



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

---

Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales

Máster en Ingeniería Avanzada de Producción, Logística y Cadena de Suministro

Tesina Fin de Máster

Estudio de la implantación de  
Internet de las Cosas, en las redes  
Logísticas de la Cadena de  
Suministro

Estudiante	Antonio Alandí Pajares
------------	------------------------

Director Tesis	Andrés Boza García
Curso	2015/2016

## Resumen

En la actualidad, la logística tiene un valor muy importante para el traslado de las mercancías entre diferentes lugares, en el que a pesar del desarrollo nuevas tecnologías que hacen que las tareas estén mejor gestionadas y se pueda tener un mayor control, todavía hay un margen de mejora para su mejor gestión. Una carencia que tienen actualmente las redes logísticas es la falta de visibilidad de las mercancías que transporta, lo que genera cierta incertidumbre porque no se sabe si el transporte llegará en el tiempo predeterminado.

Sabiendo la problemática que hay, entonces el objetivo de este trabajo es tratar de dar más visibilidad a las redes logísticas utilizando tecnologías que en un futuro próximo se implantarán progresivamente. Una tecnología muy reciente y que tendrá una expansión significativa es el denominado Internet de las Cosas, una tecnología en la que cualquier dispositivo se tendrá conexión a la red de Internet. Pero no solamente el objetivo del trabajo es la mejora de dicha visibilidad, también se establecen los pasos predeterminados para que la implantación sea satisfactoria en cualquier empresa que quiera mejorar su red logística.

Esta tecnología tiene numerosas aplicaciones en un entorno empresarial, también en del área logística del cuál trata este proyecto, lo que hace que tenga a priori ciertas dificultades para abordarlo. Evidentemente no es una tarea fácil de resolver, ya que Internet de las Cosas está en una fase inicial y todavía tiene que evolucionar no sólo técnicamente, sino también legalmente para que su funcionamiento no tenga problemas y provoque cualquier tipo de rechazo por parte de las empresas. Para abordar el proyecto se ha hecho una labor de investigación con la información más actualizada respecto a Internet de las Cosas en el ámbito logístico.

La utilización de Internet de las Cosas en el ámbito de la logística ha abierto enormes posibilidades en la Cadena de Suministro, para gestionar de un modo más eficaz y eficiente todas las operaciones relacionadas con el transporte, mejorando entre otras cosas, la coordinación, la gestión de stocks o la seguridad. Todo esto supone una revolucionaria manera de gestión de la que se benefician todas las partes involucradas, desde los proveedores de productos semielaborados o materias primas hasta el cliente o usuario final del producto, demostrando ser una tecnología con mucho futuro.

*Dedicado a mi familia, amigos, a mi tutor Andrés Boza, y todos aquellos que han hecho posible este trabajo, por su apoyo durante todo este tiempo.*

## Índice

Lista de acrónimos .....	9
1. Introducción.....	10
1.1 Presentación y contexto .....	10
1.2 Objetivos.....	10
1.3. Revisión bibliográfica inicial .....	11
1.4 Estructura del Proyecto .....	18
2. Actualidad de la Logística de las empresas.....	19
2.1 La Industria 4.0 .....	22
3. Internet de las Cosas .....	26
3.1 Internet de las Cosas en la Cadena de Suministro .....	28
3.2 La Cadena de Suministro.....	29
3.3 Los Sistemas Logísticos de la Cadena de Suministro .....	31
3.4 Implementación y modelos de Internet de las Cosas.....	34
4. Tecnologías y aplicaciones utilizadas de Internet de las Cosas .....	55
4.1 Aplicaciones de Internet de las Cosas.....	61
4.2 Monitorización y seguimiento.....	62
4.3 Logística Inversa .....	65
4.4 Transporte marítimo.....	68
4.5 Entornos urbanos .....	71
4.6 Contenedores inteligentes.....	73
4.7 La cadena de suministro del automóvil .....	75
5. Rendimiento en la aplicación de Internet de las Cosas.....	78
5.1 Costes de implementación de Internet de las Cosas en la Logística .....	82
5.2 Beneficios de Internet de las Cosas .....	84
6. Implantación de Internet de las Cosas .....	93
6.1 Métodos para abordar el cambio.....	97
7. Propuesta de implementación de Internet de las Cosas.....	102
8. Validación sobre casos reales .....	117
8.1 Caso de estudio de implantación en la empresa Grupo el Alto .....	119
9. Conclusiones.....	126
10. Anexo.....	128
10.1 Tabla de búsquedas .....	128
10.2 Casos reales de implantación .....	133
11. Referencias .....	152

## Índice de ilustraciones

Ilustración 1. Búsquedas por web .....	12
Ilustración 2. Búsquedas por año .....	13
Ilustración 3. Evolución de un objeto inteligente. Fuente: (Teruel, 2014) .....	20
Ilustración 4. Implantación de IoT en el futuro. Fuente: (Teruel, 2014) .....	20
Ilustración 5. Implantación mundial de IoT por regiones. Fuente: (Teruel, 2014) .....	21
Ilustración 6. Fábrica del futuro. Fuente: (Climent, 2014).....	24
Ilustración 7. Ejemplo de ciudad inteligente. Fuente: (Intel_IT, 2013) .....	24
Ilustración 8. Integración de la fábrica del futuro. Fuente: (Siemens, 2015) .....	25
Ilustración 9. Esquema de las áreas de aplicación de IoT. Fuente: (Gubbi, Buyya, & Marusic, 2013) .....	27
Ilustración 10. Relaciones de una cadena de suministro. Fuente: (Satyavolu et al., 2014) .....	30
Ilustración 11. Terminal marítima con tecnología IoT. Fuente: (Macaulay et al., 2015) 33	
Ilustración 12. Arquitectura de Internet de las Cosas. Fuente: (S. Li et al., 2015) .....	35
Ilustración 13. Arquitectura con un control autónomo de la logística EPCglobal. Fuente: (Hribernik et al., 2010) .....	39
Ilustración 14. Las diferentes configuraciones de un camión. Fuente: (Hribernik et al., 2010) .....	40
Ilustración 15. Marco de IoT basado en EPC. Fuente: (Tian et al., 2011) .....	41
Ilustración 16. La arquitectura de las empresas 4PL. Fuente: (Tian et al., 2011) .....	42
Ilustración 17. Estructura de la plataforma. Fuente: (Tian et al., 2011) .....	43
Ilustración 18. Proceso de control de la logística con CPS. Fuente: (Prasse et al., 2014) .....	46
Ilustración 19. Integración de IoT. Fuente: (Liu & Gao, 2014) .....	47
Ilustración 20. Arquitectura LSSC basada en IoT. Fuente: (Liu & Gao, 2014) .....	48
Ilustración 21. Aplicaciones de LSSC en IoT. Fuente: (Liu & Gao, 2014).....	49
Ilustración 22. Transmisión de la información de LSSC con IoT. Fuente: (Liu & Gao, 2014) .....	50
Ilustración 23. Diagrama del sistema de arquitectura logística inteligente. Fuente: (Z. Xu et al., 2012) .....	52
Ilustración 24. Diagrama del marco del modelo inteligente. Fuente: (Z. Xu et al., 2012) .....	52
Ilustración 25. Arquitectura autónoma de IoT. Fuente: (Zhonggui Ma et al., 2013) .....	53
Ilustración 26. Arquitectura de EPC en IoT. Fuente: (Zhonggui Ma et al., 2013).....	53
Ilustración 27. Etiqueta RFID. Fuente: Motorola.....	56

Ilustración 28. Tecnologías de IoT. Fuente: (Xuebing, 2012) .....	58
Ilustración 29. Entorno de IoT. Fuente: (Coetzee & Eksteen, 2011) .....	59
Ilustración 30. Esquema general del modelo de seguimiento y monitorización. Fuente: (C. Dong, 2014) .....	63
Ilustración 31. Ejemplo del proceso de entrega. Fuente: (C. Dong, 2014) .....	64
Ilustración 32. Interfaz del usuario. Fuente: (C. Dong, 2014) .....	64
Ilustración 33. Seguimiento de las trayectorias de los transportes. Fuente: (C. Dong, 2014) .....	64
Ilustración 34. Cadena de suministro tradicional e inversa. Fuente: (X. Xu et al., 2011) .....	65
Ilustración 35. Topología de la red SRSC. Fuente: (X. Xu et al., 2011).....	66
Ilustración 36. Sistema de seguimiento EDI. Fuente: (Song et al., 2012) .....	68
Ilustración 37. Monitorización de un contenedor. Fuente: (Morín, 2014).....	69
Ilustración 38. Entorno urbano con IoT. Fuente: (Macaulay et al., 2015) .....	71
Ilustración 39. Portacontenedores con control inteligente. Fuente: (Transnetwork, 2014) .....	74
Ilustración 40. Despiece de un VW Golf MK2. Fuente: www.autorecupera.com.....	75
Ilustración 41. Cadena de suministro de aprovisionamiento. Fuente: (Á. García, 2012) .....	76
Ilustración 42. Cadena de suministro de distribución. Fuente: (Á. García, 2012).....	76
Ilustración 43. Fases de la metodología BPM. Fuente: (Navarrete & Lario, 2010) .....	99
Ilustración 44. Esquema de "As-Is" y "To-Be". Fuente: (Alarcón, Alemany, A., & F.C, 2006) .....	101
Ilustración 45. Etapas de la metodología propuesta .....	102
Ilustración 46. Diagrama de la etapa de Inicio .....	107
Ilustración 47. Diagrama de la etapa As-Is.....	109
Ilustración 48. Diagrama de la etapa To-Be .....	110
Ilustración 49. Factores tecnológicos de la implantación. Fuente: (Youkyoung, 2015).....	114
Ilustración 50. Diseño proceso caso .....	123
Ilustración 51. Esquema funcionamiento Guizhou. Fuente: (Jingbo & Jie, 2011).....	134
Ilustración 52. Arquitectura MES. Fuente: (Jingbo & Jie, 2011).....	136
Ilustración 53. Sistema ferroviario. Fuente: (Guo et al., 2012) .....	138
Ilustración 54. Sistema Predixion-Intel. Fuente: (Intel, 2015).....	142
Ilustración 55. Tienda Tahona Goyesca .....	143
Ilustración 56. Monitorización de la flota. Fuente: (Libelium, 2015) .....	144

Ilustración 57. Waspote Plug and Sense. Fuente: (Libelium, 2015) .....	145
Ilustración 58. Instalación en el coche 1. Fuente: (Libelium, 2015) .....	145
Ilustración 59. Instalación en coche 2. Fuente: (Libelium, 2015) .....	146
Ilustración 60. Interfaz de rastreo. Fuente: (Libelium, 2015) .....	147
Ilustración 61. Lista de datos. Fuente: (Libelium, 2015) .....	148

## Índice de tablas

Tabla 1. Lista de acrónimos .....	9
Tabla 2. Términos de búsqueda.....	12
Tabla 3. Artículos consultados por año .....	12
Tabla 4. Artículos consultados con problemática y solución .....	17
Tabla 5. Tabla resumen de la Industria 4.0 .....	23
Tabla 6. Actividades y decisiones de la cadena de suministro. Fuente: (Lou et al., 2011) .....	30
Tabla 7. Resumen de las consideraciones de implantación de IoT .....	36
Tabla 8. Framework I.....	38
Tabla 9. Framework II.....	38
Tabla 10. Principales tecnologías de IoT .....	56
Tabla 11. Estándares de las tecnologías de IoT. Fuente: (S. Li et al., 2015).....	60
Tabla 12. Aplicaciones de Internet de las Cosas.....	61
Tabla 13. Tabla de costes de IoT.....	83
Tabla 14. Beneficios en Mercado .....	91
Tabla 15. Beneficios en Fabricación.....	91
Tabla 16. Beneficios en Transporte .....	92
Tabla 17. Beneficios en Almacenamiento .....	92
Tabla 18. Aspectos técnicos y no técnicos. Fuente: (Gall et al., 2015) .....	94
Tabla 19. Factores de caracterización. Fuente: (Gall et al., 2015) .....	96
Tabla 20. Taxonomía capítulos – Implantación .....	103
Tabla 21. Relación Etapas - Autores .....	104
Tabla 22. Relaciones de las áreas de conocimiento-proyecto .....	106
Tabla 23. Taxonomía Casos .....	118
Tabla 24. Búsquedas detalladas con Google Scholar y Scopus .....	130
Tabla 25. Búsquedas detalladas con Science Direct y IEEE Xplore .....	132
Tabla 26. Necesidades técnicas. Fuente: (Jingbo & Jie, 2011) .....	137



## Lista de acrónimos

<b>Acrónimo</b>	<b>Significado</b>
IoT	Internet of Things
SCM	Supply Chain Management
RFID	Radio Frequency Identification
GPS	Global Position System
WSN	Wireless Sensor Network
MES	Manufacturing Executive System
ERP	Enterprise Resource Planning
EPC	Electronic Product Code
EPCIS	EPC Information Storage
ONS	Object Name Service
M2M	Machine To Machine
OBD	On Board Diagnostic
MAS	Multi Agent System
CPS	Cyber Physical System
PAD	Production Assistant Device
LSSC	Logistics Service Supply Chain
AIS	Automatic Identification System
PML	Physical Markup Language
3PL/4PL	Third/Fourth Part Logistics
IC	Intelligent Container
TIC	Tecnología de Información y Comunicación
WLAN	Wireless Local Area Network
API	Application Programming Interface
AHN	Ad Hoc Networks
CRM	Customer Relationship Management
OSI	Open Systems Interconnection
OLI	Open Logistics Interconnection

Tabla 1. Lista de acrónimos

# 1. Introducción

## 1.1 Presentación y contexto

La aparición de nuevas tecnologías que permiten un mejor acceso y gestión de la información está transformando la manera de llevar a cabo diferentes procesos de negocio en las empresas. Actualmente en las cadenas de suministro, la visibilidad de las redes logísticas es bastante limitada, en otras palabras, existe mucha incertidumbre desde que un vehículo de transporte sale del origen hasta que llega a su destino, desconociendo en ese periodo su situación exacta y el estado de las mercancías. La aparición de Internet de las Cosas ayuda a disminuir dicha incertidumbre, ya que es posible saber y controlar la posición exacta de cada vehículo. Este trabajo contiene la metodología y los elementos tecnológicos para la implantación de Internet en la Cadena de Suministro, de esta forma cualquier interesado en la implantación de esta tecnología dispone de una guía para su uso.

## 1.2 Objetivos

El objetivo de esta Tesis Fin de Máster es identificar los beneficios y establecer una metodología de implantación de Internet de las Cosas en la logística de la Cadena de Suministro, ya que ésta última ha tenido un desarrollo muy elevado en los últimos años. Así las cadenas de suministro pueden establecer nuevos métodos de trabajo, que le permitan tener una ventaja competitiva respecto a las demás, proponiendo nuevas mejoras y métodos de trabajo para que la logística se realice de un modo más eficaz, trabajando en un entorno más colaborativo.

Viendo este gran potencial de la relación entre Internet de las Cosas y la logística, este trabajo tiene como objetivo responder a las preguntas:

- ¿Qué beneficios tiene la implantación de Internet de las Cosas en la Logística de la Cadena de Suministro?
- ¿Qué metodología emplear para alcanzar los beneficios de Internet de las Cosas?

### 1.3. Revisión bibliográfica inicial

Este trabajo sigue una línea que empieza desde una visión genérica para que entienda el origen de Internet de las Cosas y, a medida que el lector se va introduciendo en el tema, va detallándose hasta tener una visión más específica, de este modo el lector irá comprendiendo el contexto de la tecnología de Internet de las Cosas, conociendo las tecnologías y aplicaciones que tiene. Para comenzar este trabajo se ha realizado una búsqueda bibliográfica de la información desde las siguientes fuentes, cuya información está relacionada con Internet de las Cosas, la logística, la Industria 4.0. etc.

- Artículos de bases de datos académicas
- Diccionarios y enciclopedias especializadas
- Libros, informes, periódicos, comunicaciones científicas, revistas, anuarios y otras publicaciones periódicas
- Páginas web especializadas

El objetivo de la información recopilada es obtener las respuestas a las preguntas que plantea el proyecto. La recolección de informaciones sobre el objeto estudiado permitirá encontrar diferentes maneras de abordarlo.

Las bases de datos académicas consultadas son:

- Google Scholar
- Scopus
- Science Direct
- IEEE Xplore

Los términos de búsqueda (keywords) que se escogieron fueron los siguientes:

- Internet of Things AND Logistics
- Internet of Things AND Supply Chain
- IoT AND Logistics
- IoT AND Supply Chain
- Physical Internet
- Industry 4.0
- Implementation AND process AND supply
- Implementation AND reengineering
- Methodology AND Project management

La siguiente Tabla 2 e Ilustración 1 muestra el resumen de la búsqueda de artículos:

<b>Términos búsqueda</b>	<b>Google Scholar</b>	<b>Scopus</b>	<b>Science Direct</b>	<b>IEEE Xplore</b>
Internet of things AND logistics	46	84	21	152
Internet of things AND supply chain	16	39	18	100
lot AND logistics	26	26	11	77
lot AND supply chain	6	17	10	57
Physical internet	310	115	21	24
Industry 4.0	103	83	41	10
Implementation AND process AND supply	8	9	3	1
Implementation AND reengineering	17	12	45	1
Methodology AND project management	46	64	7	13
<b>Total</b>	<b>578</b>	<b>449</b>	<b>177</b>	<b>435</b>

Tabla 2. Términos de búsqueda

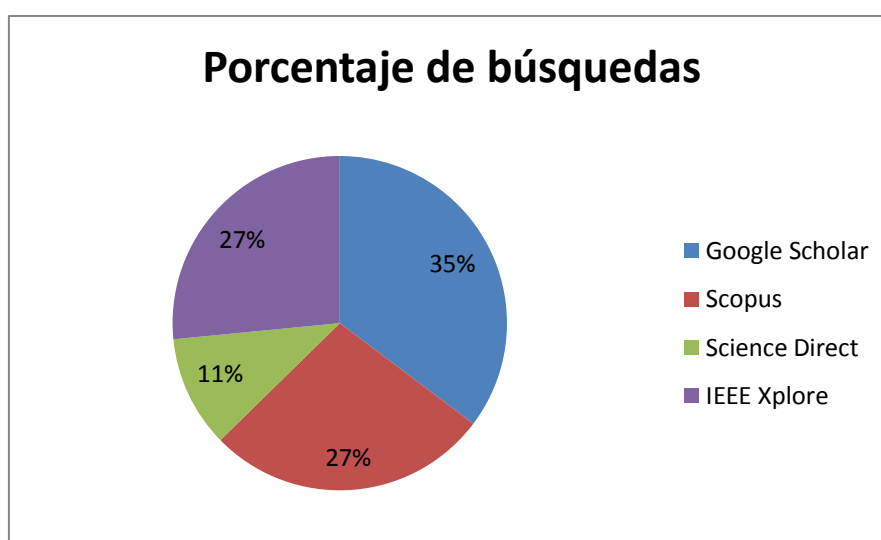


Ilustración 1. Búsquedas por web

Con un análisis por año de las búsquedas consultadas se obtienen los resultados de la Tabla 3 e Ilustración 2:

<b>Total artículos por año</b>	<b>Artículos</b>
2015 <sup>1</sup>	298
2014	391
2013	313
2012	330
2011	307
<b>Total artículos</b>	<b>1639</b>

Tabla 3. Artículos consultados por año

<sup>1</sup> Los artículos del año 2015 cubren hasta el mes de Octubre

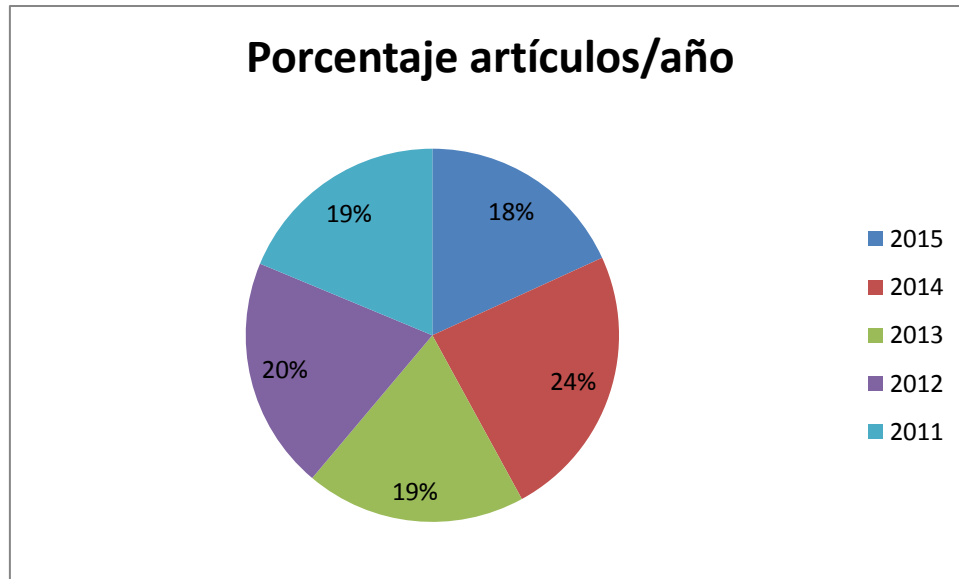


Ilustración 2. Búsquedas por año

Para la selección de los artículos se tuvieron en cuenta los siguientes criterios:

- Que tuvieran relación con las preguntas iniciales, dentro del ámbito de Internet de las Cosas, la Logística y la implementación de la Reingeniería de procesos
- Que tuviera información detallada sobre los temas a tratar
- Claridad del contenido
- Que los artículos fueran lo más actuales posibles (desde el 2011)
- Que los textos presenten abordajes diversificados del estudio

A continuación se muestran ordenados por año los artículos recopilados, solamente de las bases de datos académicas consultadas<sup>2</sup>, se hace por el motivo de no extender demasiado la tabla ya que no se incluye la información de los informes y páginas web especializadas. (Tabla 4). De cada artículo se explica brevemente la problemática y solución de cada artículo:

Núm	Título	Autores	Año	Problemática	Solución
1	<i>Physical Internet Enabled Interconnected City Logistics</i>	Crainic & Montreuil	2015	Ineficiencia del transporte en los entornos urbanos	Con el Internet Físico se optimizan las operaciones de transporte en una ciudad
2	<i>Analysis and Research of Network Measurement Technologies</i>	Chengmin et al	2015	El aumento de la cantidad de datos en las redes, hace aumentar la complejidad en la gestión de las infraestructuras	Hacer mediciones del ancho de banda en cada una de las capas que componen el protocolo de redes

<sup>2</sup> Para más información consultar las referencias bibliográficas.

3	<i>Design of a Performance Measurements Platform in Lightweight M2M for Internet of Things</i>	Robles & Jokela	2015	La necesidad de establecer un esquema que proporcione la información para la medición y comprensión de los problemas de las redes	Establece una plataforma para medir el rendimiento de las redes
4	<i>A New Approach to Integrate Internet-of-Things and Software-as-a-Service Model for Logistic Systems: A Case Study</i>	Chen et al	2014	La falta de integración de los recursos físicos y los servicios de Cloud Computing o Nube	Diseño de un marco conceptual para la gestión logística en la Nube
5	<i>A scheme for logistics tracking and monitoring based on internet of things</i>	Chong Dong	2014	Falta de información durante el transporte logístico	Establece una plataforma para monitorizar el transporte
6	<i>Study on IOT based Architecture of Logistics Service Supply Chain</i>	Liu & Gao	2014	Saber los efectos de IoT en los servicios logísticos	Crear una arquitectura basada en IoT para saber dichos efectos
7	<i>How IoT will change the design and operation of logistics systems</i>	Prasse et al	2014	Cómo gestionar de manera eficiente y eficaz las operaciones logísticas	Crear el concepto de CPS (Cyber Physical Systems) para mejorar los flujos de información y de los productos
8	<i>Smart Factories in Industry 4.0: A Review of the Concept and of Energy Management Approached in Production Based on the Internet of Things Paradigm</i>	Shrouf et al	2014	Cómo serán de sostenibles las industrias del futuro	Definir las principales características de la Industria 4.0 en términos de sostenibilidad
9	<i>Research on the application of the internet of things in Reverse Logistics Information Management</i>	Gu & Liu	2013	Cómo mejorar la gestión de la logística inversa	Diseño de un sistema de gestión de la logística inversa con IoT
10	<i>Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions</i>	Gubbi et al	2013	IoT tiene elementos tecnológicos que necesitan tener un orden para el correcto funcionamiento	Establecer un orden para la implementación de IoT en el futuro

11	<i>Architecture Design of Internet of Things in Logistics Management for Emergency Response</i>	Xu et al	2013	Cómo utilizar IoT en situaciones de emergencia	Diseño de una arquitectura para responder ante las situaciones de emergencia
12	<i>The Study of a Dual-channel Automotive Supply Chain Based on Internet of Things</i>	Zhang & Guo	2013	La complejidad de la cadena de suministro del automóvil es muy elevada	Saber los efectos de la implantación de IoT en la cadena de suministro del automóvil
13	<i>A Application of Cloud Computing and IOT in Logistics</i>	Lu & Teng	2012	Cómo relacionar las tecnologías de Cloud Computing con IoT	Diseño de una plataforma para gestionar el intercambio de datos logísticos
14	<i>Quantifying the Value of RFID and the EPCglobal Architecture Framework in Logistics</i>	D. Uckelmann	2012	Qué mediciones hay que tener en cuenta cuando se implanta la tecnología RFID	Exponer los valores que tiene la implantación de RFID en la Cadena de Suministro
15	<i>The Intelligent Container as a part of the Internet of Things</i>	Dittmer et al	2012	Los alimentos transportados en contenedores necesitan tener un seguimiento de sus condiciones de transporte	Utilizando IoT se puede saber las condiciones internas de un contenedor en cualquier momento
16	<i>The Application used RFID in Third Party Logistics</i>	Mingxiu et al	2012	Cómo mejorar la productividad, reduciendo los errores en las operaciones logísticas	Introduciendo la tecnología RFID mejora la gestión logística
17	<i>The Physical Internet and Business Model Innovation</i>	Montreuil et al	2012	Cómo mejorar la eficiencia de las operaciones logísticas	Aplicando el funcionamiento de Internet al mundo físico (Internet Físico)
18	<i>The Building of Logistics Management System Based on RFID and WSN Technology</i>	Ouyang Xuebing	2012	Cómo mejorar la eficiencia de la logística con la introducción de nuevas tecnologías	Diseño de una arquitectura para mejorar la gestión de la información logística con IoT
19	<i>The Internet of Things Technology in Logistics Application</i>	Ruan et al	2012	La tecnología IoT en logística está todavía en una fase inicial que tiene todavía que desarrollarse	Se analizan los obstáculos de la aplicación de IoT en logística y expone unas propuestas para promocionar IoT
20	<i>Internet of Things Applications in Bulk Shipping Logistics: Problems and Potential Solutions</i>	Song et al	2012	La complejidad de las aplicaciones de la gestión del tráfico marítimo	Exponer las soluciones a los principales problemas de las aplicaciones de la gestión del tráfico marítimo

21	<i>Design and Implementation of IOT-Based Logistics Management System</i>	Sun Jianli	2012	El aumento del tráfico en logística ocasiona problemas en su gestión	La utilización de GPS en IoT mejora la eficiencia y la gestión del tráfico logístico
22	<i>Design and Actualization of IoT-based Intelligent Logistics System</i>	Xu et al	2012	El nivel de complejidad que ha alcanzado la logística en la actualidad	Diseño de un sistema para mejorar las operaciones logísticas
23	<i>Application of Internet of Things in Combined Operation Logistics Support</i>	Zhang et al	2012	La información ambigua que genera ineficacia e ineficiencia	Combinar las tecnologías como RFID o IoT para mejorar la información de las operaciones logísticas
24	<i>Research and Design of Logistics Management System Based on Internet of Things.</i>	Changhui Yu	2011	Falta de integración de la información durante el proceso logístico	Diseño de un sistema que integre IoT con las tecnologías WSN (Wireless Sensor Network) y RFID (Radio Frequency Identification)
25	<i>The Internet of Things – Promise for the Future? An Introduction</i>	Coetzee & Eksteen.	2011	El desconocimiento de IoT todavía es elevado	Exponer los beneficios que tiene la implantación de IoT
26	<i>Application Analysis of Internet of Things Technology in Intelligent Logistics System</i>	Dong & Song	2011	Falta de integración de los sistemas logísticos	Analizar y proponer soluciones a los problemas de los sistemas logísticos
27	<i>Research on Applying The Internet of Things for Logistics Business Process Reengineering</i>	Li & Lu	2011	Cómo mejorar la logística de IoT a través de la reingeniería	Expone recomendaciones en varios ámbitos de los procesos de negocio logísticos
28	<i>The architecture and key technologies of Internet of Things in Logistics</i>	Ma et al	2011	Cómo mejorar la gestión logística para tener mayor eficiencia	Diseño de una arquitectura para combinar IoT con la logística
29	<i>An Open Logistics Interconnection model for de Physical Internet</i>	Montreuil et al	2011	Mejorar la eficiencia del transporte	Diseño de un modelo de transporte, trasladando el funcionamiento de Internet a una red física (Internet Físico)
30	<i>Agile Supply Chain Management over the Internet of Things</i>	Ping et al	2011	Existe una brecha entre los flujos de materiales y de información en las cadenas de suministro ágiles	Gestionar eficientemente las cadenas de suministro ágiles con la tecnología de IoT



31	<i>Internet of Things Based on EPC Technology and Its Application in Logistics</i>	Shuxiang Wang	2011	Cómo obtener información de los materiales que se transportan para su gestión	Se utiliza la tecnología EPC (Electronic Product Code) para obtener dicha información
32	<i>Analysis and Research for Fourth Party Logistics Based on Internet of Things</i>	Tian et al	2011	Falta de coordinación de las empresas 3PL por las empresas 4PL	Diseño de un sistema para mejorar la gestión entre las empresas 3PL y 4PL con IoT
33	<i>Applications of IoT to Reverse Supply Chain</i>	Xu et al	2011	Como mejorar la gestión de la cadena de suministro inversa	Diseño de una arquitectura que permita gestionar la cadena de suministro inversa con IoT
34	<i>IoT-aware business processes for logistics: limitations of current approaches</i>	Ferreira et al	2010	Falta de conocimiento de las tecnologías de IoT	Difundir y exponer las limitaciones de los procesos de negocio logísticos
35	<i>An Internet of Things for transport logistics - An approach to connecting the information and material flows in autonomous cooperating logistics processes</i>	Hribernik et al	2010	Falta de conexión entre los flujos de información y de materiales	Diseño de una arquitectura para mejorar la conexión entre ambos flujos con IoT

Tabla 4. Artículos consultados con problemática y solución

En la búsqueda se ha procurado obtener los artículos más actualizados para saber las últimas novedades de la materia, lamentablemente no se han podido evaluar más artículos ya que no estaban disponibles y por el título habrían sido muy interesantes para conocer sus resultados. Se ha decidido también recopilar información de páginas web especializadas, que aunque no sean artículos científicos la información aportada ha sido muy buena para dar más consistencia al trabajo. También hay que decir que siendo una tecnología muy reciente y todavía escasamente aplicada en un entorno real, los artículos estaban centrados la mayor parte en el área investigadora y menos en la parte aplicada a un caso real.

## 1.4 Estructura del Proyecto

Siendo un tema tan extenso y con cierta complejidad en su comprensión, se ha pretendido seguir un hilo argumental que va desde los aspectos generales, hasta ir poco a poco ofreciendo un nivel más detallado. El trabajo empieza exponiendo cuál es el origen de Internet de las Cosas, que algunos autores ya lo denominan la Industria 4.0, esto es necesario para poner al lector en contexto y sepa desde un principio de dónde viene este desarrollo tecnológico, después va introduciéndose con más detalle en Internet de las Cosas y sus tecnologías y aplicaciones en la logística. Se verán algunos modelos de ejemplo de varios autores referidos a la implantación de esta tecnología, así como las principales partes que componen cada modelo. También se exponen algunos ejemplos de aplicación de Internet de las Cosas, así como los beneficios, medidas de rendimiento y costes de implantación.

- Capítulo 1 (Introducción): Se hace una breve introducción del proyecto, con los objetivos a alcanzar y la metodología que se ha seguido para desarrollar el proyecto.
- Capítulo 2 (Actualidad logística de las empresas): Para poner al lector en contexto, se informa sobre el origen de Internet de las Cosas.
- Capítulo 3 (Internet de las Cosas): Se explica con mayor profundidad Internet de las Cosas y su aportación a la Cadena de Suministro, su implementación y modelos.
- Capítulo 4 (Tecnologías y aplicaciones): En este capítulo se muestra las principales tecnologías de Internet de las Cosas junto con algunas de sus aplicaciones.
- Capítulo 5 (Rendimiento en la aplicación de Internet de las Cosas): Se muestran los principales indicadores de rendimiento, los costes y los beneficios.
- Capítulo 6 (Implantación de Internet de las Cosas): Se explican los elementos a tener en cuenta para la implantación y los principales métodos para abordar el cambio.
- Capítulo 7 (Propuesta de implementación): Se hace una propuesta de implantación de Internet de las Cosas.
- Capítulo 8 (Validación sobre los casos reales): Son los casos extraídos de situaciones reales en los que se ha implantado Internet de las Cosas.
- Capítulo 9 (Conclusiones): Son las conclusiones a las que se ha llegado en este proyecto, con las mejoras que supone Internet de las Cosas.
- Capítulo 10 (Anexo): Se detallan los casos reales de implantación de Internet de las Cosas.

En el trabajo se hace una propuesta de implementación, en el caso de que cualquier empresa interesada pueda implementar esta tecnología. Por último, se extraen unas conclusiones sobre las observaciones realizadas a lo largo del trabajo con respecto al análisis realizado. Este trabajo también pretende que se continúe con la labor investigadora para que se desarrolle esta tecnología en un área tan dinámica y compleja como es la logística, ya que tiene un potencial muy elevado y con muchos beneficios.

## 2. Actualidad de la Logística de las empresas

Las empresas dedicadas a la producción se enfrentan a un reto, en la era digital cada vez es más importante fabricar más, con una mayor orientación a la demanda y de manera más flexible. Por si esto no fuera suficiente, el producto final no debe encarecerse. En el futuro, la obtención y el análisis de información sobre los costes productivos y el comportamiento del proceso de producción mientras este se encuentra en marcha, serán aspectos críticos para el éxito de las fábricas (Kagermann, 2015).

El recorrido de los productos es tan largo que quizás se debería investigar sobre ello, ya que detrás de ese ir y venir por países de contenedores herméticos, camiones, aviones y barcos, se esconde un no desdeñable 10% del precio final, y la mitad de las emisiones de CO2 contaminante de todo el planeta. Hay cálculos que estiman que los camiones de transporte sólo transportan bienes de consumo el 10% del tiempo en que circulan. Por todo ello, distintas industrias de fabricación y distribución, han iniciado de la mano de parte de la comunidad científica, el camino para implantar el llamado "Internet de las Cosas".

El devenir de Internet de las Cosas (también denominada IoT, de la abreviatura inglesa Internet of Things), dependerá de la capacidad de las industrias en establecer y pactar protocolos y estándares, que permitan trabajar de modo colaborativo en las distintas partes de la cadena de suministro. Se requerirá de un software adecuado y adaptado para interpretar los datos provenientes de distintas fuentes, y gestionarlos de forma óptima, compartiendo información y facilitando su accesibilidad en todo momento y lugar con los procesos ejecutables en la Nube (Cloud Computing). Sin duda, se abren nuevas perspectivas para la logística de la cadena de suministro, así como para las aplicaciones informáticas y los sistemas de gestión de la información (Prodware\_Marketing, 2014).

Con los objetos conectados a la red, se puede hacer el seguimiento, monitorización, contabilización, análisis, y a partir de allí implementar estrategias o planes que permitan atacar las problemáticas de las empresas, tales como reducir el desperdicio, el coste, el tiempo de respuesta y buscar ser más eficientes y productivos, que es uno de los retos prioritarios que enfrentan las empresas actualmente. Para muchos sectores e industrias, el aumento de la conectividad en todas las áreas de la vida ofrece un potencial para la creación de nuevos modelos de negocio, causando cambios y alteraciones en los campos competitivos actuales, por ejemplo, los nuevos proveedores pueden hacerse cargo del lucrativo negocio de la reparación y mantenimiento de las empresas de ingeniería (Bosch, 2015).

La encuesta, realizada en octubre 2014 por Forrester Consulting en nombre de Zebra Technologies a 600 empresas, muestra que el 90% de las empresas tienen o planea implementar soluciones de IoT en un año. Por otro lado, casi el 40% enumera los problemas de privacidad y de seguridad como los mayores desafíos de esta tecnología (Zebra\_Technologies, 2015).

Toda esta tecnología incipiente creará una nueva infraestructura tecnológica para la sociedad, que hará cambiar la economía global en los próximos decenios. Se están conectando miles de millones de sensores a flujos de recursos, almacenes, sistemas viarios, cadenas de producción, redes de distribución eléctrica, oficinas, hogares, tiendas, vehículos que supervisan continuamente su estado y su funcionamiento, y todos estos datos se enviarán a través de Internet. La implantación de IoT contribuirá a tener toda la información en tiempo real de cualquier proceso en la industria, mediante la instalación de dispositivos en fábricas que optimizan la capacidad de carga de los sistemas de producción en función del precio de la energía, la capacidad de adaptación de las líneas de producción o los sensores de consumo. Además, con IoT se tomarán mejores decisiones para mejorar la gestión para conseguir ahorros muy significativos (Teruel, 2014).

A continuación vemos algunas ilustraciones (Ilustración 3, Ilustración 4, Ilustración 5) en la que se reflejan las evoluciones e implantaciones mundiales de IoT (Teruel, 2014).



Ilustración 3. Evolución de un objeto inteligente. Fuente: (Teruel, 2014)

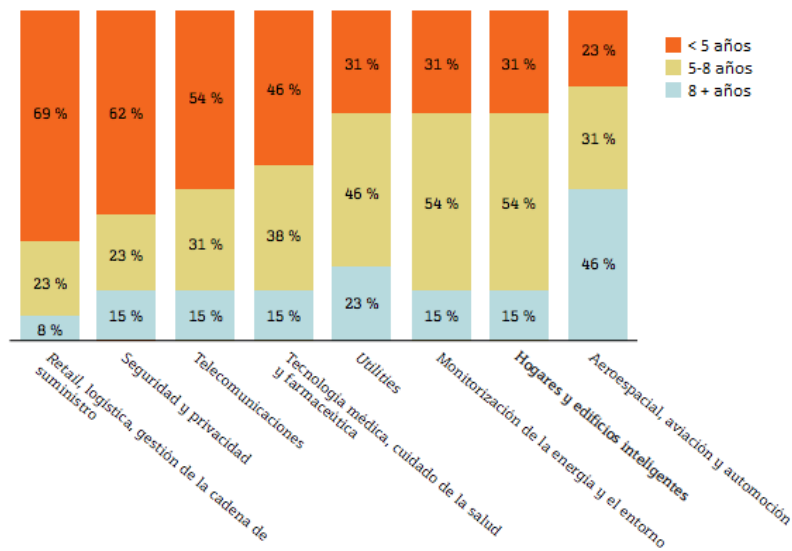


Ilustración 4. Implantación de IoT en el futuro. Fuente: (Teruel, 2014)

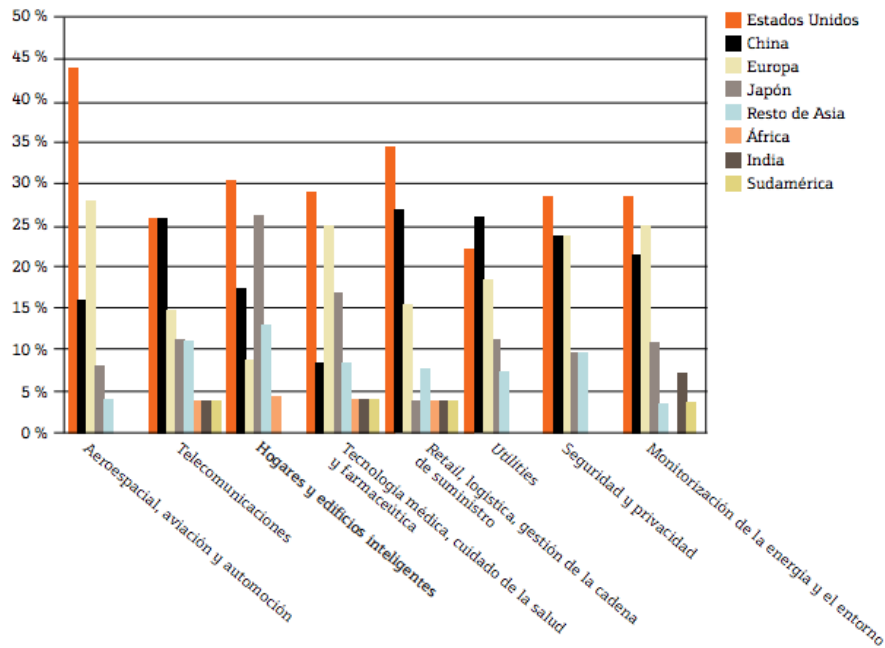


Ilustración 5. Implantación mundial de IoT por regiones. Fuente: (Teruel, 2014)

En este apartado introductorio se comprueba que el desarrollo de la logística a nivel mundial está evolucionando gracias a la utilización de nuevas tecnologías, las cuales serán necesarias para que la gestión de todas las actividades se realicen correctamente. El sistema productivo tendrá un cambio tan importante que ya hay quien dice que la industria está llegando a alcanzar una nueva evolución, que en este caso sería la Industria 4.0, en la que el nivel de automatización se llevará a un nivel superior, ya no sólo se automatizarán la líneas de producción, sino que los sistemas serán capaces de aprender y de tomar sus propias decisiones. Con todos estos cambios será necesario que el personal se adapte a los nuevos tiempos, y posiblemente tendrá que formarse en nuevas tecnologías, viendo que habrá nuevos nichos de negocio que habrá que explorar y explotar. En el siguiente apartado se aborda la nueva era de la Industria 4.0 para su mejor comprensión.

## 2.1 La Industria 4.0

El término de Industria 4.0 significa una etapa más en la evolución del desarrollo de la industria manufacturera, centrándose en crear productos, procedimientos y procesos inteligentes. Estas fábricas inteligentes son capaces de gestionar la complejidad y de fabricar productos de un modo más eficiente (Kagermann, Wahlster, & Helbig, 2013). En la economía del futuro la producción será de lotes cada vez más pequeños y con una gran cantidad de variantes (Festo, 2015). Esta nueva forma de producción ofrece una visión de fabricación más automatizada e informatizada, con todos los procesos interconectados a través de otra nueva tecnología como es Internet de las Cosas (Kagermann, 2015), de este modo se desarrollarán y mejorarán también los procesos de toma de decisiones, tan cruciales a la hora de dirigir las empresas.

En esta transformación de las empresas, los sensores, las máquinas, las piezas de trabajo y los sistemas de TI (tecnologías de la información, IT “Information Technology”) se conectarán a lo largo de la cadena de valor más allá de una sola empresa. Estos sistemas conectados (también conocidos como sistemas ciberfísicos) pueden interactuar entre sí para obtener previsiones más fiables, poder configurarse ellos mismos, y adaptarse a los cambios (Rüßmann et al., 2015). Las fábricas inteligentes recopilan y analizan los datos para conocer mejor los comportamientos y las necesidades de los clientes, y así se le proporcionan nuevos productos y servicios (Shrouf, Ordieres, & Miragliotta, 2014). Aunque está en una fase muy reciente, se espera que el nuevo concepto de Industria 4.0 sea capaz de impulsar los cambios al mismo nivel que supuso la primera revolución industrial a vapor, la producción en masa de la segunda, y la electrónica y la proliferación de la tecnología de la información, que ha caracterizado a la tercera revolución industrial (Masingenieros, 2015).

Las áreas y conceptos tecnológicos clave de la Industria 4.0 son los siguientes:

**Internet de las cosas (IoT, Internet of Things):** Mediante la conexión de los dispositivos, todas las empresas que forman parte de la cadena pueden entender mejor las interdependencias, el flujo de materiales y los tiempos de ciclo de fabricación. Ante cambios inesperados se obtiene una mejor reacción que afectan a la producción, como los cuellos de botella y escasez de materiales (Shrouf et al., 2014).

**Integración de los sistemas horizontales y verticales:** Los sistemas departamentales de una empresa estarán mejor integrados tanto internamente, sino también entre los socios a través de las cadenas de valor (McKendrick, 2015).

**Sistemas Ciberfísicos y Ciberseguridad:** Los sistemas Ciberfísicos tendrán la capacidad de unir la física y el mundo digital, cubriendo el área de producción, así como la de los productos (Lasi, Fettke, Kemper, Feld, & Hoffmann, 2014).

**La Nube o Cloud Computing:** La necesidad de apoyar la multitud de dispositivos y sensores, junto con las grandes cantidades de datos que se generan, hace que sea conveniente que los servicios puedan estar mejor controlados si están en La Nube o Cloud Computing (McKendrick, 2015).

**Big Data:** El “Big Data” es la tecnología que analiza grandes cantidades de datos, para que puedan almacenarse y procesarse en tiempo real, desde los sistemas de computación en la nube (Quincoces, 2014).

**Simulación:** Con la simulación se podrán modelar virtualmente los escenarios de los productos, permitiendo hacer pruebas rápidas e innovadoras, con las ventajas que conlleva en el ahorro de tiempo y coste.

**Fabricación con impresión 3D:** La fabricación de lotes pequeños de productos personalizados, hace que la tecnología con la impresión en 3D ofrezca ventajas de construcción, tales como los diseños complejos. La fabricación en impresión 3D ahorrará tiempo y dinero frente a técnicas tradicionales (Quincoces, 2014).

