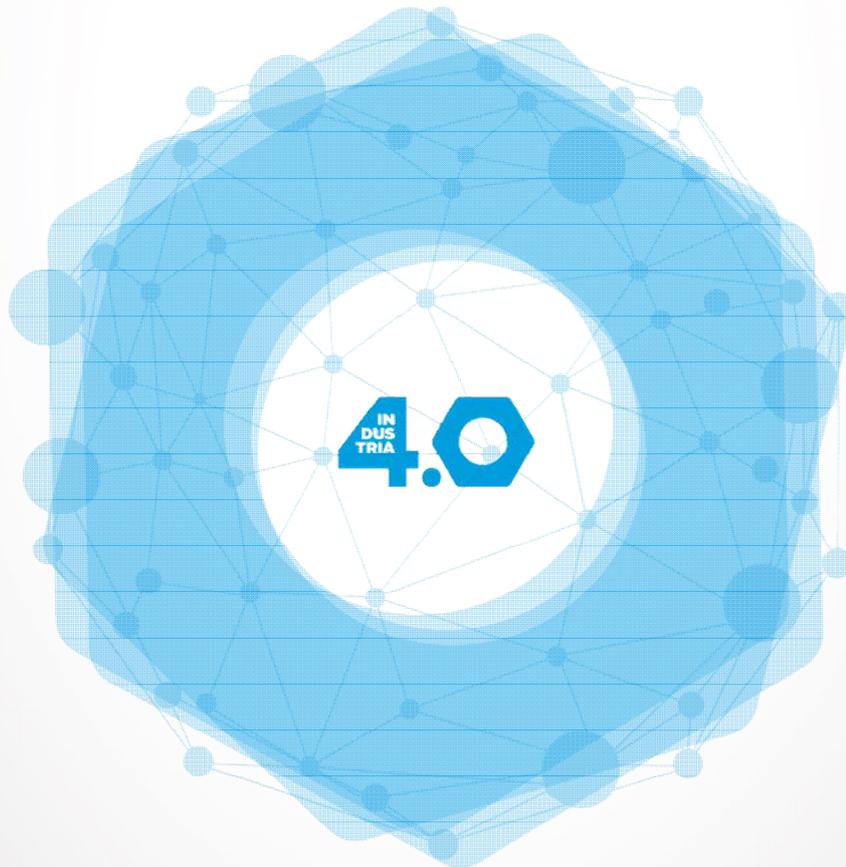




Oportunidades Industria 4.0 en Galicia



Convenio de colaboración entre el Instituto Gallego de Promoción Económica, la Alianza Tecnológica Intersectorial de Galicia y los centros integrantes de esta alianza para la detección y análisis de oportunidades sectoriales para las empresas industriales gallegas en el ámbito de la industria 4.0

ÍNDICE

1. CARACTERÍSTICAS DEL SECTOR DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN GALICIA	4
1.1 INTRODUCCIÓN	4
1.1.1 Tamaño del sector	6
1.1.2 Tipología de empresas	7
1.2 PRODUCTOS DEL SECTOR. MERCADO	8
1.3 CADENA DE VALOR Y PROCESOS CLAVE	15
2. ANÁLISIS EXTERNO	16
2.1 SITUACIÓN GLOBAL Y EUROPEA	16
2.2 RESUMEN DE LAS PRINCIPALES MACRO-TENDENCIAS DEL SECTOR	21
2.3 MEJORES PRÁCTICAS	25
2.3.1 Automatización y Robótica Colaborativa Avanzadas	25
2.3.2 Human Machine Interaction (Wearables, RA/RV, Exoesqueletos)	27
2.3.3 Sistemas Ciberfísicos e Internet de las Cosas	28
2.3.4 Fabricación Aditiva	30
2.3.5 Tecnologías de Materiales Inteligentes	30
2.3.6 Logística Avanzada (AGV-UAV)	32
2.3.7 Modelización, Simulación y Virtualización de procesos	33
2.3.8 Big Data, Data Analytics y Cloud Computing	33
2.3.9 Safety and Security	37
3. DIAGNÓSTICO SECTORIAL	39
3.1 FAMILIARIDAD CON EL CONCEPTO DE INDUSTRIA 4.0	42
3.2 NIVEL TECNOLÓGICO ACTUAL	47
3.2.1 Resumen de la situación actual por tecnologías emergentes	47
3.2.2 Situación de los indicadores asociados a los Elementos Generadores de Valor	66
3.2.3 Problemas detectados	71
3.2.4 Restricciones o condicionantes identificados	73
3.3 GAP TECNOLÓGICO	74
3.3.1 Posicionamiento agregado del sector con respecto a las mejores prácticas	76
4. OPORTUNIDADES DE MEJORA	84
4.1 ESTRATEGIA DE IMPLANTACIÓN DE TECNOLOGÍAS 4.0	84
4.1.1 Matriz DAFO	89
4.2 OPORTUNIDADES TECNOLÓGICAS DE MEJORA DETECTADAS	90

4.3	PROPUESTA DE ACCIONES A CORTO PLAZO	92
5.	CONCLUSIONES.....	93
6.	ANEXO: CUESTIONARIO Y METODOLOGÍA DE EJECUCIÓN.....	94

CARACTERÍSTICAS DEL SECTOR DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN GALICIA

1.1 INTRODUCCIÓN

PERSPECTIVA GLOBAL Y LOCAL DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES

El sector de las energías renovables se ha convertido a nivel global en un **sector estratégico**. La independencia energética y los objetivos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, son los principales motores que impulsan este sector.

Las energías renovables incluyen un gran abanico de fuentes entre las que se encuentran **la energía eólica, la biomasa, la solar, la hidráulica, la mareomotriz y la energía geotérmica**. Utilizando más energía renovable, la Unión Europea reduce por un lado su dependencia de combustibles fósiles y por otro lado hace que el sistema energético se vuelva más sostenible. El de las renovables es un sector que impulsa el empleo y la innovación tecnológica.

Las energías renovables en su conjunto suponen **la fuente de energía de más rápido crecimiento en el mundo**, la caída de los costos de fabricación de componentes y de su explotación, así como las acusadas fluctuaciones de los precios de los combustibles fósiles, junto con la creciente preocupación del calentamiento global ayudan a este crecimiento.

La siguiente figura muestra la penetración de las renovables en el mix energético mundial en los últimos años y la previsión de la Energy Information Agency para las próximas décadas.

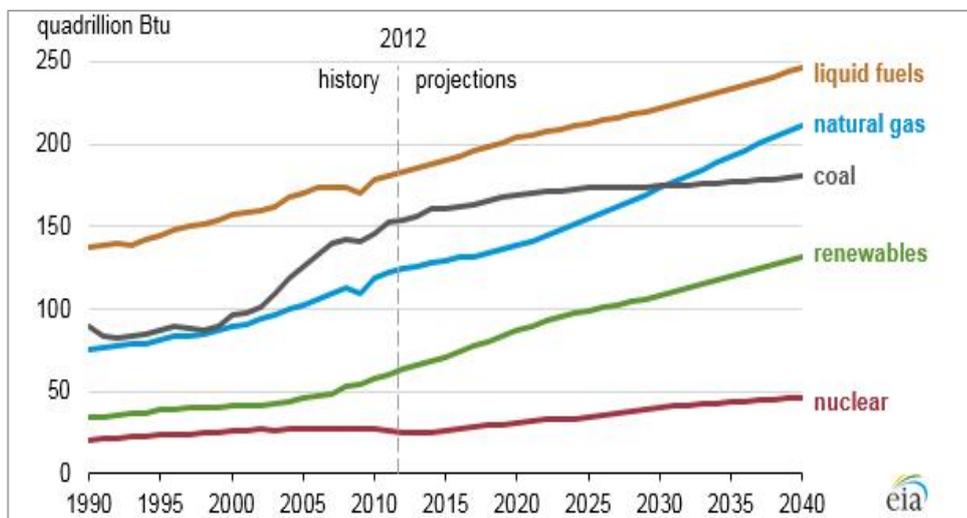


ILUSTRACIÓN1: PREVISIÓN DE CONSUMO DE ENERGÍA A NIVEL MUNDIAL.
FUENTE: ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION

Además, en cuanto a energía eléctrica, se espera que la energía hidroeléctrica y el viento sean los dos mayores contribuyentes al aumento de la generación mundial de electricidad a partir de fuentes de energía renovables, representando dos tercios del incremento total de 2012 a 2040.

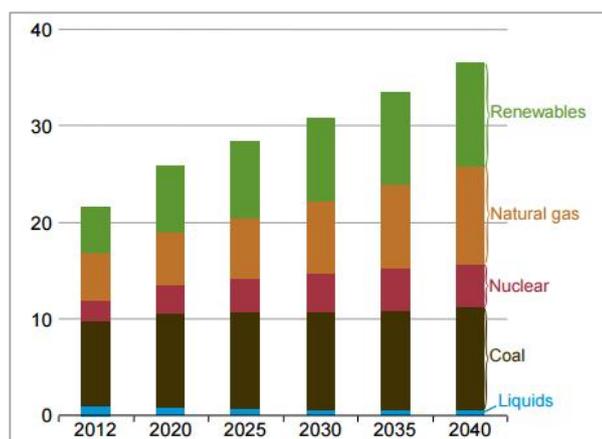


ILUSTRACIÓN2: PREVISIÓN DE CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA A NIVEL MUNDIAL. TRILLONES DE KWH. FUENTE: ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION

Durante los últimos años, **Galicia ha demostrado que tiene una gran capacidad de generación de energía a partir de fuentes de energía renovables**. El último balance energético del Instituto Enerxético de Galicia – INEGA publicado en 2014, muestra la siguiente participación de estas energías en el mix energético global:

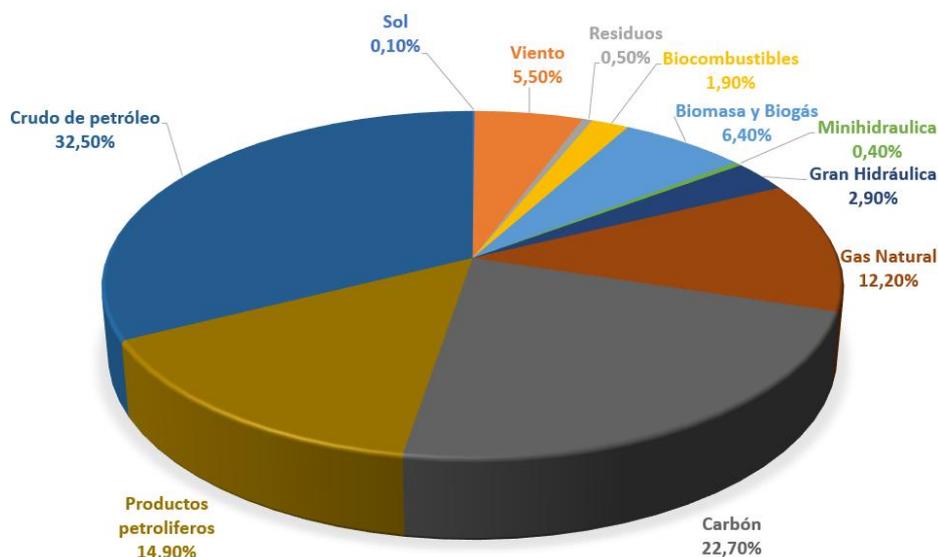


ILUSTRACIÓN3: FUENTES DE ENERGÍA PRIMARIA TOTAL. FUENTE: INEGA

La participación de las renovables en el mix eléctrico es significativamente mayor, según indica el último balance energético de Galicia de INEGA. Un 45,6% de la energía eléctrica neta generada en Galicia ha provenido de fuentes renovables, fundamentalmente del viento y del agua, aunque la biomasa y el biogás, así como la generación a partir de residuos y la energía solar han participado también en este mix:

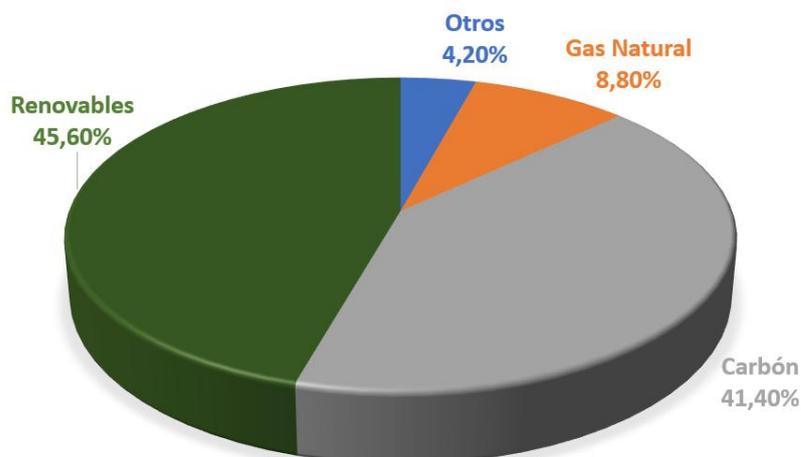


ILUSTRACIÓN4: FUENTES DE ENERGÍA PRIMARIA EN EL MIX DE GENERACIÓN ELÉCTRICA. FUENTE: INEGA

En cuanto a potencia instalada, según indica el último informe estadístico del IDAE (datos de 2016), más del 98% de la potencia eléctrica instalada con recursos renovables corresponde, por este orden, a las tecnologías de eólica e hidráulica. El resto de tecnologías aportan una potencia que no llega al 2%, correspondiendo la mayor parte a instalaciones de generación a partir de residuos y biomasa.

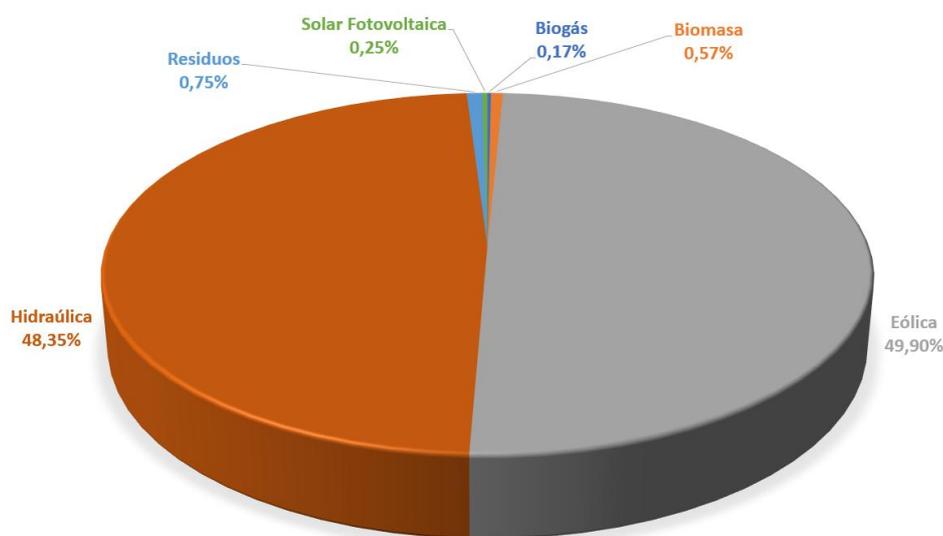


ILUSTRACIÓN5: FUENTES DE ENERGÍA RENOVABLE SEGÚN SU POTENCIA ELÉCTRICA INSTALADA EN GALICIA. FUENTE: IDEA

1.1.1 Tamaño del sector

La implantación de energías renovables en el territorio de Galicia, comentada en el anterior apartado, ha propiciado que se genere un nuevo tejido industrial vinculado a estas tecnologías pues tanto el mantenimiento de las instalaciones como la elaboración de componentes requieren de personal cualificado y centros de fabricación.

De acuerdo al último informe de la APPA, la aportación total del sector de las energías renovables al PIB nacional en 2015 fue de 8.256 millones de euros lo que significó un 0,76% del PIB total. Y es que cada kWh

que se genera con fuentes autóctonas, implica la disminución de la importación de combustibles fósiles. Es decir, dinero que deja de salir de nuestras fronteras y que correctamente empleado genera riqueza (la contribución directa al PIB aumentó con respecto al año anterior un 7,7%).

En dicho informe se **analiza la proporción de la contribución de las diferentes tecnologías renovables al PIB renovable en el año 2015**, que fue la siguiente: solar fotovoltaica (32,75%), eólica (21,12%), solar termoeléctrica (16,45%), biomasa eléctrica (16,30%), biocarburantes (5,90%), minihidráulica (4,74%) y resto de renovables (2,74%). Asimismo, se indica como la balanza comercial del sector volvió a registrar un saldo positivo, por valor de 2.511 millones en 2015. La cifra se debe a que las renovables realizaron exportaciones por valor de 2.783 millones de euros principalmente por la pujanza de las empresas españolas de renovables en los mercados exteriores. El contrapunto lo pusieron las importaciones que, debido a la poca actividad del mercado interno, se redujeron hasta los 273 millones de euros.

1.1.2 Tipología de empresas

La tipología de empresas manufactureras vinculadas con el sector de las energías renovables que nos encontramos en Galicia es muy variable, ya que se trata de un sector muy amplio para el cual fabrican directa o indirectamente factorías de índole muy diversa. A continuación, se exponen diversos procesos y productos llevados a cabo en Galicia que dan una idea de la diversidad del sector.

EÓLICA

- Fabricación de palas de aerogeneradores.
- Fabricación de torres.
- Fabricación de componentes mecánicos.
- Fabricación de componentes eléctricos
- Fabricación de aerogeneradores de media potencia.
- Reparación de componentes.

