta la puerta de acceso al puerto, y un segundo nivel sobre la ruta a seguir por el interior del puerto hasta la zona de carga o descarga.

- Entrada y salida en puerta de acceso, que podrá ser monitorizada mediante el sistema de visión artificial, con conexión del sistema a **básculas e información relevante** captada por los agentes de control de puertas.



Figura 28. Procesos de entrada/salida de vehículos de terminal para proceso de enturnamiento

- **Módulo gerencial**

Por último, el sistema de optimización del enturnamiento dispondrá de un **módulo gerencial de cuadro de mando, con indicadores dinámicos particularizados para cada tipo de usuario**, donde puedan visualizar informes individuales según el rol (tiempos, turnos, tracking de vehículos, tráfico, capa GPS, características asociadas a la carga, empresas de transporte, tablero de control de tiempo y alertas...). Destacar, que este módulo gerencial estará interconectado con el Cuadro de Mando Integral en el que se integrará toda la información asociada a los sistemas de gestión de citas y turnos de forma consolidada, facilitando un tablero de control que permita el monitoreo y análisis Big Data para extracción de conclusiones y potenciales mejoras en la toma de decisiones de la gestión de la interfaz terrestre del puerto. Con el sistema inteligente, se podrá proporcionar información adicional sobre el condicionante de fallidos (turnos asignados no ejecutados), aspecto con un impacto elevado en la eficiencia operativa portuaria, permitiendo identificar causas de ineficiencias que reducen la cantidad de mercancía gestionada, facilitando elementos para actuar en consecuencia.

Un punto de especial interés es el derivado del **análisis inteligente espacio-temporal** de la **entrada y salida de vehículos**, que actualmente se limita al conteo en puertas de acceso, sin embargo, con el sistema de trazabilidad del PCS se podrá disponer de información a nivel de detalle de rutas e impactos en puntos concretos del viario, lo que puede permitir estructurar estrategias de mejora para evitar congestiones e impacto en horas punta de movilidad en la ciudad, como consecuencia de los hábitos y costumbres que generan picos de demanda de turnos en horas y días concretos, con el fin de modificar dichos hábitos para tener una demanda más homogénea a lo largo de los días de la semana y horas dentro de cada día.

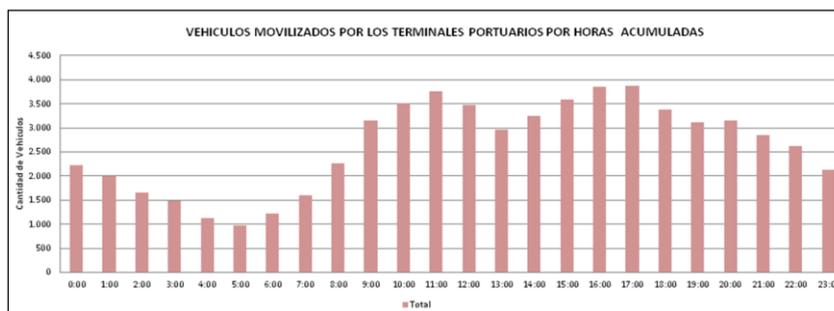


Figura 29. Ejemplo de estadísticas manejadas actualmente en entrada a terminal portuaria

2. Sistema 'paperless' para cadenas logísticas de exportación

Se diseñará un sistema que permita el almacenamiento de la información correspondiente a la actividad portuaria (contratos, manifiestos de carga, etc.) relacionado con la cadena logística de exportación.

En la actualidad, la prueba de envío se hace por medio de registros en papel, resultando en procesos lentos y abiertos a conflictos por parte de las partes interesadas. Esto, en última instancia afecta la satisfacción de los consumidores y retrasando los flujos de dinero entre cargueros, minoristas y transportistas afectando a su capacidad de negocio. El uso de los EDI (Electronic Data Interchange) se ha ido extendiendo en los puertos, lo que digitaliza algunos de los aspectos de las transacciones y contratos.

Se generará una aplicación que implemente el uso de estos EDI simplificando así el proceso de intercambio y generará las evidencias necesarias para poder delimitar responsabilidades en caso de incidencias.

Estas evidencias, así como registros de los documentos asociados, se almacenarán en la plataforma descentralizada de registros. Con el uso de la plataforma descentralizada, se garantiza la inmutabilidad de estos registros y habilita y garantiza futuros procesos de auditoría sobre cualquier de los procesos y evidencias almacenados en la plataforma.

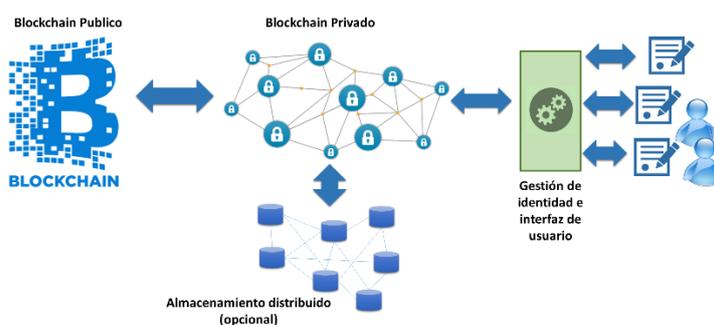


Figura 30. Arquitectura a nivel de sistema de la arquitectura propuesta

3. Trazabilidad en la cadena logística portuaria

La trazabilidad de la logística es una de las innovaciones requeridas para ser competitivos adquiriendo gran importancia puesto que **incrementa la seguridad y la productividad económica**. Entre sus numerosos beneficios podemos destacar la mejora de la imagen comercial para las empresas o entidades que tengan estos servicios. La disminución de los tiempos de reacción y el control de partidas, lo cual permite la fácil detección de lotes de productos... Particularizando a la cadena de frío, la trazabilidad de sus activos es de vital importancia puesto que permite

demostrar el origen de un problema en una cadena en la que cualquier retraso, cualquier fallo, etc. puede convertirse en fatal para los productos.

El estado actual de la tecnología nos habilita para realizar la trazabilidad en logística durante todo el recorrido de los productos, desde el origen hasta el destinatario. Entre las distintas tecnologías que en la actualidad se usan para monitorizar los activos logísticos destacan los códigos de barra, los RFID, los códigos GS1, los sellos electrónicos (eSeals) e incluso sensores de temperatura, humedad y presión con geolocalización.

La trazabilidad tiene dos enfoques distintos en cuanto a la ubicación de los activos logísticos:

- **Trazabilidad exterior al puerto**, la cual nos ofrece la traza de los activos desde que se carga en el almacén exportador o la fábrica, zonas de parada o consolidación de la mercancía, zona de turno (antepuerto) y el recorrido hacia el puerto.
- **Trazabilidad interior al puerto**, la cual, además de ofrecer la información de la carga en todo momento, pretende demostrar la mejora real de la circulación de la carga interior al puerto gracias a la optimización de rutas obtenidas por el uso del planificador.

Por otro lado, se habilitará el potencial de la **plataforma IoT basada en FIWARE para la monitorización en tiempo real de elementos de la cadena logística** (por ej. container o carga de proyectos) que incorporen **dispositivos IoT de geolocalización** y, de forma específica para la cadena de frío. En este aspecto, cobra especial relevancia la monitorización de elementos claves del Genset como son la temperatura del interior del contenedor o el tiempo de apertura de puertas, cuyos datos también podrán ser agregados gracias a la plataforma.

El sistema, así mismo, almacenará una serie de registros de las “evidencias” tanto de las operaciones como de las principales alarmas o eventos que la plataforma de IoT, garantizando con ello la inmutabilidad de los datos de cada una de las operaciones, así como la garantía de la trazabilidad frente a terceros, como pueden ser organismos de auditoría o validación.

Todo ello, tendrá una visualización al usuario mediante el sistema GIS, dotando de una interfaz intuitiva y de fácil interpretación y manejo. Además, se habilitará una función innovadora de “geocercas”, que podrán ser definidas por el gestor portuario, de forma que, si un elemento monitorizado sale de la “geocerca”, el sistema enviará un aviso automático, por ejemplo, si un determinado reach stackers sale de su patio de contenedores asignado, cuya área sería la geocerca a definir.

Por último, gracias a las funcionalidades de trazabilidad del sistema basada en Blockchain se consigue localizar sobre quien recae la responsabilidad de la mercancía en caso de incidencia en la misma, resolviendo la problemática asociada a la transmisión de riesgos sobre la mercancía.

6.5 Integración de Interfaces

La actividad final involucra la **integración de los sistemas desarrollados** para las diferentes interfaces (Marítima, Portuaria y Terrestre) sobre la plataforma de base en la nube, **para de esta forma completar la Plataforma PCS.**

Una vez completada la integración, se diseñará el **plan de pruebas** para definir los casos de aplicación para validar que los servicios para la optimización de la logística portuaria ofrecen de forma satisfactoria soluciones para cumplir con los requerimientos definidos para cada una de las interfaces de la plataforma.

1. Integración de sistemas en la plataforma loE

Esta tarea consistirá en la **integración secuencial** de los distintos **sistemas, módulos y servicios desarrollados** en la **plataforma loE del PCS**, todo ello de forma modularizada aplicando DevOps ahí donde proceda, partiendo de la plataforma en la nube, que incluye la arquitectura en la nube, la plataforma integradora de IoT basada en FIWARE, la plataforma GIS con funciones 3D y la plataforma descentralizada de registros basada en Blockchain, y sobre ello añadir las diversas soluciones para la optimización y provisión de servicios inteligentes hacia la interfaz marítima, portuaria y terrestre.

En base a las características anteriores, el **proceso de integración** tendrá tres elementos clave:

- 1) **Integración de sensorización IoT**, a partir de la infraestructura de comunicaciones segura que permitirá la lectura de datos de todos los sensores desplegados en los diversos entornos del puerto y sus interfaces de influencia en tierra y mar. De este modo, las lecturas desde el sistema de comunicación de datos, con la aplicación innovadora de Blockchain para dotar al ecosistema FIWARE de seguridad añadida, deben pasar la información a la base de datos Big Data, de forma que es necesaria una integración para procesar, filtrar y depurar los datos recabados por la infraestructura de comunicaciones hasta la plataforma integradora de IoT basada en FIWARE.
- 2) **Integración de herramientas de extracción de conocimiento y análisis inteligente**, que componen la capa de inteligencia a nivel de servicios, mediante la aplicación de técnicas innovadoras, tales como Data Mining, Analytic Big Data, Técnicas de Inteligencia Artificial, Sistemas DSS, KPIs, etc., siendo necesaria su integración con la plataforma GIS y la capa de conocimiento Big Data, para poder lanzar resultados directos o preparar las entradas para los procesos avanzados posteriores que sirva de base para proporcionar las soluciones para la optimización y provisión de servicios.
- 3) **Integración de herramientas para la provisión de servicios y soluciones para la optimización**, donde se integrarán los desarrollos asociados a cada los servicios provistos enfocados a dar soluciones a cada una de las interfaces consideradas, que consumirán la información con valor añadido tratada mediante técnicas de extracción de conocimiento y análisis inteligente, ofreciendo a su vez información que enriquezca a la base del conocimiento. En este punto se hará uso de la plataforma descentralizada de registros, otorgando información segura que permita su trazabilidad, ofreciendo un punto innovador hacia la identificación inequívoca de la responsabilidad según contrato de exportación.

PLATAFORMA IoE – DIGITAL PORT

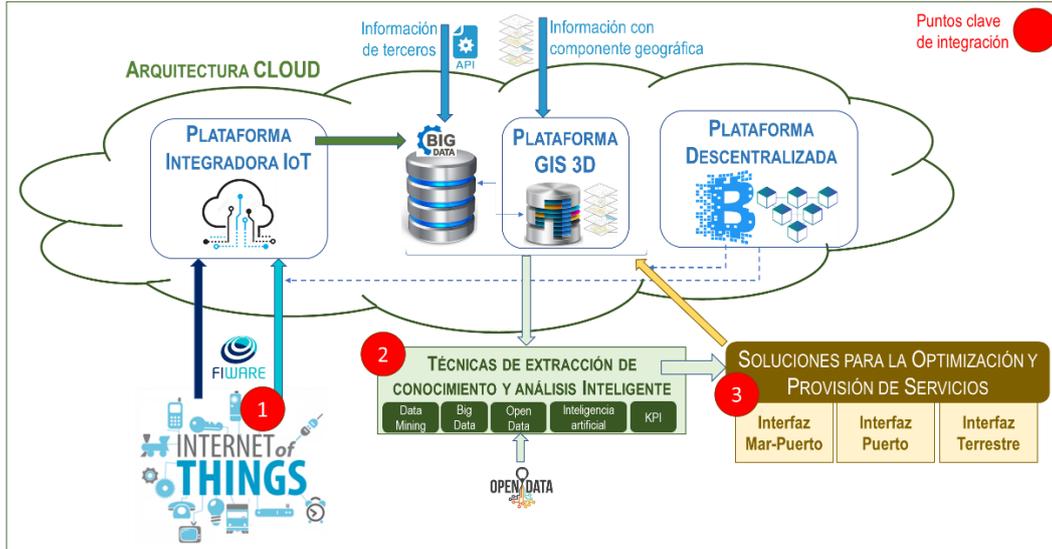


Figura 31. Esquema general de integración

2. Plan de pruebas y experimentación

El primer paso es realizar la **definición del plan de pruebas** para garantizar que la experimentación permita validar los principales aspectos de su funcionamiento y que se van a cubrir los objetivos marcados inicialmente. Una primera aproximación de los aspectos a considerar sería:

- **Pruebas no funcionales de la arquitectura Cloud**, que incluirá banco de testeo para evaluar la escalabilidad, adaptabilidad, robustez y seguridad de la plataforma CLOUD
- **Pruebas de la plataforma integradora de IoT basada en FIWARE**, donde jugará un factor esencial la infraestructura de comunicaciones y la aplicación del Blockchain para la securización y trazabilidad de la información de los elementos del IoT
- **Pruebas de la capa de conocimiento**, donde se llevarán a cabo pruebas de testeo para la base de datos Big Data y el sistema de información geográfica, haciendo énfasis en la funcionalidad innovadora 3D
- **Pruebas a nivel tecnológico de técnicas**, donde se testearán cada uno de los elementos de extracción de conocimiento y análisis inteligente de datos (inteligencia artificial, DSS, etc.)
- **Pruebas de las soluciones de optimización**, donde se evaluará la obtención de resultados correctos por parte de las funcionalidades y servicios de las soluciones desarrolladas para cada una de las interfaces

Una vez que el plan de pruebas se ha diseñado, se procederá a su implementación a través del **despliegue de pruebas piloto**, aunque cabe señalar que dicha actividad queda fuera del alcance de este proyecto y se comenta como posible extensión o continuación del proyecto en el último capítulo del presente documento.