**Realidad virtual:** La realidad virtual guiará a los operarios en sus labores rutinarias, para que las máquinas aprendan por sí mismas bajo la tutela del operario (Quincoces, 2014).

**Robótica:** Entre las características más importantes está la robótica colaborativa, con máquinas que ayudan al operario en tareas repetitivas o peligrosas, compartiendo actividades en un mismo lugar físico. “El diseño de la fábrica se tendrá que hacer a partir del producto y no al contrario” (Climent, 2014).

**Gestión de la energía:** Los contadores inteligentes pueden proporcionar datos en tiempo real, y tomar decisiones basadas en sus capacidades y en colaboración con los servicios externos, mejorando la eficiencia energética (por ejemplo, evitar la hora punta, integrar los datos de energía en el programa de producción, etc.). Además, permite una automatización de los controles ambientales en la fábrica, como la climatización. Con una red inteligente se reacciona a los cambios en los precios de la energía (Shrouf et al., 2014).

En la Tabla 5 se muestra un resumen de las principales áreas y conceptos tecnológicos de la Industria 4.0.

Áreas	Conceptos
Internet de las Cosas	Conexión de los dispositivos a Internet
Integración de sistemas	Sistemas departamentales integrados
Ciberfísica y Ciberseguridad	Unión de los sistemas físicos y digitales
Cloud Computing	Almacenamiento de la información
Big Data	Análisis y procesamiento de los datos de la información
Simulación	Modelación virtual de los escenarios
Impresión 3D	Diseños personalizados y complejos
Realidad virtual	Aprendizaje mutuo entre personas y máquinas
Robótica	Fabricación flexible
Gestión de energía	Ahorro de consumo de energía

Tabla 5. Tabla resumen de la Industria 4.0

En la Ilustración 6, Ilustración 7 e Ilustración 8 se pueden observar varios ejemplos de fábrica y ciudad del futuro.

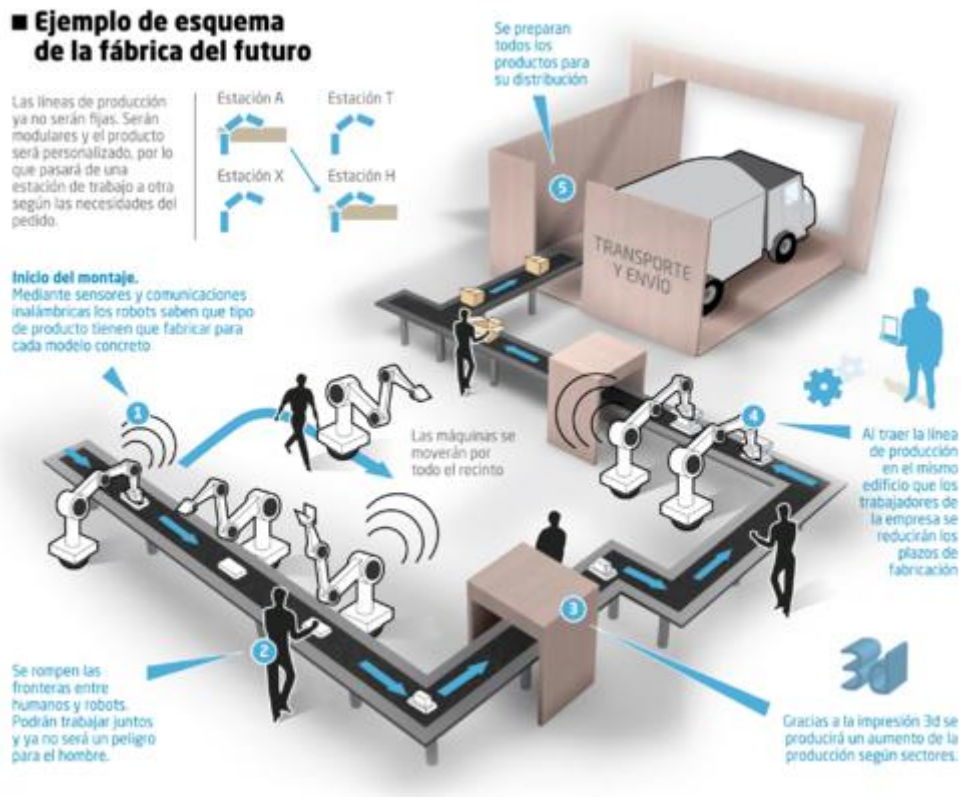


Ilustración 6. Fábrica del futuro. Fuente: (Climent, 2014)

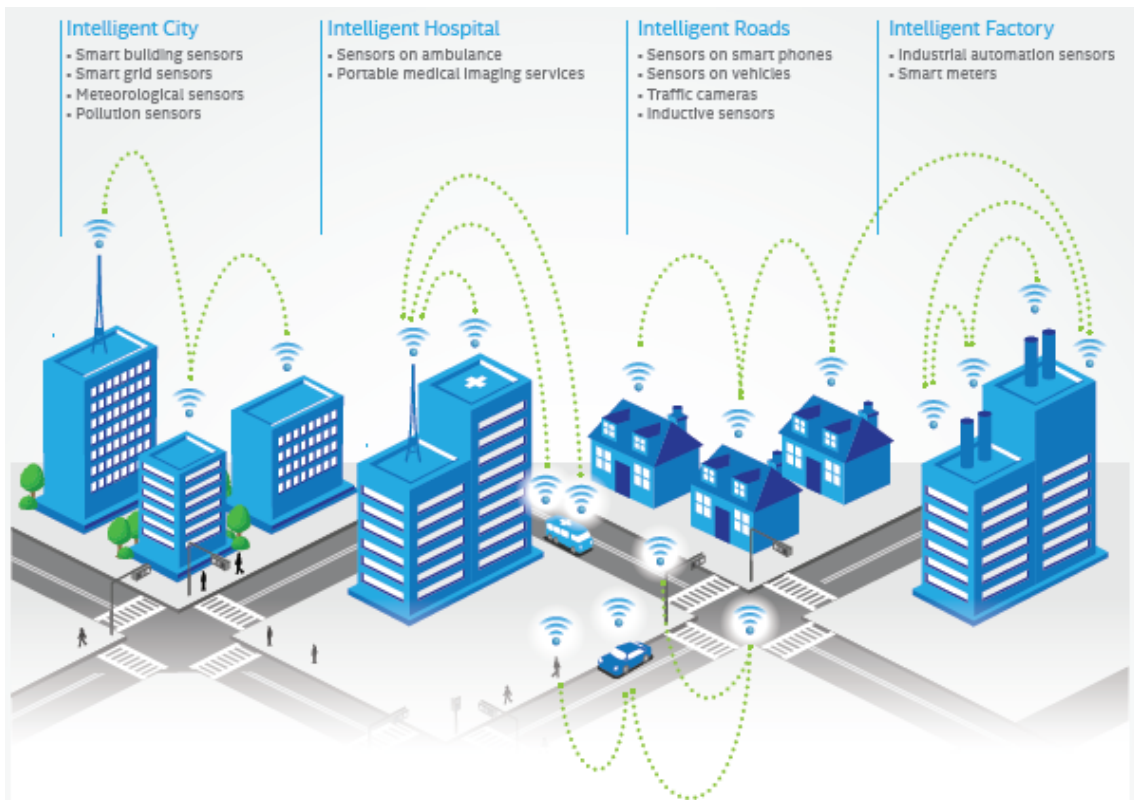


Ilustración 7. Ejemplo de ciudad inteligente. Fuente: (Intel\_IT, 2013)



## Better with integration

### Examples of successful integration in the product development and production process

Modern and future production facilities take advantage of industrial integration including horizontal, vertical and lifecycle integration. This infographic provides Siemens' view of efficient production with technologies currently available. Follow the QR Code for a more detailed version.

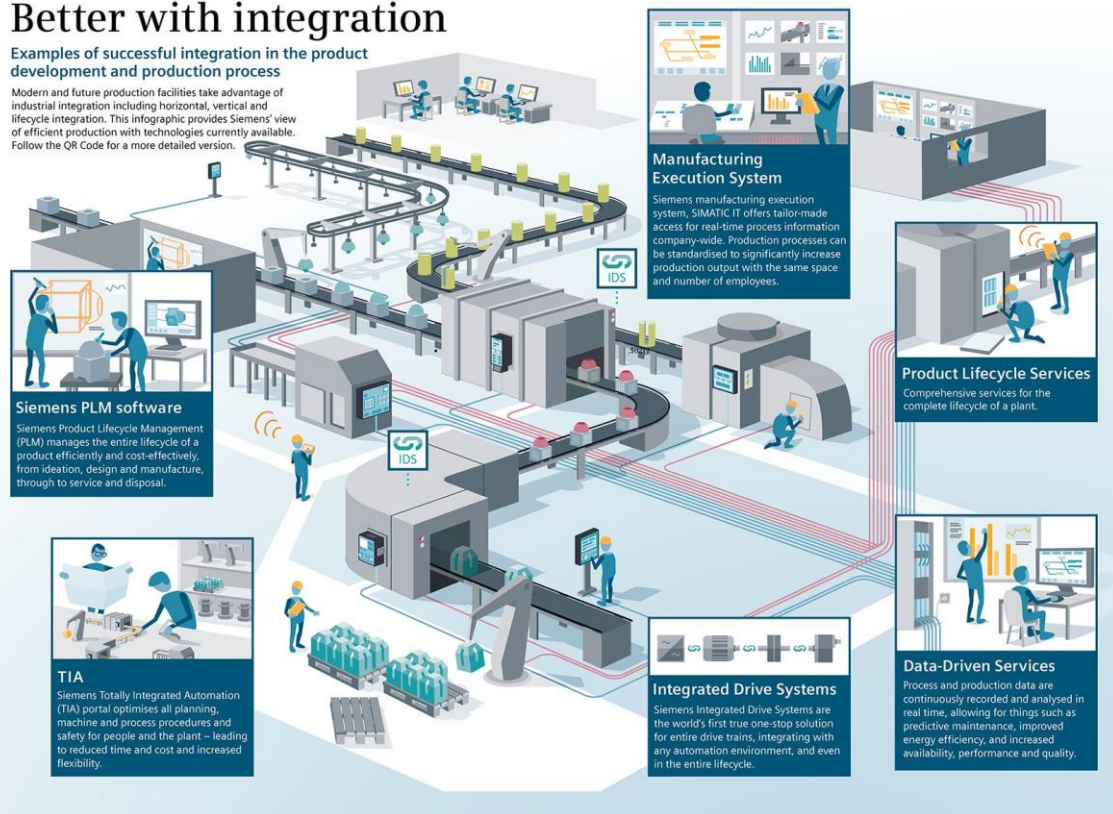


Ilustración 8. Integración de la fábrica del futuro. Fuente: (Siemens, 2015)

En este capítulo se ha expuesto de un modo genérico la Industria 4.0 y sus enormes posibilidades y cambios que deparará el futuro, aunque hay que decir que todavía falta evolucionar todo el desarrollo y tecnologías que utiliza para que realmente sea operativa la industria del futuro. Las empresas tendrán que adaptarse a este tipo de fabricación inteligente para tener una ventaja competitiva respecto a otras empresas, las cuales, si no se adaptan tenderán irremediamente a su desaparición. Hablar de la industria 4.0 se haría demasiado extenso y no es objeto de este proyecto, con lo que se ha pretendido exponer al lector unas nociones para que tenga un enfoque genérico respecto del capítulo. En el siguiente capítulo se adentrará ya en Internet de las Cosas, el cual es una de las partes que tendrá la Industria 4.0, de hecho se puede llegar a decir que sin Internet de las Cosas no habrá Industria 4.0.

### 3. Internet de las Cosas

En el anterior capítulo se ha estado explicando el mundo de la Industria 4.0, en la que probablemente será el tipo de industria que se vaya implantando en un futuro no muy lejano. Será una tecnología novedosa y será necesario reestructurar prácticamente todas las áreas de cualquier empresa, porque se necesitarán utilizar nuevos dispositivos para que su funcionamiento sea el idóneo. De entre todas las tecnologías que se implantarán sobresale una de ellas denominada Internet de las Cosas, en inglés “Internet of Things” o “IoT” de manera abreviada.

Internet de las Cosas, es un concepto de red para el intercambio de información y comunicación a través de Internet para intercambiar información y comunicación, a fin de lograr una gestión inteligente (Lu & Teng, 2012). Su finalidad es permitir que todos los elementos se puedan comunicar entre sí en cualquier momento, en cualquier lugar, otorgando a cada objeto una dirección para poder tener comunicación con los demás objetos, e incluso controlarlos (Tian, Fan, Zou, & Zhang, 2011). El IoT ofrece un papel clave para el futuro de Internet, cerrando la brecha entre el mundo físico y su representación en los sistemas de información (Ferreira, Martinho, & Domingos, 2010).

La implantación de IoT requiere de las siguientes competencias (R. Xu, Yang, & Yang, 2013):

**Nivel de Tecnología.** Desafíos vinculados a la integración de los objetos de las redes inteligentes bajo fuertes restricciones de energía y medio ambiente.

**Comunicación y trabajo en red.** Desafíos vinculados a la seguridad de la red y flexibilidad en la prestación de servicios en todas partes.

**Nivel de Inteligencia.** Desafíos vinculados con la fusión de datos y descubrimiento de servicios donde los datos son recogidos por los objetos inteligentes para ser examinados y distribuidos.

Internet de las Cosas tiene principalmente las siguientes características:

- El IoT hace que cualquier objeto pueda conectarse a Internet para intercambiar información y comunicarse entre sí, con una identificación inteligente, obteniendo la localización, el seguimiento, el control y la gestión de red (Tian et al., 2011).
- La fiabilidad y precisión en la entrega de la información a través de la integración de las telecomunicaciones y redes.
- El análisis inteligente (Big Data) de la gran cantidad de datos que proporcionan los objetos, los cuáles se almacenan en el Cloud Computing.

Como cualquier objeto tecnológico tiene unas aplicaciones definidas, Internet de las Cosas también tiene una amplia variedad de aplicaciones que se pueden comprobar a continuación.

En la siguiente Ilustración 9 se muestra las aplicaciones de Internet de las Cosas.

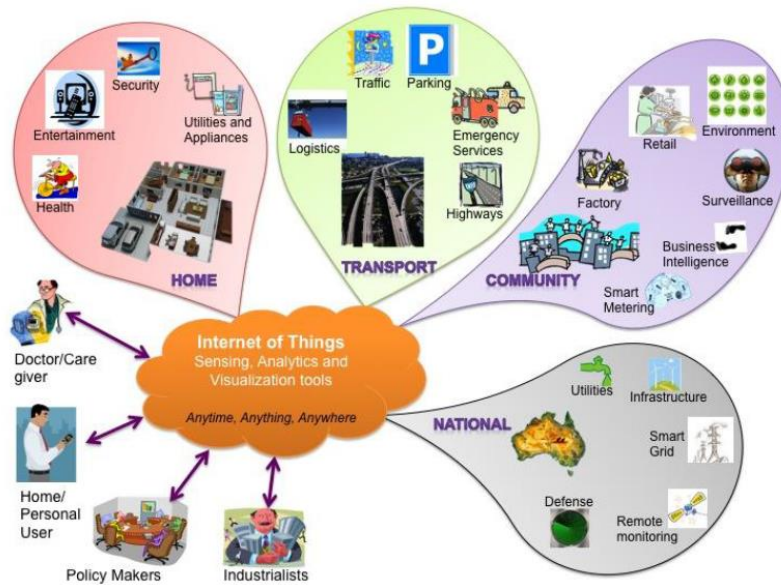


Ilustración 9. Esquema de las áreas de aplicación de IoT. Fuente: (Gubbi, Buyya, & Marusic, 2013)

Para que Internet de las Cosas tenga una amplia difusión se hace necesario que las siguientes áreas clave deban ser tenidas en cuenta (Coetzee & Eksteen, 2011):

**La privacidad, gestión de identidades, seguridad y control de acceso.** El IoT presenta importantes desafíos en términos de quién puede ver qué credenciales (recordando que las entidades ya no son sólo las personas, pero podría ser cualquier forma de objeto de IoT).

**La normalización e interoperabilidad.** Garantizar que cada vez que se desarrolla una nueva aplicación no haya ningún problema en la conexión.

**La gran cantidad de datos.** El sistema debe poseer de una infraestructura que permita el flujo de datos de millones de objetos, asegurándose de que sea utilizable para las generaciones futuras.

Internet de las Cosas tiene numerosas aplicaciones para realizar una mejor gestión del mundo empresarial, pero para que funcione correctamente hay que tener en cuenta que es una tecnología que tiene una complejidad bastante elevada, con numerosos dispositivos que se tienen que integrar entre ellos, lo que será necesario disponer de un personal altamente cualificado para llevar a cabo semejante empresa. La utilización de IoT se aplicará en numerosos sectores, no sólo a nivel empresarial, sino también en un entorno doméstico o comunitario, pero todavía tiene que pasar bastantes años para que todo el mundo esté interconectado, y mientras se tendrá que esperar a que se desarrollen nuevas tecnologías en los centros de investigación o en empresas muy especializadas. En el siguiente capítulo se tratarán los efectos y beneficios de IoT en un área tan importante como es la logística, la cual ha evolucionado en una magnitud considerable los últimos años.

### 3.1 Internet de las Cosas en la Cadena de Suministro

A medida que el sistema de economía de mercado ha ido estableciéndose mundialmente, ha hecho que la logística de la cadena de suministro se haya desarrollado y mejorado, mostrándose como una organización con técnicas avanzadas de gestión. El desarrollo logístico ha contribuido a la reducción del consumo de materiales (utilizando la logística inversa), la mejora de la productividad del trabajo y naturalmente, desempeñar un papel importante en el desarrollo económico y social de cualquier país (J. Li & Lu, 2012).

Con millones de envíos que se están moviendo, siguiendo, y siendo estibados por una variedad de máquinas, vehículos y personas cada día, no es de extrañar que la logística e Internet de las Cosas sean una combinación perfecta. En logística, el IoT puede conectar diferentes activos a lo largo de una cadena de suministro, y luego analizar los datos generados a partir de estas conexiones para captar nuevas ideas. Al hacerlo, el IoT permite a los proveedores logísticos tener unos niveles más altos de eficiencia operativa, mejorando los servicios de los clientes (Macaulay, Buckalew, & Chung, 2015).

El IoT tiene beneficios para los operadores logísticos, los clientes y los consumidores, extendiéndose estos beneficios a través de toda la cadena de valor logística, incluyendo operaciones de almacenamiento, transporte de mercancías, y lo que se conoce como la entrega de la última milla. La aplicación de IoT en las operaciones logísticas tiene unos impactos considerables, entre los cuales destacan los siguientes (Macaulay et al., 2015):

- Controlar el estado de los activos, paquetes, y las personas en tiempo real en toda la cadena de valor.
- Medir cómo se están realizando estos activos, y conseguir un cambio de lo que están haciendo actualmente y lo que van a hacer a continuación.
- Automatizar los procesos de negocio para eliminar las intervenciones manuales, mejorando la calidad y la previsibilidad con menores costes.
- Optimizar cómo las personas, los sistemas y activos trabajan juntos, coordinando sus actividades.
- Aplicar la analítica para toda la cadena de valor, identificando oportunidades de mejora y con mejores prácticas.

### 3.2 La Cadena de Suministro

La cadena de suministro es una red de organizaciones y procesos de negocio para la distribución de productos de un lugar a otro (Ferreira et al., 2010), tejiendo una compleja red de proveedores, fábricas, almacenes, distribuidores y minoristas. Las operaciones de la cadena deben de ser eficaces y eficientes, con movimientos rápidos de los flujos de información y de materiales. Hay cinco actividades básicas en la cadena de suministro: comprar, fabricar, transportar, almacenar y comercializar (Lou, Liu, Zhou, & Wang, 2011). Algunos procesos que llevan implícitos estas actividades de la cadena de suministro son: la planificación, la evaluación de los proveedores y el retorno de algunos productos (logística inversa) (Ferreira et al., 2010).

Las decisiones para las cinco actividades de la cadena de suministro afectan a los niveles estratégico, táctico y operacional. También las herramientas utilizadas afectan a Internet e IoT. Ver en la Tabla 6 (Lou et al., 2011).

Actividad	Decisión estratégica	Decisión táctica y operacional	Internet	IoT
<b>Comprar</b>	Selección de proveedores, la cooperación a largo plazo frente a ofertas de corto plazo	Tipo y cantidad del material a ser adquiridos; fecha, hora y lugar de llegada	E-Procurement: utilizan Internet para comprar. E-Collaboration: utilizan Internet para negociar y compartir información.	Utilizan IoT para saber el estado en tiempo real del material que se puede comprar.
<b>Fabricar</b>	Ubicación de la fábrica; externalización frente a producción propia en el modo de producción	Programación de la producción; la asignación de recursos; fecha de vencimiento	E-Collaboration: coordinan el momento de la producción, la asignación de recursos, y la alternancia de la fecha de vencimiento.	Utilizan el IoT para optimizar y supervisar el proceso de producción en tiempo real.
<b>Transportar</b>	Red de transporte; externalización frente red propia	Planificación de rutas óptimas para vehículos		Utilizan el IoT en la obtención de información sobre el estado y la ubicación de los productos durante el transporte.

<b>Almacenar</b>	Ubicación de almacén; selección de la estrategia de gestión de inventario	Operaciones de carga / descarga; nivel de inventario;	Usan Internet para la gestión de inventario (de forma conjunta). VMI (Vendor Managed Inventory).	Permite la información dinámica sobre el inventario automáticamente.
<b>Comercializar</b>	Previsión de la demanda; Diseño de la red de distribución	Orden de cumplimiento; servicio al cliente	E-Commerce: identificar y responder rápidamente a los cambios en la demanda.	Los clientes pueden entender el proceso de fabricación y transporte sobre IoT.

Tabla 6. Actividades y decisiones de la cadena de suministro. Fuente: (Lou et al., 2011)

Los sistemas de IoT pueden hacer el seguimiento de la localización, la monitorización de los niveles de inventario, y la notificación automática del consumo de material, a medida que avanzan a través de la cadena de suministro. El acceso a los análisis predictivos basados en los datos en tiempo real, ayuda a los fabricantes a identificar problemas antes de que sucedan, reduciendo los costes de inventario (Satyavolu, Setlur, Thomas, & Iyer, 2014).

En la Ilustración 10 se observa un diagrama de las relaciones de una cadena de suministro.

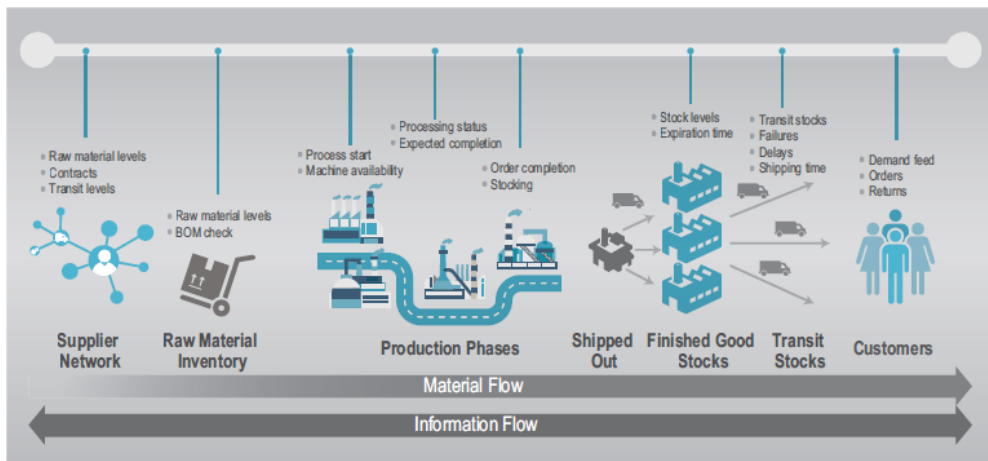


Ilustración 10. Relaciones de una cadena de suministro. Fuente: (Satyavolu et al., 2014)

Las organizaciones de la cadena de suministro necesitan ver la información como un activo estratégico, garantizando que fluya la información con el mínimo retraso y distorsión, necesitando una infraestructura eficiente y fiable que se acomode a las diversas tecnologías. (R. Xu et al., 2013).

### 3.3 Los Sistemas Logísticos de la Cadena de Suministro

La logística es la parte de la cadena de suministro que planifica, almacena, implementa y controla el flujo eficiente y eficaz de productos, servicios e información entre el punto de origen y el punto de consumo, con el fin de satisfacer al cliente y los requerimientos legales. En las actividades logísticas, el uso de IoT hace que la gestión logística esté muy relacionada con los sistemas de transporte (X. Dong & Song, 2011). La logística tradicional tiene un gran problema, y es que entre el proveedor y la venta no hay conexión, el inventario en toda la cadena de suministro es opaco y la información no se comparte (Lu & Teng, 2012). Dos de las debilidades de los sistemas logísticos actuales son: que se construyen generalmente caso por caso para adaptarse a ciertos entornos logísticos; y que carecen de reutilización y flexibilidad. (Chen, Chen, & Hsu, 2014):

Con la aplicación de Internet de las Cosas en la cadena de suministro se integra y se comparte la información, teniendo diversos mecanismos de coordinación, tomando decisiones con rapidez, y gestionando los flujos de materiales a través de la integración y el intercambio de información (Lou et al., 2011). La información generada por elementos de IoT en el transporte permite el seguimiento y control de los productos en tiempo real, a lo largo de todo el proceso logístico. El uso de Internet de las Cosas permite que se mejore la toma de decisiones, haciendo que las operaciones logísticas se puedan hacer de manera más eficiente y cómoda, reduciendo los costes logísticos de inventario y mejorando la calidad del servicio.

Para una mejor comprensión del funcionamiento de la cadena de suministro, se va a explicar brevemente las partes que componen las infraestructuras logísticas (McBeath, 2014):

- **Vehículos.** Son los elementos que se encargan del transporte de los productos tales como, los camiones, aviones, locomotoras y barcos.
- **Infraestructuras logísticas.** Son necesarias para que los vehículos y elementos auxiliares (como los contenedores) puedan trasladarse de un lugar a otro tales como, los puertos, los patios, los centros de consolidación/desconsolidación, los almacenes y los centros de distribución. Estas infraestructuras incluyen:
  - **Equipamiento móvil.** Por ejemplo las carretillas elevadoras, tractores de jardín, carretillas para contenedores, grúas móviles, y así sucesivamente.
  - **Equipo estacionario o semiestacionario.** Las grúas pórtico, cintas transportadoras, carruseles, sistemas de almacenamiento y recuperación automatizados.
  - **Las estructuras y/o dispositivos auxiliares.** Por ejemplo los sensores en: las puertas del muelle, los postes de luz, los incrustados en el piso o bajo del pavimento, incluso en los techos y otras estructuras.
- **Redes viarias.** Bien sean carreteras, vías férreas, pistas de aterrizaje, canales y otros conductos de transporte.

Todas las infraestructuras que se han expuesto necesitan que el flujo de información sea satisfactorio, permitiendo mejores tomas de decisiones. Los objetos de IoT procesan la información e interactúan con otros objetos y su entorno. Con la implantación de IoT en la cadena de suministro, se pretende alcanzar la mejora de los siguientes puntos:

- Implantar un mecanismo de toma de decisiones (Hribernik, Warden, Thoben, & Otthein, 2010). En sistemas logísticos complejos, si se tienen que tomar múltiples decisiones en tiempo real, es más eficiente tomarlas de un modo descentralizado, en vez de tomar una decisión óptima pero tardía (Prasse et al., 2014).
- Integrar el entorno logístico del objeto para ser capaz de evaluar su situación actual mediante la percepción directa o por la información adquirida de otras fuentes (Hribernik et al., 2010).
- Adquirir y propagar la información, tanto dentro como fuera de la propia organización (Hribernik et al., 2010).
- Integrar el software de gestión mediante la tecnología de IoT, se gestionan las necesidades personalizadas de los clientes y las previsiones de dichas empresas (X. Dong & Song, 2011).
- Integrar el sistema de visualización para localizar y controlar los vehículos y productos en tiempo real (X. Dong & Song, 2011).
- Integrar la automatización para controlar y operar las operaciones logísticas (X. Dong & Song, 2011).

Para llevar a cabo con éxito la aplicación de IoT en logística se requerirá una estrecha colaboración con altos niveles de participación entre los diferentes actores y competidores dentro de la cadena de suministro. Unas medidas para promocionar el IoT en la logística son (Wang, 2011):

- Establecimiento de las normas técnicas estandarizadas para el IoT
- Incremento de las políticas de los gobiernos en la orientación hacia las tecnologías innovadoras
- Fomentar en las grandes empresas el establecimiento de un modelo líder
- Guiar a las empresas a considerar cuestiones de costes en el contexto de los beneficios del sistema
- Adecuación de las leyes por parte del gobierno en el desarrollo y mejora de los reglamentos de Internet de las Cosas

La aplicación de IoT en la logística de la cadena de suministro es una tarea con mucha complejidad, que en caso de no satisfacerse con éxito lleva a las dudas sobre la implantación de IoT e incluso a su no implantación. Conviene tener en cuenta los siguientes problemas que pueden surgir (Wang, 2011):

- Problemas de la integración del sistema
- Problema de estandarización técnica
- Problema del coste
- Problema de seguridad (divulgación de datos) y privacidad
- Problema de crecimiento



La logística ha tenido un papel muy importante en el desarrollo económico de cualquier empresa o país, ya que el transporte de los productos es una actividad que aunque no aporte valor añadido al producto, es de vital importancia que se lleve a cabo de la manera más eficaz y eficiente. La introducción de una tecnología como Internet de las Cosas va a tener un efecto altamente positivo, porque la gestión y control de las mercancías será mucho más detallada, sabiendo en todo momento en que lugar exacto están y el tiempo en el que tardarán en llegar a su destino será más ajustado, con lo que en caso de algún contratiempo, las empresas podrán establecer nuevas medidas mejor consensuadas y con menor margen de error (permite mejorar el intercambio de información y reduce el efecto látigo<sup>3</sup>). La coordinación entre los actores de la cadena de suministro aumentará, lo que permitirá ajustar mejor las cantidades de producto y el tiempo necesario para su transporte, con lo que tendrá un beneficio importante en la programación de la producción.

En la Ilustración 11 se muestra un ejemplo de la implantación de IoT en una terminal marítima.



Ilustración 11. Terminal marítima con tecnología IoT. Fuente: (Macaulay et al., 2015)

<sup>3</sup> El efecto látigo hace referencia a los grandes desajustes que pueden darse entre la demanda real de los consumidores y la demanda de los actores intermedios que participan en la cadena de suministro.

### 3.4 Implementación y modelos de Internet de las Cosas

En este apartado se expone la implementación de Internet de las Cosas para que su funcionamiento sea el correcto, con una serie de modelos de diversos autores, respecto del funcionamiento y soluciones adoptadas de IoT en la logística a través de sus arquitecturas (sin entrar en excesivos detalles de funcionamiento). Antes de empezar este capítulo es conveniente saber la definición de arquitectura, la cual es el arte y la técnica de proyectar y construir edificios, de hecho puede decirse que la arquitectura se encarga de modificar y alterar el ambiente físico para satisfacer las necesidades del ser humano, donde se puedan desenvolver las actividades humanas, y que, a la vez, sean funcionales, perdurables y estéticamente valiosas.

Evidentemente el objeto de este trabajo no es el de diseñar y construir un edificio, pero la arquitectura también está muy relacionada con la informática, lo que hace que la relación entre informática e Internet tengan lazos muy estrechos, así que en un ámbito informático el concepto de arquitectura está relacionado con la disposición lógica y física de los componentes de una computadora, En otras palabras, es el esquema detallado de los requisitos y del funcionamiento de los diversos componentes de un ordenador.

Si se centra exclusivamente en Internet de las Cosas y la Logística, entonces con las definiciones anteriores se puede deducir que la arquitectura de la que se trata en este capítulo, muestra de varios autores los diferentes sistemas de funcionamiento de IoT en un entorno logístico. Uno de los retos científicos y técnicos en el diseño de Internet de las Cosas es el diseño de la arquitectura, lo que permite la interconexión de miles de millones de objetos inteligentes (R. Xu et al., 2013).

## Implementación de la arquitectura de Internet de las Cosas

Un requisito fundamental de Internet de las Cosas es que los dispositivos deben de estar conectados entre sí en la red, para ello se diseña la arquitectura de IoT, en la que implica muchos factores, tales como la creación de redes, las comunicaciones, los modelos de negocio y procesos, y la seguridad, tomando en consideración en el diseño la extensibilidad, la escalabilidad y la interoperabilidad entre los dispositivos y los modelos de negocio (S. Li, Xu, & Zhao, 2015). Debido al hecho de que los dispositivos pueden moverse geográficamente y necesitan interactuar con otros en tiempo real, la arquitectura se debe adaptar para que los dispositivos interactúen de forma dinámica, garantizando la interoperabilidad entre los múltiples dispositivos de distintos tipos (heterogeneidad de los dispositivos) (L. Da Xu, He, & Li, 2014). La arquitectura de Internet de las Cosas (Ilustración 12) consta de cuatro capas que se muestran a continuación.

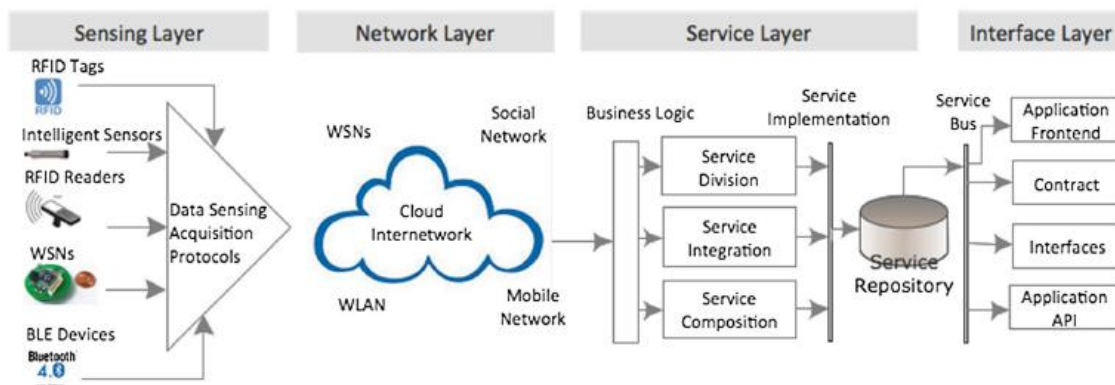


Ilustración 12. Arquitectura de Internet de las Cosas. Fuente: (S. Li et al., 2015)

**La capa sensora:** En la capa sensora los sistemas inalámbricos detectan automáticamente el intercambio de información entre los diferentes dispositivos. (L. Da Xu et al., 2014).

**La capa de red:** El papel de la capa de red es conectar todos los dispositivos, permitiendo que puedan compartir la información (L. Da Xu et al., 2014).

**La capa de servicio:** La capa de servicio proporciona las funcionalidades para integrar servicios y aplicaciones de Internet de las Cosas, proporcionando una plataforma donde se combinan las plataformas de hardware y software (L. Da Xu et al., 2014).

**La capa de la interfaz:** La capa de interfaz tiene la función de simplificar la gestión y la interconexión de las cosas (un gran número de dispositivos están hechos por diferentes fabricantes/proveedores) (L. Da Xu et al., 2014).

## Consideraciones de la arquitectura de Internet de las Cosas

Los siguientes puntos explican las funcionalidades más importantes en la implantación de Internet de las Cosas, las cuales hay que tener muy presente para el correcto funcionamiento del sistema.

**Identificación y rastreo:** La capacidad para identificar, localizar, y rastrear se aplica en logística para el seguimiento de paquetes, gestión de la cadena de suministro, etc (S. Li et al., 2015).

**Comunicaciones:** La aplicación de IoT se compone de muchas variedades de dispositivos, los cuales deben de estar bien organizados a través de la red, estando accesibles a través de las comunicaciones (S. Li et al., 2015).

**Redes:** La red de IoT utiliza Internet para dar soporte al intercambio de información y comunicación de datos (L. Da Xu et al., 2014).

**Gestión:** La gestión de la arquitectura de Internet de las Cosas satisface las necesidades de los usuarios o las aplicaciones, permitiendo que las aplicaciones utilicen objetos compatibles. Por otra parte, la naturaleza dinámica de las aplicaciones IoT requiere que se pueda proporcionar un servicio confiable y consistente, evitando fallos de los dispositivos (S. Li et al., 2015).

**Seguridad y privacidad:** Es esencial garantizar la seguridad y la protección de la privacidad para no ser afectadas por graves amenazas. Los siguientes dos aspectos se deben tener en cuenta para la seguridad de IoT (S. Li et al., 2015):

- La adaptación de los estándares de Internet para la mejora de la interoperabilidad de los protocolos
- La garantía de seguridad de los servicios

Los retos en la seguridad y protección de la privacidad se resumen en la resistencia contra los ataques, la autenticación de datos, el control de acceso, y la privacidad del cliente.

En la Tabla 7 se muestra un resumen de los principales elementos que hay que tener en cuenta para la implantación de Internet de las Cosas.

Elementos	Concepto
Identificación y rastreo	Capacidad de localizar, identificar y rastrear los dispositivos
Comunicaciones	Comunicación entre dispositivos y sistemas
Redes	Infraestructura para la transmisión de información
Gestión	Satisfacer las necesidades de los usuarios
Seguridad y privacidad	Seguridad y protección de la información transmitida

Tabla 7. Resumen de las consideraciones de implantación de IoT

## Modelos de Internet de las Cosas en un entorno logístico

Antes de empezar la explicación de cada modelo de arquitectura, se ha hecho un marco conceptual (framework) de cada título que se muestra en la Tabla 8 y Tabla 9. En dicha tabla se exponen las ideas principales en las que se enfocan cada arquitectura de los artículos, de esta manera se tendrá una mejor comprensión antes de adentrarse con más detalle. La categorización de los artículos sigue los siguientes criterios:

- **EPC (Electronic Product Code):** El artículo nos indica si utiliza la codificación electrónica del producto.
- **MAS (Multi Agent System):** Si el artículo expone claramente si utiliza la gestión del flujo de información con las tareas logísticas.
- **GPS/GIS (Global Position System/Geographic Information System):** Muestra si utiliza la tecnología de posicionamiento y de información global.
- **RFID (Radio Frequency Identification):** Si se utiliza la tecnología de identificación inalámbrica.
- **WSN (Wireless Sensor Network):** Muestra si utiliza una red de sensores inalámbricos que trabajan con la red de Internet.
- **Cloud Computing:** El artículo nos indica si se utiliza un sistema de almacenamiento en lo que se denomina Nube o Cloud Computing.
- **CPS (Cyber Physical System):** Si en el artículo se expone si utiliza un sistema de servicio integrado de los sistemas logísticos.
- **Plataforma de Servicios:** Si el artículo expone claramente si se utiliza algún tipo de plataforma, lo que indica que está enfocado en un entorno colaborativo.
- **Capas o Niveles:** Si la arquitectura que se expone muestra que dicha arquitectura está formada por varias capas o niveles.

Marco Conceptual (Framework)							
Número	Título	Autor	Año	EPC (Electronic Product Code)	MAS (Multi Agent System)	GPS (Global Position System)/GIS (Geographic Information System)	RFID (Radio Frequency Identification)
1	<i>An Internet of Things for transport logistics - An approach to connecting the information and material flows in autonomous cooperating logistics processes</i>	Hribernik et al	2010	X	X		
2	<i>Analysis and Research for Fourth Party Logistics Based on Internet of Things</i>	Tian et al	2011	X		X	
3	<i>How IoT will change the design and operation of logistics systems</i>	Prasse et al	2014				
4	<i>Study on IOT based Architecture of Logistics Service Supply Chain</i>	Liu & Gao	2014			X	X
5	<i>Design and Actualization of IoT-based Intelligent Logistics System</i>	Xu et al	2012			X	X
6	<i>The architecture and key technologies of Internet of Things in Logistics</i>	Ma et al	2011	X			X

Tabla 8. Framework I

Marco Conceptual (Framework)								
Número	Título	Autor	Año	WSN (Wireless Sensor Network)	Cloud Computing	CPS (Cyber Physical System)	Plataforma de Servicios	Capas o Niveles
1	<i>An Internet of Things for transport logistics - An approach to connecting the information and material flows in autonomous cooperating logistics processes</i>	Hribernik et al	2010				X	
2	<i>Analysis and Research for Fourth Party Logistics Based on Internet of Things</i>	Tian et al	2011	X	X			X
3	<i>How IoT will change the design and operation of logistics systems</i>	Prasse et al	2014		X	X		
4	<i>Study on IOT based Architecture of Logistics Service Supply Chain</i>	Liu & Gao	2014				X	
5	<i>Design and Actualization of IoT-based Intelligent Logistics System</i>	Xu et al	2012	X	X			X
6	<i>The architecture and key technologies of Internet of Things in Logistics</i>	Ma et al	2011					X

Tabla 9. Framework II

**(Hribernik et al., 2010)**

Los autores (Hribernik et al., 2010) proponen una arquitectura denominada EPCglobal, la cual define un enfoque estándar para proporcionar la visibilidad de los datos a nivel de artículo y la integración de todos los procesos logísticos. Esta arquitectura se muestra en la Ilustración 13.

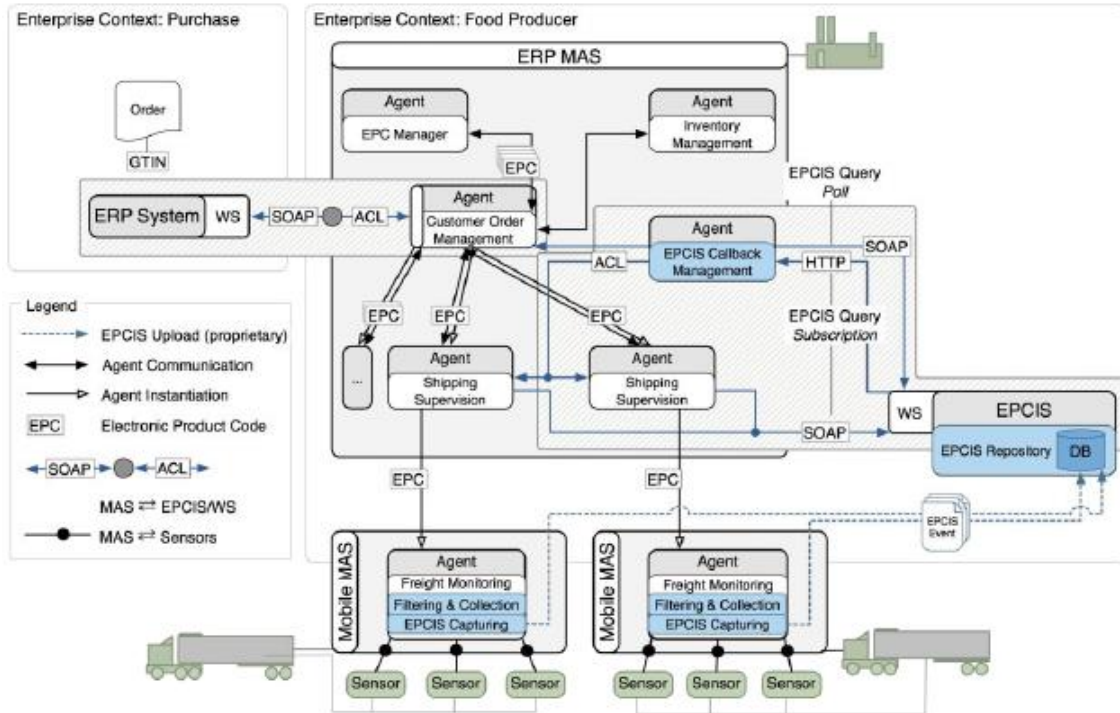


Ilustración 13. Arquitectura con un control autónomo de la logística EPCglobal. Fuente: (Hribernik et al., 2010)

Las partes más importantes de esta arquitectura son:

- **MAS (Multi Agent System):** Se encarga del flujo de información que gestiona las tareas relacionadas con la logística como el orden, la acción, el almacenamiento y la gestión del transporte, la supervisión de carga y planificación de rutas.
- **EPC (Electronic Product Code):** Su función es la identificación única de los objetos físicos y virtuales. Los Servicios de Información EPC (EPCIS, EPC Information Services) son utilizados como una puerta de enlace entre el MAS y los objetos físicos en el flujo de materiales.

Mediante la aplicación de la arquitectura EPCglobal, una amplia gama de sistemas logísticos de TI pueden estar integrados en Internet (con una plataforma independiente de interoperabilidad), tratando que el proceso de la logística sea cooperante y autónomo.

Se pueden identificar las características funcionales de los recursos logísticos mediante la consulta de sus repositorios en el EPCIS, y analizar los árboles de los eventos que se agregan, utilizando esa información para publicar los perfiles de los vehículos con la agencia de transporte (ver Ilustración 14), de este modo se puede garantizar diariamente los cambios en las características funcionales, tales como nuevos sensores o la sustitución de un remolque, mediante la suscripción a los respectivos eventos EPCIS.

