

MASTER EN GESTIÓN PORTUARIA Y TRANSPORTE INTERMODAL

Nuevas tecnologías en los puertos del futuro

Pablo Giménez Salazar

Director: José García de la Guía

Promoción 2016-2017

15 de diciembre 2017

Resumen

En un mundo cada vez más competitivo y globalizado, los puertos españoles deben conseguir mejorar la eficiencia en sus procesos para ser más productivos y poder competir con otros puertos que tienen ventajas por su posición geográfica, salarios más bajos o interés político.

Para lograr ese objetivo, los puertos deben sufrir una transformación digital y convertirse en puertos 4.0. Para ello, todos los elementos de cada una de las empresas que los componen deben estar monitorizados en tiempo real, siguiendo el paradigma de Internet of Things.

Además, en un entorno cada vez más global, se hace más necesario el intercambio de datos con otras empresas del sector para poder ofrecer nuevos o mejores servicios. Pero la interoperabilidad entre los distintos sistemas, muchos de ellos propietarios, puede ser difícil de alcanzar. Por tanto, es necesaria una arquitectura y unas herramientas, que faciliten dicho intercambio con cualquier organización.

La disponibilidad de multitud de datos, ya sean propios, o publicados por otras empresas, permite realizar análisis para mejorar la optimización de procesos, o la toma de decisiones. Hacen falta herramientas de Big data que faciliten el almacenamiento, análisis y visualización de los datos de una forma organizada.

La implantación de estas herramientas en los sistemas portuarios los dotaría no solo de una mayor competitividad respecto a otros puertos, sino que también aumentaría su viabilidad y su sostenibilidad creando puertos eficientes y flexibles.

Por todo ello, este trabajo fin de master analiza todos estos aspectos enmarcado en dos proyectos de investigación europeos: INTER-IoT y Transforming Transport. Plantea una arquitectura para un entorno portuario en el que mediante la utilización de las tecnologías de Internet of Things y Big data se pueden mejorar algunos procesos.

Agradecimientos

A los proyectos INTER-IoT (H2020-ICT 30-2015)
y Transforming Transport (H2020- ICT-15-2016-2017)
por apoyar esta investigación.

A todos mis compañeros que ha contribuido a
que estos proyectos se hayan podido realizar.

Índice

Resumen	2
índice	4
lista de figuras	5
acrónimos	6
1. Introducción	8
1.1. Motivación	10
1.2. Objetivos	11
1.3. Organización del trabajo	12
2. Estado del arte	14
2.1. Sistemas tic en un puerto	14
2.2. Tecnologías	16
2.2.1. Internet de las cosas.....	16
2.2.2. Big data	18
3. Arquitectura	22
3.1. Diseño de la arquitectura	22
4. INTER-IoT	26
4.1. Introducción	26
4.2. Objetivos	28
4.3. Arquitectura	29
4.4. Pilotos en el puerto de Valencia	34
4.4.1. Actores involucrados.....	34
4.4.2. Escenarios.....	38
5. Transforming Transport	44
5.1. Introducción	44
5.2. Objetivos	46
5.3. Arquitectura	48
5.4. Pilotos en el puerto de Valencia	52
5.4.1. Optimización de grúas de patio	52
5.4.2. Mantenimiento predictivo del spreader de grúa	54
5.4.3. Dashboard de soporte predictivo para la toma de decisiones en puertos y terminales	57
6. Conclusiones	63
6.1. Trabajo futuro	66
7. Referencias	68

Lista de figuras

Figura 1. Dispositivos IoT instalados e Ingresos en EU 28 2013-2020 [9]	17
Figura 2. Diseño arquitectura de alto nivel en INTER-IoT	23
Figura 3. Vista aérea del puerto de Valencia y la terminal de Noatum.....	24
Figura 4. Esquema abstracto de enfoque INTER-IoT	30
Figura 5. Enfoque orientado a capas INTER-LAYER.....	31
Figura 6. Arquitectura de alto nivel y funcionalidades en INTER-FW	32
Figura 7. Plataforma IoT del puerto e integración	35
Figura 8. Plataforma IoT de la terminal e integración	37
Figura 9. Vista de alto nivel del escenario de control de accesos	39
Figura 10. Vista de alto nivel del escenario de accidente	40
Figura 11. Vista de alto nivel del escenario de iluminación dinámica.....	41
Figura 12. Vista de alto nivel del escenario de detección de rachas de viento.....	42
Figura 13. Representación de la arquitectura Big data.....	49
Figura 14. Patio de Noatum con grúas RTG	52
Figura 15. Spreader de grúa STS	55
Figura 16. Mantenimiento de un spreader.....	55
Figura 17. Ejemplo de un dashboard.....	60
Figura 18. Productos finales de INTER-IoT	64

Acrónimos

IoT	Internet of Things
TIC	Tecnologías de la Información y las Comunicaciones
PCS	Port Community System
AGS	Automatic Gate System
ITS	Intelligent Transport Systems
PMS	Port Management System
TOS	Terminal Operating System
UIT	Unión Internacional de Comunicaciones
IERC	European Research Cluster on the Internet of Things
CE	Comisión Europea
IaaS	Infrastructure as a Service
AIS	Automatic Identification System
RTG	Rubber Tyred Gantry crane
STS	Ship to Shore crane
SOA	Service-Oriented Architecture
EWS	Emergency Warning System
CEP	Complex Event Processor
KPI	Key Performance Indicator
SDN	Software-Defined Networking
SDR	Software Defined Radio
SDF	Software Development Framework
CMF	Configuration and Management Framework

Capítulo 1

Introducción

1. Introducción

En la actualidad, todos los sectores de la economía se encuentran en un proceso de transformación inducido por la necesidad de optimización, debido principalmente a la globalización y la revolución digital. En un mundo cada vez más interconectado los puertos no son una excepción a este fenómeno, por lo que deben mejorar la eficiencia en sus procesos para ser más productivos.

Enmarcado en esta revolución digital se encuentra el concepto industria 4.0, puerto 4.0 o Smart port en el caso del entorno portuario, que busca la automatización de procesos para hacerlos más eficientes y efectivos.

Para poder llevar a cabo ese proceso de mejora, el primer paso es disponer de información precisa de cada uno de los elementos del puerto, ya sean propios o de otras empresas, de forma que te permita conocer en cada momento cuál es su estado. Para ser más eficientes, la información debe ser en tiempo real de forma que se puedan tomar decisiones de forma inmediata, incluso de forma automática.

En la actualidad la mayoría de los sistemas industriales desplegados llevan asociados sistemas de información con sensores que te permiten saber en todo momento el estado de la operación y controlarlo desde un puesto de mando y control. Pero aún existen otros muchos sistemas en los que debe desplegarse una red de sensores para poder gestionarlos de forma adecuada.

Este es el principal objetivo del concepto de Internet de las Cosas (IoT, por sus siglas en inglés, Internet of Things) [1] [2], que hace referencia a la conexión de todo tipo de objetos cotidianos a Internet y la capacidad de comunicarse entre ellos. El objetivo es poder tomar mejores decisiones basadas en los múltiples datos que te proporcionan los objetos. Esta nueva tecnología nos puede aportar multitud de ventajas a nuestra vida cotidiana. El principal beneficio de tener todo conectado es poder acceder en tiempo real y en cualquier momento a toda nuestra información, o datos que nos puedan interesar.

Sin embargo, en el caso de los puertos, al tratarse de infraestructuras con mucha actividad y múltiples empresas, existen una gran variedad de sistemas. Normalmente de distintos fabricantes y tecnologías, por lo que conlleva problemas de interoperabilidad entre los sistemas. Más aún si se trata de intercambiar información con otras empresas (almacenes, depósitos de contenedores, transportistas por carretera, ferrocarriles, aduanas, organismos de protección de fronteras, las terminales portuarias, buques, etc.). Por este motivo se hace necesario algún tipo de sistemas que permita comunicarse y compartir datos entre distintos actores a varios niveles de interoperabilidad.

Además, al tratarse de entorno con infraestructuras críticas, con multitud de sensores desplegados entre varios sistemas, la seguridad es un tema de vital importancia ya que el hecho de tener conectados todos los dispositivos o sistemas hace necesario mejorar los sistemas de seguridad al mismo tiempo.

Una vez dispones de la mayor cantidad de datos posible, se puede empezar a tomar decisiones que permitan mejorar el rendimiento y la productividad. A partir de estos datos se pueden extraer algunas conclusiones de forma inmediata o con muy poco razonamiento, con las que cambiar o mejorar los procesos productivos. No obstante, en un entorno como el que estamos planteando, en el que se obtienen datos de multitud de elementos y con una frecuencia bastante alta, se producen miles de datos por segundo que tienen un gran potencial. Es entonces cuando hacen falta entornos de Big data [3] [4] que te permitan evaluar todos los datos y extraer conclusiones mucho más precisas.

Los puertos son grandes nodos logísticos en los que interactúan gran cantidad de movimientos de transporte simultáneos y por tanto se plantean muchos desafíos donde las tecnologías de Big data pueden proporcionar soluciones factibles.

Este trabajo, se centra en analizar las ventajas competitivas que puede suponer la implantación estas dos nuevas tecnologías (IoT y Big data) en el puerto de Valencia. Para ello se realizarán pruebas con plataformas IoT en entornos de desarrollo, para demostrar los beneficios de dichos sistemas.

Este trabajo fin de master está enmarcado en dos proyectos de investigación europeos directamente relacionados con las tecnologías mencionadas:

- INTER-IoT (Interoperability of Heterogeneous IoT Platforms), para permitir la interoperabilidad a distintos niveles de plataformas IoT heterogéneas. [5]
- TT (Transforming Transport), con la finalidad de aplicar técnicas de Big data para mejorar procesos portuarios. [6]

1.1. Motivación

El trabajo desarrollado durante este trabajo fin de master, ha sido de investigación aplicada, dirigida y enfocada principalmente a la aplicación de nuevas tecnologías en el puerto de Valencia y canalizada a través de dos proyectos de investigación europeos.

Las motivaciones que han llevado a la realización de la presente tesis son las siguientes:

Interoperabilidad

En el entorno portuario y logístico, existen gran variedad de empresas (logísticas, transporte, puertos, almacenes, aduanas, navieras, etc.) que deben interactuar habitualmente para el desarrollo de su negocio. Hoy en día, estas empresas gestionan y operan sus sistemas de información como sistemas aislados, donde solo existe algún intercambio documental.

El poder unificar esos sistemas supondría una mejora considerable en la eficiencia y la productividad de todas las actividades portuarias, pudiendo así ofrecer servicios más competitivos y con un alto grado de eficacia.

Usabilidad

El desarrollo e implantación de nuevos sistemas o procesos en un entorno industrial debe hacerse de la forma que se produzca el mínimo impacto posible para los trabajadores. En

el sector portuario ha existido tradicionalmente cierta reticencia a dichos cambios, por lo que los nuevos sistemas deben ser simples y deben llevarse a cabo teniendo en cuenta las necesidades y opiniones de las personas que finalmente acabarán usándolo.

Eficiencia

El desarrollo del Smart port a partir de los sistemas convencionales y la interoperabilidad entre sistemas, es una gran mejora en la eficiencia y fiabilidad, aunque también implica unos requisitos de seguridad más elevados. La disponibilidad de datos de toda la maquinaria y procesos, permite extraer conclusiones que permitan optimizar dichos procesos, como pueden ser los cuellos de botella. En muchos de estos casos, además se puede conseguir una mejora para el medio ambiente debido a la reducción de emisiones contaminantes, como por ejemplo reduciendo los tiempos en los que una máquina está encendida sin ninguna actividad o reducir los tiempos de cola en los accesos.

Seguridad laboral

Los avances tecnológicos en seguridad en entornos industriales, han evolucionado considerablemente en los últimos años, pero todavía hay riesgos en materia de seguridad de los trabajadores. Con los datos obtenidos de maquinaria y sensores se puede alertar a los trabajadores cuando sucede un accidente o incluso se puede llegar a predecir el comportamiento erróneo de maquinaria antes de que pueda provocar un accidente.

1.2. Objetivos

El objetivo de este trabajo fin de master es estudiar el impacto y la aplicación de alguna de las nuevas tecnologías que existen en la actualidad en entornos portuarios, como son Internet of Things o Big Data. Para ello se va a analizar e implantar plataformas IoT en entornos de prueba en la Autoridad Portuaria de Valencia y una terminal de contenedores, de manera que puedan intercambiar información de manera transparente. Una vez los

sistemas sean capaces de intercambiar datos, se analizarán las ventajas que pueden proporcionar los algoritmos de Big data.

Una breve enumeración de los objetivos que se relacionan con las motivaciones antes mencionadas, son:

- Analizar los distintos sistemas TIC (Tecnologías de la información) en un puerto.
- Analizar las tecnologías de IoT y Big data y su aplicación en entornos portuarios.
- Analizar la aplicación y la usabilidad de las tecnologías IoT y Big Data en casos de uso reales, definidos en los proyectos de investigación relacionados.
- Diseñar y especificar una arquitectura que permita la interoperabilidad entre los distintos sistemas de empresas portuarias y logísticas.
- Mejorar la eficiencia de procesos portuarios mediante técnicas de análisis de datos.

1.3. Organización del trabajo

El trabajo fin de master está estructurado de la siguiente manera:

En este primer capítulo, se introduce la necesidad de este trabajo junto con las motivaciones, y se establecen unos objetivos.

En el segundo capítulo se analizan los principales sistemas TIC que pueden encontrarse en un entorno portuario y se definen las 2 tecnologías que se han utilizado.

El capítulo tres, describe la arquitectura general para un entorno portuario.

Los capítulos cuatro y cinco describen los dos proyectos de investigación en los que se basa esa investigación y define objetivos, arquitectura y pilotos donde se demuestran.

En el sexto capítulo se definen las conclusiones globales a las que se han llegado durante el desarrollo de este trabajo.

Por último, se encuentran las referencias citadas.

Capítulo 2

Estado del arte

2. Estado del arte

Este capítulo está orientado a proporcionar una visión global de los sistemas y tecnologías a los que se van a hacer referencia durante el desarrollo de este trabajo fin de master. En primer lugar, se analizan los sistemas TIC más relevantes que se dan en un entorno portuario y que son la base para el desarrollo del puerto del futuro.