SOLAR

- Obtención de silicio.
- Fabricación de componentes eléctricos, como inversores.
- Fabricación de componentes mecánicos, como seguidores.
- Fabricación de depósitos solares.
- Fabricación de módulos de captación de energía solar térmica.
- Fabricación de conductos.

BIOMASA

- Fabricación de pellets.
- Fabricación de astilla.
- Fabricación de calderas.
- Fabricación de briquetas.

OTRAS

- Fabricación de captadores geotérmicos.
- Fabricación de bombas de calor.
- Fabricación de sistemas híbridos renovables.
- Producción de biogás.

1.2 PRODUCTOS DEL SECTOR. MERCADO

Como se comenta anteriormente, el sector de las energías renovables es un sector muy amplio en el que nos encontramos productos de lo más diverso, desde pellets hasta palas para aerogeneradores. En el presente apartadose detallan los productos y la situación de sus mercados, clasificados según el tipo de energía renovable.

BIOMASA

La biomasa es la fracción biodegradable de los productos, desechos y residuos de origen biológico procedentes de actividades agrarias, de la silvicultura y de las industrias conexas, incluidas la pesca y la acuicultura, así como la fracción biodegradable de los residuos industriales y municipales.

Según el INEGA, en Galicia las principales alternativas energéticas de la biomasa se agrupan en tres áreas:

- **Biomasa forestal y cultivos energéticos.** La biomasa forestal procede de sistemas forestales arbolados y de residuos industriales de madera. Los cultivos energéticos se obtienen a partir de explotaciones agrícolas o forestales, en las que el único objetivo es obtener biomasa con un importante potencial energético.
- **El biogás.** El biogás se puede obtener a partir de la digestión anaeróbica de efluentes agroalimentarios, aguas residuales y residuos de vertederos.
- **Los biocarburantes.** La biomasa permite obtener combustibles líquidos que pueden sustituir a los combustibles convencionales o sus aditivos.

En este apartado, de acuerdo la metodología expuesta en el Balance Energético de Galicia, se hace referencia a la biomasa sólida (biocombustibles sólidos, residuos forestales y de la primera transformación de la madera) y residuos de la biomasa (lejías negras del sector papelero y un porcentaje de los residuos sólidos urbanos).



ILUSTRACIÓN 6: LEÑA, ASTILLAS Y PELLETS, EJEMPLOS DE BIOCMBUSTIBLES SÓLIDOS PRODUCIDOS EN GALICIA

En España¹ la biomasa para la generación eléctrica supone un VAB 184 M€ y 2.623 empleos mientras que la biomasa para la generación térmica constituye 778 M€ y 11.073 empleos, contribuyendo entre ambas a 4.005 ktep en término de consumo de energía final, un 75,6% de la energía final.

En Galicia² la biomasa, con un 6,33% (801 ktep) de la energía primaria, constituye la principal fuente de energía renovable. Además, tiene mucha importancia en la generación de calor ya que representa el 27,8% de los combustibles usados en Galicia con fines térmicos y el 34% del calor aprovechado en las centrales de cogeneración. Finalmente, cabe destacar la importancia de la biomasa sólida, que constituye

¹ Informe sobre el Sector de la Bioenergía en España. BIOPLAT. Diciembre 2015

² Balance Enerxético de Galicia 2012. INEGA. Febrero 2014

el 74% de la biomasa gallega en términos de energía primaria y el 100% en términos de biomasa para generación térmica.



ILUSTRACIÓN 7: CALDERA INDUSTRIAL DE ASTILLA. FUENTE: ORLEGUY

Desde el punto de vista empresarial, el sector de **la biomasa es un sector muy heterogéneo y atomizado** que aglutina agentes muy dispares a lo largo de la cadena de valor: propietarios, gestores, explotadores, operadores logísticos, fábricas de biocombustibles sólidos, fabricantes de equipos de generación térmica y eléctrica, industrias auxiliares, distribuidores, instaladores, mantenedores, ingenierías, entre otros, antes de llegar al cliente final. Se muestran a continuación los principales datos de los agentes del sector según datos del Observatorio de la Biomasa de Galicia³:

- **Fábricas de biocombustibles sólidos.** 12 fábricas de biomasa de pellets, astilla y briquetas.
- **Fábricas de equipos térmicos.** 3 fábricas de estufas y calderas de biomasa.
- **Instaladores de equipos térmicos de biomasa.** 395 instaladores o empresas instaladoras adheridos al INEGA.
- **Proveedores de biocombustibles sólidos.** Se han identificado 21 distribuidores de grandes volúmenes de pellets y astilla. Además, en casi todas las ferreterías, centros de bricolaje, grandes superficies es posible comprar pellets, briquetas o leña.



ILUSTRACIÓN 8: CADENA DE VALOR DE LA BIOMASA. FUENTE: <http://jesus2915.blogspot.com.es>

³ <http://www.observatoriobiomasa.gal>

En la siguiente figura se puede apreciar la distribución en Galicia de los fabricantes de biocombustibles sólidos y de equipos de generación térmica:

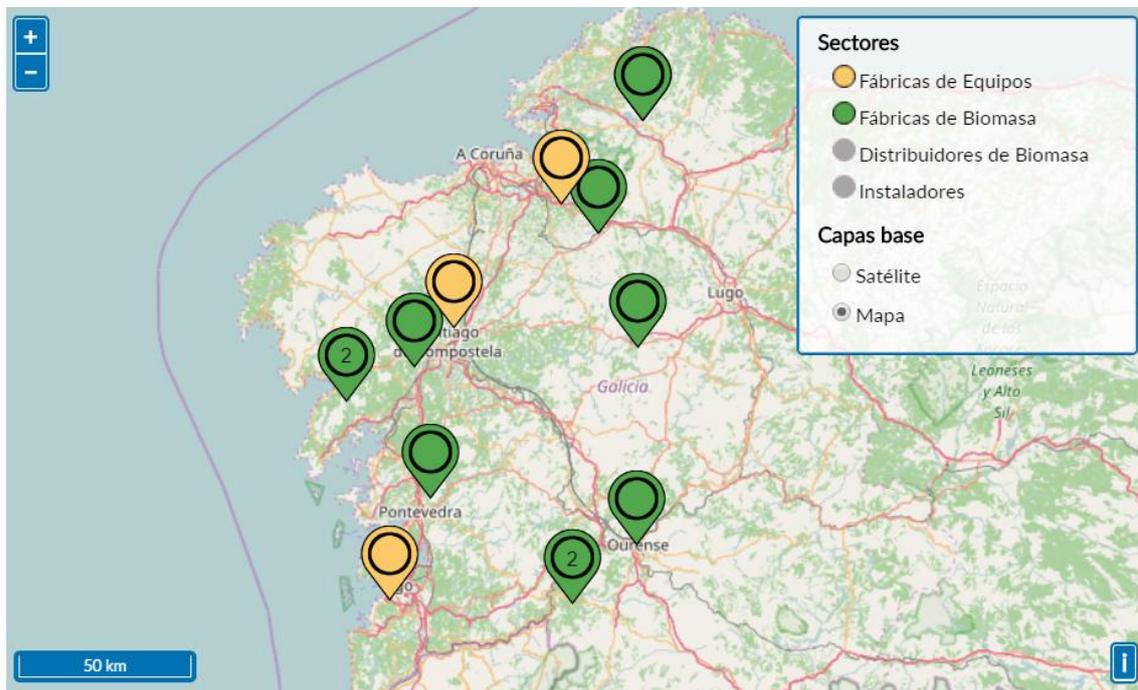


ILUSTRACIÓN 9: FÁBRICAS DE BIOCOMBUSTIBLES SÓLIDOS Y EQUIPOS TÉRMICOS EN GALICIA. FUENTE: OBSERVATORIO DE LA BIOMASA

EÓLICA

Alrededor de la energía eólica, **se ha generado en Galicia un denso conglomerado industrial**. En esta comunidad son fabricados o reparados componentes de aerogeneradores como las torres, las palas, la nacelle o la góndola, también componentes internos como las multiplicadoras, generadores eléctricos, transformadores y otros equipos eléctricos, electrónicos y mecánicos.

Prácticamente la **totalidad de los grandes tecnólogos de aerogeneradores a nivel mundial tienen turbinas instaladas en Galicia**, Neg Micon, Vestas, GE Wind Energy, Ecotecnia, Alstom, Gamesa, Bazán Bonus, Desa, Enercon, Jacobs, M. Torres, Made o Nordex, son algunas de estas empresas.

Las empresas que atienden la operación, la explotación y el mantenimiento y también la fabricación o reparación de los componentes de estas máquinas se reparten a lo largo de nuestra geografía, distribuyéndose en puntos estratégicos que optimizan la logística. Hay que tener en cuenta que componentes como las palas o las torres tienen longitudes muy importantes y deben moverse con vehículos especiales y con precaución.

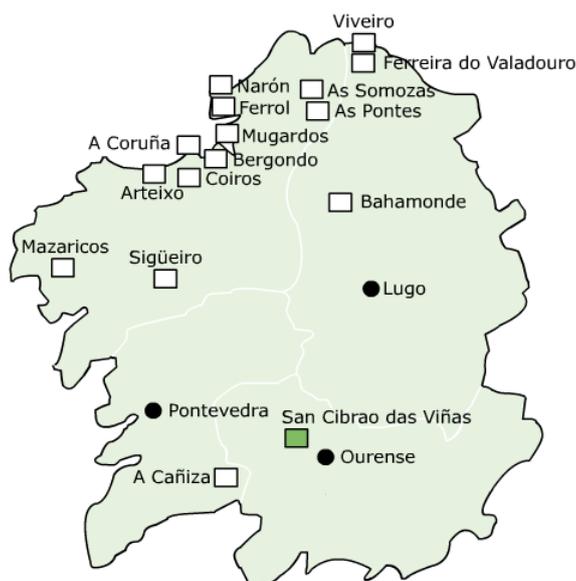


ILUSTRACIÓN 10: MAPA DE FÁBRICAS DE COMPONENTES EÓLICOS EN GALICIA. FUENTE: EGA

En cuanto a la fabricación de palas, cabe destacar que **existen diferentes métodos de fabricación de palas eólicas**. Las palas normalmente están formadas por una estructura central, que es el núcleo o la viga de la pala, la cual le proporciona resistencia. Esta viga suele estar realizada a base de fibra de vidrio y fibra de carbono. Esta estructura central está rodeada por una envolvente de fibra de vidrio y poliéster que le proporciona el perfil aerodinámico, y esta envolvente está formada por dos conchas que se solapan alrededor de la viga.



ILUSTRACIÓN 11: ACABADO DE PALA EN FÁBRICA EN AS SOMOZAS

Las **torres de los aerogeneradores soportan la góndola y las palas**, además albergan en su interior las celdas de media tensión, transformador y el cableado al generador. Por el interior de la torre se accede a la parte superior del aerogenerador. Usualmente son de acero, aunque también existen torres de hormigón, y suelen tener forma cónica casi cilíndrica.

Las torres se fabrican a partir de láminas cortadas por oxicorte a las que se les da su forma cónica por medio de máquinas de rodillos y que después se van soldando por arco sumergido. Es habitual ver en Galicia aerogeneradores de 2 MW que pueden tener torres de más de 60 metros. Estas grandes longitudes hacen recomendable su fabricación por partes, para así facilitar la logística, cada uno de estos módulos puede ser de 20 o 30 metros. Una vez en el parque eólico, las secciones se colocan las unas sobre las otras por medio de grandes grúas y son ensambladas.



ILUSTRACIÓN 12: TRAMO DE TORRE DE AEROGENERADOR EN EXPLANADA DE FABRICANTE

Los aerogeneradores están formados por otros componentes menos visibles pero tan importantes como los anteriores. Algunos de estos componentes son **la góndola**, que alberga los principales componentes internos del aerogenerador; la multiplicadora que ajusta la velocidad de giro a una velocidad adecuada para el generador; el propio **generador que produce la energía eléctrica** a partir de energía mecánica; el transformador encargado de elevar la tensión a valores adecuados para el transporte; y otros equipos eléctricos, electrónicos y mecánicos.

Algunos de estos componentes son también fabricados o reparados en Galicia, y de hecho el grueso de la industria eólica en Galicia está representada por pequeñas y medianas empresas dedicadas a este mercado.

Cabe destacar que, **en el sector eólico de media potencia, Galicia tiene una posición muy destacada**, ya que se producen aerogeneradores para autoconsumo fabricados íntegramente en el territorio.

HIDRÁULICA

El agua se mueve constantemente de manera cíclica, evaporándose desde la tierra y las masas de agua, condensando en la atmósfera en forma de nubes y precipitando de nuevo. Este ciclo que es impulsado por la energía del sol, ha sido desde la antigüedad intervenido y utilizado por el hombre para producir energía mecánica y más recientemente energía eléctrica. Hay diferentes tipos de instalaciones hidroeléctricas y todas ellas son alimentadas por la energía cinética del agua que fluye a medida que pierde energía potencial. Las turbinas y los generadores convierten la energía mecánica en electricidad, que luego se suministra a la red eléctrica.

El agua, después del viento, es la segunda fuente de energía eléctrica renovable en Galicia. La precipitación media en Galicia es superior a la media en el resto del estado y además se produce de manera regular a lo largo del año. Tanto la densidad de ríos como las pendientes acusadas proporcionan condiciones óptimas para la explotación de este tipo de energía en nuestro entorno.

Según el último balance energético del INEGA, se contabilizan en Galicia 303 MW de potencia instalada de energía minihidráulica con una generación anual de 614 GWh. Por otro lado, la gran hidráulica suma 3.112 MW de potencia instalada con una producción anual de 4.184 GWh.

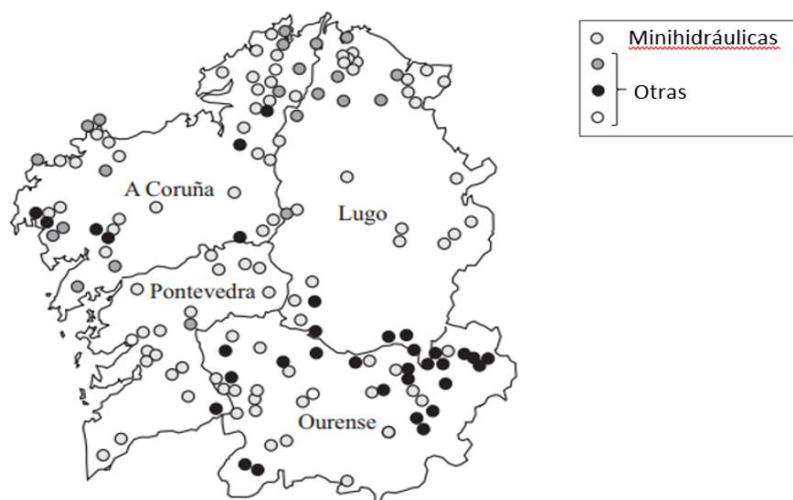


ILUSTRACIÓN13: CENTRALES MINIHIDRÁULICAS GALICIA. FUENTE INEGA

Las centrales hidroeléctricas que podemos encontrar en Galicia pueden ser:

- **Centrales hidroeléctricas:** son las que realizan un desvío del agua del río, que se conduce a una cámara de carga y desde ahí el agua desciende a presión por una tubería hasta un punto del río aguas abajo donde se hace pasar por las turbinas. Estas centrales generan energía de base a todas horas.
- **Centrales de regulación:** la principal diferencia es que el agua se almacena en un embalse, y gracias a él se facilita la gestión del agua y por lo tanto se puede gestionar también la energía generada.
- **Centrales de bombeo reversible:** Son centrales similares a las de regulación en la que además de turbinar el agua, es posible bombearla en sentido contrario con objeto de regular el sistema eléctrico en horas de exceso de producción energética en los que el precio de la energía es baja. Este tipo de centrales son de gran utilidad para la integración de otras energías renovables en el sistema eléctrico.

Tal y como sucede en la eólica, **el importante número de centrales de este tipo implica un desarrollo industrial** paralelo. Actualmente la práctica totalidad de componentes y equipos de las centrales hidroeléctricas son fabricados en Galicia o en el resto de España, existiendo numerosas empresas implicadas en el mantenimiento, reparación, operación y fabricación de componentes de este tipo de centrales.

A nivel nacional existen alrededor de 150 empresas vinculadas con el sector de la energía hidráulica. Una parte importante se emplaza en Galicia y las actividades realizadas por éstas son diversas, desde la instalación, reparación, manufactura, venta, promoción, etc... En el siguiente gráfico se puede ver el número de empresas vinculadas a cada una de estas actividades. Lógicamente, muchas de las empresas se dedican a más de una actividad dentro del sector:

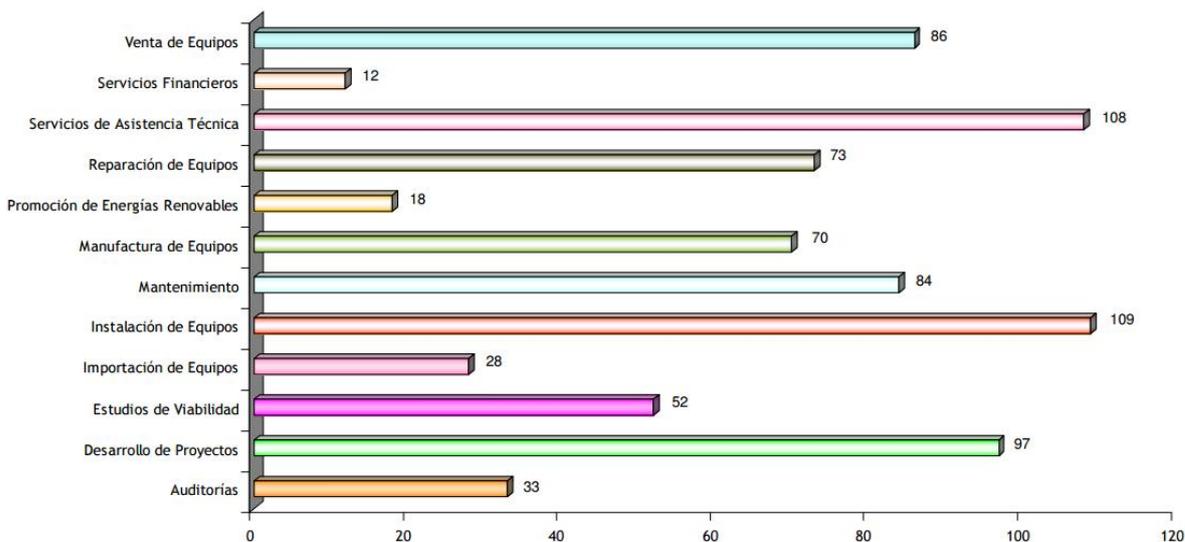


ILUSTRACIÓN 14: EMPRESAS POR ACTIVIDAD EN EL SECTOR HIDROELÉCTRICO. FUENTE: MINETAD

SOLAR

La energía solar es el tipo de energía con mayor potencial de todas las energías renovables. La tierra recibe más energía proveniente del sol en sólo un día que la que el conjunto de la población mundial consume en todo un año. Existen diferentes tecnologías para convertir la radiación solar en energía útil para nuestro uso, desde los elementos para recuperación de energía de forma pasiva, hasta elementos activos como los paneles solares fotovoltaicos y los captadores solares térmicos.