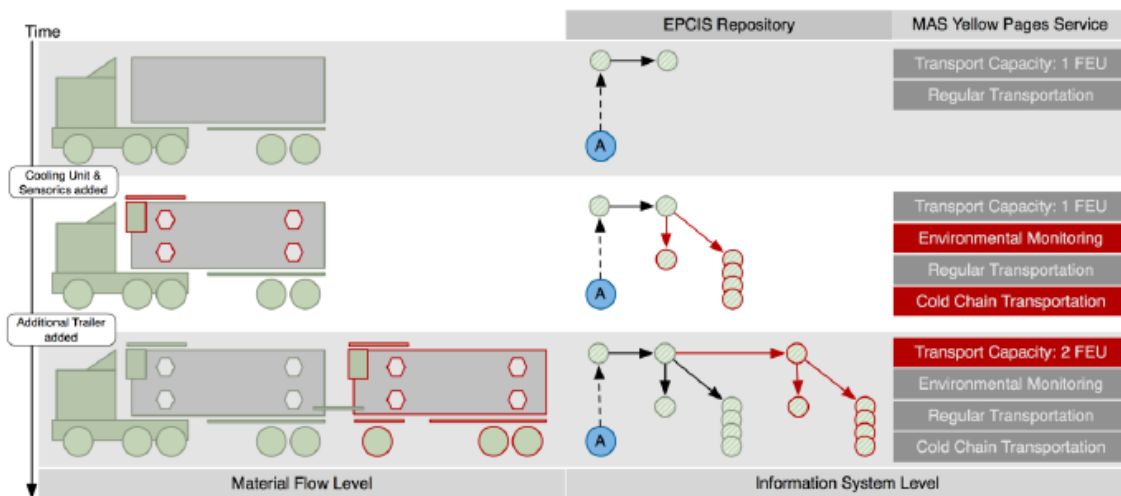


Ilustración 14. Las diferentes configuraciones de un camión. Fuente: (Hribernik et al., 2010)

Otro caso de un uso más convencional para los eventos agregados del EPCIS, se relaciona con aquellos acontecimientos que permiten las inferencias sobre la manipulación de mercancías en los procesos de adquisición y distribución. Se pueden controlar los procesos de carga y almacenamiento mediante la suscripción de eventos EPCIS almacenados en las empresas transitorias, y en los almacenes de los operadores logísticos.



**(Tian et al., 2011)**

Los autores (Tian et al., 2011) exponen que las empresas 4PL aplican la tecnología de IoT para adquirir la información de los artículos a través de la tecnología EPC, mediante la tecnología GPS (Global Positioning System) y GIS (Geographic Information System), y la información del estado a través de la red de sensores inalámbricos.

Primero se obtiene la información, que luego la transmite al centro de análisis a través de la red, y finalmente hace la interacción de información entre los objetos y las personas. Para la identificación de los objetos se utiliza el EPC (Electronic Product Code), el cual se define como la identificación electrónica de productos, teniendo un alcance mundial. A cada producto se le asigna un código EPC.

El sistema RFID se utiliza para adquirir los códigos EPC automáticamente, que se componen de etiquetas electrónicas y lectores. Los lectores activan una etiqueta, y luego transmiten los datos entre la plataforma de Middleware (su función es el intercambio lógico de información entre aplicaciones) y la etiqueta. El EPCIS (EPC Information Storage) informa de los almacenamientos que manipula el Middleware y proporcionando la información que se quiere consultar. Actuando como un servidor con el registro de nombres, las instrucciones ONS (Object Name Service) del Middleware buscan la información del EPC específico.

En la Ilustración 15 se muestra el marco de IoT basado en EPC.

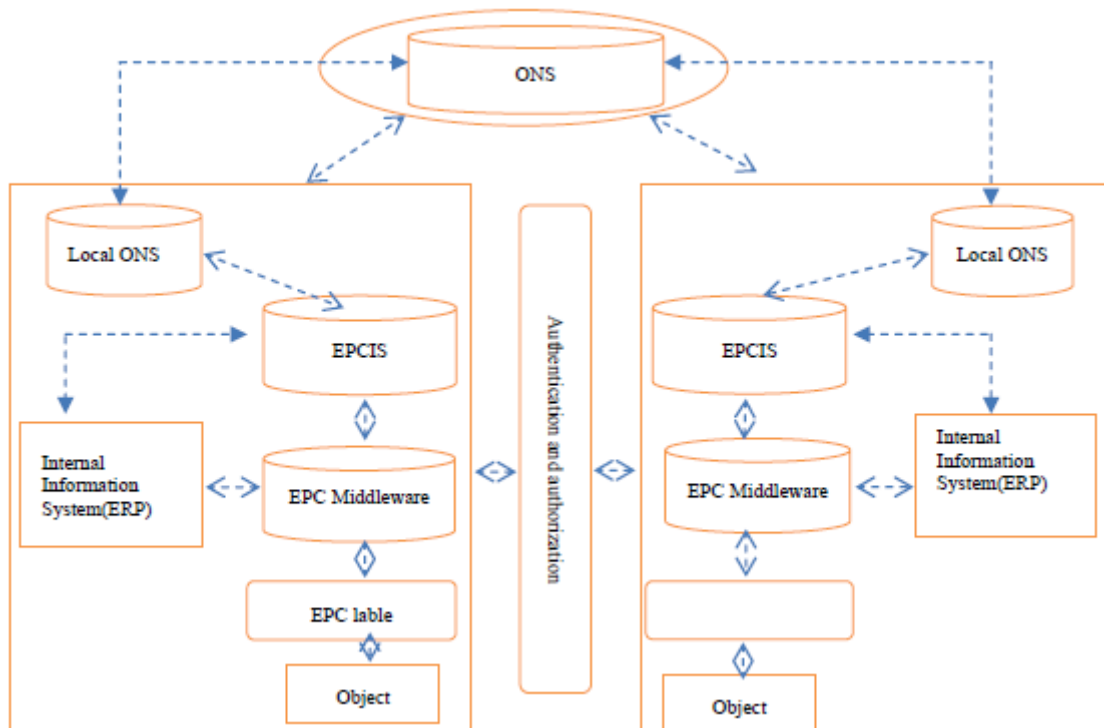


Ilustración 15. Marco de IoT basado en EPC. Fuente: (Tian et al., 2011)

La arquitectura del sistema se muestra en la Ilustración 16. El 4PL proporciona los servicios a los clientes, seleccionando la ruta óptima para dichos clientes. En el almacén central se recopila la información de los artículos a través del EPC, la información de estado se adquiere a través de la red de sensores inalámbricos. Durante la actividad logística se adquiere la información de la posición de los productos y la información de estado en cualquier momento con el GPS y con el GIS. Por último, la parte receptora evalúa todo el servicio de referencia para la elección de la empresa de logística.

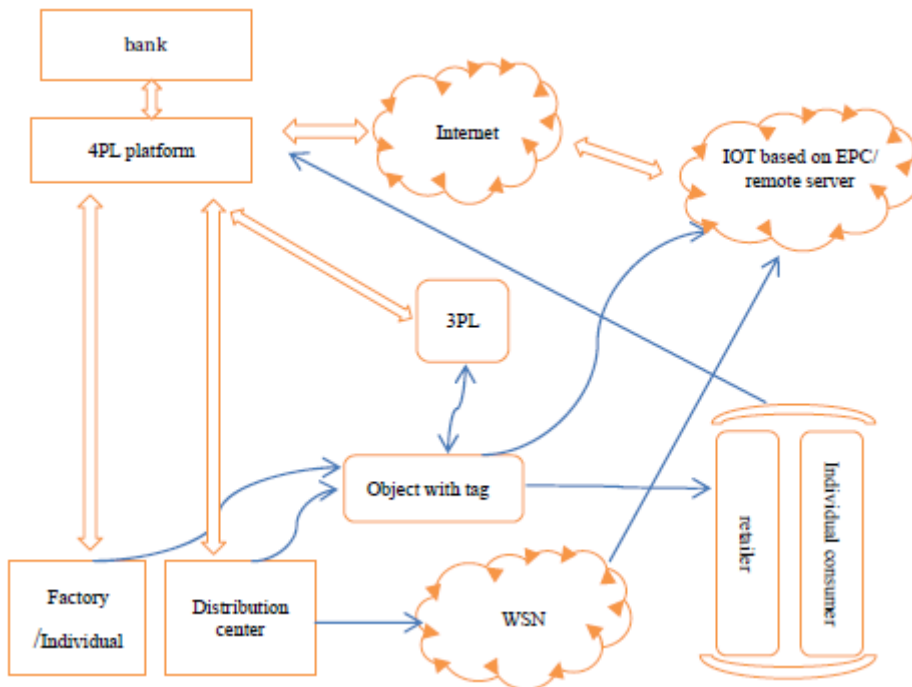


Ilustración 16. La arquitectura de las empresas 4PL. Fuente: (Tian et al., 2011)

La estructura del sistema consta de capa de cliente, capa de negocios, capa de control y la capa de interfaz, las cuales se explican a continuación. En la Ilustración 17 se detalla los componentes de dicha estructura.

- **La capa de cliente** incluye el consumidor individual o empresa, las empresas 3PL y 4PL. Las empresas de logística se registran en la plataforma y describen su alcance, el servicio, la capacidad del sistema y los usuarios a elegir.
- **La capa de negocios** ofrece los servicios, incluyendo la liberación de información logística y de gestión, la gestión de las transacciones contratadas, la información de vuelta, la gestión de almacenamiento, la programación de vehículos, la monitorización de bienes, etc.

- **La capa de control** incluye el contrato y la gestión de las transacciones, la autenticación de seguridad, la selección del enrutamiento, la elección de la empresa 3PL, la minería de datos y el Cloud Computing. El GIS y el GPS se utilizan para elegir la vía de transporte debido a su capacidad para adquirir, organizar y analizar y gestionar datos geográficos espaciales. El Cloud Computing y la minería de datos analizan los datos del usuario. La elección del 3PL responde a la selección del mejor proveedor de servicios de acuerdo a las capacidades logísticas de la empresa, así como de la evaluación de los usuarios.
- **La capa de interfaz** implica la interfaz de datos y la interfaz de banco. El sistema interactúa con los servidores de datos a través de esta capa.

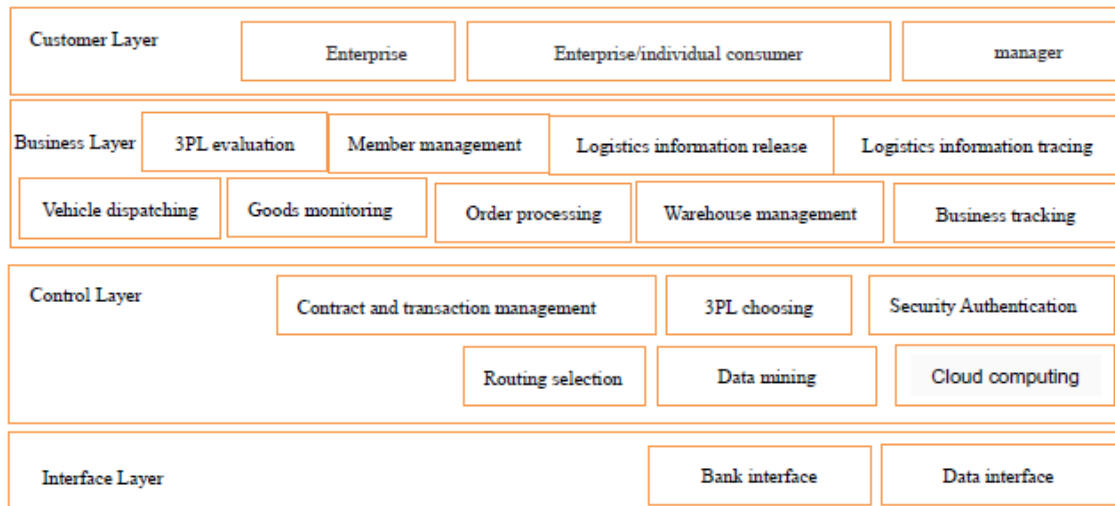


Ilustración 17. Estructura de la plataforma. Fuente: (Tian et al., 2011)

### (Prasse, Nettstraeter, & Hompel, 2014)

Para los autores (Prasse et al., 2014) un paso más que se debe de dar en la implantación de IoT es la descentralización del control del sistema logístico, ya que actualmente la modularización de las diferentes funciones ya es común en los sistemas logísticos, y se utiliza desde el diseño de sistemas para la configuración física y la implementación de servicios de IT (Information Technology).

La cooperación de las soluciones individuales dentro de los sistemas logísticos puede resumirse con el concepto de CPS (Cyber Physical Systems). El CPS es un concepto definido entre los sistemas integrados de IoT y de servicios de Internet. Desde el punto de vista de los sistemas logísticos, hay buenas razones para la aplicación del sistema CPS:

- **El flujo de información y bienes:** Los procesos de logística se caracterizan por el flujo de bienes, es decir, el transporte físico del origen al destino, y el flujo virtual de información a través de Internet o en redes de empresas. Los flujos se sincronizan normalmente por los sistemas de auto-identificación como un código de barras o RFID. Por lo tanto, la combinación de lo virtual y el mundo físico es común en la logística y por lo tanto un parámetro típico de CPS.
- **La complejidad de las funciones básicas:** Las funciones básicas de la logística como el transporte de mercancías, son muy simples y a menudo, se realizan manualmente. El nivel de automatización es crucial para los sistemas altamente eficientes.
- **Proceso de adaptación:** La logística se caracteriza por una alta frecuencia de adaptación de los procesos. Los cambios en la fabricación a menudo requieren cambios en el apoyo de los procesos logísticos.

La implantación de la logística con el concepto CPS hace que se tengan las siguientes características en su entorno de fabricación:

- Flexibilidad para la pérdida del determinismo

Puede definirse el determinismo como la doctrina o la teoría que afirma que todos los fenómenos o acontecimientos están determinados por algún motivo. Esto implica entender la realidad como la consecuencia directa de una causa.

El uso de las entidades autónomas y de auto-control elevará el nivel de flexibilidad debido a que se pueden evitar las dependencias entre los diferentes grupos de entidades. Los cambios en un grupo no afectan a las otras partes de todo el sistema. Esto también permite una mayor capacidad de adaptación a las nuevas necesidades o cambios en el desempeño de los sistemas.

Las decisiones que dependen de todo el sistema se toman sobre la base de normas y la información sobre el estado actual de las entidades, los grupos e incluso el entorno físico.

- Diferentes capas en la logística CPS

Dentro de una visión más amplia de los sistemas logísticos, rara vez existen tecnologías de transporte estáticas. Los vehículos autónomos guiados están cooperando en la construcción de secuencias y la organización del orden de las operaciones.

Una administración basada en la nube (Cloud Computing) se implementa en la capa superior, incluyendo los objetivos y estrategias económicas de la empresa. Aquí, los pedidos de los clientes se procesan convencionalmente, las tareas financieras se gestionan y se hace una planificación estratégica.

- Integración flexible de los trabajadores

El CPS cambia el papel tradicional de los trabajadores en los sistemas logísticos. Esto se aplica especialmente en la comunicación entre el CPS y los trabajadores. En esta visión del CPS, las personas están constantemente en línea utilizando un dispositivo asistente de producción llamado PAD (Production Assistant Device). El PAD es un dispositivo interfaz que permite al trabajador conectarse y comunicarse con las partes virtuales del CPS.

Los trabajadores seguirán tomando las decisiones y supervisando el trabajo en colaboración con los sistemas autónomos asociados, de ahí que los trabajadores sean miembros activos de la comunidad virtual, los cuales mantienen el sistema en ejecución.

- Control de la monitorización

Es una evolución de la supervisión del movimiento de mercancías, hacia un flujo de materiales auto-controlados, que se puede realizar gracias al comportamiento autónomo de los objetos a lo largo de la cadena de suministro.

- Subsistemas de colaboración

La principal diferencia del CPS en comparación con los sistemas de gestión establecidos es el desacople de las capas de estrategia (Supply Chain Management) y de las operaciones (interconexión en tiempo real del CPS). La capa de SCM (Supply Chain Management) sólo proporciona la información para alcanzar los objetivos o estrategias superiores. Todas las decisiones que exigen un límite de tiempo se toman de forma descentralizada por las entidades autónomas.

Este desacople entre las capas de estrategia y de SCM lleva a tener menos información específica dentro de la capa estratégica. De ahí que la virtualización de los procesos, hacen posible una mejora de la colaboración y la comunicación entre las nubes y la gestión empresarial.

Un ejemplo de la interacción entre la capa estratégica de Supply Chain Management y la capa operativa de CPS se ilustra en la Ilustración 18.

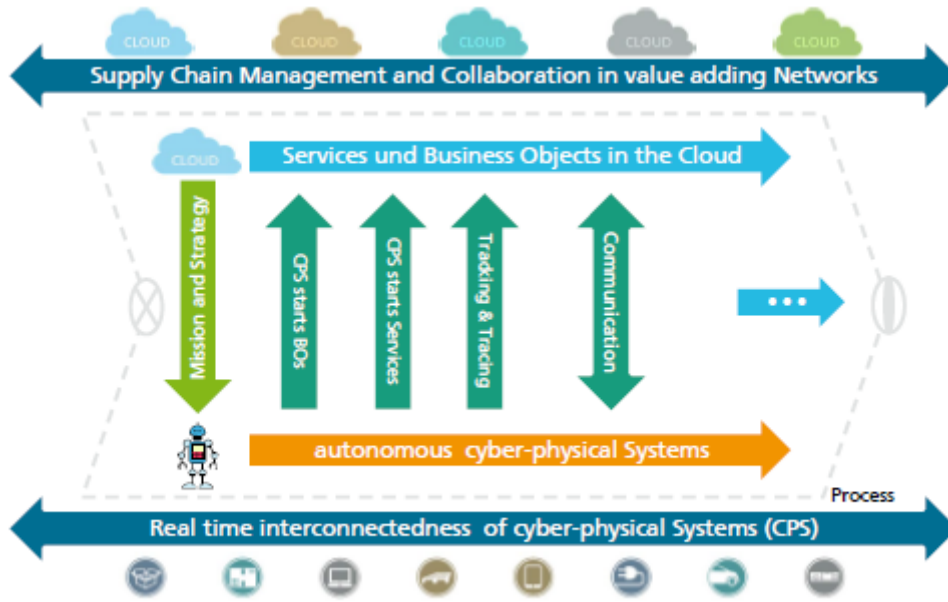


Ilustración 18. Proceso de control de la logística con CPS. Fuente: (Prasse et al., 2014)

### (Liu & Gao, 2014)

Para un funcionamiento correcto de la cadena de suministro, se tiene que establecer unos servicios para las relaciones de oferta y demanda de varios niveles, con la integración de los servicios logísticos. Esta integración se denomina LSSC (Logistics Service Supply Chain) y los autores (Liu & Gao, 2014) proporcionan los requisitos que se deben de llevar a cabo para un funcionamiento sin problemas. En la Ilustración 19 se observa un esquema de dicha integración.

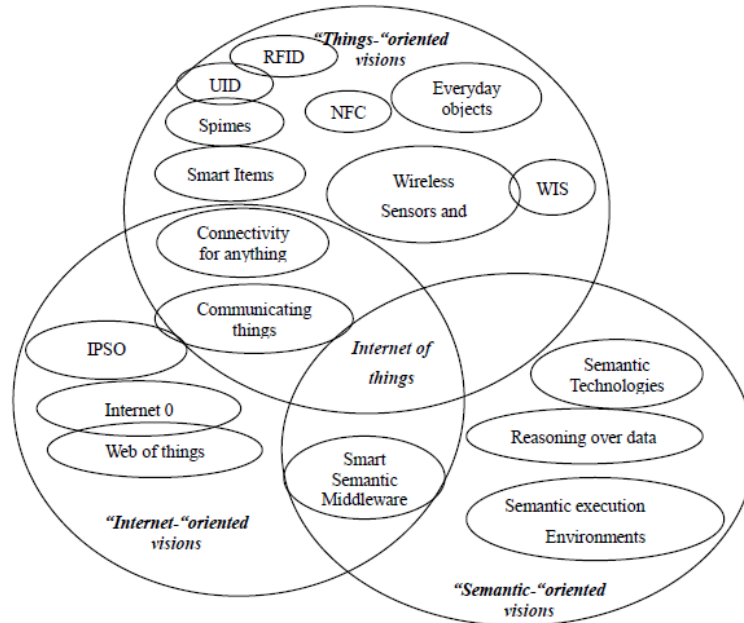


Ilustración 19. Integración de IoT. Fuente: (Liu & Gao, 2014)

En la arquitectura LSSC se muestran los elementos de flujo más importantes de la empresa:

- **El flujo de información**, que es la clave para la operaciones
- **El flujo de materiales**, que es algo que cualquier empresa productiva tiene
- **El flujo de capital**, que es el método para realizar las operaciones de compra-venta

Las operaciones de una empresa se realizan a través de la eficiencia de estos flujos entre la plataforma LSSC y los clientes, ayudando a las empresas en la toma de decisiones.

Los tres elementos fluyen interactuando entre sí para ser una unidad orgánica, de esta manera se mejora la capacidad de servicio logístico y el rendimiento de las operaciones, intercambiando la información a través de la plataforma de IoT. Esta plataforma integra el flujo de información, el flujo de materiales y el flujo de capital.

La arquitectura LSSC basado en IoT se muestra en la Ilustración 20.

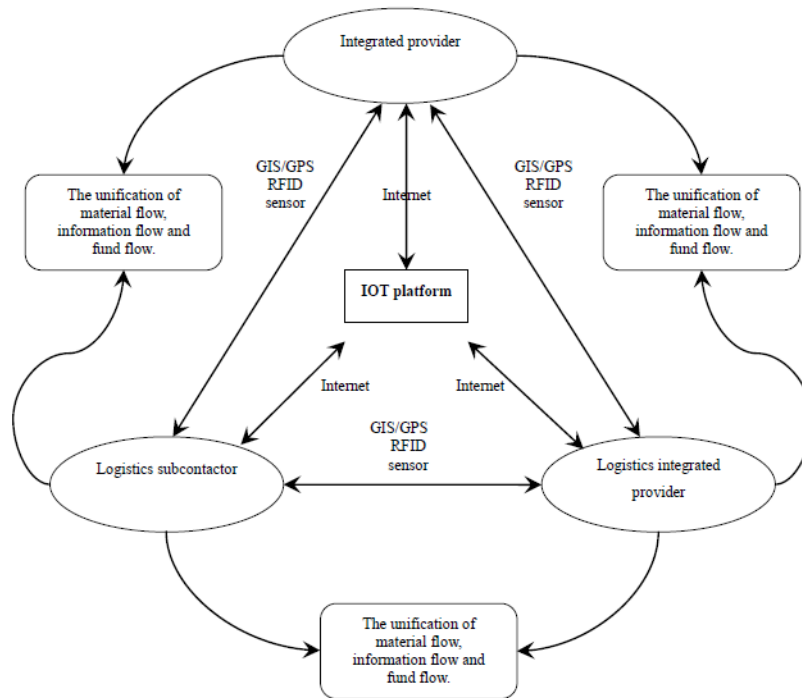


Ilustración 20. Arquitectura LSSC basada en IoT. Fuente: (Liu & Gao, 2014)

Con el fin de mejorar los vínculos logísticos en LSSC, se construye una plataforma para la mejora de la eficiencia en el flujo de servicio, el flujo de información y las operaciones de LSSC. Esta plataforma basada en la tecnología de IoT que gestiona la información, permite conectar toda la red de empresas. Esta plataforma tiene las siguientes características:

- **El diseño de la cadena de suministro.** Es el principio de todo el proceso de servicio logístico, influyendo en la calidad, el rendimiento. Se muestra en los siguientes aspectos: el primero, la conveniencia de comunicarse entre el subcontratista, el proveedor y los clientes; la segunda, es la rapidez para innovar; y la tercera, en la mejora de la satisfacción de las soluciones.
- **La compra de la capacidad logística.** Se hace un análisis de la demanda para calcular las capacidades logísticas. El LSSC es capaz de hacer un análisis de los planes de demanda de la capacidad logística, de este modo se asegura el suministro.
- **El progreso de los servicios logísticos.** Su calidad se relaciona directamente con la satisfacción de los clientes y la reputación del LSSC. La plataforma de información LSSC es capaz de monitorizar el funcionamiento del transporte o el almacenamiento, para asegurar la entrega con seguridad, fiabilidad y satisfacción.
- **La retroalimentación de los servicios logísticos.** Trata de la comunicación con los clientes para mejorar el progreso de los servicios logísticos.



Algunas aplicaciones del LSSC se muestran en la Ilustración 21:

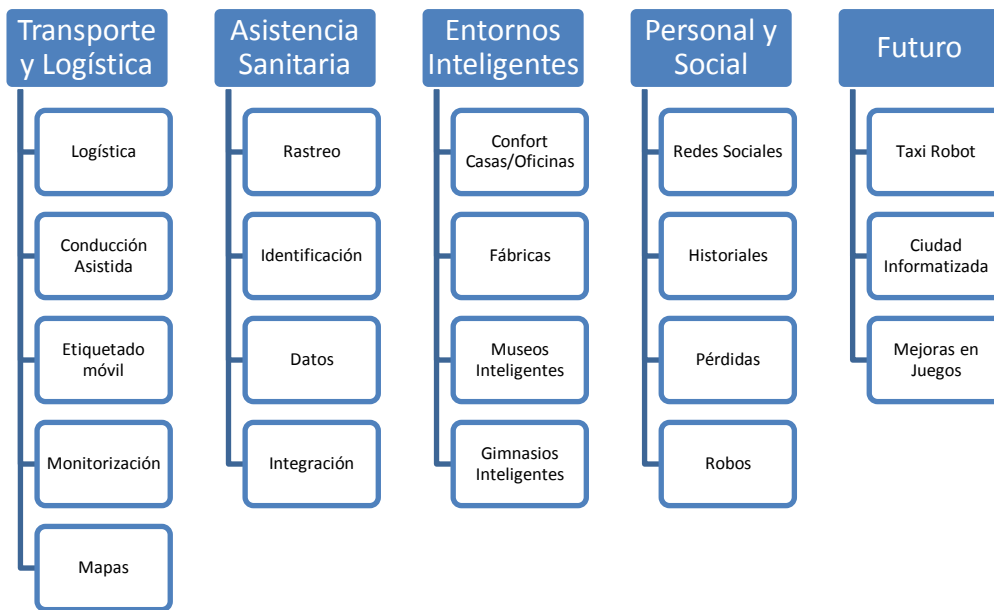


Ilustración 21. Aplicaciones de LSSC en IoT. Fuente: (Liu & Gao, 2014)

### Internet de las Cosas en el flujo de materiales de LSSC

El sistema LSSC integra la compra, el almacenamiento, el transporte, la fabricación y el servicio, con lo que se obtienen las siguientes ventajas:

- **El LSSC permite crear un sistema logístico más eficaz.** La aplicación de dispositivos inteligentes como los chips integrados, los sensores, y la aplicación de algoritmos como la computación en nube (Cloud Computing), promueven la mejora de la eficacia de la logística, ya que el trabajo que anteriormente era operado tradicionalmente por las personas, ha ido pasando gradualmente hacia servicios más inteligentes y eficaces.
- **La alta velocidad y la comodidad de LSSC.** El IoT integra los subcontratistas, los proveedores y los clientes en LSSC, logrando una conexión perfecta entre los participantes. El LSSC con IoT hace que la transmisión de la información sea más rápida, con una recogida de información automática y diversa.
- **La visualización de LSSC.** La red de sensores hace que todo el proceso de LSSC sea visible, mejorando la calidad del servicio a través de la supervisión del proceso logístico, y siendo más efectivo ante las emergencias.
- **La flexibilidad de LSSC.** Organizando la logística de las demandas de los clientes con flexibilidad (lotes multivariantes, lotes pequeños, varios lotes a corto plazo...), para que todos los eslabones de LSSC puedan completar el sistema.
- **Eficacia en el análisis del flujo de información.** Internet de las Cosas ayuda a la percepción, la medición, la identificación y la adquisición de la información.

- **La creación de redes para la difusión del flujo de información.** Con el LSSC integrado con IoT, la difusión de la información tiene unos altos niveles de transmisión y de intercambio, con una gran disminución de la distorsión de la información, esto hace que todos los miembros de LSSC puedan ser capaces de obtener la información precisa.
- **La credibilidad de la información.** La información es encriptada para evitar ser manipulada, por lo que se asegura la fiabilidad, la autenticidad y la fiabilidad, de este modo las decisiones de la empresa son más independientes.

En la Ilustración 22 se muestra la transmisión de la información de LSSC integrada con IoT.

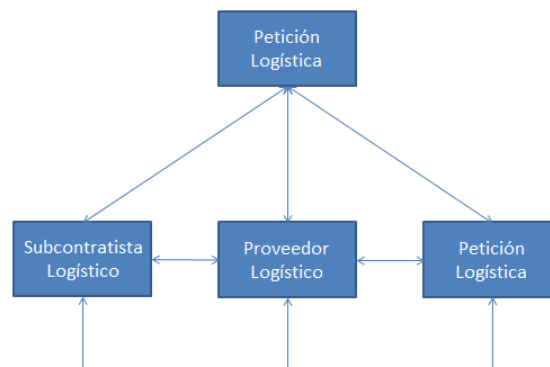


Ilustración 22. Transmisión de la información de LSSC con IoT. Fuente: (Liu & Gao, 2014)

### Los efectos de IoT en los flujos de fondo en LSSC

Los flujos de fondos son las transmisiones de fondos del negocio de la empresa, o dicho de otra manera, son los movimientos de entrada y salida de efectivo generados por las operaciones económicas, financieras y comerciales. Es una forma importante tener en cuenta el valor ya que el propósito final de la logística es incrementar el valor.

- La aplicación de IoT en LSSC acelera el volumen de negocios de fondos, mejora la transparencia de los flujos de fondos y reduce los riesgos financieros de las empresas.
- El IoT hace que el proceso de LSSC sea más corto y acelera la rotación de activos corrientes y fijos, de manera que se acelera la rotación del capital de las empresas.
- El IoT ayuda a reducir los riesgos financieros proporcionando información sobre el flujo de capital efectivo de las empresas en tiempo real, monitorizando el estado de la cuenta bancaria registrada en cada unidad de LSSC, mediante la integración de los recursos de Internet en LSSC.
- El IoT puede reducir los riesgos de inversión debido a la comunicación entre las empresas, mejorando la confianza de los inversores y aumentando la posibilidad de inversión y reducir el riesgo de financiación.

## (Z. Xu, He, & Chen, 2012)

El sistema logístico inteligente de los autores (Z. Xu et al., 2012) está basado en una variedad de tecnologías, como el análisis y comprensión del lenguaje, el análisis de imágenes, la minería de datos, la inteligencia artificial e ingeniería del conocimiento, utilizando reglas de análisis de asociación, el análisis de la evolución, la lógica difusa, los algoritmos genéticos, el algoritmo de colonia de hormigas y el algoritmo de red neuronal, así como la clasificación analítica de la minería de datos, la agrupación, el cambio y el análisis de la desviación, todos los cuales ayudan a seleccionar la información requerida, ayudando a la mejora en la toma de decisiones y actualizando los valores de las empresas cuando realizan cambios de los datos, ajustando rápidamente las estrategias de negocio a las necesidades de los clientes para reducir los riesgos. Los diagramas de este modelo se pueden ver en la Ilustración 23 y la Ilustración 24.

El sistema logístico inteligente se estructura en cuatro capas:

- **La capa interactiva de detección.** Es responsable de la recolección, actualización y análisis de la información, en el que una variedad de tecnologías como la identificación de código de barras, el análisis y la identificación inteligente de imágenes, RFID (Radio Frequency IDentification), WSN (Wireless Sensor Network), GPS (Global Positioning System) y AIS (Automatic Identification System) se utilizan para la recopilación de información de los dispositivos.
- **La capa de transporte de la red.** Es el canal para el intercambio y la transmisión de información a través de las redes de comunicación inalámbricas de Internet y LAN. La variedad de redes inalámbricas permite ofrecer un acceso a Internet en cualquier momento y lugar.
- **La capa de servicios de aplicaciones.** Se aplica a los servicios de intercambio electrónico de datos y al sistema de información logística. Las principales tecnologías empleadas incluyen: el Cloud Computing, las bases de datos, el almacenamiento de datos, la recuperación de información, la inteligencia artificial y la protección de seguridad de la información, etc.
- **La capa de servicios de datos.** Se encarga de las fuentes de datos con las informaciones para las diversas aplicaciones en el sistema.

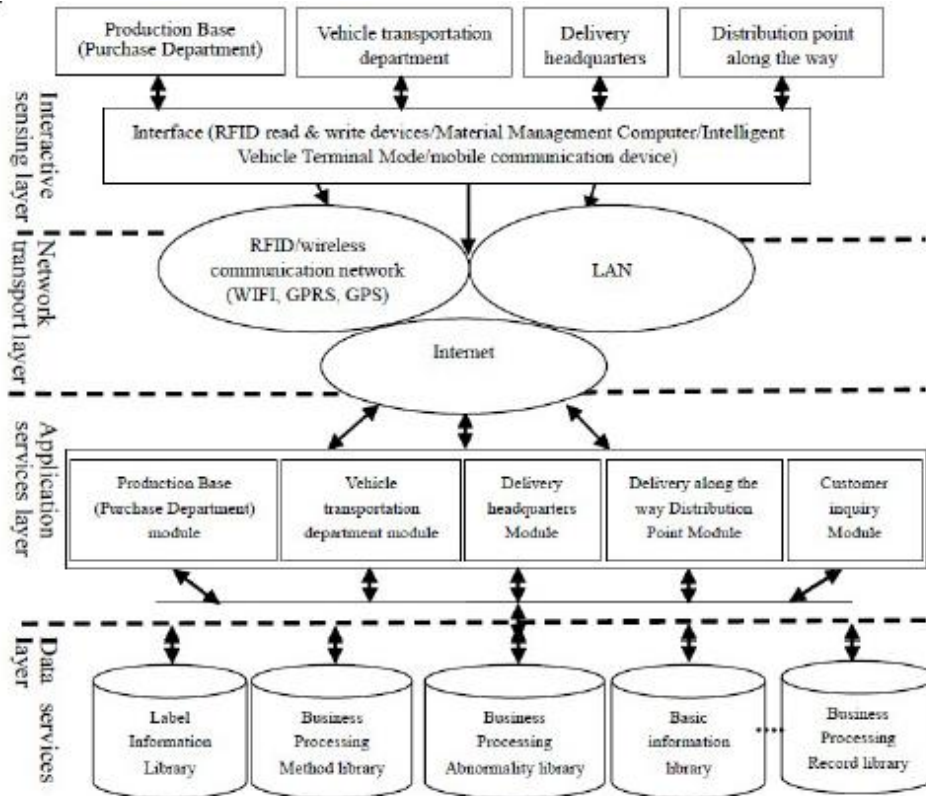


Ilustración 23. Diagrama del sistema de arquitectura logística inteligente. Fuente: (Z. Xu et al., 2012)

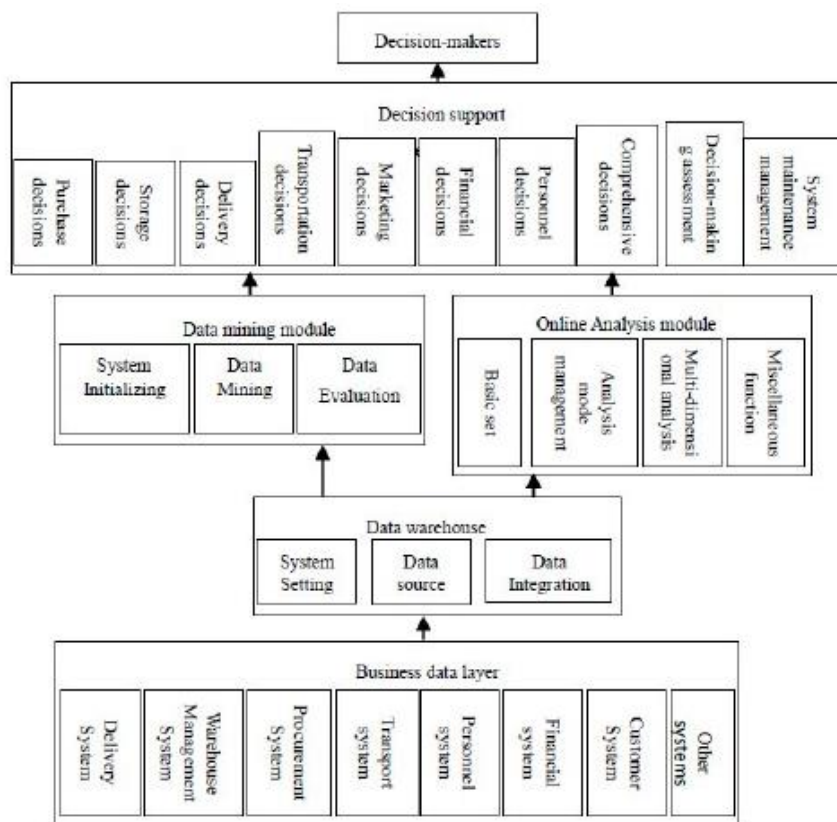


Ilustración 24. Diagrama del marco del modelo inteligente. Fuente: (Z. Xu et al., 2012)

**(Zhonggui Ma, Xinsheng Shang, Xinxi Fu, & Feng Luo, 2013)**

La arquitectura autónoma de los autores (Zhonggui Ma et al., 2013) se diseña para entornos de comunicaciones inalámbricos en las que incluyen los siguientes niveles (Ilustración 25):

- **El nivel de datos** es utilizado para la transmisión de paquetes de datos.
- **El nivel de control** es utilizado para enviar el mensaje de configuración al nivel de datos, optimizando el rendimiento e incrementando la fiabilidad.
- **El nivel de conocimiento** proporciona una completa visión de la red y los requisitos de conocimiento para las decisiones de control.
- **El nivel de gestión** coordina los niveles de datos, control y conocimiento.

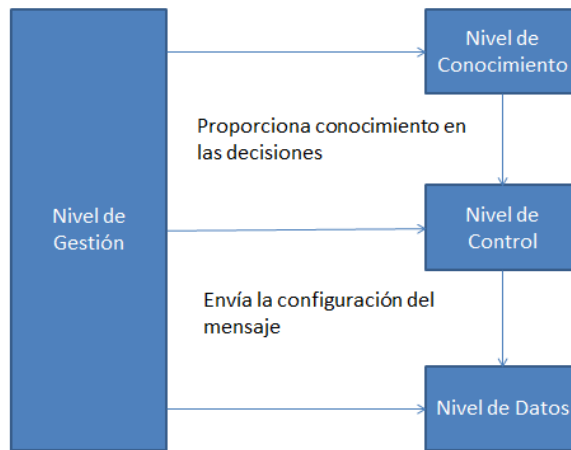


Ilustración 25. Arquitectura autónoma de IoT. Fuente: (Zhonggui Ma et al., 2013)

La arquitectura de la codificación de las etiquetas EPC (Ilustración 26), las cuales proporcionan un identificador único para toda la producción, (Electronic Product Code) es estructurada por el sistema de codificación EPC, el sistema de identificación de adquisición de datos RFID y el sistema de información de red, que se compone de la red local e Internet, incluyendo el sistema Middleware, el servicio del nombre del objeto (ONS, Object Name Service), el servicio de información de EPC (EPCIS, EPC Information Services) que se utiliza para la gestión y circulación de la información, y por último el marcado del lenguaje físico (PML, Physical Markup Language).

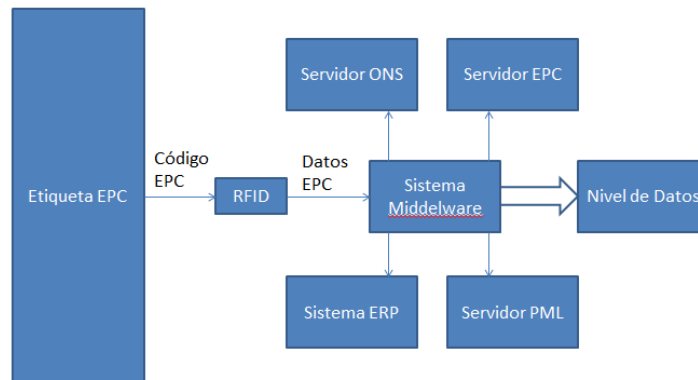


Ilustración 26. Arquitectura de EPC en IoT. Fuente: (Zhonggui Ma et al., 2013)

En este capítulo se han mostrado varias arquitecturas para hacer posible el buen funcionamiento de IoT con la logística, evidentemente al ser investigaciones y no estar probadas en empresas reales, no se podría decir con seguridad que su funcionamiento sea perfecto, además cada autor da un enfoque diferente, como pueden ser las operaciones logísticas, las finanzas, la inteligencia del sistema o la autonomía entre otras. A pesar de estos diferentes enfoques todos los autores convergen en un punto en común, y es la importancia de disponer de un sistema donde los flujos de información tengan las menores barreras posibles, porque Internet de las Cosas no tendría sentido si dicha información no pudiera circular con facilidad entre las partes involucradas. Con la exposición de la arquitectura de Internet de las Cosas se pretende que el lector conozca con un poco más de detalle las principales partes del funcionamiento del sistema, hasta un nivel de detalle lo suficientemente claro para su comprensión, pero sin extenderse en detalles demasiado exhaustivos porque no es objeto este proyecto.

## 4. Tecnologías y aplicaciones utilizadas de Internet de las Cosas

Para desarrollar la logística en un entorno de IoT, son necesarias diversas tecnologías, que permiten que mejore la eficacia y eficiencia de las empresas, dichas tecnologías contribuirán a cambiar el proceso de la cadena de suministro y los medios de gestión de las empresas, de esta manera se abrirán nuevas oportunidades de desarrollo en las áreas de fabricación y la gestión de la cadena de suministro. Algunos de estos dispositivos son las redes de sensores como pueden ser los RFID o los códigos de barras, el sistema de posicionamiento global (GPS), el Cloud Computing, etc. A grandes rasgos, la tecnología de IoT se puede dividir en tres grandes grupos tecnológicos (X. Dong & Song, 2011):

- **Tecnologías de percepción.** La tecnología más popular utilizada en el campo de la información logística es el RFID, representa aproximadamente un 38%. El GPS / GIS representa un 32% y por último es la tecnología de percepción visual con el 9%.
- **Tecnologías de comunicación y de red.** El sistema Intranet es el modo principal para la transmisión de datos (por cable o inalámbrico) alcanzando un 63% y la red LAN inalámbrica representa el 24% de las empresas logísticas.
- **Tecnologías de gestión y control.** Aplicaciones para la identificación, la percepción, la posición, rastreo y distribución.

Estas tecnologías permiten gestionar los datos, evaluándolos de acuerdo a las condiciones del entorno, para tomar decisiones sobre la base de la información adquirida. Sin embargo, estos objetos dependen de la libertad de decisión dentro del proceso y, en consecuencia, de su capacidad para el proceso de cambios dinámicos (Ferreira et al., 2010). Las tecnologías y elementos clave de la tecnología de IoT se exponen primero en un cuadro a modo de resumen (Tabla 10), y posteriormente se explican con más detalle, son las siguientes:

Cuadro de las principales tecnologías	
Tecnologías	Principales conceptos
Etiquetas RFID	Sistema de identificación de objetos sin contacto. Pueden ser activas (con alimentación propia) o pasivas (carecen de alimentación)
GPS	Tecnología de detección de la posición a nivel mundial
Cloud Computing o Nube	Infraestructura para el almacenamiento y análisis de datos
Plataforma de Servicios	Plataforma para integrar los recursos para una mayor integración
Etiquetas EPC	Es el sistema de identificación de los objetos a través de RFID
Lector de etiquetas	Dispositivo de lectura de etiquetas EPC a través de RFID

Servicio de información EPC	Permite consultar la información de la etiqueta EPC
Objeto de servicio de nombres ONS	Es el nombre que identifica las etiquetas EPC
Red de sensores inalámbricos WSN	Tecnología inalámbrica que utilizan los dispositivos
Tecnología IPv6	Es el sistema de identificación de los objetos a través de Internet
Nanotecnología	Tecnología que permite disponer de dispositivos extremadamente pequeños
Monitorización	Permite la visualización del entorno a través de una pantalla

Tabla 10. Principales tecnologías de IoT

- **La tecnología RFID** (Radio Frequency Identification). Puede identificar uno o varios objetos a la vez sin contacto. Un sistema RFID integrado incluye la etiqueta RFID (que contiene la antena), el lector de RFID y el sistema de gestión de datos RFID. Sistema RFID se utiliza generalmente en la capa sensorial (Zhang et al., 2012).

Las etiquetas RFID se dividen en dos tipos (Gubbi et al., 2013):

- Las etiquetas RFID pasivas, que no tienen batería y usan el poder de la señal de del lector para comunicar el ID (la identificación) al lector RFID (Ilustración 27).
- Los lectores RFID activos, que tienen su propio suministro de batería y pueden crear instancias en la comunicación.

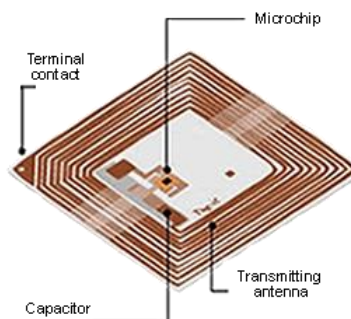


Ilustración 27. Etiqueta RFID. Fuente: Motorola

- **Tecnología GPS.** Es la tecnología con la que se pueden detectar a nivel mundial cualquier objeto, obteniendo su posición mediante las coordenadas geográficas. En los últimos años se ha extendido en los medios de transporte, aportando grandes beneficios en la planificación de las rutas (Sun, 2012).



