



**UNIVERSIDADE
DA CORUÑA**



**ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR
DE NÁUTICA Y MÁQUINAS**

UNIVERSIDAD DE A CORUÑA

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA Y
MÁQUINAS**

MÁSTER INGENIERÍA MARINA

**Optimización del Mantenimiento en
Buques mediante Tecnología 4.0**

TRABAJO FIN DE MÁSTER

SEPTIEMBRE 2018

AUTOR: Raquel Martínez Espasandín

TUTOR: Feliciano Fraguera Díaz

TRABAJO FIN DE MÁSTER

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA Y MÁQUINAS

MÁSTER INGENIERÍA MARINA

4801061718 TRABAJO FIN DE MÁSTER

D. FELICIANO FRAGUELA DÍAZ, autorizo al alumno
Dña. RAQUEL MARTÍNEZ ESPASANDÍN, con DNI nº 48114563N,
a la presentación del trabajo fin de máster

titulado:

Optimización del Mantenimiento en Buques mediante Tecnología 4.0

**DEFENDIDO ANTE TRIBUNAL EN LA SESIÓN DE
SEPTIEMBRE 2018**

Fdo. El Tutor

Fdo. El Alumno

Feliciano Fraguela Díaz

Raquel Martínez Espasandín

Optimización del Mantenimiento en Buques mediante Tecnología 4.0

ÍNDICE

UNIVERSIDAD DE A CORUÑA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA Y MÁQUINAS

SEPTIEMBRE 2018

Fdo.: Raquel Martínez Espasandín

Índice General:

RESUMEN	8
ABSTRACT	9
1. Objeto	10
2. Alcance	10
MEMORIA	11
3. Introducción	11
3.1 Primera Revolución Industrial	11
3.2 Segunda Revolución Industrial	14
3.3 Tercera Revolución Industrial	16
4. Entorno y contexto	16
5. Industria 4.0	17
5.1 Horizonte 2020	20
5.2 Industria 4.0 en España	21
6. Tecnología 4.0	23
6.1 TÉCNICAS EXISTENTES DEL 4.0	27
6.1.1 Internet Industrial de las cosas (Industrial Internet of things, IIoT):	27
6.1.2 Cloud computing	32
6.1.4 Sistemas ciberfísicos (CPS)	35
6.1.5 Datos masivos (Big Data)	37
6.1.6 Fabricación aditiva e Impresión 3D	38
6.1.7 Ciber seguridad	39
6.1.8 Smart Workflows	41
6.1.9 Inteligencia artificial (IA) en la Industria 4.0	45
7. Evolución del mantenimiento:	51
8. Implantación del mantenimiento 4.0 en un buque	62
8.1 Descripción Sala de Máquinas	65
8.2 Implantación mantenimiento 4.0	66
Bibliografía	89

Índice de Figuras:

Figura 1. Esquema máquina de vapor (Tecnosd, s.f.).....	14
Figura 2 – Ford Modelo T (Biografiasyvidas, s.f.).....	15
Figura 3 – TICs (Spri, s.f.)	16
Figura 4 - Evolución Industrial (Ideastecnicas, s.f.).....	17
Figura 5 - Digitalización España VS Mundo (Ticnegocios, 2018).....	22
Figura 6 – IIoT (Spri, 2017).....	27
Figura 7 -Cloud computing (Ticportal, 2017)	34
Figura 8 - Sistemas Ciberfísicos (Grupogaratu, 2017)	35
Figura 9 – CPS (Grupogaratu, 2017)	37
Figura 10 - Impresión 3D (PlasticDreams, 2017)	38
Figura 11 – Ciberseguridad (Electrónica, 2016).....	40
Figura 12 - Inteligencia artificial (Grupogaratu, 2017)	45
Figura 13 – IA (Grupogaratu, 2017)	46
Figura 14 - Redes neuronales (Grupogaratu, 2017).....	49
Figura 15 - Navegación a distancia (Raúl Villa Caro, 2016).....	62
Figura 16 - Smart Ship (MfameTeam, 2017).....	65

Figura 17- Equipo sensores wifi	80
Figura 18 - Relación máquina persona (Obsedu, 2017).....	84
Figura 19 - Años de adaptación al 4.0 (Ticnegocios, 2018)	85

Optimización del Mantenimiento en Buques mediante Tecnología 4.0

MEMORIA

UNIVERSIDAD DE A CORUÑA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA Y MÁQUINAS

SEPTIEMBRE 2018

Fdo.: Raquel Martínez Espasandín

RESUMEN

La presencia de la tecnología en las últimas décadas, en especial de las denominadas TICs (Tecnologías de la Información), y su aplicación a los procesos de producción de la industria ha conducido al surgimiento de la denominada Industria 4.0 o Cuarta Revolución Industrial.

Su aplicación dota de inteligencia a los procesos y permite la interacción entre máquinas, personas y sistemas. De esta forma aparecen factorías inteligentes (Smart Factories) o en nuestro caso, buques inteligentes (Smart Ship), capaces de reproducir un mantenimiento inteligente.

Con la aplicación del mantenimiento 4.0 obtendremos grandes ventajas como la eficiencia y disponibilidad del buque y este supondrá el futuro de la industria marítima.

ABSTRACT

The technology in recent decades, especially the so-called TICs (Information Technology), and the application to industrial production processes has led to the emergence of the so-called Industry 4.0 or Fourth Industrial Revolution.

Its application provides intelligence to processes and allows the interaction between machines, people and systems. In this way smart factories appear or in our case, smart ships, capable of reproducing intelligent maintenance.

With the application of maintenance 4.0 we will obtain great advantages such as the efficiency and availability of the ship and this will suppose the future of the maritime industry.

1. Objeto

El objetivo del trabajo consiste en proporcionar una visión clara, lo más precisa posible, acerca de qué es Industria 4.0, y su adaptación a los buques dentro del concepto Smart Ship. Igualmente, se busca identificar y transmitir la trascendencia de esta transformación a todos los niveles y como afecta esto en lo económico, industrial y social.

2. Alcance

En primer lugar, se va a abordar el concepto de la Industria 4.0 y toda la terminología asociada a este nuevo modelo industrial.

De la misma forma se va a tratar la aplicación de este concepto a los buques y se mostrarán algunos ejemplos de implantación que actualmente se están realizando.

Por último, se realizará un ejemplo de transformación del un buque al modelo de mantenimiento 4.0.

MEMORIA

3. Introducción

A lo largo de la historia, se han sucedido diferentes acontecimientos que nos han permitido ver cómo afecta la evolución de la industria al resto de la sociedad.

Entendemos por revolución industrial, como aquella sucesión de cambios, caracterizados por su profundidad y rapidez, que afectan al conjunto de una sociedad. Estos cambios abarcan desde los modos de producción hasta la estructura de la población, las relaciones entre comunicaciones, personas, y esquemas de vida; es decir, que sus efectos y repercusiones alcanzan a todos los sectores de la realidad económica y social. (Lozano, 2004)

En cada una de estas revoluciones cambiaron diferentes aspectos relacionados con la industria, como las fuentes de energía básicas, el tipo de actividades industriales más dinámicas, su localización en el territorio y los medios de comunicación disponibles para desplazar mercancías, personas e información.

Aunque se abordarán todas las revoluciones industriales, nos centraremos principalmente en la cuarta revolución industrial que no se trata de una realidad en su totalidad ya que por primera vez consiste en una idea de a dónde se va a encaminar la industria.

3.1 Primera Revolución Industrial

Fue en Inglaterra donde se dio inicio el proceso de la Revolución Industrial, que ya se venía insinuando en el resto del continente, desde el siglo XVI, con la intensificación del comercio y la acentuación del movimiento mercantil.

En Inglaterra, por consiguiente, se dieron las condiciones históricas favorables para el rápido desarrollo del modo capitalista de producción, tales como la temprana abolición del feudalismo y, con esto, de la servidumbre, el triunfo de la Revolución Burguesa en el siglo XVII, la apropiación violenta de las tierras que ocupaban los campesinos y la acumulación de capitales, gracias al extenso desarrollo de capitales y del comercio, y a la depreciación de las colonias. (Portillo, 2010)

A mediados del siglo XVIII funcionaba ya en Inglaterra gran cantidad de manufacturas; la rama industrial más importante era la textil. Fue, precisamente allí, donde comenzó la revolución industrial.

Pese a esto, debemos señalar que la gran transformación de la industria y, por consiguiente, de la propia sociedad, fue una consecuencia de la civilización occidental, que, a su vez, había recurrido en gran cantidad de aspectos a elementos de muchas civilizaciones. (Portillo, 2010)

En realidad , debería tenerse en cuenta que las hilaturas y los tejidos, la alfarería y la rueda del alfarero, la molienda del grano con mecanismos complejos, el movimiento de las máquinas mediante molinos de viento y las ruedas hidráulicas, la transmisión de la energía por ejes y engranajes, la acción de bombas de aire y de agua, y los procesos fundamentales de la metalurgia, fueron transmitidos desde los tiempos antiguos al hombre actual y se desarrollaron y depuraron en la Europa continental.

Por esta circunstancia, Inglaterra contaba, entre 1750 y 1850, con varias ventajas que se conjugaron con una coyuntura perfecta para llevar a cabo un rápido cambio industrial, desde donde habría de expandirse al resto de Europa y del mundo.

En lo que a España se refiere, se podría decir que se quedó al margen en gran medida de esta primera revolución industrial, llegando a alcanzar cierta

importancia en tan solo algunas comarcas de Cataluña y ciertas regiones del cantábrico como el País Vasco o Asturias, hacia las que emigraron una gran cantidad de personas procedentes de otras regiones agrarias.

La primera Revolución Industrial se caracterizó por lo siguiente:

- La mecanización de la industria y de la agricultura
- La aplicación de la fuerza motriz en la industria.
- El desarrollo del sistema fabril.
- El aceleramiento de los transportes y las comunicaciones.
- El aumento notable del dominio capitalista en toda la actividad económica.

Los inventos de la primera revolución industrial:

- Invención de la máquina de hilar y de tejer hidráulica, que, posteriormente, dieron paso a la maquina mecánica y automática que favorecieron a la industria textil.
- Invención de la máquina de vapor a cargo de James Watt (1782) que otorgo fuerza mecánica a la industria fabril, aumentando la producción y revolucionando el transporte como podemos ver en la Figura 1.
- En 1784, Enrique Cart ideó un procedimiento para batir el hierro fundido, y, en 1886, se inventó la laminadora para fabricar chapas de hierro.
- En 1825, George Stephenson aplico la máquina de vapor en los ferrocarriles y, ya antes en 1807, Robert Fulton la había aplicado en la navegación con el barco de vapor, facilitando, así, el transporte
- En 1851, se tendió el primer cable submarino para la comunicación a través del Canal de la Mancha, y, en 1866, se tendió a lo ancho de todo el océano Atlántico (América y Europa estuvieron por primera vez comunicados directamente) (Portillo, 2010)

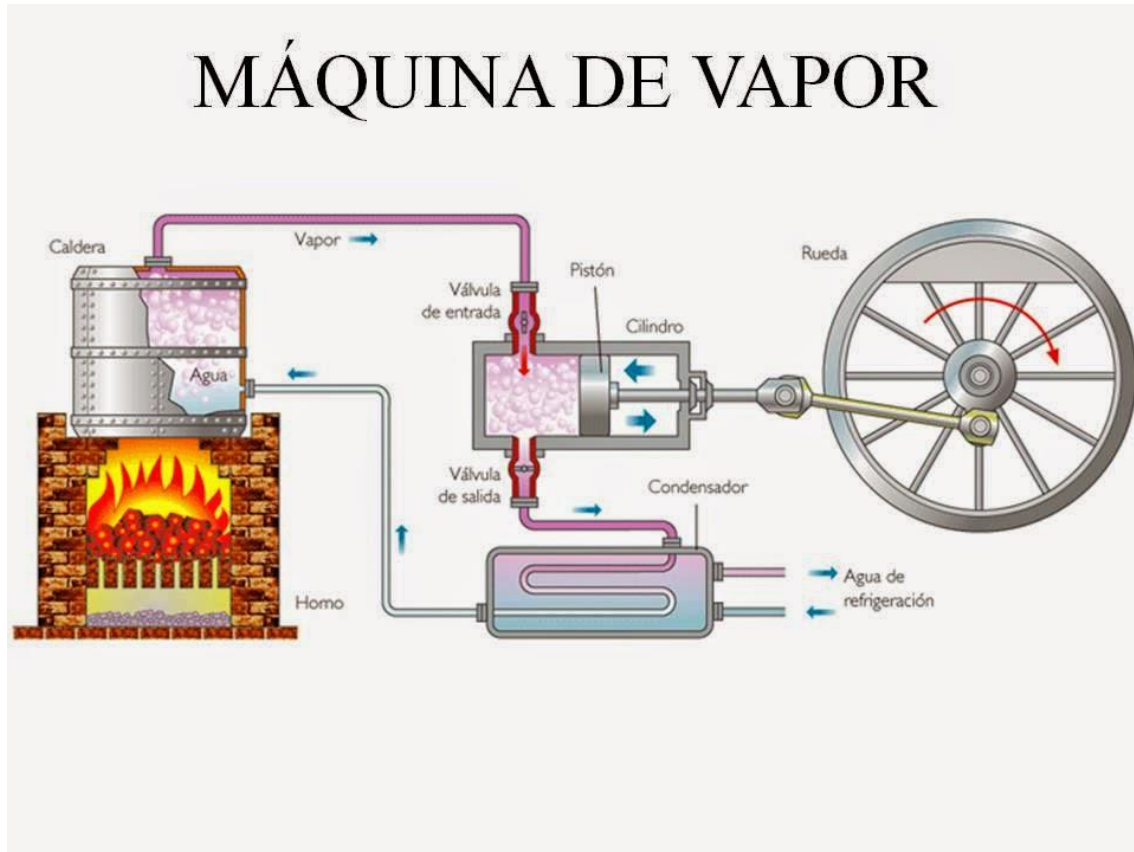


Figura 1. Esquema máquina de vapor (Tecnosd, s.f.)

3.2 Segunda Revolución Industrial

Después de la primera revolución industrial, y debido al rápido avance de producción que se dio gracias a esta revolución, se comenzaron a buscar maneras de producir más rápido, con mejor calidad. En este contexto nace la división de tareas, y muy poco después, la producción del famoso Ford Modelo T, como el que podemos ver en la figura 2, que constituye el segundo hito a remarcar en la historia de la industria.



Figura 2 – Ford Modelo T (Biografiasyvidas, s.f.)

La Segunda Revolución Industrial, se inició a mediados del siglo XIX (c. 1850 - 1970), fue una segunda fase de la Revolución Industrial, implica una serie de desarrollos dentro de la industria química, eléctrica, de petróleo y de acero. (Portillo, 2010)

Otros progresos esenciales durante este período incluyen la introducción de los buques de acero movidos a vapor, el desarrollo del avión y de la locomotora de vapor, la producción en masa de bienes de consumo, el enlatado de alimentos, refrigeración mecánica y otras técnicas de preservación y la invención del teléfono electromagnético.

La producción en masa ideada por Henry Ford supuso igualmente un cambio profundo en la sociedad, ya que hizo que productos anteriormente reservados a un grupo muy reducido de personas privilegiadas fueran accesibles a todo el mundo.

Fijándonos en España, esta vez sí, aunque de forma algo tardía (mediados del siglo XX), nos incorporamos a este nuevo hito tecnológico, pasando a formar parte del reducido número de países industrializados del mundo.

3.3 Tercera Revolución Industrial

La tercera revolución industrial se inició a mediados del siglo XX. Fue entonces cuando ocurrió un gran avance en la ciencia, la tecnología, el ordenador, (con la llegada de las computadoras, la creación de la Internet, el software y los dispositivos móviles) la robótica y la electrónica. (Escuelapedia, 2018)

Se trata de un concepto mucho más reciente, y en el que se desarrollan todas las Tecnologías de Información y comunicación (TICs), como podemos ver en la figura 3, en la que todo está conectado y se da el fenómeno de globalización y se comienzan a automatizar procesos.



Figura 3 – TICs (Spri, s.f.)

4. Entorno y contexto

En 2010, la Unión Europea reconoció de manera explícita la importancia de una Europa Industrial en la que uno de cada cuatro empleos en el sector privado pertenece a la industria, y es responsable del 80% de la actividad de investigación y desarrollo que realiza el sector privado.

Ante el desafío de poder ofrecer productos y servicios capaces de atender los retos a los que se enfrentan las sociedades avanzadas, la Comisión Europea prevé invertir cerca de 14.000 millones de euros para potenciar el liderazgo en tecnologías industriales y otras tecnologías de soporte. La crisis ha puesto de relieve la importancia de la economía real y de una industria fuerte.

Durante la Feria de Hannover de 2011, surge por primera vez un concepto denominado Industria 4.0. Este concepto para sus creadores supone el inicio de la Cuarta Revolución Industrial, y a diferencia de todas las demás, no se trata de un hecho constatado, sino que supone un objetivo a conseguir, es decir algo a lo que debemos aspirar en los próximos años.

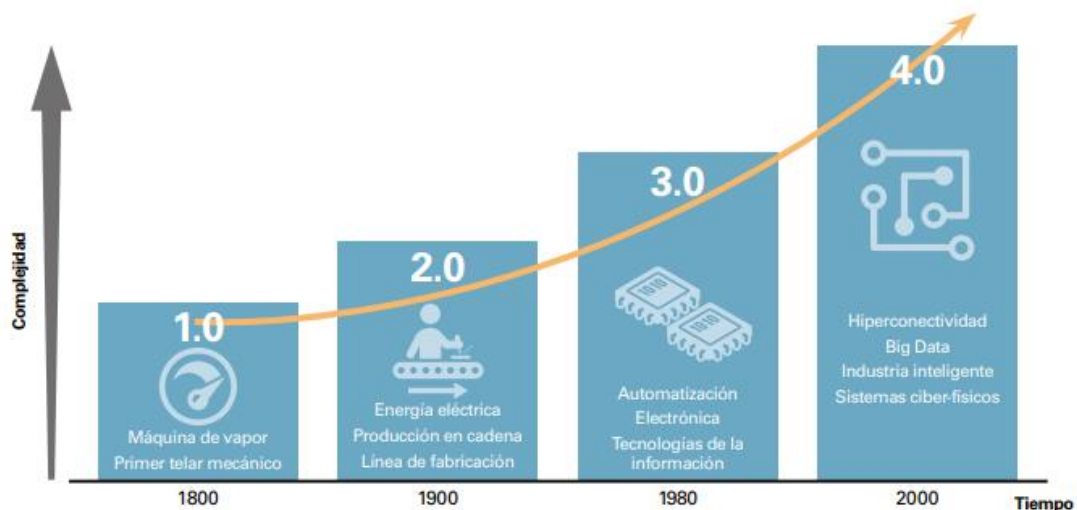


Figura 4 - Evolución Industrial (Ideastecnicas, s.f.)