En Galicia es relativamente reciente la instalación de captadores solares o paneles fotovoltaicos, además la penetración de este tipo de energía en el mix energético en Galicia es menor que la media nacional, siendo la principal razón la menor radiación recibida sobre la superficie del territorio gallego, tal y como se aprecia en la siguiente figura.

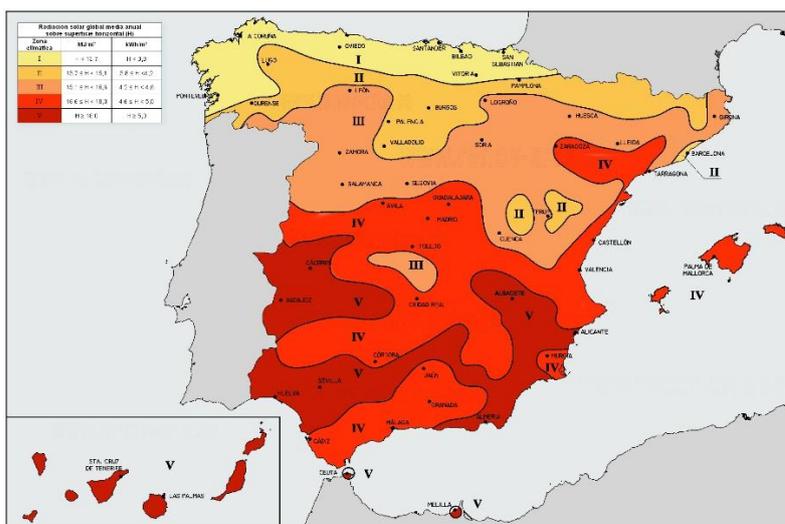


ILUSTRACIÓN 15: MAPA DE RADIACIÓN SOLAR GLOBAL MEDIA ANUAL SOBRE LA SUPERFICIE HORIZONTAL. FUENTE: www.efimarket.com

En Galicia, la energía solar es aprovechada tanto de forma pasiva como de forma activa. De forma pasiva se utiliza generalmente para el calentamiento natural de espacios, de forma activa suele ser utilizada para la producción de agua caliente y para la producción de electricidad.

La producción de agua caliente se realiza comúnmente a partir de captadores solares térmicos. Dichos captadores transforman la radiación solar en calor, que es transferido a un fluido caloportador, el cual intercambia finalmente el calor recibido con el circuito final, comúnmente este circuito final es el sistema de calefacción o el sistema de agua caliente de un edificio. El **nuevo Código Técnico de la Edificación ha contribuido muy significativamente a la inclusión de este tipo de captadores** en los edificios de nueva construcción.

Para la generación de energía eléctrica se utilizan **paneles fotovoltaicos** que convierten la luz solar directamente en electricidad. Prácticamente todas las tecnologías fotovoltaicas utilizan silicio o alguna variación del mismo, las tecnologías más comunes que podemos encontrar en Galicia son la tecnología monocristalina, la policristalina y la de capa fina.

Debido a la escasa penetración de este tipo de estas tecnologías en Galicia, además de, a la gran competitividad que existe a nivel internacional en la fabricación de componentes relacionados con esta tecnología, no son muchas las empresas que tengan como actividad principal la manufactura o reparación de los equipos mencionados. Las más significativas son:

- **Las empresas fabricantes de componentes eléctricos** para la industria solar fotovoltaica como inversores de frecuencia.
- **Las empresas fabricantes de componentes electromecánicos** para la industria solar fotovoltaica como seguidores solares.
- **Empresas fabricantes de paneles de captación solar.**
- **Empresas fabricantes de elementos vinculados a instalaciones de energía solar térmica** como acumuladores solares.

OTROS PRODUCTOS DEL SECTOR

El sector de las energías renovables es un sector transversal, que incluye diferentes sectores industriales vinculados de uno u otro modo con algún tipo de energía renovable. Otros productos manufacturados en Galicia y vinculados a las energías renovables son las calderas de biomasa, calderas de astilla, bombas de calor y equipos híbridos con utilización de sistemas renovables, entre otros.

1.3 CADENA DE VALOR Y PROCESOS CLAVE

El hecho de que la tipología de empresas manufactureras vinculadas con el sector de las energías renovables en Galicia sea muy variable, hace que la cadena de valor, los procesos y los productos generados por dichas empresas no sean comparables. Como se detallaba anteriormente nos encontramos ante un sector que produce desde palas de aerogeneradores hasta pellets, pasando por acumuladores térmicos, rectificadores de frecuencia o inversores.

2. ANÁLISIS EXTERNO

2.1 SITUACIÓN GLOBAL Y EUROPEA

ENERGÍA EÓLICA

El **sector de la energía eólica está liderado**, en cuanto a cobertura de mercado, **por la empresa VESTAS**. Si bien la fusión de las empresas **Siemens y Gamesa** puede hacer peligrar ese liderato, pues juntos se aupán a la segunda posición y junto con **GE** forman el pódium del sector eólico con bastante diferencia sobre el resto de sus competidores.

Las diez empresas que se exponen a continuación, son responsables del aumento de 46 GW de capacidad instalada en 2016, representando el 76% del mercado global. Su capacidad al final del año pasado ha alcanzado los 380 GW.

Vestas, Dinamarca

Es la empresa líder con 9,0 GW de potencia instalada en 2016, y también en capacidad total con 82,9 GW instalados, lo que hace que tenga el 15,8% del mercado mundial. La empresa danesa tiene presencia en 34 mercados, más que ninguna otra.

Siemens Gamesa, Alemania/España

Ocupa el segundo puesto del ranking, instalando 7,5 GW en 2016. La empresa nace de la fusión de las marcas alemana y española Siemens y Gamesa. Ocupando por separado puestos destacados dentro del ranking, la unión hace que lleguen a una capacidad de 75 GW alrededor del mundo.

General Electric Wind Energy, Estados Unidos

Ocupa el tercer puesto del ranking con 6,9 GW instalados en 2016. El tirón del mercado interno sigue siendo fuerte para GE, aunque ha hecho progresos en la región Asia-Pacífico. Es una filial de General Electric de Estados Unidos. Tiene una capacidad total de 60 GW.

Xinjiang Goldwing Science & Technology, China

Es un productor con origen en China. Lideró la capacidad instalada en 2015, pero una recesión en el mercado chino, la hace caer al cuarto puesto, con una capacidad instalada en 2016 de 6,6 GW para llegar a los 38,1 GW, en el total de la empresa.

Enercon, Alemania

Ocupa el quinto puesto con una capacidad de 3,8 GW instalados en 2016. La empresa alemana, tiene presencia en multitud de mercados como Bolivia, Costa Rica o Vietnam. La capacidad total es de 44,1 GW.

Nordex Group, Alemania

Ocupa el sexto puesto con una capacidad de 2,7 GW instalados en 2016. La reciente adquisición de Acciona, por parte de la empresa alemana, le da más presencia en el mercado latinoamericano. Tiene una capacidad total de 21,8 GW instalados.

Senvion, Alemania

Ocupa el séptimo puesto con una capacidad de 1,4 GW instalados en 2016. La empresa con base en Alemania, pero propietario estadounidense, no ha estado entre los diez mejores en capacidad instalada en el último año, pero tiene una capacidad de 44,1 GW instalados.

United Power, China

Ocupa el octavo puesto con una capacidad de 2,1 GW instalados en 2016. La empresa china ha notado los efectos de la recesión en el mercado eólico chino. Aunque es el segundo mayor productor de turbinas eólicas por detrás de Goldwing, está a bastante distancia de él. Tiene una capacidad instalada total de 16,6 GW.

Envision, China

Ocupa el noveno puesto con una capacidad de 2,0 GW instalados en 2016. La empresa china ha explorado nuevos mercados para compensar la reducción del mercado nacional. Tiene una capacidad instalada total de 8,9 GW.

Suzlon, India

Ocupa el décimo puesto con una capacidad de 1,1 GW instalados en 2016. Es el mayor productor indio de turbinas domésticas, y tiene una capacidad total de 16,8 GW alrededor del mundo.

BIOMASA

Los últimos años no han sido fáciles para los productores de pellets de madera y los desarrolladores de proyectos vinculados con esta fuente de energía. El crecimiento temporal de la demanda de los nuevos proyectos de cogeneración o de conversión total de centrales eléctricas, ha llevado a un exceso de capacidad de producción. Por otro lado, una serie de inviernos cálidos en Europa, junto con los bajos precios de los combustibles fósiles, han reducido además la demanda de pellets y de las estufas de pellets y calderas.

Los **mercados de pellets de madera** comprenden dos sectores principales: los pellets industriales de madera que se utilizan como sustituto del carbón en las centrales eléctricas entre otros, y los pellets premium utilizados en las estufas de pellets y las calderas de pellets para calefacción.

Los mercados globales de pellets de madera, tanto el sector de la calefacción como el industrial, han tenido un crecimiento significativo en la última década. Las tasas de crecimiento en los últimos cuatro años de datos han sido de alrededor del 10 por ciento anual; de aproximadamente 19,5 millones de toneladas en 2012 a alrededor de 28 millones de toneladas en 2015. Se espera que el mercado industrial de pellets de madera crezca significativamente. La demanda agregada en 2016 de pellets industriales se estima en alrededor de 13.8 millones de toneladas por año. La demanda futura en el Reino Unido y E.U. se espera que se estabilice en 2020. Sin embargo, se espera un crecimiento importante en Japón y Corea. Otros países como Canadá tienen potencial para crecer sustancialmente.

El sector de pellets de calefacción ha crecido constantemente en la última década. A diferencia del sector de pellets industriales, que está impulsado por las políticas, los mercados de pellets de calefacción son impulsados principalmente por los costos comparativos de los combustibles para calefacción. Los pellets han sido históricamente el combustible de menor costo para calefacción en la mayoría de las regiones. Los bajos precios del crudo y, por lo tanto, los bajos precios del petróleo para calefacción y del propano han desafiado recientemente la posición de los pellets como el combustible de calefacción de menor costo. Si las tendencias recientes en los precios del petróleo crudo continúan, los gránulos pronto volverán a ser el combustible de calefacción de menor costo.



ILUSTRACIÓN 16: PRODUCCIÓN Y CONSUMO DE PELLETS MUNDIAL. FUENTE: EPC SURVEY, EUROSTAT, HAWKINGS WRIGHT FAO

En cuanto al uso de astilla, cabe destacar que muchos países europeos están incrementando consistentemente el uso de astilla para producción energética durante los últimos años, tanto para energía eléctrica, como plantas de cogeneración (CHP en la siguiente figura) como para energía térmica (H en la siguiente figura).

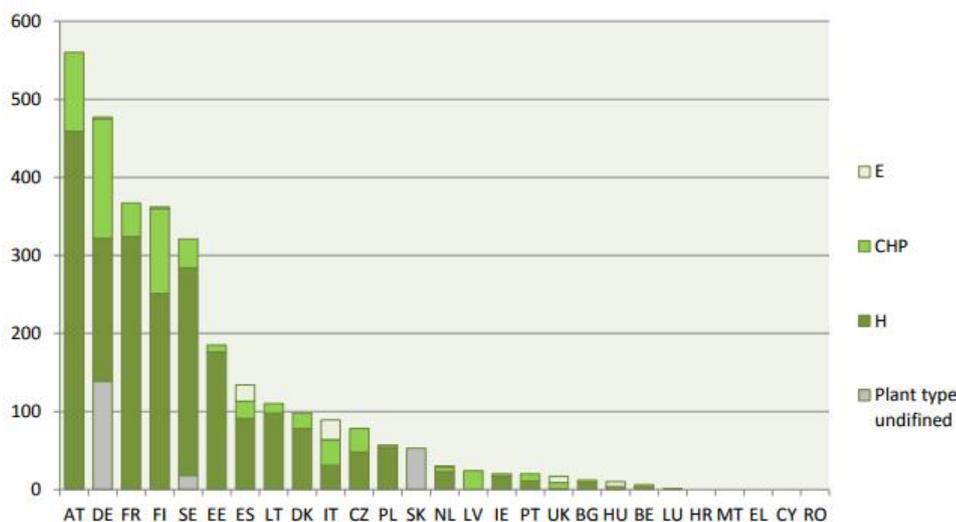


ILUSTRACIÓN 17: DISTRIBUCIÓN DEL NÚMERO DE PLANTAS DE BIOENERGÍA (> 1MW) QUE USAN ASTILLAS DE MADERA. FUENTE: BIOMASS AVAILABILITY AND SUSTAINABILITY INFORMATION SYSTEM

Según el número de instalaciones, los 5 países con más plantas (Austria, Alemania, Francia, Finlandia, Suecia) representan el 60% de todas las instalaciones a nivel europeo.

Según el tipo de planta, podemos discernir algunas tendencias que pueden ser agrupadas en tres:

- Dominio del modelo de calefacción, como Austria, Francia, Suecia.
- Balance entre calefacción y cogeneración, mayoritariamente en Alemania, Portugal y República Checa.
- Un modelo específico para España, Italia y Reino Unido lo que puede ser caracterizado por una cierta proporción de instalaciones eléctricas.

SOLAR FOTOVOLTAICA

El año 2016 es significativo para la energía solar fotovoltaica, superando el LCOE (Levelized Cost Of Energy) a la tecnología eólica. El LCOE se define como el coste teórico de generar energía eléctrica con una tecnología, e incluye todos los costos durante la vida de la instalación: la inversión inicial, tasa de descuento, así como los costos de mantenimiento y de producción.

El mercado solar global en el año 2016 estuvo dominado por China, todavía más que en años anteriores. China conectó 34,5 GW a la red, un aumento del 128% sobre los 15,1 GW que agregó el año anterior. Las instalaciones fotovoltaicas de 2016 fueron equivalentes a una cuota de mercado global del 45%. A finales de 2016, China tenía un total de 77.9 GW de PV instalados, poseyendo un cuarto de toda la capacidad global de generación de energía solar. **2016 fue un año decepcionante para la energía solar en Europa.** Con solo 6,7 GW de capacidad fotovoltaica recién instalada, el mercado europeo de energía solar se contrajo un 22% año con año. En 2016, Asia-Pacífico se convirtió en la región con mayor potencia solar del mundo, con 147,2 GW de capacidad instalada total, lo que equivale a un 48% de la cuota de mercado mundial. Los pioneros solares europeos, que aún poseían la porción global más importante en 2015, ahora están en segundo lugar, con una capacidad fotovoltaica acumulada de 104,3 GW y una participación del 34%.

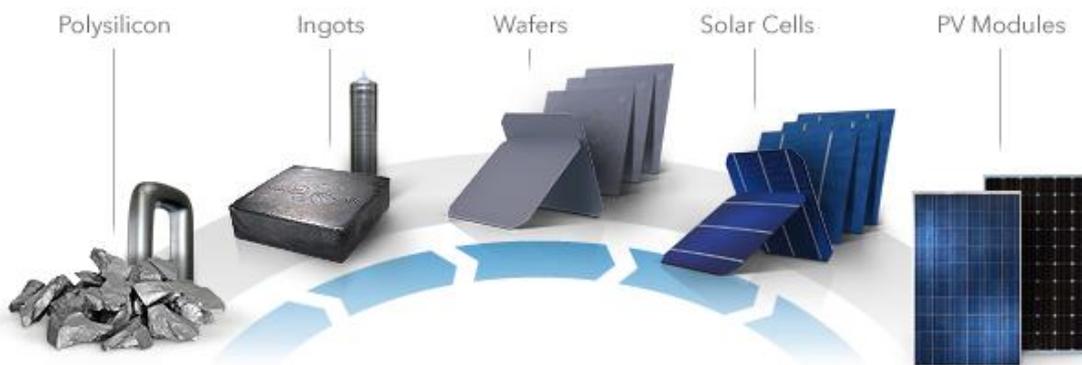


ILUSTRACIÓN 18: CICLO DE PRODUCCIÓN DE PANELES SOLARES FV. FUENTE: YINGLISOLAR

Los costos de energía solar, que disminuyen rápidamente, continúan mejorando la competitividad de este tipo de energía. Básicamente, todas las licitaciones solares desde 2016 son inferiores a la garantía de precio que por ejemplo el gobierno del Reino Unido firmó para la planta de energía nuclear Hinkley Point C en el año 2015. En 2016 se otorgó en Abu Dhabi, un nuevo contrato de suministro de energía solar a 25 años con un récord mundial de 24,4 USD/MWh, lo cual implica 2,44 ctUS/kWh. Los últimos cálculos del coste teórico de la electricidad (LCOE) del banco de inversión estadounidense, Lazard Capital, demuestran claramente que la energía solar a escala comercial es hoy más barata que las turbinas de gas de ciclo combinado (CCGT), carbón y plantas de energía nuclear, aunque debido al carácter aleatorio e intermitente de esta energía, su almacenamiento continúa siendo un reto a salvar.