- **El Cloud Computing o Nube.** Proporciona la infraestructura virtual para la integración de los dispositivos de vigilancia, dispositivos de almacenamiento, herramientas de análisis, plataformas de visualización y entrega al cliente. El almacenamiento, la propiedad y la caducidad de los datos se convierten en temas críticos, ya que han de ser almacenados y utilizados para el seguimiento y las actuaciones de forma eficaz (Gubbi et al., 2013). Para el análisis de los datos se utiliza una plataforma denominada Big Data. El término Big Data se refiere a los conjuntos de datos con un gran volumen (estructurados o no) que es generado por los dispositivos, los cuales se tienen que analizar para descubrir las relaciones y patrones que hay entre ellos (Intel\_IT, 2013).
- **La Plataforma de Servicios de Información** (aplicaciones software). Se utilizan dichas plataformas para integrar los recursos y permitir el intercambio más eficaz de la información entre las empresas. Las tecnologías integradas de las unidades de análisis de la información en el sistema de aplicación requieren que tengan unas características de seguridad y de intercambio rápido de información (Zhang et al., 2012). Con el fin de mantener el sistema en funcionamiento, la aplicación de software embebida en el elemento debe proporcionar robustez, flexibilidad, privacidad, bajos costes de comunicación y de bajo tiempo de cálculo (Ferreira et al., 2010).
- **Las etiquetas EPC** (Electronic Product Code). El EPC es una identidad digital de los productos almacenados de acuerdo con la definición estándar preestablecida (Xuebing, 2012).
- **El lector de etiqueta electrónica.** Es un dispositivo que utiliza la tecnología RFID para leer la información almacenada en la etiqueta electrónica y transferirla al sistema de gestión (Xuebing, 2012).
- **El servicio de Información EPC** (EPC-IS). Se compone de dos funciones que se ocupan de la información almacenada en el Middleware y la consulta de la información pertinente (Xuebing, 2012).
- **Los objetos de servicio de nombres** (ONS, Objects Name Service). Al igual que en el servidor del dominio de nombres, la información se puede utilizar para pasar al servicio de información EPC-IS la información que almacena el Middleware (Xuebing, 2012).
- **El WSN** (Wireless Sensor Network). Su objetivo es el de la percepción de la información y procesamiento de datos mediante el despliegue de sensores en las zonas específicas, y hace el intercambio de información y transmisión a través de Internet. El WSN se utiliza en la capa sensorial.

Los componentes de la red WSN son (Gubbi et al., 2013):

- **Hardware WSN:** Normalmente un nodo (hardware básico WSN) contiene las interfaces de los sensores, unidades de proceso, transceptores y fuentes de alimentación.
- **Elementos de comunicación WSN:** El diseño de una topología apropiada, enrutamiento y la capa MAC es fundamental para la escalabilidad y la longevidad de la red. Los nodos en una WSN necesitan comunicarse entre sí para transmitir datos a una estación base.

- **Middleware:** Es un sistema para combinar la infraestructura cibernética, la arquitectura orientada a servicios (SOA, Service Oriented Architecture) y las redes de sensores de manera independiente. Esto se basa en la idea de aislar los recursos que pueden ser utilizados por varias aplicaciones.
- **Seguridad de datos agregados:** Se requiere un método de agregación de datos eficiente y seguro para extender la vida útil de la red, así como garantizar datos fiables obtenidos de sensores.
- **La tecnología IPv6.** Proporciona el espacio de direcciones de red con las condiciones de infraestructura de red de los objetos físicos asociados. Se ha tenido que adoptar la tecnología IPv6 para permitir que la enorme cantidad de objetos que se conecten a la red puedan disponer individualmente de una dirección de red exclusiva. Con la anterior tipología de red IPv4 el número de direcciones que se podían asignar se estaban agotando, y no sería posible adaptar la tecnología de IoT en un contexto tan amplio. Las características más importantes de la creación de una dirección única son: la singularidad, la fiabilidad, la persistencia y la escalabilidad (Gubbi et al., 2013).
- **La nanotecnología.** El uso de la nanotecnología permite fabricar unas etiquetas electrónicas en miniatura para la vigilancia y el seguimiento de objetos pequeños o cambios en la información (Zhang et al., 2012).
- **La monitorización.** Permite la interacción del usuario con el entorno de una manera atractiva y fácil de entender. Con los recientes avances en las tecnologías de pantalla táctil, el uso de las tabletas y los teléfonos inteligentes se ha convertido en algo muy intuitivo (Gubbi et al., 2013).

En la Ilustración 28 se muestra el esquema con las principales tecnologías de IoT

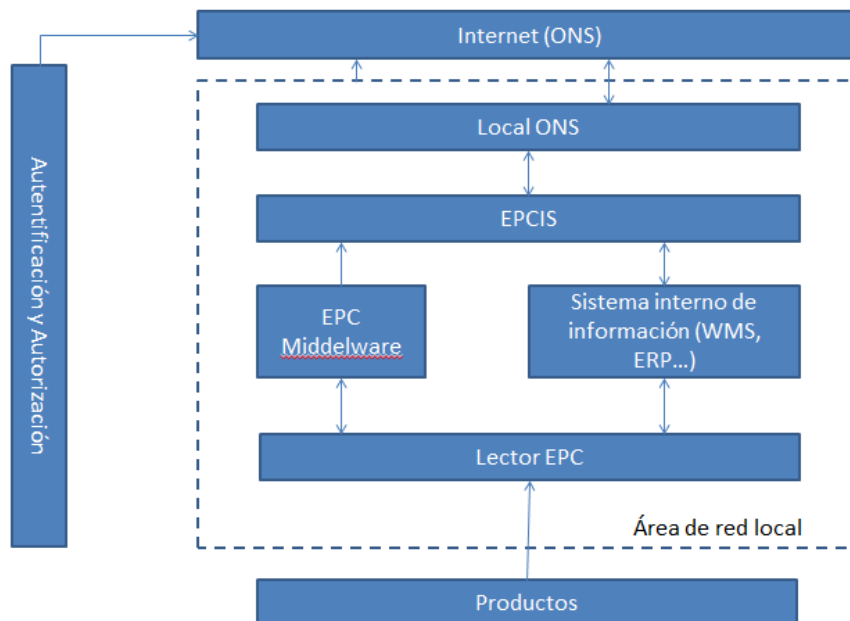


Ilustración 28. Tecnologías de IoT. Fuente: (Xuebing, 2012)

La Ilustración 29 proporciona una vista del entorno de IoT. Los objetos son etiquetados y por medio de escáneres permiten la identificación y la obtención de la información de la localización para poder establecer la comunicación (Coetzee & Eksteen, 2011).

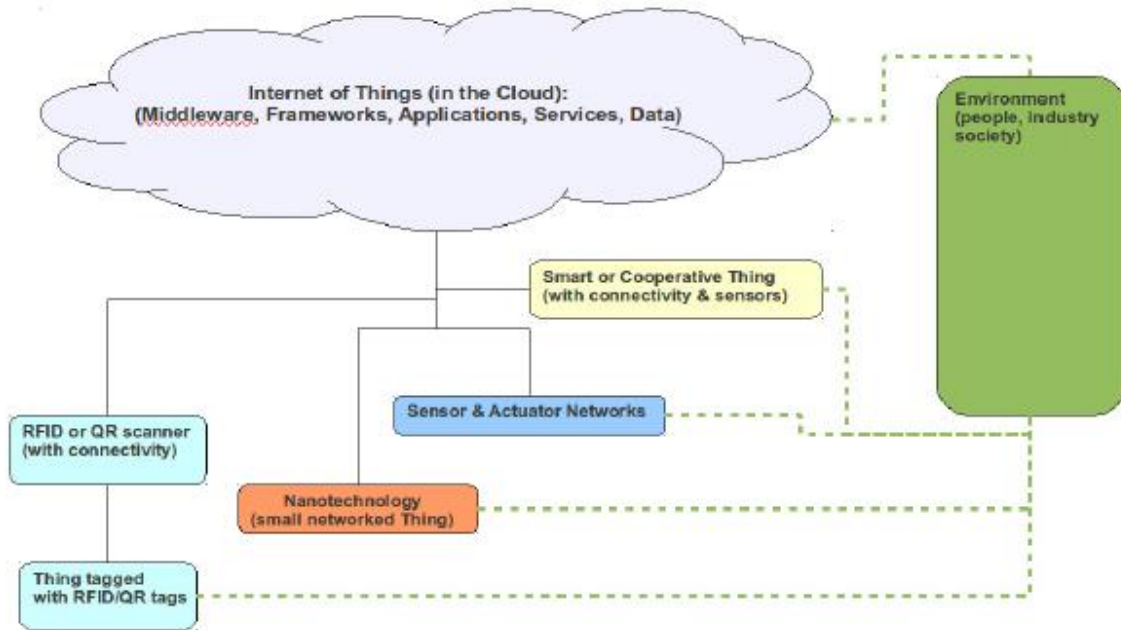


Ilustración 29. Entorno de IoT. Fuente: (Coetzee & Eksteen, 2011)

Estas tecnologías clave de la IoT tendrán aplicaciones muy importantes en el apoyo logístico, pero también puede tener consecuencias que no son deseadas por muchos usuarios, como por ejemplo, el derecho del individuo a la privacidad, el cual debe ser protegido, ya que podría tener un impacto negativo sobre cualquier persona o la sociedad. Los principios de consentimiento informado, la confidencialidad de los datos y la seguridad deben ser salvaguardados. Tendrá mucha importancia la normalización de las tecnologías involucradas en IoT, ya que dará lugar a una mejor interoperabilidad, reduciendo así las barreras de entrada (Coetzee & Eksteen, 2011). Un resumen de los estándares de las tecnologías utilizadas en Internet de las Cosas se expone en la Tabla 11 (S. Li et al., 2015).

En este capítulo se ha expuesto las principales tecnologías que se utilizan en Internet de las Cosas en la logística, se ha pretendido dar al lector de una forma escueta la principal función de cada una de ellas sin entrar en excesivos detalles, ya que supondría una información excesiva y podría ocasionar confusión si el lector no dispone de los conocimientos mínimos adecuados. En el siguiente apartado se verán las principales aplicaciones que tiene IoT en la logística.

Technologies	Standards
Communication	IEEE 802.15.4(ZigBee) IEEE 802.11 (WLAN) IEEE 802.15.1(Bluetooth, Low energy Bluetooth) IEEE 802.15.6 (Wireless Body Area Networks) IEEE 1888 IPv6 3G/4G UWB
RFID	RFID tag ISO 11784 RFID air interface Protocol: ISO 11785 RFID payment system and contactless smart card: ISO 14443/15693 Mobile RFID: , ISO/IEC 18092 ISO/IEC 29143 ISO 18000-1 – Generic Parameters for the Air Interface for Globally Accepted Frequencies ISO 18000-2 – for frequencies below 135 kHz ISO 18000-3 – for 13.56 MHz ISO 18000-4 – for 2.45 GHz ISO 18000-6 – for 860 to 960 MHz ISO 18000-7 – for 433 MHz
Data content and encoding	EPC Global Electronic Product Code, or EPCTM EPC Global Physical Mark Up Language EPC Global Object Naming Service (ONS)
Electronic product code	Auto-ID: Global Trade Identification Number (GTIN), Serial Shipping Container Code (SSCC), and the Global Location Number (GLN).
Sensor	ISO/IEC JTC1 SC31 and ISO/IEC JTC1 WG7 Sensor Interfaces: IEEE 1451.x, IEC SC 17B, EPC global, ISO TC 211, ISO TC 205
Network Management	ZigBee Alliance, IETF SNMP WG, ITU-T SG 2, ITU-T SG 16, IEEE 1588
Middle	ISO TC 205, ITU-T SG 16
QoS	ITU-T, IETF

Tabla 11. Estándares de las tecnologías de IoT. Fuente: (S. Li et al., 2015)

## 4.1 Aplicaciones de Internet de las Cosas

La aparición de Internet de las Cosas ha desarrollado nuevas investigaciones evolucionando esta tecnología para beneficio tanto a nivel empresarial, como también a nivel social. La combinación de IoT con la logística hace que se desarrollen en los centros de investigación los métodos y aplicaciones de la industria logística para incrementar su eficacia y eficiencia. A medida que la logística va teniendo un peso mayor, ésta va entrando en una fase crítica debido a una mayor complejidad en su gestión, y para poder abordar toda esta complejidad el uso de IoT ofrece ayudas tales como el reconocimiento automático, la gestión eficiente y eficaz, y la mejora del control de las cargas y procesos de transporte (C. Dong, 2014).

El IoT tiene mucho potencial para beneficio de la sociedad, el medio ambiente, así como el impacto económico en las empresas. La información precisa sobre el estado, la ubicación y la identificación, permite una toma de decisiones más eficaz. La tecnología de IoT se ha demostrado que puede tener aplicación en una variedad de dominios, que van desde la logística, el transporte y el seguimiento de activos, los cada vez mayores entornos inteligentes (casas, edificios, infraestructura), a la energía, la defensa y la agricultura. En esencia, los impactos de IoT tienen el potencial de influir significativamente en todas las facetas de la sociedad (Coetzee & Eksteen, 2011).

Las aplicaciones que tiene Internet de las Cosas son muy numerosas, pero en el ámbito en que se mueve este proyecto las más destacadas son las siguientes (Tabla 12):

Aplicaciones	Conceptos
Monitorización y seguimiento	Capacidad de rastreo de una flota de vehículos
Logística Inversa	Gestión de materiales retornables
Transporte marítimo	Gestión del entorno de un puerto marítimo
Entornos urbanos	Eficiencia del transporte urbano
Contenedores Inteligentes	Contenedores con envío de información
Cadena de suministro de automóvil	Gestión de los integrantes de la cadena

Tabla 12. Aplicaciones de Internet de las Cosas

Estas aplicaciones son las que se van a explicar en las siguientes páginas, lo que no quiere decir que sean las únicas ya que el continuo desarrollo de Internet de las Cosas supone que en el futuro aparezcan nuevas funcionalidades que actualmente se desconocen.

## 4.2 Monitorización y seguimiento

Hoy en día, la logística se está expandiendo a un ritmo cada vez mayor y los medios de transporte logísticos están aumentando también en número, haciendo que el seguimiento de la logística y las medidas de vigilancia tradicionales no puedan satisfacer la demanda de la empresa. Una solución es establecer una plataforma de servicios informatizada, para tener una mejor supervisión de los vehículos y del personal, mejorando la gestión logística, aumentando los beneficios, reduciendo los desperdicios y el coste de los recursos al mismo tiempo (C. Dong, 2014). Recientes investigaciones plantean la monitorización en tiempo real de los vehículos de transporte, aplicando la tecnología de IoT. Dichas investigaciones se centran en los siguientes puntos:

- Proponer un proyecto global logístico utilizando la tecnología de IoT, teniendo un sistema de seguimiento y monitorización
- Integrar la información recogida con los almacenes, el entorno de transporte, el contenedor de transporte, etc...
- Introducir el proceso de diseño y realización de varios módulos clave, como la comunicación de datos, el acceso a Internet, la ubicación y la plataforma de seguimiento por medio de una pantalla

### Partes del sistema de monitorización y seguimiento

El sistema logístico de seguimiento de los medios de transporte tiene como objetivo proporcionar la vigilancia en el tránsito y control de dicho transporte. El sistema se centra en el seguimiento de vehículos, las alertas en caso de errores, y el control del sistema de monitorización. Toda la información del proceso logístico se debe de obtener a través de un terminal instalado en los medios de transporte, el cual completa la recopilación y transmisión de datos del sistema de transporte. El terminal está a cargo de la adquisición de la información en tiempo real y la comunicación de la distribución de los vehículos al centro de monitorización. Las funciones del sistema son las siguientes:

#### Terminal del medio de transporte

- Inicializar el sistema.
- Adquirir en tiempo real la información de los vehículos, enviando la información del estado del vehículo al centro de monitorización.
- Informar por si se produce algún error o problema que afecte al transporte.

#### Centro de Monitorización

- El centro de monitorización gestiona la recogida y gestión de los materiales, el histórico del recorrido de los vehículos, los datos de las alarmas de los vehículos, etc... en tiempo real.
- El centro de vigilancia monitoriza los vehículos con la posición de la latitud y longitud del terminal del vehículo, mostrándose en un mapa en tiempo real.
- El centro de vigilancia establece la comunicación con el terminal del vehículo para buscar la posición geográfica de los vehículos.

El autor (C. Dong, 2014) propone un modelo para el seguimiento y monitorización (Ilustración 30) compuesto por: la posición de los vehículos en tiempo real y los avisos de información de las alarmas. Este sistema está basado en la tecnología Sunspot (Sun Small Programmable Object Technology), en el que se utiliza el reconocimiento a través de RFID, registrando las entradas y salidas, así como el cargamento interno del vehículo por medio del código EPC (Electronic Product Code). El módulo de comunicación completa la transmisión de datos entre el terminal del vehículo y el centro de monitorización.

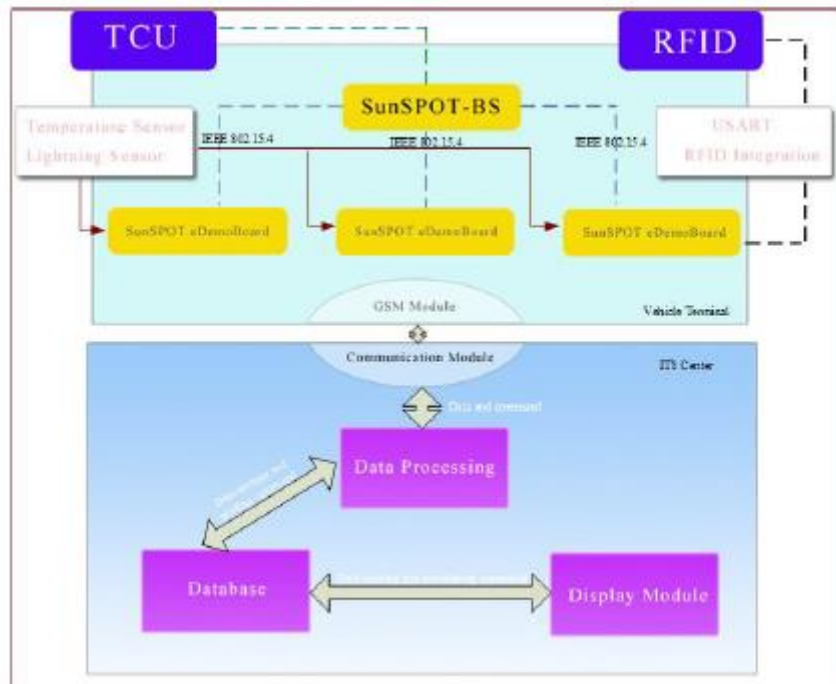


Ilustración 30. Esquema general del modelo de seguimiento y monitorización. Fuente: (C. Dong, 2014)

### Funcionamiento del sistema de monitorización y seguimiento

El funcionamiento del proceso se inicia desde que la mercancía sale del almacén y termina con la llegada y la aceptación de la carga a su destino. El sistema recibe el comando de envío, y con las mercancías o cargas ya distribuidas se incrustan las etiquetas electrónicas EPC (Estas etiquetas no se cambian hasta que llegue al destino). Dentro de este período, varios lectores confirman la información de la mercancía por medio de la identificación de las etiquetas, y dicha información es transportada al centro de monitorización para la gestión y consulta web (el usuario puede consultar en cualquier momento la información que le proporciona el sistema). Se puede encontrar y localizar rápidamente las demandas de las mercancías en función de las necesidades, proporcionando comodidad para los usuarios, y realizar el seguimiento del transporte y el estado de las mercancías. En la Ilustración 31 se puede observar el esquema de un ejemplo del proceso de entrega y en la Ilustración 32 se muestra la interfaz de la consulta de los vehículos con sus respectivas mercancías.

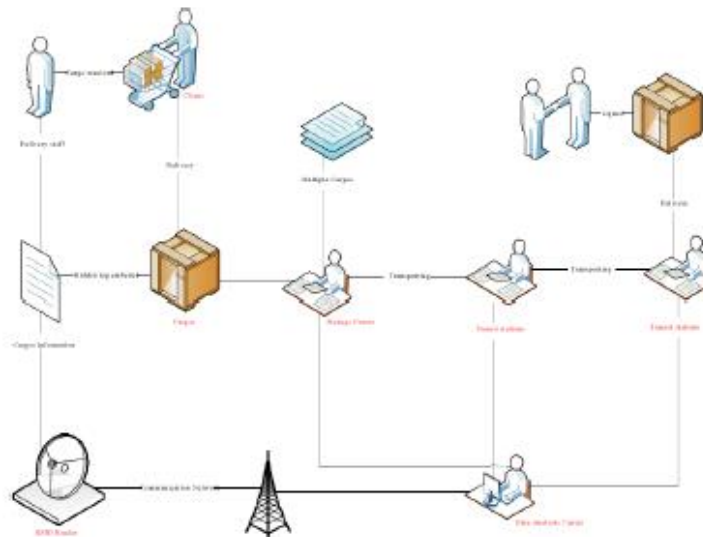


Ilustración 31. Ejemplo del proceso de entrega. Fuente: (C. Dong, 2014)

运单跟踪记录	运单编号	起始单号	终止单号	发货日期	使用站点	发货站点
290109771507	290109771001	290109772000		2013-12-12	广州天平驿站	数据中心
290109771507	290109771001	290109772000		2013-12-17	市场>	广州天平驿站

【290109771507】跟踪记录							
RFID扫描时间	上传时间	车辆代码	子单号	件数	操作	跟踪记录	
2014-01-13 00:19	2014-01-13 01:18	97813897		1	0	【广州驿站】已进行【黄包件】扫描, 目的站/分站是【高新一级汽站】	
2014-01-13 00:24	2014-01-13 01:25	V2809408		1	0	快件在【广州天平驿站】装车, 正发往【广州分拨中心】	
2014-01-13 01:24	2014-01-13 01:27			1	0	【天平驿站】的【市场】已经收	
2014-01-13 02:01	2014-01-13 02:09			1	0	快件到达【广州分拨中心】, 上一站是【广州天平驿站】	
2014-01-13 02:12	2014-01-13 02:36	9789293		1	0	【广州分拨中心】装车, 自站是【高新一级汽站】车牌号为【VL2044】, 正发往【沈阳分拨中心】	

Ilustración 32. Interfaz del usuario. Fuente: (C. Dong, 2014)

El seguimiento sirve para comprobar las trayectorias de los vehículos, las cuales se quedan registradas en el sistema, y son utilizadas para determinar si el vehículo está en la ruta normal o por el contrario, ha seguido una ruta diferente, lo que puede dar la activación de la alarma. Se pueden leer las coordenadas de latitud y longitud de la base de datos por intervalos reproducidos y número de matrícula del vehículo. En la Ilustración 33 se observa el mapa del seguimiento de los vehículos.



Ilustración 33. Seguimiento de las trayectorias de los transportes. Fuente: (C. Dong, 2014)



### 4.3 Logística Inversa

Los sistemas de fabricación se están desarrollando para ser más precisos y respetuosos con el medio ambiente, con sistemas de fabricación sostenibles, teniendo en cuenta tanto las cuestiones ambientales y el consumo de recursos. El objetivo es reducir al mínimo el impacto ambiental negativo, con el uso razonable de los recursos y teniendo en cuenta todo el ciclo de vida del producto: diseño, fabricación, envasado, utilización, reciclaje y el retiro (X. Xu, Wu, & Guo, 2011).

La logística inversa o cadena de suministro inversa, representa todas las actividades necesarias de una red de empresas para reciclar los productos usados por los clientes. La cadena de suministro tradicional lleva los productos a los usuarios, mientras que la cadena de suministro inversa, trata directamente con los clientes para proporcionar los servicios de reciclaje de los productos que utilizan. Se representa en la Ilustración 34 la combinación de la cadena de suministro y la cadena de suministro inversa de un sistema de circuito cerrado.

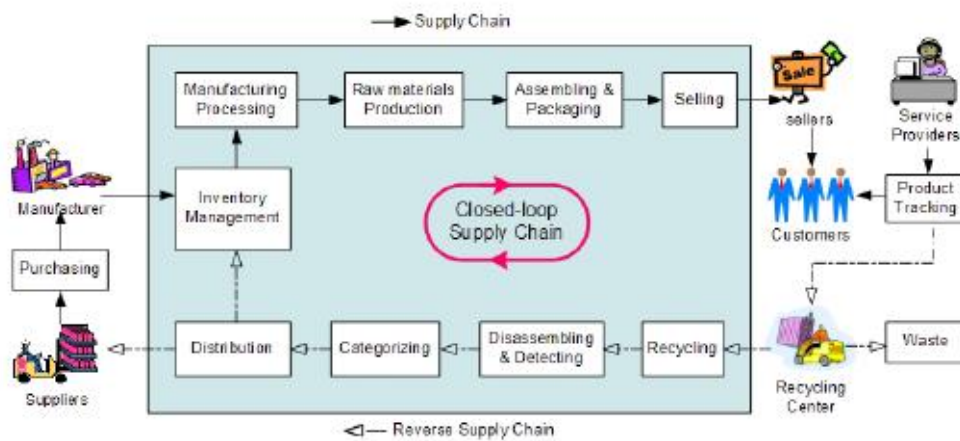


Ilustración 34. Cadena de suministro tradicional e inversa. Fuente: (X. Xu et al., 2011)

Por lo general la cadena de suministro inversa puede tomar tres vías diferentes basadas en el recorrido del reciclaje de los productos:

- 1) **Recorrido a lo largo de la cadena de suministro.** A veces las mercancías no se devuelven directamente a los intermediarios, y se hace necesario tener que ir aguas arriba de la cadena de suministro a dejarlas.
- 2) **La reincorporación a la circulación** a través del mercado secundario o de otros canales.
- 3) **Reciclaje.** Los productos o sus materiales de embalaje se recogen, se reciclan, se clasifican y se re-fabrican, así que la totalidad o parte del producto pueda volver a entrar en el ciclo de la cadena de suministro.

La gestión de la cadena de suministro ya no se limita solamente a las cadenas de bucle abierto (positivos), también está abierto a las cadenas de bucles cerrados (negativos). Además, la mejora debe ser construida sobre la base de la cadena de suministro de bucle cerrado (Gu & Liu, 2013).

Los autores (X. Xu et al., 2011) proponen una gestión inteligente de la cadena de suministro inversa que denominan SRSC (Smart Reverse Supply Chain). Este sistema es un concepto de gestión sostenible de fabricación, que permite la combinación de los sistemas ERP, CRM y SCM. La topología de red de SRSC se muestra en la Ilustración 35.

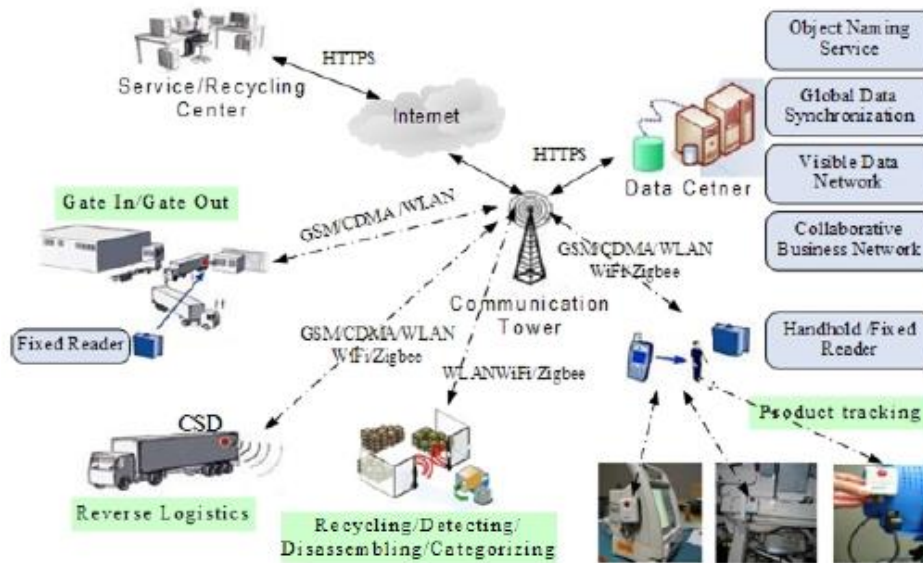


Ilustración 35. Topología de la red SRSC. Fuente: (X. Xu et al., 2011)

Las partes de este sistema se componen de:

**Las etiquetas y lectores RFID:** A cada producto se le fija una etiqueta RFID para ser rastreado, transmitiendo la información automáticamente.

**El código electrónico de producto EPC (Electronic Product Code):** Son las etiquetas que se colocan en los productos o lugares para poder transmitir la información y realizar su seguimiento.

**El centro de reciclado:** El centro hace la detección, la categorización, el seguimiento de productos y el reciclado.

**El centro de datos:** Todo el sistema necesita el apoyo del centro de datos, que recibe la información del entorno que hay que procesar.

El sistema SRSC junto con la tecnología de IoT, permite la recogida y gestión de la información en tiempo real sobre los ciclos de vida de los productos, reduciendo en gran medida la incertidumbre del sistema, gestionando el inventario y la logística de una manera más eficaz, e integrando las cadenas de suministro para formar sistemas de circuito cerrado, lo que consigue tener un mayor beneficio de los aspectos financieros y ambientales de las empresas.

Para los autores (Gu & Liu, 2013), el sistema de gestión de la logística inversa tiene que reunir las siguientes características:

**Alta fiabilidad de la información.** Existe cierta incertidumbre en la gestión de la propiedad de los productos.

**Alta complejidad de la actualización de datos.** En una cadena de suministro, después de la venta de un producto, su información apenas cambia, sin embargo, en un sistema de cadena de suministro inversa, no tiene que eliminarse los datos de los productos, contribuyendo a un aumento de la complejidad en la actualización de los datos.

**Amplio tiempo de seguimiento.** Dentro del ciclo de vida, muchos productos tienen una vida útil de más de diez años o incluso décadas, por lo tanto, hay que mantener un registro preciso e ininterrumpido de los datos durante un período muy largo.

**La diversificación de los datos registrados.** En la gestión de la logística inversa, las propiedades de los productos registrados se diversifican, y están íntimamente ligados a los tipos de productos.

**Alto grado de dispersión de la información.** La información de los productos puede ser muy diversa, ya que, aparte de la información del fabricante, también está la información del transporte, la distribución y la venta al por menor, y los consumidores.

La adquisición de la información lleva primero a tener que hacer una investigación preliminar, esencial para el proceso de la logística inversa, por lo tanto, los datos de la última se recogen a través de Internet, se registran en la base de datos de la empresa, y se incluyen con la información del material inicial de los productos. Naturalmente, el consumo de recursos energéticos se puede reducir en posteriores ciclos de la vida, con el objetivo de llegar a la construcción de una economía en bucle cerrado.

## 4.4 Transporte marítimo

El puerto marítimo es un centro importante en la logística moderna, siendo el punto de intersección de la vía marítima y el transporte terrestre. Con el continuo desarrollo económico, se sigue aumentando la capacidad de transporte de energía, de materias primas y de otros bienes básicos. El aumento del rendimiento requiere una mayor infraestructura del transporte marítimo, y se hace necesaria la informatización para la mejora de la logística del transporte.

Existen varias deficiencias en la logística del transporte marítimo, que son (Song, Huang, & Fenz, 2012):

- La falta de eficiencia de la transferencia de información entre la carga y puerto de descarga.
- El seguimiento de la carga durante el transporte. Se hace necesario mejorar la información de forma automática entre los puertos y otras empresas logísticas, como las compañías ferroviarias, la Autoridad Portuaria y la Aduana.
- La mejorar del proceso de carga y descarga automatizada.

Debido a la falta de interfaces de intercambio de información, los puertos tienen que utilizar documentos de papel para intercambiar la información de mercancías. Para mejorar la transferencia de información se creó el sistema EDI (Electronic Data Interchange). Tal sistema elimina la necesidad de procesar manualmente los documentos de papel y mejora la eficiencia global de los procesos de carga y descarga. La Ilustración 36 muestra cómo la tecnología de IoT se puede utilizar para realizar un seguimiento de la carga durante el transporte.

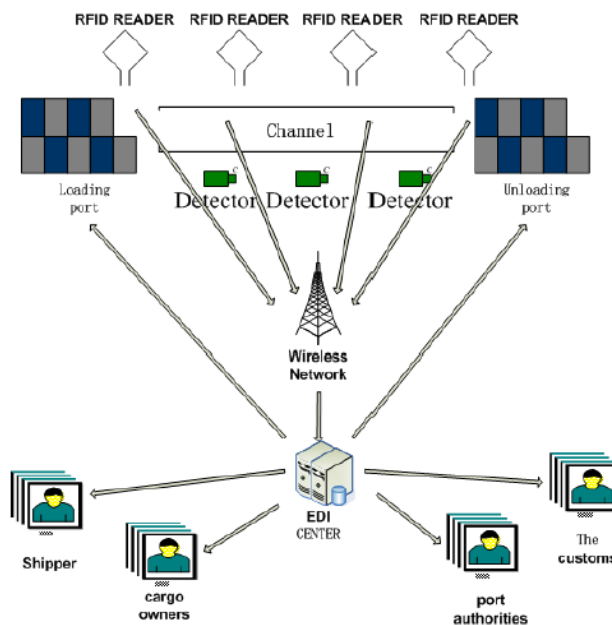


Ilustración 36. Sistema de seguimiento EDI. Fuente: (Song et al., 2012)

La utilización de Internet de las Cosas en los transportes dentro de una terminal mejora la eficiencia, la eficacia y la comodidad de los transportistas, ya que el sistema puede reconocer automáticamente las mercancías sin necesidad que los medios de transporte se paren, por medio de la etiqueta RFID y el lector, un detector de infrarrojos, y un sistema de reconocimiento de matrículas. Cuando el vehículo está en la báscula, el lector RFID, la cámara y el detector de infrarrojos se abren automáticamente, y la báscula comienza a pesar la carga. Se registran el peso del vehículo, el número de licencia y la información del RFID, y se almacenan en el sistema de gestión de los puertos de forma automática. Después del pesado, los conductores pueden imprimir el ticket de pesaje ellos mismos y salir de la báscula. Si el sistema de gestión se encuentra con problemas durante el proceso de pesaje, el sistema señalará el problema en la pantalla. Así el terminal puede seguir automáticamente el proceso de carga y de descarga sin ser atendido por un sistema de vigilancia.

La utilización de Internet de las Cosas en una terminal marítima también mejora la eficiencia en la gestión de los contenedores. Un barco que está atracado en el puerto, mantiene la conectividad permanente. Una vez en ruta, el barco continuará actualizando las lecturas para cada sensor o sensores de cada contenedor, conectándose a la nube con el fin de validar la información (Ilustración 37). En caso de que la mercancía pueda verse alterada o de estar en riesgo, el barco puede alterar los planes de entrega o intentar la comunicación con los servicios en la nube para obtener más instrucciones (Morín, 2014).

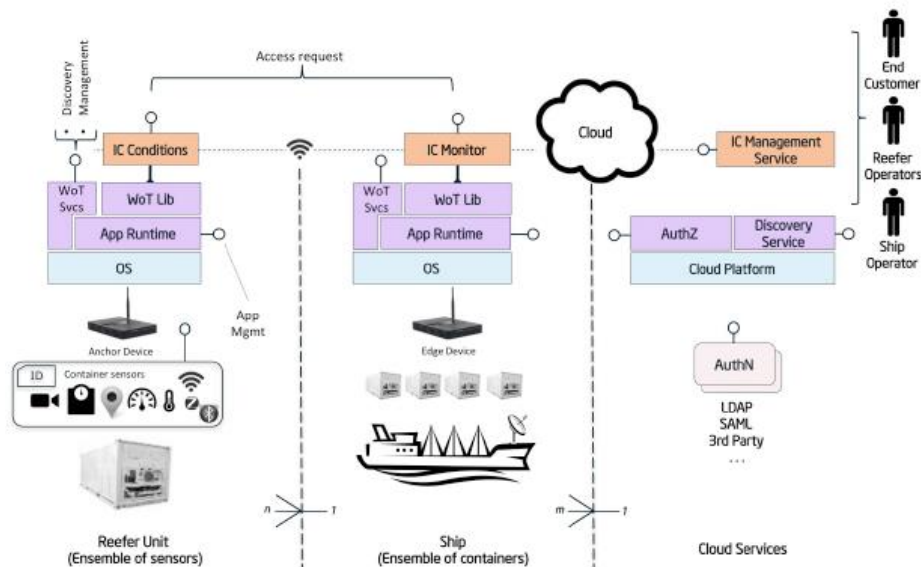


Ilustración 37. Monitorización de un contenedor. Fuente: (Morín, 2014)

Hoy en día la tecnología de IoT se utiliza en logística de transporte marítimo, con el fin de fortalecer la supervisión y mejorar la eficiencia. Sin embargo, debido a la diversidad de la forma, el embalaje y los métodos de carga y descarga, todavía no hay una aplicación práctica de la tecnología de IoT en logística de transporte marítimo (Song et al., 2012).

Los puertos son nodos logísticos cruciales para el comercio y el desarrollo de las empresas internacionales. Hoy en día los puertos marítimos basan su competitividad en la tecnología y la innovación de sus procesos logísticos y de la cadena de suministro. En los últimos años la aparición del concepto de puerto inteligente muestra que Internet de las Cosas se está convirtiendo rápidamente en un estándar tecnológico, ofreciendo soporte en la gestión de los procesos logísticos de los puertos marítimos, mejorando la eficiencia y eficacia (Ferreti & Schiavone, 2016).

Las tecnologías inteligentes pueden tener un impacto directo en el diseño de procesos de negocio de los puertos marítimos. Por ejemplo, el intercambio en tiempo real de información entre las líneas de carga y descarga del puerto reducen considerablemente el tiempo de control y de transición de mercancías. Del mismo modo, el seguimiento de los procesos de intermodalidad lleva a una mejor eficiencia operativa y ayudan en el rediseño de los procesos de los puertos. Entre las principales tecnologías de IoT que hay en un puerto inteligente están, los sensores, el RFID, las redes de sensores inalámbricos, la tecnología de comunicación de red, las operaciones máquina a máquina (M2M, Machine to Machine), entre otros (Ferreti & Schiavone, 2016).

## 4.5 Entornos urbanos

En un entorno urbano se realiza lo que se conoce como “la entrega de la última milla”, en la que los productos son entregados al cliente final. Como los puntos de entrega pueden llegar a ser muy numerosos, se hace necesario tener que adoptar nuevas tecnologías para que solucionen con rentabilidad la entrega de las mercancías. En la Ilustración 38 se puede observar un ejemplo de la aplicación de IoT en un entorno urbano.

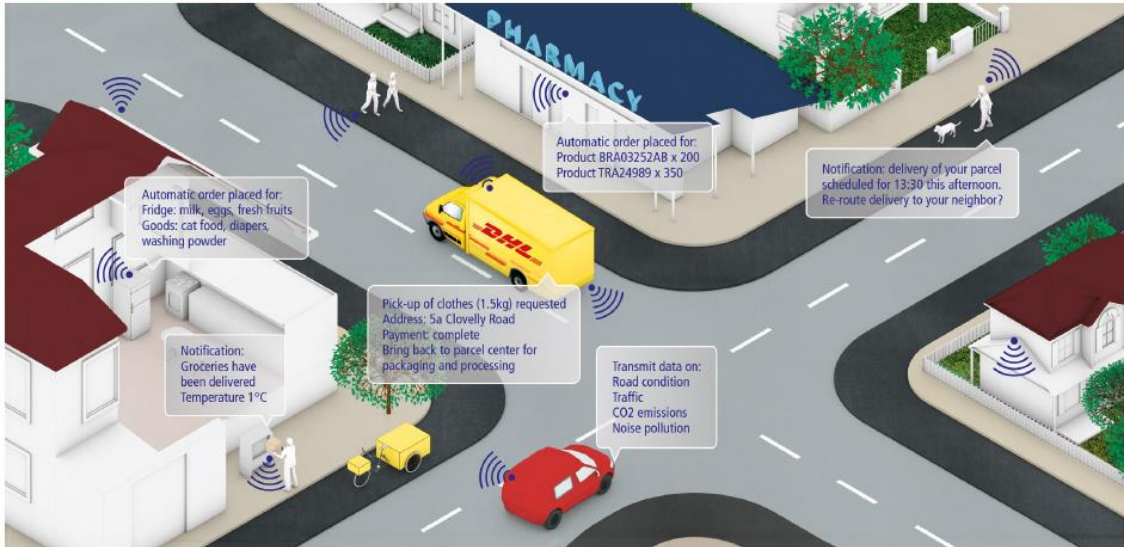


Ilustración 38. Entorno urbano con IoT. Fuente: (Macaulay et al., 2015)

Los conceptos clave en un entorno urbano son la cooperación, la consolidación y la separación de las transacciones comerciales que generan la demanda y, la forma en que se realizan el transporte y el almacenamiento de las cargas de mercancías.

Los integrantes de las interacciones logísticas son:

- **Los proveedores.** Incluyen a operadores, proveedores de servicios logísticos a terceros (3PL), instalaciones de almacenamiento público y privado, terminales unimodales y multimodales, etc.
- **Auxiliares logísticos.** Incluyen a los corredores y agentes de carga (estos incluyen a menudo los transportistas que actúan como integradores).
- **Los usuarios de los servicios logísticos.** Incluyen cargadores, minoristas, distribuidores, fabricantes, etc., así como las instituciones, oficinas y ciudadanos particulares que reciben y envían paquetes y cartas.
- **Los legisladores.** Incluyen ampliamente a gobiernos y agencias municipales, provinciales/estatales, nacionales e internacionales, que conforman las políticas de operación y reglas, sin olvidar la legislación tributaria, que rige los sistemas de transporte y logística.

Los autores (Crainic & Montreuil, 2015) proponen un sistema de transporte en una ciudad con redes multimodales complejas, compuestas por el transporte de cinco tipos principales de entidades:

- **Las personas.** Son los desplazamientos de los medios particulares. Las personas también se pueden trasladar caminando, conduciendo, o mediante taxis, autobuses o cualquier medio que ocupe la vía pública.
- **Las mercancías.** Son transportadas desde los orígenes a los destinos y tienen que transportarse en vehículos o sistemas de transporte.
- **Las infraestructuras.** Es el medio en el cual se mueven los vehículos.
- **Los vehículos.** Son los medios de transporte para usos particulares o profesionales (transporte de mercancías).
- **Terminales públicas y privadas.** Se encargan de cargar, descargar, transbordar, almacenar y, finalmente, ordenar y agrupar las mercancías de los vehículos.

La logística de las mercancías en las ciudades es ubicua y toma muchas formas, interfiriendo con el transporte privado de las personas y con la utilización de las infraestructuras del transporte urbano, en particular la red de carreteras y el estacionamiento en la calle (Crainic & Montreuil, 2015).

Los coches, trenes y autobuses equipados con dispositivos de IoT proporcionan información importante para el conductor de un automóvil permitiendo mejor navegación y seguridad. Las autoridades gubernamentales también se benefician de una información más precisa acerca de los patrones de tráfico en carretera para fines de planificación. El tráfico de transporte privado podría encontrar el mejor camino evitando atascos e incidentes. Las empresas de transporte de mercancías optimizan la ruta ahorrando energía. La información sobre el movimiento de los vehículos que transportan mercancías, junto con información sobre el tipo y el estado de la mercancía se integra para proporcionar información sobre el plazo de entrega, retrasos, errores, etc. Esta información también se combina con la situación de los almacenes con el fin de tener una automatización más completa (Atzori, Iera, & Morabito, 2010).



## 4.6 Contenedores inteligentes

Aproximadamente un tercio de los alimentos producidos para el consumo humano se pierden a nivel mundial. En el caso de productos perecederos como frutas y verduras es aún más de un tercio. Una gran parte de los residuos se producen en la manipulación y almacenamiento post cosecha, así como en el transporte y la distribución. La razón principal de los residuos es debida generalmente a una refrigeración insuficiente, bien sea a errores técnicos, humanos o a una falta de información. Otros problemas en la cadena de suministro alimentaria son las escasas previsiones de la demanda, los sistemas de reabastecimiento inflexibles, y la inadecuada transparencia de la cadena de suministro alimentaria. El contenedor inteligente es un concepto y prototipo para solucionar la falta de información, y reducir el desperdicio de los alimentos perecederos.

La distribución de la temperatura en un contenedor no es muy homogénea. En consecuencia, la información de la temperatura con la que se mide la refrigeración de un contenedor es insignificante. Otra deficiencia de información producida en la manipulación de mercancías es, la falta de vigilancia de la temperatura durante el transbordo de mercancías, el cual hace que esta falta de información de la vida útil de los productos perecederos no se pueda predecir con exactitud. Tradicionalmente, la gestión FIFO (primero en entrar, primero en salir) es el concepto establecido en el almacenamiento de alimentos.

El contenedor inteligente IC (Intelligent Container) utiliza las últimas tecnologías para proporcionar la información que falta en la cadena de suministro alimentaria de la vida útil de su carga. Los sensores están dispuestos entre los alimentos, los cuales miden continuamente los parámetros ambientales que son relevantes para la calidad de los productos. Estos sensores envían esta información a una unidad central de procesamiento en el interior del contenedor. La unidad de procesamiento calcula el tiempo de conservación de los bienes, y en el caso de los productos perecederos expiran de una manera inesperadamente rápida, informa telemáticamente al departamento de logística. Además, el IC registra la información con los datos más relevantes, en caso de que se requiriera una posterior consulta.

El IC puede también identificar las necesidades del cliente y comunicarse con otras entidades, como barcos, grúas y camiones a través de internet, además, navega de manera autónoma a través de la red logística para satisfacer las demandas de los clientes, haciendo que la cadena de suministro alimentaria actúe de manera más transparente, creando un sistema de reposición flexible. El IC puede utilizar diferentes canales de comunicación para enviar esta información a través de Internet al departamento de logística. Durante los envíos el IC puede utilizar la comunicación vía satélite por vía marítima, y el UMTS y WiFi (en el almacenamiento) cuando el transporte sea por carretera. El IoT aplicado al contenedor es útil para su identificación a medida que son localizados por los puntos de paso de cualquier lugar durante el viaje.

En una terminal portuaria el IC puede comunicarse con los barcos, las grúas y otros dispositivos estableciendo de manera autónoma la red logística, así se toman las decisiones de un modo descentralizado, basado en los métodos de cooperación autónomos. Por lo tanto, el IC puede reaccionar de manera autónoma a las interferencias impredecibles, sin esperar instrucciones de un sistema de control central (Dittmer, Veigt, Scholz-Reiter, Heidmann, & Paul, 2012). Estos nuevos contenedores inteligentes permiten conocer el estado real y actualizado de la carga, informar de volúmenes, vibraciones, cambios de temperatura, saber en qué coordenadas exactas se halla el contenedor (Ilustración 39), y advertir ante posibles manipulaciones indebidas, actos de vandalismo o intentos de robo, los choques, las vibraciones, la humedad, y así sucesivamente (McBeath, 2014).