6.6 Tecnologías Innovadoras del PCS

Los puertos, marítimos y fluviales, son un ejemplo importante de la necesidad de modernización de las ciudades. Los puertos son esenciales tanto para la economía de los países como actores globales como para el mercado interno de los mismos. Son un catalizador principal para el desarrollo regional y su optimización e inclusión en el territorio es fundamental para garantizar que las operaciones eficientes no afecten negativamente a las áreas circundantes, incluidas las relaciones ciudad-puerto y el desarrollo urbano inteligente de las ciudades portuarias. Cuestiones específicas como el dragado, la reducción de emisiones y la eficiencia energética, incluida la electrificación, las redes inteligentes y el uso de energías renovables, se combinan con otros desafíos comunes a los terminales portuarios multimodales.

Desde la **Comisión Europea** se manifiesta la necesidad de investigación, desarrollo e innovación para la implementación de nuevos conceptos portuarios, nuevos modelos de gestión y soluciones innovadoras de diseño, ingeniería, construcción y tecnologías de operación para la plena satisfacción de los clientes, partes interesadas y ciudadanos. En concreto, se necesitan optimizar las operaciones multimodales inter- e intra- portuarias para que éstas sean rentables y flexibles. Para ello, se precisa la reingeniería de procesos operacionales portuarios a través del análisis de procesos e identificación de sistemas TIC interoperables para mejorar el nivel de integración entre todos los actores: autoridades portuarias, operadores de terminales, navieras, aduanas, fuerzas de seguridad y autoridades municipales.

Entre los aspectos fundamentales que precisan ser mejorados en el contexto de la gestión inteligente de logística portuaria, se incluyen una mejor gestión de la capacidad con costos reducidos y la identificación de indicadores en tiempo real para mejorar la calidad de los servicios prestados; así como, perseguir un menor impacto ambiental, mitigar el cambio climático y avanzar hacia la **economía circular**.

Los objetivos fundamentales perseguidos son la reducción del impacto sobre el cambio climático y el medio ambiente de las actividades portuarias, sus costos operativos e infraestructurales, la mejora de la eficiencia logística y una mejor integración del puerto en el área socioeconómica circundante, incluidas las relaciones ciudad-puerto y el desarrollo urbano inteligente de ciudades portuarias.

A continuación, se presentan, desglosados por las actividades descritas anteriormente, los principales elementos innovadores científico-tecnológicos que darán respuesta respecto a las carencias del estado actual de la técnica.

1. Plataforma en la nube

El Puerto 4.0 basado en la integración de tecnologías disruptivas.

A nivel mundial los puertos están experimentando un gran avance tecnológico debido a los cambios en la forma de gestionar sus operaciones, surgiendo el concepto de **"Puertos 4.0"** también denominados **puertos de 4ª generación**, los cuales dispondrán de redes telemáticas que permitirán conectar las zonas portuarias y colaborar entre diferentes puertos. Como base principal disponen de tecnología de intercambio electrónico de datos (**EDI**) estandarizada, es decir, está disponible para diferentes puertos e incluso diferentes idiomas. De esta forma se crea un lenguaje común para los diferentes actores y la posibilidad de intercambiar información en tiempo real. Los puertos 4.0 incluyen en sus sistemas tecnología relacionada con **Big data, automatización de operaciones, RFID y Blockchain** (29), **de especial carácter innovador** en la medida en que permitirá digitalizar las transacciones internacionales con el objetivo de obtener mayor rapidez en los procesos relativos al intercambio de documentos, reducir el número de

fraudes y errores humanos, aportando mayor transparencia al proceso y permitiendo un control en tiempo real de las mercancías en circulación. Algunas empresas internacionales como IBM, Maersk o el Puerto de Hamburgo están apostando por la implementación de esta novedosa tecnología (30), si bien en España aún no se cuenta con ejemplos de aplicación, vacío al que el proyecto PCS pretende ofrecer una clara respuesta.

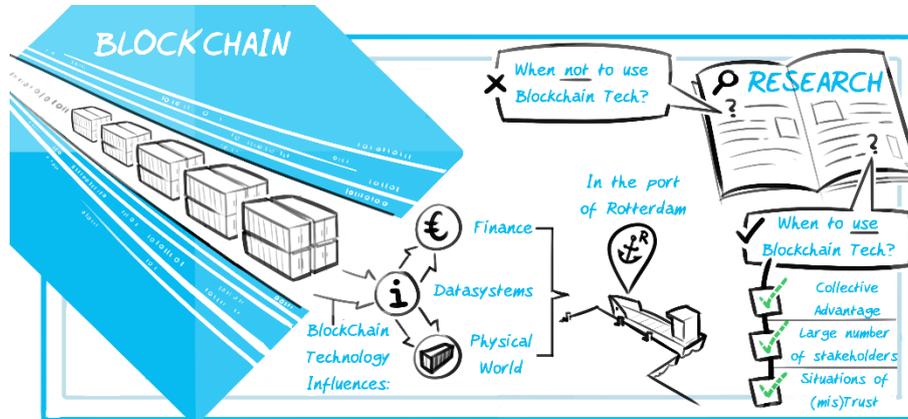


Figura 32. Blockchain en logística portuaria (Fuente: Proyecto SmartPort)

Plataforma loE que alberga los distintos módulos de los que se compone el proyecto.

En los últimos años, las tecnologías relacionadas con el Internet de las cosas (IoT) han adquirido una gran relevancia y ganado reconocimiento como habilitadores claves para la generación de negocios centrados en el ciudadano en diferentes áreas de aplicación, como Smart Cities, Smart Energy Smart Environment, Agricultura inteligente, Industria 4.0 o las Infraestructuras inteligentes. El concepto del **Internet de Todo (IoE)** supone dar un paso más allá permitiendo no sólo la conectividad entre objetos físicos sino involucrando además a personas, procesos, y datos bajo un ecosistema común.

El paradigma del IoE supone la **transformación digital completa extremo a extremo**, apoyándose en el uso de estándares y protocolos abiertos: La apertura en las tecnologías garantiza que los estándares implementados se utilicen sin barreras, lo que permite la libertad de investigación, implementación y creación de nuevos modelos de negocios en un mundo digital.

En el marco del presente proyecto se pretende diseñar y desarrollar una innovadora plataforma digital IoE totalmente operativa capaz de conectar personas, procesos, datos y cosas de una manera estándar, escalable y desacoplada, que de soporte a la generación de un ecosistema de aplicaciones y servicios de aplicación en el ámbito de la logística portuaria y que sea capaz de interoperar con plataformas externas para el intercambio de información relevante con el entorno que le rodea.

GIS 3D

La gestión de la información georreferenciada se visualizará a través de un **potente visor GIS-3D** donde se presentará información tanto del emplazamiento donde se va a realizar una operación portuaria como de los equipos e infraestructuras ya instaladas para su ejecución.

La principal funcionalidad de este sistema en cuanto a innovación radica en la posibilidad de asistir al gestor del puerto a través de la visualización a modo de realidad aumentada de la infraestructura portuaria en tres dimensiones, lo que maximiza la gestión de la propia operación, especialmente en **entornos de operación predictivos**, al permitir anticipar la localización de otros elementos que puedan afectar al acceso y operación a realizar.

Blockchain como medio de protección de la información IoT.

La interoperabilidad entre los dispositivos IoT y la tecnología Blockchain abre un nuevo paradigma de innovación y experimentación que traspasará las fronteras, usos y tiempos del presente proyecto. Podríamos decir que es la **gran innovación científico-tecnológica** que además será habilitador de casos de uso y experimentación innovadores.

Esto permitirá **automatizar procesos** en base a la información de sensores de terceros (autoridad portuaria) y de sus eventos registrados en la Blockchain. Empresas del ecosistema podrán interactuar y transaccionar de forma automatizada en base a las lecturas de los dispositivos IoT registradas en la Blockchain, los seguros podrán automáticamente pagar una indemnización en caso de producirse una ruptura en la cadena de frío, o cualquier otro incidente que comprometa a la mercancía transportada.

Actualmente la incorporación directa de los dispositivos IoT en una **Blockchain es un gran reto tecnológico** debido a que dichos dispositivos se caracterizan por sus limitaciones de procesamiento de cara a maximizar su autonomía. Ello supone que sea impensable con la tecnología actual incluir a un dispositivo de forma directa en la Blockchain como nodo, debido al alto ancho de banda y procesamiento que esto conllevaría; además dicha estrategia supondría una normalización o estandarización nueva en las interacciones directas entre dichos dispositivos IoT que, aunque suponga unos considerables beneficios requeriría de un consenso generalizado entre fabricantes de dispositivos, plataformas, etc.

No obstante, la participación de los dispositivos IoT en un ecosistema Blockchain es ampliamente reconocida por su potencial de automatización de procesos entre diferentes participantes de un ecosistema como puede ser el portuario. El proyecto pretende afrontar dicho reto utilizando FIWARE como un estándar normalizado de integración y comunicaciones directas entre dispositivos IoT, aportando una compatibilidad con la extensa mayoría de dispositivos IoT de la actualidad, y por ende con cualquier dispositivo ya desplegado en cualquier entorno como el portuario.

Es por ello por lo que dicho riesgo se traslada a la integración de una plataforma orientada a eventos, baja latencia y alta escalabilidad como FIWARE con una tecnología como Blockchain que actualmente tiene graves problemas de escalabilidad (15 transacciones por segundo en las redes públicas) y una alta latencia (varios minutos en las redes públicas). Esto va a suponer un gran reto científico-técnico para el proyecto. Esta estrategia conlleva un riesgo medio/alto, que podría llegar a ser minimizado mediante la aplicación de técnicas de sharding o pruning a la Blockchain, o bien realizando una preselección de los valores críticos y una estrategia de sincronización en base a alarmas o eventos gestionados por la propia tecnología FIWARE.

Además, el proyecto pretende realizar experimentación entre diferentes tecnologías de DLT (Distributed Ledger Technologies) que incluyen tanto las tradicionales tecnologías basadas en bloques (públicas y privadas) como tecnologías aún más novedosas basadas en estructuras totalmente diferentes como Grafos Acíclicos Dirigidos o similares, que prometen según los estudios una mayor escalabilidad y agilidad.

En cualquiera de los casos se probarán **diferentes algoritmos de coordinación** (modelos de consenso), intentando encontrar o adaptar el modelo más óptimo al tipo de uso específico que el consorcio necesita de una Blockchain (alta escalabilidad y baja latencia) ya que los últimos estudios apuntan a que los algoritmos basados en la estrategia Byzantine Fault Tolerance combinada con ventanas de validación temporal como podrían aportar la agilidad extra que necesita el consorcio de a las plataformas basadas en bloques.

Plataforma Digital de Servicios de Logística Portuaria

La integración de todas las soluciones de optimización para la digitalización de los servicios del entorno de la logística portuaria, darán como resultado la plataforma PCS, la cual puede considerarse como un último punto de innovación, ya que involucra un **enfoque innovador en el diseño y desarrollo de las actividades que configuran sus sistemas**. En la actualidad, los grandes puertos europeos están avanzando hacia nuevos modelos de gestión portuaria inteligente, como son las iniciativas del mayor puerto europeo, Smartest Port (Rotterdam) (31), o de los mayores puertos españoles, incluidas las iniciativas a nivel de Andalucía de Algeciras BrainPort 2020 (Algeciras) (32), cuyas iniciativas tienen unos recursos económicos muy elevados, pero muy enfocados de forma particularizada a resolver problemáticas locales, sin un enfoque de utilidad y servicios aplicables a otros puertos menores.

2. Interfaz Marítima

Sincronización de operaciones de forma colaborativa – “Port – Just In Time”

Uno de los objetivos innovadores del proyecto, es fomentar la implantación de los puertos de cuarta generación (Puertos 4.0), tal y como los describe la **Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (UNCTAD)**: “Los Puertos 4.0 están caracterizados por la diversificación e internacionalización de sus actividades, de sus operaciones, fuerte cooperación entre la comunidad portuaria y puertos complementarios para aumentar sus ventajas competitivas y la transformación del puerto conectado, perfectamente integrado en la cadena logística y en cadenas de suministro globales donde el manejo y distribución de la información es crucial”.