En 2016, se instaló y se conectó a la red un total de 76,6 GW de energía solar. Esa es la mayor cantidad de energía solar que se ha instalado en un año hasta el momento y un crecimiento interanual de un 50% sobre los 51,2 GW agregados en 2015. Ésta es la tercera tasa más alta registrada desde el comienzo de esta década, **solo superada en 2010, cuando las conexiones de red crecieron un 115%** a 17,4 GW, y en 2011, cuando el mercado aumentó casi un 80%, aunque a niveles absolutos mucho más bajos.

El organismo SolarPower Europe ha informado en una nueva encuesta de producción de energía fotovoltaica en la UE, que las tasas de producción y utilización de módulos han disminuido en 2016. Según

la encuesta, la capacidad anual de montaje de módulos fotovoltaicos en los países de la UE se situó en 2016, un 3% menos que a finales de 2015.

En la siguiente figura se muestran la capacidad total de fabricación de módulos solares fotovoltaicos anunciada por país en el año 2016.

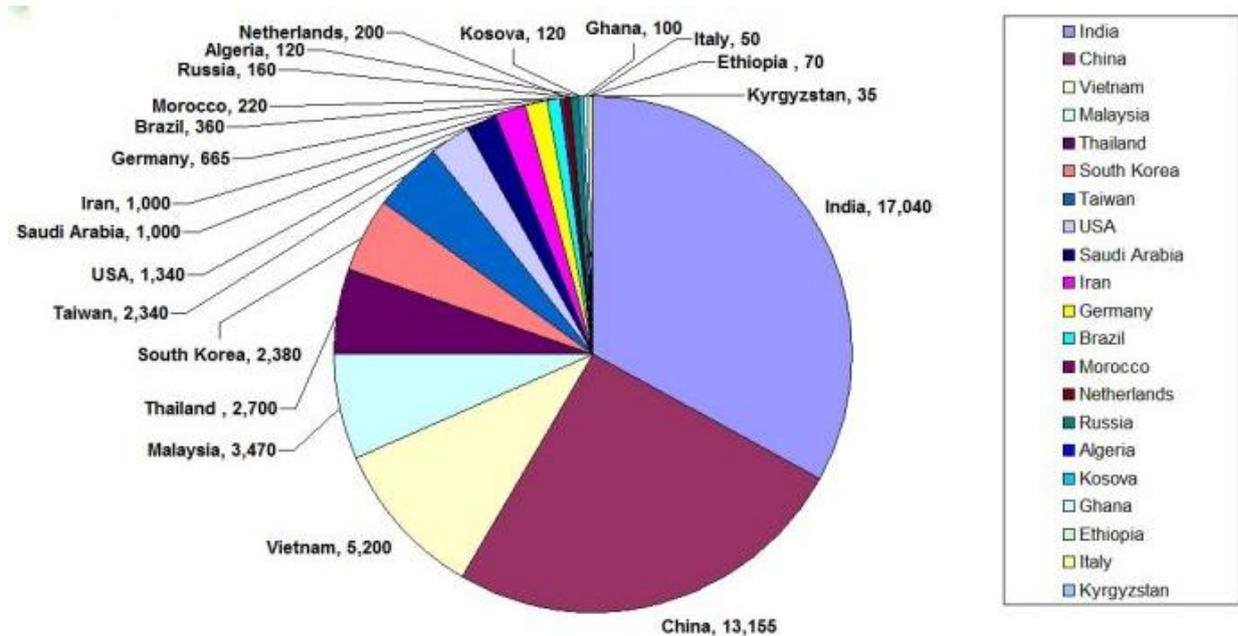


ILUSTRACIÓN19: CAPACIDAD TOTAL DE FABRICACIÓN DE MÓDULOS SOLARES FOTOVOLTAICOS EN EL AÑO 2016.
FUENTE: PVTECH

La siguiente tabla muestra las 10 mayores empresas de módulos fotovoltaicos a nivel mundial según volumen de producción.

Ranking	Productor
1	JinkoSolar
2	Trina Solar
3	Canadian Solar
4	Hanwha Q-CELLS
5	JA Solar
6	GCL
7	First Solar
8	Yingli Green
9	Talesun
10	Risen

TABLA 1. 10 MAYORES SUMINISTRADORES DE PLACAS SOLARES. FUENTE: PV TECH

2.2 RESUMEN DE LAS PRINCIPALES MACRO-TENDENCIAS DEL SECTOR

AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA AVANZADA Y COLABORATIVA

La Automatización y Robótica Avanzada y Colaborativa ofrece una serie de ventajas aprovechables en el sector

Automatización

- Optimización de sistemas de transporte de piezas, herramientas y la disminución de los tiempos de ejecución del proceso.
- Filosofía “just in time” (MES- Manufacturing Execution System, etc.), permitiendo reducir los stocks de materiales y producto terminado.
- Mejora la capacidad de reconfiguración de la maquinaria.
- Permite la integración de procesos y sistemas.
- Etc.

Robótica Colaborativa

- Estrecha colaboración en condiciones de seguridad hombre-máquina. Incremento de la velocidad en trabajos repetitivos.
- Proporciona flexibilidad al proceso, al poder realizar diferentes tareas.
- Mayor productividad.
- Monitorización de los parámetros de proceso en tiempo real.
- Mejora de la ergonomía.
- Aumenta la capacidad de configuración de máquinas y plantas de fabricación.
- Etc.

Tendencias generales de la tecnología

- Fábrica conectada inteligente, flexible, sostenible y conectada con el cliente final.
- Equipos con mayor capacidad de carga y alcance.

HUMAN MACHINE E INTERACTION (WEREABLES, RA/RV, EXOESQUELETOS)

Human Machine e Interaction ofrece una serie de ventajas aprovechables en el sector de las energías renovables.

Wearables

Su uso en un entorno industrial permite:

- Interacción constante entre dispositivo y usuario. Eliminando la tarea de activación o desactivación.
- Su portabilidad permite realizar el trabajo desde cualquier lugar. El usuario dispone de las manos libres por lo que puede seguir haciendo otras tareas, lo que supone un incremento de la productividad y eficiencia.
- Incrementan la consciencia del usuario sobre el entorno, aumentando su seguridad.

- Permite la integración de procesos y sistemas, logrando mejoras en la productividad y eficiencia del proceso.
- Etc.

El uso de *wereables* en la industria aún no está extendido. Son las **gafas de realidad aumentada, relojes inteligentes, realidad virtual** y exoesqueletos los que presentan un mayor potencial de uso.

Gafas inteligentes (RV/RA)

- Permiten al usuario recibir información contextualizada de las máquinas, obteniendo indicaciones para la reparación de averías, ordenes de trabajo, etc.
- Permiten grabación de video y realización de fotografías de forma rápida posibilitando un registro documental de las operaciones.
- Permiten la formación en el puesto de trabajo, explícita (antes de comenzar la tarea) o implícita (guiando los procesos de verificación).
- Mejoran la seguridad del trabajador al permitir recibir alertas sobre riesgos potenciales.
- Proporcionan información visual sobre los pedidos, ubicación de los productos, destinos del producto, mejorando la logística de la fábrica.
- Etc.

Relojes inteligentes

- Permiten la recepción y emisión de alertas sobre el funcionamiento de las máquinas, pudiendo resolver el incidente sin parar la línea de producción.
- Posicionamiento GPS. Localización del trabajador.
- Mejora la seguridad y prevención de riesgos en planta, al incorporar sensores de movimiento y parámetros biométricos y ambientales.

Exoesqueletos

- Mejora de la ergonomía del trabajador. Ayuda en trabajos repetitivos
- Sujeción de herramientas: brazos con resorte.
- Silla sin silla: Disminución de la fatiga del operario al estar en una misma posición durante tiempo prologando.
- Soporte de espalda: Manutención de la postura correcta del cuerpo mientras el operario se dobla para realizar una operación. Reducción de la carga de los músculos de la espalda.
- Guantes motorizados: Ayuda al trabajador en la sujeción de herramientas.
- Robótica adicional/supernumeraria. Exoesqueletos que proporcionan un segundo par de manos

SISTEMAS CIBERFÍSICOS E INTERNET DE LAS COSAS

Los *Sistemas Ciberfísicos e IoT* ofrecen una serie de ventajas aprovechables en el sector.

- Eliminación de silos de información a través de la conectividad.
- Obtención de datos para mejoras operativas en tiempo real: mantenimiento predictivo, apoyo a la toma de decisiones, optimización de procesos y recursos, análisis sobre datos de calidad, análisis sobre datos de la cadena de suministro.
- Comportamiento autónomo.
- Etc.

Tendencias generales de la tecnología

- Dispositivos IoT de transporte y captura de datos.
- Dispositivos IoT de sensorización y actuación.
- Dispositivos genéricos.
- Etc.

FABRICACIÓN ADITIVA

Tendencias generales de la tecnología

- Impresión 3D en materiales plásticos.
- Impresión 3D en resinas de base biológica .
- Impresión 3D en metales, lo que supone la posibilidad de fabricar productos finales o prototipos con una gran cantidad de aplicaciones en todo tipo de sectores.

TECNOLOGÍAS DE MATERIALES INTELIGENTES

Los materiales inteligentes aportan información sobre la propia calidad del proceso productivo, logrando un uso más eficiente y sostenible de los recursos, reduciendo los tiempos de producción e incrementando la competitividad. El avance en los materiales inteligentes va de la mano de la nanotecnología.

LOGÍSTICA AVANZADA (AGV-UAV)

La Logística avanzada ofrece una serie de ventajas aprovechables en el sector.

Tendencias generales AGV

- Vehículos AGV de tipo remolque.
- Vehículos AGV de carga unitaria.
- Carros guiados automatizados, o AGCs.
- Vehículos AGV de tipo carretilla.
- Vehículos AGV personalizados o a medida (diseñados para manejar cargas muy pesadas).
- Soluciones robóticas móviles.
- Incremento de las funcionalidades de los AGV y UAV: LiDar, Cámara Visión, etc.

Tendencias generales UAV

- Menor infraestructura necesaria para la realización de operaciones y menor coste.
- Control de infraestructuras.
- Fotografía.
- Transporte de mercancías.
- Incremento de las funcionalidades de los AGV y UAV: LiDar, Cámara Visión, etc.
- Monitorización del clima, vida salvaje, bosques.
- Monitorización y detección de focos de incendio.
- Control de calidad del aire.

- Mapeo 3D.
- Búsqueda y rescate de personas.
- Vigilancia.
- Herramienta de inspección de estructuras.
- UAV en logística.

Tendencias del Sector AGV

- Transporte de cargas y grandes cargas (dumpers y vehículos de gran tonelaje autónomos, carretillas autónomas).
- Almacenamiento y distribución (carretillas automáticas, interacción con almacenes automatizados, almacenamiento de productos...).
- Sistemas de fabricación flexible (movimientos de piezas entre maquinas...)

MODELIZACIÓN, SIMULACIÓN Y VIRTUALIZACIÓN DE PROCESOS

Tendencias generales de la tecnología

- Emulación para ayudar al diseño de los sistemas de control.
- Programación.
- Predicción de resultados.
- Control en tiempo real.
- Entrenamiento.
- Modelado del comportamiento humano (toma de decisiones de grupo).

BIG DATA, DATA ANALYTICS Y CLOUD COMPUTING

- Mejora de la participación del cliente.
- Reducción de riesgos.
- Mejora de las operaciones de procesos.
- Nuevos modelos de negocio.
- Optimización en tiempo real del proceso.
- Análisis predictivo.
- Mantenimiento predictivo.
- Previsión de la demanda.
- Disminución de los tiempos de lanzamiento de nuevos productos.
- Etc.

Tendencias generales de la tecnología:

- Mejora de la captura y almacenamiento de datos.
- Mejoras en la integridad y seguridad, privacidad y propiedad de los datos.
- Mejoras en la identificación de los datos, reutilización, preservación en el tiempo, representación de los datos.
- Facilitar el escalamiento de sistemas a través de Cloud Computing (XaaS).

- Desarrollo de nuevos frameworks genéricos, buscando sistemas más flexibles y reutilizables por diferentes organizaciones.

SAFETY AND SECURITY

Tendencias generales de la tecnología:

- Ciberseguridad de la fábrica del futuro.
- Segmentación adecuada de red.
- Virtualización custodiada.
- Bloqueo instantáneo del tráfico de red.
- Elementos fortificados y elementos seguros.
- Conexión segura con terceras partes.
- Cifrado en tiempo real.
- Control de acceso y sistema de autorización unívoco y dirigido.
- Etc.

2.3 MEJORES PRÁCTICAS

2.3.1 Automatización y Robótica Colaborativa Avanzadas

APLICACIÓN DEL REVESTIMIENTO DE PALAS ROBOTIZADO

Se ha desarrollado un robot totalmente automatizado que aplica el revestimiento con una gran precisión reduciendo los costes energéticos y de consumo de pintura. Las palas de los aerogeneradores son uno de los elementos que sufren mayor estrés y daños provocados por el medio. Cada una de las palas puede medir 70 m de largo y 5 m de ancho con un peso de 15 toneladas, pudiendo alcanzar los 320 km/h con vientos muy fuertes, generando una gran presión en la nacelle y torre. Para protegerlas de este estrés mecánico necesitan un revestimiento especial en la superficie, el cual debe ser perfectamente aplicado con una precisión milimétrica al espesor especificado. Una mala aplicación de esta capa produce mayor fatiga superficial, degradación de la pala y reducción de la producción de la turbina.



ILUSTRACIÓN20: APLICACIÓN DE REVESTIMIENTO. FUENTE: ABB

ENSACADO DE PELLETS

La robotización de ciertas partes del proceso de fabricación de pellets es ya una realidad extendida. En la siguiente ilustración se muestra un robot capaz de ensacar 35.000 kg/h de pellets. Los fabricantes de la industria del pellet, tienden a apostar por procesos cada vez más robotizados y automatizados. Según maduren estas tecnologías, se continuarán implantando en las fábricas de pellets pues reducen costes y tiempos de operación, frente al trabajo manual.



ILUSTRACIÓN21: ENSACADO DE PELLETS. FUENTE: ELOCOM

LIMPIEZA Y REFRIGERACIÓN DE PANELES SOLARES FOTOVOLTAICOS

Un instituto de investigación coreano, especializado en infraestructuras tecnológicas, ha desarrollado un sistema automático de **limpieza y refrigeración de paneles solares fotovoltaicos** que, según indica, permite reducir la pérdida de energía alrededor de un 18% y ayuda a superar los inconvenientes y riesgos asociados con la limpieza de los paneles solares durante toda su vida útil.



ILUSTRACIÓN 22: ROBOT PARA LA LIMPIEZA DE PANELES SOLARES. FUENTE: <https://www.energias-renovables.com/fotovoltaica>

ROBOT PARA MANTENIMIENTO DE AEROGENERADORES

La empresa Tratamiento Superficial Robotizado (TSR Wind) ha completado recientemente con éxito las primeras pruebas de campo de su **Robot M2** en un parque eólico ubicado en la provincia de Albacete. Diseñado para realizar tareas de mantenimiento en aerogeneradores, M2, que es capaz de desplazarse por la superficie vertical de la torre del aerogenerador, es un robot que porta cuatro cámaras de video y un elemento de limpieza a presión y que está preparado para llevar a cabo labores de inspección y limpieza en las palas, la torre y la parte inferior de la góndola.



ILUSTRACIÓN 23: ROBOTS PARA TAREAS DE MANTENIMIENTO EN AEROGENERADORES. FUENTE: www.energias-renovables.com/eolica/

PROYECTO AEROS

Inspección autónoma de aerogeneradores en funcionamiento. Financiado por: Ministerio de Economía y Competitividad dentro de la convocatoria Retos-Colaboración del Programa Estatal de Investigación, Desarrollo e Innovación Orientada a los Retos de la Sociedad, en el marco del Plan Estatal de Investigación Científica y Técnica y de Innovación 2013-2016.

Objetivo: Desarrollar soluciones para poder inspeccionar estructuras de aerogeneradores (palas principalmente) en funcionamiento, de forma automática/autónoma, bien desde tierra o bien mediante el uso de RPA's.

2.3.2 Human Machine Interaction (Wearables, RA/RV, Exoesqueletos)

SISTEMAS DE MANIPULACIÓN ROBOTIZADOS

En el sector de las renovables, como en muchos otros, se requiere el manejo de cargas pesadas, en ocasiones de manera continuada. La utilización de **exoesqueletos** o sistemas de manipulación robotizados no es habitual, aunque su uso sí es cada vez más extendido. En la siguiente ilustración observamos operarios utilizando manipuladores neumáticos para manejar de forma segura y ergonómica paneles solares completos o diferentes piezas en la línea de montaje. En este caso el sistema de agarre funciona por vacío a través de un marco de ventosas diseñado para la sujeción de paneles.