5. Industria 4.0

Desde su primera aparición, el concepto de industria 4.0 ha sido definido de diversas maneras, de la misma forma que su nombre se ha visto sujeto a diferentes variaciones y connotaciones.

Actualmente, la Industria 4.0 recibe nombres ligeramente diferentes según el sector en el que se aplica. En Estados Unidos, por ejemplo, se le conoce como

Fabricación Inteligente (Smart Manufacturing), pero también encontramos artículos y documentos en los que veremos que se refieren a la Industria 4.0 como ciberfábrica, Industria digital, Fabricación Avanzada (Advanced Manufacturing), o Industria Integrada (Integrated Industry).

Para hacernos una idea acerca de la complejidad que entraña el concepto de Industria 4.0, bastaría apuntar, que sólo en el último año se han presentado 134 definiciones distintas para explicar este fenómeno. (Spri, 2015)

Algunas de las definiciones de Industria 4.0 que encontraremos son:

- Industria 4.0 es el nombre que se le da a la iniciativa estratégica alemana para establecer a Alemania como un mercado líder y proveedor de soluciones de industria avanzada.
Está decidida a revolucionar la fabricación y la producción, Industria 4.0 representa un cambio paradigmático de fabricación inteligente y producción centralizada a descentralizada. (Germany Trade & Invest)
- Industria 4.0 es la transformación de la esfera global de la producción industrial a través de la unión de la tecnología digital e internet con la industria convencional. (Angela Merkel)
- El concepto de Industria 4.0 es relativamente reciente y se refiere a la cuarta revolución industrial que consiste en la introducción de las tecnologías digitales en la industria. Los “habilitadores digitales” son el conjunto de tecnologías que hacen posible que esta nueva industria explote todo su potencial. En efecto, éstas permiten la hibridación entre el mundo físico y el digital, es decir, vincular el mundo físico al virtual para hacer de la industria, una industria inteligente. (Ministerio de Economía, Industria y Competitividad)

- Industria 4.0 es un término aplicado a un grupo de rápidas transformaciones en el diseño, fabricación, operación y servicio de los sistemas de fabricación y sus productos. La designación 4.0 significa que es la cuarta revolución industrial en el mundo, sucesora de tres revoluciones anteriores que supusieron pasos agigantados en la productividad y cambiaron las vidas de las personas en todo el mundo. (European Parliament Research Service)

Quizá el problema es que Industria 4.0 no es un producto físico en sí mismo que se está llevando a cabo, sino un que es un titular, una idea que describe algo que está ocurriendo hoy y quizá vaya a seguir ocurriendo en la siguiente década. En este sentido es como una guía que nos señala el camino que vamos a tener que seguir en los próximos años.

La idea básica en que se fundamenta la Revolución 4.0 es la aplicación masiva de las nuevas tecnologías, con Internet a la cabeza, a todos los procesos de una fábrica, de modo que el funcionamiento de la misma sea inteligente y absolutamente eficiente.

Con estos datos podríamos abordar una definición más técnica, en virtud de la cual Industria 4.0 consistiría en la implantación de una red tecnológica de producción inteligente, para que máquinas, dispositivos y sistemas colaboren entre sí.

De esta manera se consigue fusionar el mundo real y virtual en las fábricas, permitiendo aumentar la optimización del control de los procesos de trabajo y de las cadenas de suministro.

5.1 Horizonte 2020

Analizando todo lo descrito anteriormente, podemos percibir que en las tres revoluciones industriales se ha seguido un patrón de sucesos: en los últimos 250 años ha existido una firme motivación por llevar un paso más allá a la industria, por producir más y mejor.

Esto impulsó descubrimientos y avances tecnológicos que han marcado cambios de ritmo en el ámbito de la innovación, y cuya aplicación cada vez mayor desencadenó incrementos de productividad, ahorros en tiempos de fabricación, mejoras de la eficiencia y aumento de beneficios.

Estos cambios propiciaron el crecimiento del comercio, de las ciudades y, por consiguiente, favorecieron la mejora del nivel de vida de la población.

A pesar de ello, en las últimas décadas -y especialmente tras la crisis económica iniciada en 2008 que afectó a gran parte de países del mundo, el peso de la industria en las economías ha ido decreciendo.

Conseguir que la industria recupere su peso en la economía es el objetivo final que se plantea desde Europa.

Para ello, la Comisión Europea ha desarrollado el programa “Horizonte 2020” que indica el camino que se ha de seguir, en un periodo que abarca desde 2014 hasta 2020, y que pasa por el logro de tres objetivos principales:

- La creación de una ciencia de excelencia que refuerce el posicionamiento de Europa en el contexto científico mundial.
- Prestar atención a seis áreas principales (salud, alimentación, energía, transporte, clima y materias primas) que permitan la resolución de problemas sociales, como el envejecimiento de la población, la protección informática y una economía eficiente y baja en emisiones.

- El desarrollo de tecnologías y sus aplicaciones para mejorar la competitividad europea, centrándose en campos como la nanotecnología, biotecnología, los materiales avanzados, fabricación y transformación avanzada y el desarrollo de las TIC.

Con todo ello, la estrategia europea para alcanzar este crecimiento consiste en un resurgimiento de la industria, o lo que es lo mismo, una nueva revolución industrial que permita recuperar la hegemonía de este sector con la ayuda de la Industria 4.0.

5.2 Industria 4.0 en España

La transformación digital es un gran desafío para la industria española, el cual nos dará la opción de mejorar nuestra situación competitiva respecto al resto de países europeos principalmente.

Podemos ver en la figura que la transformación de España con respecto al mundo en la digitalización se realizará de manera más lenta, creciendo hasta el 2020 en aproximadamente un 10%.

Las tecnologías digitales propias de este nuevo paradigma industrial posibilitan la hibridación del mundo físico con el digital.

Digitalización de la industria en España y en el mundo

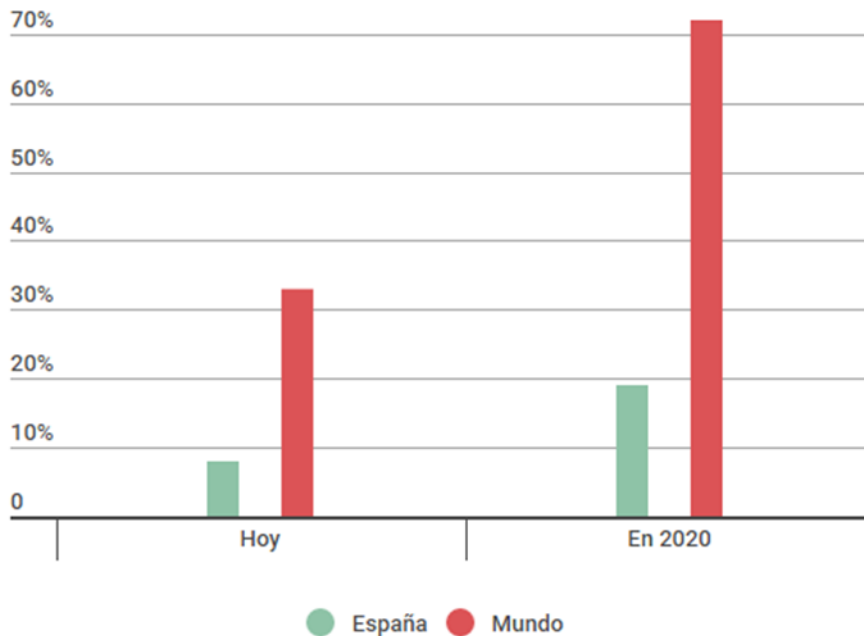


Figura 5 - Digitalización España VS Mundo (Ticnegocios, 2018)

Una de las claves para la competitividad de un país es sin duda contar con un sector industrial fuerte. En este marco, la Industria 4.0 otorga una oportunidad única a las compañías españolas de poder reforzar su posición competitiva respecto a aquellas otras que no adopten las nuevas estrategias necesarias, es decir, que se queden rezagadas. El coste de oportunidad de la no adopción, es por lo tanto alto. (Buisán, 2015)

Los momentos clave como el actual igualan los retos para todas las empresas, de manera que se equilibran también las oportunidades.

Una vez que la digitalización sea un hecho consagrado, las empresas que no hayan realizado los pasos necesarios en este sentido perderán competitividad.

Con esta iniciativa lo que se busca es aprovechar la oportunidad y el momento de disrupción tecnológica en el que se encuentra la industria a nivel global, y mejorar la posición competitiva de España respecto al resto de economías.

A nivel nacional, las comunidades autónomas que más hincapié están haciendo en la adopción de la Industria 4.0 como nuevo modelo de gestión y de desarrollo son el País Vasco y Cataluña principalmente.

El Gobierno Vasco está siendo una de las administraciones europeas pioneras en aplicar las directrices europeas que ven necesario concentrar los recursos e inversiones en áreas donde existen claras uniones con las capacidades productivas existentes y potenciales de cada región y país. (Agencia Vasca de la Innovación, 2015)

6. Tecnología 4.0

Con la definición aportada anteriormente podemos centrarnos en los puntos clave de la misma.

Las fases de cualquier industria serán digitalizadas de principio a final lo que dará lugar a unas instalaciones totalmente autónomas y unas cadenas de producción auto-gestionables.

Así mismo, esta industria se encontrará integrada, es decir, conectará el mundo físico con el virtual lo que significará la conexión e interacción dinámica entre todos los objetos, personas y sistemas, formando así “Sistemas Ciberfísicos” (CPS), que sirven de base para que en tiempo real dispongamos de la información y datos generados en los distintos procesos.

Esta conectividad y retroalimentación constante e instantánea posibilitará la optimización y auto organización inmediata del sistema y, por consiguiente, será soporte de una mejora en la toma de decisiones y por tanto de un mejor y más planificado mantenimiento.

Todo esto significa que seremos testigos de la implantación de sistemas inteligentes.

Esta aplicación integral de la inteligencia (“smartización”) a los procesos hace que nazca la Smart Factory, que es otro más de los nuevos conceptos que han surgido de la Industria 4.0.

La idea de fábrica inteligente es que sea la culminación de todo lo que engloba la Industria 4.0, pretende que las fábricas sean capaces de adaptarse de forma continua e inmediata a distintas tareas, cambiar los productos que se fabrican y adaptarlos a las necesidades específicas de cada cliente.

Además, también incluye otras características para que las fábricas del futuro sean más sostenibles e inteligentes.

La Smart Factory es un concepto emergente, no se puede encontrar a día de hoy en cualquier polígono de la ciudad en la que vives.

El proceso está en fase de implantación en las zonas más industrializadas del planeta, empezando por incluir los primeros procesos inteligentes adaptados al mercado actual.

La idea de Smart Factory es alcanzable y realista, y no solo se trata de una fábrica con capacidad de producir de manera autónoma y flexible, sino que incorpora más características:

- Optar por la Robotización:

Uno de los sectores que lideran la robotización es la automoción. Los robots y brazos robotizados están por toda la fábrica mientras que solo veras a personas en las oficinas, para el control y mantenimiento de máquinas.

En el proceso de producción más bien encontrarás pocas personas, solo en contados casos como pueden ser los controles de calidad.

- Apuesta por energías renovables:

Si en el siglo XVIII y XIX las fabricas se localizaban cerca de los ríos o bien cerca de zonas de obtención de energías fósiles, las Smart Factories buscan lo mismo, situarse en zonas donde no les falte energía y está sea barata y renovable.

- Nuevos conceptos infraestructurales:

Podremos ver distintas formas de entender una fábrica muy alejadas de lo que tenemos hoy en día en nuestras mentes. Por ejemplo, fábricas subterráneas con un impacto ambiental mínimo.

La transición hacia la Smart Factory será cuestión de tiempo y de que alguien dé el primer paso.

La “smartización” nace de la mezcla entre la instrumentación digital combinada con software avanzado a lo largo del conjunto de las instalaciones.

Ello permite trabajar con grandes volúmenes de datos, proporcionando información, lo que a su vez deriva en la capacidad de:

- Optimización de redes y de mantenimiento preventivo.

Logramos una mayor eficiencia en los equipos debido a la coordinación entre los equipos y la constante información del estado de ellos, pudiendo anticiparnos y detectando cualquier desviación o fallo en el sistema, garantizando así su fiabilidad.

- Recuperación del sistema

Obtenemos la capacidad de restaurar rápida y eficazmente el sistema tras sufrir el impacto de accidentes o grandes tormentas.

Incluso poder divisarlos y aislar los equipos para evitar un efecto dominó, por ejemplo, si sabemos que la bomba de combustible del auxiliar 1 no está funcionando correctamente, podremos cambiar el auxiliar antes de que esto produzca más problemas.

- Aprendizaje

Agregación de conocimiento proveniente de experiencias de funcionamiento pasadas que permitan aumentar la velocidad de respuesta, incluso hacerlo de forma autónoma creando una base de datos. (Quonext, 2018)

Cualquier elemento del sistema también será conocedor de los parámetros establecidos que delimitan su correcto funcionamiento, de tal forma que pueden reconocer signos de desgaste y facilitar su mantenimiento.

Para poder comprender mejor este tema se analizarán, los principales elementos.

6.1 TÉCNICAS EXISTENTES DEL 4.0

6.1.1 Internet Industrial de las cosas (Industrial Internet of things, IIoT):

Fue nombrado así por primera vez por Kevin Asthon en 1999, que entonces trabajaba en P&G. Aunque el término fuera nuevo, no lo era la tecnología.

Apareció a principios de los 90 pero no se popularizó hasta mucho después debido a la necesidad de almacenamiento, que entonces resultaba muy caro. Es con la aparición de la Nube, y el desarrollo de la tecnología que permitía generar datos de un tamaño menor, cuando comienza a ser explotado completamente y se comienza a ver su uso frecuente. (Nextu, 2017)

No existe una definición concreta del IOT todavía, pero sabemos que supone, como su nombre indica, dotar de conexión a internet a los objetos. Hay expertos que indican que se podría dotar de conexión a todo elemento que contenga un botón de encendido y apagado, y es cierto que en los últimos años el número de objetos conectados se ha visto aumentado considerablemente.

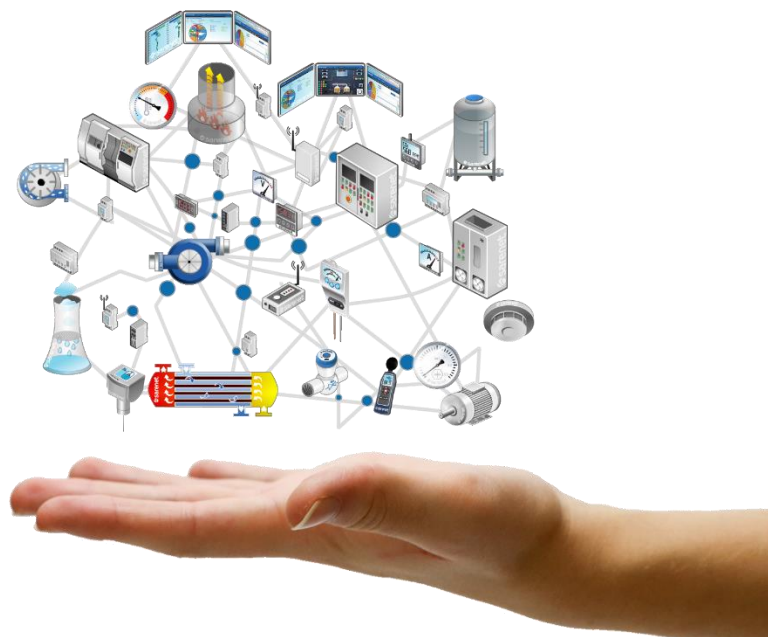


Figura 6 – IIoT (Spri, 2017)

Una de las principales ventajas que supone el internet de las cosas es la relación que se establece entre ellas, pues, además de cosa-persona, también tendríamos relación cosa-cosa, de manera que no haga falta la intervención de una persona para que se realicen ciertas tareas, o se procese una información.

De esta manera podemos automatizar tareas sencillas, sin necesidad de la intervención de una tercera parte.

Esta tecnología es capaz de recabar una cantidad mucho mayor de datos para la optimización o el seguimiento del proceso de producción, a los que antes no podíamos acceder.

Uno de los elementos claves para el desarrollo del IOT y que resulta también de gran importancia para la Industria 4.0 son los sensores.

Existe una gran variedad de tipos de sensores en función de las variables que miden o detectan, como podemos ver en la siguiente enumeración:

Según el tipo de parámetro variable:

- Resistivos
Variación de la resistividad o de la conductividad en conductores, semiconductores y aislantes a partir de la magnitud a medir.
Ejemplos:
Campo magnético (magnetorresistencias)
Luz (Fotorresistencias)
Concentración de gases, etc

- Capacitivos
Variación de la constante dieléctrica, la separación entre placas o el área de las placas a partir de la magnitud a medir.

Ejemplos:

Sensores de desplazamiento

Proximidad

Presión

Nivel

Humedad

Fuerza

Inclinación, etc.

- Inductivos

Ejemplos:

Sensores y detectores de desplazamiento

Velocidad

Aceleración

Presión

Caudal, flujo, nivel, fuerza, etc

- Magnéticos

Producción de voltajes o corrientes inducidas a partir de magnetismo por aplicación o creación de esfuerzos mecánicos (efecto Villari), campos magnéticos intensos (efecto Wiegand), variaciones de flujo magnético (efecto Faraday), campos magnéticos ortogonales (efecto Hall), calor (efecto Ettingshausen), etc.

Ejemplos:

Sensores de velocidad lineal (LVS),

Caudalímetros electromagnéticos, etc

- Ópticos

Permiten la producción de señales eléctricas a partir de radiaciones luminosas directamente (ej. fotovoltaico) o indirectamente por variación de la resistencia y otros parámetros eléctricos (ej. fotoeléctricos).

Ejemplos:

Sensores de luz, llama, color y humo, etc

- ...

Según la magnitud o variable física a detectar:

- Posición lineal o angular
 - Caudal y flujo
- Pequeños desplazamientos o deformaciones
 - Temperatura y humedad

Producción de voltajes o corrientes a partir de temperatura, directamente o indirectamente por variación de la resistencia, la aplicación de radiaciones térmicas, etc.