En esta línea, Sincro-Port se establece como un facilitador de la integración del transporte marítimo (llegada al puerto y salida del puerto) con la cadena logístico-portuaria (operaciones de carga y descarga, interfaz terrestre y conexión con la cadena logística e incluso otros procesos como el mantenimiento de activos portuarios y tareas administrativas). Así, los puertos son hubs de salida o de llegada para distintos medios de transporte, los cuales requieren coordinación entre ellos y una visión global de los mismos.

Un punto adicional de innovación es incorporar el concepto de logística **“Just In Time”**, de forma que el puerto establece las condiciones para desarrollar un transporte marítimo eficiente al disponer de los medios operativos previa llegada del buque, coordinando la llegada del buque con la activación de procesos en otros actores de la cadena logística, incluidos actores que operan tanto dentro del puerto (operadores portuarios) como fuera del puerto (ante-puertos).

Este novedoso **sistema de información compartida** permitirá la toma de decisiones colaborativas, el desarrollo de operaciones más eficientes y la integración de procesos de otros actores del puerto, de manera que la operación sea eficiente, impactando positivamente en la cadena de transporte intermodal.

Tecnologías para Modelos Predictivos de Inteligencia Artificial aplicados al Comercio Exterior y a la Gestión de Contenedores Vacíos

El **sistema predictivo** aplicado al comercio exterior y a la logística inversa, plantea varias innovaciones que permitirán **mejorar el sistema en términos de la utilidad ofrecida al usuario**:

- La **previsión en tiempo real** de las **entradas/salidas** en el puerto puede ser consultada en el cuadro de mando en el que el usuario pueda operar y tomar decisiones de negocio en torno a esta información.

- El sistema que se desarrollará aporta tanto un ranking de variables críticas de mercado como **reglas de asociación de negocio** que afectan a la demanda en el puerto, así como a sus importaciones y exportaciones. Con esta información que se brinda al usuario, éste puede conocer las causas que provocan las demandas previstas y las operaciones portuarias a realizar.
- La **automatización e integración** del sistema predictivo dentro del sistema completo permitirá la **actualización y mejora de los modelos de forma incremental y transparente** al usuario.

Por otro lado, destacar que la **innovación fundamental** que se propone realizar radica en las **tecnologías** que se usarán, pues están enfocadas en el tratamiento masivo de datos indexados en el tiempo mediante algoritmos de selección automática de atributos, clustering jerárquico y particional, reglas de asociación y regresión mediante **Deep Learning**, que superan todos los inconvenientes, antes citados, que presentan otras propuestas publicadas en la literatura.

Desde el punto de vista del **análisis inteligente de datos temporales**, se desarrollarán diversos modelos que ayuden a la previsión del comercio exterior, importaciones y exportaciones, así como para la gestión de contenedores vacíos: a) modelo de selección de atributos relevantes; b) modelo de agrupamiento inteligente de datos (clustering); c) modelo de reglas de asociación entre las variables del problema; d) modelos de regresión avanzados (Deep Learning).

Optimizar la gestión de contenedores vacíos, conectando a todos los actores de la red de valor de forma telemática

La cadena de suministro no sólo debe operar de manera eficaz y eficiente, sino que también lo debe hacer de manera sostenible, minimizando el impacto ambiental de su operación, utilizando energías lo más limpias y renovables posibles. La Unión Europea penalizará la emisión excesiva de CO₂ a partir de 2020. Por lo tanto, la logística inversa de contenedores será cada vez más decisiva para alcanzar los objetivos marcados por las instituciones europeas (33).

La propuesta de PCS trata de **optimizar la cadena logística del contenedor vacío** entre los actores de la red de valor, facilitando el intercambio digital de información para optimizar la cadena logística, a partir de un sistema telemático que fomente el conocimiento de información y simplifique las acciones comerciales con un mercado en línea que aglutine a todos los actores colombianos con intereses en el mercado de los contenedores.

De este modo se automatiza la prospección del mercado para encontrar unidades de contenedores vacíos, alquiler y venta de contenedores, espacios disponibles en portacontenedores y un nexo de unión para facilitar la conexión entre exportadores o cargadores de mercancía con contenedores vacíos, incluyendo los aspectos descritos en la estrategia anterior de cargas de compensación para que las empresas de transporte pueden emplear la reposición del contenedor vacío para manejar carga a nivel Nacional.

Es por ello por lo que este elemento tiene un doble carácter innovador: por una parte, **impulsa estrategias de logística inversa**, muy poco implementadas en la actualidad, y por otra parte **introduce una componente TIC** en ellas, **automatizando los procesos necesarios para optimizar este tipo de gestión** de contenedores vacíos.

No en vano, según Boston Consulting Group, implementar estrategias de logística inversa de contenedores pueden ahorrar aproximadamente 200 € en promedio en la gestión integral de un intercambio comercial en contenedor (ciclo completo de un contenedor que es usado para importación de mercancía y posteriormente para exportación de mercancía o viceversa, considerando el ahorro económico que supone el uso de la plataforma para todos los actores involucrados en las transacciones, principalmente del ahorro de costos de reposición de vacío).

3. Interfaz Portuaria

Desarrollo de nuevos agentes de comunicación IoT que implementen mecanismos de seguridad para la transmisión de datos entre dispositivos

A pesar de los múltiples beneficios de los sistemas IoT, uno de los principales desafíos asociados con ellos es la **privacidad de los usuarios** debido a la convergencia de la tecnología. Con una mayor implementación de dispositivos IoT en el mundo real, se han dado problemas de ataques malintencionados que comprometen la seguridad y la privacidad de los dispositivos IoT (34).

Por ello, dentro del marco del presente proyecto se propone el desarrollo de nuevos agentes de comunicaciones IoT, bajo tecnología FIWARE, que incorporen diferentes mecanismos de seguridad como la autenticación de sensores, la incorporación de algoritmos de encriptación y el establecimiento de mecanismos de seguridad de conexiones punto a punto para mantener la integridad de los datos.

Desarrollo e integración de nuevos sensores virtuales para su aplicación en la logística de puertos

Durante los últimos años, han llegado al mercado una gran variedad y cantidad de dispositivos físicos para la captación de datos. Sin embargo, existen muchas limitaciones de estos dispositivos con respecto a su poder de computación, almacenamiento, su excesivo coste y sus capacidades de conexión. Una vía para sortear las limitaciones inherentes al uso de sensores físicos podría ser el desarrollo de sensores virtuales en entornos Cloud a partir de las medidas recopiladas por los sensores físicos, que además podrían enriquecerse mediante procesos de **combinación de datos** (dando lugar a nuevas variables de medida) o **algoritmos de cálculo** que ayuden a estimar series de datos que se hubieran perdido. Es decir, el objetivo de los **sensores virtuales** es facilitar y enriquecer las funcionalidades de los sensores físicos a nivel de software para adaptarse a diferentes propósitos y escenarios (35). Lo que se propone como innovación en el presente proyecto es desarrollar un novedoso framework que proporcione las herramientas necesarias para la creación y edición de sensores virtuales a partir de sensores físicos, haciendo uso del módulo de procesamiento de gestión de eventos complejos (CEP) de la tecnología FIWARE como motor de generación de sensores virtuales. El uso del framework permitiría la generación y despliegue en la Plataforma IoE, de forma rápida y sencilla, de nuevos sensores virtuales con diferentes funcionalidades, como acumuladores, selectores, agregadores, o predictores.

Open Data. Apertura del puerto a la ciudad.

En este caso la innovación que introduce el proyecto PCS no se centra en el concepto tecnológico, sino en su uso a través de la **generación de datos abiertos** a partir de la información asociada a la gestión portuaria para su consumo por parte de la ciudad, e incluso como soporte de datos para third parties que puedan extraer conocimiento y generar valor añadido.

Por ejemplo, ofrecer información acerca de las llegadas y salidas de buques es relevante para la gestión de un puente levadizo por poner un ejemplo, aspecto clave en la movilidad de una zona urbana. Esa misma información para cruceros facilitará al comercio local y en general a cualquier tipo de establecimiento o punto de interés turístico gestionar sus recursos de cara a atender a la demanda de visitantes. Conocer la previsión de llegadas y salidas de camiones permitirá a los gestores urbanos gestionar el tráfico y la movilidad ante ese tráfico pesado esperado. Así como otros servicios tales como estadísticas de tráfico portuario, servicios ferroviarios, señalización marítima o meteorología.

Sistema de Mantenimiento Predictivo de Activos Portuarios

Uno de los impactos más negativos en la operativa de las terminales portuarias es el derivado de las averías de infraestructura, maquinaria y otros activos presentes en ellas, lo que afecta de

forma directa a una pérdida de negocio, un aumento en los costes operativos y un aumento notable de los costes de reparación. En el caso del puerto de Valencia, por ejemplo, el 50% de las tareas de mantenimiento relacionadas con las grúas pórticos están asociadas a roturas del spreader, con 2.664 alertas anuales que suponen un tiempo agregado de casi 1.000 horas de inactividad de la grúa al año, con unos costes de mantenimiento de 172.000 € y casi 1 millón de € de costes en la operativa del puerto y la cadena logística (36).

En esta línea, el **mantenimiento preventivo** ha sido la principal herramienta para minimizar los mantenimientos correctivos tras sufrir averías inesperadas, con el fin de anticiparse, sin embargo, el **mantenimiento predictivo** va un paso más allá, tratando de optimizar al máximo los recursos y activos, de forma que se realice una predicción del momento óptimo para llevar a cabo las tareas de mantenimiento.

Así, en la actualidad con la evolución y crecimiento de tecnologías de última generación, tales como sensores (IoT), conectividad digital (Cloud) y técnicas de análisis inteligente de datos (Big Data, Deep Learning, etc.), se tienen las bases para poder conseguir sistemas de mantenimiento predictivo aplicados a todo tipo de maquinaria, dispositivos e infraestructuras. Según un estudio del World Economic Forum, con la citada tecnología se podrán reducir los tiempos de inactividad no planificados hasta en un 70 % y los costes de mantenimiento en casi un 30 % (37). Desde el punto de vista de los datos se trata de sistemas complejos y de gran alcance, por la gran cantidad y tipología de datos de la medición, especialmente en la determinación de los parámetros críticos para evaluar el mantenimiento, la gran variedad de indicadores que se pueden obtener a partir de la conjunción de datos espacio temporales y dada la importancia del problema al que atiende: gestión integral, sostenible y eficiente de los activos portuarios.

Para progresar en el campo del mantenimiento predictivo, con PCS se propone un modelo de gestión del mantenimiento de activos portuarios innovador que integra en un solo lugar información espacial y temporal, que permita saber dónde y cuándo ocurre una “incidencia” y analizar la evolución histórica de averías sufridas por un activo portuario determinado, con el fin de aplicar **inteligencia artificial** (algoritmos de aprendizaje y avanzados métodos meta-heurísticos de resolución con reducidos tiempos de computación) para la determinación de parámetros críticos que puedan ser medibles con sensores IoT de bajo coste, para la posterior predicción de futuras averías. Así, el sistema combina de forma innovadora dispositivos IoT, Big Data y Machine Learning para obtener indicadores que alerten previamente sobre posibles averías en los principales activos presentes en las terminales portuarias, para iniciar de forma anticipada labores de mantenimiento.

4. Interfaz terrestre

Optimización de Logística de la Entrada/Salida de Vehículos

El problema que generan las largas colas de camiones en los accesos a las terminales portuarias afecta a la mayor parte de los puertos a nivel nacional y europeo. Dicha problemática es sufrida directamente a los transportistas, teniendo que esperar varias horas para poder cargar o descargar la mercancía y produciendo un perjuicio económico para los mismos y las empresas propietarias de la carga. Indirectamente influye en la congestión del tráfico de los viales próximos al puerto, provocando una relación Ciudad-Puerto inaceptable, e incrementando la contaminación ambiental y acústica en las zonas citadas (38).

Con el objetivo de revertir la situación anteriormente descrita y mejorar la competitividad y eficiencia del puerto a la vez que se mejora la relación Ciudad-Puerto, se desarrollarán las siguientes innovaciones tecnológicas.

La creación de un estándar para el **reporte de información de entornamiento (RIEN)**, que permite remitir automáticamente los datos relacionados con los movimientos de carga (documento de transporte, declaraciones...) a las diferentes zonas logísticas relacionadas con la actividad portuaria (Terminales portuarias, Ante-puertos y ZAL). La información almacenada en la base de datos central permite la funcionalidad de análisis **Big Data**, para apoyar estudios de **predictibilidad**. La plataforma de consolidación de registros RIEN basada en web services permite interoperar con otros sistemas de gestión de turnos externos.

Para ofrecer un sistema de turnos o citas adaptado a cada actor portuario se creará un sistema **adaptativo e inteligente**. Cada usuario del sistema podrá acceder al mismo a través de **web o aplicación móvil**. El sistema de entornamiento, además de planificar, modificar y asignar las citas a los diferentes actores, ofrecerá información de gran utilidad como documentación administrativa a aportar, procesos de autorización, declaración de peso bruto verificado (**VGM**), e informar sobre retrasos e incidencias que afecten a la terminal (39).

El último elemento innovador en la tarea descrita consiste en un **módulo gerencial de cuadro de mando**, que incluye indicadores dinámicos personalizados por tipo de actor portuario, el cual, permite **visualizar informes históricos personales** para que cada actor pueda analizar sus propios datos con el objetivo de optimizar los procesos.