ILUSTRACIÓN 24: MANIPULADORES NEUMÁTICOS PARA EL MANEJO DE PANELES SOLARES. FUENTE: INDEV

REALIDAD VIRTUAL/REALIDAD AUMENTADA

La realidad virtual y la realidad aumentada comienzan a ser utilizadas en la **industria eólica**. La primera es de gran utilidad principalmente en el diseño de la góndola, la cual debe albergar diversos equipos (generador, multiplicadora, eje, etc.) en un espacio muy limitado. La realidad virtual ayuda a diseñar y ubicar de manera más efectiva estos componentes para un mejor aprovechamiento del espacio. En cuanto a la realidad aumentada, comienza a ser utilizada en el mantenimiento eléctrico y electromecánico, con objeto de proporcionar información extra al operario y facilitar así su labor.



ILUSTRACIÓN 25: MANIPULADORES APLICACIÓN DE REALIDAD VIRTUAL Y REALIDAD AUMENTADA EN LA INDUSTRIA EÓLICA

2.3.3 Sistemas Ciberfísicos e Internet de las Cosas

Dentro del sector de las energías renovables las tecnologías IoT pueden ser de utilidad para diversas operaciones. Por un lado, permiten realizar una **monitorización en detalle de los consumos energéticos** a través de las tecnologías de adquisición de datos que, en conjunción con técnicas de análisis sobre esta información, permiten extraer información de valor añadido para extraer causas de consumos de energía anómalos o caracterizar los consumos de maquinaria en función de sus tiempos de operación, entre otras. Por otro lado, la inclusión de tecnologías para **mejorar la conectividad en las fuentes de energías renovables** permite tener un mayor control en tiempo real sobre la producción de energía en función de la demanda detectada, y detectar posibles problemas técnicos en las redes de distribución o en la maquinaria de generación de energía (por ejemplo, en turbinas eólicas).

En la industria eólica, muchos tecnólogos del sector eólico utilizan datos para mantenimiento predictivo y mejora del rendimiento. Analizan en tiempo real datos de los sensores ubicados en equipos críticos, como el generador o la multiplicadora, para identificar acciones con beneficio potencial. Se utiliza para **mantenimiento predictivo** y **optimización del funcionamiento**.



ILUSTRACIÓN 26: IOT EN AEROGENERADORES. FUENTE: GE

En cuanto a **soluciones comerciales**, se pueden encontrar en el mercado múltiples plataformas de análisis de datos para activos renovables que obtienen sus datos de dispositivos de monitorización que aplican el paradigma IoT. Por ejemplo, la compañía americana Wind River, parte de Intel, tiene como una de sus principales líneas de negocio la aplicación de tecnologías IoT y protocolos estándar a diversos entornos, siendo el eólico uno de ellos. Otras compañías como WebNMS o Algo Engines desarrollan plataformas de análisis de datos con aplicación en sistemas de energía eólica pero no detallan los procedimientos mediante los que obtienen la información de la sensorica desplegada en los aerogeneradores. La Ilustración 45 contiene un esquema de la plataforma IoT Symphony, utilizada por WebNMS para la monitorización y gestión de activos y su consumo energético.

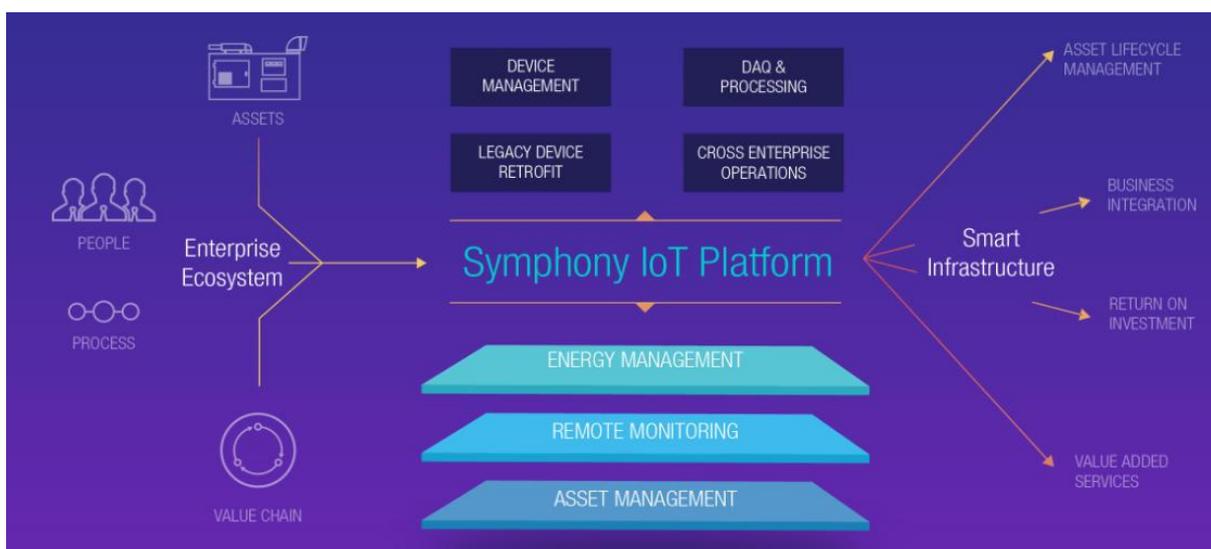


ILUSTRACIÓN 27: ESQUEMA DE LA PLATAFORMA IOT EMPLEADA POR WEBNMS. FUENTE: WEBNMS

2.3.4 Fabricación Aditiva

FABRICACIÓN ADITIVA DE MOLDES DE PALAS DE AEROGENERADOR

El Departamento de Energía de Estados Unidos está inmerso en un proyecto de fabricación aditiva para la creación de moldes de palas de aerogeneradores. Este avance permitirá el ahorro de costes y reducción del tiempo asociado a la fabricación de los moldes. **Big Area Additive Manufacturing (BAAM)** es el nombre de la máquina de impresión 3D, que usa pellets de fibra de carbono para hacer los moldes.



ILUSTRACIÓN28: FABRICACIÓN ADITIVA DEL MOLDE DE UNA PALA DE AEROGENERADOR.FUENTE: U.S. DEPARTMENT OF ENERGY

2.3.5 Tecnologías de Materiales Inteligentes

Las aplicaciones de la Nanotecnología en el sector energético tienen relación con la mejora de los sistemas de producción y almacenamiento de energía, en especial aquellas energías limpias y renovables como la energía solar, o basadas en el Hidrógeno, además de tecnologías que ayuden a reducir el consumo energético a través del desarrollo de nuevos aislantes térmicos más eficientes basados en nanomateriales.

MATERIALES DE CAMBIO DE FASE

Incorporación en los **paneles solares** de materiales de cambio de fase (PCM) que incrementan la eficiencia energética y disminuyen el deterioro de los módulos. Las mejoras se basan en la regulación térmica de los paneles, lo que supone un aumento de la eficiencia de conversión eléctrica y se evita que los paneles se sobrecalienten.

BATERÍAS DE ION-LITIO CON ÁNODO NANOESTRUCTURADO BASADAS EN NANOPARTICULAS DE TITANATO DE LITIO (LI4TI5O12)

Ofrecen mejores prestaciones en su funcionamiento respecto a las baterías de ion-litio con ánodo de grafito, ya que permiten trabajar en condiciones de alta potencia, son de más larga duración y sus tiempos de recarga son sustancialmente más cortos y, además, son más seguras y cuentan con una gran estabilidad térmica.

Este tipo de batería no es solo de aplicación en los sectores más convencionales como la **telefonía móvil** y los **ordenadores portátiles**, sino también en otros sectores como la **industria del automóvil** (incluyendo la posibilidad de vehículos eléctricos) o el mercado de **sistemas de alimentación ininterrumpida (SAI)**.

CÉLULAS DE COMBUSTIBLE

Transforman directamente los combustibles en electricidad sin necesidad de combustión, evitando de esta forma el paso intermedio de transformación de la energía cinética en electricidad y consiguiendo con ello un mayor rendimiento. La variedad de combustibles utilizados va desde gases como hidrógeno o gas natural, a líquidos como el metanol o etanol.

CÉLULAS SOLARES

Buscando bajos costes de fabricación y variedad en su localización y utilización. Por ejemplo, se buscan células solares sensibles a ciertos rangos de frecuencias. Captar el mayor ancho de banda de la emisión de la radiación solar permite aumentar su eficiencia. Si la célula fotovoltaica es sensible al infrarrojo, la conversión de radiación en electricidad no sólo se produciría en presencia del sol sino que también podría provenir de cualquier cuerpo caliente, ya fuese, por ejemplo, un motor de coche o el mismo cuerpo humano.

COMPOSITES BASADOS EN PUNTOS CUÁNTICOS (QUANTUM DOTS)

Un método alternativo es la utilización de composites basados en puntos cuánticos (*quantum dots*) dentro de una matriz polimérica conductora de electricidad. El espectro de absorción de radiación de este composite vendría determinado por el polímero y el punto cuántico. El espectro de absorción del polímero está definido por su estructura química. El estado actual de la química orgánica permite la fabricación de, virtualmente, cualquier tipo de **polímero conductor o semiconductor**, de manera que las propiedades electrónicas de estos polímeros puedan ajustarse a las propiedades electrónicas de los puntos cuánticos.

Además, los estados electrónicos de los puntos cuánticos pueden ser cambiados variando sus dimensiones. Este tipo de estructura permitiría **células solares mecánicamente flexibles**. Más aun, podrían incluso aplicarse con un spray. Esto permitiría convertir prácticamente cualquier superficie expuesta a radiación en soporte de una célula fotovoltaica. Por ejemplo, cualquier ventana podría servir para producir electricidad a partir de la radiación solar y la radiación proveniente de la calefacción.

RECUBRIMIENTOS ÓPTICOS QUE VIRTUALMENTE NO REFLEJAN LA LUZ

Este tipo de recubrimientos posibilita reducir apreciablemente e incluso eliminar las reflexiones en todo el intervalo del espectro visible e independientemente del ángulo de incidencia de la luz. Este tipo de recubrimientos tienen aplicación en cualquier dispositivo en el que la luz entre o salga de algún material. En particular, en la fabricación de **células solares más eficientes**, al aumentar la cantidad de luz que incide sobre el material semiconductor de la célula.

2.3.6 Logística Avanzada (AGV-UAV)

TERMOGRAFÍA AÉREA

La utilización de UAV para el mantenimiento y operación de parques de paneles solares fotovoltaicos, o la detección de puntos calientes, mediante termografía aérea suponen un ahorro en costes y reduce los tiempos de mantenimiento.



ILUSTRACIÓN29: UAV SOBRE PANELES SOLARES. FUENTE: RENEWABLE ENERGY WORLD

INSPECCIÓN DE AEROGENERADORES

Los UAV también se utilizan en la inspección y mantenimiento de palas y torres de aerogeneradores, pues permiten reducir los tiempos de inspección, pasando de horas a minutos. Además, se disminuye el riesgo humano, porque se evita que los operarios intervengan en todas las incidencias y teniendo que subir a todas las torres, permitiendo que solamente suban a las que es necesario.



ILUSTRACIÓN 30: UAV VOLANDO HACIA AEROGENERADOR. FUENTE: UAS VISION

AGV PARA LA SEGURIDAD Y VIGILANCIA

Empleo de modelos de **robots móviles de SMP Robotics** para la realización de tareas de seguridad y vigilancia en centrales solares y fotovoltaicas:

- Movimiento autónomo alrededor del área.
- Maniobra automática de evasión obstáculos.
- Supervisión remota de la operación vía WiFi.
- Unidad de transmisión robótica unificada para todas las soluciones.



ILUSTRACIÓN 31: ROBOT AUTÓNOMO DE SMP ROBOTICS EN PLANTA FOTOVOLTAICA. FUENTE: SMP ROBOTICS

2.3.7 Modelización, Simulación y Virtualización de procesos

FAST es una herramienta de ingeniería asistida por ordenador aeroelástica para aerogeneradores de eje horizontal. FAST es la principal herramienta de ingeniería asistida por computadora de NREL (National Renewable Energy Laboratory) para simular la respuesta dinámica acoplada de las turbinas eólicas. Permite el análisis de una gama de configuraciones de aerogeneradores, que incluyen:

- Rotor de eje horizontal de dos o tres palas.
- Regulación de paso.
- Rotor a barlovento o sotavento.
- Enrejado o torre tubular.
- Tierra u offshore.
- Si se trata de subestructuras offshore, de fondo fijo o flotante.

ANALOGIC: Como ejemplo de optimizar la colocación en campo, de la mano de un proyecto de construcción de un parque eólico *onshore* se ha elaborado un trabajo de simulación de la zona con el software Anylogic. Ha sido necesario primero conseguir un mapeado de la zona con los datos necesarios, pero, gracias al resultado, ha sido posible la visualización de todo el proyecto antes de su ejecución, donde se incluía, no solo la posición de los aerogeneradores, sino que también el mapa de nuevos caminos, canalizaciones y cableado, además de conseguir una reducción del tiempo de ejecución del proyecto (Zankoul, 2014).

SIMUL8: En este estudio se simuló, con una aplicación basada en eventos discretos y modelo de agentes, turbinas eólicas *offshore* en un ambiente marino para descubrir fallos y poder optimizarlas antes de su fabricación y colocación. Además, gracias a la simulación, se pudieron establecer los periodos de mantenimiento y operación (Mustafee, 2015).

2.3.8 Big Data, Data Analytics y Cloud Computing

Todas las instalaciones generadoras de energía renovable (solar fotovoltaica, térmica, eólica, hidráulica, geotérmica, mareomotriz, undimotriz, etc.) trabajan con gran cantidad de datos. Los parques eólicos o las granjas solares, por ejemplo, tienen la capacidad de recoger cada vez más información, las agencias meteorológicas son capaces de predecir más variables de forma más precisa y el operador del sistema tiene la posibilidad de recabar cada vez más datos en un mundo cada vez más conectado. Para poder gestionar y extraer información y conocimiento de los datos disponibles es necesario el empleo de técnicas de **Big Data Analytics y Cloud Computing**. Con estas herramientas podemos conseguir, por ejemplo:

- Analizar en tiempo real las variables de funcionamiento de los equipos.
- Analizar en tiempo real los datos meteorológicos.
- Extraer patrones de comportamiento de la instalación. Mantenimiento predictivo. Reducción de tiempos de parada, etc.
- Realizar predicciones que inciden directamente en la eficiencia y en los costes de la instalación.
- Extraer de patrones de consumo.
- Etc.

PREDICCIONES EÓLICAS A CORTO Y MEDIO PLAZO

En el caso de la energía eólica, la realización de predicciones eólicas a corto y medio plazo tiene una incidencia directa en las labores de operación y mantenimiento de los parques. Igualmente, para acudir al mercado eléctrico es necesario disponer de predicciones horarias de producción con un día de antelación (mercado diario).

La realización de predicciones en el sector eólico depende de multitud de factores, uno de ellos es el viento y su carácter variable, lo que hace necesario el control de multitud de datos. Para extraer el conocimiento y la información necesaria de todo este gran volumen de datos que inciden en la producción, gestión, distribución, etc. se hace necesario la aplicación de técnicas de Big Data, como por ejemplo el Machine-Learning o Aprendizaje Máquina.

Los modelos que actualmente están siendo más estudiados en relación a las energías renovables son, por un lado los modelos de Bosques Aleatorios o de Gradient Boosting⁴, y por otro lado, se está demostrando la eficacia de las redes profundas⁵.

A.U.R.A. GAMESA, S.A.

Mantenimiento predictivo de maquinaria eólica. La plataforma de monitorización A.U.R.A. de NEM Solutions realiza diagnósticos expertos de la maquinaria eólica permitiendo un ajuste más fino del mantenimiento predictivo.

EA2

Sistema de predicción de producción de energía eólica, desarrollado por IIC (UAM), capaz de llevar a cabo la predicción horaria de parques individuales, pequeñas agrupaciones o áreas más amplias, que puede

⁴Alonso, A. Torres, A., & Dorronsoro, J.R. (2015). Random Forests and Gradient Boosting for Wind Energy Prediction. LNCS, Lecture Notes in Computer Science. 9121, 26-37. Springer. http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-319-19644-2_3 (2016)

⁵] (Bengio, Y. (2009). Learning Deep Architectures for AI. Foundations and Trends in Machine Learning. 2 (1), 1-127. Y. Bengio, Canada. <http://dx.doi.org/10.1561/2200000006> (2016)

complementarse con Argestes Planner, una herramienta de visualización que permite, en tiempo real, analizar y comparar las predicciones realizadas.

EA2 está orientado operadores del sistema eléctrico, operadores de distribución, generadores de energía, comercializadoras o, en general, empresas relacionadas con la eficiencia energética que requieran técnicas de modelado y predicción de energía.

El sistema se ofrece en modalidad Software as a Service (SaaS) que emite predicciones de producción eólica para parques en cualquier parte del mundo, adaptándose a las características de cualquier mercado. Gracias a su versatilidad se puede aplicar a un parque eólico o sobre un conjunto de parques como los de una granja, agrupación o clúster, o incluso sobre una gran área como la Península Ibérica. Para la elaboración de las predicciones EA2 utiliza técnicas de analítica predictiva y métodos de machine learning, como SVM redes neuronales.

Esta herramienta ha sido aplicada al parque eólico experimental Sotavento, en Galicia.



ILUSTRACIÓN 32: EA2. FUENTE: <http://www.iic.uam.es/soluciones/energia/ea2/>

ARISTÓTELES

Aristoles de Kaiserwetter ha desarrollado un sistema que combina el Internet de las cosas, el despliegue de sensores, técnicas de análisis de Big Data y una infraestructura digital centralizada en la nube.