Por otra parte, se analizan las dos principales tecnologías que se empiezan a usar en la actualidad en entornos portuarios, con el objetivo mejorar la eficiencia y productividad de los diferentes sistemas.

2.1. Sistemas TIC en un puerto

Sistema de comunidad portuaria

El sistema de comunidad portuaria (PCS, por sus siglas en inglés, Port Community System) es la plataforma electrónica que conecta los sistemas operados por una variedad de organizaciones que constituyen una comunidad portuaria. Es un sistema abierto y neutral que facilita el intercambio de documentación de forma segura e inteligente entre operadores privados y entidades públicas con el objetivo de mejorar la posición competitiva del puerto.

Sistema automático de puertas

El sistema de puertas automáticas (AGS, por sus siglas en inglés, Automatic Gate System), es un sistema que utiliza tecnologías como el reconocimiento de imágenes, para identificar automáticamente matrículas de vehículos, contenedores ISO y quioscos automatizados para facilitar la interacción del controlador con el sistema de control de las

puertas. De esta manera se puede determinar de forma muy rápida el acceso al puerto o a la terminal.

Ventanilla única

Los sistemas de ventanilla única se usan para el manejo electrónico de los documentos requeridos por la propia organización, y por otros organismos oficiales como capitán del puerto o la Aduana. Los puertos deben conectarse a estos sistemas para cumplir con todos los requisitos normativos debido a la complejidad de la automatización de fronteras y la gestión de información, lo que puede involucrar a múltiples agencias reguladoras transfronterizas. El objetivo de estos sistemas es garantizar el movimiento seguro de bienes y medios de transporte a través de las fronteras. La ventanilla única y los sistemas de declaración electrónica se están convirtiendo en obligatorios para cumplir con las regulaciones y como herramientas para facilitar el comercio y el transporte.

Sistema de transporte inteligentes

El sistema de transporte inteligente (ITS, por sus siglas en inglés, Intelligent Transport System) es un conjunto de aplicaciones avanzadas que tienen como objetivo proporcionar servicios innovadores con respecto a diferentes modos de transporte y gestión del tráfico. Los sistemas ITS permiten que los usuarios estén mejor informados para que hagan un uso más seguro, más coordinado y más inteligente de las redes de transporte. Estos sistemas aplican una variedad de tecnologías muy amplia, tales como sistemas de navegación de vehículos, señales de tráfico, señales de mensajes variables, sistemas de gestión de contenedores, reconocimiento automático de placas, cámaras de velocidad, guía de estacionamiento, sistemas de información etc.

Sistema de gestión de puertos

El sistema de gestión de puertos (PMS, por sus siglas en inglés, Port Management System), es un sistema de gestión y automatización de operaciones de una terminal capaz de gestionar diferentes tipos de carga (por ejemplo, contenedores, vehículos, granel o multiusos).

Sistema operativo de terminal

El sistema operativo de terminal (TOS, por sus siglas en inglés, Terminal Operating System) es un sistema dedicado a la gestión de grandes terminales de contenedores. El sistema central incluye módulos para planificar y controlar la llegada de buques, control de manejo de carga, operaciones y control de acceso, operaciones optimizadas y gestión de dispositivos auxiliares.

2.2. Tecnologías

Las dos principales tecnologías que se empiezan a aplicar en sistemas industriales y sistemas portuarios son Internet of Things, para conectar todos los recursos de una empresa y poder obtener datos y actuar sobre ellos; y Big Data, para analizar un gran volumen de datos y poder extraer conclusiones que permitan optimizar procesos o incluso anticipar eventos.

2.2.1. Internet de las cosas

Internet de las cosas (o Internet of Things) es un concepto que hace referencia a la conexión de todo tipo de objetos cotidianos a Internet y que puedan comunicarse entre ellos. También es importante que sea posible su control, administración y acceso a la información generada a distancia y mediante protocolos y aplicaciones estándar. El objetivo es poder tomar mejores decisiones basadas en múltiples datos que te proporcionan los objetos. No solo hace referencia a sensores tradicionales, que miden uno

o varios parámetros periódicamente, sino que cualquier objeto transmita datos que puedan ser de interés.

La Unión Internacional de Comunicaciones (UIT) y el Grupo Europeo de Investigación sobre Internet de las Cosas (IERC, por sus siglas en inglés, European Research Cluster on the Internet of Things) definen IoT como una infraestructura de red global dinámica, con capacidades de autoconfiguración basadas en protocolos de comunicación estándar e interoperables, donde las “cosas” físicas y virtuales tienen identidades, atributos físicos y personalidades virtuales y usan interfaces inteligentes. Todos ellos están integrados a la perfección en la red de información. [7] [8]

Según la Comisión Europea (CE), IoT representa el próximo paso hacia la digitalización de nuestra sociedad y economía, donde los objetos y las personas están interconectados a través de las redes de comunicaciones, e informan sobre su estado y/o el entorno. Además, IoT también puede beneficiar a la economía europea generando crecimiento económico y empleo; según un estudio de la Comisión Europea, los ingresos en la UE28 aumentarán de más de 307 mil millones de euros en 2013 a más de 1,181 mil millones en 2020 (como se muestra en la Figura 1).

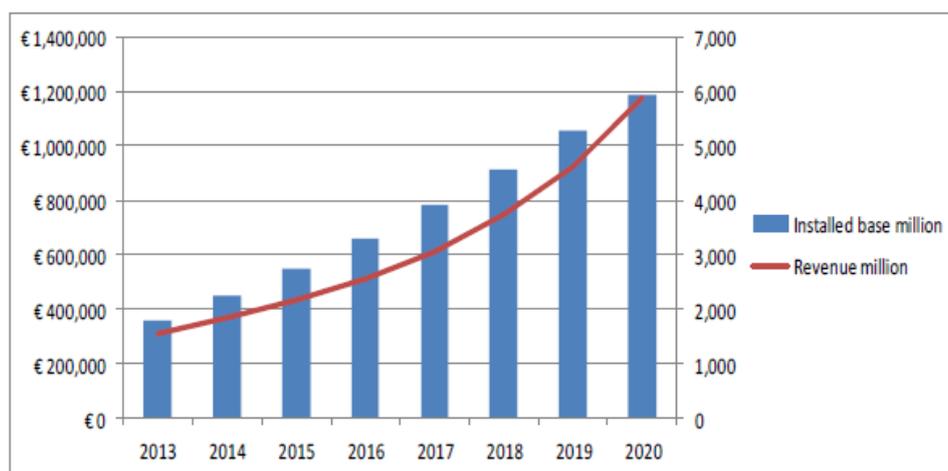


Figura 1. Dispositivos IoT instalados e Ingresos en EU 28 2013-2020 [9]

Por todo ello, esta nueva tecnología nos puede aportar multitud de ventajas a nuestra vida cotidiana. El principal beneficio de tener todo conectado es poder acceder en tiempo real y en cualquier momento a toda nuestra información, nuestros amigos o datos que nos

puedan interesar. A partir de los datos de nuestra vida diaria se pueden extraer hábitos, de forma que podemos configurar sistemas como iluminación, temperatura o incluso electrodomésticos para que se adapten de forma automática a nuestros gustos y se adelanten a nuestras necesidades. A nivel industrial, va a permitir mejorar la eficiencia tanto en entornos de producción como a nivel medioambiental gracias a la optimización de los recursos. En el caso de las ciudades inteligentes se tendrá la oportunidad de ofrecer a los ciudadanos información detallada de los servicios públicos o mejorar la circulación gracias a un control inteligente del tráfico. Otro sector importante es el de la salud, donde se pueden llegar a salvar vidas mediante sistemas de monitorización remota de personas con sensores en nuestra ropa, y aviso automático a los servicios de emergencia.

Las ventajas que pueden llegar a obtenerse en el puerto de Valencia de llegar a implantarse completamente Internet de las cosas también son muy relevantes. Actualmente el puerto dispone de distintos sistemas y aplicaciones para monitorizar y gestionar toda su infraestructura, como pueden ser sensores medioambientales, puertas de acceso automáticas, PCS, etc. que no siempre se comunican entre ellos. Tener una plataforma de Internet de las cosas que permitiera un acceso seguro a todos sus sistemas, mejoraría el funcionamiento, la calidad de los datos y permitiría ahorrar costes. Otra ventaja podría ser el seguimiento en tiempo real de todos los elementos de la cadena suministros dentro de sus instalaciones como pueden ser los camiones o incluso los contenedores. Pero no todo son ventajas, al tratarse de una infraestructura crítica la seguridad es un tema importante a tener en cuenta. El hecho de tener disponible online todos tus dispositivos o sistemas, hace necesario desarrollar y mejorar los sistemas de seguridad al mismo tiempo.

2.2.2. Big data

En la actualidad, la cantidad de datos que se crean y se almacenan a nivel global es casi inconcebible, y sigue creciendo. Eso significa que existe aún más potencial para obtener información clave con fines comerciales, aunque solo se analiza un pequeño porcentaje de los datos.

Big data es nuevo enfoque de comprensión y toma de decisiones que hace referencia a una cantidad de datos tal que supera la capacidad del software convencional para ser capturados, administrados y procesados en un tiempo razonable y los procedimientos usados para encontrar patrones dentro de esos datos. Estos datos pueden estar almacenados en formato estructurado, semiestructurado y no estructurado y pueden ser analizados para obtener ideas que conduzcan a mejores decisiones y movimientos comerciales estratégicos.

La importancia de los Big data no gira tanto en torno a la cantidad de datos que se tiene, sino a lo que se hace con ellos. Se puede tomar datos de cualquier fuente y analizarlos para encontrar respuestas que permitan 1) reducción de costes, 2) reducción de tiempo, 3) desarrollo de nuevos productos y ofertas optimizadas, y 4) toma de decisiones inteligentes. Algunos de los beneficios empresariales que se pueden obtener del análisis son:

- Determinar las causas de fallos, problemas y defectos en tiempo casi real.
- Generación de ofertas en comercios basadas en los hábitos de compra del cliente.
- Recalcular carteras de riesgos completas en minutos.
- Detección de comportamiento fraudulento antes de que afecte a la organización.

Si bien el término Big data es relativamente nuevo, el acto de recopilar y almacenar grandes cantidades de información para el análisis final es antiguo. El concepto cobró impulso a principios de la década de 2000, cuando el analista de la industria Doug Laney articuló la definición ahora general de Big data como las tres Vs, aunque hoy en día se deben añadir dos más:

- Volumen. Las organizaciones recopilan datos de múltiples fuentes, incluidas transacciones comerciales, redes sociales e información de sensores.
- Velocidad. La transmisión de datos se realiza a una velocidad sin precedentes y debe tratarse de manera óptima. Las etiquetas RFID, los sensores y la medición inteligente están impulsando la necesidad de tratar datos en tiempo casi real.

- Variedad. Los datos vienen en todo tipo de formatos, desde datos numéricos estructurados en bases de datos tradicionales hasta documentos de texto no estructurados, correo electrónico, video, audio, y transacciones financieras.
- Variabilidad. Además de las velocidades crecientes y la variedad de datos, los flujos de datos pueden ser altamente inconsistentes con picos periódicos. Diariamente los picos debidos a eventos estacionales, pueden ser difíciles de administrar.
- Complejidad. Los datos de hoy provienen de múltiples fuentes, lo que dificulta vincular, combinar, limpiar y transformar datos entre sistemas. Sin embargo, es necesario conectar y correlacionar relaciones, jerarquías y múltiples enlaces de datos.

Los puertos también son un lugar donde se generan grandes volúmenes de datos de maquinaria, vehículos, contenedores, etc. y donde intervienen múltiples empresas que necesitan trabajar de forma sincronizada. Es por tanto necesario la aplicación de tecnologías de Big data para mejorar su funcionamiento.

En los puertos del futuro, los usuarios del puerto, los equipos y las infraestructuras lograrán una interacción completa y ofrecerán soluciones de transporte más sostenibles. Gracias a Big data junto con una amplia red de sensores IoT, los proveedores de servicios logísticos podrán monitorizar y controlar en tiempo real todas las operaciones y movimientos de mercancías, equipos o vehículos que interactúan continuamente en los nodos logísticos.

La introducción de Big data en los puertos tiene beneficios potenciales a diferentes niveles:

- Nivel de cadena logística: fusionar los datos generados por el puerto con los datos de otras empresas de la cadena de transporte (mar, ferrocarril y carretera).
- Nivel de hub: fusionar datos generados por diferentes organizaciones que trabajan en el puerto (es decir, terminales portuarias, autoridades portuarias, aduanas, etc.).
- Nivel de operaciones: fusión de datos generados dentro de una terminal de contenedores.

Capítulo 3

Arquitectura

3. Arquitectura

Este capítulo presenta la arquitectura de alto nivel que se ha propuesto como solución a los problemas de interoperabilidad en un entorno portuario ente las distintas empresas que diariamente interactúan. En el siguiente capítulo se verá en detalle los distintos componentes que constituyen cada uno de los tres sistemas.

3.1. Diseño de la arquitectura

En los últimos años, existe la necesidad de compartir datos en tiempo real entre diferentes empresas para ofrecer nuevos servicios a sus clientes. En el entorno portuario, hay gran variedad de empresas, cada una con su propio sistema independiente, que deben trabajar coordinadas para lograr el transporte de las mercancías. Hoy en día, solo intercambian cierta documentación logística y no datos de sensores. Este nuevo intercambio de datos debe hacerse de una manera segura y robusta.

El objetivo de esta arquitectura es demostrar la necesidad de un sistema que permita el intercambio de datos y mensajes entre los diferentes actores de la comunidad portuaria. En este caso, como se puede ver en la Figura 2, hay tres actores principales: el puerto, la terminal y la empresa de transporte. La arquitectura debe proporcionar interoperabilidad entre las plataformas IoT del puerto y la terminal, y dar acceso a otros dispositivos de otras compañías, como los camiones. Disponer de un sistema que te permita enviar datos a otros sistemas, facilita el envío de datos a sistemas de Big Data en otras ubicaciones o en la nube (Infrastructure as a Service, IaaS).

Tanto el puerto como la terminal tienen una gran cantidad de sensores y dispositivos que producen grandes cantidades de datos, que pueden ser interesantes para otras entidades. Además, necesitan datos de otras empresas para proporcionar un mejor servicio a sus clientes.