El módulo gerencial se comunica con el cuadro de mando de PCS y almacena toda la información para proceder al análisis Big Data, permitiendo detectar ineficiencias en los procesos y reportando información que mejore la predictibilidad de las actividades portuarias y de transporte. Destacar que el módulo gerencial permite acceder a la información de trazabilidad obtenida a través de los dispositivos IoT (T4.3. Trazabilidad en la cadena logística portuaria), con la información obtenida se podrán identificar las horas pico de tráfico en los accesos a la terminal para promover mejoras en la heterogeneidad del tráfico ocasionado por el transporte por carretera.

Sistema Paperless

Uno de los principales problemas por resolver en el ámbito del **comercio internacional** es la cantidad de burocracia (documentos: Bill of Lading, Incoterms, Declaraciones...) que lleva asociada la mercancía, lo cual afecta directamente a los costes de la operación (20% de los costes según el Foro Económico Mundial) e incrementa los plazos de gestión documental. Además, la mayoría de los trámites requieren la intervención de numerosos actores diferentes, incrementando notablemente los costes y provocando errores humanos en cada iteración.

Respecto al ámbito legal y contractual cabe nombrar las normas **Incoterms** creadas por la Cámara de Comercio Internacional cuyo objetivo es definir la distribución de los gastos, entrega de mercancías y **transmisión de riesgos** en un contrato internacional. *Los incoterms más usados en transporte marítimo son CIF y FOB, además encontramos los incoterms FAS y CFR.* Dichas normas, gozan de aceptación internacional pero no consiguen reducir la problemática anteriormente mencionada.

En base a lo anterior, uno de los principales aspectos innovadores del proyecto PCS es el desarrollo de una plataforma integral que soporte la gestión de **Contratos Inteligentes** (Smart Contracts) a través de la innovadora tecnología **Blockchain**. Estos se definen como acuerdos generados por tecnología Blockchain y ofrecen automáticamente la entrega de bienes y servicios a cambio de una contraprestación sin intermediarios y con una alta seguridad de las operaciones.

Los **contratos inteligentes son autoejecutables** una vez se hayan cumplido las condiciones particulares entre las diferentes partes. Además, gracias a la tecnología base de bloques el contrato se realiza de forma independiente sin la intervención de una autoridad central o intermediario.

Uno de los aspectos que cobra mayor importancia y que son el origen de la utilización de los contratos tradicionales, es que con la nueva tecnología aplicada se elimina la incertidumbre y desconfianza en este tipo de trámites, ya que el propio “Smart Contract” ofrece una dualidad de servicio actuando como contrato y como forma de pago automática, una vez se alcanzan/confirman las condiciones acordadas y que son validadas por ambas partes.

Con la integración de tecnología Blockchain, se establece una forma de acceso a la información segura, registrable y con visibilidad para los diferentes actores de la cadena de suministro (40).

Es en este punto de integración, donde se obtiene la trazabilidad completa de los procesos logísticos, ya que permite verificar todas las etapas registradas en las transacciones, sin necesidad de intervención de una entidad central que controle el proceso. Es lo que se denomina como la huella digital que van dejando los diferentes actores de la cadena de suministro (operadores logísticos, transportistas, navieras, exportador...). Por último, se consigue localizar sobre quien recae la responsabilidad de la mercancía en caso de incidencia en la misma, resolviendo la problemática asociada a la transmisión de riesgos sobre la carga.

Trazabilidad en la cadena logística

De acuerdo con el departamento para la Alimentación y Agricultura de la ONU, anualmente un 40 % de los alimentos perece durante el transporte a nivel mundial, ocasionando unas pérdidas de alimentos superiores al millón de toneladas métricas. Existen diversas razones, entre las que destacan los **problemas relativos a la refrigeración** del producto, los retrasos en la entrega de la mercancía e incluso las pérdidas o robos de esta.

La solución propuesta por el proyecto PCS integra diferentes tecnologías innovadoras con el objetivo de optimizar la cadena de suministro de forma integral, ofreciendo información de gran utilidad para los diferentes actores involucrados en los procesos logísticos y portuarios.

En un primer nivel se encuentran los **dispositivos que monitorizan la mercancía y sus características**. Dicha monitorización recoge datos fundamentales como la geolocalización exacta, condiciones climatológicas (temperatura, presión, humedad, ventilación), detección de apertura de puertas y responsabilidad en cada momento de la mercancía. Se plantea la posibilidad de instalar dispositivos que detecten la presencia de mercancías peligrosas o ilegales (sensores de sustancias inflamables, radiactivas y relacionadas con el narcotráfico). Dichos dispositivos de monitorización cumplen los requisitos de ser reutilizables y con un precio asequible en comparación con la solución que ofrecen, en función de la información que ofrecen se utilizarán **sensores de temperatura** o humedad, etiquetas **RFID**, e incluso conexión **GSM** para el envío de datos de forma continua e inalámbrica (41).

Los datos e información recogidos por los dispositivos descritos en el primer nivel son monitorizados de forma continua en la **plataforma IoT basada en el estándar FIWARE**. Es pertinente destacar que ambas tecnologías disruptivas vienen demostrando el potencial que pueden llegar a ofrecer en diversos sectores estratégicos, entre los que se encuentran el sector del transporte y la logística internacional, el cual presenta un crecimiento continuo apoyado por el auge del comercio electrónico.

La innovación se centra en la integración de los datos ofrecidos por la plataforma IoT en el sistema de visualización **GIS-3D**, el cual a través de su interfaz permite ofrecer la información de forma amigable e intuitiva a los usuarios. La plataforma GIS-3D ofrece información valiosa para cada uno de los diferentes actores involucrados, desde el exportador hasta el cliente final, pasando por transitarios y transportistas. El sistema permite localizar mediante sistemas de información geográfica la ubicación exacta y continua de la mercancía e incluso crear avisos y alertas personalizables en caso de detección de incidentes o anomalías durante el transporte de la carga.

La tarea descrita ofrece una **solución integral de trazabilidad de la mercancía**, logrando un mayor control y visibilidad sobre la cadena de suministro y permitiendo **implementar procesos Just in Time**, gestionar eficazmente el envío de la carga con efectos directos sobre los costes de la operación y ofrecer una mejor y más precisa información a los consumidores finales a través de la transparencia de los procesos.

7. Evaluación Impacto de Implementación del PCS

7.1 Costes de aplicación

Como paso a previo a la descripción de los diferentes beneficios que brinda el PCS, conviene considerar los diferentes retos que se necesitan superar. La documentación existente se centra más en los beneficios que en los costes relacionados con la aplicación del sistema.

Tanto los costes, como los beneficios asociados al desarrollo e integración de la estructura PCS cobran suma importancia. Cabe mencionar, que el término coste tiene un significado más amplio que el meramente económico, definiendo las barreras a superar para establecer relaciones de colaboración entre los actores de la cadena logística.

- Costes económicos y no económicos de la aplicación PCS

Encontramos diferentes barreras a la hora de establecer la plataforma PCS. Una de las barreras principales se encuentra en el momento de establecer procedimientos, estándares y **tecnologías de la información comunes** entre las diferentes organizaciones logísticas y portuarias (EDI, documentación requerida, etc.). Esto es debido principalmente a que las organizaciones poseen diferentes recursos, competencias y capacidades por lo que la implementación de sistemas informáticos podría derivar en conflictos e incluso negociaciones persistentes. Algunos casos estudiados muestran como la escasez económica de algunas Pymes deriva en un grave problema a la hora de participar en plataformas colaborativas. En cambio, las grandes compañías no se muestran receptivas a la hora de apoyar la iniciativa PCS, ya que no la ven necesaria. El principal obstáculo que superar durante la implementación del PCS será la creación de un ambiente de cooperación entre los diferentes agentes involucrados en el proyecto. Otro de los problemas se encuentra en la dificultad de integrar las diferentes plataformas de comunicación desarrolladas por cada actor logístico.

Existen diferentes costes económicos y estos están relacionados principalmente con la implementación de tecnologías de la información y comunicación (Tics). Principalmente existen costes relacionados con la conexión interna y adquisición de equipos hardware con la función de almacenar información y gestión de datos.

Las fuentes de información consultadas indican que existe una pobre elaboración por parte de desarrolladores de la plataforma a cerca del coste de implementación del PCS.

El presupuesto variará en función de la magnitud del puerto y de la amplitud que alcance la plataforma PCS, además se recomienda que la implementación sea progresiva y continua, favoreciendo de esta forma la integración de todos los miembros de la comunidad.

Empresa	Precio Consultoría	Precio Implementación
PORTEL (Almería)	0.8M€	2 M€
Portbase (RTM)	-	4 M€
ValenciaportPCS	0.4 M€	3 M€
Teleport (Algeciras)	0.2 M€	2.5 M€

Tabla 6. Costes de consultoría e implementación de plataformas PCS

Los actores privados de la plataforma PCS son los principales beneficiarios, a pesar de esto, se resisten a realizar grandes inversiones en iniciativas que dependen de la participación de empresas externas. Esta situación se agrava al considerar que muchos son directos competidores entre sí.

Cuando una inversión es atractiva a largo plazo, pero termina beneficiando a competidores directos, no suele ser aceptada por las empresas del sector privado. Por esto, el gobierno como autoridad neutral es elemental para desarrollar y proporcionar el capital inicial necesario para la ejecución del proyecto.

7.2 Indicadores Portuarios

El objetivo general de establecer un **sistema de indicadores portuarios** es contribuir en la **mejora continua de la competitividad** de las operaciones logísticas y portuarias. El desarrollo de indicadores estratégicos apoya a la CLP en la elección de acciones e inversiones, además de favorecer el análisis de impacto por la aplicación de planes y políticas portuarias.

Los **motivos** de mayor relevancia para la **implantación** de un sistema de indicadores pasan por:

- Analizar las tendencias actuales para establecer planes de mejora a futuro.
- Establecer una comunicación activa y continua con los actores de la CLP.
- Crear datos de interés para actores, usuarios e inversores.
- Almacenar información del desempeño para analizar y comparar con situaciones futuras e incluso con otros puertos de referencia.

A través del sistema de indicadores se pretenden detectar los factores clave de desempeño, a través de una perspectiva multimodal de la cadena logístico-portuaria. El sistema de indicadores se completa con la **implantación del cuadro de mando integral** que vincula la información **estandarizada** para facilitar el **análisis** e interpretación periódica de la **información** obtenida.

Es común establecer diferentes **indicadores** en función del **área de acción** donde actúan, estableciéndose tres categorías básicas, la **interfase buque-puerto**, la **interfase de operaciones logísticas del puerto** y la **interfase puerto-hinterland**. Cada indicador portuario consta de una ficha con un contenido estandarizado que incluye; la descripción y objetivo, fuente de los datos, la metodología de cálculo y un último apartado de comentarios adicionales. A continuación, se muestran algunos indicadores obtenidos de diferentes puertos a nivel internacional.

1. Indicadores interfase marítima

- **Índice de Conectividad Marítima**

El LSCI indica la accesibilidad de cada país mediante líneas de transporte marítimo regular y en 2017 vuelve a estar liderado por China, seguida de Singapur, que supera por primera vez a Corea, que es ahora tercera. España se mantiene en undécimo puesto mundial y quinta entre los países europeos, por encima de países como Francia, Italia y Japón. (42)

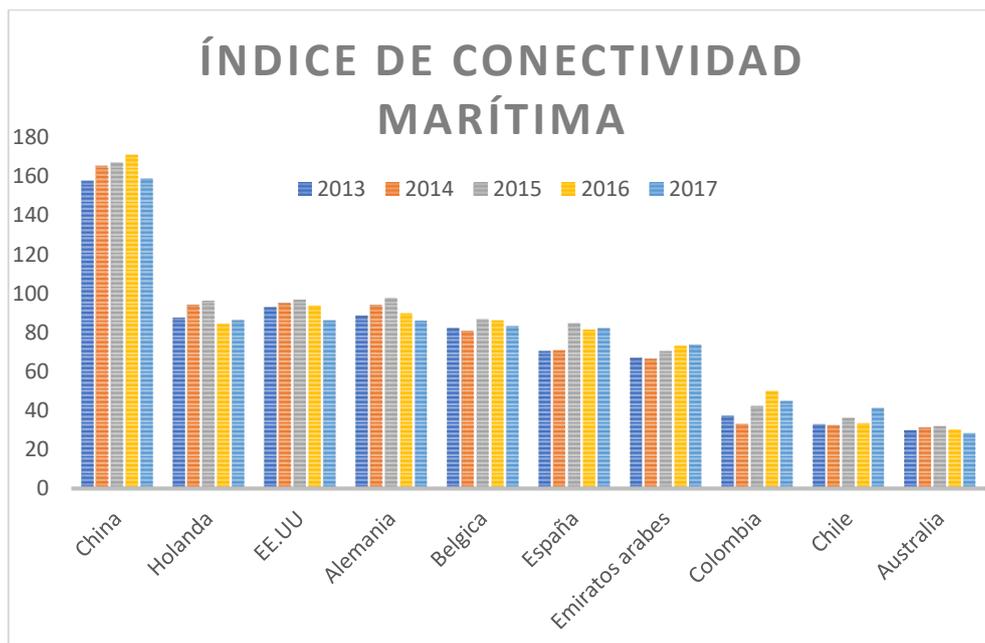


Gráfico 1. Índice de Conectividad Marítima (elaboración propia en base a UNCTAD)

- **Tráfico Anual de Contenedores**

El tráfico anual de contenedores representa el número de TEUs movilizados por los puertos de un país en concreto. En la siguiente gráfica se puede observar un estancamiento en el crecimiento de la carga contenerizada en la mayoría de los países analizados, excepto para el caso de China.