La producción directa de señales eléctricas a partir de variaciones de temperatura se conoce como efecto Seebeck y constituye el principio de funcionamiento de los termopares y de las termopilas.
- Velocidad lineal o angular
 - Tacto o contacto
- Aceleración o vibración
 - Imágenes o visión artificial

Permiten la producción de oscilaciones eléctricas a partir de fenómenos físicos resonantes como vibraciones mecánicas, ondas acústicas en cuerdas o cavidades, ondas superficiales en líquidos o sólidos, radiaciones nucleares, etc.
- Fuerza y par
 - Nivel de sólidos o líquidos

Producción de voltajes o corrientes a partir de esfuerzos mecánicos directamente o por variación de la resistencia.

Ejemplos:

Sensores de fuerza

Torque o par

Presión

Aceleración

Vibración, temperatura, etc.

- Presión
 - Otras variables físico-químicas

Producen señales eléctricas en respuesta a cambios de concentración de sustancias o iones. (industriales, 2013)

- ...

Con el IOT se pretende dotar a estos sensores con tecnologías tales como RFID, NFC o WiFi, de manera que obtengamos la información deseada.

La RFID (Radio Frequency Identification), identificación por radiofrecuencia, es una de las tecnologías más actuales respecto a sensores. Estos sistemas permiten almacenar y leer datos a través de dispositivos con el objetivo de que puedan ser identificados de manera automática por máquinas.

Se utilizan unas “etiquetas” compuestas por un microchip y una antena donde se almacena la información que identifica al objeto o persona (normalmente un número de serie).

Existen los sensores M2M (Machine to Machine), básicamente este sistema tiene como función principal recoger toda la información que no se utilizaba o se perdía por el camino.

Una máquina manda una señal a otra y esta última recaba todos los datos para poder realizar la función para la que se ha creado. (Universidadviu, 2017)

Una de las principales ventajas, y el motivo por el que su uso se ha incrementado tanto en los últimos años es que, estos microchips pueden almacenar no solo tarjetas de identificación sino también instrucciones completas de planes de fabricación, o itinerarios que debe seguir el componente.

Por último, debemos mencionar que también se ha comenzado a utilizar el término IIOT, que se refiere al Industrial Internet of Things. Esta variante implica únicamente que el uso que se le da a la tecnología está centrado en la industria.

6.1.2 Cloud computing

Aunque parece un término sobre un concepto complejo, cloud computing o computación en la nube simplemente hace referencia al acceso y almacenamiento de los datos de trabajo en aplicaciones, servidores y plataformas en la nube. Es decir, a través de internet en lugar de hacerlo en el disco duro de cada ordenador.

En una gran compañía, la infraestructura interna puede ser inmensa, por lo que es de gran valor conservarla y poder abrirla en cualquier momento desde cualquier lugar.

El trabajo en la nube ofrece ciertas particularidades a la hora de trabajar, tanto por la forma en la que se estructuran estas plataformas como por las propias características de Internet.

Entre ellas las más destacadas son:

- Colaboración entre usuarios más fácil:

Con las aplicaciones en la nube se potencia la colaboración entre usuarios al poder acceder de forma fácil a documentos compartidos.

- Trabajo en cualquier lugar:

Con un sistema o aplicación en la nube se puede trabajar desde cualquier lugar a cualquier hora, siempre que se disponga de una conexión a Internet. Además, la mayoría de servicios y plataformas en la nube se están integrando progresivamente a los dispositivos móviles como smartphones y tablets, lo que las hace aún más accesibles.

- Adiós al mantenimiento de equipos:

Esto se refiere, claro está, a infraestructuras internas o servidores, no al hardware que se utilice para acceder a las aplicaciones de cloud computing en sí. No obstante, existen tiempos de mantenimiento de las plataformas que realiza la empresa que proporciona el servicio y que puede entorpecer el ritmo de trabajo de su empresa.

- Rápida implementación de nuevos procesos:

Los servicios en la nube están disponibles para los usuarios de forma casi instantánea. En los casos en los que una migración de datos es necesaria puede tomar un poco más de tiempo, pero la aplicación en la nube estará disponible desde el primer momento tras la instalación. (Ticportal, 2017)

Los principales riesgos del trabajo en la nube residen en dos aspectos: la privacidad y la disponibilidad.

En el caso de la privacidad, muchos usuarios se preguntan de quién son realmente los datos que se alojan en los sistemas en la nube ya que, en ocasiones, los términos y condiciones de estos servicios pueden incluir cláusulas ambiguas al respecto. Además, los datos que se producen dentro de estas plataformas pueden verse en cierta forma como propiedad de las empresas que

los alojan, como ya ha ocurrido con sistemas de almacenamiento que han sido hechos responsables de los materiales que sus usuarios alojaban.

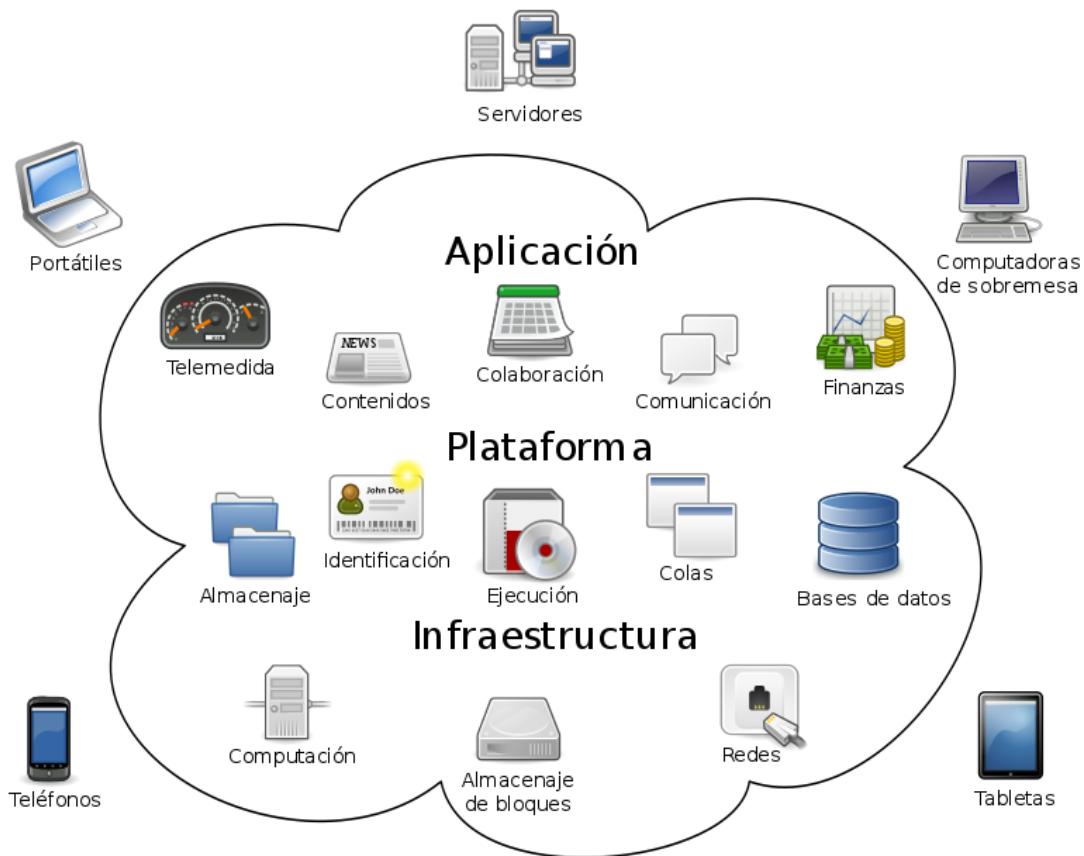


Figura 7 -Cloud computing (Ticportal, 2017)

Por otro lado, la disponibilidad de estas plataformas es otro riesgo a tener en cuenta. Aunque la mayoría de ellas tienen casi un 100% de tiempo disponible, no hay que olvidar apagones como los de 2012 o 2014, que apagaron servicios como Dropbox, Gmail, Adobe, Evernote, iCloud y parte de Microsoft, entre otros. Estos apagones suelen ser breves, pero para una empresa que tenga todos sus sistemas en la nube puede suponer pérdidas millonarias, aunque sean tan sólo unos minutos. (Ticportal, 2017)

6.1.4 Sistemas ciberfísicos (CPS)

Para que el IoT funcione necesita el concurso imprescindible de un intermediario entre el mundo físico y el virtual, que son los denominados Sistemas Ciberfísicos (CPS o Ciber Physical Systems).

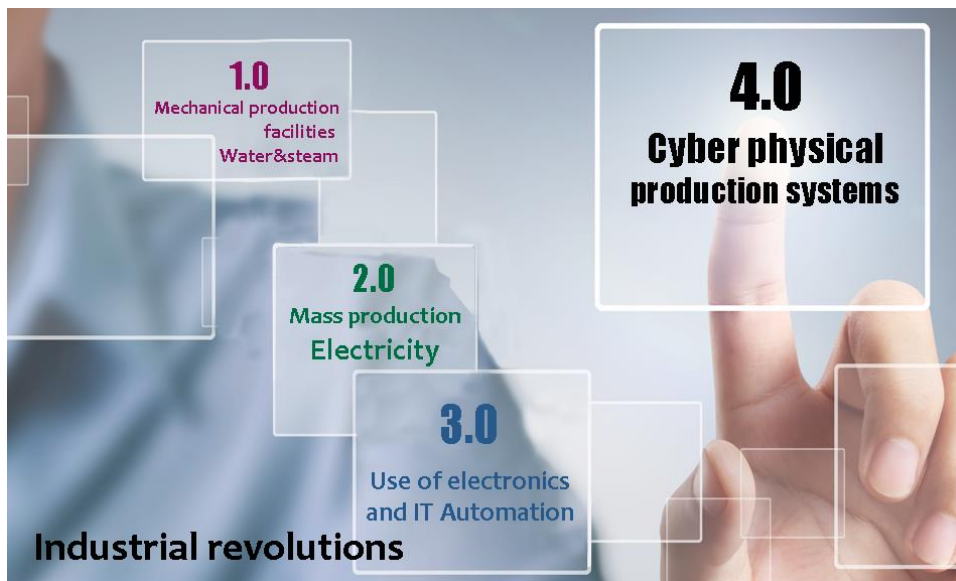


Figura 8 - Sistemas Ciberfísicos (Grupogaratu, 2017)

En palabras sencillas, un CPS es todo aquel dispositivo que integra capacidades de computación, almacenamiento y comunicación para controlar e interactuar con un proceso físico.

Los sistemas ciber-físicos están, normalmente, conectados entre sí y a su vez conectados con el mundo virtual y las redes digitales globales.

Los CPS se centran principalmente en la comunicación, informática y control, y por lo general trabajan en bucle.

Se pueden aplicar principalmente en los sistemas de transporte, automóviles, fábricas, procesos industriales, hospitales, oficinas, hogares, ciudades y dispositivos personales, configurando una nueva generación de elementos interconectados.

Estos sistemas interconectados intercambian datos en tiempo real a través de Internet, conformando sistemas mayores.

Por tanto, podríamos definir un CPS como un sistema en tiempo real que no sólo siente y actúa sobre un proceso físico, sino que además varía su procesado en función de las condiciones y parámetros variables del proceso físico.

Por ejemplo, el caso de un frigorífico que detecta y avisa cuándo un producto va a caducar, o cuándo se está acabando, incluso realizar él mismo la compra.

Por ello llevándolo al mantenimiento detectaría y avisaría cuando un elemento se está desgastando, además de realizar el mismo el pedido.

Los sistemas CPS engloban tecnología, software, sensores, procesadores y técnicas de comunicación que, como sucede en el ejemplo, permiten la interacción entre los objetos físicos (frigorífico) y el mundo computacional por medio de redes.

La diferencia básica entre el IoT y los CPS es que se reconoce al IoT como una infraestructura que recoge información en el mismo espacio físico, o sea, conecta objetos entre sí como por ejemplo un reloj inteligente con un teléfono inteligente, pero en el propio ámbito físico.

Por su parte, los CPS utilizan sensores y conexión a la nube para ajustar activamente una cosa u objeto físico a un estado actual, creando una unión entre entidades del espacio físico y virtual mediante la integración analógica y hardware computacional.

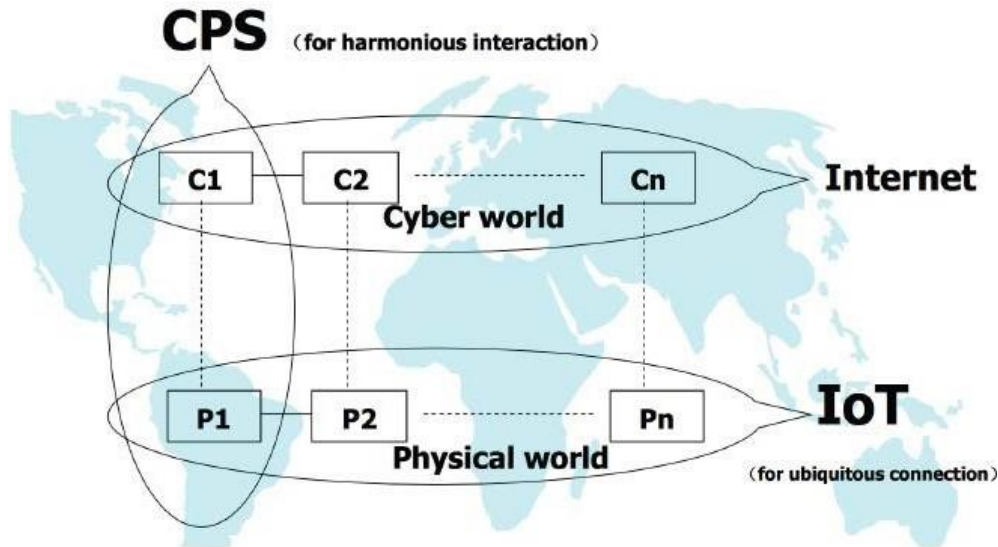


Figura 9 – CPS (Grupogaratu, 2017)

6.1.5 Datos masivos (Big Data)

La creciente necesidad de recabar información y las tecnologías que hemos mencionado junto con el IOT, han hecho que se llegue a la necesidad de procesar y almacenar lo que se ha denominado como datos masivos o Big Data.

Al tener tantos dispositivos conectados el flujo de información ha crecido de forma exponencial, por lo que los sistemas anteriormente existentes ya no son capaces de soportar dicha cantidad de información.

Al hablar de Big Data, nos referimos, por tanto, no a una cantidad de información determinada, sino a que la cantidad de información de la que disponemos no puede ser tratada como se ha hecho tradicionalmente en las empresas.

Uno de los problemas que supone es que, no solo nos referimos a una gran cantidad de datos, sino que son de todo tipo, por lo que la variedad es un factor importante también que hace que los datos necesiten ser procesados de manera diferente.

Otra de las características más importantes es que, dichos datos se toman en tiempo real y por lo tanto a gran velocidad, lo que supone un nivel más de complejidad a la hora de la lectura de dichos datos.

Actualmente todas las grandes empresas disponen de grandes bases de datos en las que se almacena toda esta información, y el reto para la Industria 4.0 será hallar la manera adecuada de tratarlos de manera que se obtenga el beneficio esperado de ellos.

6.1.6 Fabricación aditiva e Impresión 3D.

La fabricación aditiva (también conocida como impresión 3D) consiste en la fabricación de piezas a partir de un modelo 3D, como podemos ver en la figura 10, sin necesidad de moldes ni utillajes de ningún tipo, mediante la deposición de capas de material y su posterior consolidación, que puede realizarse mediante sinterizado láser, curado por luz ultravioleta o adición de un aglomerante, dependiendo de la tecnología.

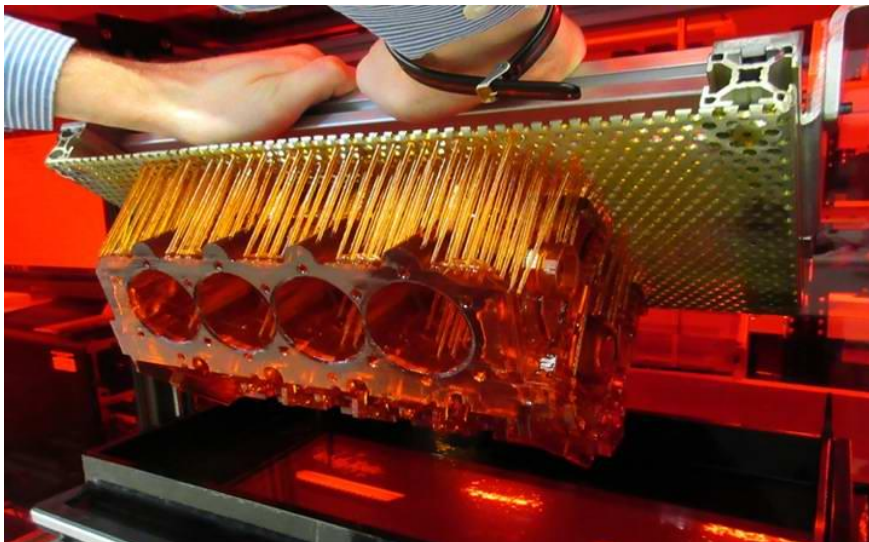


Figura 10 - Impresión 3D (PlasticDreams, 2017)

Se trata de otro de los campos en los que se comienzan a aplicar nuevas tecnologías. Aunque es menos visible, ya que otros sectores tienen más difusión mediática, en el sector de los materiales se comienzan a desarrollar mejoras respecto a lo que hemos visto hasta ahora.

Uno de los ejemplos más claros en la fabricación aditiva.

En sus inicios se trataba de una manera de fabricación muy costosa y cuyos materiales disponibles eran muy escasos, sin embargo, actualmente se dispone de más de 60 tipos de materiales compatibles con dicha forma de fabricación.

La flexibilidad que permite esta gama de productos hace que la utilidad de las impresoras 3D se vea aumentada considerablemente, y de hecho ya se utiliza en muchas empresas como medio para obtener prototipos rápidos con los que se puedan realizar pruebas posteriormente reduciendo tanto el tiempo de concepción como de fabricación y por tanto los costes finales de los prototipos obtenidos.

Entre las ventajas que ofrece esta tecnología están el poder reproducir cualquier geometría imaginable, ofrecer una respuesta inmediata a las cambiantes necesidades del mercado y atender la creciente demanda de diferenciación y personalización de los productos por parte de los consumidores. (Prodintec, 2017)

6.1.7 Ciber seguridad

En el contexto de la cuarta revolución industrial, la seguridad es uno de los temas más conflictivos e importantes.