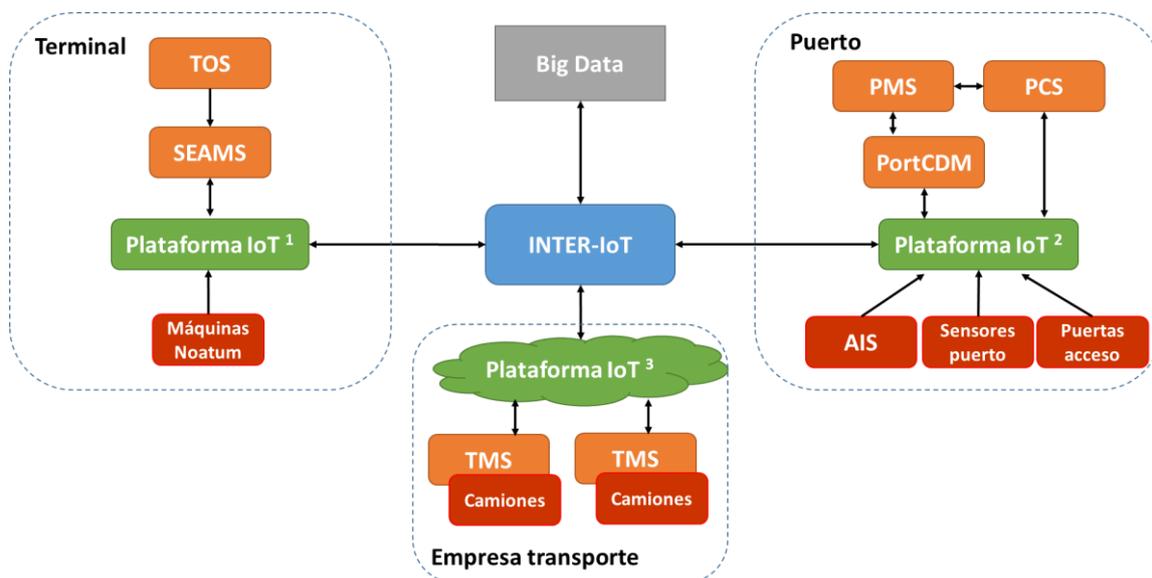


Figura 2. Diseño arquitectura de alto nivel en INTER-IoT en puertos

En primer lugar, la autoridad portuaria necesita una plataforma IoT que sirva de enlace entre los datos y las aplicaciones. Por un lado, están todos los sensores y dispositivos que monitorizan cada uno de los elementos, como sensores puertas de acceso automáticas, AIS (Automatic Identification System), etc. Por otro lado, están las aplicaciones que ofrecen servicios, como el PCS o el PMS.

El caso de la terminal de contenedores es muy similar al anterior. Necesita una plataforma IoT que haga de enlace entre sensores y aplicaciones. La terminal monitoriza multitud de maquinaria como son: grúas RTG, grúas STS, camiones, reach stacker, puertas de acceso, etc. Por otro lado, dispone herramientas de gestión como el TOS, o herramientas de análisis de datos como el Seams, que se nutren de los datos obtenidos.

Por último, las empresas de transporte tienen una flota de camiones que es monitorizada a través de los sistemas de gestión de flotas. También necesita de una plataforma IoT, aunque en este caso estará en la nube, para ahorrar costes de mantenimiento y gestión.

La comunicación entre estos tres dominios se hace a través de sus respectivas plataformas IoT, gracias al sistema de INTER-IoT. De esta forma se puede compartir datos con otras empresas o con un servicio de almacenamiento de Big data.



Figura 3. Vista aérea del puerto de Valencia y la terminal de Noatum

Capítulo 4

INTER-IoT

4. INTER-IoT

4.1. Introducción

Actualmente, muchos sensores tienen interfaces de tipo propietario definidos por sus fabricantes y empleados de manera selectiva, de forma que cualquier nueva API se solicita y se desarrolla bajo demanda. Este hecho requiere que, para la implantación del paradigma de la Internet of Things, sea necesario un gran esfuerzo por parte de los desarrolladores para la integración de un nuevo sensor o la realización de un nuevo proyecto, pero también por parte de los fabricantes de nuevos sensores, pasarelas o portales de integración de sensores que es finalmente donde muchas de estas informaciones son empleadas. La utilización de interfaces estándar para los sensores en el marco de Internet of Things, permitiría que las aplicaciones y servicios relacionados proliferen exponencialmente, mejorando la economía de escala, así como la interoperabilidad y reutilización.

El proyecto INTER-IoT tiene como objetivo el diseño, la implementación y la experimentación de un framework abierto que permita la interoperabilidad a distintos niveles, una metodología asociada y herramientas para permitir la interoperabilidad voluntaria entre plataformas heterogéneas de Internet of Things. Este sistema permitirá el desarrollo eficaz y eficiente de aplicaciones y servicios de IoT inteligentes y adaptables, sobre diferentes plataformas de IoT heterogéneas, abarcando dominios de aplicación únicos y/o múltiples. El proyecto se ha definido para ser demostrado en dos pilotos realistas a gran escala: transporte y logística en el puerto de Valencia, y un centro nacional de salud italiano para la salud móvil con pacientes, equipados con sensores portátiles y dispositivos inteligentes móviles.

Además, el proyecto analizará la usabilidad de las soluciones proporcionadas desde la perspectiva de los creadores de plataformas IoT, los propietarios de plataformas IoT, los

programadores de aplicaciones IoT y los usuarios que investigan las perspectivas comerciales y la creación de nuevos modelos de negocio. Los beneficios más importantes que se esperan para terceros están relacionados con las nuevas características y componentes que surgirán del proyecto: metodologías, herramientas, protocolos y APIs que se lanzarán como elementos abiertos disponibles para desarrollar nuevas aplicaciones y servicios. La variedad y la disponibilidad de los resultados se podrá utilizar para construir e integrar servicios y plataformas en diferentes capas, de acuerdo con las necesidades de los interesados y los desarrolladores. La disponibilidad de más y nuevos datos estimulará la creación de nuevas oportunidades y productos, siempre en el ámbito de la interoperabilidad abierta.

La interoperabilidad abierta se basa en el objetivo de permitir a los proveedores y desarrolladores interactuar e interoperar, sin interferir con la capacidad de nadie para competir desarrollando un producto y experiencia superior. En ausencia de estándares globales de IoT, INTER-IoT apoyará y facilitará a las empresas el diseño de dispositivos de IoT, objetos inteligentes o servicios, reduciendo drásticamente el tiempo de salida al mercado. Con este enfoque, creamos nuevos ecosistemas interoperables de IoT.

El enfoque INTER-IoT es de uso general y se puede aplicar a cualquier dominio de aplicación y entre dominios en los que sea necesario interconectar los sistemas de IoT ya implementados o agregar otros nuevos. INTER-IoT se basa en tres bloques de construcción principales:

- Métodos y herramientas para proporcionar interoperabilidad entre distintos niveles, en plataformas IoT (INTER-LAYER).
- Framework global para la programación y gestión de plataformas IoT interoperables (INTER-FW).
- Metodología de ingeniería basada en una herramienta para la integración e interconexión de plataformas IoT (INTER-METH).

Los resultados del proyecto se probarán específicamente en dos dominios de aplicación independientes que darán lugar a dos productos independientes: INTER-LogP e INTER-Health. Por lo tanto, como resultado del proyecto, INTER-IoT proporcionará cinco productos que podrían introducirse en el mercado para una implementación y explotación más amplia.

4.2. Objetivos

El objetivo general del proyecto INTER-IoT es proporcionar un marco abierto e interoperable de IoT (con las herramientas y la metodología de ingeniería asociadas) para una integración perfecta de plataformas de IoT heterogéneas disponibles en el mismo o en diferentes dominios de aplicación. INTER-IoT utiliza un enfoque de interoperabilidad orientado a capas. El logro de la interoperabilidad optimizará diferentes operaciones estratégicas en los dos casos de uso: (a) aumentar la eficiencia en el tiempo de transporte, reducir las emisiones de CO₂, mejorar el control de acceso y la seguridad; (b) mejorar la monitorización remota del paciente; aumentar el número de sujetos que las unidades médicas pueden ayudar utilizando los mismos recursos. Pero el enfoque INTER-IoT es general y puede aplicarse a cualquier dominio de aplicación y entre distintos dominios en los que existe la necesidad de interconectar sistemas de IoT ya implementados. Esto permitiría la formación creciente de ecosistemas IoT interoperables.

Para alcanzar este objetivo, el proyecto INTER-IoT se centrará en el siguiente conjunto de objetivos específicos de investigación e innovación:

- Diseño e implementación de un framework abierto a distintos niveles, para la Interoperabilidad de plataformas IoT.
- Definición de técnicas y herramientas para la interoperabilidad entre diferentes capas en plataformas IoT.
- Definición de una metodología de ingeniería basada en una herramienta que impulse la aplicación del framework en plataformas IoT.

- Diseño e implementación de un entorno abierto, integrado e interoperable para transporte y logística en entornos portuarios (INTER-LogP).
- Diseño e implementación de un entorno abierto, integrado e interoperable para la monitorización móvil de la salud (INTER-Health).
- Analizar las soluciones obtenidas desde la perspectiva de las empresas relevantes interesadas en ambos dominios de aplicación, considerando sus beneficios, requisitos y restricciones específicos, e involucrando a partes interesadas de otros dominios de aplicación para evaluar la extensibilidad de los resultados.
- Establecimiento de un nuevo marco de cooperación y negocios entre los socios del proyecto para llevar al mercado los resultados del proyecto, creando oportunidades de negocios nuevas e innovadoras.
- Además de las actividades típicas de difusión de proyectos al presentar y promover el enfoque del proyecto y los resultados logrados en diversos eventos (conferencias, sitios web, exposiciones y talleres), el proyecto INTER-IoT realizará varias exhibiciones que incluirán pequeñas demostraciones para presentar ampliamente los principales resultados del proyecto y mostrar ventajas concretas de utilizar el framework y la metodología de INTER-IoT para las empresas interesadas y los clientes potenciales.

4.3. Arquitectura

Como hemos visto en las secciones anteriores, la arquitectura de INTER-IoT, está basada fundamentalmente en tres bloques principales que se pueden ver en la Figura 4.

1. Métodos y herramientas para proporcionar interoperabilidad a diferentes niveles entre plataformas IoT.
2. Framework global para la programación y gestión de plataformas IoT interoperables.
3. Metodología de ingeniería basada en una herramienta para la integración/interconexión de plataformas IoT.

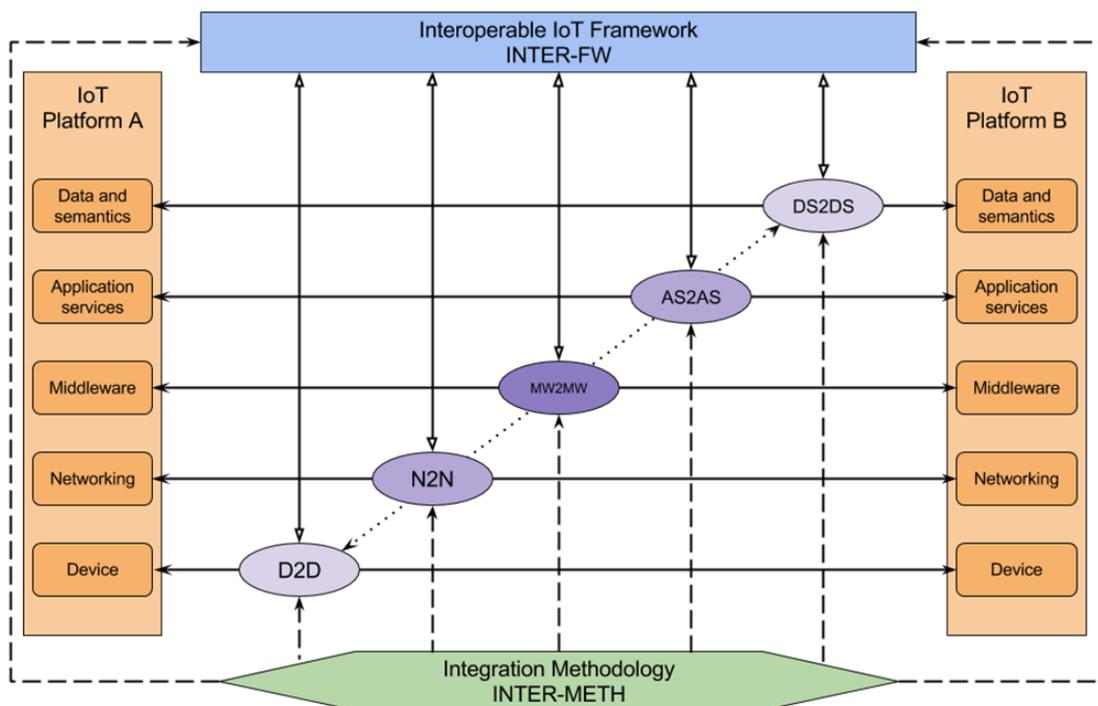


Figura 4. Esquema abstracto de enfoque INTER-IoT

A continuación, se describen cada uno de los 5 productos que compone INTER-IoT.

INTER-LAYER

INTER-IoT utiliza un enfoque orientado a capas para aprovechar al máximo las funcionalidades específicas de cada capa (dispositivo, red, middleware, servicios de aplicaciones, datos y semántica) (ver Figura 5). Aunque el desarrollo de un enfoque orientado a capas es un desafío en cuanto a investigación y desarrollo, en comparación con un enfoque global, tiene un mayor potencial para ofrecer una integración bidireccional entre plataformas IoT heterogéneas. Este enfoque garantiza especialmente la independencia, proporcionando así un mayor rendimiento, modularidad y fiabilidad, y lo que es extremadamente importante, más control sobre los requisitos funcionales y no funcionales. Además, el nivel de datos y semántica proporciona una ontología y métodos compartidos a nivel global para lograr la interoperabilidad semántica de plataformas IoT.

INTER-LAYER incluye en el diseño interacción dispositivo a dispositivo basado en mecanismos de acceso multiprotocolo, el diseño de módulos interoperables definidos por software para movilidad y enrutamiento, el desarrollo de un marco abierto de descubrimiento y administración de servicios para objetos inteligentes, el diseño y la implementación de una pasarela física y virtual, un middleware para intercambio de datos y la definición de una ontología común para la interoperabilidad semántica de plataformas IoT.