The Hybrid Renewable Energy Forecasting Solution (HyRef) de IBM, utiliza datos de equipos de monitoreo como cámaras que siguen el movimiento de las nubes, datos meteorológicos, sensores en aerogeneradores para monitorear velocidad, dirección y temperatura del viento, y realizar una predicción de condiciones hasta un mes en adelante. El análisis de turbulencia y la tecnología de imágenes en la nube se usan para predecir la generación de energía solar y eólica con precisión.

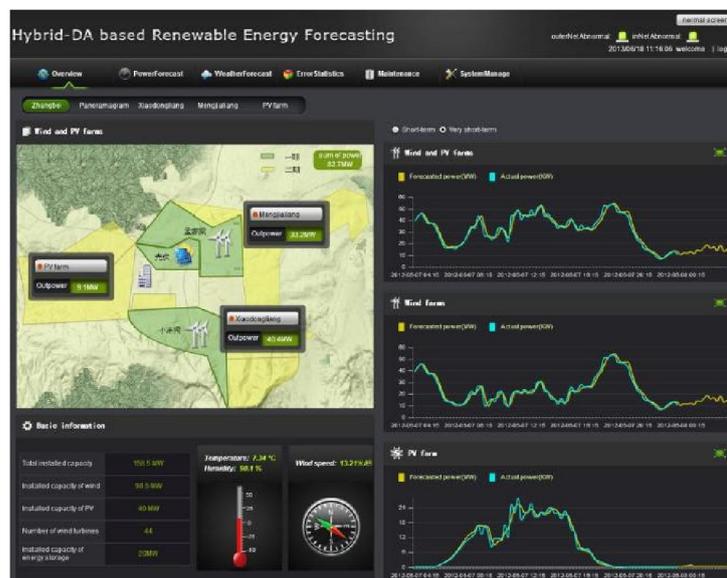


ILUSTRACIÓN 33: THE HYBRID RENEWABLE ENERGY FORECASTING SOLUTION (HYREF) DE IBM. FUENTE: IBM'S HYREF SEEKS TO SOLVE WIND'S INTERMITTENCY PROBLEM <http://www.renewableenergyworld.com>

INTELLIGENT RENEWABLE ENERGY PERFORMANCE DEEP ANALYTICS & OPTIMIZATION

iPAO de IBM proporciona evaluación y mejora de la eficiencia de trabajo, evaluación de amenazas y mantenimiento predictivo, recomendación de tipo de activos, optimización de piezas de repuesto a gran escala y optimización de planes O & M. Además, iPAO ayuda a las plantas de energía renovable a proporcionar toda la gestión de la operación del ciclo de vida, aumentar la eficiencia y ampliar la vida útil de los activos, así como mejorar su nivel de gestión.

VI-POC (VIRTUAL POWER OPERATING CENTER)

Recopila variables de instalaciones fotovoltaicas, eólicas, cogeneración, biomasa, geotermia y de predicción del clima. El módulo de Big Data utiliza:

- Mondrian - OLAP Server
- Hive - Query Executor on Hadoop MapReduce
- HBase - NoSQL Data Storage

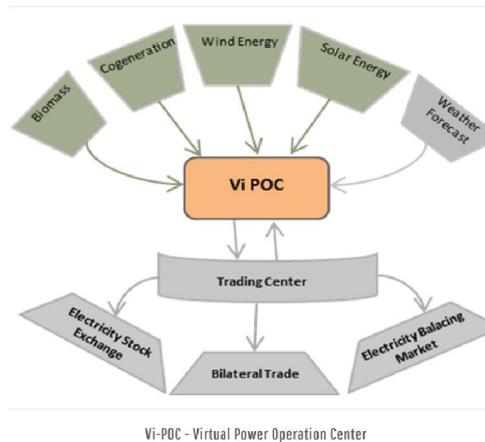


ILUSTRACIÓN 34:VI-POC (VIRTUAL POWER OPERATING CENTER) FUENTE: [HTTP://WWW.SMAU.IT/MILANO15/PARTNER_PRODUCTS/33555/](http://www.smau.it/milano15/partner_products/33555/)

ENERVALIS

Enervalis⁶ ha desarrollado una plataforma de tecnologías de la Información enfocada en optimizar el uso de la energía verde. Enervalis desarrolla software que proporciona soluciones de energía sostenible para vehículos eléctricos, edificios y microrredes. La plataforma monitorea las fuentes de energía y los usuarios disponibles, y puede predecir la demanda y el suministro de energía en el futuro a través de la predicción meteorológica, los aportes de los usuarios, la Inteligencia Artificial y Big Data.

BIG DATA APLICADO A LAS VIBRACIONES EN LOS AEROGENERADORES

⁶ Enervalis. <http://tech.eu/brief/enervalis-raises-funds/>

Siemens recopila datos sobre vibraciones en sus aerogeneradores. Cada aerogenerador dispone de 9 sensores que miden las vibraciones en componentes clave del aparato: la caja de transmisión, el generador y el cojinete del eje principal en las palas del rotor. La información se compara con valores objetivos para ver posibles desviaciones, y solventar los problemas. Supone un ahorro en costes de mantenimiento pues en parques eólicos offshore, es difícil y caro llegar hasta el propio aerogenerador, y se necesita la mayor información posible sobre el estado del mismo.

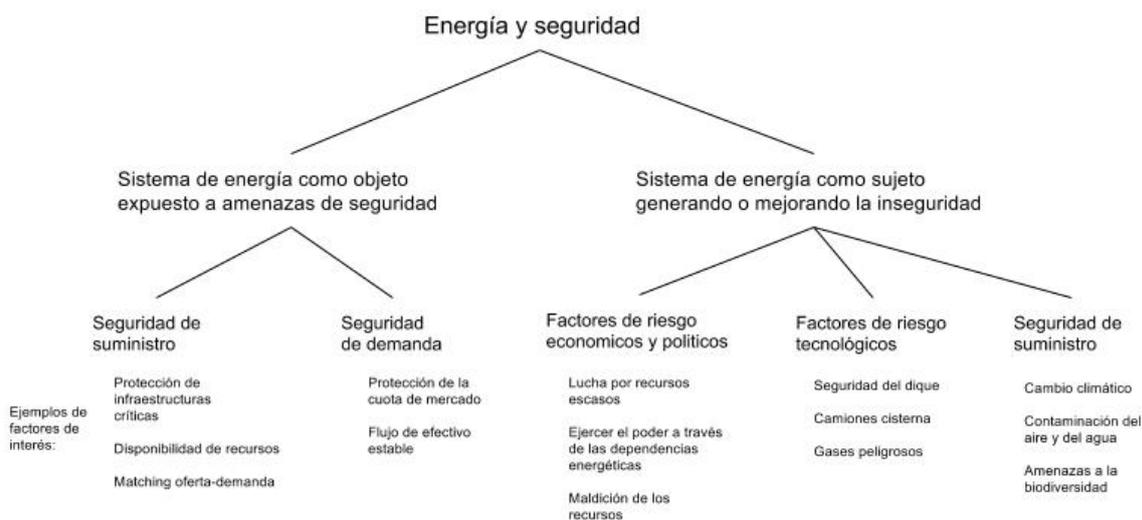


ILUSTRACIÓN35: BIG DATA. FUENTE: SIEMENS

2.3.9 Safety and Security

Los sistemas de energía renovable pueden mejorar algunos aspectos de la seguridad, pero no conseguirán automáticamente la eliminación de todo tipo de problemas de seguridad y sin duda surgirán nuevos problemas. Las fuentes de energía renovables no tienen el problema de la **disponibilidad de recursos a largo plazo** como los recursos fósiles finitos y su ubicación geográfica es menos concentrada. Muchas cuestiones de seguridad relacionadas con la energía dependen más del proveedor de energía que del recurso energético y de la existencia de instituciones y reglamentos que funcionen eficazmente.

Por tanto, la energía renovable puede afectar a la seguridad energética de varias maneras. En la siguiente figura se expone un **framework**⁷ para atacar a este problema.



INVERSORES SOLARES INTELIGENTES

⁷Security aspects of future renewable energy systems—A short overview

El Departamento de Energía de Estados Unidos desarrollará herramientas como inversores solares inteligentes que utilicen protocolos de comunicación estándar con la red. El equipo desarrollará algoritmos para usar en el sistema de la misma manera que los hackers, pero envía señales opuestas para anular el ataque.

3. DIAGNÓSTICO SECTORIAL

Tamaño de las empresas participantes

El sector de las energías renovables es un sector joven y la mayoría de las empresas que lo componen tienen una antigüedad posterior al año 2000. Muchas de ellas son empresas pequeñas con un volumen de facturación inferior a 5.000.000 de euros.

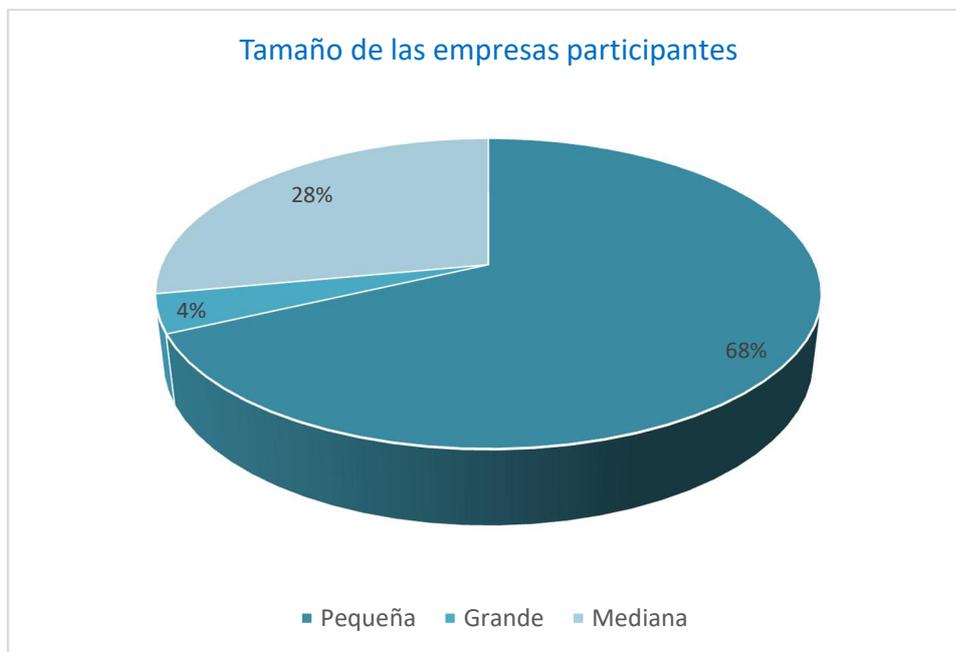


ILUSTRACIÓN36: TAMAÑO EMPRESAS PARTICIPANTES EN EL ESTUDIO. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

En relación al nº de empleados las empresas encuestadas tienen en su mayoría menos de 25 empleados.

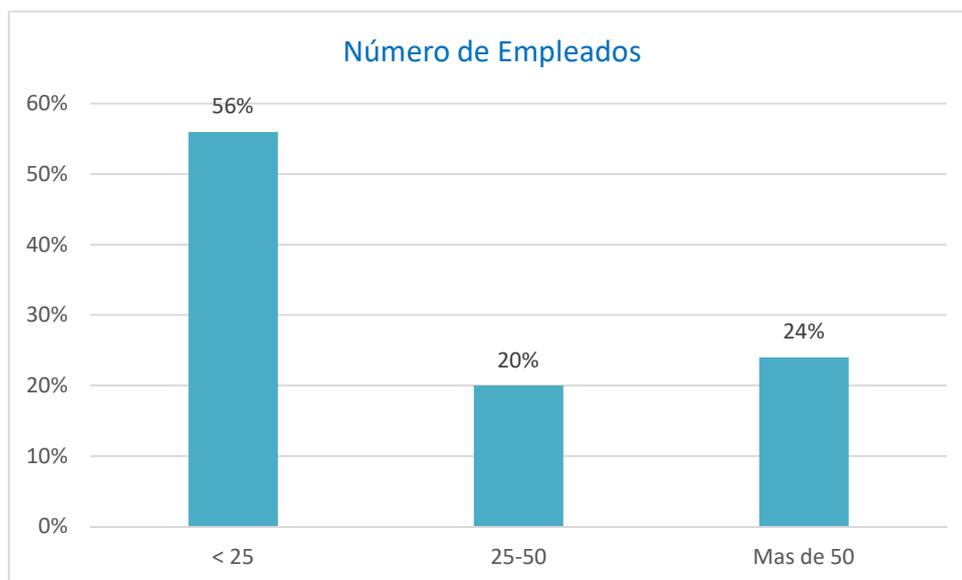


ILUSTRACIÓN37: Nº DE EMPLEADOS EMPRESAS PARTICIPANTES EN EL ESTUDIO. FUENTE: ELABORACION PROPIA

El estudio ha abarcado las 4 provincias gallegas, con el ánimo de ser lo más representativo posible, no obstante, es la provincia de A Coruña la que dispone de mayor actividad en el sector, con un 68% de las empresas encuestadas.

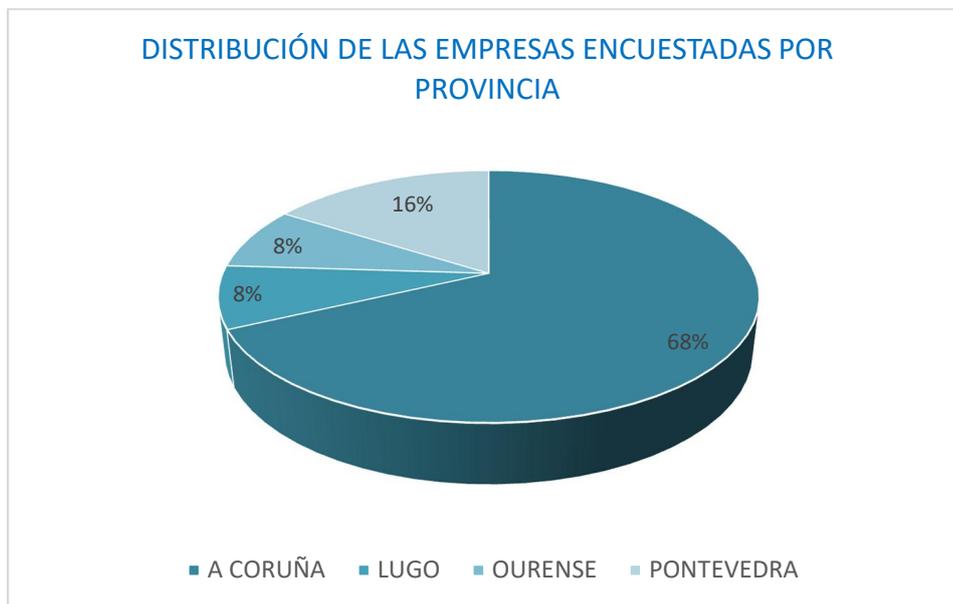


ILUSTRACIÓN38: EMPRESAS PARTICIPANTES EN EL ESTUDIO POR PROVINCIA. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Volumen de facturación de las empresas participantes

El volumen de facturación del 61% de las empresas participantes es inferior a 5.000.000 €, y solo el 9% superan los 10.000.000 €.

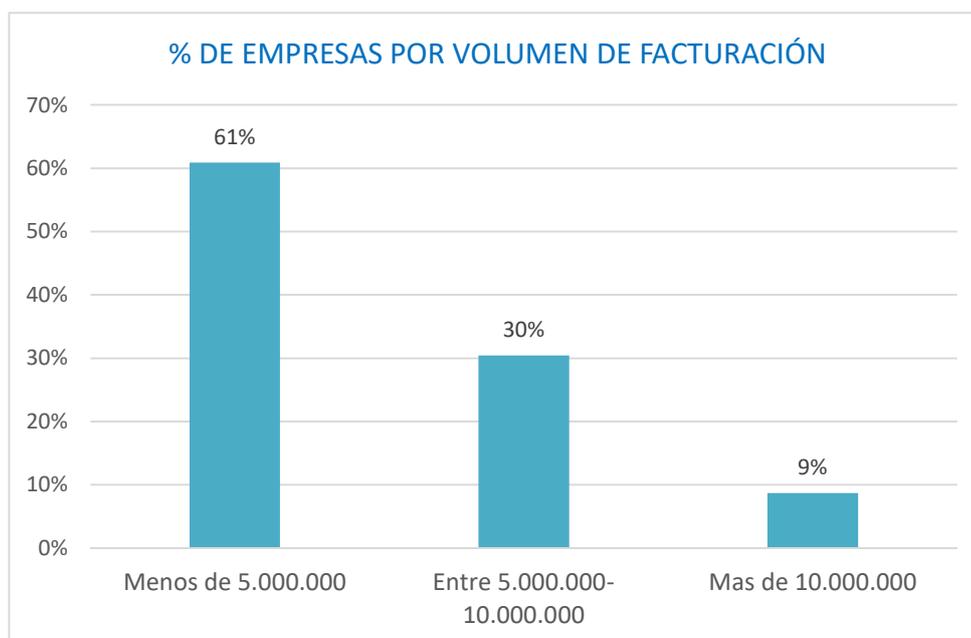


ILUSTRACIÓN39: PORCENTAJE DE EMPRESAS PARTICIPANTES EN EL ESTUDIO POR VOLUMEN DE FACTURACIÓN. FUENTE: ELABORACION PROPIA

Antigüedad de las empresas participantes

El 20% de las empresas participantes tienen una antigüedad comprendida entre 1980 y el año 2000. El 16% tienen una antigüedad mayor a 1980 y en el 64% la antigüedad es posterior al año 2000.