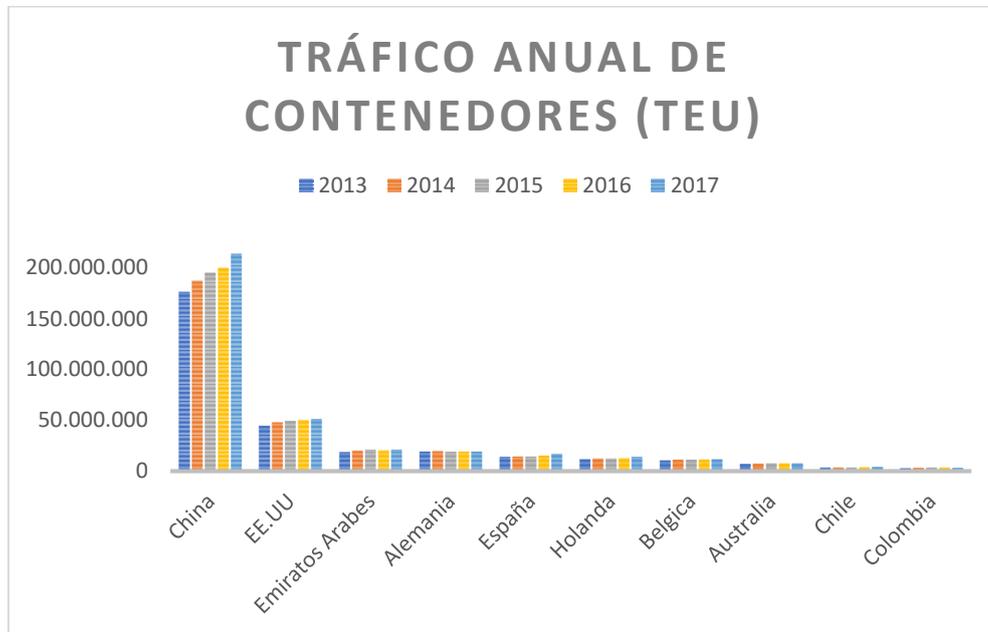


Gráfico 2. Tráfico anual de contenedores (elaboración propia en base a UNCTAD)

Otros indicadores usados comúnmente son el tiempo de fondeo de buques en el puerto, intensidad de uso de la infraestructura de muelles y la productividad de carga de contenedores en muelles.

2. Indicadores para interfase portuaria

- **Relación de contenedores llenos**

Uno de los indicadores que mejor refleja el desequilibrio existente entre la importación y exportación de los diferentes puertos mundiales, es el porcentaje de contenedores vacíos en los puertos. La logística inversa de contenedores es la modalidad que analiza cómo reducir el porcentaje de vacíos en los puertos logísticos. En la siguiente gráfica se puede observar el porcentaje de vacíos para diferentes puertos internacionales.



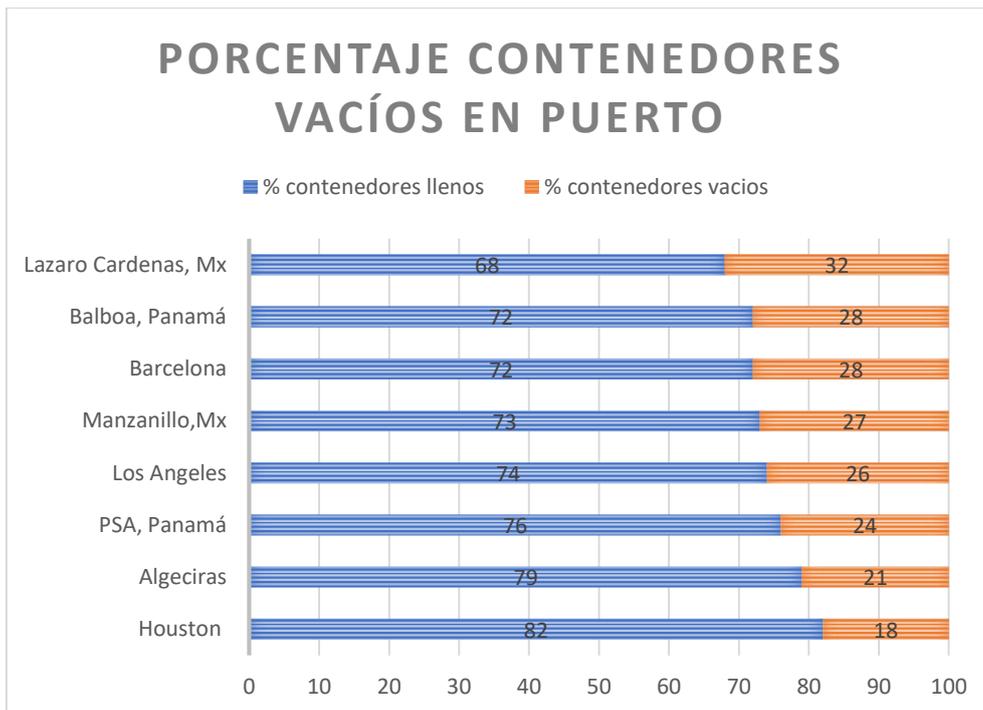


Gráfico 3. Porcentaje de contenedores vacíos en puerto (elaboración propia en base a AP)

Existen otro tipo de indicadores usados para analizar el desempeño portuario como la densidad de contenedores por área de la terminal o el tiempo promedio de estancia del contenedor en el puerto.

3. Indicadores interfase puerto-hinterland

- *Truck turn time*

El citado indicador determina el tiempo que el camión permanece en el puerto, relacionando los tiempos, la distancia recorrida y el tipo de carga transportada. De esta forma es posible mejorar la eficiencia al detectar tiempos anormalmente altos. En la siguiente imagen se muestra un ejemplo de ficha para el sistema de indicadores portuarios analizado.

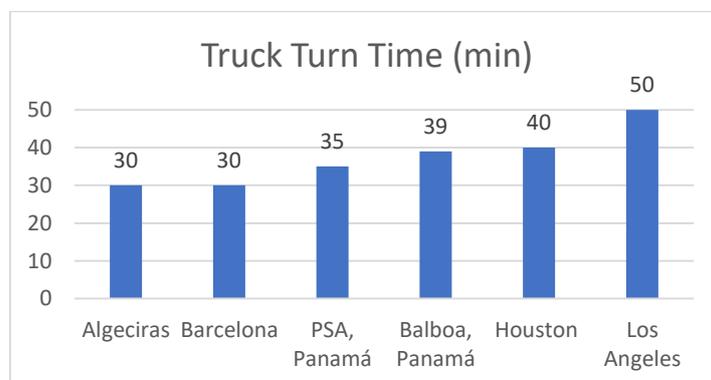


Gráfico 4. Truck turn time portuario (elaboración propia en base a AP)

16. Tiempo de entrega de camión (Truck - Turn Time).

Indicador	16. Tiempo de entrega de camión (Truck-Turn Time)		Metodología de cálculo	
Objetivo	Determinar el tiempo desde que un camión ingresa al puerto hasta el momento que sale que permita mejorar la eficiencia de la entrega/recepción por autotransporte a través de los puertos.		Este indicador se mide dividiendo el tiempo de permanencia de los camiones en el puerto y que transportan contenedores entre el número de camiones que ingresan al puerto y transportan contenedores. Este indicador también puede ser utilizado para medir la eficiencia de la entrega/recepción por autotransporte para otros tipos de carga.	
Descripción	Este indicador mide el tiempo que permanece el camión en el puerto, desde que ingresa hasta que sale del puerto. Mientras menor sea el tiempo de permanencia del camión en el puerto, este representa una mejor eficiencia en el aprovechamiento de la infraestructura y permite incrementar la capacidad de atención al autotransporte, lo cual mejora la competitividad de las terminales, puertos y del país.		Carga Contenerizada: $Pc = \frac{\sum_{yP} P_{ct}}{C_c} \quad yP = 1,2,3,4 \quad yt = 1,2,3 \dots n$	
Desagregación de la información		Familia		
- Puerto				
- Terminal				
Disponibilidad				
SI <input type="checkbox"/>		NO <input type="checkbox"/>		PARCIAL <input checked="" type="checkbox"/>
Fuente generadora		Fuente que lo publica		
APIS		N/A		
Periodicidad	Mensual	Último periodo	N/A	
Observaciones				
No incluyen productos petroleros y derivados Existe disponibilidad de información en forma mensual				

Figura 33. Ficha para indicador "truck turn time" (fuente: CIP)

Existen multitud de indicadores para esta categoría entre los que destacan la intensidad de uso de infraestructura ferroviaria o la eficiencia de conexión con el hinterland portuario.

- Cuadro de Mando Integral

A continuación, se presenta un ejemplo de cuadro de mando integral.

Sob entidad portuaria	Indicadores (23)	Valor n (p x t)	Media	Mínimo	Máximo	Puerto X				
						2010	2011	2012	2013	2014
Finanzas	EBITDA/Ingresos (margen de explotación)	44	38%	-75%	83%	49%	58%	60%	59%	
	Tasa del buque/Ingresos	42	18%	1%	32%	16%	16%	14%	15%	15%
	Tasa de la mercancía/Ingresos	41	38%	10%	63%	40%	40%	42%	42%	59%
	Arrendamientos/Ingresos	39	10%	1%	57%	1%	1%	1%	1%	7%
	Costes laborales/Ingresos	38	23%	7%	63%	19%	18%	18%		10%
	Tarifas y asimilados/Ingresos	30	6%	0.1%	23%	0.1%	0.4%	0.4%	0.3%	1.0%
Recursos Humanos	Toneladas/empleados	34	38 435	4 202	204 447	20 174	21 683	21 809	21 873	7 074
	Ingresos/empleados	38	\$179 971	\$138	\$1 039 739	\$101 599	\$113 418	\$128 492	\$138 730	\$17 963
	EBITDA/empleados	33	\$83 556	-\$16 696	\$555 835	\$50 265	\$65 587	\$76 965	\$81 464	
	Costes laborales/empleados	24	\$23 863	\$4 489	\$93 589	\$19 198	\$20 962	\$23 580		
	Costes de capacitación/sueldos	33	0.95%	0.03%	4.60%	0.2%	0.2%	0.2%	1.0%	
	Operaciones de buques	Tiempo medio de espera (horas)	62	17	0	89	0	0	0	0
Eslora media (m)		55	136	44	289					67
Calado medio (m)		55	8	2	22			3	3	3
Arqueo bruto medio		66	14 260	552	43 216	2 212	2 066	2 555	2 710	2 219
Operaciones de carga	Arqueo bruto medio por entrada – todas	41	4 739	201	20 510	335	382	400	412	
	Toneladas por hora de trabajo, granel sólido o líquido	28	116	20	350	24	24	24	24	20
	Contenedores por hora	46	18	8	35	20	20	20	20	25
	Tiempo de permanencia (días) por unidad equivalente de 20 pías	29	7	3	18	6	6	6	10	11
	Toneladas por hora, granel líquido	16	42	17	63	40	40	40	40	
	Toneladas por hectárea – todas	41	173 986	75 772	425 800	221 914	233 865	239 895	240 604	
Datos de Indicadores de desarrollo mundial	Toneladas por metro de atraque – todas	41	3 920	890	7 439	6 264	6 601	6 771	6 791	
	Calidad de infraestructura portuaria		3.8	2.7	5.2	2.8	3.0	3.3	3.4	3.5
	Índice de conectividad del transporte marítimo de línea regular		21.9	11.8	33.6	15.2	18.6	17.2	18.1	20.3
	Carga de procedimientos aduaneros		3.5	1.8	4.4	3.0	3.0	3.2	3.2	3.5
Participación femenina en la plantilla		21%	6%	44%						11%

Tabla 7. Cuadro de mando integral (fuente: Desempeño portuario de UNCTAD)

Conclusiones relativas a los indicadores de desempeño portuario

Los indicadores de desempeño contenidos en el cuadro de mando integral ofrecen una visión del estado financiero, de recursos humanos y de la operativa del puerto, además de obtener la impresión de los usuarios y actores portuarios.

Destacan los indicadores mundiales de desarrollo propuestos por la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (UNCTAD): El Foro Económico Mundial propone como indicador la **calidad de la infraestructura portuaria**, que mide la eficiencia y desarrollo de los puertos mundiales. La UNCTAD recopila el **índice de conectividad del transporte marítimo** que indica el número de conexiones de cada puerto. Aparece como un indicador de interés, ya que muestra las diferencias entre los puertos internacionales y los que se encuentran en evolución.

Por lo tanto, los indicadores del cuadro de mando se posicionan como una **herramienta de organización estratégica** y de gran valor para la gestión de los puertos. En relación a indicadores medioambientales existen dos vías de cálculo. La vía cualitativa muestra la existencia de protocolos medioambientales de ámbito internacional a través de encuestas. La vía cuantitativa consiste en medir la emisión de gases contaminantes, aunque es un método complejo de valorar y con un coste alto. Cabe señalar que la tecnología usada para obtener los datos se encuentra poco desarrollada, por lo que se precisan medidas de apoyo a la citada tecnología.