El hecho de contar con un sistema totalmente basado en las conexiones, bases de datos masivas y estar apoyados en Internet, para el funcionamiento de las empresas hacen que éstas se conviertan en un blanco fácil para los ciberataques.

El problema que esto supone para la seguridad, la confidencialidad de los datos, así como el funcionamiento general de las empresas hace que la ciber-seguridad suponga uno de los principales retos que deben conseguirse para el desarrollo de las industrias del futuro.

Los softwares y barreras informáticas que están actualmente en desarrollo deberán ser suficientemente complejos para que el acceso a ellos desde el exterior sea imposible, y que por lo tanto los datos de la empresa estén seguros.

Esta es una de las principales críticas que recibe la Industria 4.0 debido a que la idea de tener todos los datos conectados a través de la red puede dar una sensación de inseguridad y por lo tanto nos sentimos reacios a implantar sistemas como los que hemos descrito previamente.

Aunque podríamos seguir describiendo tecnologías en las que se basa la Industria 4.0, las mencionadas previamente son las más importantes a tener en cuenta y en las que cualquier industria 4.0 debe tener en cuenta.



Figura 11 – Ciberseguridad (Electrónica, 2016)

De acuerdo con la idea principal que se viene desarrollando a lo largo del trabajo, las principales características de en nuestro caso, los buques inteligentes (Smart Ship) son: conectividad, flexibilidad, descentralización, predicción y transparencia. (Grupogaratu, 2017)

A continuación, se exponen y analizan en profundidad cada una de ellas.

“Una máquina, un proceso, hasta una persona, es un conjunto de subconjuntos que están conectados entre sí” (David Sánchez). Es decir, en el buque 4.0 todos estarán interconectados gracias al Internet de las Cosas (IoT) y los Sistemas Ciberfísicos (CPS), permitiendo la comunicación e intercambio de información entre todos ellos.

Tradicionalmente, la totalidad de componentes que integraban las plantas productivas se comportaban como bloques aislados o células individuales, sin embargo, en los buques del futuro, éstos se convierten en nodos de red inteligente.

Estos nodos agregarán información constantemente, tanto del estado de los productos como de las máquinas y de los procesos, funcionando así, como una “comunidad cooperativa”.

Se busca conseguir todo esto de una manera sencilla, de ahí que se esté empezando a utilizar el concepto de “conectar y listo” (“*plug & play*”) como idea base que guíe la construcción, el funcionamiento y la gestión de las instalaciones.

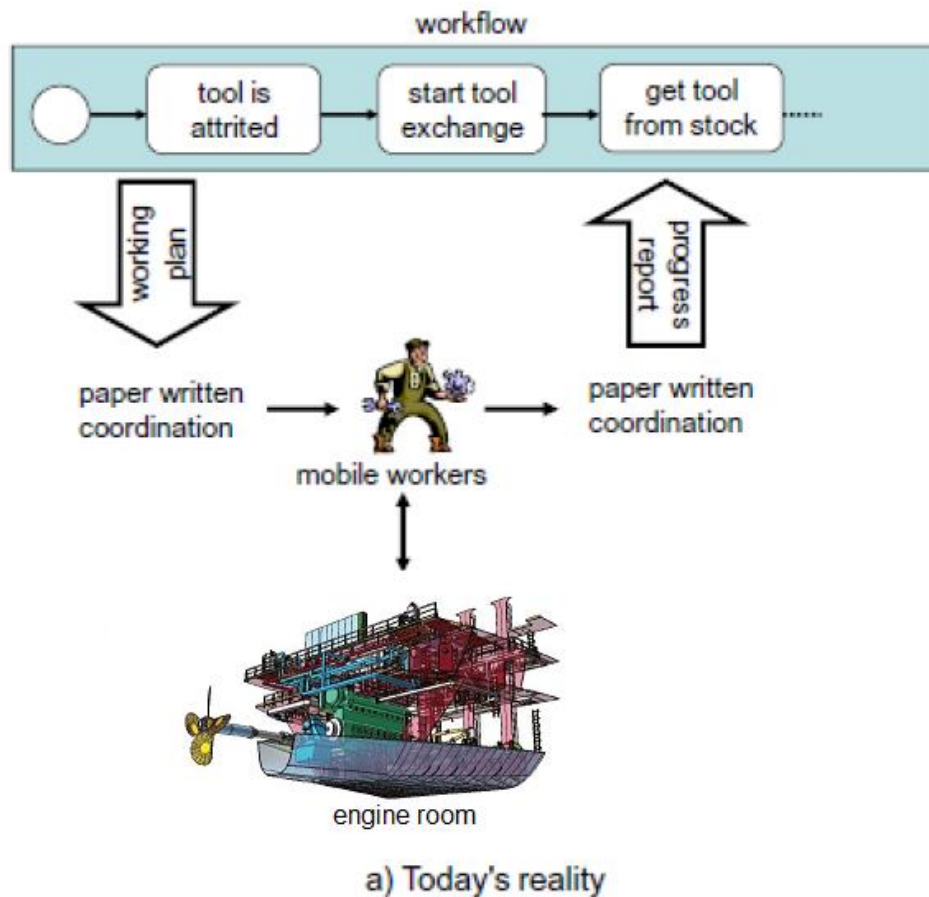
Esta conectividad va a permitir llevar a cabo la monitorización de los procesos, ofreciendo información necesaria para mejorar la actividad de los componentes, facilitando su ajuste, control y optimización de manera automática y, en definitiva, que la cohesión entre todos los resultados, sirvan de soporte a la decisión.

6.1.8 Smart Workflows

Los Smart Workflows (SW) son sistemas conscientes del contexto en el que se trabaja, es decir que, captan información de elementos reales para después poder controlarlos y ejecutarlos de manera automática.

Existen diversos estudios enfocados a la utilización y el desarrollo de este tipo de sistemas, debido a la gran cantidad de mejoras que su implementación lleva implícitas.

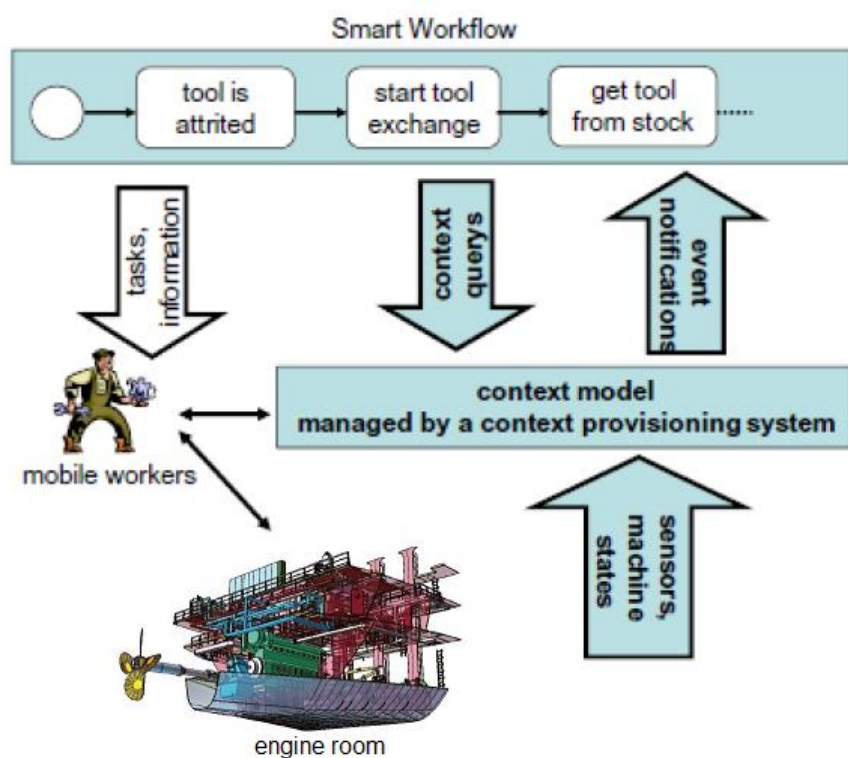
A continuación, vamos a tratar de plasmar su funcionamiento, así como las problemáticas que surgen a la hora de su puesta en marcha y las mejoras que se pretende conseguir.



Se pretende pasar, como podemos ver en la figura, de un sistema que se apoya en los trabajadores a otro controlado por el modelo contextual y un sistema de provisión.

El principal problema al intentar llevar a cabo este tipo de modelos es establecer el grado de complejidad.

Se debe llegar a un término medio en el que el sistema sea suficientemente sencillo como para poder ser utilizado por todos los perfiles que van a necesitarlo, así como para su modificación o mejora, pero de igual manera debe tener un grado de complejidad suficiente como para ser representativo de la realidad, y capaz de controlar el sistema real.



b) Vision of Smart Workflows

Una de las soluciones propuestas es la creación de Procesos de Integración (IPs), que derivan unos de otros. Los IP permiten crear una interfaz más sencilla y concreta, por lo que son de aplicación específica según el dominio en el que se trabaja. Gracias a ellos, podemos crear una jerarquía suficiente para todos los tipos de perfiles.

La utilidad de este tipo de sistemas recae en la capacidad de automatización de tareas simples que podríamos llevar a cabo, gracias a la implantación de

sensores podríamos automatizar el pedido de una nueva herramienta cuando la que usamos presenta signos de degradación, o el pedido de material cuando el nivel de stock comienza a disminuir entre muchas otras.

Como resultado, evitaremos paradas de nuestro sistema debido a falta de material, o a problemas logísticos como puede ser que hayamos realizado un pedido demasiado tarde.

Esto ofrece la posibilidad de realizar un mantenimiento adelantándonos a que el elemento se desgaste por completo y que pueda realizar una reacción en cadena.

En lo que tiene que ver en el mantenimiento y en base a lo que se ha tratado anteriormente, podemos ver tres tipos de aplicaciones de la Industria 4.0 al mantenimiento, o tres tipos de casos.

En primer lugar, estarían los casos referidos a los procesos, los que tratan la planificación y los que tratan la optimización en un sentido más teórico.

Dentro del primer grupo, estarían todos aquellos en los que la implantación de la industria 4.0 ha supuesto un cambio en el proceso, como puede ser a través de la utilización de nuevos materiales, o a través de la inclusión de tecnologías en la sala de máquinas.

Este tipo de aplicaciones y tecnologías buscan facilitar las tareas de la tripulación a bordo y hacer que se necesiten mucho menos volumen de documentación y material físico, ya que se centralizaría en el sistema de información.

Algunos de los beneficios obtenidos por este tipo de aplicaciones como hemos visto, son las reducciones de tiempo necesario para detectar averías, mejora de los procesos de mantenimiento y detección de fallos...etc.

En segundo lugar, encontramos los casos aplicados a la planificación. Dentro de este grupo quedarían englobados los sistemas que tienen como objetivo la búsqueda de la manera de aplicar estas mejoras técnicas a la planificación del mantenimiento, realizando este de manera adecuada y ordenada según el orden de necesidad.

Además, esto ayudaría a problemas relativos a la agilidad del proceso en sí.

Por último, los casos de optimización representan al estudio matemático de los problemas.

En estos casos, la aplicación del Big Data, así como del IOT, proporcionan todo un nuevo campo de posibilidades a las que recurrir para conseguir optimizar los sistemas, que evolucionan cada vez más hacia sistemas más complejos en los que la combinación de múltiples tipos de organización de mantenimiento, así como de los diversos equipos que se pueden mejorar para optimizar el proceso hacen que se requiera un estudio profundo de la concepción y planificación del mantenimiento.

6.1.9 Inteligencia artificial (IA) en la Industria 4.0

En el ámbito de la inteligencia artificial existen dos aproximaciones: podemos construir sistemas que actúan de forma inteligente (IA simbólica), donde el objetivo es obtener resultados inteligentes o sistemas que directamente piensan de forma inteligente (IA subsimbólica), cuyo objetivo es reproducir procesos mentales de los seres inteligentes (redes neuronales artificiales).

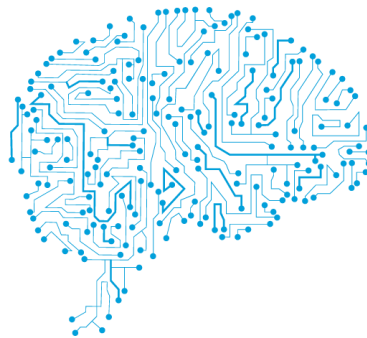


Figura 12 - Inteligencia artificial (Grupogratu, 2017)

Por tanto, los simbólicos, no se esfuerzan en simular comportamientos o razonamientos humanos, sino que directamente buscan lograr un resultado inteligente.

Sin embargo, a partir de los 80 el progreso en la IA simbólica empezó a decrecer y muchos creyeron que los sistemas simbólicos nunca serían capaces de imitar los procesos de la cognición humana; especialmente la percepción, la robótica, el aprendizaje y el reconocimiento de patrones. Desde entonces, muchos investigadores empezaron a fijarse al enfoque subsimbólico para resolver problemas.

Durante la última década, la inversión en investigación ha dado sus frutos y actualmente coexisten varios algoritmos capaces de simular y llegar a soluciones inteligentes resolviendo problemas complejos y que han hecho posible el mundo tecnológico donde vivimos.

6.1.9.1 Algoritmos de IA (Inteligencia artificial)

Para simplificar, a continuación, se describirán a grandes rasgos, los algoritmos de Soft Computing más usados en la actualidad. Teniendo claro que Soft Computing es la rama de la IA que emplea algoritmos para poder resolver problemas con información incompleta o inexacta.



Figura 13 – IA (Grupogratu, 2017)

6.1.9.2 Lógica difusa

La lógica difusa permite a los programas informáticos distinguir entre valores que se sitúan entre lo verdadero y lo falso. Es capaz de diferenciar entre “frio, templado y caliente” mediante el uso de modelos matemáticos y por ende, muy útil a la hora de realizar máquinas que sean capaces de asimilar información difícil de definir.

Uno de los objetivos más importantes de los sistemas basados en lógica difusa es reproducir la toma de decisiones humanas, pero de forma más rápida. Son tolerantes a ruido en la entrada de datos y actualmente se encuentran muy extendidos en nuestra sociedad.

Por ejemplo, las lavadoras inteligentes o los sistemas de aire acondicionado los utilizan. Por ejemplo, la lavadora, si detecta alguna avería llama al servicio técnico o incluso elige el programa de lavado según el tipo de prenda que tenga en su interior. (Grupogratu, 2017)

.

6.1.3 Algoritmos Bio-Inspirados

Se trata de una de las áreas de la IA con más potencial. Mediante métodos tradicionales, muchos problemas de optimización son imposibles de resolver y necesitan del uso de algoritmos evolutivos basados en la naturaleza para llegar a soluciones óptimas.

Inspirados en los principios darwinianos, estos algoritmos simulan los mecanismos existentes en la evolución de los seres vivos como la selección natural y la reproducción.

Son tenidos muy en cuenta debido a su potencial para resolver problemas complejos, siendo utilizados con frecuencia en aplicaciones relacionados con la asignación de recursos, clasificación de patrones, planificación de procesos u optimización de máquinas, debido a que tienen la capacidad de descubrir nueva información y compararla para recoger la más idónea. (Grupogratu, 2017)

6.1.9.4 Razonamiento Probabilístico

La teoría de la probabilidad hace uso del teorema de Bayes, enunciado por Thomas Bayes en 1763. Expresa la probabilidad condicional de que ocurran determinados hechos, teniendo en cuenta relaciones probabilísticas entre sucesos que han ocurrido previamente.

Por ejemplo, si disponemos de la cantidad adecuada de ejemplos históricos de datos, podemos saber la posibilidad de tener incrustaciones en la caldera si se tiene un mal funcionamiento del evaporador o una mala dosificación de química.

La importancia que tienen para todas las áreas de la ingeniería es mayúscula, al poseer un vínculo tan estrecho con la probabilidad de aspectos casuales dado el efecto observado. (Grupogaratu, 2017)

6.1.9.5 Redes Neuronales Artificiales

Ser capaces de procesar la información como lo hace el ser humano ha sido un objetivo que los científicos han perseguido desde prácticamente el inicio de IA.

Las redes de neuronas artificiales son un paradigma de aprendizaje automático inspirado en la forma en la que trabaja el sistema nervioso biológico, en el que millones de neuronas trabajan en equipo mediante interconexiones y producen salidas a estímulos recibidos.

Se caracterizan por gozar de propiedades como la capacidad de aprendizaje a partir de ejemplos.

Al emular el funcionamiento del cerebro humano, poseen en muchos casos, características parecidas.

Son capaces de extraer características esenciales a partir de entradas que presentan información irrelevante, aprender de la experiencia y generalizar casos anteriores a nuevos casos.

Son, por tanto, especialmente adecuadas para aplicaciones donde ningún modelo matemático identificable pueda ser programado. (Grupogaratu, 2017)



Figura 14 - Redes neuronales (Grupogaratu, 2017)

Se han utilizado para hacer predicciones en el mercado financiero, patrones de fraude económico, hacer predicciones de tiempo atmosférico y generalmente para problemas de clasificación y reconocimiento de patrones. Se podrían utilizar para predecir el tipo de agua en la que vamos a navegar según la zona y la cantidad de veces que se debería limpiar los fondos.

6.1.9.6 Machine learning

Machine Learning o Aprendizaje Automático es una rama de la Inteligencia Artificial que empezó a cobrar importancia a partir de los años 80.

Es una forma de IA que ya no depende de unas reglas y un programador, sino que la computadora puede establecer sus propias reglas y aprender por sí mismo.

Los sistemas de Machine Learning trabajan sobre grandes volúmenes de datos, identifican patrones de comportamiento y, basándose en ellos, son capaces de predecir comportamientos futuros. De esa forma son capaces de identificar a una

persona por su cara, comprender un discurso, distinguir un objeto en una imagen, hacer traducciones y muchas otras cosas más.

El aprendizaje automático se produce por medio de algoritmos.

Un algoritmo no es más que una serie de pasos ordenados que se dan para realizar una tarea. El objetivo del Machine Learning es crear un modelo que nos permita resolver una tarea dada. Luego se entrena el modelo usando gran cantidad de datos.

El modelo aprende de estos datos y es capaz de hacer predicciones. Según la tarea que se quiera realizar, será más adecuado trabajar con un algoritmo u otro. Los modelos que obtenemos dependen del tipo de algoritmo elegido. Así, podemos trabajar con modelos geométricos, modelos probabilísticos, o modelos lógicos. (BlogThinkBig, 2017)

6.1.9.7 Deep Learning

Las redes neuronales, es una técnica que se inspira en el funcionamiento de las neuronas de nuestro cerebro. Se basan en una idea sencilla: dados unos parámetros hay una forma de combinarlos para predecir un cierto resultado.