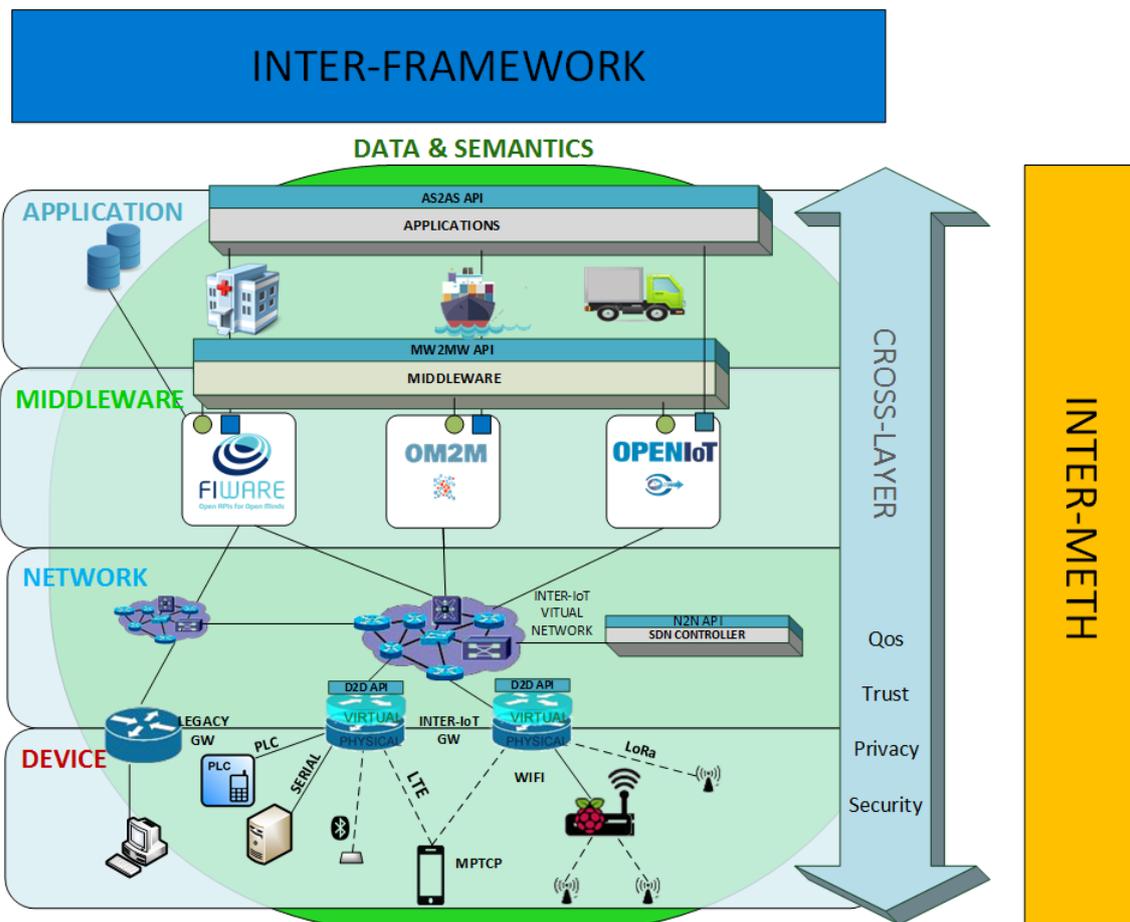


Figura 5. Enfoque orientado a capas INTER-LAYER

INTER-FW

El framework de interoperabilidad de IoT (INTER-FW) tiene como objetivo proporcionar interoperabilidad a nivel de plataforma de forma global y abierta. INTER-FW se basa en

Nuevas tecnologías en
los puertos del futuro

un meta modelo arquitectónico para plataformas interoperables IoT, en un modelo de metadatos para la semántica interoperable IoT y proporciona un API de programación y herramientas que permiten la gestión a nivel global de plataformas IoT integradas.

La Figura 6 muestra el esquema abstracto de INTER-FW, el cual supera los productos comerciales al proporcionar un método general y efectivo para la interoperabilidad entre plataformas, abordando a nivel global: tiempo real, seguridad, privacidad y robustez. En particular, INTER-FW aborda a fondo los riesgos y desafíos relacionados con la privacidad y la seguridad derivados del uso de dispositivos IoT.

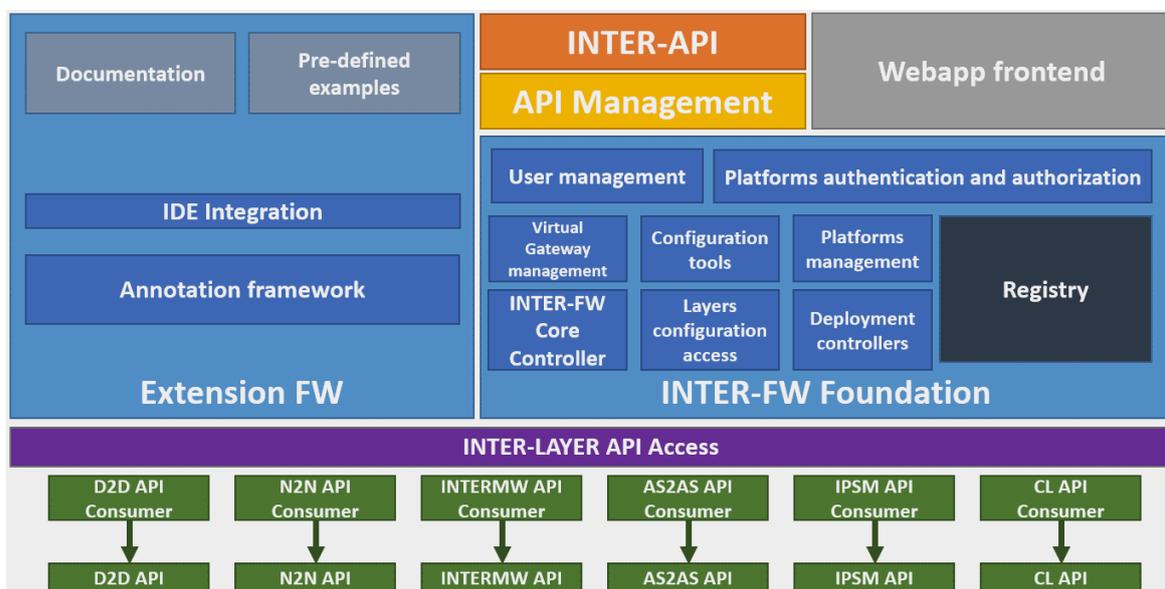


Figura 6. Arquitectura de alto nivel y funcionalidades en INTER-FW

INTER-METH

La metodología de ingeniería INTER-METH tiene como objetivo definir una metodología sistemática que respalde el proceso de integración de plataformas IoT heterogéneas para obtener interoperabilidad entre ellas, permitiendo así la implementación y el despliegue de las aplicaciones de IoT por encima de ellas. Está ampliamente reconocido que el uso de una metodología de ingeniería es fundamental en cualquier dominio de aplicación de ingeniería (por ejemplo, ingeniería de software,

programación hardware/software, ingeniería civil, etc.). La aplicación manual y no sistemática de técnicas, métodos y marcos complejos conduce con mucha probabilidad a un aumento del grado de errores durante la integración. INTER-METH es compatible con una herramienta de ingeniería de software asistida por ordenador para impulsar la integración de plataformas y sistemas IoT (INTER-CASE).

INTER-LogP

El caso de uso de INTER-LogP ilustra la necesidad de lograr una interoperabilidad entre diferentes plataformas IoT heterogéneas, orientadas al transporte y logística portuaria. El dominio de aplicación considerado identifica varias entidades físicas de transporte (camiones, contenedores, semirremolques, accesos, grúas, tractores y otras máquinas de manipulación de contenedores) propiedad de diferentes empresas. La posibilidad de capturar en tiempo real datos basados en sensores provenientes de estos activos físicos en movimiento y conectarlos a infraestructuras de transporte y logística, es una oportunidad para impulsar la ejecución óptima en tiempo real, así como la automatización de las operaciones de transporte y logística. La captura y el intercambio de datos en tiempo real basados en sensores en diferentes organizaciones es hoy un gran desafío ya que no hay ninguna solución en el mercado capaz de atender esta necesidad y superar la complejidad de implementar soluciones de IoT conectando diferentes sensores, sistemas y productos. La industria del transporte y la logística ya utiliza la tecnología basada en sensores. Sin embargo, lo que falta es la capacidad de compartir datos de manera efectiva en relación con el movimiento de vehículos y bienes, y convertirlos en ideas capaces de generar mejoras en toda la cadena de suministro. La falta de uso de plataformas orientadas a IoT y su interoperabilidad es hoy un obstáculo principal.

La aplicación de INTER-IoT en distintos escenarios en un entorno portuario se verá con más detalle en la siguiente sección.

INTER-Health

El escenario INTER-Health tiene como objetivo desarrollar un sistema integrado de IoT para monitorizar el estilo de vida de las personas de forma descentralizada y con movilidad, para prevenir problemas de salud derivados principalmente de los trastornos alimentarios y de actividad física. Al utilizar el sistema integrado INTER-Health, el proceso de monitorización del paciente se puede descentralizar desde el centro de salud hasta los hogares de los sujetos monitorizados, y se admite la movilidad mediante el uso de sensores de actividad física portables.

4.4. Pilotos en el puerto de Valencia

Como se ha visto con anterioridad, existen tres actores principales que interactúan a diario en el proceso de importación y exportación de mercancías (ver Figura 2). Cada uno de ellos dispone de su propia infraestructura, maquinaria, sensores, etc.

A partir de la infraestructura de cada uno de ellos y los diferentes productos desarrollados en INTER-IoT se han diseñado cuatro escenarios en los que demostrar la utilidad y viabilidad de esta tecnología.

4.4.1. Actores involucrados

Autoridad portuaria de Valencia

La autoridad portuaria tiene una gran cantidad de sensores distribuidos por todo el puerto que proporciona datos para la administración y operación. La mayoría de esos datos son confidenciales, pero otros se pueden compartir, agregando valor a otras compañías.

La arquitectura para proporcionar interoperabilidad a partir de la infraestructura existente es la que se puede ver en la Figura 7. Actualmente, la autoridad portuaria tiene una base de datos común donde se almacenan todos los datos procedentes de diferentes sistemas y sensores (en rojo). Se utiliza WSO2 para proporcionar una arquitectura de IoT de dos

maneras: datos en tiempo real a través de un broker de mensajes y datos históricos a través del servidor de servicios de datos y el bus de servicios.

Debido a que el puerto tiene su propia plataforma, la integración con INTER-IoT se realiza a través del middleware. Para ello, necesita un bridge en la capa de middleware para interoperar con otras plataformas. En caso de necesitar desplegar nuevos dispositivos o sensores, se podrían integrar de forma inalámbrica. En ese caso, se puede utilizar el gateway de INTER-IoT para conectar dichos sensores con la plataforma IoT.

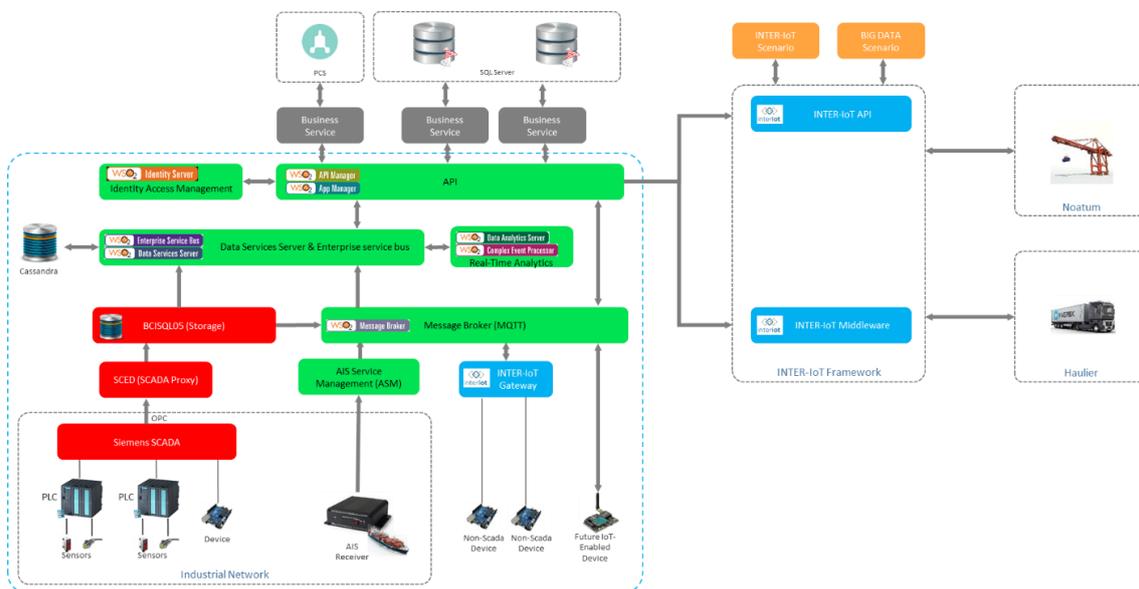


Figura 7. Plataforma IoT del puerto e integración

WSO2 es un middleware de arquitectura orientada a servicios (SOA, por sus siglas en inglés, Service-Oriented Architecture) de fuente abierta. Está diseñado con componentes independientes, por lo que se puede adaptar a una solución orientada a aplicaciones empresariales. Los productos WSO2 utilizan la tecnología Java y están construidos sobre WSO2 Carbon, una plataforma middleware SOA. Carbon hace uso de servicios de datos, gestión de procesos comerciales, enrutamiento a través de un bus, definición de reglas, seguridad, almacenamiento, registro y monitorización.

No todos los componentes se usan como implementaciones independientes. Muchos de ellos se utilizan para complementar las capacidades o agregar funcionalidad a una implementación del Enterprise Service Bus.