Por último, se muestra una tabla con valores comunes respecto a los diferentes indicadores descritos en apartados anteriores.

Indicadores de referencia					
Tiempo permanencia medio contenedor			7 días	Gasto capacitación	<1%
Proporción ingresos y mercancía	tasas por		2:1	Media del margen de explotación	38%

Tabla 8. *Indicadores de referencia (fuente: Gestión portuaria UNCTAD)*

7.3 Beneficios

A grandes rasgos, los motivos para desarrollar una plataforma PCS son:

- Obtener una mayor ventaja competitiva del puerto
- Optimizar los flujos de información (43)
- Mejorar el control de las actividades exportación/importación por parte de los servicios aduaneros y gubernamentales. (44)

Los beneficios asociados a la implementación del PCS, desde el punto de vista del actor portuario, están relacionados con el desarrollo de plataformas de tecnología de la información y de formar parte de una comunidad logística. Los beneficios asociados a la primera categoría son fácilmente cuantificables. Se podrían calcular comparando los costos de comunicación antes y después de la aplicación de la plataforma. Sin embargo, los beneficios relacionados con formar parte de una comunidad son difícilmente cuantificables.

Se han realizado estudios para calcular la cantidad de tiempo y costes ahorrados con la implementación de la plataforma PCS, en concreto a través del envío de documentos electrónicos en transacciones portuarias. Dichas investigaciones demuestran que el ahorro en documentos y tiempo puede llegar a ser significativo. Debido a que el precio medio de un documento electrónico (e-document) en comparación con el documento en papel es 3 € menor, se pueden obtener ahorros económicos cercanos al 40%. Los ahorros de tiempo alcanzados con el uso de documentos electrónicos alcanzan el 39%. La comunicación electrónica reduce significativamente el flujo de documentos necesarios para las operaciones y afecta positivamente a la rentabilidad de toda la comunidad portuaria (45). Otro caso real es el presentado por el Puerto de Valencia, en el cual la policía de aduanas recibe electrónicamente la lista de bienes y esta es automáticamente comprobada a través del sistema central de aduana. Actualmente el proceso tarda 3 minutos en comparación con las 4 horas que necesitaba previamente, consiguiendo que los procesos aduaneros sean más efectivos y permitiendo un flujo de carga mayor.

A continuación, se identifican un conjunto de beneficios asociados a la implementación de la plataforma PCS, estos **beneficios** se dividen en dos categorías definidas como **económico-digitales** y por la pertenencia a la **comunidad logística**.

Los **beneficios económicos-digitales** se entienden como los beneficios asociados al uso de tecnologías de la información como hardware, software, aplicaciones y telecomunicaciones que engloban diferentes aspectos de la economía, incluyendo las operaciones internas y las transacciones entre empresas y entre interesados.

Actualmente la capacidad de disponer de sistemas tecnológicos y de intercambio de datos en las empresas no supone una gran dificultad y esto favorece la implementación de este tipo de sistemas. Los beneficios desde una perspectiva digital y económica se presentan a continuación:

- Permitir a los trabajadores ejecutar otras tareas que añadan valor a la empresa.
- Facilitar a los empleados con una herramienta que les ayude a ser más productivos.
- Permitir a las empresas mejorar la eficiencia de sus operaciones internas.
- Aumentar el rendimiento económico como consecuencia de automatizar tareas rutinarias.
- Ayudar a las autoridades gubernamentales a simplificar transacciones rutinarias y costosas.

La mayoría de los Port Community Systems analizados hacen uso de tecnología de **intercambio electrónico de datos** (EDI) y se podrían englobar en la categoría de beneficios económicos-digitales aportando una serie de ventajas que se presentan a continuación: **Intercambio de información** de forma más **rápida** y **segura**. **Reducción** de los **plazos** de entrega, como consecuencia de la ventaja anteriormente citada. **Disminución** de **costes** debido a la reducción de trámites documentales y errores en los mismos. **Facilidad** para compartir y **localizar** los datos y **documentos**. Otros beneficios indirectos analizados son: disminuir el coste de acceso a la información y a la comunicación, ingresos extra para agencias gubernamentales por la aplicación de tasas, tributación correcta y prevención de actividades ilícitas y de contrabando.

Los **beneficios** asociados a pertenecer a la **comunidad logística** difieren dependiendo del agente involucrado, debido a los diferentes intereses y funciones que desempeña cada uno, por lo tanto, es necesario entender la relación existente entre los mismos para poder alcanzar el máximo beneficio común de la comunidad logística y el puerto. Una de las ventajas más significativas que derivan de la aplicación del PCS es la posibilidad de introducir la información en el sistema de una sola vez y que esta sea accesible para cada participante que tenga verificado el acceso a la información. En términos de visibilidad, disponer de una plataforma correctamente estructurada reduce la opacidad del puerto y por lo tanto el acceso a la información, que se identifica como un elemento de gran importancia y valor para las partes interesadas. Principalmente se identifican tres categorías que derivan de la integración de los agentes logísticos involucrados en la comunidad: Disminución de costes y aumento de la productividad al permitirle poder especializarse en su área de conocimiento. Aumentar la calidad del servicio y mejorar los servicios de valor añadido al cliente. Y por último mejorar la posición competitiva de la empresa y lograr una mayor visibilidad de sus principales actividades.

BENEFICIO	DEFINICIÓN	MÉTODO
Reducción coste de acceso a la información	Acceso a la información de manera más eficiente. Se reduce el esfuerzo en la búsqueda de datos.	Valor del tiempo y trabajo ahorrado
Reducción costes de las comunicaciones	Las compañías pueden enviar la información de manera más eficiente. Se reduce el esfuerzo en la búsqueda de datos	Costes incurridos con forma de comunicación anterior
Ingresos extra (autoridad o gobierno)	Las tasas por el uso del PCS se considerarán razonables cuando sean menores que el costo de tareas relacionadas con el fax, carburante y tiempo dedicado	Valor de facturación/recaudación
Tributación (imp/fiscalidad) correcta	El sistema puede contrastar los datos recibidos de las compañías navieras detectando inconsistencias. Además, el fraude fiscal y contrabando puede ser eludido con mayor facilidad	Diferencia en las recaudaciones tributarias (pasado - presente)

Prevenir transacciones ilegales	Las actividades ilegales relacionadas con el personal portuario se pueden evitar con tecnología.	Reducción del porcentaje de transacciones ilegales
Reducir la tasa de errores	Los errores debidos al factor humano son eliminados	Tiempo y esfuerzo consumido en resolver errores
Acceso rápido a la información	El tiempo de acceso a la información es menor debido a la implementación de plataformas electrónicas.	Medida del incremento de actividades realizadas
Uso eficiente de recursos	La infraestructura de los actores se usa de forma más eficiente	Mejor uso de las capacidades del equipamiento.

Tabla 9. Beneficios económico-digitales por aplicación del PCS (46)

BENEFICIO	DEFINICIÓN	MÉTODO
Aumento del acceso a la información	Más información sobre las tareas a realizar en cualquier nivel de la cadena de suministro	Ahorro en costos de la información
Servicios de valor añadido	Establecer colaboraciones entre miembros de la comunidad es más sencillo	Ingresos procedentes de VAS a través de PCS
Cumplimiento de los estándares comunidad	Los datos y mensajes estandarizados están mejor estructurados para el uso de todos los actores interesados	Menos inversiones necesarias para el crecimiento del negocio

Tabla 10. Beneficios a la comunidad por aplicación del PCS (46)

La autoridad portuaria aparece como una de las partes fundamentales en la gestión del puerto y se verá beneficiada en diferentes aspectos como la facilitación en la coordinación de las actividades portuarias debido a la mejora en la visibilidad, comunicación y transparencia, un mayor control sobre las operaciones del puerto y las actividades de los estibadores, así como ayudar a establecer una base de datos precisa para desarrollar planes estratégicos, previsiones para futuras operaciones y facilitar la toma de decisiones.

Por último, se identifican los beneficios referentes a los agentes marítimos y transitarios, los cuales gestionan un gran número de documentos e interactúan con agentes de otros puertos para organizar las transacciones de importaciones y exportaciones. Los beneficios obtenidos son una organización del trabajo más rápida y eficaz además de una reducción en **los costes y el tiempo** necesario para la **tramitación de la documentación** necesaria en los procesos logísticos y portuarios.

No solo los actores de la cadena logística se verán beneficiados, el cliente último verá reducido el tiempo de llegada de los productos, ya que se agiliza la disponibilidad de la mercancía (procesos JIT- Just In Time). A la vez obtendrá una **mayor visibilidad y transparencia** al obtener la información en tiempo real sobre el estado del producto dentro de la cadena de suministro.

Debido a la **reducción de costes y de tiempo** en la tramitación de solicitudes, se conseguirá una reducción de la contaminación ambiental.

En conclusión, todos los actores que intervienen en la cadena de suministro y control del proceso se verán beneficiados con el nuevo sistema. Además de beneficiarse de otros servicios de valor añadido (VAS). Además, conviene subrayar que la experiencia ha demostrado que los países

atractivos para la inversión extranjera (y nacional) e impulsores del comercio exterior, tienen mayor crecimiento económico.

Principalmente, los beneficios principales asociados al PCS serán los siguientes:

- Mayor **control** sobre la **mercancía**. Reduce el tráfico de mercancía ilegal. Mejora de la información relativa al movimiento de mercancías para estimaciones de mercado.
- Aumento de la **seguridad** en la zona portuaria.
- Incrementar la **capacidad de operaciones** (en número buques y contenedores) (al reducir el tiempo de atraque de buques y mejorando la gestión de entradas y salidas)
- Incrementar la **posición estratégica** del puerto (mejorar calidad del servicio a través de transparencia y visibilidad de las operaciones)
- Mejorar la **competitividad internacional** del puerto (Menores costes de operación)



Figura 34. Beneficios y Tecnologías en PCS (elaboración propia)

7.4 Impacto Medioambiental

El incremento de la concienciación ambiental de la sociedad obliga a cumplir con una gestión ambiental efectiva, esencial para que las partes interesadas muestren su apoyo a las operaciones y a los desarrollos portuarios cumplidores con estas tendencias puesto que el impacto ambiental de los puertos es importante. La Ley 33/2010 recoge como un aspecto clave del nuevo marco legal de los puertos, la componente ambiental que ha de impregnar toda actividad portuaria, tanto la que se refiere a las infraestructuras e instalaciones, como a la prestación de los servicios portuarios. En 2017, los países miembros de la Unión europea votaron a favor de la inclusión de las emisiones de CO2 de la industria naviera en el Esquema de Comercio de Emisiones (ETS) y estableció el fondo climático marítimo (47).

Las plataformas PCS analizadas incluyen un Cuadro de Mando Ambiental, para de esta forma medir la huella carbono en el entorno portuario y en cada intervalo de la logística intermodal gracias a la trazabilidad de la mercancía, convirtiéndose en una herramienta más en la mitigación del cambio climático y el desarrollo sostenible, proporcionando además un valor añadido adicional al considerar otros contaminantes primarios, tales como NOx, CO, COV y PM. De esta forma se dispone de información sobre la evolución de los agentes contaminantes como consecuencia de la optimización de operaciones portuarias, pudiendo cuantificar los beneficios asociados a la implementación de la plataforma PCS.

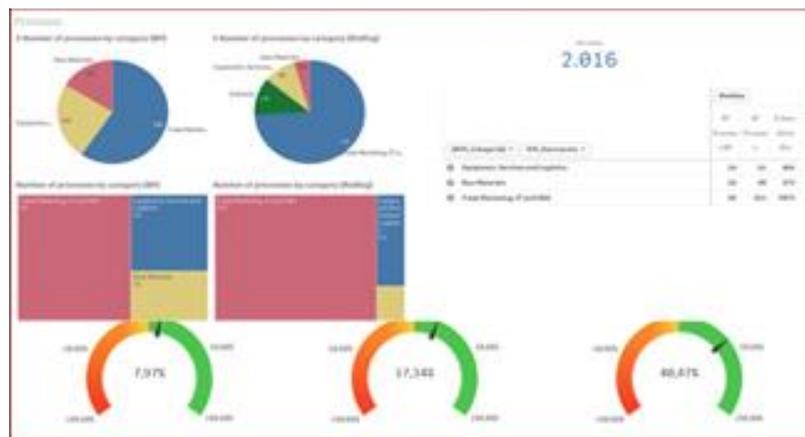


Gráfico 5. Cuadro de Mando Ambiental del PCS (fuente: fullstep)

8. Conclusiones y Extensiones

8.1 Conclusiones

A continuación, se presentan de forma esquemática las principales conclusiones para alcanzar la implantación de la plataforma Port Community System de forma exitosa en base a la información presentada en los apartados anteriores. En primer lugar, se introducen las conclusiones relativas a la parte organizativa del PCS, incluyendo la estructura, mantenimiento y recomendaciones de aplicación, para continuar con las principales ventajas a nivel técnico de la solución planteada en el proyecto, con respecto a las soluciones disponibles en el mercado actualmente.