Por ejemplo, sabiendo los píxeles de una imagen habrá una forma de saber qué número hay escrito.

Los datos de entrada van pasando secuencialmente por distintas “capas” en las que se aplican una serie de reglas de aprendizaje moduladas por una función peso. Tras pasar por la última capa, los resultados se comparan con el resultado “correcto”, y se van ajustando los parámetros.

En general, cuando hablamos de Deep Learning hablamos de una clase de algoritmos de Machine Learning basados en redes neuronales que, como hemos visto, se caracterizan por un procesamiento de los datos en cascada.

La señal de entrada se va propagando por las distintas capas, y en cada una de ellas se somete a una transformación no lineal que va extrayendo y transformando las variables según determinados parámetros.

6.1.9.8 Aplicación de la inteligencia artificial en Industria 4.0

En la fabricación de hoy en día ya se están empleando estas técnicas avanzadas para el control y optimización de los procesos y líneas de producción, pero también en el análisis y explotación de datos producidos por la empresa.

Se utilizan para sistemas que optimicen su funcionamiento de forma automática según condiciones del entorno o sistemas que aprenden a través del análisis de datos para ofrecer una mejor calidad de trabajo.

Otra área importante en la aplicación de la IA se encuentra en el análisis de datos producidos por la maquinaria, por los sensores y también por los propios procesos.

Estos sistemas Big Data a través de la aplicación de algoritmos avanzados de análisis consiguen aprovechar grandes cantidades de información procedente de fuentes diferentes y ayuda en la toma de decisiones.

La conexión e integración de los sistemas internos de la empresa con plataformas externas permite a las empresas acceder a este tipo de servicios avanzados sin realizar grandes inversiones en nuevos sistemas y en el posterior mantenimiento de los mismos.

7. Evolución del mantenimiento:

El proceso de evolución de un mantenimiento moderno acorde con los nuevos procesos y sus necesidades debe realizarse mediante una estrategia sólida que garantice los resultados deseados con un retorno calculado: no basta con planteamientos teóricos por muy “vanguardistas” que parezcan; para hacer realidad el mantenimiento del futuro hay que desarrollar un plan con fechas, objetivos y retornos en varios frentes.

Debemos por tanto tener en cuenta cuestiones como:

- La concepción del Mantenimiento

- El diseño de políticas Preventivas y Predictivas
- Los procesos de Trabajo
- Los recursos humanos y los técnicos
- Sistemas de Información inteligentes

Se habla frecuentemente de la Revolución Tecnológica y su impacto en el empleo y, la gran oportunidad para los profesionales de Mantenimiento es que la profesión saldrá claramente potenciada. El Mantenimiento Avanzado es la base de la Industria del futuro.

Dentro de este proceso de innovación de los buques y la industria, debe reservarse un espacio a las habilidades y organización de los trabajadores.

La posibilidad de ejecutar un control in situ, transformará, no sólo el proceso de trabajo, sino también el contenido y ambiente del mismo y, por consiguiente, hará evolucionar significativamente el perfil de los trabajadores.

En el futuro, se espera liberar a los empleados de la realización de actividades repetitivas, encaminándolos hacia otras que proporcionen mayor valor añadido, y por tanto que éstos tengan mayor nivel para gestionar la complejidad, iniciativa, así como capacidades de toma de decisiones y resolución de problemas, que les permitan la realización de sus nuevas tareas.

Para llegar a este punto, se necesita personal formado y empezar por organizar el trabajo de tal forma que se fomente el aprendizaje, es decir, lograr la combinación del diseño de un nuevo trabajo con el desarrollo profesional de la tripulación o del trabajador.

Aplicar “4.0” dirigirá el sistema de trabajo hacia una orientación socio-técnica que permitirá la formación continua del empleado, así como la creación de un entorno

amigable, debido a que las operaciones más monótonas o repetitivas serán realizadas por el 4.0.

En este sentido, se ha puesto en marcha un proyecto dentro del marco europeo Horizonte 2020, denominado “Facts4Workers”, cuyo objetivo radica en la mejora del grado de satisfacción de los empleados en relación con el desempeño de su trabajo, a través del manejo de herramientas TIC que faciliten sus labores. (Ticnegocios, 2018)

El diagnóstico inteligente es una herramienta que nos permite detectar fallos de manera más rápida y precisa reduciendo el tiempo de diagnóstico.

Existen varias investigaciones de sistemas de diagnóstico inteligente para motores basados en redes neuronales, mediante inteligencia artificial para determinar el estado técnico de operación del mismo.

Con la implementación de redes neuronales artificiales lograron diagnosticar el motor y mantenerlo en buenas condiciones de operación e implementando este sistema a los motores se logrará la reducción de los costes de mantenimiento, al aumentar la disponibilidad de los motores gracias a la identificación y corrección de problemas de manera oportuna.

La inteligencia artificial es aplicada al mantenimiento preventivo y/o correctivo de los motores para el correcto diagnóstico de fallos, en su trabajo toman en cuenta los sistemas de admisión y escape del motor considerando que estos son como los sistemas que presentan los fallos más frecuentes.

Su software está diseñado para diagnosticar de dos maneras la avería, primero mediante los códigos de avería o segundo mediante síntomas que presenta el motor ante el fallo.

Con el desarrollo de este sistema experto que es basado en el conocimiento de varios expertos que poseen una extensa experiencia en su área del conocimiento, el sistema experto ayuda a los usuarios de escasa experiencia en el diagnóstico de motores realizar el diagnóstico actividad de manera más rápida y exacta.

Con la ayuda de este sistema se facilita al personal de operación y mantenimiento, analizar el objeto de mantenimiento, evaluar la importancia del equipo y seleccionar el método de mantenimiento.

A continuación, explicaremos con más detenimiento este sistema:

El sistema general de gestión de mantenimiento está compuesto por diversos subsistemas relacionados entre sí.

En este apartado se pretende dar una visión global del sistema para, en apartados posteriores, describir los subsistemas que lo conforman. Se trata también de relacionar el sistema con los diversos sistemas que se integran como el seguimiento de estado, diagnóstico de fallos, etc.

En primer lugar, se definirán los parámetros que intervienen en el sistema.

A partir del estudio de los sistemas de gestión, se determina que los tipos de mantenimiento a utilizar serán los descritos en la tabla.

TIPO	DESCRIPCIÓN
Preventivo	Mantenimiento programado basado en calendario
Predictivo	A partir del seguimiento de estado, basándonos en estado de salud del componente.
Correctivo (diagnóstico fallos)	A partir del diagnóstico de fallos, basándonos en fallos declarados.
Correctivo (inspecciones)	Basado en las conclusiones de los técnicos tras revisiones periódicas.
Proactivo	Estudios de mejora de componentes, piezas, máquinas, etc.

Podemos ver así que el sistema debe considerar estos tipos de mantenimiento como entradas. Al momento de tener una base de datos se tienen diferentes factores que intervienen en la respuesta del sistema.

Dichos factores de estudio se pueden clasificar en diferentes variables.

Las variables de entrada, también llamadas variables de estudio, son las que influyen en las variables de salida.

Podrán existir dos momentos en los que se produzca mantenimiento correctivo, uno a partir de un diagnóstico de fallos y otro después de que en una inspección se llegue a la conclusión de que necesita ser reparado.

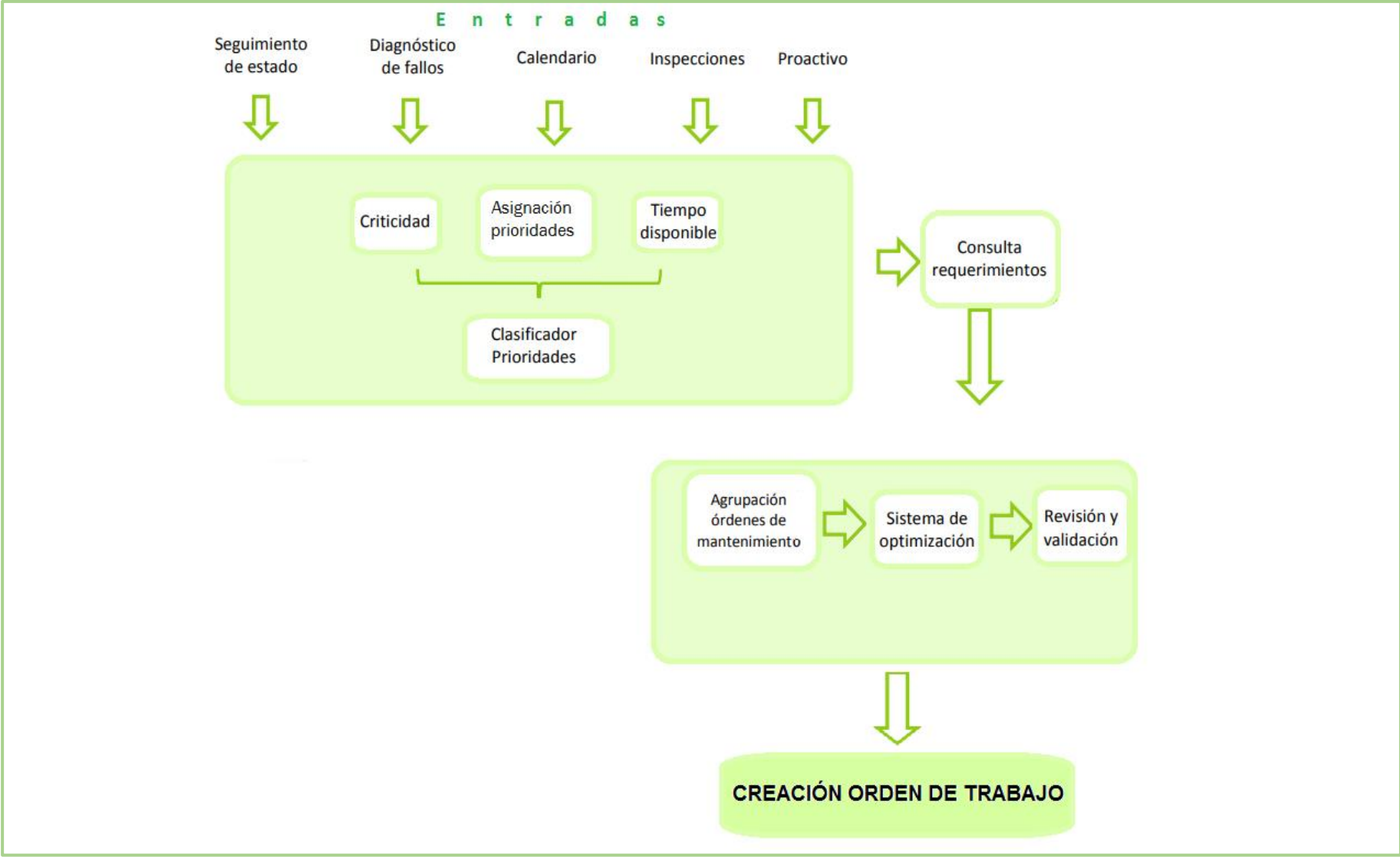
Como se ha dicho anteriormente, las entradas al sistema serán las proporcionadas por los diversos métodos de mantenimiento.

Estas entradas deberán indicar la criticidad del fallo y el tiempo disponible para la reparación.

Entendiendo criticidad del fallo como un indicador proporcional al riesgo. Esto permite que establezcamos una jerarquía, dando prioridad a una serie de procesos, sistemas o equipos.

Así conseguimos realizar una estructura para ayudar en la toma de decisiones, enfocando los esfuerzos/recursos al equipo más importante o necesario.

El tiempo disponible, será el tiempo necesario para la reparación si la alarma proviene de un sistema de diagnóstico de fallos, es decir, que el fallo o avería ya se ha producido, o el tiempo antes de que se produzca un posible fallo de cualquiera de los otros sistemas.



Explicando de manera genérica el esquema anterior, cuando disponemos de la información necesaria, pasamos a asignar una prioridad a cada una de las alarmas de mantenimiento que se genera. A esta etapa, la consideraremos de asignación de prioridades.

El siguiente paso dentro del esquema general, sería clasificar las alarmas según sus prioridades, para poder trabajar posteriormente con ellas de una forma más clara y accesible.

Se propone por lo tanto la agrupación en montones de cada prioridad, y dentro de cada clasificador organizar las tareas según el tiempo disponible. Este apartado será considerado como clasificador de prioridades.

Pasamos a continuación al subsistema de agrupación de órdenes de mantenimiento, que consiste en analizar las posibilidades de transporte, órdenes de mantenimiento, costes, etc. y agrupar las órdenes según estos parámetros.

Una vez disponemos de estas opciones, el subsistema de optimización seleccionará, la opción más adecuada de orden de trabajo. Será el subsistema de creación de órdenes de trabajo el que se encargue de recopilar la información de los apartados anteriores y establecer la orden de trabajo.

Entradas:

Se van a analizar por separado los parámetros que debe transmitir cada una de estas entradas al sistema. Estos parámetros deben proporcionar toda la información necesaria para que el módulo de mantenimiento pueda funcionar de un modo completo y adecuado.

- **Seguimiento de estado**

En este punto, se relaciona el módulo de seguimiento de estado con el módulo de mantenimiento.

El módulo de seguimiento de estado examina el estado de los componentes a través de diversos estudios, determina algunos parámetros como el tiempo de vida, los posibles fallos, etc.

Cuando un posible fallo esté próximo a ocurrir, se generará un aviso para el sistema de mantenimiento.

Este bloque necesitará la siguiente información para completar las necesidades del mantenimiento:

- Tiempo estimado disponible hasta la ocurrencia del fallo
- Criticidad del fallo
- Componente al que nos referimos
- Situación del componente dentro de la sala de máquinas
- Código causa-solución
- Material y unidades necesarias
- Cualificación del personal necesario, cantidad y horas a destinar al trabajo
- Coste/hora estimado de la tarea

- **Parámetros para diagnóstico de fallos**

El sistema de diagnóstico de fallos generará avisos para el sistema de mantenimiento una vez ha ocurrido el fallo. A partir de la ocurrencia del fallo, el módulo hace un análisis para determinar su procedencia, evitando así falsos diagnósticos en componentes generados por fallos en otros componentes.

La información que debe transmitir al sistema de mantenimiento será:

- Tiempo estimado adecuado para la resolución del problema
- Criticidad del fallo
- Componente al que nos referimos
- Situación del componente dentro de la sala de máquinas
- Código causa-solución
- Material y unidades necesarias
- Cualificación del personal necesario, cantidad y horas

- Coste/hora estimado de la tarea

- **Parámetros mantenimiento basado en calendario**

El sistema de mantenimiento basado en calendario utiliza las reparaciones y revisiones programadas y planificadas para generar los avisos que servirán de entrada al módulo de gestión del mantenimiento.

Es un módulo más sencillo que los anteriores, ya que no realiza ningún tipo de análisis. El disponer de estos avisos con tiempo suficiente permite planificar adecuadamente el mantenimiento y las tareas a realizar.

Los parámetros a conocer deben ser:

- Tiempo disponible hasta la reparación
- Criticidad del fallo
- Componente al que nos referimos
- Situación del componente dentro de la sala de máquinas
- Código causa-solución
- Material y unidades necesarias
- Cualificación del personal necesario, cantidad y horas de cada tipo
- Coste/hora estimado de la tarea

- **Parámetros mantenimiento basado en inspecciones**

En el mantenimiento basado en inspecciones se tratan los avisos generados a partir de la detección de componentes en estado defectuoso, o elementos en funcionamiento inadecuado.

Esta detección se realiza a partir de las inspecciones periódicas tanto en la maquinaria como en los elementos.

Se trata de una detección inesperada, en la que el tiempo disponible puede ser muy variable, en función del tipo de fallo y tipo de componente.

Al igual que en las entradas anteriores, se deben definir los parámetros a conocer:

- Tiempo estimado adecuado para la resolución del problema
- Criticidad del fallo
- Componente al que nos referimos
- Situación del componente dentro de la sala de máquinas
- Código causa-solución
- Material y unidades necesarias
- Cualificación del personal necesario, cantidad y horas de cada tipo
- Coste/hora estimado de la tarea

- **Parámetros mantenimiento proactivo**

En el caso del mantenimiento proactivo se realizan estudios sobre los componentes, las piezas, etc., con el objetivo de determinar posibles mejoras. Estas mejoras son estudiadas y analizadas, y en caso de ser aceptadas y necesitar algún cambio, enviarían el aviso al sistema de mantenimiento.

En este caso, el tiempo disponible es relativo y dependerá de si el resultado del estudio determina un cambio inmediato o a largo plazo.

La información necesaria para el sistema de mantenimiento será la siguiente:

- Tiempo disponible para realizar las modificaciones.
- Criticidad del fallo
- Componente al que nos referimos
- Situación del componente dentro de la sala de máquinas
- Código causa-solución
- Cualificación del personal necesario
- Coste/hora estimado de la tarea

Los parámetros determinados para cada tipo de sistema de mantenimiento son sólo indicativos, aunque recomendables ya que son parámetros necesarios para el correcto funcionamiento del sistema.

Aun así, el sistema se puede adaptar y modificar en función a los requisitos y necesidades marcadas por la empresa.

Para determinar si existe disponibilidad de material y personal debemos de consultar las bases de datos.

En cuanto a la estimación de coste/hora, se trata de un parámetro fácilmente calculable por el sistema operativo, y muy necesario para el cálculo de los costes del sistema de optimización.

Es más interesante el coste/hora que el coste total de la tarea, ya que al agrupar las órdenes el tiempo de ejecución puede aumentar y por lo tanto los costes también.

En definitiva, estar informado constantemente de cualquier parámetro que nos pueda interesar lleva a tener un barco mejor, un barco donde el mantenimiento resulte más intuitivo y fácil.

8. Implantación del mantenimiento 4.0 en un buque

Un “smart Ship” o buque inteligente es una idea muy amplia de todas las posibilidades que puede contener. Se trata de un buque en el que la automatización se encuentra por encima de los trabajos rutinarios. Evitando así posibles accidentes por confianza de lo repetitivo.

Un buque inteligente trae consigo muchísimas novedades.

Todos los accesorios posibles se tratan de un elemento del futuro por lo que no se sabe a ciencia cierta, cuáles serán los que triunfen en el mundo marítimo.

En un buque inteligente podríamos hablar de:

Una navegación inteligente, que implica la búsqueda de un buque tripulado, manejado, y comandado desde tierra firme. Puede ser una idea utópica, ya que en un buque se trata de navegar, pero ya hay empresas como Rolls-Royce que están realizando estudios de este tipo.