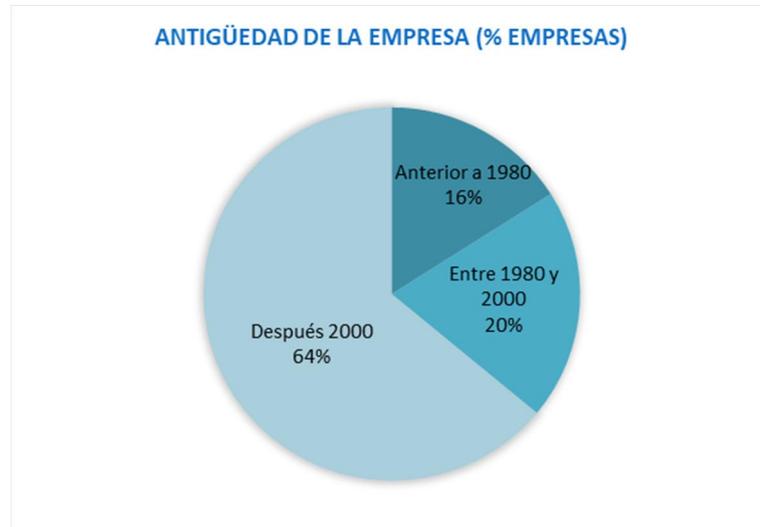


ILUSTRACIÓN40: ANTIGÜEDAD DE LAS EMPRESAS PARTICIPANTES EN EL ESTUDIO. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

3.1 FAMILIARIDAD CON EL CONCEPTO DE INDUSTRIA 4.0

Las empresas encuestadas relacionan directamente la Industria 4.0 con la modernización y automatización de los procesos industriales.

El 70% de las empresas encuestadas consideran estar familiarizadas con el concepto Industria 4.0 (valores alto y medio alto), y tener algún **conocimiento de las tecnologías facilitadoras**.

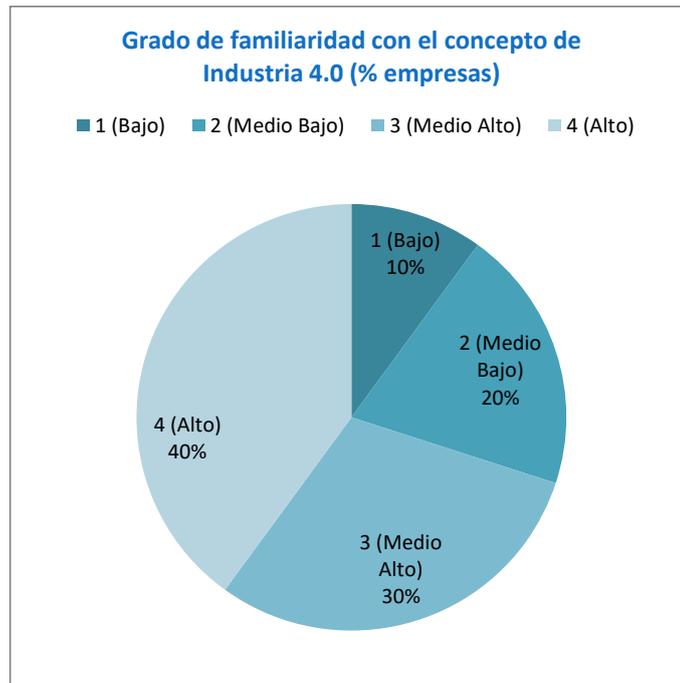


ILUSTRACIÓN 41: GRADO DE FAMILIARIDAD DEL SECTOR DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES CON EL CONCEPTO DE INDUSTRIA 4.0. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

En relación a las **tecnologías emergentes**, la más conocida es Automatización y Robótica Avanzada y Colaborativa, con casi la totalidad de las empresas encuestadas (96%), seguida de cerca por el Big Data con el 92%. Si bien todas las tecnologías superan el 50%, Human Machine Interaction se queda como la menos conocida.

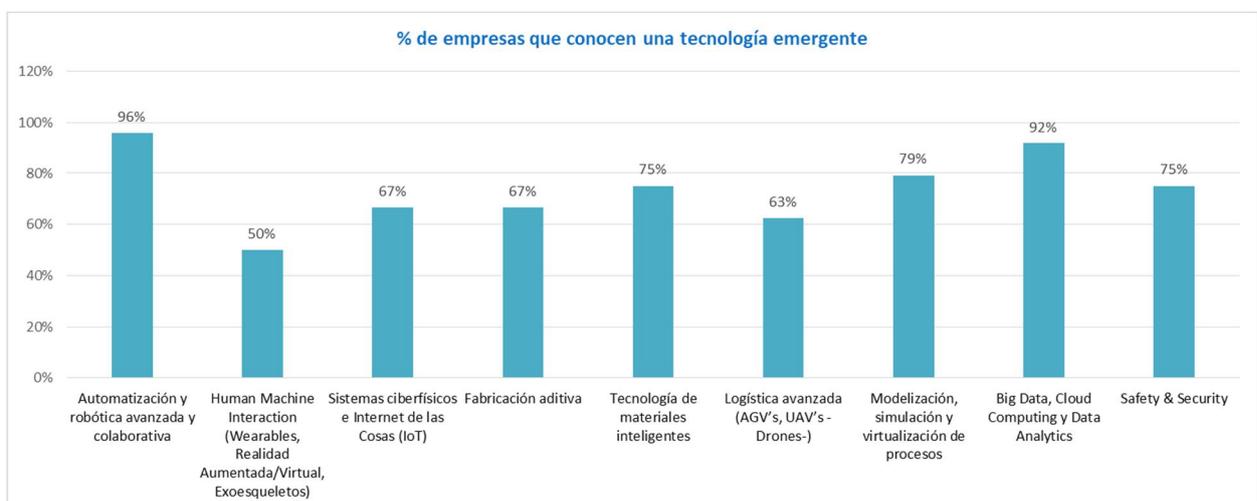


ILUSTRACIÓN 42: % EMPRESAS QUE CONOCEN UNA TECNOLOGÍA EMERGENTE. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

En relación a los **objetivos de la Industria 4.0** la mayor parte de las empresas consideran que los principales objetivos son:

- Incrementar la eficiencia de los sistemas productivos
- Incrementar la eficiencia de los sistemas de gestión

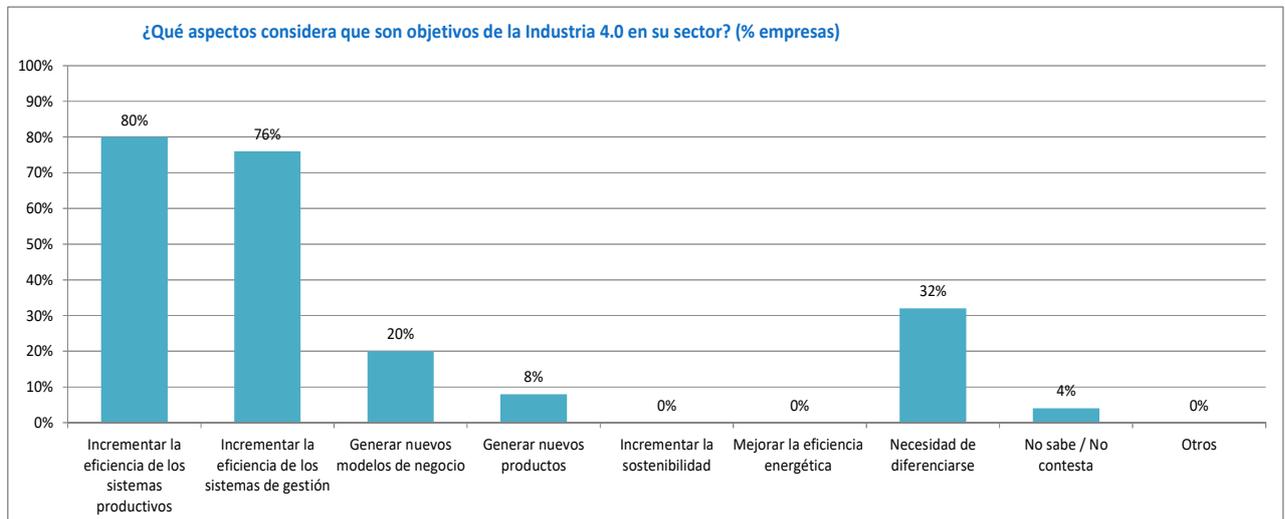


ILUSTRACIÓN43: OBJETIVOS DE LA INDUSTRIA 4.0 PARA EL SECTOR DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Más del 70% de las empresas participantes detectan una relación directa entre Industria 4.0 y **competitividad** (Valores 3 y 4).

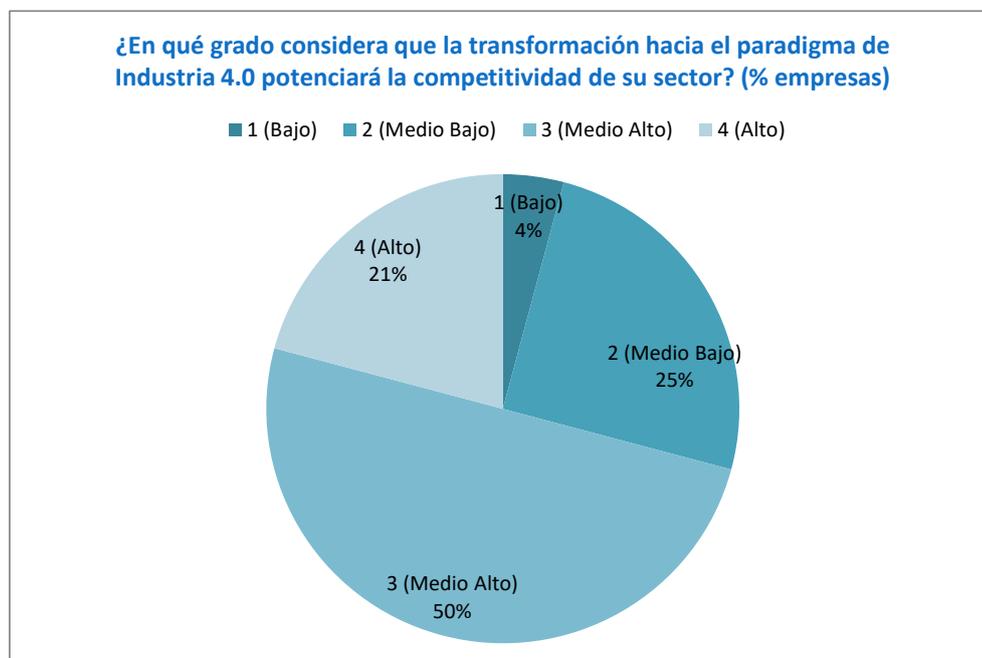


ILUSTRACIÓN44: INDUSTRIA 4.0 Y LA COMPETITIVIDAD DEL SECTOR DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

En cuanto a la **temporalidad del impacto** de la Industria 4.0 en el sector, el 42% de las empresas consideran que este se producirá a largo plazo, y solo un 21% manifiestan que el impacto debería ser visible a corto plazo.

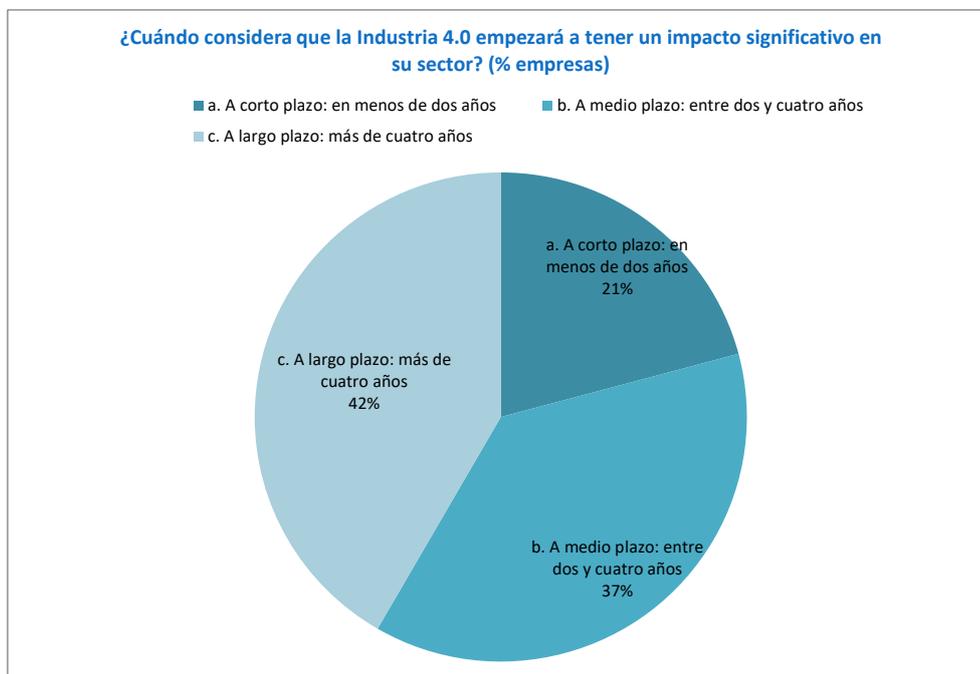


ILUSTRACIÓN45:INDUSTRIA 4.0 E IMPACTO EN EL SECTOR DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Sobre la relación entre **deslocalización del sector** y la Industria 4.0, el 48% del sector manifiesta que no va conseguir una reducción de la deslocalización.

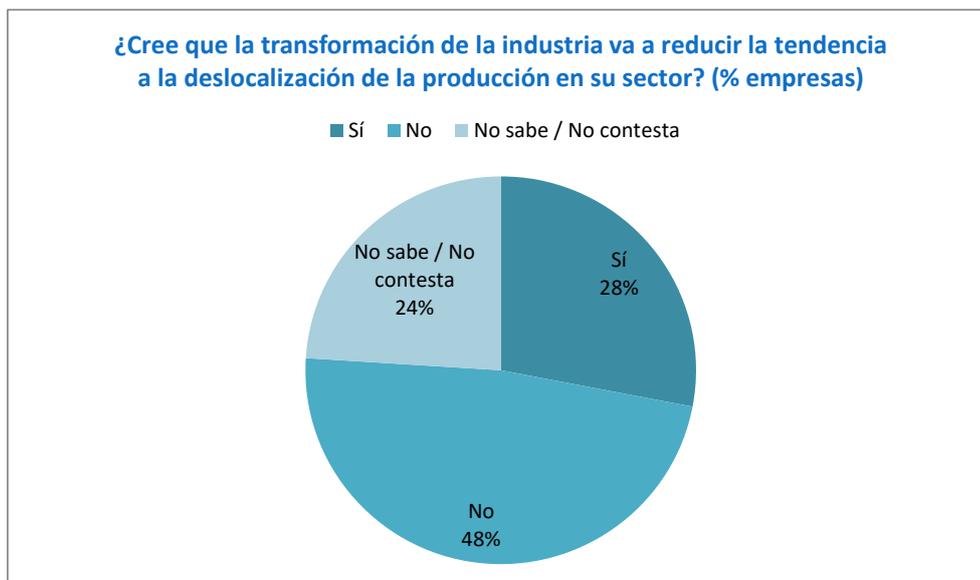


ILUSTRACIÓN46:INDUSTRIA 4.0 Y DESLOCALIZACIÓN DEL SECTOR DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

La industria 4.0 favorece la conexión fábrica-empresa, a través de la digitalización. En este sentido, cabe reseñar, positivamente, que el 76% de las empresas encuestadas disponen de un **departamento de Ingeniería propio**, y un 48% disponen de **departamento de I+D**. Sin embargo, el 64% de las empresas no disponen de departamento TIC, perfiles que van a ser cruciales de cara a la implantación de las nuevas tecnologías.

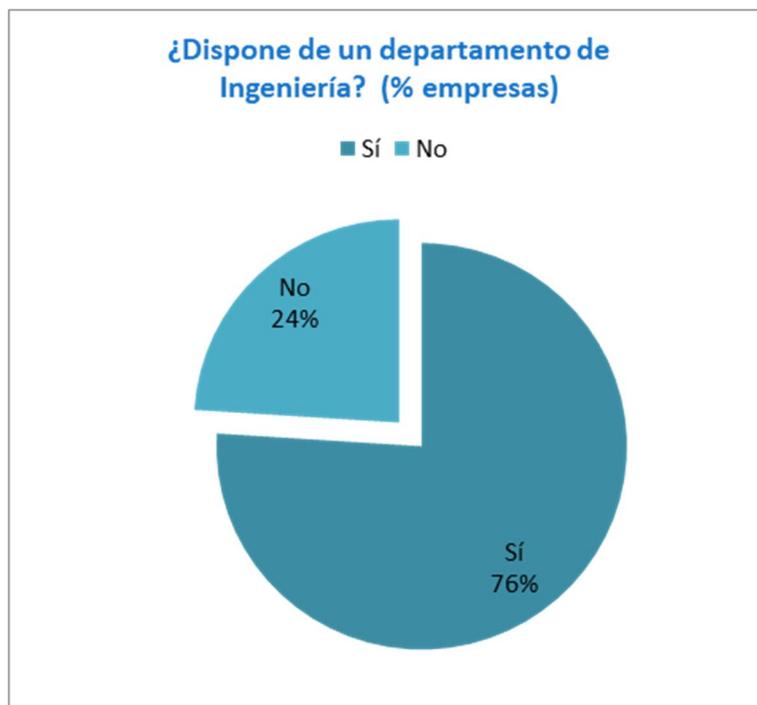


ILUSTRACIÓN47: LAS EMPRESAS DEL SECTOR DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES Y LOS DEPARTAMENTOS DE INGENIERÍA. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

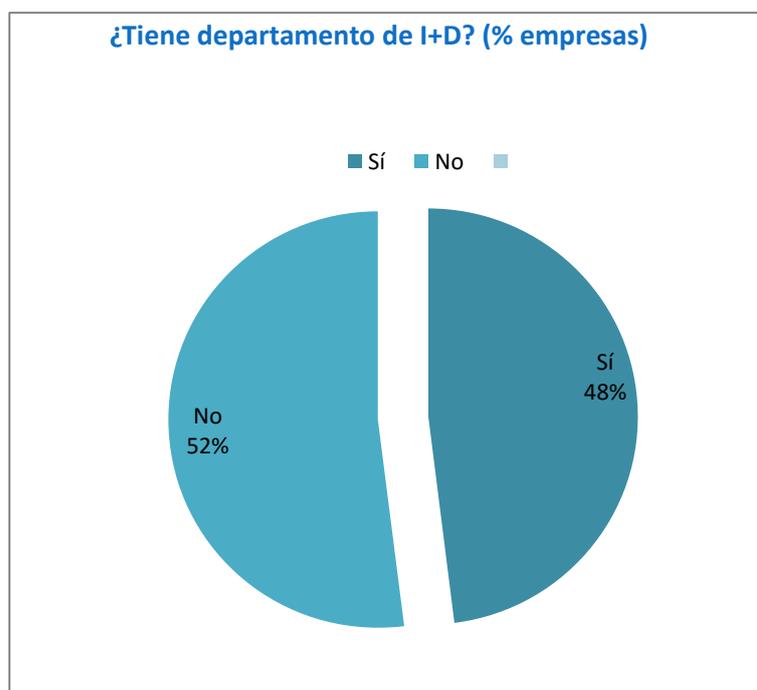


ILUSTRACIÓN48: LAS EMPRESAS DEL SECTOR DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES Y LOS DEPARTAMENTOS DE I+D+I. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Como se comentaba anteriormente, al contrario que lo que sucede en I+D, el establecimiento de **departamentos TIC** está menos extendido, y estos servicios suelen estar subcontratados.