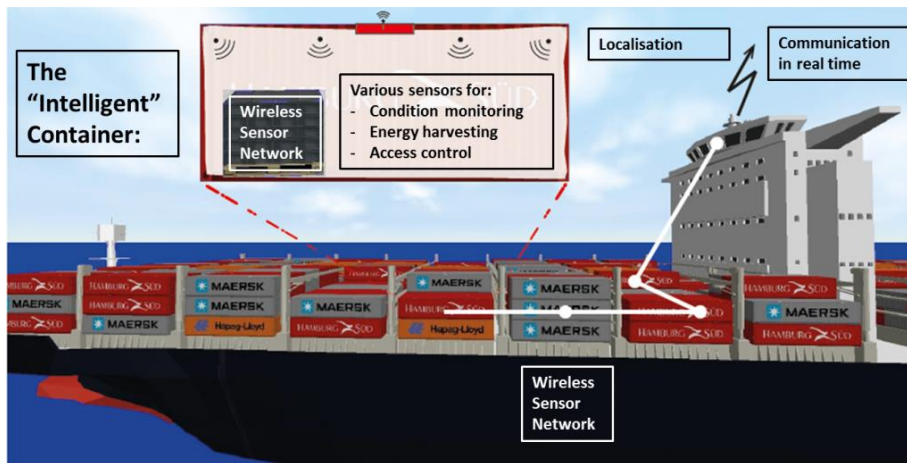


Ilustración 39. Portacontenedores con control inteligente. Fuente: (Transnetwork, 2014)

En una terminal portuaria con unas capacidades que alcancen sus límites, los operadores y las autoridades no tienen siempre la posibilidad de invertir en una nueva infraestructura o terreno para ampliar el área terminal y aumentar la capacidad. Es por ello que la utilización de contenedores inteligentes aumenta la eficiencia de la gestión del transbordo y transporte.

## 4.7 La cadena de suministro del automóvil

La gestión de la cadena de suministro del sector de la automoción tiene una complejidad muy elevada ya que el automóvil está compuesto por numerosas piezas, y la mayor parte de ellas son fabricadas por las empresas proveedoras, que estas a su vez proporcionan sus productos a más de una marca de automóvil. La complejidad está en el elevado número de proveedores, los cuales proporcionan los materiales, piezas y servicios necesarios para poder hacer los productos finales. Muchos proveedores sirven a numerosos fabricantes de automóviles, y cada uno de esos proveedores, a su vez, tiene múltiples proveedores. A menudo hay entre seis y 10 niveles de proveedores entre un fabricante de automóviles y el origen de las materias primas.

Debido a esta complejidad se hace necesario que haya una buena coordinación entre las partes involucradas: empresas proveedoras, empresas cliente y empresas logísticas, que son las que trasladan el material entre las empresas. En la Ilustración 40 se puede ver el despiece de un automóvil moderno.

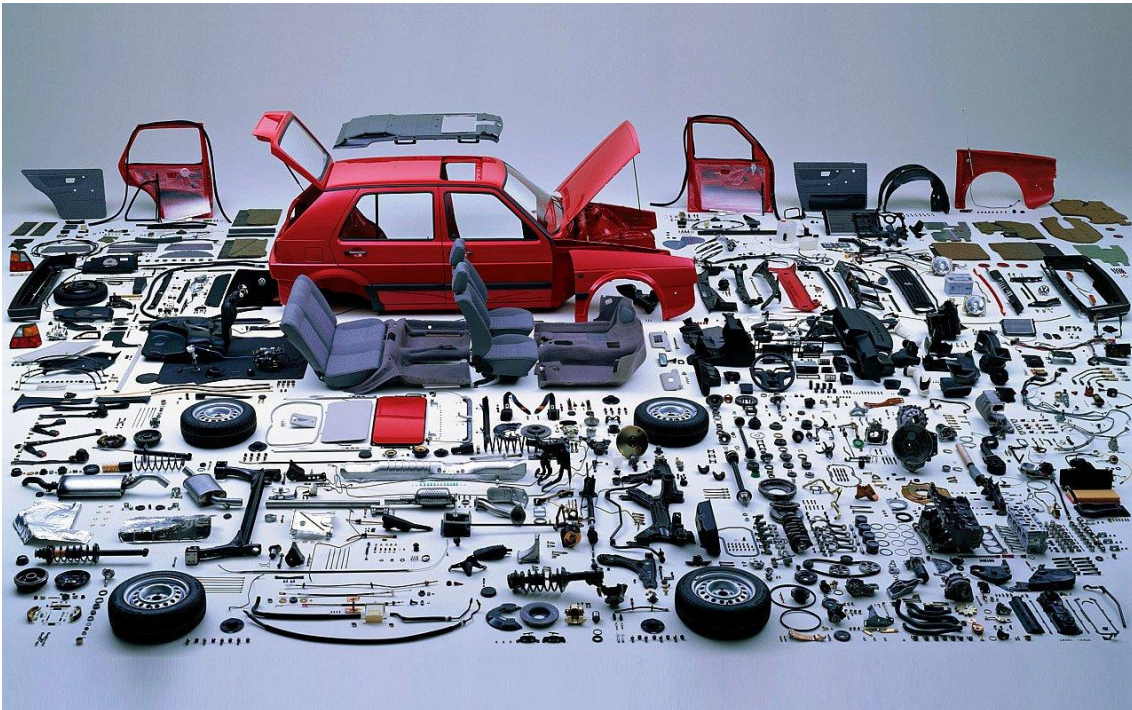


Ilustración 40. Despiece de un VW Golf MK2. Fuente: [www.autorecupera.com](http://www.autorecupera.com)

Los principales agentes que integran el sector de automoción son (Sernauto, 2015):

- Constructores de vehículos.
- Fabricantes de equipos y componentes.
- Distribuidores.
- Concesionarios de vehículos, talleres de reparación y servicios postventa.
- Desguaces y empresas recicladoras.

Los fabricantes de equipos y componentes son un elemento clave del sector porque concentran el 70-75% de la producción de las piezas que constituyen un vehículo, y el resto se encuentra bajo la responsabilidad directa del constructor. La tendencia hace prever que este porcentaje aumente en el futuro debido, principalmente, a la especialización de la industria de equipos y componentes en nuevas tecnologías. Los constructores de vehículos concentran su actividad en la fabricación de motores y principales subconjuntos, el ensamblaje y diseño del vehículo y en la comercialización del vehículo y la relación con el cliente, externalizan procesos productivos y delegan mayores responsabilidades en materia de fabricación, ensamblaje e investigación y desarrollo.

En la Ilustración 41 e Ilustración 42 se puede observar un esquema de la cadena de suministro del automóvil (aprovisionamiento y distribución).



Ilustración 41. Cadena de suministro de aprovisionamiento. Fuente: (Á. García, 2012)



Ilustración 42. Cadena de suministro de distribución. Fuente: (Á. García, 2012)

La aplicación de Internet de las Cosas en la industria del automóvil es útil para mejorar la gestión de calidad de la industria automovilística, de este modo se ofrece mejores productos y servicios a los consumidores. En este entorno del automóvil, la forma de comprender con precisión la variación de la demanda del mercado es clave para la supervivencia de muchos fabricantes de automóviles, por lo tanto hay una mayor necesidad en la recopilación y análisis de la información de mercado. El sistema de seguimiento de la información de ventas del automóvil basado en IoT puede prestar apoyo técnico en la industria del automóvil, y así comprender integralmente la información postventa. Además, ayuda a mejorar la capacidad de previsión de la demanda del mercado (Han-jiang & Fang, 2013).

En este capítulo se han expuesto algunas de las aplicaciones de Internet de las Cosas, que aunque seguramente haya más, se ha pretendido exponer las que se consideran más relevantes en la logística de la cadena de suministro. Entre las aplicaciones mostradas se han explicado las más importantes de los medios de transporte logísticos, como el transporte por carretera o el transporte marítimo. No se han mencionado los transportes aéreo y ferroviario, pero estas aplicaciones se pueden trasladar también a dichos medios de transporte sin ningún problema. También tiene aplicaciones para mejorar la gestión de la logística inversa, la cual se complica con respecto a la logística tradicional, ya que se tienen en cuenta la recirculación de los elementos que se han de reutilizar, estableciendo un circuito cerrado.

Otro punto muy crítico es la circulación en un entorno urbano, porque la circulación de los medios de transporte logísticos en una ciudad tiene la dificultad de tener que compartir las infraestructuras con los usuarios privados. En este caso, para que tuviera un funcionamiento satisfactorio los usuarios privados deberían también tener conexión con Internet de las Cosas, lo cual es una solución que se antoja complicada de resolver por el coste que conllevaría que todos los usuarios estuvieran conectados al sistema. También se ha tenido en cuenta el contenedor, el cual es el medio más utilizado para transportar mercancías a nivel mundial, con el que se mejorará la gestión de las mercancías teniendo un mejor control de circulación. Por último se ha expuesto los efectos de la aplicación en una cadena de suministro, en concreto la del sector del automóvil con las ventajas que tiene su implantación.

## 5. Rendimiento en la aplicación de Internet de las Cosas

Toda empresa que pretenda mantener su ventaja competitiva debe asegurar una buena gestión del sistema productivo y medir su rendimiento. Los instrumentos para hacerlo existen, pero son muy poco utilizados. Con demasiada frecuencia, la medición del rendimiento se deja para las fases finales de los procesos, cuando lo razonable sería que no esté muy lejos del comienzo, por lo tanto, hay que incluir alguna forma de evaluación al inicio del proceso para conocer mejor el estado de una empresa. Para el autor (Uckelmann, 2012) las medidas de rendimiento que se deberían de tener en cuenta en la aplicación de la tecnología IoT en la logística son las siguientes:

- Coste total de propiedad (TCO, Total Cost Ownership): Desarrollado por Gartner.

Gartner define el coste total de propiedad como una evaluación global de las tecnologías de información (TI), incluyendo la adquisición de hardware y software, la gestión y soporte, las comunicaciones, los gastos de los usuarios finales, el coste de oportunidad del tiempo de inactividad, la formación, y otras pérdidas de productividad (Gartner, 2015).

- Coste basado en actividades (ABC, Activity-Based Costing)

Proporciona un mayor control sobre los gastos generales midiendo la reducción de costes del proceso. Las actividades se descomponen en partes; el coste de cada parte se calcula y se agrega, proporcionando así un análisis de costes detallado, ya que los beneficios se generan en las actividades de seguimiento. El sistema ABC puede cuantificar los beneficios financieros que están relacionados con la automatización (operativos). Hay que tener en cuenta que la adquisición de información para el análisis ABC puede ser una tarea muy costosa.

- Indicadores de rendimiento (PI, Performance Indicators)

Se pueden utilizar para medir los beneficios no financieros sin tener en cuenta los costes. Los indicadores de rendimiento se han utilizado para medir los beneficios de la reducción de stock.

- Métodos de puntuación (SM, Scoring Methods)

Se basan en criterios de decisión ponderados para comparar las inversiones alternativas. Estos métodos son utilizados como una alternativa práctica, si los métodos de cálculo más precisos llegan a ser demasiado complejos.

- Valor actual neto (NPV, Net Present Value)

Considera los costes, así como los beneficios y proporciona una evaluación financiera, por lo tanto, sólo se abordan los beneficios que se puedan cuantificar monetariamente.

- Valor económico añadido (EVA, Economic Value Added)

Resta la carga del capital de los beneficios financieros netos, y por lo tanto incluye el coste del capital. En lugar de utilizar el beneficio neto después de impuestos, los beneficios financieros netos se utilizan para evaluar las inversiones puras en TI, ya que los beneficios operativos por lo general no se pueden generar a través de las inversiones en TI.

- Cuadros de mando (BS, Balance Scorecards)

En un enfoque de causa y efecto se miden los resultados financieros y los factores que influyen. Como las salidas normalmente financieras no pueden ser influenciadas directamente, los BS se centran más en los factores que pueden cambiar a través de la intervención de la gestión. Los BS proporcionan ciertas métricas, pero no logran dar una medida de un valor único de rendimiento, debido a esta limitación se insta a maximizar en más de una dirección, con lo que la incertidumbre de las medidas aumenta.

### Otras medidas de rendimiento

Existen otras medidas de rendimiento más operativas, dichas medidas se encargan del buen funcionamiento tanto de las redes logísticas como de las redes de Internet. Las redes logísticas tienen un impacto muy importante en el tránsito de mercancías, sin olvidar los flujos de información que también son indispensables para el correcto funcionamiento, lo que se hace imprescindible conocer el rendimiento y saber las desviaciones de los objetivos que se pretenden. Por otra parte, las redes de Internet, las cuales han aumentado y alcanzado progresos muy notables en estos últimos años, han hecho progresos considerables en materia de infraestructuras, pero la calidad del servicio prestado a las necesidades y expectativas de los usuarios sigue teniendo una gran brecha. La capacidad de la red ha aumentado rápidamente, pero el rendimiento de la red no ha sido mejorado, debido a ello se hace necesario hacer una medición y análisis de Internet para mejorar la gestión y el aumento de la disponibilidad de la red.

**Las medidas de rendimiento logístico, entre otras son** (Cooper, Tadikamalla, & Shang, 2012):

- Gestión de órdenes de entrada
  - Precisión de las órdenes de entrada: Porcentaje de las órdenes que han entrado con precisión.
  - Precisión de la factura: La precisión de la factura es similar a la precisión de orden de entrada, la diferencia se produce en lo que recibe el cliente y paga.
  - Respuesta de la petición de la orden: Después de realizar un pedido, si se actualiza o cambia la orden del cliente, la respuesta se enmarca como un cambio de la orden del cliente.
  - Lanzamientos en el mismo día. La capacidad de reducir los plazos de entrega y tener bajos los gastos de envío proporciona una ventaja competitiva crucial.

- Transporte a los centros de distribución
  - El tiempo de entrega: El tiempo de entrega es el porcentaje de entregas que llegan en la fecha prevista.
  - Porcentaje de entrega libres de defectos: Es el porcentaje con entregas libre de defectos.
  - Problemas en la frecuencia del tránsito: Para saber las entregas tardan en entregarse debido a la congestión del tráfico.
- Gestión de inventario
  - Semanas de cobertura: Los niveles de inventario deben equilibrarse para tener el nivel suficiente satisfaciendo la demanda, manteniendo los costes bajos.
  - Precisión del Inventario: La precisión del inventario es también crucial para el control de costes, la mejora de las tasas de rotación y evitar la obsolescencia.
  - La obsolescencia de inventario: El inventario obsoleto se traduce en pérdida de ventas y costes innecesarios en confusión de los sistemas de bases de datos.
- Transporte del centro de distribución al cliente
  - Precisión del envío: Un mayor porcentaje de pedidos que se embala correctamente permite reducir residuos, ahorro de tiempo dedicado a la corrección de los pedidos y el aumento de la satisfacción del cliente.
  - Coste del transporte: Al igual que los costes de transporte de entrada, los costes de transporte de salida se diferencian por su referencia al centro de distribución. La comparación de los costes de entrada y de salida de unos contra otros ayudará a reducir el sesgo que puede ocurrir debido a la proximidad de un lugar a otro.
- Gestión de entregas
  - El Nivel de Servicio al Cliente: Es una medida importante captar una impresión general del nivel de servicio percibido.
  - Tiempo de ciclo solicitado: Empieza con la colocación de un pedido y termina con la entrega. El período de tiempo puede verse afectado por decisiones respecto cuándo hacer los pedidos actuales pendientes o sacrificar la velocidad de la entrega a tiempo.
  - Tasa de relleno: Este es el porcentaje de pedidos que puede ser satisfecha con el inventario actual.
  - Respuesta a la consulta de los clientes: Con los cambios en la demanda, correcciones para ordenar cantidades y otras peticiones del cliente, es importante medir qué porcentaje de consultas de pedidos son capaces de abordar y corregir.



**Las medidas de rendimiento de la red de Internet son las siguientes:**

- Medida en la capa de red (Lv, Ma, Du, Li, & Liang, 2015)

La medición de la capa de red se basa en dos medidas que son las siguientes:

- Medida de ancho de banda: Los métodos de medición de ancho de banda se centran en: la medición de la capacidad del enlace, la capacidad de ruta de extremo a extremo, y ancho de banda efectivo.
- Medida del tráfico: La medición del tráfico de la red es la base de la gestión del tráfico de Internet.
- Medida de la capa de transporte (Lv et al., 2015)

La medición del rendimiento en la capa de transporte se puede dividir en dos categorías:

- La medición directa: Se establece una conexión TCP para medir, transferir un archivo de gran tamaño a través de la conexión TCP, y se obtiene las mediciones del rendimiento de la trayectoria de extremo a extremo.
- La medición indirecta: Se construyen modelos relacionados con el rendimiento, y luego medir los parámetros relevantes del modelo, se calcula un rendimiento aproximado del modelo.
- Medida de la capa de aplicación (Lv et al., 2015)

El uso de la medición de la capa de aplicación sirve para poner a prueba los límites del rendimiento, tales como el número máximo de conexiones para reflejar el rendimiento real del usuario final. Los resultados de la medición reflejan directamente el rendimiento del servicio conseguido por el usuario.

- Conectividad (Robles & Jokela, 2015)

Mide el rendimiento de los paquetes de datos que llegan a su destino dependiendo si llegan en un momento específico o en un rango de tiempo.

- Paquetes perdidos (Robles & Jokela, 2015)

Mide el rendimiento de los paquetes de datos perdidos en un intervalo de tiempo.

- Retraso (Robles & Jokela, 2015)

Mide el rendimiento de los retrasos de los paquetes de datos en un intervalo de tiempo.

## 5.1 Costes de implementación de Internet de las Cosas en la Logística

Internet de las Cosas utiliza numerosos dispositivos que le permiten trabajar correctamente, siendo necesario saber su coste para que su implantación tenga éxito. Las empresas tienden a ser un poco reticentes en la implantación de tecnologías novedosas, bien por desconocimiento de dichas tecnologías y no las consideran de utilidad, o bien porque creen que suponen un coste que después no les va a reportar ningún beneficio. En el siguiente punto se muestran los principales costes acerca de los costes relacionados con la implantación de IoT en la logística (Uckelmann, 2012).

- Costes de nivel físico

El Internet de las Cosas incluye varios dispositivos que están vinculados a los objetos físicos, así como los lectores y otros dispositivos. Los dispositivos incluyen etiquetas RFID, sensores, actuadores o dispositivos inteligentes que combinan múltiples tecnologías. En el artículo del autor (Uckelmann, 2012) se pidió a 100 empresas el precio más alto que aceptarían para las etiquetas a nivel de artículo, y los resultados fueron los siguientes<sup>4</sup>:

- Etiqueta a nivel de artículo: 0,10 Euros.
- Etiqueta a nivel de unidad: 1,13 Dólares por etiqueta de alta frecuencia (HF) y ultra alta frecuencia (UHF). Las etiquetas metálicas UHF con una carcasa robusta suelen costar en el rango de 3-7 Euros.
- Etiqueta RFID activa: entre 15-75 Euros. Incluyen la batería y la carcasa.
- Los kits de lectores de RFID: 50 Euros para un lector HF con conexión USB.
- Lector con antena de 4 puertos: 1300-2500 Euros.
- Antenas UHF: 80-300 Euros.
- Cables de la antena: 10-30 Euros con una longitud de 1.10 m.
- Los terminales de datos RFID (PDT, Personal Data Terminals): 1000-4000 Euros.
- Las Impresoras RFID: 1000-30000 Euros o más por soluciones integradas y automatizadas de etiquetado. Otros costes de hardware incluyen pórticos de hardware para mantener el lector y antenas.
- La instalación y configuración de una puerta con RFID: 1000 Euros. Se consideran 20000 Euros si el coste de la instalación por los puntos de lectura se realiza en un ambiente hostil.
- Costes de nivel empírico

Se incluyen los dispositivos y el software tales como: lectores, antenas, cableado, controladores y otros equipos, así como el coste de la instalación correspondiente.

- Costes de nivel sintáctico

Contiene todos los costes de las interfaces, así como las actualizaciones necesarias, extensiones o sustituciones de los sistemas existentes para garantizar una comunicación fluida a nivel sintáctico.

---

<sup>4</sup> Los precios son del año 2008.

- Costes de nivel semántico

Representa a la red de datos que puede ser interpretada y procesada directamente por las máquinas. Los costes para la integración semántica pueden partir de decenas de miles de Euros, y puede alcanzar varios millones de Euros en grandes instalaciones.

- Costes de nivel pragmático

Incluyen los costes de las actualizaciones de las aplicaciones de los sistemas ERP, SCM y PLM (Product Lifecycle Management), y de las nuevas aplicaciones internas que se implementan en una empresa, para dar rienda suelta a todo el potencial de Internet de las Cosas. El nivel pragmático también incluye el coste de la reorganización de los procesos de negocio o de nuevos enfoques.

- Costes de nivel social

El nivel social es generalmente excluido de los cálculos de costes, además ciertos aspectos de Internet de las Cosas plantean preocupaciones de privacidad y seguridad, que pueden conducir a un fallo total del proyecto. La formación y la educación, así como una comunicación de la empresa, proporciona la información para hacer frente a los temores relacionados con la tecnología. Las negociaciones con socios, proveedores y clientes acerca de los requisitos de datos y son necesarias. Por último, la confianza y los problemas de seguridad deben ser abordados en un entorno de red.

En la siguiente Tabla 13 se muestra un resumen de los costes de la implantación:

Costes	Conceptos
Nivel físico	Coste de los dispositivos que se utilizan
Nivel empírico	Coste de los elementos periféricos que utilizan los dispositivos
Nivel sintáctico	Coste de las sustituciones de los sistemas existentes
Nivel semántico	Coste del procesamiento y análisis de datos
Nivel pragmático	Coste del software, actualizaciones o reorganización de los procesos de negocio
Nivel social	Coste del impacto de los usuarios, más allá de las empresas

Tabla 13. Tabla de costes de IoT

Hay que tener en cuenta los costes de las operaciones de mantenimiento, de funcionamiento, de mejoras y ampliaciones del sistema, lo que hace necesario un mantenimiento y actualización periódico, tanto del hardware como del software. Se debe considerar una cantidad anual de entre un 10 a 15% del coste de inversión en hardware y software. El coste de electricidad para que pueda operar la infraestructura con normalidad, suele ser bastante bajo en comparación con los otros costes, ya que las iniciativas de tecnologías sostenibles se están volviendo cada vez más y más importantes. Los costes de mano de obra para proporcionar los datos son cada vez más difíciles de calcular, siendo a menudo omitidos de los cálculos, como el mantenimiento diario de la infraestructura técnica, las tareas diarias tales como el almacenamiento y análisis de datos, así como las mejoras generales y mejoras para hacer frente a un crecimiento (Uckelmann, 2012).

## 5.2 Beneficios de Internet de las Cosas

Los beneficios de la implantación de la tecnología de Internet de las Cosas son significativos, y las estrategias para que se puedan hacer realidad deben ser investigadas para su futuro desarrollo. En general, los beneficios de las empresas están separados de los almacenes, distribuidores y proveedores de servicios logísticos, sin embargo la entrada de mercancías, el almacenaje y la distribución son tareas comunes en la logística que no siempre se delegan a los correspondientes especialistas (Uckelmann, 2012). Internet de las Cosas tiene beneficios significativos en las empresas y organizaciones, particularmente en áreas como la logística que son claves en su funcionamiento, mejorando aspectos críticos como la eficiencia y productividad del negocio (A. García, 2014).

Los beneficios de la implantación de Internet de las Cosas en cualquier empresa son bastante notables, y entre dichos beneficios, los más genéricos que puede tener cualquier empresa (no solamente las empresas dedicadas a la logística o fabricación) son los siguientes (Reddy, 2014):

- **Ahorro de costes:** Este ahorro se debe a la mejora de la eficiencia de los procesos y la productividad.
- **Mejor utilización de los recursos:** La visión en tiempo real, y la visibilidad de los recursos y de las cadenas de suministro mejora su rendimiento y utilización.
- **Procesos más eficientes:** Con la utilización de los datos en tiempo real, se controla y mejora la eficiencia de dichos procesos, reduciendo los costes de energía y reduciendo al mínimo la intervención humana.
- **Mejora de la productividad:** Ofrece a los empleados la formación JIT, de este modo es posible tener un mayor y más rápido aprendizaje de las tareas a realizar en los puestos de trabajo.

En el caso de los beneficios de la implementación de Internet de las Cosas en un entorno industrial y logístico, se procede para una mejor comprensión hacer una división en categorías, las cuales dependen de las principales actividades logísticas. Estas actividades están descritas por los autores (Lou et al., 2011) que son: las compras, la fabricación, el transporte, el almacenaje y el mercado (en el que se incluyen las ventas). Estas actividades ya estaban expuestas en el anterior capítulo 5.

En este caso se ha optado por unir las actividades de compras y ventas en la actividad del mercado, debido a la estrecha relación que hay entre ellas, de este modo la categorización de los beneficios queda de la siguiente manera:

- **Mercado.** En este apartado se hacen las actividades relacionadas con la adquisición (asegurando que todos los bienes, servicios e inventarios se ordenen y se encuentren a tiempo en los almacenes) y la venta de los materiales o insumos entre las empresas para su correcto funcionamiento. En el mercado, el marketing tiene una influencia bastante notable. Con IoT permite a las empresas saber el estado en tiempo real del material que se compra, además los clientes pueden conocer mejor el proceso de fabricación y el transporte de los materiales comprados.
- **Fabricación.** Son las actividades que se dedican a la transformación de los recursos o insumos adquiridos en bienes y servicios. Pueden ser con una transformación total o parcial. Con IoT permite a las empresas optimizar y supervisar el proceso de producción en tiempo real.
- **Transporte.** Esta es la parte que más implicación tiene en el proyecto, ya que son las actividades que se realizan para colocar los productos (bienes y servicios) en el lugar adecuado, en el momento preciso y en las condiciones pactadas, garantizando la calidad del servicio. Las operaciones logísticas se dan tanto en el aprovisionamiento como en la distribución. Con IoT se puede obtener la información sobre el estado y la ubicación de los productos durante el transporte.
- **Almacenamiento.** Son las actividades que se hacen tanto al adquirir materiales como al finalizar la fabricación, puesto que necesitan ser almacenados durante un tiempo, ocupándose de la recepción, conservación y entrega interna hacia las distintas secciones productivas de los materiales necesarios para llevar a cabo las operaciones. Con IoT se puede tener la información de forma dinámica y automática respecto del inventario que se adquiere.

Se pueden comprobar en las siguientes páginas que los beneficios de la utilización de Internet de las Cosas en la logística son bastante considerables, ya no sólo por los ahorros de costes, sino sobre todo por la gran mejora en la gestión logística, el cual debido a su continuo crecimiento será de gran ayuda disponer de nuevas herramientas para poder tener mejor eficacia en la gestión y control de las operaciones, de lo contrario supone una gran limitación de los traslados de las mercancías en todo el mundo. A continuación se exponen los beneficios que tiene la aplicación de la tecnología de IoT en la logística:

## Mercado

- Mejoras en la transmisión de la información

Si un producto en particular está fallando en el mercado, el departamento de ventas puede alertar al departamento de producción y sugerir cambios, ahorrando una cantidad significativa de tiempo y dinero. Mediante la tecnología de IoT, en situaciones de emergencia, se responde mejor ante situaciones adversas, y con una mejor gestión de los recursos que se utilizan para solventar las emergencias (R. Xu et al., 2013).

- Comunicación de los datos en tiempo real

La comunicación de los datos en tiempo real ayuda a las empresas a mejorar las estrategias de producción y comercialización de los productos. Además, se puede tener un mejor conocimiento sobre los consumidores y sus preferencias, de este modo las empresas mejoran su relación con los clientes de forma rápida y eficaz, cooperando entre las organizaciones (R. Xu et al., 2013).

- Mejoras en las previsiones de la demanda

Las empresas pueden obtener información sobre los consumidores, las tendencias y las preferencias, de este modo se pueden proporcionar un servicio personalizado y mejorado a los clientes. Internet de las Cosas mejora las previsiones de la demanda, sobretodo en caso de que algún o algunos productos estén en promoción, obteniendo una mejor visibilidad (Uckelmann, 2012).

- Simplificación de las compras y los pagos

Simplificando las gestiones de las compras y los pagos, el tiempo de espera del cliente se reduce. Con el RFID también se pueden diseñar y mejorar las operaciones de servicio, por ejemplo, a través de puntos de contacto con el cliente (Uckelmann, 2012).

- Reducción de la pérdida del valor de los activos

Al mejorar el tiempo de respuesta ante un problema se minimizan los daños, ya que los sistemas inteligentes evalúan automáticamente las prioridades y toman las decisiones para resolver los problemas (Shankar, 2015). Con una respuesta rápida se reduce la pérdida de valor del exceso de producto, ante los cambios de los clientes o la disponibilidad de proveedores (Flashglobal, 2015).

- Seguimiento por parte de los usuarios

A cualquier ruta se le puede realizar un seguimiento para comprobar la información sobre el estado de la ubicación y la hora prevista de llegada del envío (McBeath, 2014). Con el sistema de seguimiento en el transporte se sabe si los bienes son entregados a tiempo y con precisión (J. Li & Lu, 2012).

- Mejoras en la toma de decisiones

Con más información para detectar irregularidades, vías de pérdida, disfunciones, etc... se corrigen errores, mejorando la calidad del servicio, aumentando el grado de satisfacción del cliente. (Retos\_en\_supply\_chain, 2015).

## Fabricación

- Flexibilidad.

Mejor adaptación a las continuas variaciones del entorno en la gestión de los sistemas de transporte, maquinaria, almacenamiento y manipulación, etc... reduciendo los costes y evitando los tiempos muertos (Prasse et al., 2014).

- Robustez.

Un sistema robusto evita en lo posible fallos, como la mala preparación de pedidos o el ajuste de inventario. En términos de coste se cuantifican como la reducción del tiempo de inactividad y de pérdida de la productividad (Prasse et al., 2014).

- Eficiencia.

Nivelando el consumo de energía ajustándose a la demanda se regula la cantidad de electricidad que se utiliza, obteniendo un alto rendimiento de los recursos (objetivos estratégicos) de los procesos de fabricación industrial y logísticos (la productividad de los recursos), con un bajo consumo (eficiencia de los recursos). (Prasse et al., 2014).

- Aumento en el reciclaje

El reciclaje de productos es cada vez más importante para las fábricas y hay varias razones para ello, tales como nuevas leyes y regulaciones, nuevas oportunidades para un reacondicionamiento comercial, así como las perspectivas de la comercialización (Uckelmann, 2012).

- El retiro de productos por defectos o fallos en la fabricación

Si los productos están etiquetados con RFID es más fácil el retiro de los productos afectados, y por ende se pueden disminuir las pérdidas económicas y las consecuencias de la reputación de la marca (Prodware\_Marketing, 2014).

- Mayor automatización de los entornos de producción

La automatización de procesos envía automáticamente las instrucciones en caso de algún problema. También se tiene una mayor visibilidad en el consumo de materiales, reponiendo el stock en el momento justo (Prodware\_Marketing, 2014), aumentando la eficiencia, ajustando y optimizando el inventario (J. Li & Lu, 2012).

- Identificación, seguimiento y control de calidad

Mediante la conexión entre dispositivos y las personas (bien sea dispositivos-personas o dispositivos-dispositivos), es posible la información en tiempo real mejorando la eficiencia, reduciendo los costes debido a los errores de reconocimiento. Si aparece un problema de calidad, se puede rastrear fácilmente (J. Li & Lu, 2012).

- Los procesos de fabricación pueden ser leídos y monitorizados en tiempo real

Se obtienen con precisión el estado actual y la finalización de pedidos ejecutados y completados. Para saber si coinciden los programas de producción con los ejecutados se hace el seguimiento y control de la producción programada (J. Li & Lu, 2012).

## Transporte

- Capacidad de controlar el entorno y rastrear objetos móviles.

Mediante la combinación de redes de sensores RFID, el GPS o la detección del sensor de infrarrojos, se monitorizan en tiempo real el seguimiento de los objetos móviles, bien en el interior o el exterior de una empresa, teniendo una visibilidad completa en la gestión logística. Dicha visibilidad permite una respuesta instantánea para compartir y distribuir cualquier información (R. Xu et al., 2013).

- Ahorro de costes de combustible

Se optimizan las rutas mediante el control de las condiciones del tráfico (Shankar, 2015), ahorrando combustible, reduciendo la conducción no eficiente, reduciendo el tiempo de inactividad. La información de la ubicación se puede combinar con otros datos (como el tráfico, el tiempo promedio de tráfico, los nuevos pedidos, etc.), proporcionando una nueva ruta optimizada en tiempo real (McBeath, 2014).

- Creación de una flota de reparto eficiente

La capacidad de cambiar los plazos de entrega y las rutas mientras esté en marcha, hace tener una mayor flexibilidad en las entregas (Shankar, 2015), con una mejor programación de los servicios, además de permitir la creación de nuevos servicios, más personalizados para los clientes. (Samsung, 2014), y consumiendo menos recursos naturales y sociales (Yu, 2011).

- Descongestión de las infraestructuras

Dentro de una zona portuaria ayuda a los conductores a encontrar más rápido los contenedores, reduciendo los tiempos de vuelta, y aliviando la congestión de los cuellos de botella alrededor de los puertos, del ferrocarril, etc. (McBeath, 2014).

- Seguridad

El IoT previene las colisiones, el exceso de velocidad o las frenadas bruscas, quedando registrado para posteriores acciones correctivas. Los camiones se pueden monitorizar y enviar una alerta cuando se desvían de la ruta prevista. (McBeath, 2014).



- **Mantenimiento**

Se puede predecir cuándo los camiones necesitan cambiar las piezas que se deben sustituir y ordenar el correspondiente mantenimiento (McBeath, 2014).

- **Diagnosic en tiempo real**

Se puede establecer un diagnóstico en tiempo real del estado de los vehículos, de esta manera se puede tener un mejor control de la eficiencia del consumo de combustible, aceleración, refrigerante del motor, la temperatura del aire, y otras medidas que pueden ser monitorizadas (Tibco, 2015).

- **Mejora de la automatización de la carga y descarga en el terminal.**

El despacho de aduanas se hace de forma automática, pudiéndose implementar el seguimiento de las rutas de transporte, mejorando la eficiencia de la transferencia de información entre la carga y la descarga, reduciendo el tiempo y los costes que se derivan de estas operaciones (Wang, 2011).

- **Seguimiento y estado de las mercancías en tiempo real**

Se puede conocer el seguimiento y estado de la situación en tiempo real, mejorando la gestión del transporte de mercancías y la seguridad de la carga (Wang, 2011), además, se puede conocer la información meteorológica (Song et al., 2012).

- **Mejoras con la utilización de contenedores inteligentes**

Se reducen los costes del transporte, disminuyendo los riesgos de roturas, manipulaciones, robos... para beneficio del cliente, ya que puede existir una rebaja de las primas y las pólizas de seguro por estos mismos motivos (Retos\_en\_supply\_chain, 2015). Los contenedores inteligentes tienen una mejor estabilidad de la temperatura, especialmente si se transportan productos perecederos (Shankar, 2015).

## Almacenamiento

- Utilización de la tecnología inalámbrica.

Transmitiendo la información sin ningún medio físico permite hacer lecturas múltiples de forma simultánea, aumentando significativamente la eficiencia en la gestión logística, siendo especialmente importante ante las operaciones de respuesta en situaciones de emergencia (R. Xu et al., 2013).

- Mejora de la utilización del espacio

Basado en una mejor exactitud de los datos a través de uso de RFID, se mejora la utilización y distribución (layout mejorado y eficiente) del espacio en una empresa, estableciendo con mayor seguridad la colocación de mercancías (Uckelmann, 2012).

- Mejor gestión del inventario

Los inventarios son más ajustados con el fin de satisfacer las demandas del cliente, especialmente si existen fluctuaciones estacionales. La mejora de la gestión del inventario supone una reducción en la manipulación de materiales, ahorrando tiempo en la recepción de mercancías, la carga y descarga, así como la reducción de los errores a través de la identificación por RFID, además, se reducen las pérdidas que pueden estar ocasionadas por los extravíos, deterioros y robos (Uckelmann, 2012). Se pueden realizar las inspecciones del almacén de forma automatizada, haciendo comparaciones para analizar las diferencias entre el almacenamiento real y el indicado en el sistema (J. Li & Lu, 2012).

- Continuidad de suministro/producción

La inclusión en la producción de conceptos como el VMI<sup>5</sup> (Vendor Managed Inventory) o el Just in Time/Just in Sequence, garantiza a través del uso de RFID una mayor transparencia en la información a lo largo de las cadenas de valor (Uckelmann, 2012).

- Gestión de entradas y salidas en el almacén

Las mercancías asignadas con etiquetas son registradas para mejorar la identificación y la ubicación, ya que las operaciones de cargas y descargas suponen un tiempo de actividad importante en los almacenes, además de cometer menores errores si se hiciera de forma manual. (J. Li & Lu, 2012).

---

<sup>5</sup> Con el sistema VMI el proveedor es el responsable del aprovisionamiento y del control de los niveles de inventario del cliente, permitiendo mejorar la gestión de la producción.

En las siguientes tablas (Tabla 14, Tabla 15, Tabla 16 y Tabla 17) se expone un resumen con los conceptos más importantes de los beneficios antes descritos.

<b>Mercado</b>		
<b>Beneficios</b>	<b>Autor/es</b>	<b>Conceptos</b>
Transmisión información	(R. Xu et al., 2013)	Mejor gestión y respuesta ante situaciones adversas
Comunicación en tiempo real	(R. Xu et al., 2013)	Mejor anticipación ante cambios
Previsiones de la demanda	(Uckelmann, 2012)	Servicios personalizados
Simplificación compras/pagos	(Uckelmann, 2012)	Transacciones más rápidas
Reducción de la pérdida del valor de activos	(Shankar, 2015) (Flashglobal, 2015)	Reducción de mercancías obsoletas
Seguimiento	(Shankar, 2015) (McBeath, 2014) (J. Li & Lu, 2012)	Fechas de envío más ajustadas
Toma de decisiones	(Retos_en_supply_chain, 2015)	Mejora la calidad de servicio y satisfacción

Tabla 14. Beneficios en Mercado

<b>Fabricación</b>		
<b>Beneficios</b>	<b>Autor/es</b>	<b>Conceptos</b>
Flexibilidad	(Prasse et al., 2014)	Mejor gestión transporte, maquinaria, almacenamiento
Robustez	(Prasse et al., 2014)	Evitar fallos
Eficiencia	(Prasse et al., 2014)	Optimización de recursos
Aumento del reciclaje	(Uckelmann, 2012)	Mejoras en sostenibilidad
Retiro por defectos	(Prodware_Marketing, 2014)	Mayor facilidad retiro
Mayor automatización	(Prodware_Marketing, 2014) (J. Li & Lu, 2012)	Aumento producción y más ajustada
Identificación y seguimiento	(J. Li & Lu, 2012)	Mayor seguridad
Procesos en tiempo real	(J. Li & Lu, 2012)	Mejoras en programación de la producción
Control de calidad	(J. Li & Lu, 2012)	Mejoras en trazabilidad

Tabla 15. Beneficios en Fabricación

<b>Transporte</b>		
<b>Beneficios</b>	<b>Autor/es</b>	<b>Conceptos</b>
Control y rastreo de objetos	(R. Xu et al., 2013)	Visibilidad para compartir y distribuir información
Ahorro combustible	(Shankar, 2015) (McBeath, 2014)	Optimización de rutas
Flota eficiente	(Shankar, 2015) (Samsung, 2014) (Yu, 2011)	Flexibilidad y personalización en las entregas
Descongestión infraestructuras	(McBeath, 2014)	Mejor gestión del tráfico
Seguridad	(McBeath, 2014)	Evitar robos o rutas no previstas
Mantenimiento	(McBeath, 2014)	Mantenimiento predictivo
Diagnóstico en tiempo real	(Tibco, 2015)	Mejor control de la flota
Automatización en carga y descarga	(Wang, 2011) (Song et al., 2012)	Mayor fiabilidad y rapidez en la transferencia de información
Seguimiento y estado de las mercancías en tiempo real	(Wang, 2011) (Song et al., 2012)	Obtención automática de la información
Contenedores inteligentes	(Retos_en_supply_chain, 2015) (Shankar, 2015)	Estabilidad de la temperatura en transporte de perecederos

Tabla 16. Beneficios en Transporte

<b>Almacenamiento</b>		
<b>Beneficios</b>	<b>Autor/es</b>	<b>Conceptos</b>
Tecnología inalámbrica	(R. Xu et al., 2013)	Transmisión de la información más rápida
Utilización espacio	(Uckelmann, 2012)	Distribución optimizada y eficiente
Gestión inventario	(Uckelmann, 2012) (J. Li & Lu, 2012)	Reducción de la manipulación de materiales
Continuidad suministro/producción	(Uckelmann, 2012)	Transparencia de la información en la cadena de suministro
Gestión entradas/salidas	(J. Li & Lu, 2012)	Gestión automatizada de las operaciones de carga y descarga

Tabla 17. Beneficios en Almacenamiento

## 6. Implantación de Internet de las Cosas

Durante los últimos años la tecnología de Internet de las Cosas ha sido objeto de una gran cantidad de investigaciones y de iniciativas impulsadas por organizaciones para experimentar las potencialidades de esta nueva herramienta. Esto condujo a la creación de muchos experimentos, ya sea impulsado por consorcios de investigación o de grandes industrias. El entorno de Internet de las Cosas es un territorio complejo en el que la gran cantidad de integrantes (Skateholders<sup>6</sup>) están vinculados a través de las diversificadas cadenas de valor, movilizand o muchos recursos para proporcionar una definición ampliamente adoptada. Existen argumentos con respecto a lo que es o no debe ser considerado como parte de Internet de las Cosas, siendo sus límites muy diversos en diferentes partes del mundo (Gall et al., 2015).

Las características de la implantación empresarial de Internet de las Cosas han de tener en cuenta los siguientes puntos:

- **Número de dispositivos:** van desde algunos cientos hasta miles el número de dispositivos que se conectan en Internet de las Cosas.
- **Tecnologías:** los dispositivos que se conectan a IoT no sólo son numerosos, sino también abarcan muchas tecnologías necesarias para la detección, la actuación, la comunicación, la gestión de capacidades, etc.
- **Expectativas:** Internet de las Cosas está estrechamente unido a muchos conceptos inteligentes como, ciudades, transporte, energía, agricultura, etc., estando representado todos los sectores para aumentar la eficacia y la eficiencia mediante la inclusión de tecnologías TIC (Tecnologías de Información y Comunicación).
- **Las partes interesadas (Skateholders):** Internet de las Cosas reúne representantes de diversos sectores, en los que cada vez más se están interesando por la tecnología de IoT, aumentando el número de participantes.
- **Datos:** Internet de las Cosas no sólo se basa en la detección y accionamiento de dispositivos que proporcionan medidas físicas tales como temperatura, humedad, luz, vibración, ubicación, movimiento, etc., sino también en la información relacionada con los perfiles de los usuarios y las preferencias, así como la información relacionada con el contexto local (tales como la programación de eventos en una ciudad), creando enormes cantidades de datos que han de ser gestionados.

---

<sup>6</sup> Los Skateholders son cualquier grupo o individuo identificable que puede afectar al logro de los objetivos de una organización, o que es afectado por el logro de los objetivos de una organización.

Para la implantación de Internet de las Cosas han de tenerse en cuenta varios aspectos, de los que se hace una distinción entre los técnicos y no técnicos, expuestos en la siguiente lista (Tabla 18).

<b>Técnicos</b>	<b>No Técnicos</b>
Problemas de comunicación	Modelo de negocio
Protocolos	Forma de gobierno
Intercambio de datos	Interoperabilidad
Análisis y gestión de datos	Problemas de seguridad y privacidad de los usuarios
Interoperabilidad	Nuevos usos
Problemas de seguridad y privacidad de los usuarios	Etc
Rendimiento	
Durabilidad de los dispositivos	
Etc	

Tabla 18. Aspectos técnicos y no técnicos. Fuente: (Gall et al., 2015)

Para cada sector hay que construir un entorno de negocios general, destacando las dependencias y respectivos posicionamientos de los integrantes de la red de organizaciones (proveedores, distribuidores, clientes, competidores, agencias gubernamentales y así sucesivamente), además, un entorno de negocios debe incluir factores externos tales como el marco regulatorio, que participa en la entrega de un producto o servicio específico a través de la competencia y la cooperación. La idea es que las decisiones de cada negocio del entorno de negocios, afectan y son afectadas por los otros, creando una relación en constante evolución en el que cada empresa debe ser flexible y adaptable.

Para caracterizar la implementación de IoT se tienen en cuenta los cinco factores que se exponen a continuación (Gall et al., 2015).

### **Tecnología**

Internet de las Cosas requiere despliegues tecnológicos que van desde la capa física a las aplicaciones. Este factor tiene como objetivo la caracterización de la infraestructura, los servicios implementados, y las métricas relacionadas con los datos, además, el uso de tecnologías interoperables y estandarizadas son un factor clave para el éxito. Los objetivos tecnológicos han de tener en cuenta los siguientes puntos:

- Medir el nivel de desarrollo tecnológico de Internet de las Cosas
- Proporcionar las métricas que identifican las mejores prácticas de los despliegues de IoT.

A medida que se amplían el conjunto de tecnologías relacionadas con IoT, hace que sea conveniente la categorización de las áreas tecnológicas, las cuales se dividen en los siguientes cuatro apartados (Gall et al., 2015):

- **Los servicios de IoT y aplicaciones.** La utilización de la infraestructura de IoT con el fin de mejorar la eficacia y eficiencia del funcionamiento de los servicios.
- **La Infraestructura de IoT.** El hardware y la infraestructura de software que se implantan se hacen con el fin de apoyar los servicios y aplicaciones de IoT.
- **Los Datos de IoT.** Es la información generada por la infraestructura de IoT y que se procesa posteriormente por los servicios y aplicaciones.
- **La Estandarización.** De esta forma se disminuyen las barreras de interoperabilidad.