Tiene por objeto convertir en realidad la navegación autónoma y a distancia, de forma que los buques puedan navegar siendo controlados y dirigidos desde tierra firme, como podemos ver en la figura.



Figura 15 - Navegación a distancia (Raúl Villa Caro, 2016)

El presidente de Rolls-Royce Marine, Mikael Makinen, presentó en una conferencia los resultados del primer año del proyecto y explicó que la navegación autónoma es el futuro de la industria marítima.

Comentó que la tecnología para hacer realidad la navegación autónoma ya existe, y que piensa que el “capitán virtual” (ese que atracará el buque desde tierra), está próximo, aunque aún se debe encontrar la manera óptima de combinar esa tecnología con el ambiente marino. (Raúl Villa Caro, 2016)

En teoría la tecnología en desarrollo permitirá un seguimiento a distancia, en tiempo real, de buques por todo el mundo.

Esto posibilitará a las empresas navieras optimizar el conjunto de su flota, lo cual generará importantes reducciones de costes.

Una pequeña tripulación de 7 a 12 personas en tierra, controlaría el funcionamiento de una flota de buques por todo el mundo, utilizando:

- Pantallas interactivas inteligentes
- Sistemas de reconocimiento de voz
- Hologramas y aviones no tripulados de vigilancia para observar lo que está sucediendo a bordo y alrededor de los buques, etc.

Ese seguimiento a distancia en tiempo real de los buques, implicará que los barcos se integrarán más estrechamente en la logística o las cadenas de suministro, permitiendo a las compañías optimizar el conjunto de su flota, para generar ahorros y mejorar la generación de ingresos.

En los próximos meses se llevarán a cabo una serie de pruebas, en Finlandia, de los sensores que montarán estos buques inteligentes.

Las pruebas se harán a bordo del ferry Finferries de 65 metros de eslora.

De los resultados de estas pruebas se extraerán posibles recomendaciones de cara a las sociedades de clasificación, para apoyar el desarrollo del buque. (Exponav, 2018)

La navegación será más segura ya que se podrán tener en cuenta todos los factores desde un puesto de mando capacitado y podrá anticiparse a la prevención de colisiones o cualquier otro supuesto.

Además, desde el punto de vista económico se realizará la ruta óptima teniendo en cuenta las condiciones meteorológicas, las rutas posibles, etc.

En un Smart Ship, además se podrán realizar el procedimiento de amarre de manera automática, el sistema de amarre es uno de los sistemas del buque que menos ha evolucionado durante la historia de la navegación.

Este motivo, unido al gran número de accidentes provocados en operaciones con dicho sistema, ha propiciado que numerosas empresas hayan desarrollado y estén desarrollando sistemas innovadores de amarre, la mayoría de ellos automatizados.

Se están desarrollando un software que permitiese automatizar las operaciones de amarre y desatraque del buque.

Ganchos de liberación rápida, substitutos de los norays actuales. Estos ganchos permiten la liberación de las amarras de forma remota y la monitorización del valor de la tensión de las amarras en tiempo real. (Exponav, 2018)

También se podrá automatizar el desatraque.

Para ello, se establecen una serie de relaciones entre el viento, la corriente y las dimensiones principales del buque, para establecer en cada caso particular cual era la dirección de la fuerza resultante provocada por el viento y la corriente.

Todas estas mejoras e innovaciones y muchas más generarían un buque inteligente, pero además de esto el mantenimiento 4.0.

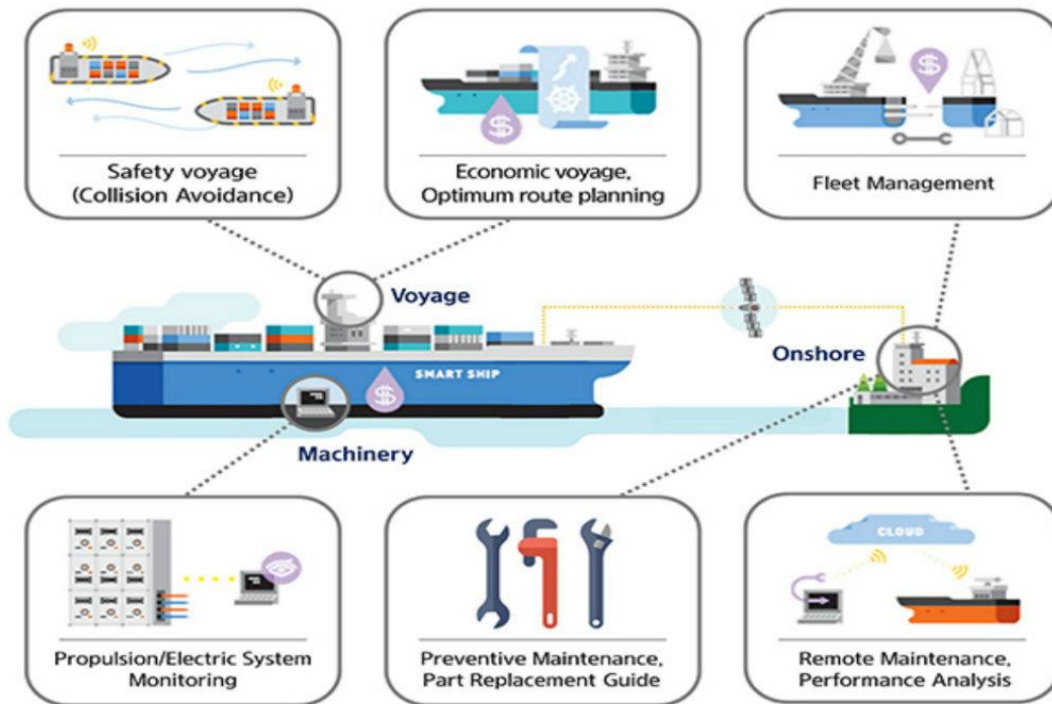


Figura 16 - Smart Ship (MfameTeam, 2017)

A continuación, se realizará un ejemplo del establecimiento de un modelo de mantenimiento 4.0 en un buque tipo.

8.1 Descripción Sala de Máquinas

El buque tipo a realizar la implantación del mantenimiento 4.0 será un buque con dos motores principales y cuatro motores auxiliares.

Contará con depuradoras de fuel y de aceite.

Tendrá una caldera para la aportación de vapor a los equipos.

Compresores de aire de arranque y de aire de control.

Contará con las bombas necesarias para el correcto funcionamiento del buque y de los distintos equipos de la sala de máquinas.

Además, tendrá un generador de agua dulce para la aportación de agua técnica.

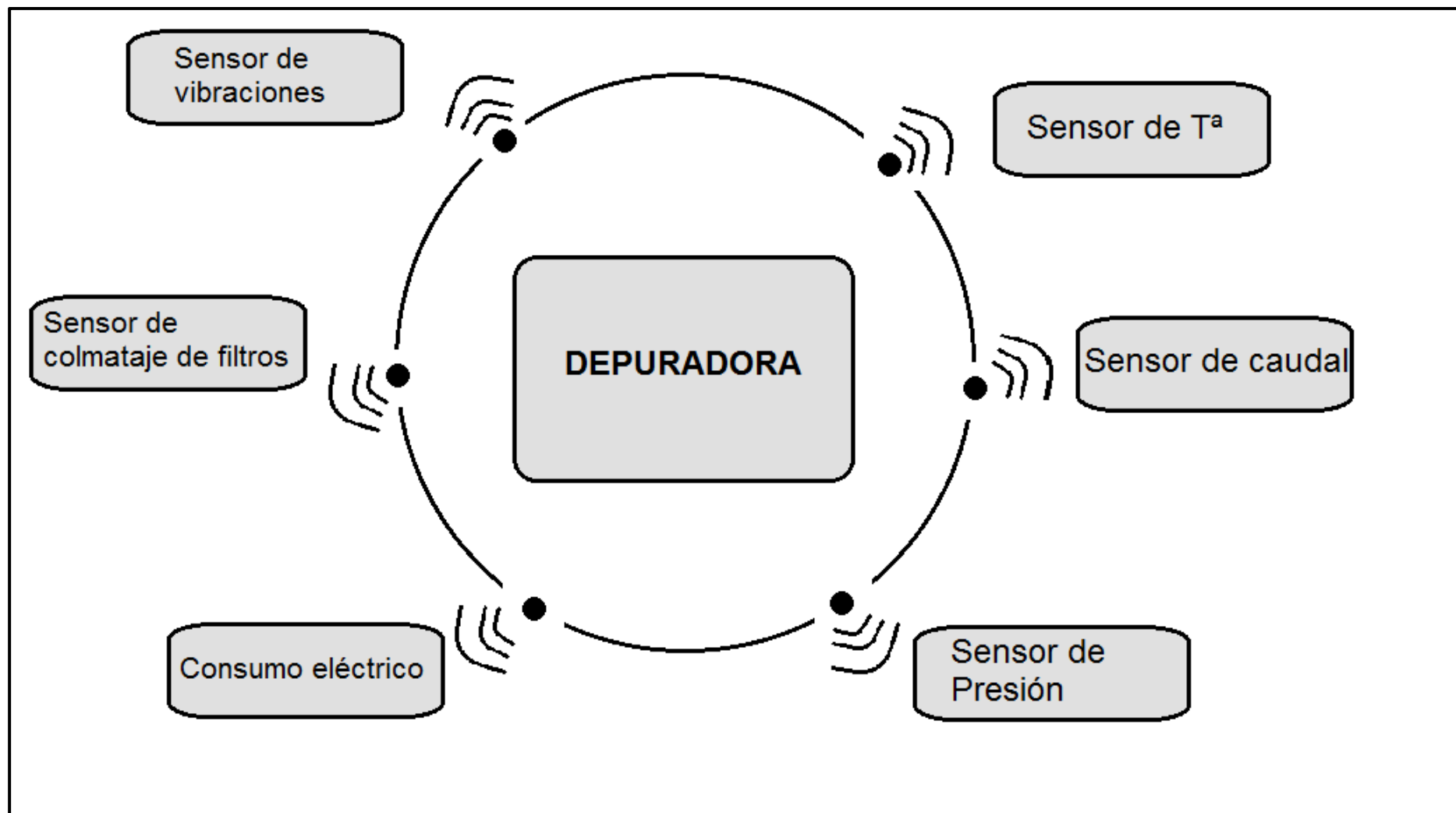
Contará con sus respectivos tanques de agua técnica, fuel, gasoil, aceite, etc...

8.2 Implantación mantenimiento 4.0

Se expondrá a continuación todos los sensores necesarios para la implantación de este mantenimiento en cada uno de los equipos.

Realizaremos en primer lugar una descripción gráfica de algunos de los sensores que vamos a utilizar en cada equipo.

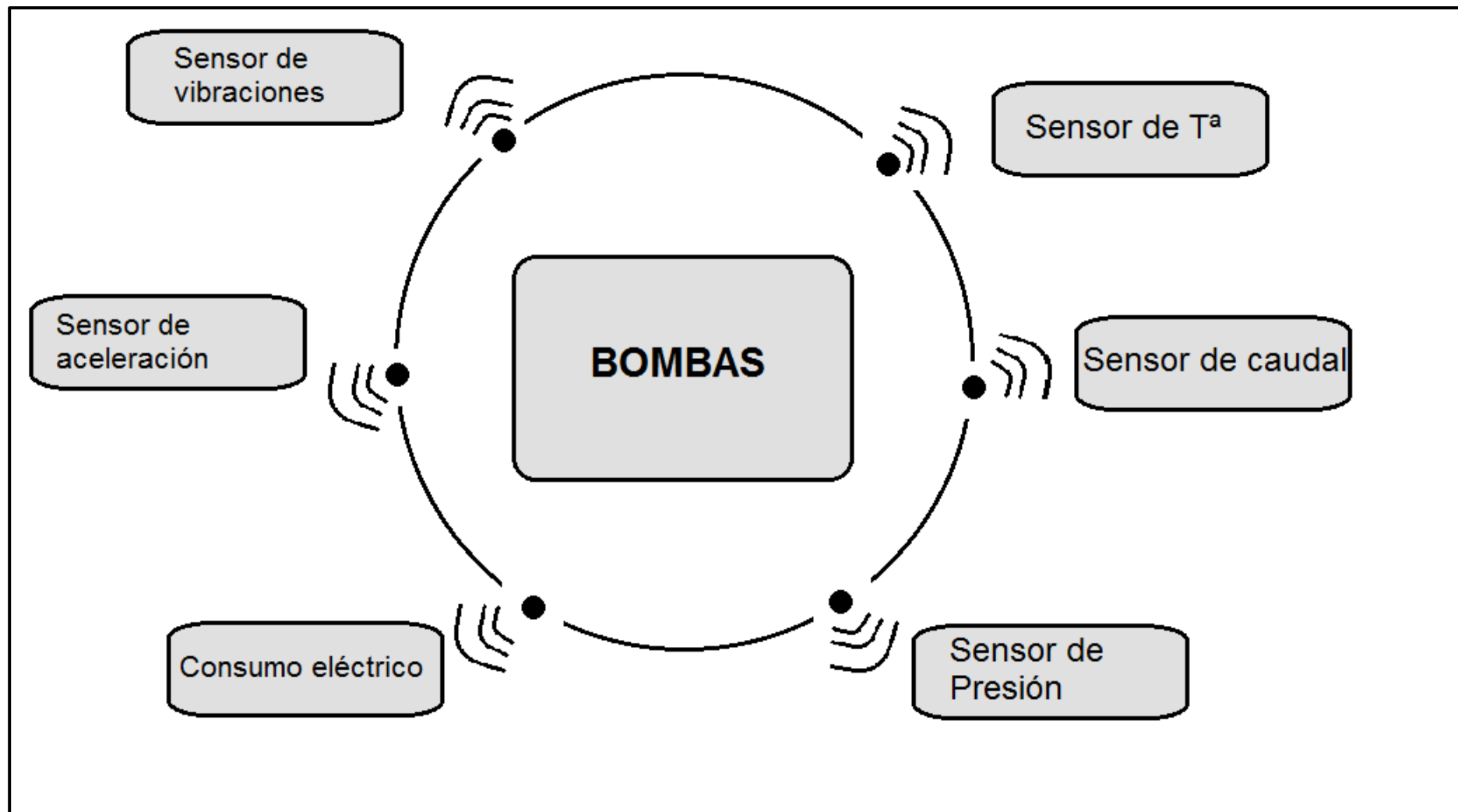
Se verá además una vez expuesto cada equipo la función y a donde van a dar cada uno de los sensores y por qué.



El primer equipo a estudio será la depuradora, en el que se instalarán sensores wifi.

Los sensores wifi a instalar en este equipo serán los siguientes:

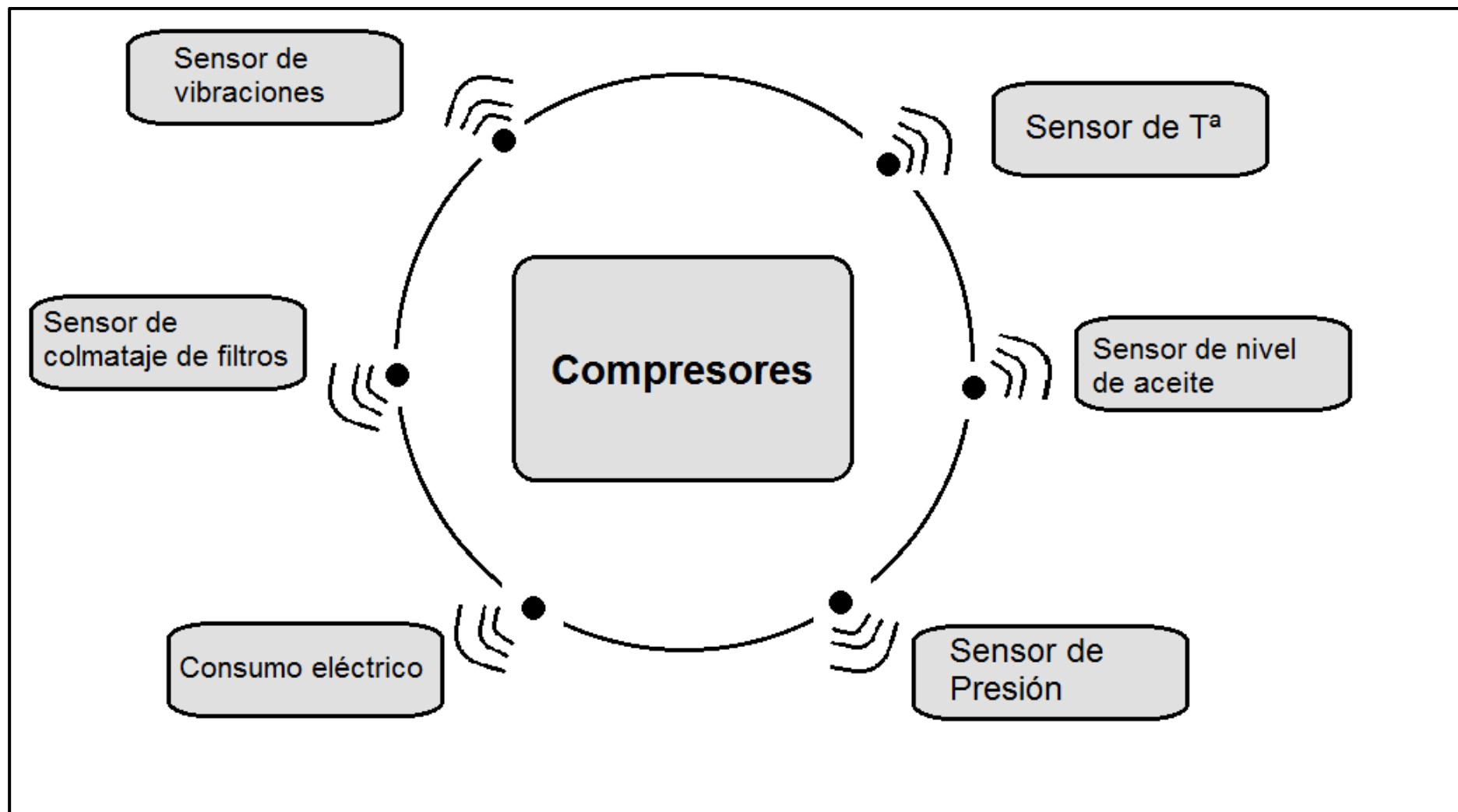
- Sensor de temperatura, midiendo la temperatura del fluido a depurar y aportando un diagnóstico.
- Sensor para el colmataje de filtros, en el que indique no solo si está taponado o no, sino el porcentaje y la eficiencia del filtro a lo largo de su vida útil.
- Sensor de vibraciones
- Sensores de presión
- Sensores de caudal
- Sensor de nivel de aceite, en lugar de utilizar la mirilla.
- Consumo eléctrico, según el consumo eléctrico y con la ayuda de otros sensores podremos llegar a anticiparnos a averías.