Terminal de contenedores

Una gran terminal de contenedores debe controlar toda la actividad que se lleva a cabo en el patio, incluida toda la maquinaria, para poder administrar los recursos de manera adecuada. Por esa razón, en la terminal Noatum cada una de las máquinas (vehículos, grúas, etc.) proporciona datos masivos de hasta 80 sensores por máquina y segundo. Hay alrededor de 300 dispositivos monitorizados entre las máquinas e iluminación dinámica.

Como se puede ver en la Figura 8, los datos se envían desde cada máquina a la plataforma IoT de dos maneras. En los sensores más antiguos, se recopilan una vez por segundo y se insertan en la plataforma IoT. Los nuevos dispositivos IoT están configurados para enviar directamente a través de las interfaces MQTT o REST en tiempo real. Además, los datos se almacenarán en una base de datos no relacional, proporcionando un acceso más rápido a la información.

Como en el caso del puerto, la plataforma IoT de la terminal se integrará con INTER-IoT a través de la capa de middleware y un API.

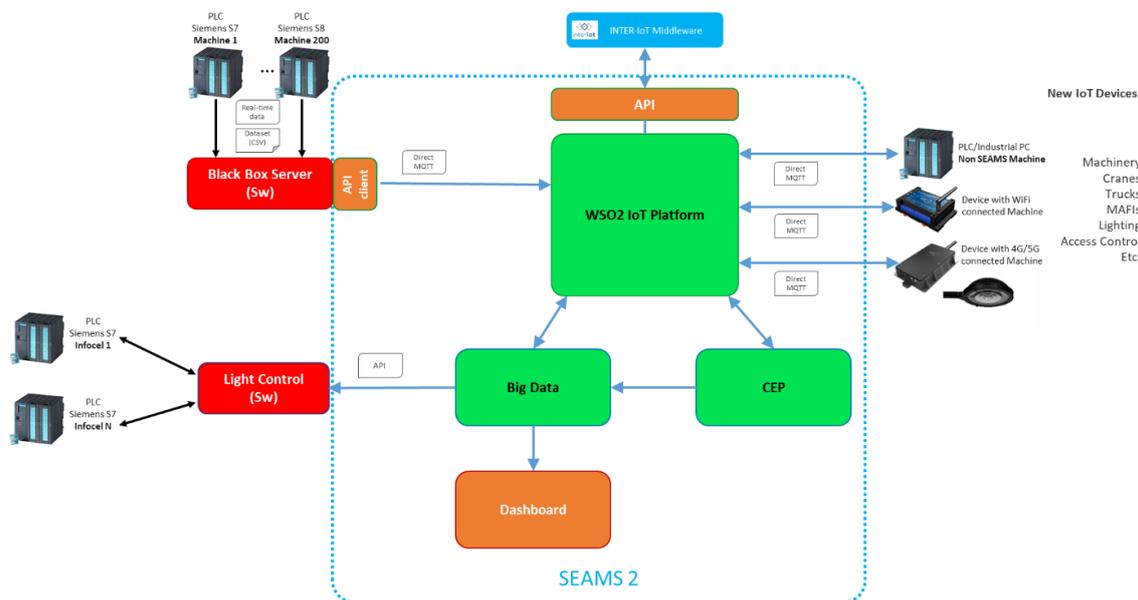


Figura 8. Plataforma IoT de la terminal e integración

La terminal de contenedores tiene su propio servidor con su plataforma IoT. Los gestores están interesados principalmente en conocer la hora estimada de llegada del camión a la terminal para poder administrar sus recursos. Además, la terminal da acceso a otras compañías a algunos de sus propios datos, como la entrada y salida de camiones por sus puertas de acceso.

Transportista

La empresa de transporte tiene una gran flota de camiones, que tienen acceso diario al puerto. Cada uno de ellos tiene una aplicación móvil (MyDriving) instalada en un dispositivo móvil o una tableta que actúa como un puente entre el vehículo y la plataforma IoT de la empresa. Todos los dispositivos del camión y el conductor envían los datos a la plataforma IoT a través de la aplicación móvil a través de Bluetooth.

La empresa de transporte tiene una plataforma Azure IoT en la nube, donde sus camiones envían todos los datos del vehículo. Estos datos estarán disponibles para otras compañías siempre que estén autorizados y se cumplan ciertas condiciones, como estar dentro del área del puerto.

4.4.2. Escenarios

Se han definido cuatro escenarios en los que se demuestra la necesidad de algunos de los productos desarrollados durante el proyecto:

- Control de accesos IoT, tráfico y asistencia operativa
- Accidente de salud en el área portuaria
- Iluminación dinámica
- Detección de rachas de viento

Control de accesos IoT, tráfico y asistencia operativa

El objetivo principal en el escenario definido es un servicio para controlar el acceso, supervisar el tráfico y ayudar a las operaciones en el puerto. Existen varios sistemas que identifican tanto al camión como al conductor usando diferentes dispositivos. Esta información puede ser compartida bajo ciertas reglas predefinidas a través de la interoperabilidad entre las plataformas involucradas. La información se puede utilizar para monitorizar el camión dentro del recinto portuario por la plataforma de la Autoridad Portuaria (propósitos de seguridad y protección) y para administrar de manera más eficiente los recursos en la terminal. Esto también permitirá evitar colas en las puertas de acceso al puerto y la terminal.

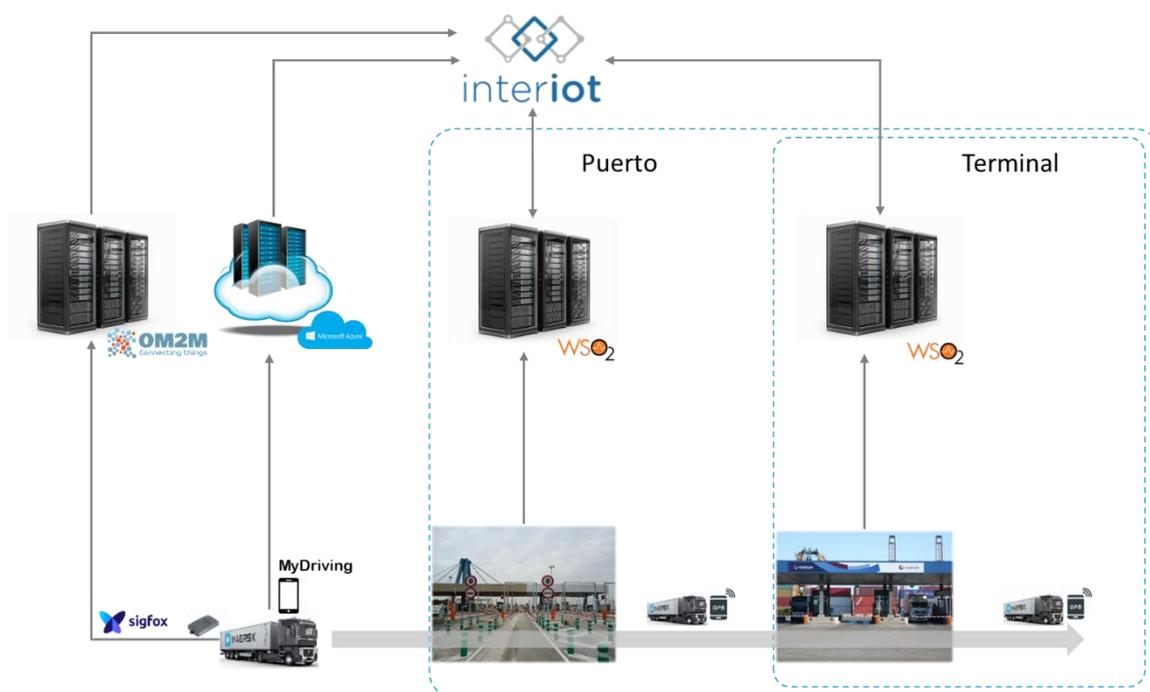


Figura 9. Vista de alto nivel del escenario de control de accesos

Los principales beneficios que se pueden extraer de este escenario es, obtener datos sobre las colas, la congestión y la distribución temporal del tráfico, para administrar de manera eficiente los recursos. Otra información relevante es la posición de los camiones mientras están dentro de las instalaciones portuarias, para mejorar la seguridad. Todos estos datos se pueden compartir entre la autoridad portuaria y las terminales del puerto para mejorar la operación.

Accidente de salud en el área portuaria

Partiendo del escenario anterior, en el que el camión llega al puerto, la posición del camión será monitorizada una vez que se encuentren en las instalaciones portuarias. El sistema de alerta de emergencia (EWS, por sus siglas en inglés, Emergency Warning System) controlará los datos provenientes del camión y del conductor. En caso de detectar un accidente o un problema médico, publicará una notificación a la autoridad portuaria en un formato estándar (EDXL). Una vez que el centro de control de emergencia recibe

la notificación, puede comenzar la comunicación con el controlador con un protocolo de push to talk con el móvil del conductor.

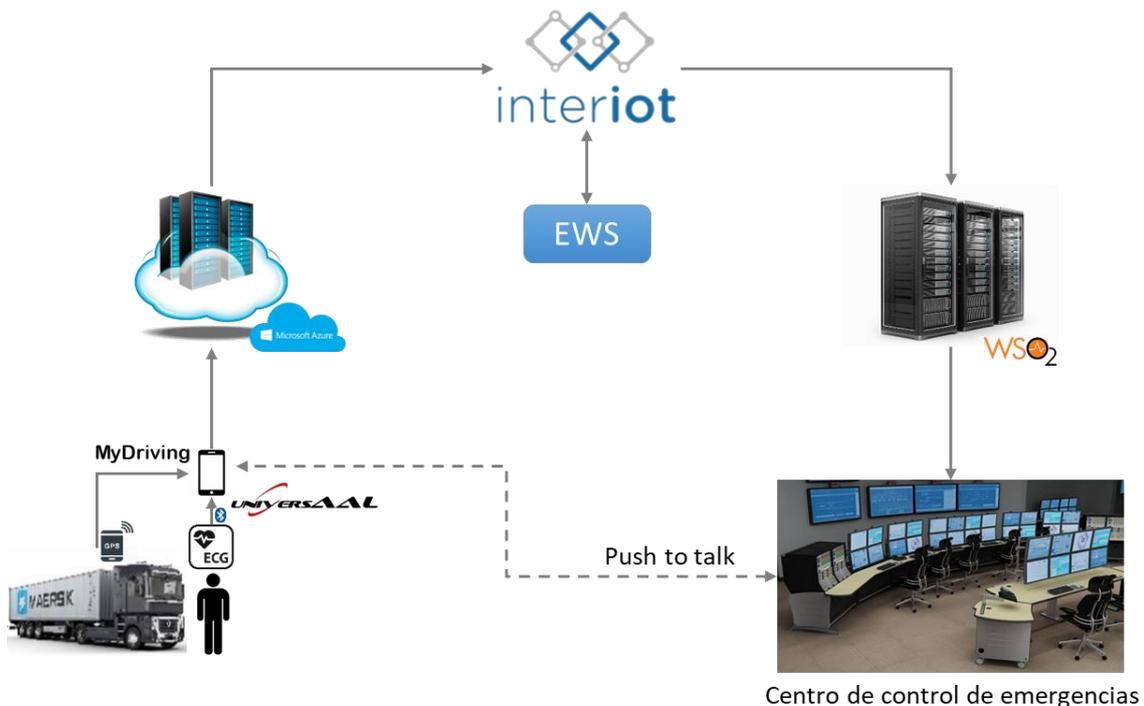


Figura 10. Vista de alto nivel del escenario de accidente

Los principales beneficios que se pueden obtener de este escenario son: aplicar en las comunicaciones portuarias un formato estándar en informes de accidentes como EDXL, identificación en tiempo real de la ubicación del accidente, comunicación directa del conductor con el centro de control más cercano cuando ocurre un accidente y monitorización de la salud del conductor si es necesario.

Iluminación dinámica

El objetivo de este escenario es expandir la iluminación inteligente (iluminación dinámica) en el patio de Noatum a la estación ferroviaria. En este caso, los postes de alumbrado de la carretera son de la autoridad portuaria de Valencia, pero la maquinaria que opera el tren es de Noatum, por lo que es necesario un intercambio de datos entre ambas empresas para iluminarlo adecuadamente durante la operación.

Como se puede ver en la Figura 11, actualmente la estación ferroviaria (área verde) está débilmente iluminado con los postes de iluminación del patio de contenedores. El objetivo es reemplazar los postes de alumbrado del vial (área azul) con un sistema de iluminación dinámico, que recibe datos del terminal para cambiar el grado de iluminación.

El sistema de iluminación dinámica se basa en la posición GPS de la maquinaria de Noatum y sensores PIR de largo alcance (sensores de presencia).



Figura 11. Vista de alto nivel del escenario de iluminación dinámica

Los principales beneficios que se pueden obtener de este escenario es un ahorro de energía debido a la adaptación de la iluminación al tráfico y la operación, y una mejora de la seguridad y la protección en la infraestructura ferroviaria debido a una mejor iluminación.

Detección de rachas de viento

Actualmente, tanto la autoridad portuaria como cada una de las terminales de contenedores en el puerto tienen anemómetros para detectar ráfagas de viento. En situaciones donde hay mucho viento, las operaciones deben detenerse, ya que puede ser

peligroso para los trabajadores. Sin embargo, cada terminal solo puede obtener esta información una vez que la ráfaga ya ha llegado a sus instalaciones. Si pudieran compartir y recibir esta información antes, se detendría la operación de una manera más segura.