- **Conclusiones de Organización.**

1. *Con el objetivo de obtener apoyo para la aplicación del proyecto PCS es muy importante identificar un problema concreto y significativo que debe ser considerado como urgente por las diferentes partes involucradas en la comunidad logístico portuaria, consiguiendo de esta forma la colaboración activa de todos los miembros presentes en la Comunidad Logístico Portuaria.*

Para lograr el desarrollo satisfactorio del proyecto PCS se debe colaborar estrechamente con los usuarios de la comunidad logística e invertir recursos para promocionar y difundir los diferentes beneficios asociados a la aplicación del sistema. Promocionando a su vez el sistema de diferentes formas (económica, legislativa y temporal).

El desarrollo de un proyecto de PCS debe ser diseñado para satisfacer las necesidades y requerimientos de las PYMES, debido a que son los miembros de la comunidad más numerosos y con mayores limitaciones tanto técnicas, como financiera.

Está demostrado que el apoyo del gobierno para incentivar la infraestructura técnica y programas de formación para mejorar capacidades "Know how" de los potenciales usuarios mejora la probabilidad de éxito en la aplicación de la plataforma tecnológica.

Otro método usado por los gobiernos para implementar dichos sistemas es hacerlo secuencialmente y con una fecha límite de obligado cumplimiento, de esta forma cada parte involucrada puede planificar mejor cuando adoptará el sistema en su empresa.

2. *Es de suma importancia diseñar cuidadosamente la arquitectura del sistema para equilibrar las capacidades a nivel tecnológico de los diferentes miembros de la comunidad logística, evitando de esta forma crear barreras a la implementación del sistema, además de estudiar el ámbito cultural y social que rodea al puerto. Por lo tanto, la arquitectura del sistema deberá reflejar el contexto organizativo de la Comunidad logística Portuaria.*

La seguridad y fiabilidad en el sistema es considerado como un aspecto de mayor importancia que el relativo al coste de aplicación, por lo tanto, conviene aplicar medidas que garanticen la seguridad y protección de los datos contenidos en la plataforma, así como al realizar el intercambio electrónico de datos entre los usuarios.

Los aspectos relacionados con el comercio electrónico entre los miembros de la comunidad portuaria deben asegurar un alto grado de seguridad, de modo que se eviten filtraciones de datos a terceros o se produzcan situaciones que hagan empeorar la competitividad. Para llevar a cabo estos aspectos, será necesario analizar exhaustivamente y desarrollar nuevos modelos de negocio adaptados a la citada problemática.

3. *Uno de los factores que cobra mayor importancia para establecer con éxito la plataforma, es usar un sistema modular en la estrategia de aplicación, en la cual cada etapa tenga los objetivos*

claramente definidos y se obtengan los beneficios buscados de forma rápida y efectiva para los diferentes miembros de la comunidad logística portuaria.

4. Merece especial atención la importancia de mantener y actualizar de forma continua la plataforma tecnológica con el fin de satisfacer los diferentes cambios y transformaciones que rodean a las diferentes prácticas de negocio en el sector logístico y portuario a nivel internacional.

La capacidad y rapidez del PCS para evolucionar y crecer con el fin de aprovechar las oportunidades emergentes permite el éxito continuo del sistema y de sus usuarios y se identifica como factores clave a la hora de mantener la competitividad de la comunidad logístico portuaria.

Buenas Prácticas para aplicar PCS.

Etapa	Buena Práctica	Ejemplos
1. Inicio del proyecto	Identificar un problema urgente para la CLP ayudará a conseguir colaboración	Port Infolink, FIRST
2. Análisis y diseño del sistema	La arquitectura del sistema debe reflejar el contexto organizativo de la CLP.	Synchron8, Portnet, Tradenet, ValenciaPortPCS
3. Implantación y adopción	Un sistema modular ayuda a la estrategia implantación	Dakosy, Seagha, Port Infolink
4. Mantenimiento y aplicación de mejoras	La capacidad del PCS para evolucionar con el fin de aprovechar las oportunidades emergentes permite el éxito continuo del sistema y de sus usuarios.	Secure Logistics, Port Infolink, Soget, 1-Stop

Tabla 11. Buenas prácticas recomendadas en PCS (Fuente: elaboración propia)

Recomendaciones para aplicar PCS.

Corto alcance	Largo alcance
Tener en cuenta que cada puerto es diferente, no existen soluciones universales o estandarizadas.	Buscar alianzas con actores influyentes (Los clientes son la clave)
Fijar un punto de referencia, con objetivos claramente marcados	Formar a la comunidad
Crear equipos de trabajo específicos para las diferentes soluciones que brinda el sistema	Hacer hincapié en importadores y exportadores
Comenzar con casos de estudios referentes al proyecto	Formar un consorcio de empresas específicas del sector de las tecnologías de la información
	Explorar beneficios extendidos
	Desarrollar aplicación web o en la nube

Tabla 12. Recomendaciones a corto y largo alcance para el PCS (fuente: elaboración propia)

- Conclusiones técnicas

Las principales ventajas que comportan los resultados del proyecto DIGITAL PORT en comparación con las carencias que ofrecen los productos y metodologías existentes en el mercado actual se enumeran en la tabla siguiente:

<u>CARENCIAS</u> (Mercado actual)	<u>VENTAJAS</u> (Proyecto PCS)
<ul style="list-style-type: none"> • Software propietario y de elevado coste 	<ul style="list-style-type: none"> • Software libre y accesible, de bajo coste
<ul style="list-style-type: none"> • Disgregación de la información 	<ul style="list-style-type: none"> • Modelado de datos para la
<ul style="list-style-type: none"> • Los Port Community Systems en la actualidad optimizan los procesos internos al puerto, sin tener en cuenta la ciudad 	<ul style="list-style-type: none"> • La plataforma PCS crea una solución eficiente de forma que la integración puerto-ciudad es total, creando una simbiosis perfecta entre los ciudadanos y el puerto
<ul style="list-style-type: none"> • Soluciones de Smart Port y Smart City desagregadas 	<ul style="list-style-type: none"> • Solución Smart Port con Open Data para la integración dentro de la Smart Community
<ul style="list-style-type: none"> • Sistema de gestión de datos electrónicos centralizado, opaco e inseguro 	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema de gestión de datos electrónicos construido sobre Blockchain lo cual aporta transparencia, seguridad y trazabilidad
<ul style="list-style-type: none"> • Mantenimiento 	<ul style="list-style-type: none"> • Mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo
<ul style="list-style-type: none"> • Infraestructura de comunicaciones tradicional 	<ul style="list-style-type: none"> • Infraestructura de comunicaciones segura, con identificación unívoca de sensores mediante firma de nivel hardware y gestión en Blockchain
<ul style="list-style-type: none"> • Sistema de gestión de turnos FIFO. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema inteligente para la reserva de citas y turnos, evitando colas de camiones.
<ul style="list-style-type: none"> • Opacidad con respecto a los datos y gestión del puerto 	<ul style="list-style-type: none"> • Open Data para la apertura del puerto a la ciudad

Tabla 13. Ventajas del proyecto PCS respecto al mercado actual

La tabla a continuación muestra una comparativa entre los productos existentes en el mercado actual y algunos de los productos prototipos que surgirán del presente proyecto, indicando las ventajas que presentan los mismos.

Producto de la competencia	Propietario	Producto que surgirá del proyecto	Ventajas
SOFIA2	INDRA	Plataforma digital para la gestión de los servicios logísticos, abarcando las interfaces Mar-Puerto, de gestión portuaria y la interfaz terrestre.	Al ofrecer una solución integral para la optimización de los procesos y actividades portuarias, se ofrece una infraestructura un nivel superior a las actuales, posibilitando la interacción y paralelización de los mismos, además de tener siempre
ECOCITYS	SICE		
IOC	IBM		

Smart City Platform Solution	Oracle		presente la integración del puerto en la ciudad gracias al Open Data.
VLCi	Telefónica		
Portnet	Portnet S.A.	Sistema paperless centralizado para cadenas logísticas.	Sistema paperless descentralizado, construido sobre Blockchain garantizando la seguridad, aumentando la transparencia, fiabilidad y trazabilidad.
Portel	Portel Servicios Telemáticos S.A.		
SERVIPORT	Serviport S.L.		
INFOPORT	Infoport Valencia S.A.		

Tabla 14. Comparativa de productos existentes

8.2 Extensiones

A continuación, se plantean posibles extensiones del presente proyecto, dotándolo de continuidad con el objetivo principal de ofrecer una mejora continua de las soluciones propuestas.

- ***Evaluación de los resultados***

Tras concluir la experimentación, se analizarán pormenorizadamente todos los resultados obtenidos, y en base a ello se elaborará un informe de evaluación de resultados que describirá la fiabilidad de los resultados obtenidos, la usabilidad de los servicios y soluciones desplegados, la capacidad de la plataforma para adaptarse al entorno portuario, la gestión inteligente de la información en función de cada tipo de usuario o actor de la cadena logística y en general el comportamiento de la plataforma, la idoneidad de los servicios y soluciones ofrecidas y el grado de consecución de los objetivos marcados al inicio del proyecto. De este modo se tendrá una imagen totalmente nítida del funcionamiento de la plataforma PCS, que permitirá identificar los factores más relevantes que afectan a su comportamiento y cuantificar sus niveles de afección, y con ello iniciar el proceso de puesta a punto con objeto de pasar a una posterior fase de comercialización.

- ***Generación de modelos de negocio para cadenas logísticas***

Una de las problemáticas de las cadenas de exportación es el hecho del gran esfuerzo estructural necesario a largo plazo para mejorar el desarrollo competitivo de los productores, empresas e instituciones locales, donde el mayor número de ellas no dispone de recursos para definir y poner en marcha modelos de negocio enfocados hacia la exportación de sus productos.

Otra de las problemáticas viene asociada al reparto de los márgenes en el segmento de exportaciones, donde coexisten diversos actores como proveedores con alto grado de negociación (intermediarios) y cliente con bajo poder de negociación (a nivel productor), lo que es una barrera para pequeños productores (agricultores y cooperativas), sumado a la desinformación del destino final de los productos. El bajo volumen individual de producción de pequeños productores o fabricantes dificulta también su enfoque exportador, además de las dificultades de aplicar tecnologías para incrementar la eficiencia de los procesos de la cadena logística, crítico en la cadena de frío, donde es fundamental mantener la cadena de frío sin roturas.

Así, la última de las tareas del proyecto, sería analizar los resultados obtenidos para definir y diseñar modelos de negocio para cadenas logísticas que utilicen como palanca de exportación las soluciones ofrecidas por la plataforma PCS, enfocado especialmente a pequeños actores de la cadena y fomentar clústeres de exportación.

Los resultados de la presente tarea serán claves para la evolución de PCS y su customización posterior para un enfoque eminentemente hacia mercado, de forma que se establezca una línea de valor añadido para potenciales usuarios de la cadena logística que visualicen las mejoras hacia exportación que puede proporcionarles el PCS, como puede ser la trazabilidad de sus productos, el establecimiento de nuevas relaciones y alianzas con otros actores de la cadena como la comercialización de espacios de carga disponibles para exportar, optimizando la logística con un fortalecimiento organizativo, etc. Además, otro valor añadido para potenciales compradores extranjeros de productos de alta calidad o sostenibles con el medio ambiente, es que PCS ofrece herramientas para verificar el origen de sus productos de una forma fiable, incluyendo el contacto directo e información inequívoca de parámetros de calidad, no rotura de la cadena de frío, etc., lo que permitirá fidelizar clientes que buscan productos muy específicos y con características especiales.

9. Referencias Bibliográficas

1. **COTEC**. *La Reinención Digital: Una Oportunidad para España*. s.l. : McKinsey, 2017.
2. *Cadena de suministro y Logística*. **Galiana, José Luis**. s.l. : Cds, 6/3/2013.
3. **Molins, Alejandro**. *Logística internacional EOI*. 2011.
4. **Gizloga**. *La cadena logística. Procesos, regulación agentes y equipamientos logísticos*. 2008.
5. **Forwarding, DHL Global**. *Dhl Global freight market* . agosto 2017.
6. **Dhl Supply Chain**. [En línea] febrero de 2017.
http://www.dhl.com/en/press/releases/releases_2017/all/logistics/dhl_supply_chain_makes_mart_glasses_new_standard_in_logistics.html.
7. **icontainers**. [En línea] <http://www.icontainers.com/es/2017/03/22/las-nuevas-alianzas-navieras-lo-necesitas-saber/>.
8. *Transporte por carretera - Un cambio de rumbo*. **Europea, Comisión**.
9. *Transporte y Logística Internacional*. **Gonzalez, Pablo Dorta**. 2013.
10. *Diseño y Análisis de un Sistema de Citas para el Arribo de Transporte terrestre a una terminal portuaria*. **Taciana Pamela Pérez Osorio, Adrián Ramírez Nafarrate**. 2014.
11. **Ministerio de Fomento**. Puertos del Estado. [En línea] <http://www.puertos.es/>.
12. *Puertos de cuarta generación*. **Milan, Pablo Coto**.
13. **FinTech**. [En línea] marzo de 2017. <https://www.fin-tech.es/2017/03/ibm-y-maersk-blockchain-transporte-maritimo.html>.
14. **Maritimo, Mundo**. [En línea] mayo de 2017. <https://www.mundomaritimo.cl/noticias/que-es-el-big-data-y-por-que-la-industria-naviera-lo-necesita>.
15. **Puertos y navieras**. [En línea] 2015.
<http://www.puertosynavieras.es/noticias.php/%C2%BFPuede-utilizarse-el-RFID-como-un-est%C3%A1ndar-para-la-identificaci%C3%B3n-del-contenedor-mar%C3%ADtimo?-cl./60696>.
16. **Sanchez**. *Guía gestión cadenas logísticas portuarias*. [aut. libro] CEPAL. 2015.
17. **IPCSA**. International Port Community Systems Association. [En línea] <http://ipcsa.international/pcs>.
18. **Agencia Tributaria**. [En línea] febrero de 2016.
https://www.agenciatributaria.es/AEAT.internet/Inicio/La_Agencia_Tributaria/Sala_de_prensa/Notas_de_prensa/2016/La_puesta_en_marcha_de_la_Ventanilla_Unica_Aduanera_permitira_una_mayor_efectividad_y_ahorro_de_costes_en_el_ambito_del_comercio_exterior.shtml.
19. *Promoting information exchange with a PCS*. **Posti Häkkinen, Hyle**. University of Turku : Centre for Maritime Studies, 2010.
20. *A study on adoption of PCS according to organization size*. **Choi, Hyung Rim**. 2008.
21. *IT Adoption in Small and Medium-sized Enterprises*. **Beije, van Baalen &**.
22. *Trust and organizational Learning*. **Edmonson, Moingeon B. & A**. s.l. : Lazaric and Lorenz.
23. *Comparison of Singapore and USA Sea Cargo Container Export Processes*. **Erera, A., K-H Kwek, N. Goswami, C. White & H.W. Zhang**. s.l. : the Logistics Institute.
24. *Hub to Higher Performance? An Internet Hub for the Vos Logistics Supply Chain*. **van Hillegersberg J., J.C. Tseng, R. Zuidwijk, J.A.E.E van Nunen**. 1, s.l. : International Journal of Advanced Manufacturing Systems, 2006, Vol. 9.