El siguiente equipo a estudio serán las bombas, en el que se instalarán sensores wifi.

Los sensores wifi a instalar en este equipo serán los siguientes:

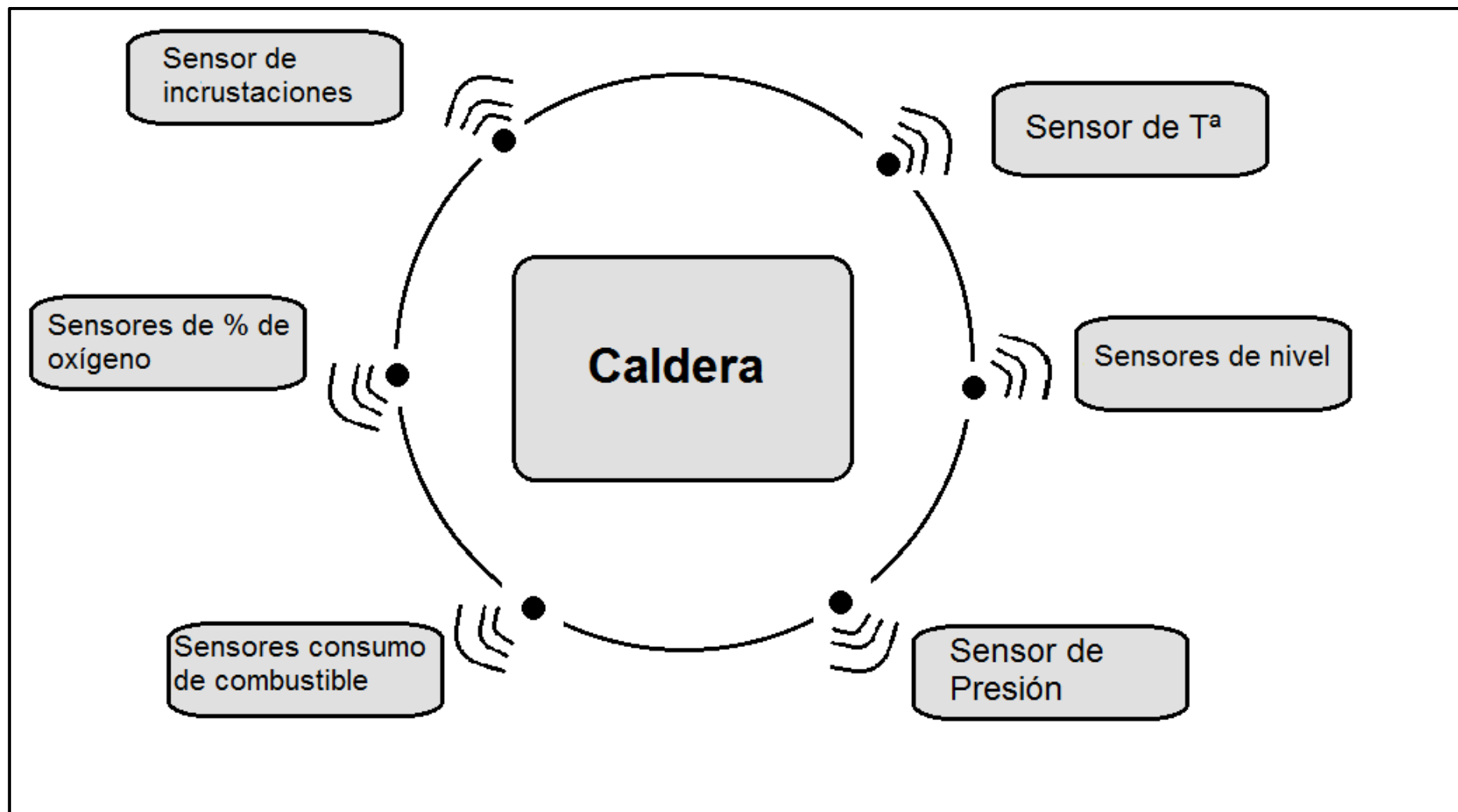
- Sensor de temperatura, midiendo la temperatura del motor eléctrico y el de la bomba.
- Sensor de vibraciones, midiendo posibles vibraciones podremos detectar la entrada de partículas o cualquier otro objeto de avería.
- Sensores de presión
- Sensores de caudal
- Sensor de aceleración, para determinando la velocidad a la que gira la bomba obtener un patrón de fallos posibles.
- Consumo eléctrico, según el consumo eléctrico y con la ayuda de otros sensores podremos llegar a anticiparnos a averías.



El siguiente equipo a estudio serán los compresores, en el que se instalarán sensores wifi.

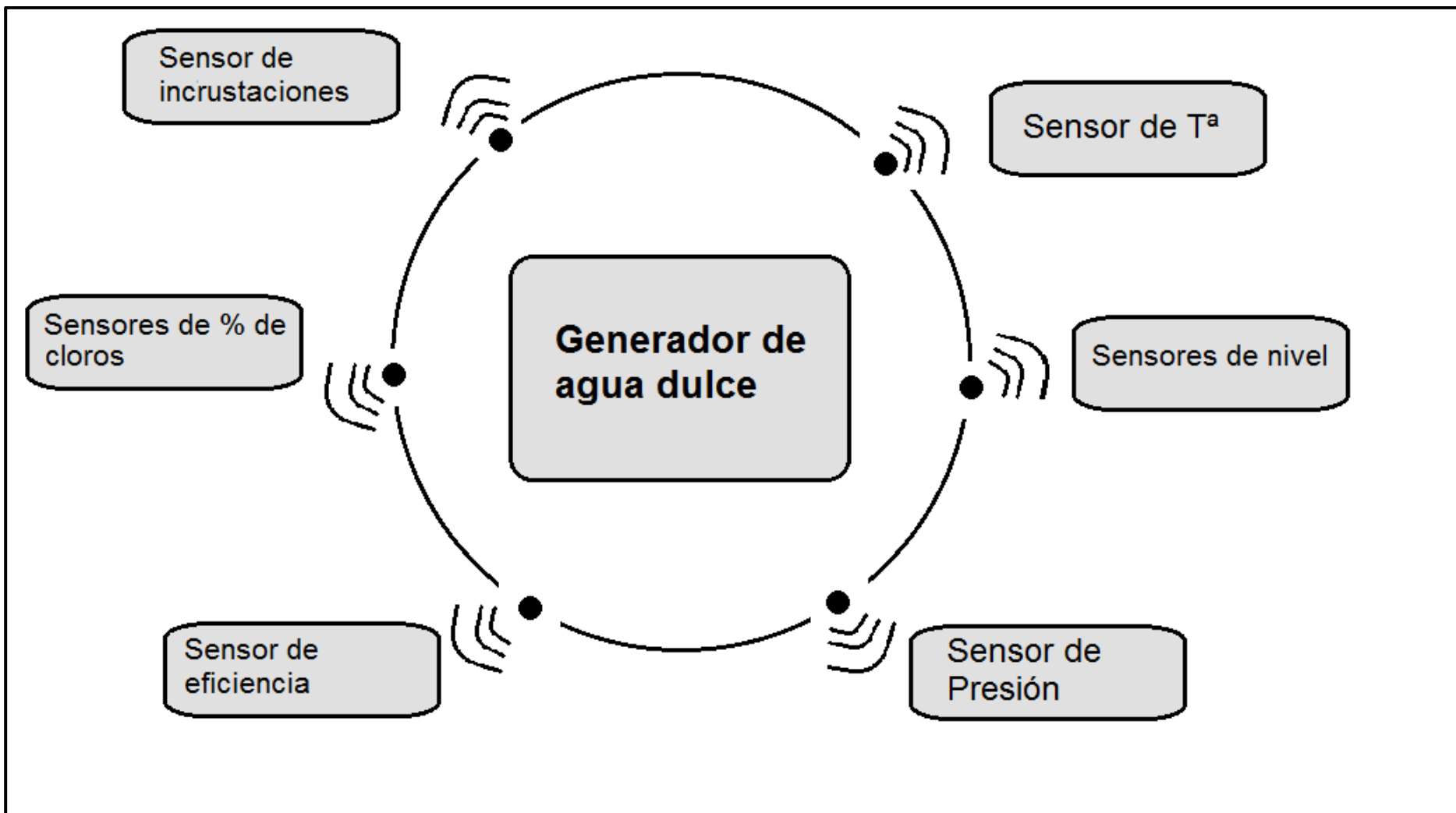
Los sensores wifi a instalar en este equipo serán los siguientes:

- Sensor de vibraciones, midiendo posibles vibraciones anormales podremos detectar averías.
- Sensores de presión
- Sensores de nivel de aceite, podremos así evitar que suba la temperatura del compresor o que por mucho nivel tengamos aceite en el aire.
- Sensor de colmataje de filtros, evitando que el filtro de admisión se ensucie y provoque un mal funcionamiento del equipo.
- Consumo eléctrico, según el consumo eléctrico y con la ayuda de otros sensores podremos llegar a anticiparnos a averías.
- Sensor de temperatura, si por ejemplo este sensor da positivo y ninguno de los demás se activa puede que la temperatura ambiente sea muy alta o que tenemos una ventilación deficiente del sistema. Por lo que existen infinidad de sensores a instalar con el fin de abordar el problema de manera más exacta y la optimización de las máquinas.



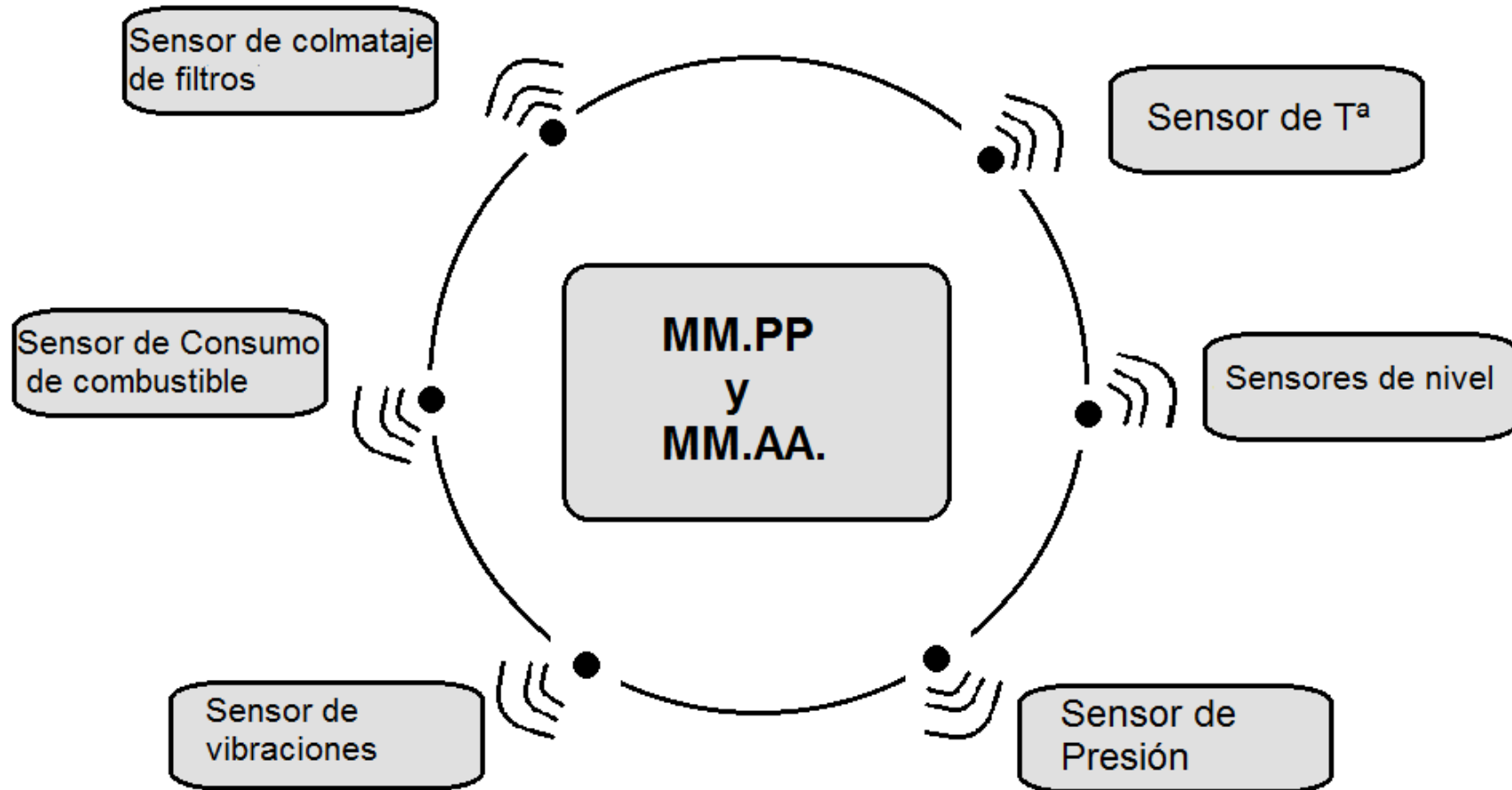
El siguiente equipo de estudio es la caldera, en la que se instalarán los siguientes sensores wifi:

- Un sensor de incrustaciones, en el que se capte la rugosidad en las paredes de los tubos para evitar un mayor consumo de combustible y una menor efectividad de la caldera.
- Sensor de % de oxígeno, para una vez pasado un límite, podamos evitar corrosión en la caldera con lo que ello implica.
- Sensores de consumo de combustible, para con la ayuda de otros sensores poder detectar según la carga y obteniendo un patrón de trabajo posibles averías en la caldera.
- Sensor de presión.
- Sensores de nivel
- Sensor de temperatura.



El siguiente equipo se trata del generador de agua dulce para producir agua técnica en el buque para abastecer los equipos y que consta de los siguientes sensores wifi:

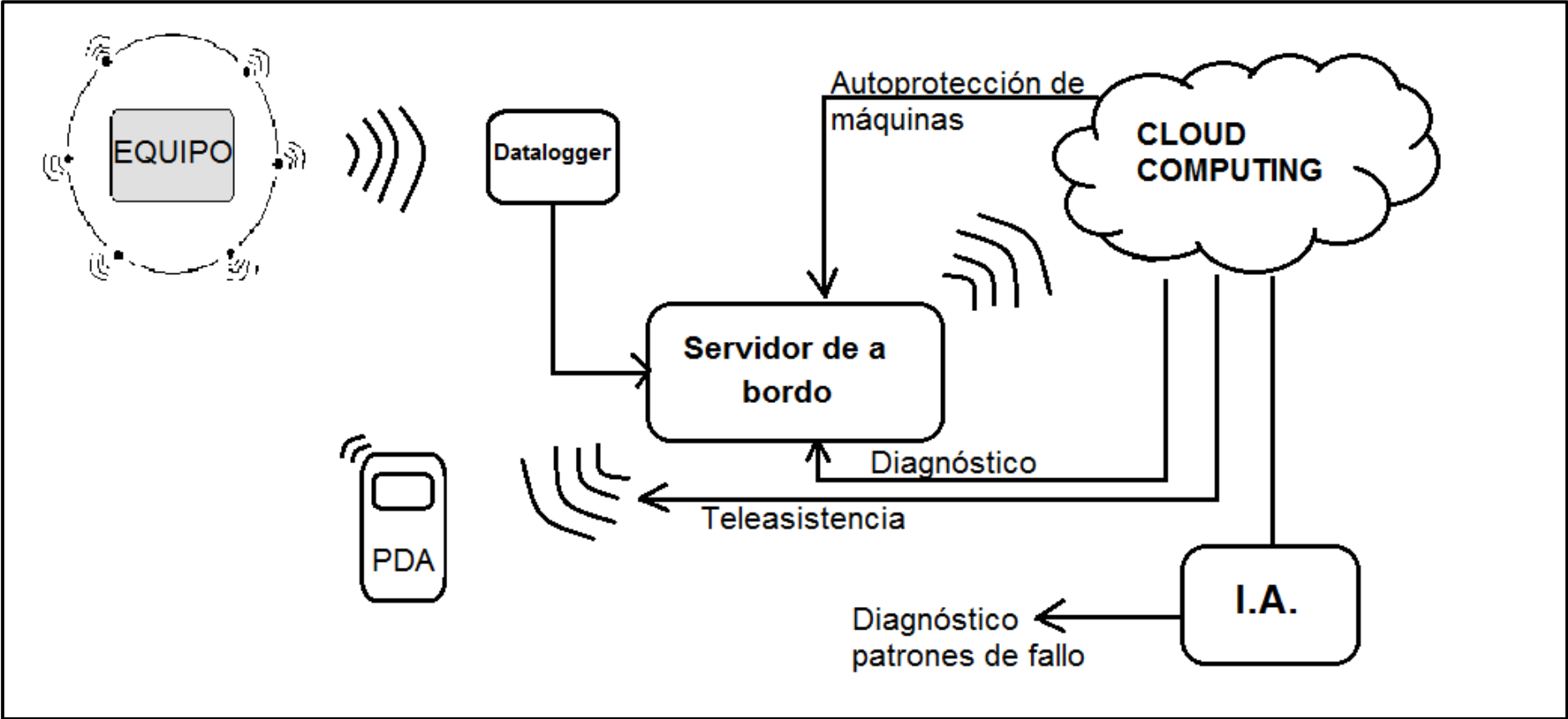
- Sensor de incrustaciones, para evitar daños en los tubos.
- Sensor de % de cloros
- Sensor de eficiencia, para utilizar según la zona por la que se navegue y tener así una producción estimada.
- Sensor de presión
- Sensores de nivel
- Sensor de Temperatura.



En el caso de los motores principales y motores auxiliares, podríamos contar con infinidad de sensores y dentro de cada sensor podría englobar una gran cantidad de variantes del mismo.

Unos de los sensores que podríamos incorporar a nuestros motores principales y auxiliares serían los siguientes:

- Sensor de colmataje de filtros,
sabiendo el porcentaje y con la ayuda de sensor de presión y del diferencial de presión podríamos planificar el mantenimiento de los filtros.
- Sensor de consumo de combustible,
Con la posible diferencia de consumos de combustible en función de un mismo nivel de carga podemos encontrar anomalías en el motor y diagnosticar su origen.
- Sensor de vibraciones,
para coger a tiempo posibles vibraciones en el cigüeñal que lleven a problemas mayores, etc.
- Sensor de presión,
Para encontrar fallos por ejemplo en otros equipos como la llegada de presión de aire insuficiente.
- Sensores de nivel
- Sensores de temperatura,
En la temperatura de agua de refrigeración que se actuaría para regularla, etc.