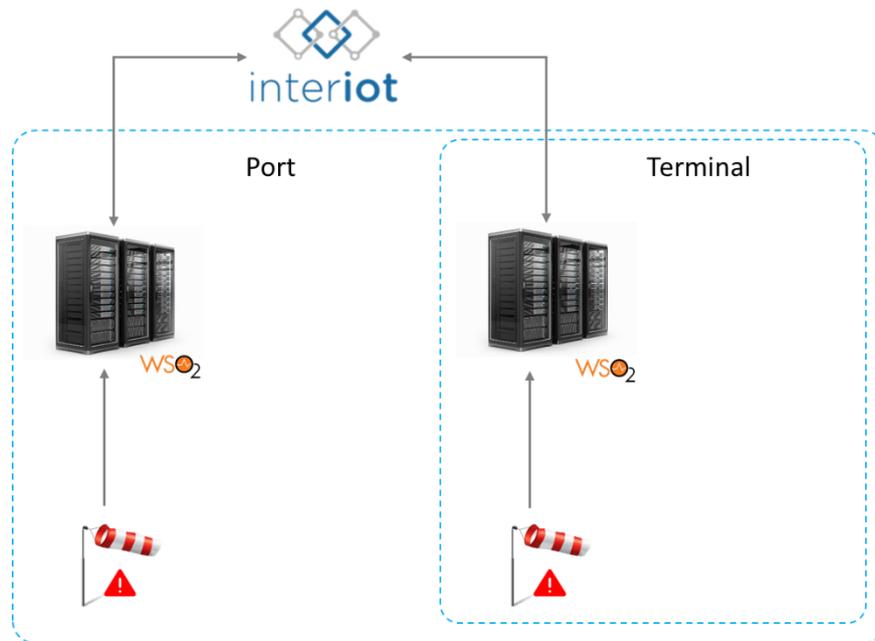


Figura 12. Vista de alto nivel del escenario de detección de rachas de viento

El principal beneficio que se puede obtener de este escenario es mejorar la seguridad operacional en las terminales, lo que permite detener la operación en situaciones peligrosas antes de que ocurra un accidente.

Capítulo 5

Transforming Transport

5. Transforming Transport

5.1. Introducción

Los contenedores de mercancías han producido una revolución en el movimiento de bienes impulsando la eficiencia global en toda la cadena de suministro y contribuyendo a la globalización del mercado. La industria está de acuerdo en que la próxima revolución en la manipulación de contenedores será la automatización de las terminales de contenedores. Sin embargo, solo una pequeña cantidad de terminales de contenedores en todo el mundo está hoy totalmente automatizada (menos del 3% de las terminales que existen en la actualidad) utilizando grúas pórtico no tripuladas y vehículos guiados automatizados. Desafortunadamente, para el resto de terminales de contenedores manuales, convertirse en una terminal totalmente automatizada es un gran desafío e inviable, debido principalmente a la inversión requerida (250 millones de Euros). Lograr una automatización progresiva de las operaciones de puertos y terminales es la respuesta correcta para estas terminales de contenedores, transformando un modo de operación manual en un modo de operación semiautomático.

Debido a este proceso, la información relativa a operaciones portuarias, está cada vez más informatizada y automatizada. Gracias a los sistemas de IoT la información está latente y lista para ser analizada y utilizada para mejorar la gestión de carga y descarga de contenedores, la eficiencia, el tráfico dentro del puerto, o para optimizar el mantenimiento de sus sistemas y equipamientos.

Las grandes terminales de contenedores necesitan gestionar varios miles de operaciones diarias de la manera más eficiente y rentable. Para enfrentarse a este desafío, el primer paso es lograr un sistema inteligente, dinámico y predictivo para la "asignación de trabajo" y el "control de colas de trabajos" capaz de concentrar todos los datos en tiempo real provenientes de cientos de sensores diferentes, distribuidos entre el patio de

contenedores y el equipo de gestión, así como de los sistemas operativos de terminales actuales (TOS). Este sistema necesita registrar y monitorizar todos los movimientos que tienen lugar dentro de la terminal de contenedores.

La combinación de los datos generados en la terminal con los datos generados y compilados de la cadena de transporte portuaria, revelan nuevas oportunidades y beneficios para el transporte de las empresas interesadas, que aún no se han explorado. Por ejemplo, algunos datos de activos que podrían considerarse son: datos generados por diferentes terminales de contenedores; datos recopilados por las puertas de acceso automáticas y los sistemas de control de tráfico ubicados en el puerto; datos de los buques del sistema AIS; datos de planificación, ordenamiento y ejecución gestionados por el TOS; datos provenientes de documentación y autorizaciones gestionadas por la ventanilla única; datos generados por camiones y trenes, etc.

Las técnicas de Big data proporcionan las herramientas necesarias para mejorar y automatizar los procesos de decisión o para controlar parámetros de la operativa. Permiten la asignación dinámica de tareas para el movimiento de contenedores, teniendo en cuenta no solo los datos operativos, sino también los datos globales provenientes de otros actores a lo largo de la cadena de suministro. Este enfoque integrado permite a un operador conocer de antemano, por ejemplo, la previsión de los tiempos de espera o el tiempo para recuperar un contenedor. Adicionalmente, las autoridades portuarias podrán obtener una visión general de la operativa de las diferentes terminales en tiempo real y reaccionar en consecuencia para mejorar el flujo de tráfico. En otras palabras, Big data en las operaciones portuarias facilita la optimización del uso de los recursos y la infraestructura.

También es capaz de proporcionar modelos capaces de predecir el comportamiento de una determinada ruta comercial en base al histórico disponible, o de pronosticar con antelación el fallo de un determinado componente de una grúa, gracias a la detección de un patrón de degradación. En los centros de transporte, Big data, puede proporcionar una ejecución más eficiente de los pedidos; las rutas más rápidas sin bloqueos ni colisiones, uso del equipo para garantizar su longevidad y la minimización de tiempos de inactividad y averías en la próxima generación de terminales de contenedores manuales.

Otros beneficios que puede ofrecer en un entorno portuario son:

- Gestión optimizada de los flujos de tráfico a lo largo de todo el puerto, reduciendo tiempos de espera.
- Secuenciación optimizada de las operaciones de carga y descarga en buques y en patios, para minimizar el número de movimientos no productivos.
- Asignación optimizada de recursos en función de la capacidad y de la carga de trabajo, teniendo en cuenta la situación actual y la evolución esperada.
- Mantenimiento predictivo de equipos y máquinas críticos para el funcionamiento del puerto, permitiendo planificar el arreglo o la sustitución de piezas antes de fallo.
- Cuadros de mando alimentados con información recibida y analizada en tiempo real, que permita monitorizar el estado de las operaciones e instalaciones y navegar por indicadores de eficiencia y productividad.

5.2. Objetivos

El objetivo general del proyecto Transforming Transport es demostrar cómo la implementación de las tecnologías Big data puede transformar las operaciones en los centros portuarios y mejorar la ejecución y gestión de la cadena de suministro a diferentes niveles. Para ello son necesarios los datos generados por el puerto incluyendo datos de otros actores de la cadena de transporte, datos generados por diferentes organizaciones que trabajan en el puerto, y datos generados dentro de una terminal de contenedores.

Los tres objetivos específicos para el puerto de Valencia son:

- Diseñar y desplegar un dashboard global para la logística y operaciones portuarias, que refleje no solo el estado actual de los diferentes indicadores, sino también la evolución a lo largo del tiempo para identificar las fuentes de ineficiencias y aumentar la productividad general del puerto.

- Implementar un sistema para la optimización de la administración, planificación y asignación de tráfico, teniendo en cuenta el tiempo estimado de llegada de contenedores, el ordenes de trabajo, las previsiones de demanda, y los factores externos (clima, flujos de tráfico esperados, etc.) para aumentar el rendimiento, la eficiencia, la longevidad de los equipos y la productividad.
- Desarrollar e integrar un sistema de mantenimiento predictivo basado en la información proveniente de los sensores en el equipo, que minimice los tiempos de inactividad y averías.

Además de estos objetivos generales, se espera que la instalación de un sistema Big data en una terminal de contenedores con equipo de patio operado manualmente conduzca a los siguientes beneficios directos:

- Mejora de la productividad bruta de aproximadamente un 10%.
- Reducción en el consumo de energía cuando se ejecuta en modo de optimización de energía en un 10-15%.
- Reducción de emisiones de carbono cuando se ejecuta en modo de optimización energética en un 10-15%.
- Reducción del costo unitario en un 10% basado en el uso óptimo del equipo y la reducción de los costos de mano de obra al reducir el personal de operación requerido para administrar las operaciones.
- Mejora de las condiciones de seguridad debido a la reducción de los cuellos de botella de tráfico y la llegada ordenada de equipos de patio a los puntos de encuentro.
- Visibilidad en tiempo real de los equipos de patio.
- Reducción de la intervención humana y retrasos en el proceso de planificación.
- Longevidad del equipo debido a la reducción de los trayectos.

5.3. Arquitectura

La arquitectura del proyecto Transforming Transport es la misma que un sistema clásico de Big data, la cual se puede dividir en cuatro capas funcionales para canalizar el procesamiento de los datos.

- **Captura de datos:** el primer paso es recopilar los datos necesarios para su posterior evaluación. Los datos deben provenir del mayor número de fuentes posibles y con una frecuencia constante.
- **Almacenamiento de datos:** el volumen de datos a almacenar es muy elevado y los datos no pueden ser agregados, por lo que es necesario una base de datos que sea escalable. Por tanto, las bases de datos relacionales no son suficientes y hay que optar por tecnologías No-SQL. También puede ser necesario un sistema de archivos distribuido para datos masivos almacenados, necesario para el análisis histórico.
- **Análisis de datos:** en esta capa se definen los motores de análisis formados por los algoritmos necesarios para el procesado de los datos, como pueden ser algoritmos de optimización o algoritmos predictivos. Estos algoritmos usan principalmente datos históricos de la etapa anterior, aunque opcionalmente pueden usar datos en tiempo real en el momento de la ejecución. También puede incluirse un procesador de eventos complejos (CEP, por sus siglas en inglés, Complex Event Processor) para generar alertas de acuerdo con reglas predefinidas que toman como entradas eventos y datos recopilados en tiempo real.
- **Visualización de datos:** esta capa proporciona los datos y resultados analíticos a los usuarios finales. Puede acceder directamente a los resultados obtenidos en la etapa de análisis o al almacenamiento de datos para los datos históricos. Estos resultados están representados por KPIs específicos en gráficos sencillos dentro de un dashboard.

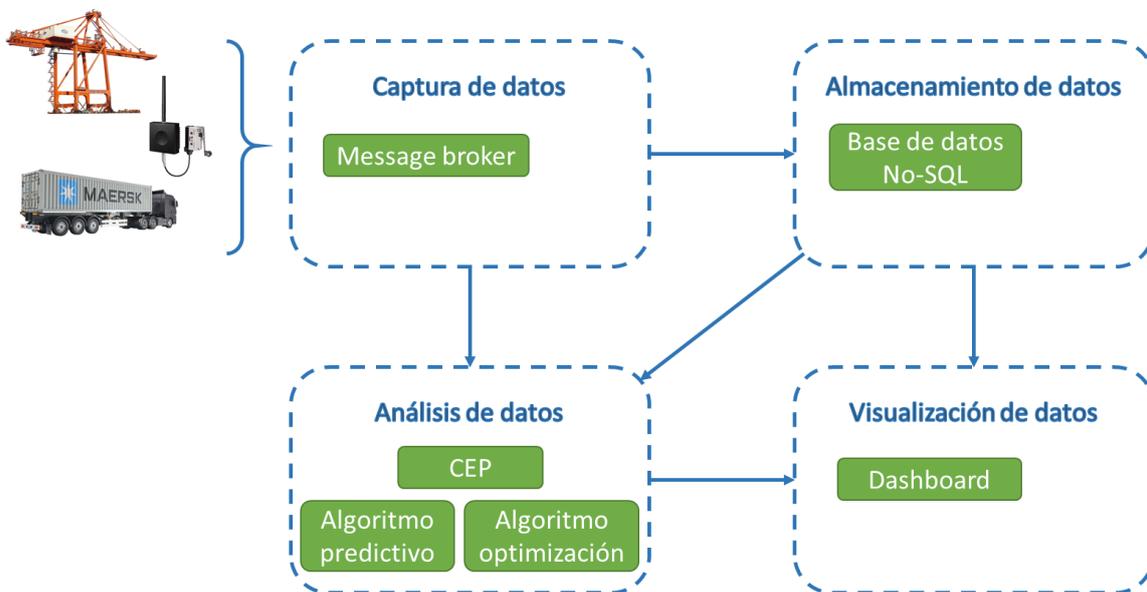


Figura 13. Representación de la arquitectura Big data

Las principales herramientas Big data utilizadas para lograr llevar a cabo la arquitectura anterior, son las siguientes:

Sqoop

SQL-to-Hadoop es una tecnología de ingestión de datos que transforma datos de bases de datos o archivos de texto sin formato en un formato de datos adecuado para el ecosistema de Hadoop. Es una opción popular para implementar procesos ETL para importar datos masivos en un clúster basado en Hadoop. En el contexto del piloto, los datos actuales están disponibles en bases de datos relacionales (Oracle y SQL Server), por lo que es necesario cargarlos en HDFS o en una base de datos NO-SQL, como HBase o Hive, como paso previo al análisis.

Apache Kafka

En entornos IoT, el patrón de mensajería basado en publicación/suscripción es un enfoque común para comunicar datos entre dispositivos y servicios. En resumen, un dispositivo

específico publica mensajes de datos asociados a un topic. Luego, un dispositivo o servicio consumidor se suscribe al topic y recibe los mensajes disponibles. Siguiendo este patrón de comunicación, productores y consumidores están completamente desacoplados y se comunican entre sí sin conocer los detalles técnicos específicos sobre quién generó los datos.

Kafka es un broker de mensajes completamente integrado en la pila tecnológica de Hadoop, específicamente con HBase y Spark. En el piloto, se utiliza Kafka para la transmisión de datos en tiempo real de eventos provenientes de un equipo, los cuales se almacenarán en el clúster de datos. Otra de las ventajas de Kafka es la escalabilidad, ya que admite una implementación distribuida.

Apache Hadoop HDFS

El sistema de archivos distribuidos de Hadoop es una opción estándar para administrar archivos en un entorno distribuido, como un clúster de Big Data. HDFS no es un sistema de almacenamiento físico en sí mismo, sino una capa de servicio intermedio para distribuir archivos físicamente entre diferentes discos y servidores y, por lo tanto, admite grandes volúmenes y recuperación rápida de información. En lugar de admitir las escrituras de lectura constantes, que son muy comunes en otros escenarios, HDFS está específicamente optimizado para leer datos de múltiples fuentes físicas. Esta tecnología ha sido seleccionada para el piloto porque, se van a recibir grandes conjuntos de datos que serán escritos una vez, pero constantemente leídos por los algoritmos desarrollados.