25. AENOR. *UNE 178104:2017. Sistemas Integrales de Gestión de la Ciudad Inteligente. Requisitos de Interoperabilidad para una Plataforma de Ciudad Inteligente.* 2017.
26. *The Adoption and Impact of PCS.* E. van Heck, and P.M. Ribbers. Proceedings of the 32nd Hawaii International Conference on System Sciences : s.n., 2008.
27. *The influence of EDI adoption over its perceived benefits.* J. Jimenez-Martinez, y Y. Polo-Redondo. 1, s.l. : Technovation, 2004, Vol. 24.
28. *Ec2ce-IA-Big data.* Ruiz, Maria. s.l. : idescribre, 2018.
29. Pablo Coto. *Puertos de Cuarta Generación.* Milán : s.n., 2017.
30. Fin-Tech. IBM y Maersk - Blockchain transporte marítimo. [En línea] 2017. <https://www.fin-tech.es/2017/03/ibm-y-maersk-blockchain-transporte-maritimo.html>.
31. Port of Rotterdam. *Port Vision 2030.* 2015.
32. Puerto de Algeciras. *Algeciras Port Strategic Plan 2020.* 2016.
33. Comisión Europea. *Paquete de Medidas sobre Clima y Energía hasta 2020.* 2016.
34. *Security Issues in Internet of Things.* Srikanth Kamath, Suvashi Pandev, Tanisha Kar. 2017.
35. *Implementation of Virtual Sensors for Building a Sensor-Cloud Environment.* A. Gupta, N. Mukherjee. Bangalore : s.n., 2016. 8th International Conference on Communication Systems and Networks (COMSNETS).
36. Indra. *Valencia Port - Transforming Transport Pilots.* 2017.
37. World Economic Forum. *Industrial Internet of Things: Unleashing the Potencial of Connected Products and Services.* 2015.
38. COTRAPORT. Cadena de Suministro. [En línea] 2018. <http://www.cadenadesuministro.es/noticias/cotraport-exige-medidas-urgentes-al-puerto-de-barcelona-para-evitar-las-colas-de-camiones-en-las-terminales/>.
39. Organización Marítima Internacional. Verificación de la Masa Bruta de un Contenedor Lleno. [En línea] <http://www.imo.org/es/OurWork/Safety/Cargoes/Containers/Paginas/Verification-of-the-gross-mass.aspx>.
40. IBM. The Blockchain Impact: How It Will Change Your B2B Network. [En línea] 2017. https://www.ibm.com/blogs/watson-customer-engagement/2017/06/19/blockchains-impact-b2b-networks/#_ftn1.
41. *Towards a Common Reference Framework for Traceability in the Food Supply Chain.* Dora Lucía Rincón, Johan Esteban Fonseca Ramirez, Javier Arturo Orjuela Castro. 2017.
42. *Informe sobre el Transporte Marítimo.* ONU. 2016.
43. *A Business Model Design for the Strategic and Operational Knowledge Management of a Port Community.* Córdova, F., & Durán, C. 2014.
44. *A study on quantitative benefits of port community systems.* *Maritime Policy & Management.* Aydogdu, Y. V., & Aksoy, S. 2013.
45. *The economic impact of e-Business in seaport systems.* Čišić, D., Perić Hadžić, A., & Tijan, E. 2009, Vol. V.
46. *Port Community Systems costs and benefits: from competition to collaboration within the supply chain.* Valentin Carlan, Christa Sys, Thierry Vanelslander. 2016.
47. Organisations, European Seaports. *Annual Report 2016-2017.*
48. Port. *fhdhf.* 2009.

49. El Blog de OnTruck. [En línea] <https://ontruck.com/blog/2017/04/11/ventajas-y-desventajas-del-transporte-por-carretera/>.
50. Port, Valencia. [En línea] <http://www.fundacion.valenciaport.com/Schedule-news/News/El-cluster-portuario-de-Valenciaport-liderado-por-.aspx>.
51. Comisión Europea. *COM 2011 (144) - LIBRO BLANCO Hoja de ruta hacia un espacio único europeo de transporte: por una política de transportes competitiva y sostenible*. 2011.
52. Parlamento Europeo y del Consejo. *Reglamento nº 1315/2013 sobre las orientaciones de la Unión para el desarrollo de la Red Transeuropea de Transporte*. 2013.
53. —. *Directiva 2014/94/UE relativa a la implantación de una infraestructura para los combustibles alternativos*. 2014.
54. —. *Directiva 2010/40/UE por la que se establece el marco para la implantación de los sistemas de transporte inteligentes en el sector del transporte por carretera y para las interfaces con otros modos de transporte*. 2010.
55. *A Study on Adoption of Port Community Systems According to Organization Size*. Yavuz Keceli, Hyung Rim Choi, Yoon Sook-Cha, Y. Volkan Aydogdu. 2017.
56. Taylor & Francis Group. *Statistical and Machine-Learning Data Mining - Techniques for Better Predictive Modeling and Analysis of Big Data*. 2017.
57. IPCSA. *How to Develop a Port Community System*. 2016.
58. AENOR. *UNE 178402:2015. Ciudades Inteligentes. Gestión de Servicios Básicos y Suministro de Agua y Energía Eléctrica en Puertos Inteligentes*. 2015.
59. International Chamber of Commerce. *Guía ICC para el Transporte y las Reglas INCOTERMS*. 2010.
60. Naciones Unidas. *UN/EDIFACT. Electronic Data Interchange for Administration, Commerce and Transport*. 1997.
61. Mik Kersten. A Cambrian Explosion of DevOps Tools. *IEEE Software*. 2018, Vol. 35, 2.
62. Jae-young Ahn, Jun Seob Lee, Hyoung Jun Kim, Dae Joon Hwang. Smart City Interoperability Framework based on City Infrastructure Model and Service Prioritization. *IEEE Xplore*. 2016.

10. Índice de Tablas

Tabla 1.	Ventajas e inconvenientes del transporte marítimo	18
Tabla 2.	Ventajas e inconvenientes del transporte por carretera (9)	20
Tabla 3.	Compañías gestoras de terminales y facturación en m€ (Elaboración propia AliLogistics)	22
Tabla 4.	PCS analizados a nivel internacional	52
Tabla 5.	Tabla estándares Intercambio de información (EDI), Transporte por carretera.	71
Tabla 6.	Costes de consultoría e implementación de plataformas PCS	102
Tabla 7.	Cuadro de mando integral (fuente: Desempeño portuario de UNCTAD)	108
Tabla 8.	Indicadores de referencia (fuente: Gestión portuaria UNCTAD)	109
Tabla 9.	Beneficios económico-digitales por aplicación del PCS (46).....	112
Tabla 10.	Beneficios a la comunidad por aplicación del PCS (46).....	112
Tabla 11.	Buenas prácticas recomendadas en PCS (Fuente: elaboración propia)	116
Tabla 12.	Recomendaciones a corto y largo alcance para el PCS (fuente: elaboración propia).....	116
Tabla 13.	Ventajas del proyecto PCS respecto al mercado actual.....	117
Tabla 14.	Comparativa de productos existentes	118

11. Índice de Gráficos

Gráfico 1.	Índice de Conectividad Marítima (elaboración propia en base a UNCTAD)	104
Gráfico 2.	Trafico anual de contenedores (elaboración propia en base a UNCTAD).....	105
Gráfico 3.	Porcentaje de contenedores vacíos en puerto (elaboración propia en base a AP)	106
Gráfico 4.	Truck turn time portuario (elaboración propia en base a AP)	106
Gráfico 5.	Cuadro de Mando Ambiental del PCS (fuente: fullstep)	114

12. Índice de Figuras

Figura 1.	Incoterms (Comercio y aduanas)	16
Figura 2.	Etapas en logística internacional (Herbert Figueroa 2013)	17
Figura 3.	Demanda mundial y crecimiento estimación 2017-2021 (6).....	19
Figura 4.	Fusiones y adquisiciones de navieras (6)	19
Figura 5.	Alianzas entre principales navieras (6)	19
Figura 6.	Reparto modal del transporte de mercancía en Europa (Eurostat)	20
Figura 7.	Calidad de las infraestructuras portuarias en España (1- extremadamente subdesarrollado, 7 – extremadamente desarrollado) (Fuente: data.worldbank.org/indicador)	23
Figura 8.	Digitalización en España	23
Figura 9.	Innovaciones futuras en el sector logístico (6).....	25
Figura 10.	Smart Container RFID (Fraunhofer)	26
Figura 11.	Fases de implementación de CLP. (fuente: elaboración propia).....	29
Figura 12.	Cadena de valor de M. Porter	30
Figura 13.	Relación establecida entre actores por el PCS (fuente. ValenciaportPCS)	38
Figura 14.	Esquema de comunicación pre y post- PCS (fuente: Uninorte).....	39
Figura 15.	Las 4 etapas de implantación. (fuente: elaboración propia)	53
Figura 16.	Esquema general de módulos portuarios	63
Figura 17.	Esquema arquitectura cloud.....	64
Figura 18.	Esquema de elementos de la plataforma integradora de IoT basada en FIWARE	66
Figura 19.	Proceso de envío de registro con tecnología EDI. (fuente: elaboración propia)	70
Figura 20.	Subtareas del desarrollo del sistema predictivo	74
Figura 21.	Tipos de contenedores.....	76
Figura 22.	Esquema funcional de cargas de compensación	78
Figura 23.	Esquema de GMAO-Port: Mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo.....	82

Figura 24.	<i>Elementos con potencial de simulación de la operativa de una terminal contenedores</i>	83
Figura 25.	<i>Ejemplo de modelo de simulación basado en eventos discretos</i>	83
Figura 26.	<i>Ejemplo de dashboard portuario</i>	84
Figura 27.	<i>Esquema general del módulo de entornamiento en estándar RIEN a diseñar</i>	86
Figura 28.	<i>Procesos de entrada/ salida de vehículos de terminal para proceso de entornamiento</i>	87
Figura 29.	<i>Ejemplo de estadísticas manejadas actualmente en entrada a terminal portuaria</i>	88
Figura 30.	<i>Arquitectura a nivel de sistema de la arquitectura propuesta</i>	88
Figura 31.	<i>Esquema general de integración</i>	91
Figura 32.	<i>Blockchain en logística portuaria (Fuente: Proyecto SmartPort)</i>	93
Figura 33.	<i>Ficha para indicador “truck turn time” (fuente: CIP)</i>	107
Figura 34.	<i>Beneficios y Tecnologías en PCS (elaboración propia)</i>	113

13. Acrónimos

3D	Tres dimensiones
3PL	Third Party Logistics
AP	Autoridad Portuaria
APBA	Autoridad Portuaria de la Bahía de Algeciras
API	Interfaz de Programación de Aplicaciones
AT	Tiempos Actuales
BDL	Blockless Distributed Ledger
BI	Business Intelligence
BIM	Building Information Modeling
CEP	Gestión de Eventos Complejos
CLP	Comunidad Logística portuaria
DLT	Distributed Ledger Technologies
EDI	Electronic Data Interchange
ET	Tiempos Estimados
ETS	Esquema de Comercio de Emisiones
FEU	Contenedor de 40'
GEI	Grupo de Excelencia Internacional
GIE	Grupo de Ingeniería Electrónica
GIS	Sistema de Información Geográfica
H2020	Horizon 2020
IFC	Industry Foundation Classes
IA	Inteligencia Artificial
IoE	Internet of Everything
IoT	Internet of Things
IR	Infrarrojos
KPI	Key Performance Indicators
LogInv	Logística Inversa
OGC	Open Geospatial Consortium
PCS	PORT Community System
PYME	Pequeña y Mediana Empresa
RIEN	Reporte de Información de Enturnamiento
TEU	Contenedor de 20'
TIC	Tecnologías de la Información y las Comunicaciones
UNCTAD	Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo
ZAL	Zona de Actividad Logística