### **Economía**

En la economía se incluyen todas las métricas de ingresos y gastos relacionados con las implementaciones de Internet de las Cosas, siendo los aspectos económicos y financieros de suma importancia en el contexto de IoT. La implementación de IoT tiene varios aspectos (Gall et al., 2015):

- La gran cantidad de partes interesadas (Stakeholders) y las múltiples dimensiones de la implementación de IoT complican la proporción de los costes y la creación de valor.
- La implementación en ciudades no sólo puede ser problemática en relación con el coste de la inversión en infraestructura, o con el despliegue de dispositivos, sino también con los costes de mantenimiento y explotación.
- La gestión del riesgo debido a la incertidumbre que hay con la introducción de una tecnología novedosa.
- El control y acceso de los datos adquiridos es un tema importante ya que es necesario tener en cuenta los datos privados y públicos.

### **Entorno Social**

Los aspectos sociales juegan un papel importante en las implementaciones de Internet de las Cosas debido a que en muchos casos, el enlace social y los aspectos medioambientales son un objetivo en sí de la implementación de IoT. Los aspectos ambientales también tienen en cuenta los efectos negativos de la implementación, por ejemplo, en el consumo de energía, la producción de residuos, etc. Hoy en día las cada vez mayores preocupaciones sobre el medio ambiente tienen en cuenta el ciclo de vida de los productos desde el inicio hasta su destrucción y reciclaje (Gall et al., 2015).

### Regulaciones Legales

Las implementaciones de Internet de las Cosas mezclan muchas tecnologías, y los participantes involucrados en IoT, incluidos los ciudadanos como principales usuarios y beneficiarios, deben de cumplir unos requisitos legales para el buen funcionamiento de la implantación, incluyendo la protección de los consumidores, la salud y la seguridad, etc.

### Factores Humanos

Las cuestiones éticas, en su mayoría relacionadas con la privacidad de los datos son una de las principales preocupaciones cuando se implementa Internet de las Cosas. Más allá de la protección de los usuarios, es importante hacer una evaluación de los posibles problemas relacionados con la aceptación general de los usuarios, respecto de la implantación de Internet de las Cosas. Por otro lado, la satisfacción positiva de los usuarios puede dar lugar a un bucle de innovación positiva, donde posiblemente se creen nuevos usos y utilidades.

En la Tabla 19 se expone un resumen de los factores de caracterización de la implantación de Internet de las Cosas.

<b>Factores de caracterización</b>	<b>Conceptos</b>
Tecnología	Despliegues tecnológicos
Economía	Aspectos económicos de la implementación y de los intereses de los Skateholders
Entorno social	Impacto en la sociedad
Regulaciones legales	Buen funcionamiento con protección de los usuarios
Factores humanos	Privacidad de los usuarios

Tabla 19. Factores de caracterización. Fuente: (Gall et al., 2015)



## 6.1 Métodos para abordar el cambio

Las empresas necesitan constantemente adaptar y mejorar sus procesos, pero frecuentemente están frenadas por aplicaciones y sistemas que no están preparados para explotar nuevas oportunidades y adaptarse a los cambios de forma ágil (Bpm, Management, & De, 2009). Para mejorar la eficiencia de una empresa, aumentar su productividad o conseguir mayor calidad en sus productos y servicios existen varias herramientas que ayudan a la implantación de nuevos sistemas de organización, entre los cuales se pueden mencionar entre otros el sistema de calidad Six Sigma, el denominado BPM (Business Process Management), o el método BPE/BPR (Business Process Engineering/Reengineering), los cuales se explicarán en las próximas páginas.

En una empresa o sistema con el paso del tiempo necesita adaptarse a las nuevas situaciones, es lo que se llama “renovarse o morir”, pero cuando llega ese momento puede ocurrir que no se sepa por dónde empezar ni cuáles son los métodos que hay que cambiar para que la mejora sea palpable. Prácticamente todos los cambios o rediseños que se realizan en una empresa o sistema tiene dos principales objetivos que son los siguientes:

**Reducción de costes:** El coste es un objetivo importante en el rediseño en combinación con otros, pero es insuficiente en sí mismo, ya que la excesiva atención en la reducción de costes es generalmente inaceptable por los Stakeholders.

**Reducción o sincronización del tiempo:** La reducción y la sincronización del tiempo es un factor que cada vez tiene más importancia, sincronizando los tiempos de modo secuencial, especialmente importante en los sistemas de producción JIT (Just In Time).

Las metodologías que se exponen a continuación suponen una gran ayuda cuando se necesita efectuar un cambio que va a afectar a prácticamente toda la empresa.

### Metodología Six Sigma

El método Six Sigma se puede definir como un enfoque estructurado que reconoce las zonas problemáticas de la empresa, se definen los proyectos de mejora, y ofrece soluciones a nivel de avance de una manera predecible y repetible (Redinius, 2004). El método empieza con un proceso establecido para tratar de mejorar la calidad de las salidas del proceso dependiendo de las entradas (es un sistema que establece una relación entre las entradas y las salidas como una función  $Y=f(X)$ ), al mismo tiempo que reduce la variabilidad de las salidas (Harmon, 2008). Cada fase está compuesta de varias herramientas analíticas diseñadas para encontrar la causa o causas de casi cualquier problema. El proceso de resolución de problemas se ve mejorado por herramientas software de gestión de datos, modelado, simulación, y análisis estadístico asociado que llevan a una acción o acciones de mejora (Redinius, 2004).

Se estructura en cinco fases, que son:

- **Definir:** Determina el modelo de negocio, escribe el enunciado del problema, la declaración de objetivos, prioriza y pone en marcha el proyecto.
- **Medir:** Comprende el proceso, validando la precisión de los datos y determinando la capacidad del proceso.
- **Analizar:** Define las salidas como una función de las entradas, mostrando las posibles causas de las relaciones.
- **Mejorar:** Determina, valida e implementa las soluciones para alcanzar los objetivos.
- **Controlar:** Pone en práctica los métodos de control de proceso, monitorizando el rendimiento de los resultados.

## Metodología BPM

El método BPM se puede resumir como un enfoque estructurado para alinear y optimizar cómo los procesos de negocio trabajan juntos, utilizando herramientas informáticas de forma reiterada, ofreciendo resultados consistentes, y aportando valor al cliente. Una buena prueba para determinar si una empresa tiene los procesos bien definidos consiste en identificar la vinculación de los procesos, con los mapas de procesos de negocio. Los mapas de procesos se agregan comúnmente en un resumen de la gestión de procesos (agregar un documento y hacer un seguimiento de los productos clave del proceso) y un plan de control (un documento para hacer frente a cómo los insumos clave son controlados, asegurando que el proceso se realice correctamente). (Redinius, 2004).

BPM está muy relacionado con TQM (Total Quality Management) ya que en ambos son mecanismos de gestión diseñados para mejorar un producto o proceso, mediante la participación de todos los miembros e interesados de una organización, así como los clientes, y tiene como objetivo la mejora continua de la calidad.

El BPM, con sus enfoques evolucionados y sus tecnologías punta, ha emergido como el elemento clave para proveer a las organizaciones de la “Agilidad” y “Flexibilidad” necesaria para responder de forma rápida a los nuevos cambios y oportunidades de mercado (Bpm et al., 2009). Con la cada vez más creciente globalización, la gestión eficaz de los procesos de negocio de una organización es cada vez más importante debido a los siguientes factores (Ko, Lee, & Wah Lee, 2009):

- Aumento de la frecuencia de las mercancías pedidas.
- Necesidad de una rápida transferencia de información.
- La rapidez en la toma de decisiones.
- Necesidad de adaptarse a los cambios en la demanda.
- Competidores más internacionales.
- Demandas más cortas de los tiempos de ciclo.

La metodología BPM está compuesta por las siguientes fases (Ilustración 43) (Navarrete & Lario, 2010):

- **Preparación:** esta etapa es una fase previa a la ejecución de la metodología, en la cual se realizan los preparativos para la ejecución del resto de fases, y consta fundamentalmente de una introducción que incluye: la descripción de la empresa; el ámbito de actuación; la formación de equipos de trabajo para la asignación de responsabilidades, la definición y reparto de tareas (correspondientes a las fases posteriores).
- **Análisis y determinación de cambios:** se establecen las bases para analizar los procesos de negocio que se quieren mejorar, y se determinan los cambios que hay que hacer a las situaciones actuales o presentes para llegar a la situación deseada.
- **Evaluación de cambios:** una vez determinados los cambios que hay que hacer, en esta tercera fase, se evalúan dichos cambios, midiéndolos y cuantificándolos, para poder dar soporte a la siguiente fase.
- **Toma de decisiones:** en esta etapa se podrá decidir si la situación “To-Be” es finalmente interesante y conviene, por lo tanto, iniciar los trabajos.
- **Implementación de los cambios:** fase que organizará y planificará las acciones a realizar para alcanzar la situación “To-Be”.

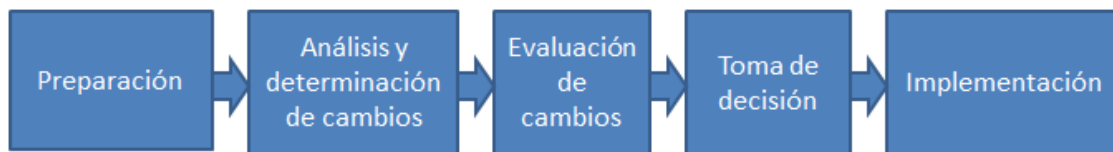


Ilustración 43. Fases de la metodología BPM. Fuente: (Navarrete & Lario, 2010)

## Metodología BPE/BPR

El BPE o BPR (Business Process Engineering/Reengineering) es una metodología que ayuda al cambio evolutivo que se requiere para conseguir los objetivos estratégicos de una organización, a través de procesos de negocio más eficaces, eficientes y ágiles. Es la reconsideración fundamental y la reorganización radical para lograr una mejoría drástica en el desempeño, los costes y los servicios (Hammer & Champy, 1993). Significa romper con paradigmas antiguos, procedimientos obsoletos y orientarse fundamentalmente hacia la creación de valor para el cliente, al pensar en reestructurar la nueva forma de organizar el trabajo (Hitpass, 2011). El BPE no sólo implica cambios en el proceso, sino también cambios en la organización para dar soporte a los nuevos procesos. Los equipos están organizados más en los procesos que en las funciones de la organización, estando capacitados para tomar más decisiones. La metodología de BPE se inicia mediante la definición de las metas y objetivos del proyecto, identificando los procesos de negocio, que se distinguen entre los procesos “As-Is” (analizar cómo están los procesos actualmente y encontrar qué problemas tienen) y los procesos “To-Be” (como los procesos deben de estar en el futuro) (Chadha, 1995).

La metodología BPE o BPR utiliza las siguientes fases (Muthu, Whitman, & Cheraghi, 1999):

- **Preparación:** Esta actividad se inicia con el desarrollo de un consenso ejecutivo sobre la importancia de la reingeniería, y la relación entre los objetivos de negocio innovadores y los proyectos de reingeniería.
- **Planificación y análisis de los procesos “As-Is”:** Antes de que el equipo de reingeniería proceda a rediseñar el proceso, deben entender el actual proceso.
- **Diseño del proceso “To-Be”:** El objetivo de esta fase es hacer una o más alternativas a la situación actual, satisfaciendo los objetivos estratégicos de la empresa. El primer paso en esta fase es el “Benchmarking”, el cual es la evaluación comparativa, tanto del rendimiento de los procesos de la organización, como de la forma en que esos procesos se llevan a cabo, con otras organizaciones para obtener una propuesta de mejora.
- **Implementación del nuevo proceso:** Es la parte que más resistencia y dificultad puede llevar.
- **Mejora continua del proceso:** El primer paso en esta actividad es la monitorización de los progresos y de los resultados. Los progresos se miden sabiendo los informados que están las personas. El seguimiento de los resultados se miden con las actitudes de los empleados, las percepciones del cliente, la capacidad de respuesta de proveedores, etc.

### Diferencias entre BPR y BPM

En las metodologías BPM y BPE/BPR existen diferencias, a pesar de que por el nombre se pudiera pensar que son iguales. El BPR sugiere que las empresas podrían ser más competitivas a través de los esfuerzos radicales, rediseñando los procesos operativos clave. A través de la observación de los trabajadores, el tiempo y el análisis de movimiento por tarea, la documentación de los volúmenes de trabajo y la medición estadística de los resultados, el sistema BPR trata de diseñar el proceso perfecto, reemplazando la mano de obra por la automatización.

Por el contrario, BPM defiende el uso de una metodología iterativa para hacer mejoras incrementales en los procesos. Un enfoque iterativo e incremental permite ajustes más frecuentes. Hacer un cambio por BPM ofrece mejoras siendo menos radical y más tolerante para las correcciones que se tengan que hacer sobre la marcha, proporcionando tiempo a la organización para asimilar las mejoras en los procesos, aprendiendo nuevas disciplinas de gestión. Por el contrario, con BPM las mejoras son sólo temporales, creando más presión para reducir el tiempo de ciclo entre los cambios. Más allá de la mejora continua, es mejor implementar un enfoque menos que perfecto con tal de que se pueda ajustar rápidamente (Hill, 2016).

## Análisis “As-Is” y “To-Be”

Dentro de las metodologías propuestas de BPM y BPE/BPR, se exponen los análisis del “As-Is” y “To-Be” (Ilustración 44). Para una mejor comprensión se explica de un modo resumido en qué consisten estos análisis, en los que básicamente tienen que responder a las siguientes preguntas:

- Fase 1, ¿Dónde estamos ahora?
- Fase 2, ¿Dónde queremos estar?
- Fase 3, ¿Dónde podemos estar?
- Fase 4, ¿Dónde vamos a estar?, esta pregunta deberá surgir del equilibrio entre la situación deseada (fase 2) y la situación posible o factible (fase 3).
- Fase 5, ¿Cómo llegar?, desde la fase actual a la mejorada.

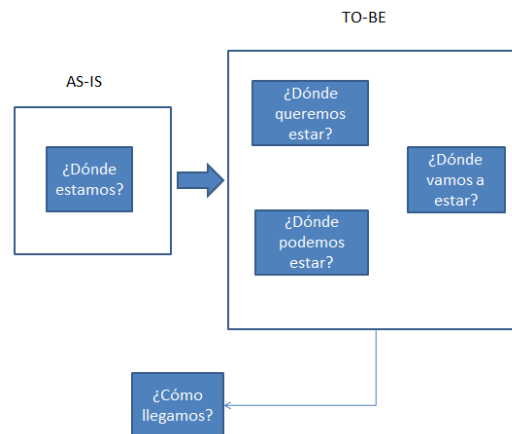


Ilustración 44. Esquema de "As-Is" y "To-Be". Fuente: (Alarcón, Alemany, A., & F.C, 2006)

En este capítulo se han expuesto las metodologías más relevantes a la hora de realizar un cambio empresarial y que servirán de apoyo para proponer una metodología propia, que sirva para la implantación de Internet de las Cosas. Existen bastantes semejanzas en los pasos de la implementación entre ellas, lo que será de gran ayuda para establecer la metodología propia. Ahora hay que valorar las potencialidades de cada una y adaptar a la metodología que se propone los pasos necesarios en la implementación de Internet de las Cosas.

Es importante tener en cuenta que un proceso de implantación con cualquiera de las metodologías expuestas se realiza por medio de una secuencia estructurada de actividades, no sólo se realiza por una sola persona o un servicio, sino que también involucra a muchas personas/máquinas/sistemas de diferentes organizaciones, que trabajan en conjunto para conseguir un objetivo común. Por lo tanto, la metodología se entiende como "una serie o una red de actividades de valor añadido, a cargo de sus funciones o colaboradores, para conseguir un objetivo común" (Ko, 2009). Debido a los cambios tan drásticos que tiene la implantación de Internet de las Cosas en la cadena de suministro, hay que valorar que el cambio del sistema afecta no solamente a los departamentos de una empresa, sino que involucra a todas las empresas que conforman la cadena de suministro.

## 7. Propuesta de implementación de Internet de las Cosas

Para que tenga éxito la implantación de Internet de las Cosas en las redes logísticas de la cadena de suministro, es necesario establecer una serie de procesos que se tendrán que realizar en la dirección del proyecto, de esta manera se consigue ordenadamente tener una guía para que cualquier persona capacitada pueda implantar el sistema del que trata este trabajo. En este capítulo se abordarán los pasos más generales para la implementación de Internet de las Cosas.

La estructura dividida en departamentos de las organizaciones ofrece un panorama fragmentado de las mismas, ya que de esta forma no se tiene una visión completa de los procesos que en ellas tienen lugar. Cuando los procesos se fragmentan en áreas y éstas a su vez en tareas individuales, nadie es responsable en su totalidad. Para que fluya el trabajo, se implementan procedimientos administrativos con el único propósito de manejar la transferencia de trabajo de un área a otra. Estos procedimientos no sólo reducen la efectividad organizacional (mayor tiempo de procesamiento, rigidez en las tareas), sino que además aíslan los procesos productivos del cliente final (Monterroso, 2002).

En el anterior capítulo se mostró las diferentes metodologías para afrontar un cambio en una empresa o sistema. El Six Sigma se enfocaba en la mejora de la calidad, el BPM en la mejora continua y el BPE/BPR en el cambio total del sistema. Algo que las tres tienen en común son las cinco fases para abordar el cambio, lo que facilita la metodología que se propone en este proyecto, la cual también constará de cinco fases, adquiriendo de las otras tres la información más adecuada a la implantación de Internet de las Cosas.

La implantación de todos los elementos necesarios para el correcto funcionamiento de este proyecto, hace necesaria una metodología para que un conjunto de elementos ordenados, en este caso los procesos, definan como se debe gestionar la implantación. En ese conjunto de elementos se pueden identificar roles, procesos, formatos, estándares, buenas prácticas, políticas y sistemas de información. El esquema de la metodología que se propone está esquematizado en un diagrama de procesos ordenados, y sobre los que se va ascendiendo hasta lograr completar todo el proceso general que se propone para alcanzar el objetivo propuesto (Ilustración 45).

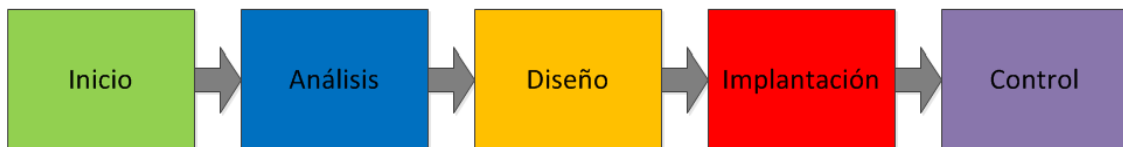


Ilustración 45. Etapas de la metodología propuesta

Para tener una mejor comprensión de este capítulo se ha enlazado los apartados de la metodología de implantación, con los capítulos con más relación o influencia de esta tesis a través de la Tabla 20. Los capítulos son los siguientes:

- Capítulo 2. Actualidad logística de las empresas
- Capítulo 3. Internet de las Cosas
- Capítulo 4. Tecnologías y aplicaciones
- Capítulo 5. Rendimiento en la aplicación de Internet de las Cosas
- Capítulo 6. Implantación de Internet de las Cosas

En la Tabla 20 se hace una taxonomía con las relaciones entre los capítulos y la metodología, ya anteriormente explicada<sup>7</sup>.

Capítulos	Inicio	Análisis	Diseño	Implantación	Control
Capítulo 2	+++	+	+	+	+
Capítulo 3	++	+++	+++	++	++
Capítulo 4	+	++	+++	+++	+
Capítulo 5	+	++	+++	+++	+++
Capítulo 6	+++	++	+++	+++	+

Tabla 20. Taxonomía capítulos – Implantación

<sup>7</sup> Simbología: (+++) Mucha relación; (++) Mediana relación; (+) Poca o ninguna relación

En la Tabla 21 se hace una relación entre las fases de la metodología y los autores más representativos.

Inicio	Análisis	Diseño	Implantación	Control
(Prodware_Marketing, 2014)	(Ferreira et al., 2010)	(Lou et al., 2011)	(X. Dong & Song, 2011)	(Uckelmann, 2012)
(Zebra_Technologies, 2015)	(Satyavolu et al., 2014)	(J. Li & Lu, 2012)	(Ferreira et al., 2010)	(Cooper et al., 2012)
(Rüßmann et al., 2015)	(Macaulay et al., 2015)	(Wang, 2011)	(Gubbi et al., 2013)	(Lv et al., 2015)
(Yu, 2011)	(McBeath, 2014)	(X. Dong & Song, 2011)	(Coetzee & Eksteen, 2011)	(Robles & Jokela, 2015)
(Ko et al., 2009)	(Lou et al., 2011)	(R. Xu et al., 2013)	(Uckelmann, 2012)	(R. Xu et al., 2013)
(BPM, 2015)	(Yu, 2011)	(Gubbi et al., 2013)	(R. Xu et al., 2013)	(Prasse et al., 2014)
(Gall et al., 2015)	(X. Dong & Song, 2011)	(C. Dong, 2014)	(Lv et al., 2015)	(J. Li & Lu, 2012)
	(Hribernik et al., 2010)	(Uckelmann, 2012)	(Prasse et al., 2014)	(Cooper et al., 2012)
	(Wang, 2011)	(Gall et al., 2015)	(Hribernik et al., 2010)	
	(S. Li et al., 2015)	(Hribernik et al., 2010)	(C. Dong, 2014)	
	(L. Da Xu et al., 2014)	(Satyavolu et al., 2014)	(Gall et al., 2015)	

Tabla 21. Relación Etapas - Autores



## Inicio

En esta etapa inicial hay que definir y preparar las nuevas necesidades de la empresa o sistema, estableciendo los objetivos que se desean alcanzar, y las bases para poner en marcha el proyecto de implantación de Internet de las Cosas en la cadena de suministro. Esta etapa se realiza los preparativos para la ejecución del resto de fases. Hay que establecer la descripción de la empresa o empresas que formen parte de la cadena (nombre, organigrama, localización, descripción de productos/clientes/mercados, proveedores de materia prima, proceso productivo, etc.), identificar los Stakeholders, conocer el ámbito de actuación, establecer la formación de equipos de trabajo para la asignación de responsabilidades (estimándose las necesidades de personal interno o externo), las tecnologías para la implementación, las infraestructuras (si son necesarias) para la ejecución de la metodología, y la definición y reparto de tareas (correspondientes a las fases posteriores). Si los procesos logísticos se han modelado se pueden conocer las necesidades de la empresa, y saber los procesos que no cumplen, de modo que se convierten en una excelente oportunidad para la definición nuevas mejoras (Navarrete & Lario, 2010).

La información básica que todo proceso debe tener consta de los siguientes apartados (Pais, 2013):

- **Nombre del proceso.**
- **Propietario del proceso.** La persona responsable del desarrollo y mejora del proceso.
- **Cliente y sus necesidades.** Quién recibirá el resultado del proceso y qué necesidades y expectativas se han identificado para satisfacer el resultado del proyecto.
- **Descripción del proceso.**
- **Stakeholders.** Personas u organizaciones que pueden verse afectados por el desarrollo del proceso, por su implementación y por los resultados de este.
- **Alcance del proceso y límites (inicio y final).**
- **Mediciones del proceso.**

En la formación del equipo de trabajo es conveniente que se forme por equipos multidisciplinares, los cuales son un conjunto de personas con diferente formación y experiencias profesionales que trabajan en conjunto en un tiempo determinado de cara a unos objetivos concretos. En esta etapa, se tiene que hacer un equipo de trabajo y comunicar e involucrar a toda la organización, e indicar los cambios en la organización. Estos equipos de trabajo son los que tienen que producir ideas y planes y convertirlos en realidades (Hammer & Champy, 1993). Contar con un buen equipo supone tener garantizadas unas respuestas y soluciones excelentes para afrontar los problemas planteados, ya que todos tienen puntos de vista diferentes (Soto, 2015).

El personal, las responsabilidades y la autoridad son claramente identificables para las diferentes tareas de la toma de decisiones, en la estrategia de proceso y están determinados por (Munive-Hernandez, Dewhurst, Pritchard, & Barber, 2004):

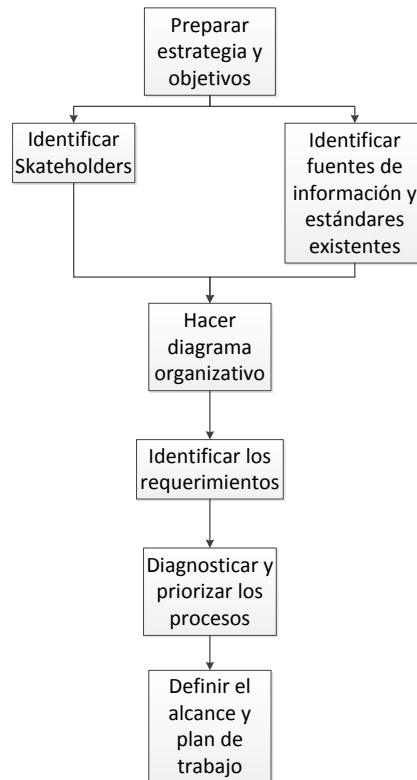
- Tamaño de la organización.
- Estilo de gestión.
- Complejidad del entorno.
- Los procesos de producción.
- Los problemas dentro de la empresa.

Para tener una idea de los conocimientos que debe tener el equipo de trabajo, se hace un resumen que se muestra en la Tabla 22 respecto de los conocimientos más recomendables que debe tener dicho equipo.

Áreas de conocimiento	Relación de los conocimientos - proyecto
Dirección de operaciones	Administración eficaz de los recursos
Procesos industriales	Diseño de los procesos para el buen funcionamiento del proyecto
Cadena de suministro y logística	Gestión de las actividades en la cadena de suministro
Gestión de proyectos	Ejecución de los procesos de implantación del proyecto
Telecomunicaciones	Establecer las comunicaciones de larga distancia de los datos
Informática	Diseñar e implantar el software requerido
Economía	Estudio y gestión de la viabilidad del proyecto
Legislación	Aspectos legales de la implantación del proyecto

Tabla 22. Relaciones de las áreas de conocimiento-proyecto

En el diagrama de la etapa de Inicio (Ilustración 46) se establecen los pasos que hay que hacer para completar con éxito esta fase inicial, el cual una vez terminado se pasaría a la etapa siguiente de Análisis:



**Ilustración 46. Diagrama de la etapa de Inicio**

Es importante que en esta etapa inicial se posean los conocimientos relacionados con los capítulos 2 y 3 de este proyecto, ya que para hacer una valoración inicial se hace imprescindible que se tenga muy claro el estado actual de las empresas y lo que significa la Industria 4.0. Con el capítulo 2 (Actualidad de la Logística de las empresas) se quiere dar a conocer de un modo genérico el estado actual de la logística en las empresas, introduciendo algunos términos como: Internet de las Cosas, Internet Físico, Cloud Computing... también se quiere dar a conocer la importancia de la introducción de Internet de las Cosas en un futuro no muy lejano como un nuevo modelo de negocio, donde la competitividad hará explorar nuevas alternativas de mejora. El capítulo 2 también expone La Industria 4.0 con sus tecnologías y áreas clave, también muy importante si se quiere implantar un sistema nuevo, de hecho es imprescindible que para la implantación de cualquier sistema nuevo, el personal encargado tenga un conocimiento amplio que le permita ver más allá del simple funcionamiento tecnológico. El capítulo 5.2 (Beneficios de Internet de las Cosas en la logística) conviene tenerlo muy presente en este apartado inicial, ya que para empezar a implantar un sistema nuevo hay que saber qué beneficios va a tener. Por último el capítulo 6 (Implantación de Internet de las Cosas) tiene importancia para tener inicialmente los aspectos técnicos y no técnicos, así como la formación del equipo de trabajo. Si en la empresa o cadena de suministro se comprueba que son factibles dichos beneficios supone un paso muy importante para asegurar su éxito final.

## Análisis

En esta fase se da comienzo y se realizan los preparativos que permiten contemplar el estado de los procesos logísticos de la cadena de suministro. Se tiene que definir, documentar e implementar los procesos ya que son elementos con mucha importancia de la metodología, en los que a través de ellos las organizaciones definen cómo hacer sus tareas de forma ordenada y estructurada. Para definir estos procesos se evalúa la cadena de valor de la organización, ubicando en el mapa o diagrama los procesos correspondientes a la gestión del proyecto. Los procesos se definen con un nivel de detalle suficiente para que se identifiquen claramente las tareas, flujos, responsables, formatos y políticas (Netsac, 2015). En el anterior apartado de Inicio ya se especificaba los apartados que debe contener un proceso. Es en esta etapa cuando se realiza el análisis de los procesos "As-Is" que determina la situación actual de las empresas de la cadena de suministro. La actividad principal de la fase de análisis consiste en reducir el número de potenciales problemas que puedan ocurrir, encontrando las causas desde su origen para poder determinar los cambios que han de hacerse.

Una gran ayuda del análisis es la realización de las simulaciones (como por ejemplo con la herramienta de software Vensim) de todos los recursos de un proceso (tanto dentro como fuera de la empresa), en la que hay que medir los niveles de productividad, tareas, capacidades, recursos y costes. El análisis y la simulación son componentes clave en la comprensión, la puesta a punto y optimización de los procesos en términos de tiempo, coste, o en cualquier otra medida clave del rendimiento. Esto, en efecto, genera el futuro diagrama de procesos y los requisitos para ejecutar, integrar y controlar el proceso en tiempo real (Navarrete & Lario, 2010).

Para el análisis de procesos es conveniente tener en cuenta los siguientes puntos (Escalera, Masa, & García, 2008):

- Orientar a la organización en la formulación de tareas por procesos.
- Analizar los procesos de la organización, describiendo y desarrollando los planes de actuación.
- Establecer prioridades de los procesos a cambiar.
- Evaluar y supervisar los estados de los procesos desde su implantación, sabiendo cuando es necesario su relevo.

El análisis "As-Is" implica entrevistar a las personas que están realmente involucradas en el trabajo y en el proceso logístico que se está modelando. La información sobre los pasos del proceso, los principales elementos involucrados, los costes, los recursos, los tiempos, las reglas de negocio, las políticas y restricciones, etc. En el análisis tiene una gran importancia la experiencia aprendida durante los años anteriores. Esta es una etapa esencial antes de definir los procesos "To-Be" de la siguiente etapa de Diseño. La información recopilada en el análisis establece una línea de base para el proyecto de mejora. Este análisis proporciona un punto de referencia del funcionamiento actual de la organización, preparando el escenario para definir a dónde se quiere llegar, definiendo una hoja de ruta para alcanzar el estado deseado (Chadha, 1995).

Con el diagrama de la etapa As-Is (Ilustración 47) se establecen los pasos que hay que hacer en esta etapa de Análisis. Al finalizar esta etapa se dará comienzo a la siguiente de Diseño:

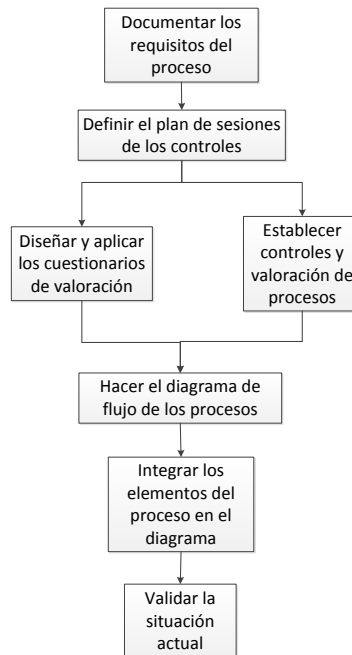


Ilustración 47. Diagrama de la etapa As-Is

En los controles de procesos se realiza un inventario de los procesos existentes, identificando los problemas y requisitos, modelando, identificando las medidas asociadas a dichos procesos y se registran para proceder a ordenarlos por importancia y clasificarlos en función de su impacto o valor que aportan a la organización (Pais, 2013). Con la validación de la situación actual terminaría la etapa de Análisis y se pasaría a la de Diseño.

En el capítulo 3 (Internet de las Cosas) se muestran los sistemas logísticos que forman la cadena de suministro, el cual sirve de gran ayuda para entender el sistema logístico de una organización, y de este modo que los resultados del análisis As-Is sean más satisfactorios. Para entender mejor antes de iniciarse en la implantación de Internet de las Cosas, en el Capítulo 3.4 (Implantación y modelos de Internet de las Cosas) es recomendable conocer las capas de aplicación de esta tecnología, de este modo se entenderá mejor el paso a la siguiente etapa.

## Diseño

En la etapa de Diseño se realiza el diseño de “To-Be” para mejorar los procesos identificados en la anterior etapa “As-Is” de los procesos existentes. Cabe señalar que esta actividad es un proceso iterativo y no se puede hacer en un espacio de tiempo muy corto. Los modelos “To-Be” que finalmente se obtienen son validados antes de su implantación (Muthu et al., 1999). En la Ilustración 48 se observa el diagrama del proceso de la etapa de Diseño.

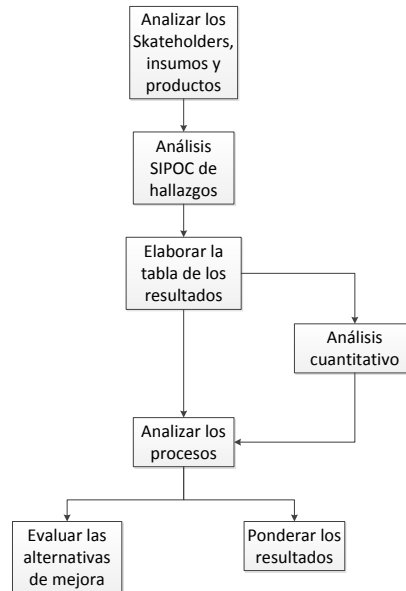


Ilustración 48. Diagrama de la etapa To-Be

Se tienen que establecer las necesidades o requisitos de la implantación, evaluando las alternativas que hay para elegir la mejor de ellas, documentando la descripción básica del alcance del proyecto, de la duración del proyecto y un pronóstico de los recursos para el análisis de inversión. Una vez analizadas las repercusiones que tendrá el proceso mejorado para las organizaciones o entidades de la cadena de suministro, se estima las mejoras mediante una comparativa de los estados As-Is y To-Be, con los resultados obtenidos de los parámetros de rendimiento utilizados.

El análisis o diagrama SIPOC, por sus siglas en inglés Supplier – Inputs- Process- Outputs – Customers, es la representación gráfica de un proceso de gestión. Esta herramienta permite visualizar el proceso de manera sencilla, identificando a las partes implicadas en el mismo:

- **Proveedor (supplier):** persona que aporta recursos al proceso
- **Recursos (inputs):** todo lo que se requiere para llevar a cabo el proceso. Se considera recursos a la información, materiales e incluso, personas
- **Proceso (process):** conjunto de actividades que transforman las entradas en salidas, dándoles un valor añadido
- **Cliente (customer):** la persona que recibe el resultado del proceso. El objetivo es obtener la satisfacción de este cliente

El Diagrama de SIPOC es una herramienta que se emplea tanto en el ámbito de Six Sigma como en la gestión por procesos en general (AEC, 2016). De manera resumida los pasos a realizar para elaborar un Diagrama SIPOC pueden ser:

- Identificar los procesos de gestión
- Establecer las entradas del proceso, los recursos necesarios
- Establecer los proveedores de estas entradas al proceso
- Definir las salidas del proceso
- Establecer quién es el cliente de cada una de las salidas obtenidas

Las mejoras se miden con métricas para su comparación (en el capítulo 5, Rendimiento en la aplicación de Internet de las Cosas se especifican las principales métricas del rendimiento de la cadena de suministro), y estimar el impacto de las mejoras en la cadena de suministro con respecto a otras métricas de interés, como pudieran ser, costes o tiempo. Se trata de estimar los costes tanto tecnológicos, como de personal, de infraestructura, de formación, organizativos, etc. El tiempo de ejecución del proceso también puede verse afectado por la adición de nuevas actividades o sus modificaciones. Hay que tener en cuenta que cualquier otro parámetro que pueda afectar positivamente o negativamente se debe considerar. Con el capítulo 4 (Tecnologías y aplicaciones utilizadas de Internet de las Cosas) el cuál se ha mencionado anteriormente, se detallan las principales tecnologías involucradas las cuáles hay que conocer y tener muy presente.

Evaluados los cambios, y con toda la información generada de las fases anteriores, en esta etapa se podrá tomar la decisión final, en vista de la información generada en las distintas etapas de la metodología. Se trata de saber si interesa que los nuevos procesos de la cadena de suministro mejorados sean puestos en marcha o no. En caso que se considere oportuno, se puede iniciar un bucle de retroalimentación, resolviendo alguna o todas las fases anteriores en las que nos satisfagan los resultados (Navarrete & Lario, 2010). Como apoyo para el análisis "To-Be", en el capítulo 3.4 (Implementación y modelos de Internet de las Cosas) se exponen varios modelos de ejemplo de arquitecturas de implantación de Internet de las Cosas para tener una visión aplicada de las partes que componen la implantación del sistema.

El desarrollo de la etapa "To-Be" se puede hacer de diferentes maneras. Esto depende si se desea hacer una optimización del proceso existente o un cambio radical. Estos procesos se desarrollan para lograr las metas y objetivos planteados al inicio. La etapa "To-Be" se debe desarrollar sobre todo por las personas que participaron en la anterior etapa de Análisis o de "As-Is", teniendo en cuenta todas las ideas de mejora y sugerencias recogidas durante las entrevistas iniciales.

Existen dos enfoques principales: la optimización del proceso “As-Is” y el desarrollo de un proceso desde cero (Chadha, 1995).

- **Optimización del proceso "As-Is":** Implica una mejora de la productividad de determinados pasos del proceso y una mejor sincronización entre las diferentes etapas del proceso. Cualquier paso o pasos que se puedan ejecutar en paralelo se identifican y se reorganizan para mejorar la eficiencia. Como puntos importantes de la optimización están los siguientes:
  - Identificar los procesos que no aportan valor añadido.
  - Identificar cualquier cambio en la etapa "As-Is", que pueda mejorar la eficiencia.
  - Identificar las innovaciones tecnológicas que puedan mejorar la eficiencia.
- **Desarrollo de un proceso desde cero:** Consiste en hacer un desarrollo desde cero, el cual es un método más drástico (reingeniería), para mejorar los procesos "As-Is". Las tecnologías innovadoras y emergentes son evaluadas para poder implantarse en los procesos nuevos. Este es también el lugar donde la creatividad y la experiencia del equipo de trabajo son críticos para asegurar la viabilidad de los procesos. El riesgo de un desarrollo desde cero es mayor que la optimización, pero si los resultados son satisfactorios las mejoras pueden llegar a ser más evidentes.

En caso de realizar simulaciones de los procesos diseñados en esta etapa “To-Be”, hay que tener en cuenta que los resultados de la simulación deben ser cuidadosamente analizados y validados por el equipo de trabajo, considerando la simulación como un primer prototipo para el nuevo proceso a implantar, ya que puede proporcionar una indicación de cómo se comportará el proceso.

En esta etapa “To-Be” es importante hacer un análisis de costes/beneficios (se trata en el capítulo 5, Rendimiento en la aplicación de Internet de las Cosas) desde el inicio de los procesos “As-Is”, que se pueden obtener a partir de los modelos y simulaciones de los procesos. Los beneficios necesitan ser determinados por el equipo de trabajo conjuntamente con el usuario final, siempre que sea posible. Este análisis de costes ayudará a seleccionar y priorizar los nuevos procesos para la posterior implementación (Chadha, 1995).



## Implantación

En la etapa de implantación es donde se produce la mayor resistencia y dificultad, además de que se puede tener la duda de si el sistema nuevo y mejorado realmente promete los resultados esperados. Con el tiempo y esfuerzo que se pone en el análisis y mejora de los procesos actuales y la planificación del cambio, es conveniente establecer un programa para que el personal admita el cambio que va a suponer el nuevo sistema de trabajo, al mismo tiempo que se hace toda la planificación y preparación, permitiendo a la organización experimentar una transición mucho más fácil. Una vez que esto se ha hecho, el siguiente paso es desarrollar un plan de transición del proceso actual hacia el proceso nuevo. Este plan debe alinear la estructura organizativa, los sistemas de información, y las políticas y procedimientos con los procesos rediseñados (Muthu et al., 1999).

Finalmente, si la decisión final ha sido a favor de adoptar el proceso mejorado en la anterior etapa “To-Be”, queda definir la manera de cómo llegar a la nueva situación proyectada. La decisión de la implementación de los cambios se efectúa según los nuevos procesos mejorados, emprendiendo las acciones pertinentes, con todos los cambios que implique. Se planifica cuidadosamente todos los pasos a dar para realizar una gestión del cambio adecuada (Navarrete & Lario, 2010). Esta etapa es la fase más operativa del cambio, innovando e indagando como los avances tecnológicos pueden contribuir a la implantación del cambio (Escalera et al., 2008). Es muy importante implementar herramientas de soporte automatizadas, ya que, si se hacen manualmente aumentan los tiempos de entrega y de alcance de los resultados (Netsac, 2015).

La implantación de Internet de las Cosas se debe adecuar a las necesidades de cada tipo o sector en el que trabaje una empresa o cadena de suministro, adaptando la infraestructura y los dispositivos necesarios para un mayor rendimiento. Las herramientas que se tienen que implantar tienen que responder al funcionamiento básico de Internet de las Cosas, que es (ISA, 2014):

- 1) Los dispositivos producen datos
- 2) Que necesitan ser almacenados
- 3) En algún tipo de infraestructura (Cloud Computing o Nube)
- 4) Se analizan los datos (Big Data)
- 5) Y se distribuye la información (Movilidad)

En el capítulo 3 (Internet de las Cosas) se detallan con más amplitud los conocimientos respecto de Internet de las Cosas y su implantación.

Para entender mejor la implantación de Internet de las Cosas, se especifican los cuatro factores tecnológicos (Ilustración 49) que se requieren para el correcto funcionamiento (Youkyoung, 2015):

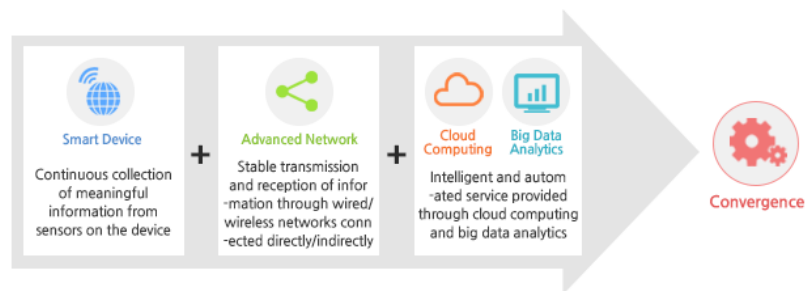


Ilustración 49. Factores tecnológicos de la implantación. Fuente: (Youkyoung, 2015)

- Dispositivos inteligentes

Un dispositivo inteligente está conectado a la red y tiene varios sensores, módulos de comunicación, módulos electrónicos en su mayoría en forma de baterías, chips integrados, los sistemas operativos, así como plataformas de software integradas y aplicaciones para el control remoto y funciones de vigilancia. Debido a que muchos dispositivos están expuestos a situaciones en que no pueden ser conectados a una fuente de energía de modo permanente, se hace preciso que la capacidad de la batería sea lo suficientemente capaz de operar durante largos periodos de tiempo, sin olvidar la importancia de los costes de instalación de los equipos de energía y el ahorro de consumo. Un problema es tener que equilibrar la capacidad de las baterías, con la portabilidad de los dispositivos, ya que la mayor capacidad hace también que sean más grandes y pesados.

- Las Redes

Las redes son importantes porque son las encargadas de establecer la conexión entre los dispositivos, como por ejemplo la tecnología inalámbrica Bluetooth o Zigbee.

- Cloud Computing o Nube

Los dispositivos necesitan estar conectados a una nube para almacenar los datos que proporcionan, de este modo los usuarios pueden disfrutar de los servicios sin interrupción, sobre todo teniendo que hacer análisis de datos en gran volumen.

- Análisis Big Data

Todos los datos que recogen los dispositivos sensores (incluyendo audio/archivos de vídeo, imágenes y mediciones de innumerables sensores) tienen que ser analizados, principalmente para encontrar correlaciones y poder predecir el futuro, ya que no pueden ser analizados de forma manual. Basándose en estos datos, crean un modelo de predicción y ver cuándo puede ocurrir un hipotético problema. De esta manera, se pueden realizar chequeos regulares y corregir los problemas antes de que ocurra algo. Es muy importante prevenir ataques a los sistemas instalados, para mantener la seguridad del sistema algunos autores proponen implantar las mejores prácticas, que según (Taherian, 2015) incluyen:

- Construir la seguridad en los dispositivos desde el principio, y no en el último momento en el proceso de diseño.
- Capacitar a los empleados acerca de la importancia de la seguridad, y garantizar que la seguridad se gestiona a un nivel adecuado en la organización.
- Asegurar que los proveedores de servicios externos son capaces de mantener la seguridad, proporcionando la supervisión razonable de los proveedores.
- Cuando se identifica un riesgo de seguridad hay considerar una estrategia de defensa, utilizando múltiples capas de seguridad para defenderse de los riesgos.
- Considerar medidas para que los usuarios no autorizados no accedan a datos o información personal almacenada en la red.
- Monitorizar los dispositivos conectados en todo su ciclo de vida útil y, cuando sea posible, proporcionar parches de seguridad para cubrir los riesgos.