Cassandra

Cassandra es una de las bases de datos NO-SQL más populares para configurar un clúster de datos con hardware de bajo costo, pero sin comprometer el rendimiento y el volumen. El modelo físico de Cassandra se asemeja al enfoque de "Big Table" definido inicialmente por Google: una tabla única con un conjunto aleatorio de columnas por cada fila. Como no está limitado por un esquema específico, la escalabilidad a lo largo de varios nodos es

fácil de abordar tanto a nivel de tabla como de fila. Cassandra admite la tolerancia a fallos mediante la replicación de datos entre diferentes nodos y la promoción transparente de cualquier nodo. Esta naturaleza distribuida garantiza los requisitos de escalabilidad y disponibilidad exigidos por el piloto, incluso si un nodo no reside en el mismo clúster.

Hive

Hive es una tecnología de almacenamiento de datos utilizada por encima de Hadoop que utiliza tecnologías subyacentes como HDFS, MapReduce y HBase. En lugar de proporcionar una API orientada a Map Reduce, Hive proporciona HiveQL, un lenguaje de consulta que se asemeja a SQL e incluye operadores para realizar uniones y agregaciones. Está específicamente diseñado para trabajos por lotes, ya que las consultas HiveQL se traducen en un conjunto de correladores y reductores capaces de procesar todos los datos disponibles en el clúster. Además, una tabla representa la información almacenada en HDFS u otro repositorio de datos Hadoop, por lo tanto, proporciona una vista de los datos relacional. Debido a estas características, Hive se usa comúnmente en procesos de análisis y extracción de datos que no requieren una respuesta en tiempo real.

Spark

Spark es un framework de código abierto para implementar aplicaciones de procesamiento de datos usando la memoria principal como almacenamiento intermedio, de modo que se reducen las E/S del disco y se mejora el rendimiento. Cuando los datos que se procesarán están en la memoria, el enfoque de procesamiento es varias veces más rápido que el utilizado por tecnologías equivalentes de Map/Reduce. Su función en el piloto es actuar como un motor de análisis para implementar los diferentes algoritmos (optimización y predicción). Una de las ventajas, es que Spark administra los datos de diferentes fuentes de datos de una manera unificada y admite la ingestión de datos en tiempo real o en lote. Como los datos provendrán de diferentes sistemas de información, el uso de Spark garantiza un enfoque perfecto para el procesamiento de datos.

5.4. Pilotos en el puerto de Valencia

El piloto en el puerto de Valencia se llevará a cabo en una terminal de contenedores y se extenderá hacia el puerto y la cadena de transporte. Las dos empresas clave para llevar a cabo el piloto son: la Autoridad Portuaria de Valencia y la terminal de contenedores de Valencia de Noatum.

Existen diversas técnicas para mejorar la productividad en los procesos de la terminal y el puerto general, como optimización de procesos, mantenimiento predictivo o herramientas de soporte predictivo.

5.4.1. Optimización de grúas de patio

Por lo general, el patio de contenedores está dispuesto en bloques de contenedores. Se asigna una grúa a un bloque y se encarga de administrar todos los contenedores que entran y salen del bloque. El bloque es un amortiguador entre las partes terrestre y marítima del puerto, por lo que es un recurso crucial en un puerto.



Figura 14. Patio de Noatum con grúas RTG

La aplicabilidad de un algoritmo de optimización (o algoritmos) para optimizar ese proceso está limitado por la calidad y la incertidumbre de los datos. En resumen, hay dos enfoques posibles: el primero, decidir el orden en que se deben cargar/descargar los

contenedores (planificación de la operación) y otro para optimizar la asignación de recursos (por ejemplo, grúas) a estas tareas (planificación de recursos). Este escenario, se centra solo en el primer enfoque, la planificación de la operación, debido a la disponibilidad actual de datos y el alcance del piloto. La razón principal es que para obtener resultados de calidad de estos algoritmos se requiere un gran conjunto de órdenes confirmadas, y hoy en día se reducen a 2 o 3.

El escenario de optimización de grúas de patio consiste en encontrar el mejor orden de procesamiento de todos los contenedores que necesitan entrar, salir o moverse dentro de un bloque en un intervalo de tiempo dado. Una ordenación eficiente de las instrucciones de trabajo significa un aumento de la eficiencia y la utilización de RTG.

Existen cuatro tipos principales de movimientos productivos que se consideran en este tipo de problema: contenedores de patio a mar, patio a tierra, mar a patio y tierra a patio. Y movimientos improductivos: de patio a patio. Los primeros dos casos se refieren a los contenedores que salen del patio y se colocan en una zona de transferencia (un lugar donde el contenedor será recogido por un camión o un vehículo de la terminal). Los dos últimos casos se refieren a situaciones en las que los contenedores entran al patio desde el mar (importación) o desde la tierra (exportación).

El objetivo de optimización para este problema es la minimización de una combinación del tiempo de inactividad de la grúa y la tardanza de cada contenedor con respecto a su fecha de vencimiento o fecha de liberación (depende del tipo de contenedor). Por lo general, los contenedores que salen del bloque tienen una fecha de vencimiento y los contenedores que van entran al bloque tienen una fecha de entrega.

Para abordar este escenario, se requieren los siguientes datos de activos:

- Diseño de patio: el estado y organización del bloque. Incluye el número de filas, el número de bahías y el número de niveles.
- Movimiento de grúa de patio: el algoritmo de planificación necesita cuantificar el tiempo que lleva realizar un movimiento. Incluye tiempo de para realizar un movimiento, tiempo de servicio, etc.

- Datos de contenedores: tipo de contenedor y planificación (calculada previamente) determinará los movimientos de cada contenedor.
- Otros datos: los movimientos de reorganización (no productivos).

Después de la aplicación de la optimización de la grúa de patio, los datos de salida son básicamente una lista ordenada de los contenedores proporcionados inicialmente, que indican, para cada línea, el contenedor movido, el momento en que se inicia el movimiento, el momento en que se termina el movimiento y la penalización correspondiente a la precocidad o tardanza. El orden de los contenedores en esta lista es el orden en que se deben realizar los movimientos para optimizar el objetivo por parte de la RTG.

5.4.2. Mantenimiento predictivo del spreader de grúa

En el contexto de la operativa de una terminal, las grúas de muelle (STS) son un equipo esencial para lograr las tareas de transporte. Debido a su importancia, el mantenimiento correcto de este equipo, por ejemplo, la comprobación de problemas de cable o el desgaste de un componente específico, es una tarea clave. Sin embargo, los operadores de mantenimiento generalmente siguen los procedimientos manuales y la información previa para decidir cuándo y qué parte debe reemplazarse es muy escasa.

Una de las partes más críticas de una grúa es el spreader (Figura 15). “Spreader” es un término utilizado en el transporte de contenedores en los puertos y en las terminales ferroviarias para referirse al sistema de elevación utilizado para operar los contenedores, cumpliendo con las normas ISO. Por lo general, se refiere a los marcos telescópicos que se ajustan a la longitud del contenedor (20', 30', 40' o 45') y se adhieren a sus cuatro esquinas superiores, que se cierran con la ayuda de twistlocks. Es, por naturaleza, el elemento más vulnerable y aquel cuyas averías afectan más el correcto funcionamiento del proceso. Cuando se daña un spreader, el subproceso se detiene, afectando completamente la cadena logística: desde la grúa de muelle, a través del transporte horizontal en la terminal y hasta la grúa de patio. Saber de antemano si un spreader se

averiará, significa un gran ahorro y, al mismo tiempo, proporciona información necesaria para establecer una planificación.

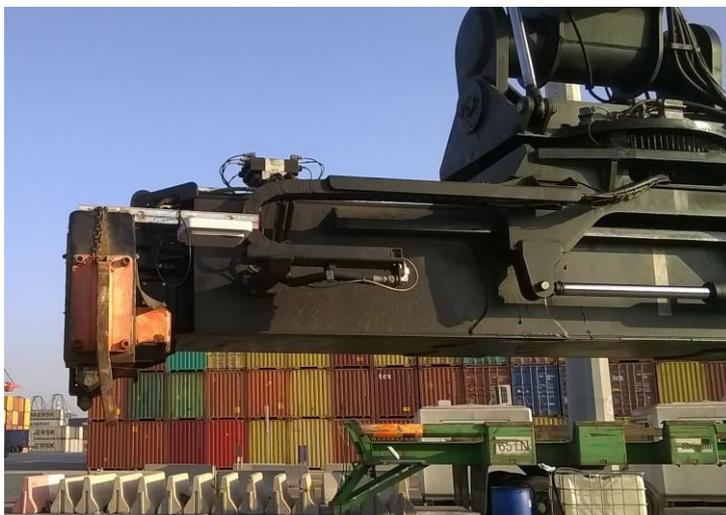


Figura 15. Spreader de grúa STS



Figura 16. Mantenimiento de un spreader

Los datos actuales de la terminal portuaria de Valencia muestran que el 50% de las tareas de mantenimiento relacionadas con las grúas STS son consecuencia de una rotura del spreader, lo que supone un tiempo de inactividad agregado de 910 horas. Los costos de mantenimiento se estiman en 172 mil € por año, pero los costos operativos ascienden a

900 mil € por año porque cuando un spreader se avería sin previo aviso también implica que el trabajo humano debe detenerse.

El objetivo del mantenimiento predictivo es evaluar el estado de un equipo mediante un monitorización periódica y continua. A partir de los indicadores monitorizados, el resultado de un análisis de mantenimiento predictivo es encontrar la planificación óptima, es decir, la más efectiva según el costo del tiempo de inactividad y las pérdidas de rendimiento. Es un mantenimiento preventivo avanzado, ya que tiene en cuenta la condición real de un equipo y no solo el conocimiento proporcionado por el personal de mantenimiento y un conjunto fijo de reglas.

La aplicación del mantenimiento predictivo es un enfoque prometedor para optimizar el funcionamiento de la terminal mediante modelos de pronóstico para alertar sobre posibles tiempos de inactividad relacionados con un spreader dañado. El piloto incluye la información de todas las señales del spreader, así como nuevos sensores, tales como la aceleración y la inclinación. Estos datos se relacionan con los datos históricos existentes del departamento de mantenimiento. Por lo tanto, se pueden predecir las averías antes de que ocurran y también comprender sus causas.

Por lo tanto, el primer paso es declarar las variables de entrada para ser monitorizadas y procesadas, y cómo se recopilarán (usando sensores o un dispositivo de medición específico). Estas variables se recopilan a partir de dispositivos de detección en tiempo real, idealmente en el rango de segundos. Por lo tanto, el proceso de ingestión de datos generará un alto rendimiento de datos que debe procesarse utilizando tecnologías Big data.

En la actualidad, los spreader se monitorizan por medio de un sistema que recopila los datos sobre su operación actual.

Si bien esta información es útil, no es suficiente para dar soporte un enfoque de mantenimiento predictivo efectivo. Las señales identificadas que se incluyen son el ciclo de trabajo, el estado 20/40, el estado actual de la aleta, si un twistlock no funciona correctamente, el peso (en toneladas) cargado por el spreader, si no hay movimientos y

su orientación (lado mar o lado tierra). Para este escenario, se incluyen datos del PLC interno proporcionado por el spreader de grúas para obtener más información sobre el funcionamiento interno de la operación. Además, se desplegarán nuevos sensores para obtener información sobre el funcionamiento físico del spreader (vibraciones, golpes, equilibrio, etc.). Específicamente un acelerómetro y un inclinómetro para comprender cómo ha cargado/descargado el contenedor la grúa y si ha habido algún impacto.

El siguiente paso es almacenar todos los datos en un repositorio eficiente para el proceso de análisis. En el contexto del piloto, se utiliza un repositorio de datos escalable para almacenar los datos históricos y los nuevos datos. Luego se aplica técnicas estadísticas a la vista unificada de los datos para detectar cómo las diferentes señales influyen en el daño del spreader. A partir de este análisis, se implementa en tiempo real un modelo predictivo para alertar al personal de mantenimiento sobre la necesidad de reemplazar o arreglar el spreader. Se usan gráficas de control de procesos estadísticos para descubrir anomalías en el comportamiento de varias variables relacionadas con el estado del spreader.

5.4.3. Dashboard de soporte predictivo para la toma de decisiones en puertos y terminales

Con el objetivo de planificar el uso y la asignación de recursos, y tomar decisiones sobre las inversiones en infraestructura, es un requisito esencial conocer el estado real de los procesos portuarios y el uso esperado de los recursos y las infraestructuras.

Esta declaración es aplicable tanto a terminales de contenedores como Noatum, que gestiona las operaciones de carga, descarga, recepción, entrega y almacenamiento de contenedores, como a la Autoridad Portuaria encargada de garantizar el movimiento fluido de embarcaciones, camiones, trenes y personas en el área portuaria. El objetivo de este escenario es desarrollar un dashboard para proporcionar indicadores predictivos a todas partes interesadas para mejorar la toma de decisiones. Para habilitar necesidades específicas, se diseñarán dos vistas diferentes para el dashboard de soporte predictivo que

se centra en las necesidades de la terminal de contenedores y en las necesidades de la autoridad portuaria, respectivamente. Sin embargo, las fuentes de datos requeridas para diseñar estas dos aplicaciones serán comunes. Un factor de éxito relevante en el diseño, es que la gestión de los datos se realiza de tal manera que no hay información sensible o confidencial de una compañía divulgada a la otra. En el caso piloto, el procesamiento de los datos utilizando las diferentes fuentes de datos se llevará a cabo en servidores de Big data trabajando bajo un acuerdo de no divulgación.

El dashboard de la autoridad portuaria se enfoca en el mar y el tráfico terrestre, dado las fuentes de datos disponibles (posiciones del buque, tráfico portuario y actividad de las puertas, actividad de puerta de terminal, datos medioambientales y eventos operativos como la carga, descarga, recepción, y entrega).