El sistema de mantenimiento 4.0, se ve resumido en el gráfico anterior.

Se trata de un equipo, cualquiera de los que hemos nombrado anteriormente, con sus sensores wifi como se puede ver en la figura.

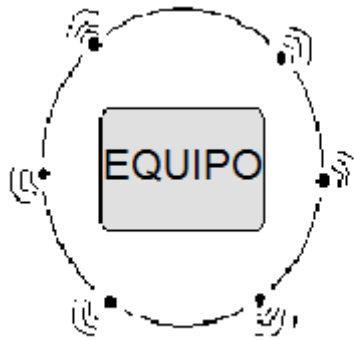


Figura 17- Equipo sensores wifi

Estos sensores wifi aportan una gran cantidad de información, por lo que es de gran importancia el Big Data, en la que se almacenan una cantidad inmensa de datos y se procesan.

Estos sensores wifi están conectados a la red local del buque, en el que se envían infinidad de datos a los dataloggers.

Un registrador de datos (datalogger) es un dispositivo electrónico que registra datos en el tiempo o en relación a la ubicación por medio de instrumentos y sensores propios o conectados externamente. En nuestro caso registra los datos recogidos de los sensores como pueden ser los sensores de temperatura, de presión, de vibraciones...

A su vez capta el sensor y la ubicación de donde procede dicha información, es decir, el equipo que está captando los datos.

Casi todos están basados en microcontroladores. Por lo general son pequeños, con pilas, portátiles, y equipados con un microprocesador, memoria interna para almacenamiento de datos y sensores.

Algunos registradores de datos se comunican con un ordenador personal y utilizan software específico para activar el registrador de datos, ver y analizar los datos recogidos, mientras que otros tienen un dispositivo de interfaz local (teclado, pantalla LCD) y puede ser utilizado como un dispositivo independiente.

En nuestro buque, contamos con un datalogger que manda la información y los datos al servidor personal de a bordo y a su vez una vez resueltos a una PDA, en la que el oficial de máquinas en cualquier parte del buque está al corriente de todos los datos recogidos.

Nuestra PDA está dividida en:

- Alarmas
- Diagnósticos
- Mantenimiento según calendario
- Inspecciones
- Mantenimiento proactivo con el fin de mejorar un equipo.

Los registradores de datos varían entre los de propósito general para una amplia gama de aplicaciones a los dispositivos de medición muy específicos para medir en una aplicación particular.

Uno de los principales beneficios del uso de registradores de datos es la capacidad para recopilar automáticamente datos las 24 horas del día.

Tras la activación, los registradores de datos normalmente se dejan sin vigilancia para medir y registrar la información durante toda la duración del período de seguimiento. Por ello se utiliza el Big Data.

Una vez el datalogger envía la información recogida al servidor de a bordo este es enviado y almacenado en Cloud Computing, Cloud Computing o computación en la nube simplemente hace referencia al acceso y almacenamiento de los

datos de trabajo en aplicaciones, servidores y plataformas en la nube. Es decir, a través de internet en lugar de hacerlo en el disco duro de cada ordenador.

En un buque como hemos dicho antes, con todos los sensores instalados la cantidad de información es inmensa, por lo que es de gran valor conservarla y poder abrirla en cualquier momento desde cualquier lugar.

Con Cloud Computing tenemos la certeza y la seguridad de tener todos los datos a mano.

Los demás elementos que actúan para realizar un diagnóstico y un correcto mantenimiento 4.0 son:

La inteligencia artificial actúa de manera que teniendo unos antecedentes de fallos y sus orígenes crea una serie de patrones de manera que se pueda predecir el fallo y adelantarse de manera que no produzca una posible reacción en cadena o bien la parada de la instalación.

Es decir, estos patrones de fallos aportan eficiencia a nuestros equipos, de manera que podamos organizar nuestro mantenimiento y nuestras ordenes de trabajo según la criticidad del equipo, el tiempo disponible y la prioridad.

Aquí también entra en escena la autoprotección de máquinas, es decir, que en el caso de que un equipo esté a punto de fallar, se realiza esta autoprotección, de manera que se sobrecarga menos ese equipo en la medida de lo posible.

En el caso de poseer 2 equipos iguales y uno funcionando en stand by solo se utilizaría este con probabilidad de fallo en un caso extremo.

Esta autoprotección de máquinas es muy útil y necesaria, ya que, en el caso de no poder realizar el mantenimiento de manera inmediata, se podría tener un funcionamiento normal de la sala de máquinas.

En el mantenimiento 4.0, podremos realizar teleasistencia en la cual un técnico de tierra podrá diagnosticar una avería, esto puede realizarse bien viendo los parámetros desde el servidor que recibe todos los datos de los sensores, o

incluso en un futuro mediante una cámara a bordo y con conexión directa con el oficial se podrá dirigir directamente al equipo y mediante la inspección visual y todos los parámetros recogidos con el datalogger, observar y diagnosticar la avería.

Cualquiera de las técnicas del 4.0 podrían ser válidas para la aplicación a nuestro mantenimiento 4.0.

Una de ellas que cada vez está siendo más avanzada y estudiada es la de la impresión 3D con la que podríamos fabricar repuestos a bordo para el mantenimiento.

El propio servidor, podría hacer el pedido pronosticado para recibirlo a bordo o si es una pieza con posibilidad de ser fabricada con impresión 3D mandar una orden directa conteniendo planos y datos técnicos para su elaboración.

En definitiva, el mantenimiento 4.0 podrá optimizar la calidad de vida del trabajador, así como la eficiencia del buque, aportando las soluciones de manera rápida y eficaz.

Todo esto ayuda en la disponibilidad del buque, lo que aumenta el beneficio económico de la naviera.

2. Conclusión:

La industria 4.0 es ya una realidad. Hemos comentado ya a lo largo del trabajo todo tipo de tecnologías que vienen de la mano de esta nueva revolución industrial, como el IIoT el internet de las cosas, donde todo se encontrará conectado, redes neuronales e inteligencia artificial, Big Data, etc.

La revolución tecnológica que estamos sufriendo está propiciando el nacimiento de un nuevo tipo de trabajadores, que deberán encontrarse más cualificados para poder desempeñar el nuevo empleo que implica el dominio de todas las tecnologías citadas anteriormente.

El objetivo de un buque o una industria 4.0 no es que las máquinas sustituyan a las personas, que es el gran miedo de gran parte de la población, sino que trabajen de forma colaborativa interactuando mutuamente.

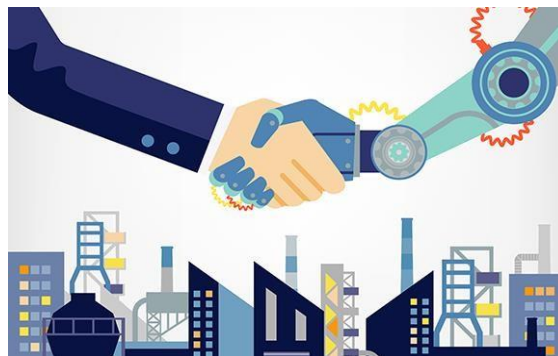


Figura 18 - Relación máquina persona (Obsedu, 2017)

Está claro que el perfil del trabajador será diferente, pero se buscaran técnicos que sepan manejar todo lo que viene.

El sistema de gestión del mantenimiento, asimismo, será mucho más intuitivo y sencillo de organizar, se adaptará a las necesidades específicas del buque o de la instalación en cada momento.

El objetivo final del buque 4.0 es promover la automatización de la instalación, gracias a la cual se podrán crear “buques inteligentes” (“Smart ships”), los cuales estarán caracterizados, como ya hemos dicho antes, por una alta capacidad de adaptación y una alta eficiencia en el uso de los recursos.

En la industria 4.0 los principales obstáculos que están ralentizando la digitalización de la industria española son:

1. La falta de cultura digital y formación adecuada.
2. Resistencia al cambio
3. La ausencia de una visión clara de las operaciones digitales.
4. Un conocimiento confuso de los beneficios económicos de invertir en tecnologías digitales.
5. Fiabilidad de la seguridad digital

Son elementos que han frenado la evolución de esta industria que produce un gran impacto social. La velocidad de adaptación a estas tecnologías se puede observar en el siguiente gráfico:

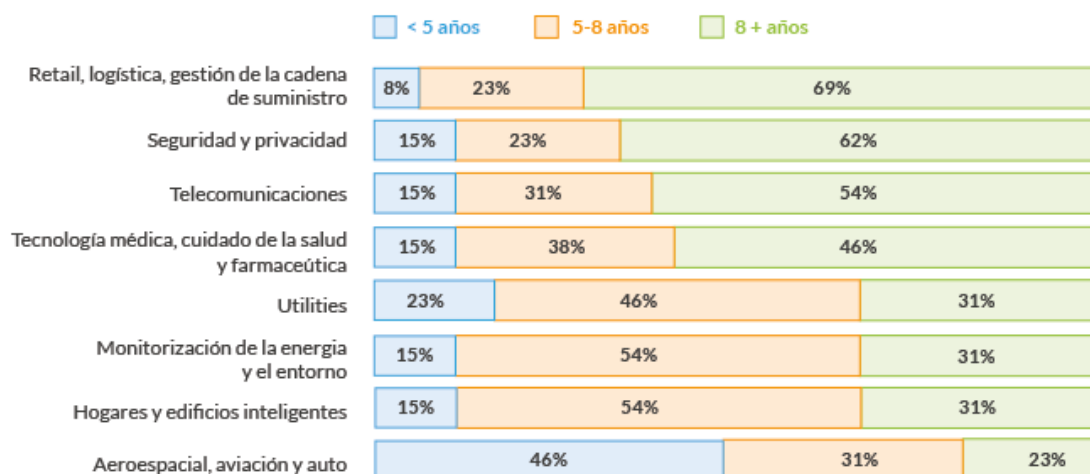
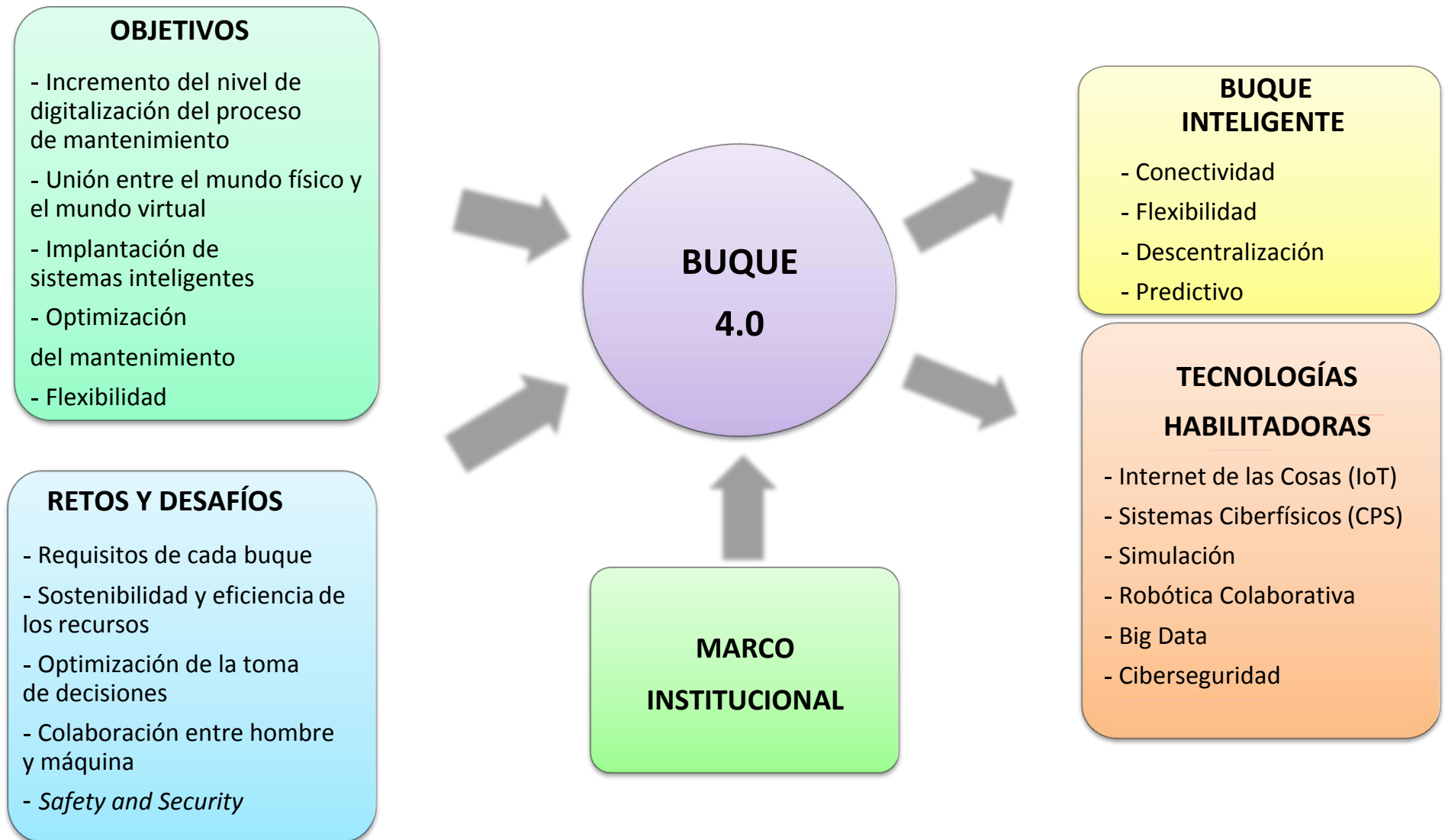


Figura 19 - Años de adaptación al 4.0 (Ticnegocios, 2018)

En resumen:



En definitiva, el futuro marítimo está en la tecnología 4.0, y en la cohesión de todas las tecnologías innovadoras que esto implica, el sistema de Gestión del Mantenimiento desarrollado a lo largo del trabajo ofrece una nueva perspectiva a los sistemas tradicionales, y aunque nos queramos aferrar a lo tradicional, el 4.0 es una realidad emergente.

Optimización del Mantenimiento en Buques mediante Tecnología 4.0

BIBLIOGRAFÍA

UNIVERSIDAD DE A CORUÑA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA Y MÁQUINAS

SEPTIEMBRE 2018

Fdo.: Raquel Martínez Espasandín

Bibliografía

Raúl Villa Caro. (2016). Recuperado el Agosto de 2018, de www.exponav.org

Agencia Vasca de la Innovación. (2015). Recuperado el Junio de 2018, de www.estrategia.net

Angela Merkel. (s.f.).

Biografiasyvidas. (s.f.).

BlogThinkBig. (2017). Recuperado el Agosto de 2018, de blogthinkbig.com

Buisán, M. (2015). Recuperado el Junio de 2018, de www.revistasice.com

David Sánchez. (s.f.).

Electrónica, A. (2016). Recuperado el Agosto de 2018

Escuelapedia. (2018). Recuperado el Junio de 2018, de <http://www.escuelapedia.com/primerasegundaytercera-revolucion-industrial/>

European Parliament Research Service. (s.f.).

Exponav. (2018). Recuperado el 2018, de www.exponav.org

Fiinaltest. (2017). Recuperado el Julio de 2018, de www.finaltest.com.mx

(s.f.). Germany Trade & Invest.

Grupogaratu. (2017). Recuperado el Agosto de 2018

Ideastecnicas. (s.f.).

industriales, S. (2013). Recuperado el Julio de 2018, de <https://sites.google.com/site/654sensoresindustriales/tipos-de-sensores>

Lozano, J. J. (2004). www.claseshistoria.com/revolucionindustrial/concepto.htm. Recuperado el Julio de 2018

MfameTeam. (2017). Recuperado el Agosto de 2018, de <http://mfame.guru>

Ministerio de Economía, Industria y Competitividad. (s.f.).

Nextu. (2017). Recuperado el Julio de 2018, de <https://www.nextu.com>

Obsedu. (2017).

PlasticDreams. (2017). Recuperado el 2018

Portillo, L. (2010). Recuperado el 07 de 2018, de <https://www.historialuniversal.com/2010/07/primera-revolucion-industrial.html>

Portillo, L. (2010). Recuperado el Julio de 2018, de <https://www.historiacultural.com/2010/07/segunda-revolucion-industrial.html>

Prodintec. (2017). Recuperado el Julio de 2018, de www.prodintec.es

Quonext. (2018). Recuperado el Junio de 2018, de www.quonext.com

Robotics, I. F. (2015). *http://www.ifr*. Recuperado el 04 de 09 de 2018

Spri. (s.f.).

Spri. (2015). Recuperado el Julio de 2018

Spri. (2017). Recuperado el Julio de 2018

Tecnosd. (s.f.).

Ticnegocios. (2018).

Ticportal. (2017). Recuperado el Julio de 2018, de www.ticportal.es

Ticportal. (2017). Recuperado el 2018, de www.ticportal.es

Universidadviu. (2017). Recuperado el Agosto de 2018, de <https://www.universidadviu.es/m2m-aplicaciones-conocimientos-generales/>

Índice de figuras

Figura 1. Esquema máquina de vapor (Tecnosd, s.f.)

Figura 2 – Ford Modelo T (Biografiasyvidas, s.f.)

Figura 3 – TICs (Spri, s.f.)

Figura 4 - Evolución Industrial (Ideastecnicas, s.f.)

Figura 5 - Digitalización España VS Mundo (Ticnegocios, 2018)

Figura 6 – IIoT (Spri, 2017)

Figura 7 -Cloud computing (Ticportal, 2017)

Figura 8 - Sistemas Ciberfísicos (Grupogaratu, 2017)

Figura 9 – CPS (Grupogaratu, 2017)

Figura 10 - Impresión 3D (PlasticDreams, 2017)

Figura 11 – Ciberseguridad (Electrónica, 2016)

Figura 12 - Inteligencia artificial (Grupogaratu, 2017)

Figura 13 – IA (Grupogaratu, 2017)

Figura 14 - Redes neuronales (Grupogaratu, 2017)

Figura 15 - Navegación a distancia (Raúl Villa Caro, 2016)

Figura 16 - Smart Ship (MfameTeam, 2017)

Figura 17- Equipo sensores wifi

Figura 18 - Relación máquina persona (Obsedu, 2017)

Figura 19 - Años de adaptación al 4.0 (Ticnegocios, 2018)