En el capítulo 4 (Tecnologías y aplicaciones utilizadas de Internet de las Cosas) y los anexos se exponen las principales tecnologías que se utilizan, explicando varios ejemplos de las aplicaciones que tiene esta nueva tecnología en monitorización y seguimiento, logística inversa, transporte marítimo (en general, para cualquier transporte), entornos urbanos. Es importante en una empresa conocer el estado en el que se encuentra en todo momento, para ello se aplican las medidas de rendimiento del capítulo 5 (Rendimiento en la aplicación de Internet de las Cosas), tanto las intrínsecas a Internet de las Cosas, como las medidas de rendimiento logísticas o del funcionamiento de la red de Internet, sin olvidar los costes de la implementación.

## Control

En esta última fase se establecen los sistemas de evaluación y seguimiento de los cambios, siendo conscientes de que el cambio es dinámico (Escalera et al., 2008). Se hace necesario un control, desarrollo y mantenimiento para que la metodología sea cada vez más robusta y adaptarla a los cambios de la organización (Netsac, 2015), lo que viene a ser una mejora continua del proceso. El objetivo de la fase de control consiste en mejorar continuamente el proceso rediseñado. El control de la cadena de suministro se puede hacer en tiempo real en lugar de establecer puntos de control o con datos históricos, de este modo la gestión del proceso se ve mejorado (Redinius, 2004). Dicho control se ha de llevar a cabo en cada una de las cuatro partes que componen la implementación de Internet de las Cosas: dispositivos, redes, Cloud Computing y análisis de Big Data.

El primer paso para el control consiste en la monitorización, en los que hay dos factores que tienen que ser supervisados, el progreso y los resultados.

- **Progreso:** Se mide sabiendo el nivel de información del personal (cómo de informados se sienten). Esto se puede saber mediante la realización de encuestas de actitud o de opiniones con el personal que inicialmente no estaba directamente involucrado con el cambio.
- **Resultados:** El seguimiento debe incluir medidas tales como las actitudes de los empleados, las percepciones del cliente, la capacidad de respuesta de los proveedores, etc.

Con la monitorización continua (la información se realimenta en bucle) la comunicación se refuerza en toda la organización, de esta manera se mejora el rendimiento y la resolución de problemas. Aunque la mejora continua (BPM, TQM) y la reingeniería (BPR) siempre se han considerado mutuamente excluyentes entre sí por defender posturas antagónicas, puede darse el caso de complementarse entre sí, de modo que la mejora continua se puede utilizar como una herramienta para gestionar los diferentes problemas encontrados durante la aplicación de BPR, y así mejorar continuamente los procesos (Muthu et al., 1999).

En este apartado se pone énfasis en el capítulo 5 (Rendimiento en la aplicación de Internet de las Cosas) ya que una vez finalizada la implantación, hay que supervisar y evaluar que los objetivos que se han indicado desde un principio no tengan desviaciones. Es importante que cada métrica que se vaya a utilizar tenga un razonamiento útil, siendo innecesaria la utilización de métricas que no se vayan a utilizar ya que supone una pérdida de tiempo. No hay que olvidar que como todo sistema nuevo, al principio no se alcanzarán los objetivos planteados, pero a medida que vaya pasando el tiempo y se vayan corrigiendo los errores de inicio, las medidas que se tomen irán alcanzando progresivamente las previstas inicialmente.

## 8. Validación sobre casos reales

En este capítulo se ofrece la validación de varios casos reales para comprobar que la implantación de Internet de la Cosas en la cadena de suministro puede llegar a ser factible y beneficiosa (los casos están expuestos en el anexo). Con la validación de los casos se comprueba que las soluciones adoptadas son factibles implantando la tecnología de Internet de las Cosas. Hay que mencionar también que se trata de casos muy resumidos, en el que haría falta un mayor nivel de detalle para saber con más exactitud las soluciones implantadas. En cada caso se comprueba la relación que existe entre los pasos de la metodología de la implantación, y las soluciones adoptadas en cada caso, mostrando las analogías entre las soluciones del caso con las de Internet de las Cosas.

Se han elegido estos casos ya que exponen muy bien un problema en la actualidad de muchas empresas, que es la poca eficiencia de los sistemas de transporte, lo que ocasiona elevados costes que al final se imputan al producto final. Ingeniarse nuevos sistemas para reducir dichos costes es algo que cada vez mayores empresas están teniendo en cuenta para seguir siendo competitivos en el mercado. Por otra parte, poner en marcha un sistema nuevo no es nada fácil porque se necesita un tiempo considerable de adaptación y coordinación, pero que al final tiene su recompensa. Las introducciones de los casos son las siguientes:

- Caso de Guizhou Kaifeng

Guizhou Kaifeng una empresa del área de Guizhou especializado en la producción de airbags de automóviles con una producción anual de 150000 unidades. Entre los principales clientes están Changfeng Actuman, Lotus y Victory Auto, planeando establecer una cooperación en un próximo futuro con Changan y Zotye Auto. Hoy en día, la empresa cuenta con más de 400 empleados, con más de 180 profesionales, y un gran equipo de trabajo con tecnologías altamente especializadas en el diseño, la investigación y el desarrollo, la fabricación y servicio post-venta. (Jingbo & Jie, 2011).

- Caso de Logística Ferroviaria

El transporte ferroviario es una infraestructura logística importante que en los últimos años ha tenido un desarrollo muy significativo y que será todavía más con la introducción de las nuevas tecnologías de Internet de las Cosas. Elementos como el RFID o el Cloud Computing tienen unas aplicaciones muy interesantes en la gestión logística de los ferrocarriles. Estableciendo un sistema de identificación inteligente de la logística del ferrocarril, se optimizan los recursos logísticos ferroviarios (Guo, Zhang, & Li, 2012).

- Caso Intel

Predixion Insight y la tecnología de Intel ofrecen una solución para mejorar la gestión del mantenimiento de una flota de vehículos. Los gestores de flotas están recurriendo al análisis predictivo para estar al tanto del mantenimiento y mitigar las averías de los componentes antes de que sucedan. Sin embargo, gestionar la gran cantidad de datos generados por los sensores de los vehículos es un reto al que Intel tiene que hacer frente. Predixion Insight puede analizar los datos de los dispositivos de la nube, lo que reduce el volumen de información que necesita ser transmitido (Intel, 2015).

- Caso Taberna Goyesca

Tahona Goyesca es una empresa líder de Aragón del sector de la panadería y pastelería. Esta panadería artesanal tiene cuatro puntos de producción, varias tiendas y una flota de diez vehículos que realizan alrededor de treinta entregas todos los días. Tahona Goyesca hornea y distribuye tartas y pasteles que requieren un almacenamiento a temperatura adecuada para que puedan llegar a su destino en óptimas condiciones. Las entregas se realizan por la mañana para aprovechar el tiempo de transporte, de este modo se ofrece un mejor servicio a los clientes teniendo a primera hora de la mañana los productos en los puntos de venta (Libelium, 2015).

- Caso Puerto de Hamburgo

El puerto de Hamburgo es el mayor y más importante puerto alemán (17 terminales) y el tercer puerto de contenedores más grande de Europa. Cada año alrededor de 10000 barcos llegan y salen de dicho puerto. En 2012, en el puerto de Hamburgo se gestionaron 8,9 millones de TEU (Autoridad Portuaria de Hamburgo HPA, 2013). Este centro de transportes moderno y eficiente garantiza un comercio eficiente, y el intercambio internacional de mercancías de los países y las empresas de Europa con el resto del mundo (uno de cada tres contenedores va o viene de China). La Autoridad Portuaria de Hamburgo se encarga de la planificación estratégica, la gestión y el gobierno del puerto. La intermodalidad es una ventaja competitiva del puerto, explotando de modo eficaz los distintos modos de transporte, tales como barcos, camiones y trenes. El puerto es también un nodo importante para la industria del turismo, ya que cada año alrededor de 500.000 pasajeros utilizan el puerto de Hamburgo (Ferreti & Schiavone, 2016).

En la siguiente Tabla 23 se hace una taxonomía de los casos expuestos respecto de los factores<sup>8</sup> de la implantación de Internet de las Cosas de los autores (Gall et al., 2015).

Casos/Factores	Tecnología	Economía	Ent. Social	Legislación	Fac. Humano
Guizhou	+++	+	+	+	+
Log. Ferrov.	+++	+	+	+	+
Intel	++	+	+	+	+
Taberna	+++	+	++	+	++
Hamburgo	++	++	+++	+	+++

Tabla 23. Taxonomía Casos

<sup>8</sup> (+) Poca relación; (++) Mediana relación; (+++) Mucha relación

## 8.1 Caso de estudio de implantación en la empresa Grupo el Alto

Para reforzar el valor de este proyecto, se ha tomado la consideración de acudir a una empresa y comprobar que la tecnología de Internet de las Cosas en la Cadena de Suministro es factible, de modo que se ha realizado un estudio de propuesta de implantación en una empresa. Para la propuesta de implantación se seguirá la metodología del capítulo 7 (Propuesta de implementación de Internet de las Cosas), pero de modo no exhaustivo, ya que el objeto de este proyecto no trata exclusivamente de una implantación completa y solamente es un caso de ejemplo. Entre las opciones de distintos sectores, se ha optado por una empresa del sector de la restauración, también llamado sector Horeca, en el cual la logística tiene un papel muy importante. En los siguientes párrafos se expondrá un breve resumen de la empresa.

Grupo el Alto es un grupo empresarial dedicado a la gastronomía de calidad fundado a principios de 1980. A lo largo de su historia, la empresa ha logrado crear y consolidar una identidad y marca propias, cuyo mantenimiento y mejora son hoy su principal reto. De afán innovador, ha experimentado en estos casi 40 años un gran crecimiento y desarrollo, convirtiéndose en uno de los principales grupos de restauración de Valencia.

El principal objetivo es desarrollar continuamente propuestas que se ajusten a las características de los clientes, ofreciendo un servicio de calidad. En las propuestas de la empresa rigen los criterios más exigentes de calidad, valor estético e innovación, con el que los clientes vean cumplidas todas sus aspiraciones. La cocina innovadora está basada en la extensa tradición española, la calidad de los productos y la cuidadosa elaboración. Entre los eventos más importantes que realiza la empresa están los sociales y culturales, corporativos, deportivos, y los congresos y convenciones. La empresa tiene una cocina central en Rafelbunyol donde se elaboran los productos cocinados y se transportan hacia los lugares de los eventos. Estos lugares donde se hacen los eventos son variados, pero entre los principales que ofrece la empresa están los siguientes:

- Masía de Aldamar
- Huerto Barral Boluda
- Palacio del Negrito
- La Barraca del Palmar

En las próximas páginas se aborda la implantación siguiendo las cinco fases de la metodología, las cuales como recordatorio son las siguientes:

- Inicio
- Análisis
- Diseño
- Implantación
- Control

## Inicio

En la etapa de inicio hay que definir y preparar las nuevas necesidades de la empresa, estableciendo los objetivos que se desean alcanzar, y las bases para poner en marcha el proyecto de implantación de Internet de las Cosas en la cadena de suministro. Esta etapa se realiza los preparativos para la ejecución del resto de fases.

Para este caso concreto de la empresa se va a mejorar el proceso del transporte del material alimentario desde la cocina central hasta los lugares de los eventos. Las características del proceso son las siguientes.

- **Nombre del proceso.** Transporte de producto alimentario.
- **Propietario del proceso.** La persona responsable del desarrollo y mejora del proceso.
- **Cliente y sus necesidades.** En este caso es la empresa Grupo el Alto, con las expectativas de ofrecer el producto con las máximas garantías durante el transporte.
- **Descripción del proceso.** Se establece el procedimiento y la implantación de un proceso para controlar las condiciones en tiempo real del transporte.
- **Stakeholders.** Los propietarios de la empresa y los clientes son las personas más interesadas en el desarrollo del proceso.
- **Alcance del proceso y límites (inicio y final).** El proceso se inicia desde que sale el transporte desde la cocina central y termina en el lugar del evento.
- **Mediciones del proceso.** Control de la temperatura y humedad durante el transporte. Control de la ruta de transporte.

Al ser un caso de ejemplo de implantación en una empresa no se considera relevante definir los equipos de trabajo, a pesar de ser una empresa real.



## Análisis

Para comprobar de primera mano el modo de trabajo de la empresa se tomó la decisión de acudir personalmente para observar el modo de trabajo, recopilando información tanto propia, como de los trabajadores de la empresa en la que aportaban sus opiniones de deficiencias y posibles mejoras. La cocina central se encuentra en el polígono industrial de Rafelbunyol, donde se realizan principalmente la elaboración de la alimentación que se ha de servir en los lugares anteriormente indicados. Existe también la posibilidad de celebrar un evento en un lugar específico que quiera el cliente, pero para no extender demasiado este caso solamente se centrará en los principales lugares de celebración de los eventos. Algunos datos relevantes se muestran a continuación.

La nave de la cocina principal se divide en los siguientes espacios.

- Cocina
- Oficinas
- Almacén

Actualmente disponen de cuatro camiones en régimen de alquiler cuyas dimensiones son las siguientes (existe la posibilidad de alquilar camiones extra si las circunstancias lo requieren):

- 2 camiones de 20 m<sup>3</sup> con plataforma
- 1 camión de 9 m<sup>3</sup> refrigerado
- 1 camión de 8 m<sup>3</sup> estándar

El tiempo y distancia de llegada desde la cocina central a dichos lugares son los siguientes (datos de Google Maps):

- Masía de Aldamar: 34 km, 30 min.
- Huerto Barral: 38 km, 35 min.
- Palacio del Negrito: 20 km, 30 min.
- La Barraca del Palmar: 40 km, 45 min.

Actualmente el proceso del envío de los productos hacia el destino no dispone de ningún control, y tampoco se puede conocer el estado de dichos productos, lo que hace tener una incertidumbre durante el tiempo de transporte. Es en esta etapa cuando se realiza el análisis de los procesos “As-Is” que determina la situación actual de la empresa.

## Diseño

En esta etapa (el diseño “To-Be”) se tienen que establecer las necesidades o requisitos de la implantación, evaluando las alternativas que hay para elegir la mejor de ellas, documentando la descripción básica del alcance del proyecto, de la duración del proyecto y un pronóstico de los recursos para el análisis de inversión. Puesto que es un caso ejemplo, aunque sea en una empresa real, se va a ir directamente a una solución final la cual se ha expuesto en un anterior caso de ejemplo de la empresa Taberna Goyesca, en la que una flota de vehículos tenían conexión de Internet, ofreciendo la posibilidad de visualizar en un mapa y en tiempo real:

- La posición del vehículo
- La temperatura y humedad del interior del espacio de las mercancías

Un sistema central controla que los parámetros estén correctamente, saltando una alarma en caso de fallo. En caso de no solucionarse el problema se enviaría un camión de reemplazo para el traslado de las mercancías al destino final. La utilización de un camión de reemplazo sería en la peor de las circunstancias, siendo muy remota la posibilidad de llegar a ese caso.

La solución del caso de la empresa Taberna Goyesca puede adaptarse perfectamente a este caso de la empresa Grupo el Alto, puesto que las situaciones son prácticamente análogas, siendo procesos similares. Para mayor información, consultar el apartado Casos reales de implantación del capítulo 10 (Anexo).

Como una ampliación de la mejora del proceso, también se puede obtener la información que tienen actualmente la centralita de los vehículos modernos, visualizándola en tiempo real, de este modo el control del transporte sería todavía mayor, teniendo información del estado del vehículo en todo momento. Entre los parámetros que se pueden controlar están los siguientes:

- Nivel de agua
- Temperatura de agua
- Nivel de aceite
- Temperatura de aceite
- Nivel de combustible
- Estado de las pastillas de frenos
- Control de motor
- Presión de los neumáticos
- Etc.

El siguiente diagrama (Ilustración 50) muestra el proceso de funcionamiento:

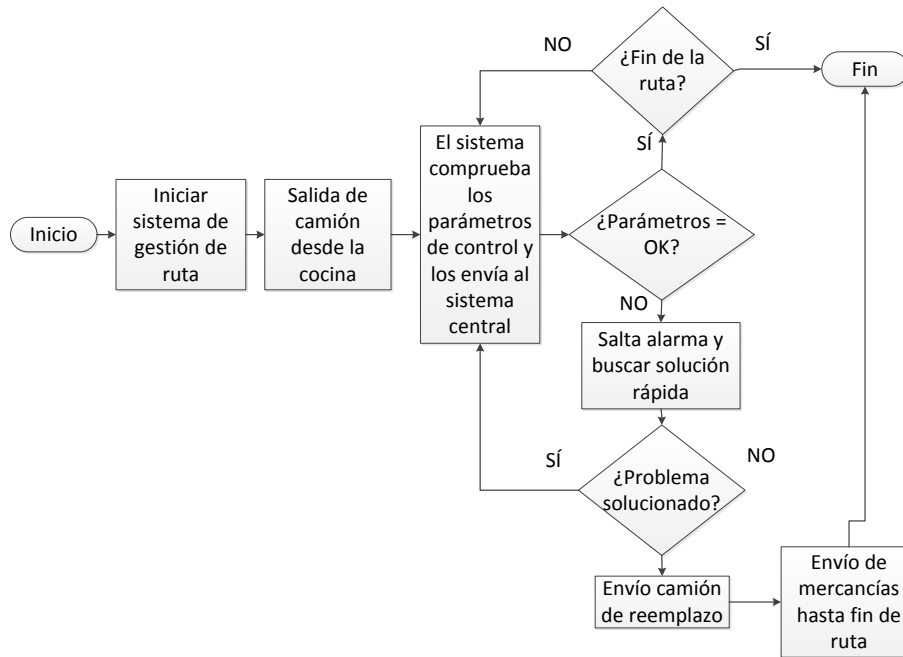


Ilustración 50. Diseño proceso caso

El diseño de este proceso pretende tener un mayor control de las mercancías durante el tiempo de transporte, ya que precisamente ese tiempo en cualquier cadena de suministro genera una incertidumbre por no tener la información en tiempo real de lo que sucede. Con la implantación de Internet de las Cosas dicha incertidumbre, si bien no se erradica del todo, sí que se disminuye bastante.

## Implantación

En esta etapa se deben de implantar las soluciones tecnológicas que se adopten, teniendo en cuenta las características de Internet de las Cosas, las cuales son:

**Número de dispositivos:** La cantidad de dispositivos de IoT que se instalan en los camiones.

**Tecnologías:** En este caso los que más se utilizan son los sensores y sistemas de rastreo.

**Expectativas:** Aumentar el control de la flota de vehículos en tiempo real.

**Stakeholders:** Las partes más interesadas son los propietarios del negocio, los transportistas de la flota y los clientes finales.

**Datos:** Son las informaciones que proporcionan los sensores y sistemas de rastreo.

Como se comentó en el anterior capítulo, en la propuesta de implementación, esta es la etapa donde más resistencia y dificultad puede haber, ya que el personal puede mostrar reticencias a la implantación de un sistema que considere que vulnere la privacidad.

## **Control**

En esta última etapa el control del sistema se hace visualizando en tiempo real la flota de transportes, reflejándola en un mapa (como Google Maps). En el caso de Taberna Goyesca se muestran varias imágenes de la visualización en un mapa de la flota de vehículos. Obviamente este proceso en el futuro puede tener mejoras para que su funcionamiento sea todavía más eficaz, ya que el estudio de este caso se hace sin demasiada profundidad, que en un proyecto real de implantación sí que debería detallarse de forma más exhaustiva.

## **Conclusiones del caso**

Los negocios relacionados con el catering y restauración (sector Horeca) tienen que enfrentarse a problemáticas de gestión muy comunes de otros sectores, por una parte la actividad comercial que tiene la gestión de costes, la generación de presupuestos, los stocks, etc. y por otro lado tiene que enfrentarse a su propia actividad, la gestión del proceso de elaboración, la configuración de menús, los pedidos, los almacenes, el etiquetaje, los envases y distribución, y un control muy detallado de la trazabilidad. Con la propuesta de implantación de Internet de las Cosas, la gestión logística de la empresa se beneficiará de un control en tiempo real, algo muy importante en el transporte alimentario, el cual tiene unos riesgos muy elevados en caso de tener cualquier contratiempo. Hay que saber que se transportan productos perecederos en los que hay que mantener unas condiciones de temperaturas y humedad específicas para asegurarse la máxima calidad.

Como se puede comprobar, existen empresas que tienen y están desarrollando nuevas tecnologías para mejorar el rendimiento logístico, lo que permite tener una mayor competitividad gracias a las investigaciones que se llevan a cabo, tanto en las universidades, centros de investigación, como en las propias empresas con departamentos de I+D. Por fortuna hay algunas empresas del sector logístico que en sus páginas web tienen casos reales para disposición de los interesados (no todas tienen a la libre disposición estos casos), los cuales pueden ser de mucha ayuda en la guía a otras empresas para adoptar soluciones similares. Por decir algo en contra de estos casos, es que al ser excesivamente resumidos no aportan con demasiado detalle las implantaciones que toman.

Con los cinco casos que se exponen en el anexo, se demuestra que la implantación de la tecnología de Internet de las Cosas en la Cadena de Suministro es factible, si bien aún no totalmente al ser una tecnología en desarrollo y evolución, sí que se pueden implantar parcialmente algunas de las tecnologías que se exponen en este trabajo. Se ha tenido previamente que hacer una selección de los casos, porque si bien algunos no se ajustaban al ámbito de este proyecto, otros estaban excesivamente resumidos, los cuáles no aportaban la información necesaria.

## 9. Conclusiones

Las conclusiones de este proyecto muestran que el objetivo planteado al principio, que era mostrar los beneficios de Internet de las Cosas en el ámbito de la logística se ha demostrado factible, mostrando que las aplicaciones de esta tecnología proporcionan numerosas ventajas en toda la cadena de suministro, desde los primeros proveedores hasta el usuario final. Como recordatorio se van a volver a repetir las dos cuestiones que se indicaban en la introducción de este proyecto, que son:

- ¿Qué beneficios tiene la implantación de Internet de las Cosas en la Logística de la Cadena de Suministro?
- ¿Qué metodología emplear para alcanzar los beneficios de Internet de las Cosas?

Las respuestas de estas preguntas han marcado el trabajo de este proyecto, en el cual se ha llegado a extraer, que entre las principales mejoras investigadas del uso de esta tecnología son:

- **Mejora de la coordinación entre las empresas:** compartir información que sea relevante para la mejora logística, permite que entre las empresas que formen parte de la cadena de suministro operen con mayor eficacia.
- **Mejora de la gestión de stocks:** las empresas podrán solicitar stocks más ajustados, con lo que se minimizan o evitan los excesos de material con el ahorro de costes que supone.
- **Mejora de la toma de decisiones:** con el mayor flujo informativo entre empresas se podrán tomar mejores decisiones para ajustarse a la demanda, sobre todo si es una demanda muy volátil. El empleo de los sistemas inteligentes hace que dichas decisiones sean más precisas.
- **Mejora del seguimiento del transporte:** las empresas podrán visualizar en todo momento una ruta de transporte para poder determinar con mayor precisión la hora de llegada a su destino. Esto supone una ventaja muy importante en entornos de fabricación ajustada JIT (Just In Time), además en caso de surgir algún contratiempo en el transporte se podrá tomar una nueva ruta alternativa y ajustar el nuevo tiempo de llegada.
- **Mejora de la seguridad:** al conocer en todo momento el lugar exacto de las mercancías, en caso de robo o extravío se podrá localizar inmediatamente su posición.
- **Mejora de la percepción de los usuarios finales:** el usuario final, que es al que va dirigido el producto, podrá conocer también el lugar y tiempo del producto que ha comprado, y poder acordar una fecha y hora de la entrega, con lo que la satisfacción de dicho usuario será muy elevada.

Para la realización de este trabajo se ha tenido en cuenta los artículos científicos, los informes de las empresas relacionadas con Internet de las Cosas y la logística, las páginas web especializadas con el tema a tratar y, por último con los libros relacionados. Es necesario destacar la limitación en la información disponible por su novedad, al tratarse de una tecnología reciente.

Una prueba que demuestra que esta tecnología está en un claro ascenso, es el número de empresas del sector logístico que están implantando soluciones similares a las que se exponen en este trabajo, las cuales se pueden comprobar en los casos de estudio que dichas empresas muestran en sus respectivas páginas web, también es posible encontrar más casos similares en webs especializadas del sector y en los buscadores de artículos científicos. En este proyecto se han expuesto y analizado varios casos que muestran la gran utilidad que tiene Internet de las Cosas y el prometedor futuro que tiene.

Con este trabajo de investigación se ha demostrado que se están desarrollando herramientas, para que en un futuro la gestión de la cadena de suministro sea mejorada para beneficio de todos los usuarios. Sería deseable también que su implantación y expansión no tuviera barreras, bien legales, ya que habría que redactar nuevas leyes para permitir su difusión sin problemas, o bien de confiabilidad, para que las empresas vean que puede ser una ventaja competitiva la utilización de esta nueva herramienta.

Con la metodología de implantación propuesta de este proyecto se pretende dar una ayuda para que cualquier empresa pueda implantar Internet de las Cosas con menos dificultad. Así, una línea de trabajo futura sería la aplicación total de la metodología en una cadena de suministro, mejorando su gestión logística con Internet de las Cosas.

## 10. Anexo

### 10.1 Tabla de búsquedas

Si se hace un análisis más detallado de la búsqueda se obtienen los siguientes resultados (Tabla 24 y Tabla 25):

- Google Scholar y Scopus

<b>Google Scholar</b>	<b>Internet of things AND logistics</b>		<b>Scopus</b>	<b>Internet of things AND logistics</b>
Años			Años	
2015	2		2015	1
2014	3		2014	21
2013	8		2013	21
2012	17		2012	15
2011	16		2011	26
Total	46		Total	84
Opciones	Sólo título		Opciones	Sólo título
<b>Google Scholar</b>	<b>Internet of things AND supply chain</b>		<b>Scopus</b>	<b>Internet of things AND supply chain</b>
Años			Años	
2015	2		2015	4
2014	4		2014	10
2013	3		2013	11
2012	3		2012	7
2011	4		2011	7
Total	16		Total	39
Opciones	Sólo título		Opciones	Sólo título
<b>Google Scholar</b>	<b>lot AND logistics</b>		<b>Scopus</b>	<b>lot AND logistics</b>
Años			Años	
2015	2		2015	4
2014	4		2014	7
2013	5		2013	4
2012	10		2012	7
2011	5		2011	4
Total	26		Total	26
Opciones	Sólo título		Opciones	Sólo título



<b>Google Scholar</b>	<b>lot AND supply chain</b>		<b>Scopus</b>	<b>lot AND supply chain</b>
Años			Años	
2015	2		2015	2
2014	2		2014	5
2013	0		2013	3
2012	0		2012	3
2011	2		2011	4
Total	6		Total	17
Opciones	Sólo título		Opciones	Sólo título
<b>Google Scholar</b>	<b>Physical internet</b>		<b>Scopus</b>	<b>Physical internet</b>
Años			Años	
2015	49		2015	20
2014	63		2014	25
2013	73		2013	23
2012	75		2012	32
2011	50		2011	15
Total	310		Total	115
Opciones	Sólo título		Opciones	Sólo título
<b>Google Scholar</b>	<b>Industry 4.0</b>		<b>Scopus</b>	<b>Industry 4.0</b>
Años			Años	
2015	48		2015	26
2014	35		2014	38
2013	15		2013	18
2012	5		2012	1
2011	0		2011	0
Total	103		Total	83
Opciones	Sólo título		Opciones	Sólo título
<b>Google Scholar</b>	<b>Implementation AND process AND supply</b>		<b>Scopus</b>	<b>Implementation AND process AND supply</b>
Años			Años	
2015	2		2015	0
2014	0		2014	3
2013	0		2013	0
2012	2		2012	1
2011	4		2011	5
Total	8		Total	9
Opciones	Sólo título		Opciones	Sólo título

<b>Google Scholar</b>	<b>Implementation AND reengineering</b>		<b>Scopus</b>	<b>Implementation AND reengineering</b>
Años			Años	
2015	2		2015	0
2014	3		2014	6
2013	3		2013	1
2012	6		2012	3
2011	3		2011	2
Total	17		Total	12
Opciones	Sólo título		Opciones	Sólo título
<b>Google Scholar</b>	<b>Methodology AND project management</b>		<b>Scopus</b>	<b>Methodology AND project management</b>
Años			Años	
2015	8		2015	6
2014	7		2014	11
2013	10		2013	16
2012	8		2012	13
2011	13		2011	18
Total	46		Total	64
Opciones	Sólo título		Opciones	Sólo título

Tabla 24. Búsquedas detalladas con Google Scholar y Scopus

- Science Direct y IEEE Xplore

<b>Science Direct</b>	<b>Internet of things AND logistics</b>		<b>IEEE Xplore</b>	<b>Internet of things AND logistics</b>
Años			Años	
2015	7		2015	11
2014	3		2014	33
2013	6		2013	29
2012	4		2012	37
2011	1		2011	42
Total	21		Total	152
Opciones	Título-abstract-keywords		Opciones	Metadata
<b>Science Direct</b>	<b>Internet of things AND supply chain</b>		<b>IEEE Xplore</b>	<b>Internet of things AND supply chain</b>
Años			Años	
2015	12		2015	10
2014	2		2014	26
2013	2		2013	18
2012	2		2012	18
2011	0		2011	28
Total	18		Total	100
Opciones	Título-abstract-keywords		Opciones	Metadata

<b>Science Direct</b>	<b>lot AND logistics</b>		<b>IEEE Xplore</b>	<b>lot AND logistics</b>
Años			Años	
2015	5		2015	7
2014	1		2014	20
2013	3		2013	11
2012	2		2012	22
2011	0		2011	17
Total	11		Total	77
Opciones	Título-abstract-keywords		Opciones	Metadata
<b>Science Direct</b>	<b>lot AND supply chain</b>		<b>IEEE Xplore</b>	<b>lot AND supply chain</b>
Años			Años	
2015	7		2015	11
2014	0		2014	17
2013	2		2013	5
2012	1		2012	10
2011	0		2011	14
Total	10		Total	57
Opciones	Título-abstract-keywords		Opciones	Metadata
<b>Science Direct</b>	<b>Physical internet</b>		<b>IEEE Xplore</b>	<b>Physical internet</b>
Años			Años	
2015	9		2015	5
2014	5		2014	5
2013	2		2013	4
2012	2		2012	7
2011	3		2011	3
Total	21		Total	24
Opciones	Sólo título		Opciones	Sólo título
<b>Science Direct</b>	<b>Industry 4.0</b>		<b>IEEE Xplore</b>	<b>Industry 4.0</b>
Años			Años	
2015	16		2015	2
2014	11		2014	8
2013	6		2013	0
2012	6		2012	0
2011	2		2011	0
Total	41		Total	10
Opciones	Solo título		Opciones	Sólo título

<b>Science Direct</b>	<b>Implementation AND process AND supply</b>		<b>IEEE Xplore</b>	<b>Implementation AND process AND supply</b>
Años			Años	
2015	0		2015	0
2014	2		2014	0
2013	0		2013	0
2012	1		2012	0
2011	0		2011	1
Total	3		Total	1
Opciones	Sólo título		Opciones	Solo título
<b>Science Direct</b>	<b>Implementation AND reengineering</b>		<b>IEEE Xplore</b>	<b>Implementation AND reengineering</b>
Años			Años	
2015	14		2015	0
2014	6		2014	0
2013	9		2013	0
2012	7		2012	0
2011	9		2011	1
Total	45		Total	1
Opciones	Título-abstract-keywords		Opciones	Sólo título
<b>Science Direct</b>	<b>Methodology AND project management</b>		<b>IEEE Xplore</b>	<b>Methodology AND project management</b>
Años			Años	
2015	2		2015	0
2014	3		2014	2
2013	1		2013	1
2012	0		2012	3
2011	1		2011	7
Total	7		Total	13
Opciones	Sólo título		Opciones	Sólo título

Tabla 25. Búsquedas detalladas con Science Direct y IEEE Xplore

## 10.2 Casos reales de implantación

### Caso Guizhou Kaifeng

Extraído de: (Jingbo & Jie, 2011)

Guizhou Kaifeng ha aplicado el sistema MES (Manufacturing Executive System) de seguimiento de la producción en su proceso de fabricación, creando un sistema de seguimiento con una plataforma completa de datos. Entre las principales funciones del sistema MES incluyen el establecimiento de procesos, el control de procesos de producción, el seguimiento de productos, la planificación de montaje, la generación de informes, la gestión de fallos y la gestión de los directivos de la planta, además, se puede gestionar a un trabajador específico a través de la codificación personal, evitando la mezcla de lotes y materiales, así como la eliminación de cargas erróneas.

En un futuro próximo, Guizhou Kaifeng tiene planificado implantar la tecnología de Internet de las Cosas para mejorar la eficacia y la eficiencia, para el éxito de la implantación se centran en varios aspectos.

- La utilización de la tecnología RFID, ya que actualmente Kaifeng utiliza códigos de barras para rastrear la información del producto, los cuales se pueden dañar fácilmente y no se pueden conectar a Internet para enviar la información del producto, limitando el desarrollo de la empresa.
- El segundo aspecto es la relación con otros miembros de la cadena de suministro, incluyendo los clientes y proveedores. Se necesita construir una relación más estrecha para mejorar la rapidez y cooperación del intercambio de información. Actualmente se intercambian la información solamente por teléfono y correo electrónico, siendo un sistema bastante ineficiente.
- El tercer aspecto es también un objetivo de desarrollo de Kaifeng que se desarrollará en los próximos años, planeando adoptar un sistema de automatización de los departamentos para estar integrados con su sistema MES, de este modo la planificación de la producción se transfiere automáticamente.
- El cuarto y último aspecto pero no menos importante es la recopilación de los datos de transporte, utilizando el sistema de posición y visualización por GPS, siendo útil para realizar un seguimiento del proceso de transporte a través de Internet y hacer la recopilación de los datos en tiempo real.

### Internet de las Cosas

La actual plataforma de información hace referencia al proceso de fabricación y la comunicación electrónica entre proveedor, cliente y otros departamentos internos que no están integrados. Para tener una comunicación eficaz, la empresa debe ampliar el alcance de la plataforma de información, así como construir una red de información eficiente.

Para ampliar el ámbito de comunicación, la plataforma de información se construye sobre la base de todas las actividades, desde la compra hasta la venta, en la cadena de suministro. Si la plataforma de información cubre todas estas secciones, la empresa reduce el tiempo de transmisión de la información y aumenta la utilización de los recursos compartidos. La plataforma integrada de información se muestra en la Ilustración 51.

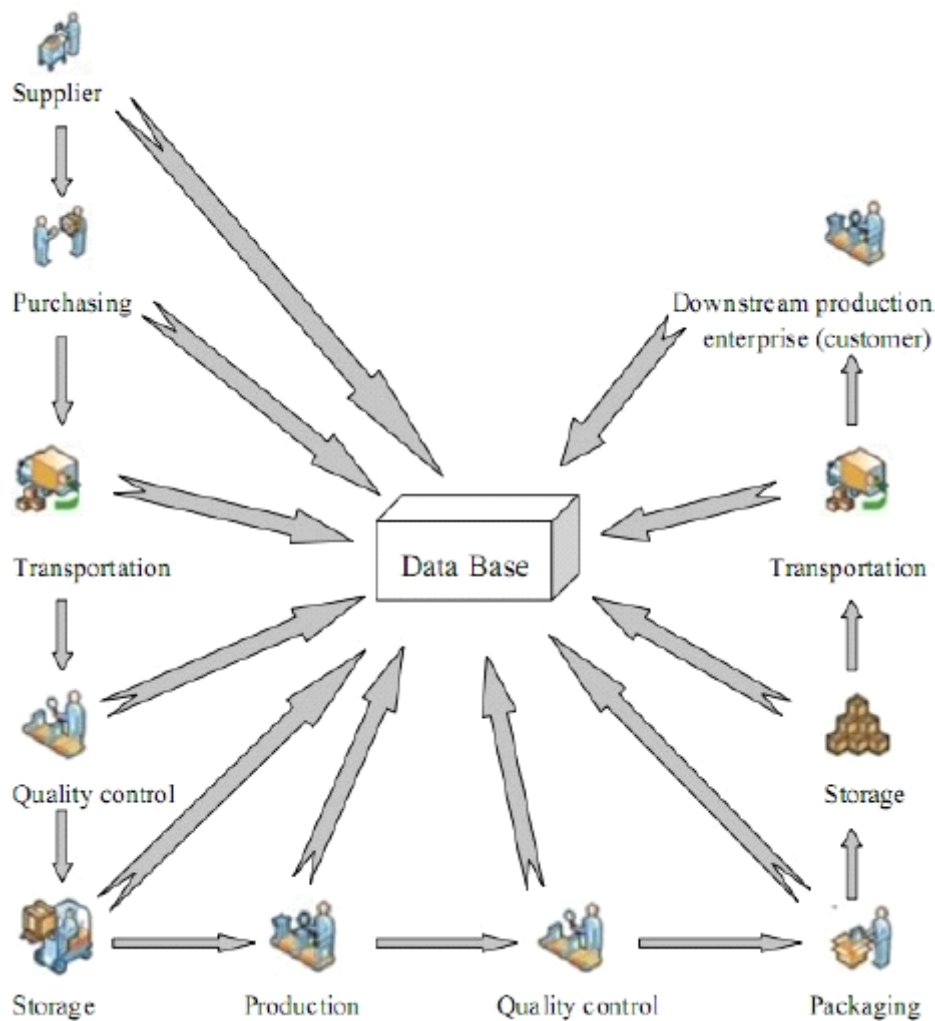


Ilustración 51. Esquema funcionamiento Guizhou. Fuente: (Jingbo & Jie, 2011)

Con el sistema MES se integran otros sistemas como el ERP y SCM, utilizando los datos adquiridos para apoyar la integración de otros sistemas con el fin de satisfacer los requisitos de Internet de las Cosas. Para alcanzar la comunicación altamente eficiente en la empresa, Guizhou Kaifeng puede utilizar IoT como una red de información.

## **Tecnología RFID**

El RFID tiene muchas ventajas respecto el código de barras, entre las que se encuentran:

- El RFID puede leer en grupos, el código de barras no puede, con lo que reduce el tiempo de escaneo durante el almacenamiento y transporte.
- La distancia de lectura de RFID tiene más alcance que el código de barras.
- El almacenamiento de información de RFID es mayor que el código de barras y evita el riesgo de errores en la información.
- El RFID no se ensucia fácilmente porque el chip está protegido y el código de barras se ensucia con facilidad.

El mayor problema del RFID es que es más costoso que el código de barras si se reemplazan con RFID, por este motivo desde la perspectiva de la economía, el RFID se puede utilizar de dos maneras; uno, para el producto acabado, y el otro es para la identificación de los trabajadores, de modo que cuando un operario opera con una máquina, el RFID puede leer la identificación del trabajador.

## **Monitorización**

Con la monitorización se puede saber fácilmente la posición de un vehículo con tecnologías como el GPS, RFID, visualizando la información. Por ejemplo, los datos de la posición de un coche por GPS se muestran con la ayuda de un ordenador en forma de un mapa dinámico en lugar de una dirección o de las coordenadas. Con un mapa se reconoce la ubicación del vehículo de una manera más clara y fácil.

## **Modelos de simulación**

La simulación incluye todos los eslabones de la cadena de suministro y su rendimiento, ayudando a los administradores supervisar y controlar todo el proceso, realizando un seguimiento de las mercancías, proporcionando la información de una manera más clara y directa. Con la simulación se puede saber con antelación las mejores gestiones que se deben de hacer en la cadena de suministro sin tener que utilizar los medios reales, con lo que el ahorro de costes es bastante importante.

## **GPS**

Con la utilización del GPS se puede saber la posición de determinado vehículo, que es presentada en un mapa con su respectiva lista de productos que se mostrarán al mismo tiempo. También se presenta otra información, como el punto de partida, el destino, la duración y los tiempos de descansos.

### Visión de la máquina

Como Guizhou Kaifeng es una empresa de fabricación, su producción es una de las actividades más importantes en toda la cadena de suministro. La visión de la máquina es una herramienta analítica útil para controlar el proceso de fabricación. Esta técnica obtiene la información en forma gráfica y puede hacer modelos en 3D, por lo que los empleados en la fabricación pueden supervisar y controlar el proceso. Si la visión de la máquina se utiliza en la sección de producción, se puede saber a tiempo los componentes sin calificación. Cuando aparece un componente no calificado, la línea de producción de este componente se detiene hasta que se encuentren las causas. De esta manera el funcionamiento del proceso evita el exceso de desechos.

### Modelo de arquitectura

Con el uso de GPS, RFID y código de barras, el sistema puede gestionar los datos en un modelo simulado de la cadena de suministro, monitorizando el transporte y la producción. De esta manera, la empresa puede utilizar estas aplicaciones para controlar el proceso de una manera más clara y comprensible. La arquitectura se muestra en la Ilustración 52.

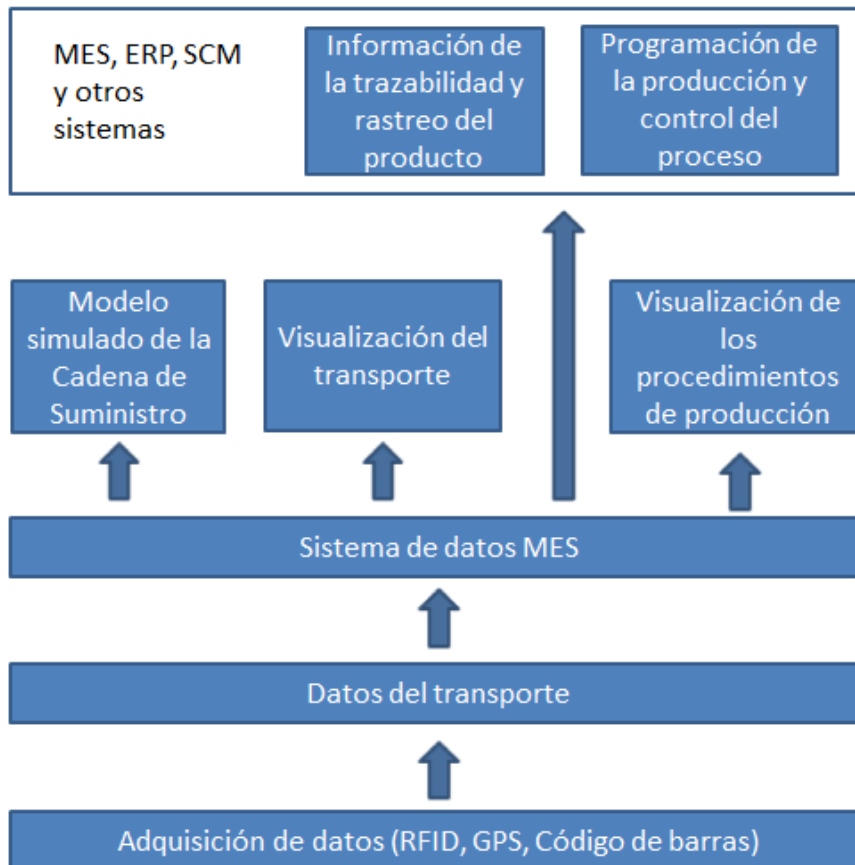


Ilustración 52. Arquitectura MES. Fuente: (Jingbo & Jie, 2011)



### Preparación para alcanzar la monitorización en Internet de las Cosas

Internet de las Cosas es una red compleja, así como una plataforma de información. El uso de técnicas de monitorización ayuda a gestionar y controlar la cadena de producción y suministro de una manera más directa y fácil. Las necesidades técnicas se resumen en la Tabla 26.

Técnicas	Aplicación
Código de barras	Adquisición de la información
RFID	Adquisición de la información
GPS	Adquisición de la posición de un vehículo
Sensores	Adquisición de la información por RFID y la transmite a la base de datos
Visión de la máquina	Controla y monitoriza la calidad de los productos
Informática	Gestiona el sistema y las aplicaciones
Servidores	Recibe y almacena la información

Tabla 26. Necesidades técnicas. Fuente: (Jingbo & Jie, 2011)

La implantación de IoT tiene que ser capaz de gestionar y analizar los datos adquiridos, que previamente han sido transferidos desde los lugares específicos de detección (sensores, GPS, etc...), y han sido almacenados en servidores. La normalización en el uso de la IoT y cómo proteger la privacidad también son aspectos de mucha importancia para construir un sistema fiable. La estandarización hace que las barreras de entrada de nuevas empresas sean menores, o incluso se eliminen, garantizando la exactitud de la transferencia de información para evitar errores de diferentes productos.

Debido a que Internet de las Cosas es una tecnología emergente, no ha sido todavía ampliamente utilizada, por este motivo si una empresa quiere construir un sistema IoT debe prepararse bien y tomar un riesgo. IoT requiere que la información sea compartida entre proveedor, fabricante y el cliente, estando en la cadena una gran cantidad de actores involucrados. Un problema importante es cómo convencer a los actores involucrados para que compartan la información, puesto que es el primer paso significativo para construir el sistema de IoT.

## Caso de Logística Ferroviaria

Extraído de: (Guo et al., 2012)

### La composición y principios del sistema

El sistema de identificación inteligente se utiliza para rastrear, gestionar y controlar en tiempo real diversos aspectos de la logística de ferrocarril, siendo un sistema completo con combinación de hardware y software que usa el ordenador como elemento principal.

El sistema está diseñado para la recopilación, transmisión, procesamiento e intercambio de información, conectando las estaciones de servicio con la plataforma, gestionando la información con el fin de seguir y controlar las mercancías. El sistema consta de etiquetas electrónicas, lectores, lectores de mano, repetidores, receptores, dispositivos regrabables de etiquetas y de los canales de transmisión de datos, como se muestra en la Ilustración 53.