Con respecto al caso de la terminal de contenedores, una de las principales operaciones es asignar recursos, como operadores o equipos, a los contenedores, por un período de tiempo específico. La principal instalación de almacenamiento de una terminal es el patio de contenedores, un lugar donde los transportistas almacenan temporalmente sus contenedores cuando llegan. El procedimiento se puede resumir de la siguiente manera: cuando un buque llega a la terminal, los contenedores se descargan en camiones (de la terminal) mediante grúas de muelle y luego se descargan con grúas RTG en el patio de contenedores. Los contenedores se organizan en el patio como un bloque de tal manera que solo los contenedores de la parte superior de la pila pueden ser movidos o descargados por grúas RTG. Debido a esta limitación, tanto en las operaciones de descarga como de carga, es fundamental saber cuándo llegará el contenedor al puerto y cuándo será recogido por el transportista para asignar correctamente los recursos requeridos. Si no se asignan suficientes recursos, la operación será más lenta y no se cumplirán los plazos, mientras que, si se asignan más recursos de los necesarios, aumentará el tiempo de inactividad. Este problema podría resolverse parcialmente por medio de un sistema de cita previa para reservar espacios de tiempo específicos y conocer de antemano la disponibilidad requerida de un contenedor. Sin embargo, actualmente todavía no hay ninguno desplegado en el puerto de Valencia.

Aunque, analizando los datos históricos y al comportamiento real del tráfico en el puerto, es factible prever cuándo llegarán los contenedores a la terminal portuaria. Previamente a la llegada del buque, el operador de la terminal y un transportista firman un contrato de acuerdo con los huecos necesarios en el patio de contenedores y el período de almacenamiento. Este período de almacenamiento también incluye un período de "tiempo gratis" (por ejemplo, una semana) en el cual el transportista no paga por almacenar los contenedores en la terminal. Cuando expira ese "tiempo gratis", el operador de la terminal cobra una tarifa adicional al transportista, por lo que generalmente recoge los contenedores en dicho período. Sin embargo, por lo general no realizan la recogida de manera progresiva, sino que esperan hasta los últimos dos o tres días de su ventana de "tiempo gratis" para recoger sus contenedores. Esta forma de trabajo común implica picos de trabajo en la terminal que influyen fuertemente en la planificación del equipo de la terminal, empeorando su eficiencia.

El objetivo principal de este escenario es analizar los datos históricos y actuales disponibles en la terminal y proporcionar indicadores relevantes para ayudar a las tareas de planificación del patio. Ya que los sistemas actuales de TOS únicamente se centran en mostrar el estado de la terminal, se da un paso adelante al introducir una perspectiva de Big data para proporcionar ideas y tendencias. Esta predicción tiene en cuenta todos los datos históricos disponibles, un enfoque solo factible mediante un repositorio escalable de Big data. Además, se incluye información externa de la terminal, como las condiciones climatológicas, el tráfico actual en las carreteras cercanas o las huelgas. Las condiciones meteorológicas y los datos de tráfico actuales están disponibles en sistemas operados por la Autoridad Portuaria dentro de la red de datos industriales y en el PCS. El conjunto completo de datos será la entrada de un conjunto de modelos predictivos para representar la tendencia esperada en un rango de tiempo definido. Dicha información estará disponible utilizando paneles de usuario fáciles de usar basados en web con una interfaz intuitiva y un conjunto de indicadores diseñados para el personal de la terminal y la Autoridad Portuaria.

Los componentes principales de estos dashboards son indicadores visuales gráficos, como gráficos de barras, o indicadores de porcentaje (Figura 17). Algunos ejemplos son el rendimiento y la capacidad de los recursos humanos y el equipo, o los recursos y el tiempo necesarios para realizar operaciones en contenedores. Además, integra cómo estos indicadores están influenciados por otros parámetros, como el medio ambiente, factores sociales como huelgas o festivos, o las operaciones específicas de un buque. Estos indicadores proporcionarán información sobre cuándo se necesitan más espacio en el patio, equipo y grúas (por ejemplo, cuáles son las horas pico al día).



Figura 17. Ejemplo de un dashboard

El primer paso es identificar e integrar los datos más relevantes para realizar las vistas esperadas en el dashboard. A continuación, la terminal y el puerto definen las reglas de negocio que definen los indicadores requeridos y los subconjuntos de datos necesarios, así como las restricciones de acceso a los datos. A partir de esas definiciones, se selecciona una técnica de análisis predictivo para evaluar una tendencia futura. Finalmente, se muestra en un panel de control web un conjunto de indicadores relevantes para ayudar a los usuarios finales en las tareas de planificación. Algunos de los indicadores relevantes para considerar son:

- Llegada de buques: número y tipo de buques por día.
- Tiempo de espera del buque: tiempo promedio de buques esperando en el área de fondeo.
- Tiempo de respuesta al buque: tiempo del buque en el puerto.
- Ratio de ocupación de muelle: Porcentaje de la ocupación de muelle en el puerto o en una terminal.
- Contenedores cargados: Número de contenedores cargados por día en el puerto o en una terminal en particular.
- Contenedores descargados: Número de contenedores descargados por día en el puerto o en un terminal en particular
- Movimientos de contenedores por hora: cantidad de contenedores cargados y descargados por hora en un buque.
- Movimientos improductivos: cantidad de movimientos de contenedores que no tienen que ser cargados, pero deben moverse.
- Tiempo de estancia del contenedor: tiempo promedio que un contenedor se almacena en la terminal.
- Coste por contenedor: el coste por contenedor puede estimarse como el coste de la mano de obra + coste del equipo + coste de la energía + coste de mantenimiento + coste de almacenamiento + costes indirectos.
- Tiempo de inactividad: tiempo que un equipo específico, como una grúa, no está realizando una operación en la terminal.
- Ratios de llegada: número de vehículos que llegan al puerto o a una terminal por hora.
- Ratios de salida: cantidad de vehículos que salen del puerto o de una terminal por hora.
- Tiempo de respuesta del camión: tiempo promedio dentro del puerto o dentro de una terminal.
- Tiempo de espera del camión: tiempo que un camión espera desde que llega hasta que se atiende.
- Factores externos: pronóstico del tiempo (viento o lluvia principalmente), calendario de fiestas y huelgas.

Capítulo 6

Conclusiones

6. Conclusiones

A partir de lo descrito en los capítulos anteriores, se puede apreciar que los beneficios de Internet of Things y Big data son muy extensos. Aunque los ambos proyectos todavía no han concluido, y por tanto no se ha llevado a cabo un proceso de evaluación de los resultados, se pueden apreciar mejoras sustanciales.

Por un lado, aplicando el paradigma de IoT, tenemos a nuestra disposición datos en tiempo real de todos los activos de nuestra organización. Toda esta información nos permite la monitorización remota de los dispositivos con el fin de optimizar los procesos, reducir costes y poder tomar decisiones según lo que ocurre en cada momento. Además, al incorporar plataformas de IoT en cada una de las empresas que opera en el puerto, se facilita el intercambio de información entre ellas, permitiendo crear nuevos modelos de negocio. Otra de las ventajas es la incorporación de wearables para la monitorización de parámetros de las personas, reduciendo los riesgos en los trabajadores.

Por otra parte, los beneficios que se obtienen de la tecnología de Big data son muy similares a los mencionados anteriormente, ya que se trata del análisis de los datos que se obtienen a través de IoT. Por tanto, a partir de dicho análisis, como son los algoritmos de optimización, se puede incrementar la productividad, reducir costes, disminuir el consumo de energía, etc. Pero además, los algoritmos de mantenimiento predictivo facilitan la detección de averías antes de que ocurran, permitiendo planificar el uso y la asignación de recursos, y la toma de decisiones.

Resultados

Como resultados de ambos proyectos, se tiene previsto desarrollar y comercializar distintos productos que permitan alcanzar los objetivos planteados en cada caso.

En el caso de **INTER-IoT**, para cada uno de los tres productos principales planteados inicialmente (INTER-LAYER, INTER-FW e INTRER-METH), se han desarrollado varios subproductos, como se puede ver en la Figura 18.

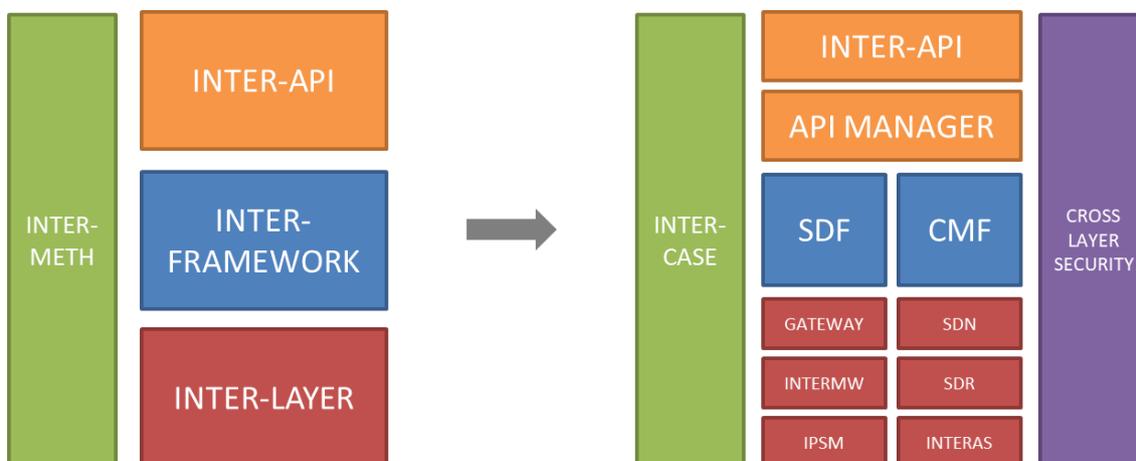


Figura 18. Productos finales de INTER-IoT

Para cada una de las capas de interoperabilidad planteadas en INTER-LAYER, se ha desarrollado un producto. Aunque en cada caso se ha aplicado un enfoque distinto para la solución: intermediación (en la capa de dispositivo y middleware), emulación (en la capa de red), orquestación (en la capa de servicios) y mediación (en la capa de semántica).

En el caso de INTER-FW, se tiene por una parte un framework de desarrollo de software (SDF, por las siglas en inglés, Software Development Framework) que extiende las funcionalidades de cada una de las capas anteriores de forma global. También dispone de un framework de configuración y gestión (CMF, por sus siglas en inglés, Configuración and Management Framework) para gestionar de manera conjunta cada una de las capas, usuarios globales, seguridad, etc.

Aunque está dispuesto en la Figura 18 en otro bloque funcional, dentro de INTER-FW también se dispone de dos componentes para ofrecer y gestionar un API único que de acceso a todos los servicios.

Por último, en el caso de INTER-METH, se ha desarrollado una herramienta (INTER-CASE) que permite a un desarrollador o integrador usar de forma guiada cualquiera de los productos siguiendo una metodología.

En el caso de **Transforming Transport**, los resultados que se van a obtener son tres, uno por cada uno de los objetivos que se plantean inicialmente.

En primer lugar, el diseño e implementación de un dashboard que permita identificar de forma rápida e intuitiva parámetros que faciliten la operación. Dicho dashboard debe ser específico tanto para la terminal como para la autoridad portuaria, y por tanto debe ser cada uno ellos quien identifique los KPIs que le interesa visualizar. Además, los KPIs no solo muestran el estado actual, sino son capaces de identificar tendencias antes de que ocurran.

El segundo resultado es un algoritmo de optimización de las operaciones portuarias, principalmente transporte y logística, utilizando todos los datos disponibles para crear modelos de previsión. Dicho algoritmo va a permitir optimizar el recorrido de las grúas RTG, de modo que se reduzca el tiempo en cada operación, y por tanto se reduzca también el coste.

Por último, se ha desarrollado un algoritmo de mantenimiento predictivo para determinar fallos o roturas en maquinaria antes de que ocurran. Uno de los componentes más importantes de las grúas STS es el spreader, el cual en caso de rotura supone una parada de la operación prolongada, con el consiguiente coste. Por ello, conocer de antemano cuando puede romperse, permite planificar adecuadamente su reparación

6.1. Trabajo futuro

IoT y Big data son dos tecnologías relativamente nuevas y que en los próximos años van a tener una repercusión importante. A partir del trabajo llevado a cabo en estos dos proyectos, hay varios aspectos que deben seguir desarrollándose.

En cuanto a IoT, este proyecto se centra en la recogida de datos de sensores y dispositivos y la interoperabilidad a distintos niveles. Pero también es importante el sentido contrario, poder actuar sobre dichos sensores, para poder configurarlos y controlarlos.

Otro tema del mismo modo relevante, es poder combinar de forma sencilla el mismo dato de fuentes distintas, ahora que cada vez las “cosas” tienen más sensores.

En el caso de Big data, las aplicaciones que pueden surgir son infinitas. Pero continuando con el trabajo llevado a cabo en este proyecto, se pueden mejorar algunos aspectos. El modelo de optimización de las grúas RTG se hace para cada una de ellas de manera independiente, pero podría mejorarse el proceso si se hiciera del conjunto de las grúas de patio. El principal problema es que a día de hoy supondría un coste computacional demasiado elevado.

Otra mejora para una terminal de contenedores, sería extender el mantenimiento predictivo a otras maquinarias o elementos críticos, como puede ser los cables de las grúas STS, los cuales también suponen una parada de la operación.

Capítulo 7

Referencias

7. Referencias

- [1] L. Tan y N. Wang, «Future internet: The Internet of Things,» de *3rd International Conference on Advanced Computer Theory and Engineering (ICACTE)*, pp. 376-380, Aug 2010.
- [2] L. Coetzee y J. Eksteen, «The Internet of Things - promise for the future? An introduction,» de *IST-Africa Conference Proceedings*, pp. 1-9, May 2011.
- [3] Y. Demchenko, C. de Laat y P. Membrey, «Defining architecture components of the Big Data Ecosystem,» de *International Conference on Collaboration Technologies and Systems (CTS)*, pp. 104-112, Minneapolis, May 2014.
- [4] T. Repantis, X. Gu y V. Kalogeraki, «QoS-Aware Shared Component Composition for Distributed Stream Processing Systems,» *IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems*, vol. 20, n° 7, pp. 968-982, Sep 2008.
- [5] «Proyecto INTER-IoT,» [En línea]. Available: www.inter-iot.eu.
- [6] «Proyecto Transforming Transport,» [En línea]. Available: <https://transformingtransport.eu/>.
- [7] «ITU-T IoT definition,» [En línea]. Available: <http://www.itu.int/en/ITU-T/gsi/iot/Pages/default.aspx>.
- [8] «IERC - IoT definition,» [En línea]. Available: http://www.internet-of-things-research.eu/about_iot.htm.
- [9] «International Data Corporation (IDC),» [En línea]. Available: <https://www.idc.com>.