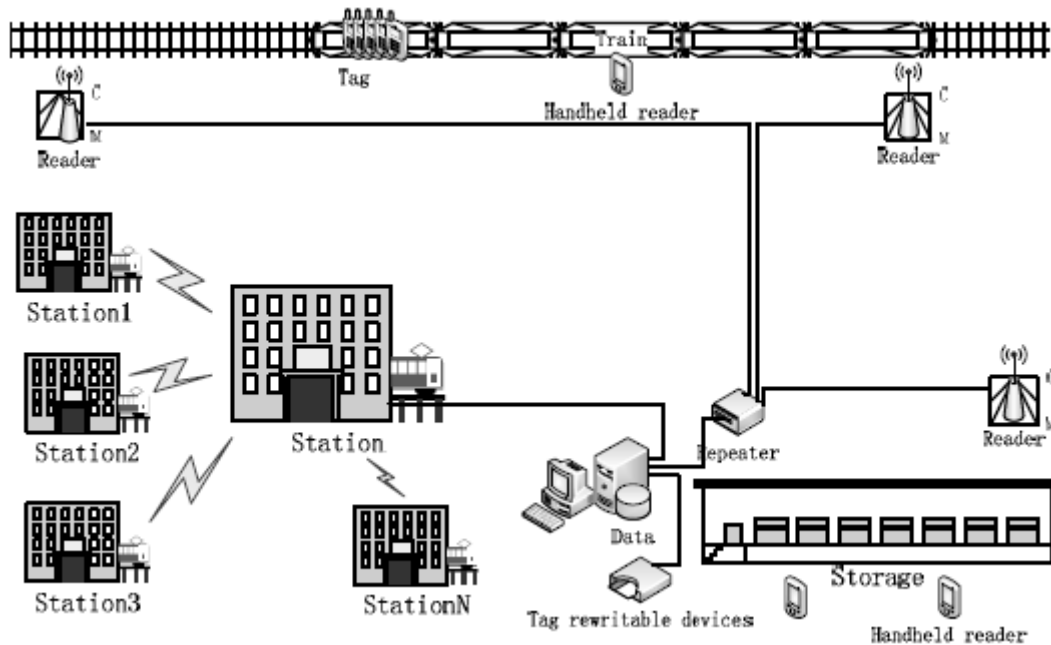


Ilustración 53. Sistema ferroviario. Fuente: (Guo et al., 2012)

La señal inalámbrica es recibida por el lector que se envía por medio de las etiquetas, luego se envía al ordenador central desde el repetidor. El ordenador central recibe la señal codificada de las mercancías procedentes de estos lectores, creando varios documentos de análisis de manera que los administradores puedan acceder a una variedad de información. Con el fin de garantizar la exactitud y fiabilidad de la información.

## Componentes del sistema

- **Etiquetas.** Las etiquetas electrónicas identifican las mercancías, las cuales tienen su propio código.
- **Lectores.** El lector adquiere la información de los datos, el cual puede ser instalado en la zona de importación o exportación de la estación de tren, el cruce de trenes, el almacén de carga y otros lugares. Se inspecciona en tiempo real las etiquetas de las mercancías, enviando después la información para su análisis de forma inalámbrica.
- **Lectores portátiles.** La función del lector de mano es similar al lector, pero el primero además de que es portátil, el lector de mano tiene las funciones de corto alcance en las comunicaciones inalámbricas, tiene mayor capacidad de almacenamiento de datos, la transmisión de datos es unificada, y transmite de forma inalámbrica los datos.
- **Repetidor.** El repetidor es un dispositivo microcontrolador que funciona como el centro de análisis. Entre sus funciones están el reconocimiento para la adquisición y análisis de datos y la transmisión de la información codificada.
- **Etiquetas regrabables.** Las etiquetas regrabables están instaladas en el área de distribución de la etiqueta de mercancías, utilizándose para representar la información no numérica de las mercancías transportadas.
- **Canal de transmisión de la información.** El canal de transmisión de la información toma las formas de control del bus CAN y el modo de Internet en el sistema de identificación inteligente del transporte por ferrocarril por medio de IoT.
- **Software de gestión logística.** El software debe satisfacer las necesidades de gestión de la información de la logística del ferrocarril.

Con la adopción de la tecnología de Internet de las Cosas el sistema de identificación de la plataforma logística de ferrocarril ofrece una solución para el diseño e implementación de la plataforma de información logística del ferrocarril.

## **Caso Intel**

Extraído de: (Intel, 2015)

Los sensores en los vehículos recogen los datos sobre varios parámetros, entre los que están, la presión de los neumáticos, la presión hidráulica, y otras partes que se envían a la nube para procesarlos. Con la implementación de esta solución los gestores de flotas pueden reducir los costes asociados al mantenimiento, mientras que se dedican con mayor tiempo al control de la programación y el inventario.

Cualquier organización con una flota de vehículos sabe de la importancia de las operaciones diarias para hacer buen mantenimiento, de este modo los vehículos estarán siempre plenamente operativos, con los que la productividad aumenta. Hay otros factores a tener en cuenta, los cuales no son tan importantes pero que también afectan a la productividad, estos factores son, la reducción del rendimiento del vehículo debido a la baja presión de los neumáticos, provocando un aumento del consumo de combustible y una reducción acelerada de la vida útil del neumático.

Mediante la instalación de sensores en los vehículos, los equipos de mantenimiento pueden tener información útil que ayuda a predecir averías de los componentes en una gran flota de vehículos. Sin embargo, el análisis y la gestión de este volumen masivo de datos son abrumadores, ya que tienen que transmitir una gran cantidad de información a la nube, siendo un trabajo costoso y engorroso.

El análisis predictivo ayuda a las empresas a competir con menores costes. Por ejemplo, un camión de puede recoger datos de una variedad de fuentes:

- Cámara frontal y trasera
- Monitor de presión de los neumáticos
- Hidráulica
- Motor
- Lector de RFID

Los datos de estas fuentes se pueden analizar en tiempo real para alertar a los conductores de los fallos inminentes, de este modo se puede solucionar a tiempo un mal que podría ser mayor en el vehículo.

Predixion Insight es un software de análisis avanzado que puede ejecutarse en los dispositivos, en las puertas de enlace, y en la nube. Utiliza datos en tiempo real para informar a los gestores de flotas de las partes de un vehículo que son propensos a fallar, posiblemente incluso semanas antes de que ocurra el fallo. Este software permite reducir los costes generales de mantenimiento mediante la optimización de la planificación, la utilización más eficiente del personal técnico, y la garantía de que las piezas requeridas están disponibles con el pedido automatizado y la gestión de inventario. A largo plazo, el mantenimiento predictivo puede extender la vida útil del vehículo. Predixion Insight está basado en la nube, pero no es dependiente de la nube.

El software se integra con la plataforma de acceso de IoT de Intel y es gestionado de forma centralizada por la nube Helix Wind River para procesar los datos. Las principales partes de este sistema son las siguientes.

**Predixion Insight.** Analiza los datos en tiempo real usando un modelo predictivo que busca patrones de fallos. Debido a que el modelo predictivo se puede implementar en la plataforma de puerta de acceso de IoT de Intel, el vehículo se puede comunicar con la tablet del conductor, alertando al conductor de posibles problemas y soluciones recomendadas.

**Puertas de acceso IoT de Intel.** Los sensores adquieren los datos y los envían a las puertas de acceso de IoT de Intel.

**Helix Wind River (Cloud Computing).** Con esta plataforma los dispositivos pueden conectarse de forma segura a la infraestructura de red de una organización. El dispositivo Helix Wind River gestiona y procesa los datos, ofreciendo una solución de análisis predictivo.

Cuando se implementa en conjunto las puertas de acceso de IoT de Intel y Predixion Insight con la nube Helix Wind River ofrece una solución de mantenimiento predictivo, proporcionando un panel de control en tiempo real que alerta a los usuarios de los fallos inminentes, ofreciendo acciones recomendadas en caso de fallos. En la Ilustración 54 se muestra el diagrama del sistema de Predixion Insight.

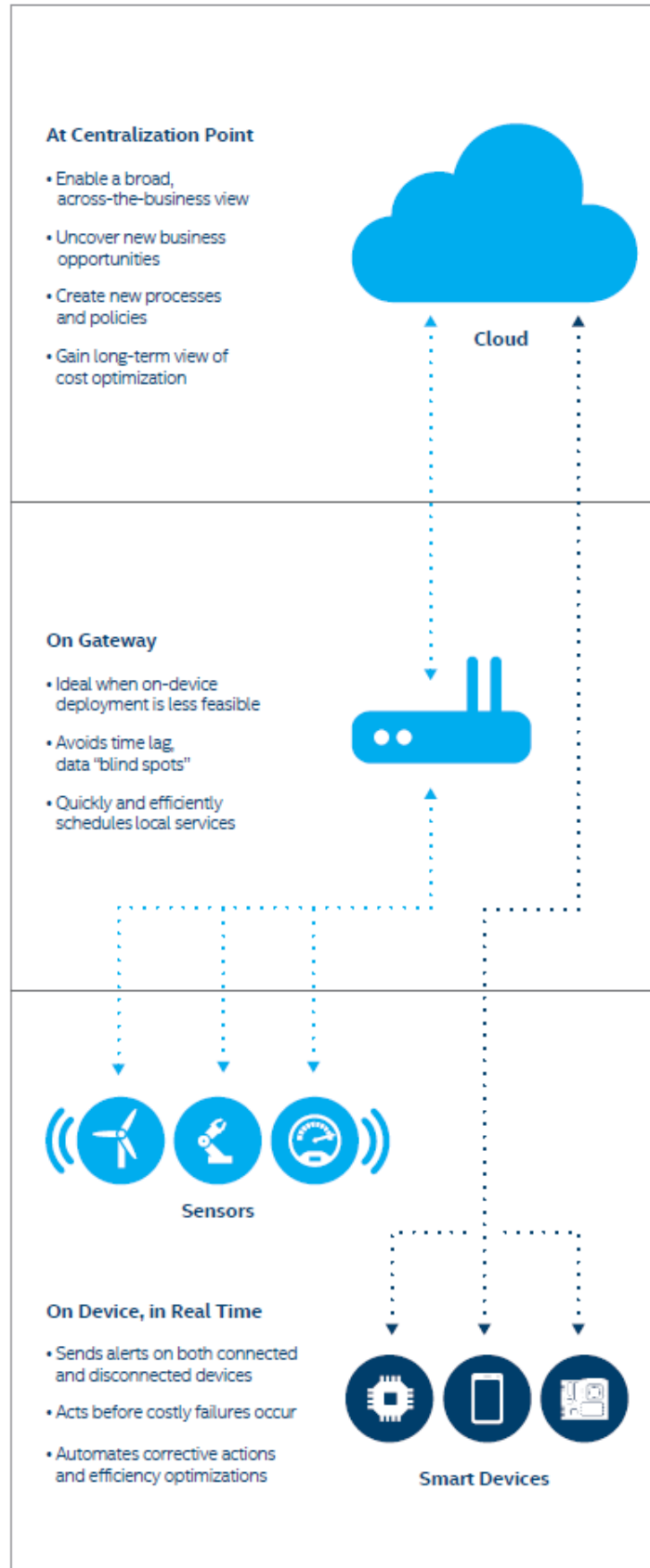


Ilustración 54. Sistema Predixion-Intel. Fuente: (Intel, 2015)

## **Caso Tahona Goyesca**

Extraído de: (Libelium, 2015)

Para controlar la temperatura y hacer más eficiente la entrega de la flota de vehículos frigoríficos de Tahona Goyesca, Libelium ha diseñado una solución de seguimiento inteligente utilizando Waspnote Plug & Sense y la puerta de acceso MeshLium.

La oficina central traza las rutas para cada una de las furgonetas de reparto. La panadería ofrece tartas, pasteles y productos de pan fresco a los comercios minoristas, restaurantes y eventos de catering (Ilustración 55).



Ilustración 55. Tienda Tahona Goyesca

Con el sistema de red de sensores inalámbricos (WSN), la temperatura y la posición de cada vehículo se pueden monitorizar en tiempo real de forma remota a través de un PC, teléfono inteligente, tableta, con conexión a Internet (Ilustración 56).



Ilustración 56. Monitorización de la flota. Fuente: (Libelium, 2015)

### Los sensores y puerta de acceso inalámbrica

La solución tecnológica consiste en un sensor Wasmote Plug & Sense instalado en cada vehículo de la flota y un nodo central (la puerta de acceso inalámbrica) llamado MeshLium.

Los componentes principales de cada sensor Plug & Sense son, el sensor de temperatura, una antena GPS, una antena 3G, un cargador de batería del coche y el rastreador Wasmote Plug & Sense (Ilustración 57).



### Wasmote Plug & Sense! Tracker



Ilustración 57. Wasmote Plug and Sense. Fuente: (Libelium, 2015)

Los sensores controlan la temperatura en la cámara de refrigeración del vehículo y transmiten los datos a MeshLium usando la red móvil 3G. La posición del vehículo se obtiene de la antena GPS, transmitiendo la información a través de la señal 3G. Los niveles de las baterías de los sensores se transmiten también por la señal 3G (Ilustración 58).



Ilustración 58. Instalación en el coche 1. Fuente: (Libelium, 2015)

Durante entregas diarias el sensor carga su batería directamente desde la batería del vehículo a través de la toma del encendedor de la furgoneta. El sensor tiene una batería con una capacidad de 6600mAh y transmite los datos incluso cuando el vehículo está apagado (Ilustración 59).



Ilustración 59. Instalación en coche 2. Fuente: (Libelium, 2015)

### Creación de redes con MeshLium

MeshLium tiene módulos de comunicación inalámbricos, así como Ethernet. Se recibe la información de los sensores, que se analiza y se almacena en su base de datos interna. Con la interfaz de la web de MeshLium, el personal puede comprobar la información del estado del pedido y los datos de cada vehículo con sólo introducir una dirección IP en un navegador, en la que los conductores también pueden recibir alertas.

### La solución de Libelium incluye hardware y software

Cada sensor está programado, configurado y probado en los laboratorios de Libelium, por lo que una vez colocado en el vehículo se puede poner en marcha. La solución permite que los sensores utilicen el modo en reposo, de manera que en cada actualización se vuelve a activar el sensor, actualizando su posición y la temperatura, volviendo a quedar de nuevo en reposo. Para Tahona Goyesca, el tiempo óptimo entre las muestras es de tres minutos, equilibrando adecuadamente el consumo de energía. Cada sensor se sincroniza con la temperatura de la cámara, la posición del vehículo, el nivel restante de batería y la potencia de la señal 3G.

Los camiones de reparto Tahona Goyesca se mueven desde las 5:00 hasta las 13:00 horas todos los días, por lo que los sensores monitorizan la flota durante ese período, permaneciendo en reposo el resto del día. En ausencia de cobertura 2G o 3G, los datos se almacenan en la memoria y se transmiten tan pronto como se reanude la cobertura.

Una aplicación específica de MeshLium para visualizar los datos, consiste en saber la ruta de cada vehículo con su tiempo de comienzo y finalización, de este modo se puede hacer un seguimiento del vehículo y hacer los reportes de los informes, permitiendo ser vistos como un mapa o en una lista.

En vista de mapa de la trayectoria del vehículo se superpone a una interfaz de mapas de Google. Cada muestra de datos está representada por un punto que muestra la fecha, hora y temperatura (Ilustración 60).

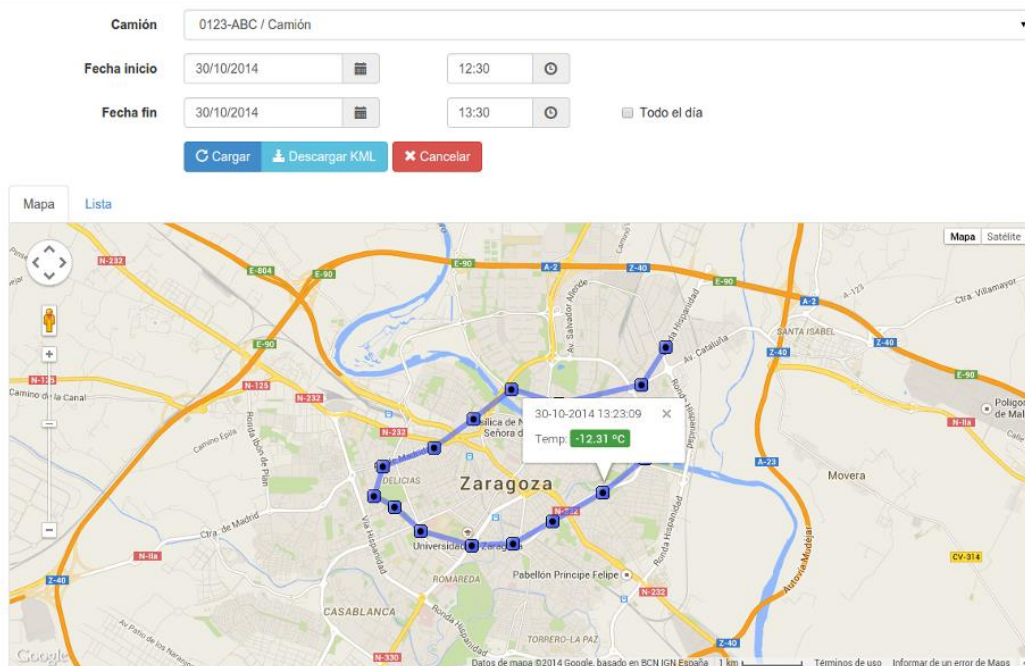


Ilustración 60. Interfaz de rastreo. Fuente: (Libelium, 2015)

La lista de datos muestra una tabla con información de la fecha, tiempo, coordenadas y temperatura (Ilustración 61).

Índice	Fecha y Hora	Coordenada X	Coordenada Y	Temperatura
1	30-10-2014 12:44:09	41.660240	-0.863158	4.63 °C
2	30-10-2014 12:47:09	41.662964	-0.863158	2.95 °C
3	30-10-2014 12:50:09	41.660210	-0.878962	0.24 °C
4	30-10-2014 12:53:09	41.662224	-0.887982	-1.89 °C
5	30-10-2014 12:56:09	41.658096	-0.895135	-3.14 °C
6	30-10-2014 12:59:09	41.653992	-0.902798	-5.36 °C
7	30-10-2014 13:02:09	41.651215	-0.912498	-5.32 °C
8	30-10-2014 13:05:09	41.647034	-0.914260	-5.91 °C
9	30-10-2014 13:08:09	41.645503	-0.910334	-2.43 °C
10	30-10-2014 13:11:09	41.641997	-0.905389	-1.63 °C
11	30-10-2014 13:14:09	41.639960	-0.895610	-3.89 °C
12	30-10-2014 13:17:09	41.640204	-0.887691	-5.23 °C
13	30-10-2014 13:20:09	41.643466	-0.880179	-9.53 °C
14	30-10-2014 13:23:09	41.647576	-0.870415	-12.31 °C

Ilustración 61. Lista de datos. Fuente: (Libelium, 2015)

### Monitorización en tiempo real

El uso de la tecnología móvil para la transmisión de datos permite que los datos se almacenen, accediendo a los mismos a través de la puerta de acceso MeshLium, con lo que se pueden comprobar las mediciones de temperatura junto con la posición de los vehículos en tiempo real.

La solución ofrecida a Tahona Goyesca es aplicable a cualquier empresa de transporte o logística que requiera la monitorización de la temperatura y la posición de su flota de vehículos. El único requisito es instalar un sensor Plug & Sense en cualquier vehículo, para que la empresa pueda supervisar la posición y la temperatura, disponiendo de una puerta de acceso MeshLium para poder tener acceso a través de Internet.

*"Los pasteles son uno de los productos más delicados en el transporte. Mediante el control de sus condiciones en tiempo real podemos detectar cualquier fallo o retraso en el sistema de suministro y poder actuar antes de que las tortas se estropeen ", Laura Lumbreras, Directora de Servicio al Cliente de Tahona Goyesca.*

*"Tahona Goyesca opera con su propia flota de camiones refrigerados y es una de las principales panaderías en utilizar la tecnología de detección y seguimiento, ofreciendo a sus clientes una distribución eficiente de los alimentos", David Gascón, Libelium CTO.*

### **Integración del ERP y los socios de Cloud Computing**

En este proyecto los datos se visualizan en una interfaz web, almacenando los datos en una base de datos externa, sincronizando MeshLium con una plataforma de gestión de la empresa o ERP.

La solución de seguimiento inteligente de Libelium permite la exportación de datos en diferentes formatos, como el formato KML para la visualización de una herramienta como Google Earth, o en formato CSV para seguir trabajando en hojas de cálculo de Excel. Para integrarse con un ERP, los datos pueden ser insertados mediante un sistema de SQL, ya sea trabajando directamente con la base de datos o a través de servidores web XML o archivos JSON.

La tecnología de Libelium se integra con las plataformas de nube como Axeda, Sentilo, Thingworx, Esri, y con la plataforma de soluciones de la nube de Telefónica, el proveedor de banda ancha y de telecomunicaciones.

## Caso Puerto de Hamburgo

Extraído de: (Ferreti & Schiavone, 2016)

El puerto de Hamburgo está viviendo una fase de transición hacia la tecnología de Internet de las Cosas desde el año 2011, cuando 300 sensores fueron instalados por la Autoridad Portuaria a fin de supervisar, controlar, gestionar y mejorar la eficiencia del tráfico. El objetivo de la HPA (Autoridad Portuaria del Puerto de Hamburgo) es transformar este puerto en un puerto inteligente basado en tres pilares fundamentales:

- Las infraestructuras
- Los flujos de tráfico
- Los flujos comerciales

Las infraestructuras inteligentes implican la adopción y la explotación de tecnologías tales como, Bluetooth o WLAN, Cloud Computing, dispositivos móviles, etc. Los flujos de tráfico deben ser gestionados a través de un centro intermodal capaz de procesar la información, e integrar los distintos modos de transporte sobre las vías marítimas, ferroviarias y por carretera.

Los componentes principales de IoT en el puerto son:

- **El personal:** Los conductores, funcionarios del puerto y personal de los buques.
- **Los datos:** La información sobre las condiciones del tráfico, el peso de los vehículos, el uso de puentes móviles o levadizos, la posición de los barcos, los niveles y mediciones de CO2 del agua.
- **Las infraestructuras:** Las carreteras, puentes, vías férreas, túneles, canales, plazas de aparcamiento e iluminación;
- **Los procesos:** El cálculo del tráfico de puentes y carreteras se utiliza para mejorar la gestión, proporcionando sugerencias a los conductores cambiando sus rutas en función de los flujos de tráfico, de este modo se mejora la eficiencia de la transferencia de las cargas de los buques a los vehículos, reduciendo la congestión del tráfico, vigilando los niveles de agua para prevenir a tiempo de las posibles inundaciones, y gestionar y monitorizar el consumo de energía y los recursos que se encargan de los residuos del puerto.

## Funcionamiento

El sistema de gestión del tráfico se conecta con los puentes móviles del puerto a través de los sensores, de modo que cuando llega un barco el puente se abre y el tráfico por carretera se desvía hacia otra ruta. Para controlar eficazmente todos los flujos de tráfico, los sensores de la carretera están conectados a través de una red IP. Los datos se transmiten al centro "Port Road Center", el cual gestiona el tráfico rodado en el puerto, que hace un análisis para determinar la velocidad del tráfico, la congestión y cualquier problema importante que surja. Este sistema es útil para monitorizar y controlar el tráfico en carreteras y puentes móviles. El sistema también calcula el peso de los vehículos con el fin de establecer el volumen de tráfico en los 140 puentes disponibles en el puerto.

Este sistema permite una mejor integración con los clientes, reduciendo los contactos directos e intercambios de información, haciendo más fácil y rápida la toma de decisiones, de hecho, una vez que la información se distribuye desde el puerto de Hamburgo a los usuarios, estos pueden elegir rápidamente el modo de transporte más eficiente para sus mercancías. Con ello ayuda a mejorar los procesos y ofrece a las compañías navieras mejores servicios. Por esta razón, el primer paso es el desarrollo de una infraestructura de red IP interna.

Entre los procesos que tiene que gestionar las tecnologías IoT están los siguientes:

- La gestión vial del puerto
- El mantenimiento inteligente
- Las rutas inteligente
- La monitorización del puerto
- La gestión de las plazas de estacionamiento

Las tecnologías IoT utilizadas para la explotación del puerto marítimo son las siguientes: Bluetooth, sensores inteligentes, puntos de acceso WLAN o, Cloud Computing o Nube, telefonía móvil, y Big Data. El uso efectivo de estas tecnologías requiere el continuo desarrollo y mejora de las infraestructuras TIC del puerto. Por ejemplo, se utiliza el Cloud Computing para la gestión de los grandes volúmenes de datos que genera el tráfico portuario, necesitando sistemas TIC con anchos de banda elevados para poder transmitir los datos y ofrecer una capacidad de almacenamiento muy elevada.

El análisis en el sistema Cloud Computing se encarga de:

- Controlar los flujos de camiones en la carretera
- Calcular el volumen de tráfico del puerto
- Comunicar la información a las partes interesadas del puerto con el fin de optimizar los flujos de mercancías

## 11. Referencias

- AEC. (2016). Diagrama SIPOC. Retrieved from <http://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/diagrama-sipoc>
- Alarcón, F., Alemany, M., A., O., & F.C, L. (2006). Metodología para el diseño y rediseño del proceso de comprometer pedidos en entornos colaborativos. *X Congreso de Ingeniería de Organización*.
- Atzori, L., Iera, A., & Morabito, G. (2010). The Internet of Things: A survey. *Computer Networks*, 54(15), 2787–2805. <http://doi.org/10.1016/j.comnet.2010.05.010>
- Bosch. (2015). La “IoT Suite” de Bosch: sensores, software y nuevos servicios. Retrieved from <http://www.logisticaytransporte.es/noticias.php/La-IoT-Suite-de-Bosch:-sensores,-software-y-nuevos-servicioso.-cl./48601>
- BPM. (2015). ¿Que significa la Consultoría BPM o BPR? Retrieved from <http://bpmconsultantsgroup.com/Que-significa-la-Consultoria-BPM-o-BPR.html>
- Bpm, P. C., Management, B. P., & De, G. D. P. (2009). ¿ Qué es BPM ? BPM Business Process Management – Gestión de Procesos de Negocio ¿ Qué es BPM ? ¿ Qué es BPM ?, 1–7.
- Chadha, B. (1995). A model driven methodology for business process engineering. *Computers in Engineering*, 1165–1182. Retrieved from [http://www.verilog.org/rassp/documents/atl/CHADHA\\_95.pdf](http://www.verilog.org/rassp/documents/atl/CHADHA_95.pdf)
- Chen, S. L., Chen, Y. Y., & Hsu, C. (2014). A new approach to integrate internet-of-things and software-as-a-service model for logistic systems: A case study. *Sensors (Switzerland)*, 14(4), 6144–6164. <http://doi.org/10.3390/s140406144>
- Climent, M. (2014). Así es la fábrica del futuro y así volverá a Europa. Retrieved from <http://www.elmundo.es/economia/2014/10/24/54494bf1e2704ec91c8b456c.html>
- Coetzee, L., & Eksteen, J. (2011). The Internet of Things – Promise for the Future? An Introduction. *Conference Proceedings*, 978–1. <http://doi.org/ISBN:978-1-905824-24-3>
- Cooper, O., Tadikamalla, P., & Shang, J. (2012). Selection of a third party logistics provider: Capturing the interaction and influence of performance metrics with the analytical network process. *Journal of MultiCriteria Decision Analysis*, 110(October 2009), 79–110. <http://doi.org/10.1002/mcda>
- Crainic, T. G., & Montreuil, B. (2015). Physical Internet Enabled Interconnected City Logistics. *Cirrelt*, 13(March), 1–15.
- Dittmer, P., Veigt, M., Scholz-Reiter, B., Heidmann, N., & Paul, S. (2012). The intelligent container as a part of the Internet of Things. *2012 IEEE International Conference on Cyber Technology in Automation, Control, and Intelligent Systems (CYBER)*, 209–214. <http://doi.org/10.1109/CYBER.2012.6392555>
- Dong, C. (2014). A scheme for logistics tracking and monitoring based on internet of things, 18, 283–292.
- Dong, X., & Song, T. (2011). Application analysis of Internet of things technology in



- intelligent logistics system. *2011 2nd International Conference on Artificial Intelligence, Management Science and Electronic Commerce, AIMSEC 2011 - Proceedings*, 176–178. <http://doi.org/10.1109/AIMSEC.2011.6010348>
- Escalera, G., Masa, C., & García, E. (2008). Implantación de la Reingeniería por procesos: actividades, técnicas y herramientas. (Estableciendo puentes en una economía global). *Estableciendo Puentes En Una Economía Global*, 2, 1–15. Retrieved from <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2733591>
- Ferreira, P., Martinho, R., & Domingos, D. (2010). IoT-aware business processes for logistics: limitations of current approaches. *Inforum*, (September 2015), 611–622. Retrieved from <http://inforum.org.pt/INForum2010/papers/internet-das-coisas-e-servicos/Paper099.pdf>
- Ferreti, M., & Schiavone, F. (2016). Internet of Things and Business Processes Redesign in Seaports . The Case of Hamburg. *Business Process Management Journal*, 22.
- Festo. (2015). Festo e Industria 4.0 – Sistemas de producción del futuro. Retrieved from [http://www.festo.com/cms/es\\_corp/13405.htm](http://www.festo.com/cms/es_corp/13405.htm)
- Flashglobal. (2015). Make Way for the Supply Chain Internet of Things (IoT). Retrieved from <http://flashglobal.com/supply-chain-internet-of-things/>
- Gall, F. Le, Vallet, S., Gluhak, A., Walravens, N., Xueli, Z., & Hadji, H. (2015). Benchmarking Internet of Things Deployment: Frameworks, Best Practices, and Experiences. *Modeling and Processing for Next-Generation Big-Data Technologies*, 4, 283–317. <http://doi.org/10.1007/978-3-319-09177-8>
- García, A. (2014). El aporte de la IoT en los procesos de logística de las empresas. Retrieved from <http://reportedigital.com/m2m/aporte-iot-procesos-logistica-empresas/>
- García, Á. (2012). La logística, clave para la competitividad de las plantas españolas. *Anfac*.
- Gartner. (2015). Gartner IT Glossary. Retrieved from <http://www.gartner.com/it-glossary/total-cost-of-ownership-tco>
- Gu, Y., & Liu, Q. (2013). Research on the application of the internet of things in Reverse Logistics Information Management, 6(4), 963–973. <http://doi.org/10.3926/jiem.793>
- Gubbi, J., Buyya, R., & Marusic, S. (2013). Internet of Things ( IoT ): A Vision , Architectural Elements , and Future Directions, (1), 1–19. <http://doi.org/10.1016/j.future.2013.01.010>
- Guo, Z., Zhang, Z., & Li, W. (2012). Establishment of intelligent identification management platform in railway logistics system by means of the Internet of Things. *Procedia Engineering*, 29, 726–730. <http://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.01.031>
- Hammer, M., & Champy, J. (1993). *Reengineering the Corporation: A Manifesto for Business Revolution*. New York: Harper Business.
- Han-jiang, Z., & Fang, G. (2013). The study of a dual-channel automotive supply chain based on Internet of Things. *Management Science and Engineering (ICMSE)*, 2013

- International Conference on*, 650–658.  
<http://doi.org/10.1109/ICMSE.2013.6586349>
- Harmon, P. (2008). Business Process Methodologies. *Business Process Trends*.
- Hill, J. (2016). BPM is Not the Same as BPR. Retrieved from  
<http://www.bpminstitute.org/resources/articles/bpm-not-same-bpr>
- Hitpass, B. (2011). ¿Reingeniería, rediseño o mejora de procesos de negocio? Retrieved from <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=811>
- Hribernik, K. A., Warden, T., Thoben, K.-D., & Otthein, H. (2010). Logistics-an Approach To Connecting the Information and Material Flows in Autonomous Cooperating Logistics Processes. *12th International MITIP Conference on Information Technology & Innovation Processes of the Enterprises. 2010*, 54–67. Retrieved from <http://www.sfb637.uni-bremen.de/pubdb/repository/SFB637-C2-10-004-IC.pdf>
- Intel. (2015). Predictive Maintenance Drives Smarter Fleet Management. *Intel Solutions*.
- Intel\_IT. (2013). Big Data in the Cloud : Converging Technologies Big Data in the Cloud : Converging Technologies. *Intel IT Center*, 4–13.
- ISA. (2014). Industrial automation industry exploring and implementing IoT. Retrieved from <https://www.isa.org/standards-and-publications/isa-publications/intech-magazine/2014/mar-apr/cover-story-internet-of-things/#sthash.SQLjPWwr.dpuf>:  
<https://www.isa.org/standards-and-publications/isa-publications/intech-magazine/2014/mar-apr/cover-story-int>
- Jingbo, W., & Jie, Z. (2011). *Case study on the strategy development for logistics network in Internet of Things era*. University of Gävle.
- Kagermann, H. (2015). La industria 4.0 llega a los clientes del futuro a través de servicios inteligentes. Retrieved from <http://www.weidmuller.es/es/corporacion/win--weidmueller-informacion-y-noticias/focus/la-industria-4-0-llega-a-los-clientes-del-futuro-a-traves-de-servicios-inteligentes>
- Kagermann, H., Wahlster, W., & Helbig, J. (2013). *Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0*.
- Ko, R. K. L. (2009). A Computer Scientist's Introductory Guide to Business Process Management (BPM). *Crossroads XRDS*, 15(4), 11–18.  
<http://doi.org/10.1145/1558897.1558901>
- Ko, R. K. L., Lee, S. S. G., & Wah Lee, E. (2009). *Business process management (BPM) standards: a survey*. *Business Process Management Journal* (Vol. 15).  
<http://doi.org/10.1108/14637150910987937>
- Lasi, H., Fettke, P., Kemper, H. G., Feld, T., & Hoffmann, M. (2014). Industry 4.0. *Business and Information Systems Engineering*, 6(4), 239–242.  
<http://doi.org/10.1007/s12599-014-0334-4>
- Li, J., & Lu, C. (2012). Research on Applying the Internet of Things for logistics business process reengineering, 173 – 178. <http://doi.org/10.1109/ICCTD.2009.68>

- Li, S., Xu, L. Da, & Zhao, S. (2015). The internet of things: a survey. *Information Systems Frontiers*, 17(2), 243–259. <http://doi.org/10.1007/s10796-014-9492-7>
- Libelium. (2015). Cold Chain Monitoring and Smart Tracking in Zaragoza. Retrieved from <http://www.libelium.com/cold-chain-monitoring-smart-tracking-zaragoza/>
- Liu, W., & Gao, Z. (2014). Study on IOT based Architecture of Logistics Service Supply Chain. *International Journal of Grid and Distributed Computing*, 7(1), 169–178. <http://doi.org/10.14257/ijgdc.2014.7.1.15>
- Lou, P., Liu, Q., Zhou, Z., & Wang, H. (2011). Agile Supply Chain Management over the Internet of Things. *2011 International Conference on Management and Service Science*, 1–4. <http://doi.org/10.1109/ICMSS.2011.5998314>
- Lu, D., & Teng, Q. (2012). A Application of Cloud Computing and IOT in Logistics. *Journal of Software Engineering and Applications*, 2012(5), 204–207. <http://doi.org/10.4236/jsea.2012.512b039>
- Lv, C., Ma, B., Du, X., Li, B., & Liang, T. (2015). Analysis and Research of Network Measurement Technologies, 117–121.
- Macaulay, J., Buckalew, L., & Chung, G. (2015). Internet of Things in Logistics. *DHL Trend Research*, 1(1), 1–27.
- Masingenieros. (2015). El nuevo reto: la industria 4.0. Retrieved from <http://www.masingenieros.com/portfolio/el-nuevo-reto-la-industria-4-0/>
- McBeath, B. (2014). The Internet-of-Things in Logistics. Retrieved from <http://www.clresearch.com/research/detail.cfm?guid=E2541ADB-3048-79ED-9921-B519A1C5676E>
- McKendrick, J. (2015). Industry 4.0: It's all about information technology this time. Retrieved from <http://www.zdnet.com/article/industry-4-0-its-all-about-information-technology/>
- Monterroso, E. (2002). ¿Por Qué Se Administra La Empresa En Forma Vertical Cuando Los Procesos Productivos Fluyen En Forma Horizontal? Reingeniería: Un Enfoque De Todo O Nada, 6.
- Morín, R. (2014). Case Study: IoT - Intelligent Refrigerated Shipping Containers. Retrieved from <https://kantarainitiative.org/confluence/display/uma/Case+Study%3A+IoT+-+Intelligent+Refrigerated+Shipping+Containers>
- Munive-Hernandez, E. J., Dewhurst, F. W., Pritchard, M. C., & Barber, K. D. (2004). Modelling the strategy management process: An initial BPM approach. *Business Process Management Journal*, 10(6), 691–711. <http://doi.org/10.1108/14637150410567884>
- Muthu, S., Whitman, L., & Cheraghi, S. H. (1999). Business Process Reengineering: A Consolidated Methodology. *Proceedings of the 4 Th Annual International Conference on Industrial Engineering Theory, Applications, and Practice, 1999 U.S. Department of the Interior - Enterprise Architecture*, 8–13. <http://doi.org/10.1.1.90.6302>
- Navarrete, R., & Lario, F. (2010). Propuesta de una Metodología de BPM para el

Modelado AS IS y TO BE de Procesos de Negocio de Bioseguridad ( Terrorismo Alimentario ), dentro del Contexto de la Cadena de Suministro . Aplicación en la Industria. *4th International Conference on Industrial Engineering and Industrial Management*, 258–267.

- Netsac. (2015). Cómo implementar una metodología de gestión de proyectos. Retrieved from <https://netsac.wordpress.com/2011/02/28/como-implementar-una-metodologia-de-gestion-de-proyectos/>
- Pais, J. (2013). *Business Process Management*. BPMteca.
- Prasse, C., Nettstraeter, A., & Hompel, M. Ten. (2014). How IoT will change the design and operation of logistics systems. *2014 International Conference on the Internet of Things, IOT 2014*, 55–60. <http://doi.org/10.1109/IOT.2014.7030115>
- Prodware\_Marketing. (2014). El Internet de las cosas capta el interés de la industria logística en todo el mundo. Retrieved from <http://blog.prodware.es/el-internet-de-las-cosas-capta-el-interes-de-la-industria-logistica-en-todo-el-mundo/>
- Quincoces, A. (2014). Fábricas “inteligentes” sin humos, la revolución de la industria 4.0. Retrieved from <http://www.efefuturo.com/noticia/fabricas-inteligentes-sin-humos-la-revolucion-de-la-industria-4-0/>
- Reddy, A. (2014). Reaping the Benefits of the Internet of Things. *Cognizant*, (May), 10. Retrieved from <https://www.google.at/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0CCgQFjAAahUKEwir7uzhhZjAhWJ1RQKHRTdAuM&url=http://www.cognizant.com/InsightsWhitepapers/Reaping-the-Benefits-of-the-Internet-of-Things.pdf&usg=AFQjCNF7cGkJph9LiTYv7bdMgMWA>
- Redinius, D. L. (2004). The Convergence of Six Sigma and Process Management. *The Convergence of Six Sigma and Process Management*, 1–9.
- Retos\_en\_supply\_chain. (2015). Internet de las Cosas en el transporte marítimo de mercancías. Retrieved from <http://retos-operaciones-logistica.eae.es/2015/05/internet-de-las-cosas-en-el-transporte-maritimo-de-mercancias.htm>
- Robles, M. I., & Jokela, P. (2015). Design of a Performance Measurements Platform in Lightweight M2M for Internet of Things, 3–6.
- Rüßmann, M., Lorenz, M., Gerbert, P., Waldner, M., Justus, J., Engel, P., & Harnisch, M. (2015). Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries. Retrieved from [https://www.bcgperspectives.com/content/articles/engineered\\_products\\_project\\_business\\_industry\\_40\\_future\\_productivity\\_growth\\_manufacturing\\_industries/](https://www.bcgperspectives.com/content/articles/engineered_products_project_business_industry_40_future_productivity_growth_manufacturing_industries/)
- Samsung. (2014). Tracking Everything Everywhere: How The Internet Of Things Is Changing The Logistics Industry. Retrieved from <http://www.forbes.com/sites/samsungbusiness/2014/11/11/tracking-everything-everywhere-how-the-internet-of-things-is-changing-the-logistics-industry/>
- Satyavolu, P., Setlur, B., Thomas, P., & Iyer, G. (2014). Designing for an internet of things. *Keep Challenging*, (Cognizant), 15. Retrieved from

- <http://de.slideshare.net/tmo/designing-for-an-internet-of-things>
- Sernauto. (2015). Asociación Española de Fabricantes de Equipos y Componentes para Automoción. Retrieved from <http://www.sernauto.es/es/inicio>
- Shankar, U. (2015). How the Internet of Things Impacts Supply Chains. Retrieved from <http://www.inboundlogistics.com/cms/article/how-the-internet-of-things-impacts-supply-chains/>
- Shrouf, F., Ordieres, J., & Miragliotta, G. (2014). Smart factories in Industry 4.0: A review of the concept and of energy management approached in production based on the Internet of Things paradigm. *2014 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*, 697–701. <http://doi.org/10.1109/IEEM.2014.7058728>
- Siemens. (2015). Journey to Industry 4.0. Retrieved from <http://www.siemens.com.au/futureofmanufacturing/ceda/>
- Song, X., Huang, L., & Fenz, S. (2012). Internet of things applications in bulk shipping logistics: Problems and potential solutions. *Communications in Computer and Information Science*, 312 CCIS, 565–571. [http://doi.org/10.1007/978-3-642-32427-7\\_81](http://doi.org/10.1007/978-3-642-32427-7_81)
- Soto, B. (2015). Los equipos multidisciplinares en la empresa. Retrieved from <http://www.gestion.org/recursos-humanos/seleccion-personal/38911/los-equipos-multidisciplinares-en-la-empresa/>
- Sun, J. (2012). Design and implementation of IOT-based logistics management system. *Proceedings - 2012 IEEE Symposium on Electrical and Electronics Engineering, EEESYM 2012*, 603–606. <http://doi.org/10.1109/EEESym.2012.6258730>
- Taherian, M. (2015). The Internet of Things, Part 2 – Implementing Security. Retrieved from <http://trushieldinc.com/the-internet-of-things-part-2-implementing-security/>
- Teruel, A. (2014). Internet de las cosas: Tercera revolución industrial. Retrieved from <http://edriel.com/intr/>
- Tian, L., Fan, C., Zou, J., & Zhang, X. (2011). Analysis and research for fourth party logistics based on internet of things. *Proceedings - 2011 International Conference on Instrumentation, Measurement, Computer, Communication and Control, IMCCC 2011*, 585–588. <http://doi.org/10.1109/IMCCC.2011.151>
- Tibco. (2015). Streaming Analytics and the Internet of Things : Transportation and Logistics. *Tibco*.
- Transnetwork. (2014). What is the case study 3 about? Intelligent Containers! Retrieved from <http://www.ttransnetwork.eu/ttrans/1-what-is-the-case-study-3-about-intelligent-containers/>
- Uckelmann, D. (2012). *Quantifying the Value of RFID and the EPCglobal Architecture Framework in Logistics (Chapter 4. Performance Measurement and Cost Benefit Analysis for RFID and Internet of Things Implementations in Logistics)*. PhD Proposal (Vol. 1). <http://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Wang, S. (2011). Internet of Things Based on EPC Technology and Its Application in

- Logistics. *Transport Logistics*, 3077–3080.
- Xu, L. Da, He, W., & Li, S. (2014). Internet of things in industries: A survey. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 10(4), 2233–2243.  
<http://doi.org/10.1109/TII.2014.2300753>
- Xu, R., Yang, L., & Yang, S.-H. (2013). Architecture Design of Internet of Things in Logistics Management for Emergency Response. *2013 IEEE International Conference on Green Computing and Communications and IEEE Internet of Things and IEEE Cyber, Physical and Social Computing*, 395–402.  
<http://doi.org/10.1109/GreenCom-iThings-CPSCOM.2013.85>
- Xu, X., Wu, X., & Guo, W. (2011). 0391 - Applications of IoT to reverse supply chain. *7th International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing, WiCOM 2011*. <http://doi.org/10.1109/wicom.2011.6040568>
- Xu, Z., He, J., & Chen, Z. (2012). Design and actualization of IoT-based intelligent logistics system. *IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*, 2245–2248.  
<http://doi.org/10.1109/IEEM.2012.6838146>
- Xuebing, O. (2012). The building of logistics management system using RFID and WSN technology. *ICSESS 2012 - Proceedings of 2012 IEEE 3rd International Conference on Software Engineering and Service Science*, 651–654.  
<http://doi.org/10.1109/ICSESS.2012.6269551>
- Youkyoung, L. (2015). LG CNS Information Technology Research Center. What We Need to Implement IoT – Talk Service-Oriented IoT (3). Retrieved from <http://www.lgcnsblog.com/features/what-we-need-to-implement-iot-talk-service-oriented-iot-3/>
- Yu, C. (2011). Research and design of logistics management system based on internet of things. *2011 2nd International Conference on Artificial Intelligence, Management Science and Electronic Commerce (AIMSEC)*, 6314–6317.  
<http://doi.org/10.1109/AIMSEC.2011.6011405>
- Zebra\_Technologies. (2015). El “Internet de las Cosas” la gran tendencia para la logística y el transporte en las próximas décadas. Retrieved from <http://www.cadenadesuministro.es/noticias/el-internet-de-las-cosas-la-gran-tendencia-para-la-logistica-y-el-transporte-en-las-proximas-decadas/>
- Zhang, K., Ao, Z., Tang, C., Wang, Y., Zhu, W., & Feng, B. (2012). Application of internet of things in combined operation logistics support. *Proceedings - 4th International Conference on Computational and Information Sciences, ICCIS 2012*, 388–391.  
<http://doi.org/10.1109/ICCIS.2012.82>
- Zhonggui Ma, Xincheng Shang, Xinxu Fu, & Feng Luo. (2013). The architecture and key technologies of internet of things in logistics. *International Conference on Cyberspace Technology (CCT 2013)*, 7(6 2), 464–468.  
<http://doi.org/10.1049/cp.2013.2173>