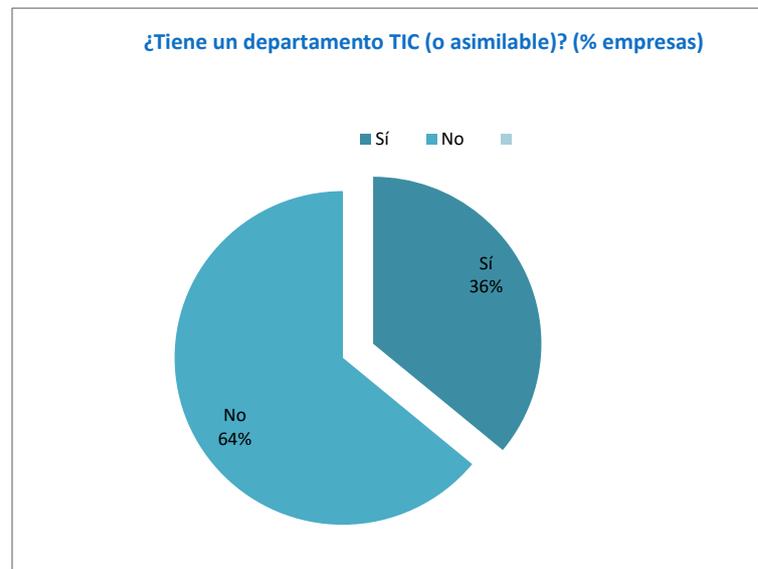


ILUSTRACIÓN49: LAS EMPRESAS DEL SECTOR DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES Y LOS DEPARTAMENTOS DE I+D+I. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

En relación a la **ratio de ingenieros en plantilla**, un 76% de las empresas disponen de menos del 25% de ingenieros, y un 16% de las empresas tienen entre el 25 y el 50%.

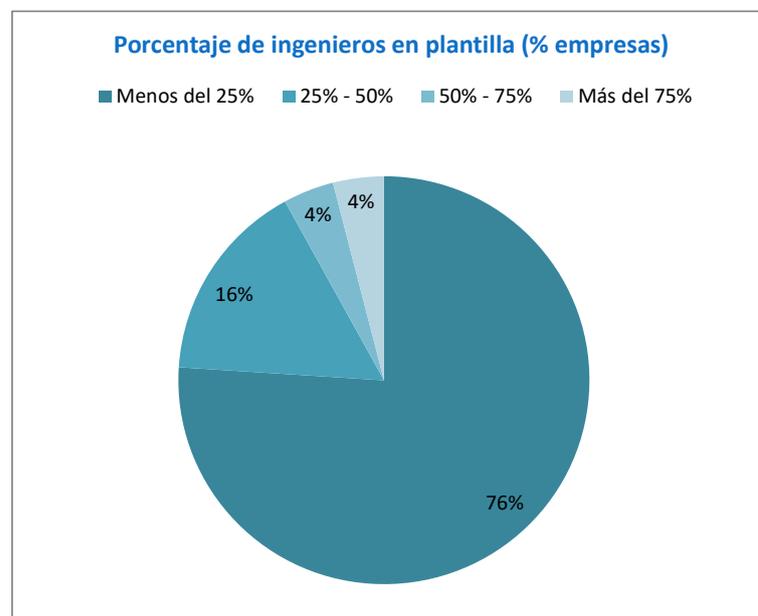


ILUSTRACIÓN50: EL SECTOR DE LA ENERGÍA RENOVABLE Y EL NÚMERO DE INGENIEROS EN PLANTILLA. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

3.2 NIVEL TECNOLÓGICO ACTUAL

Es importante, en este apartado, recalcarla **heterogeneidad del sector** objeto de estudio, desde la propia inclusión de las distintas energías renovables, cuyos procesos son radicalmente distintos, hasta la selección de las empresas participantes, basándose en la premisa de disponer la actividad productiva necesaria para la fabricación de componentes para la generación de energía renovable. El alcance del estudio no facilita la puesta a disposición de conclusiones que puedan ser aplicables de forma general al sector.

Partiendo de la base anterior, las **tecnologías más implantadas** son: Sistemas Ciberfísicos e IoT, Automatización y Robótica Avanzada y Colaborativa y Safety and Security.

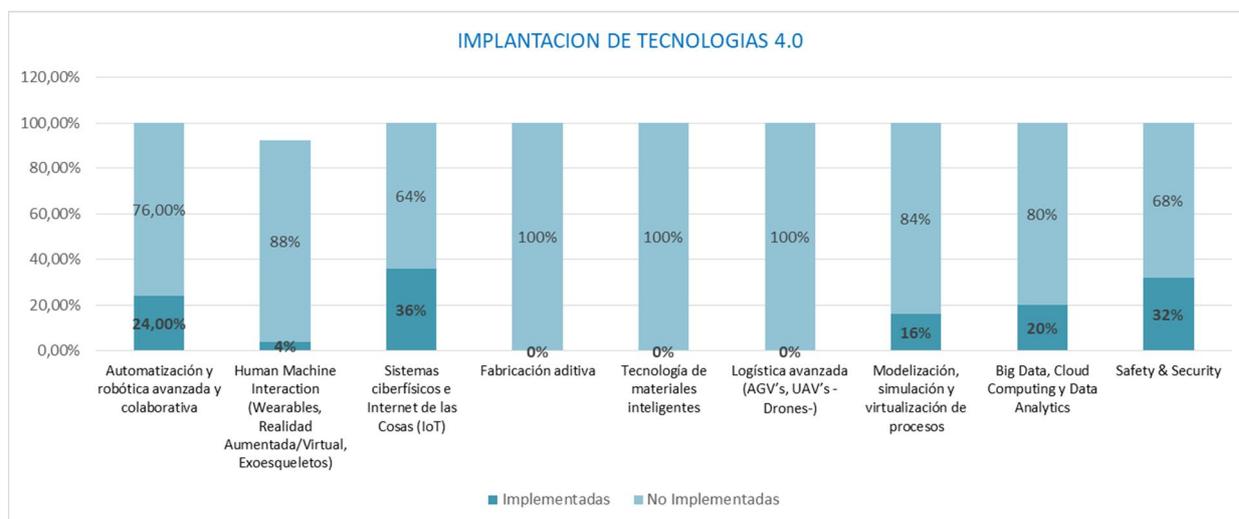


ILUSTRACIÓN 51: EL SECTOR DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES Y LA IMPLANTACIÓN DE LA INDUSTRIA 4.0. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Como se aprecia en la siguiente ilustración las empresas encuestadas prevén que sus futuras implementaciones tecnológicas estén vinculadas mayormente a Safety and Security, Big Data, Data Analytics y Cloud Computing, Modelización y Virtualización de Procesos y Automatización y Robótica Avanzada y Colaborativa. En el caso de **Big Data**, la previsión de implementación va de la mano de la implantación existente en Sistemas Ciberfísicos e IoT, sobre todo en la energía eólica.

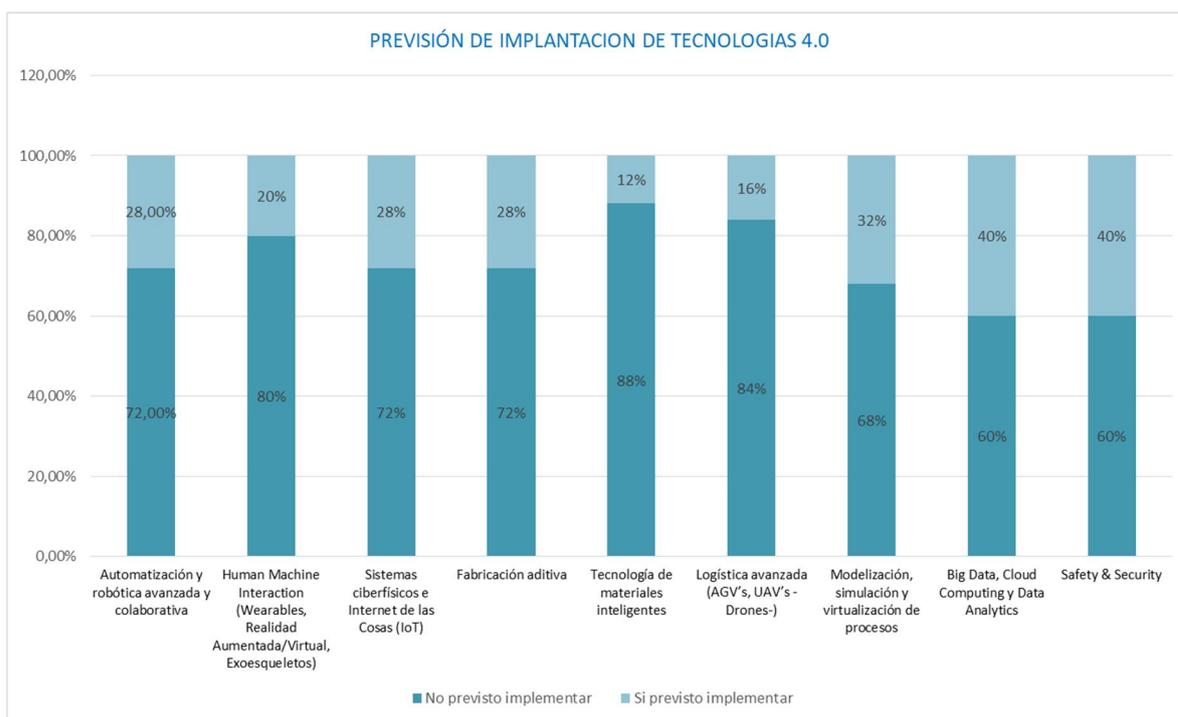


ILUSTRACIÓN52:EL SECTOR DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES Y LA PREVISIÓN IMPLANTACIÓN DE LA INDUSTRIA 4.0.
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

3.2.1 Resumen de la situación actual por tecnologías emergentes

AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA AVANZADA Y COLABORATIVA

En relación al **grado de implantación** de esta tecnología destaca que:

- El 24% de las empresas ha realizado implantaciones de automatización.
- Sólo el 12% consideran que el grado de automatización avanzada es alto en todo su proceso.
- El 68% de las empresas no dispone de ningún robot en planta.
- El 36% de las empresas manifiesta que sus equipos no disponen de sensorización ni capacidad de actuar de manera independiente.
- Solo el 8% dispone de un sistema de gestión empresarial que recibe información de sensores, si bien éste no puede actuar sobre las máquinas.

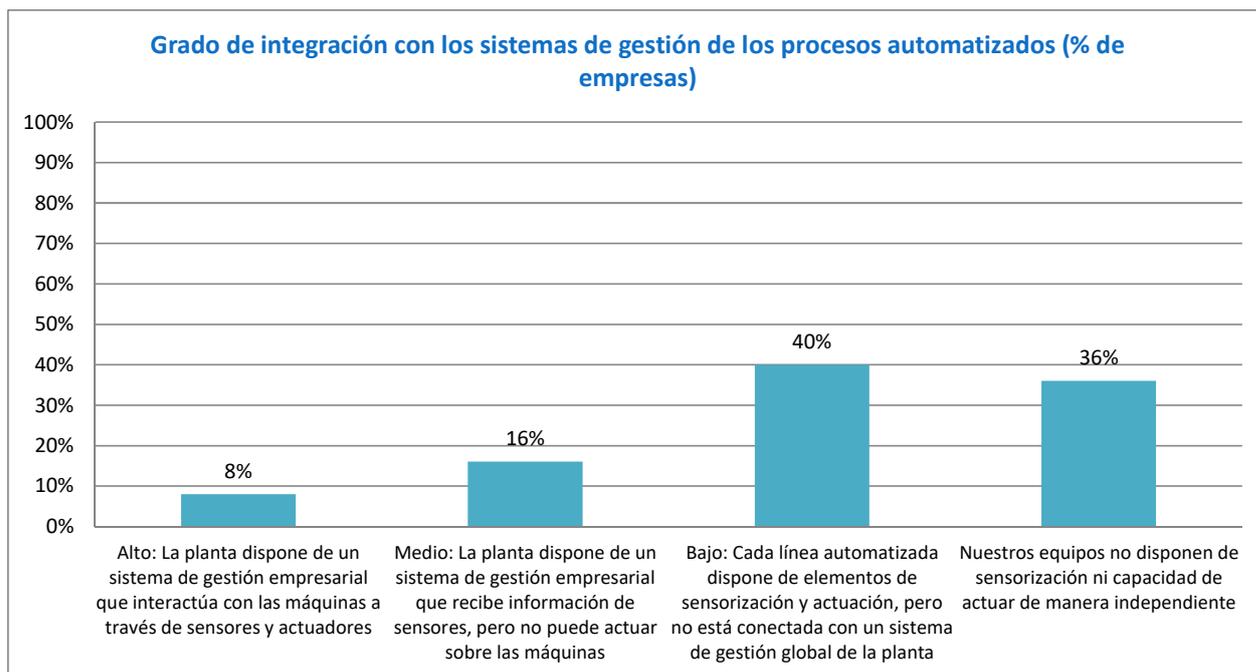


ILUSTRACIÓN53:EL SECTOR DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES Y LA INTEGRACIÓN DE LOS SISTEMAS PRODUCTIVO Y EMPRESARIAL. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

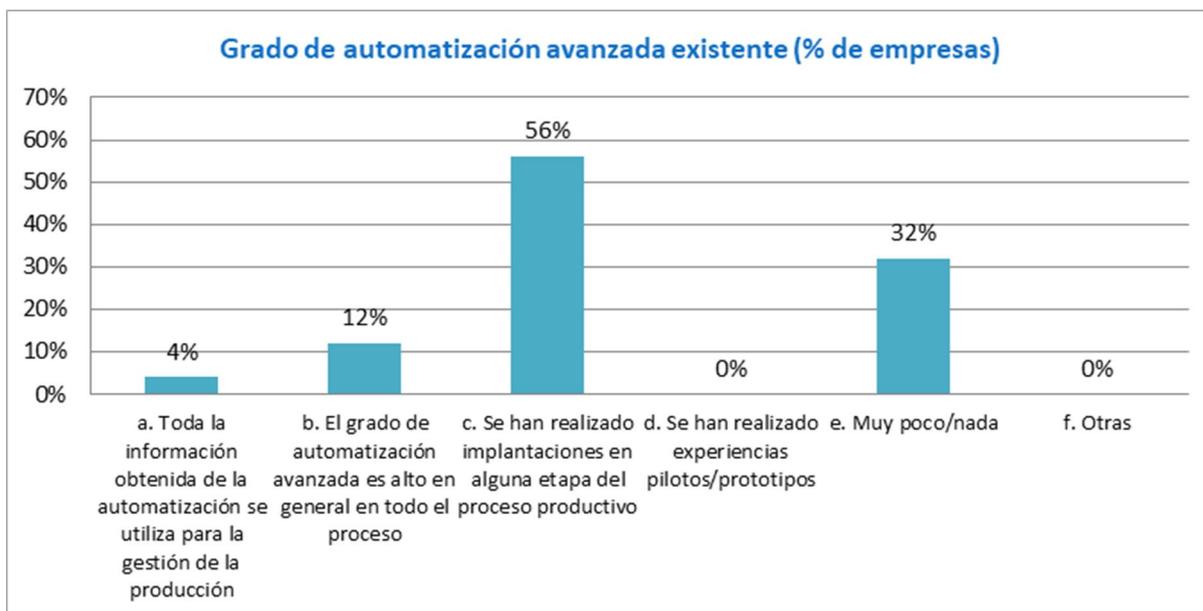


ILUSTRACIÓN54:EL SECTOR DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES Y EL GRADO DE AUTOMATIZACIÓN AVANZADA EXISTENTE. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

En relación a la **aplicación directa de la tecnología** a lo largo del proceso productivo, las empresas manifiestan que la Automatización y Robótica Avanzada y Colaborativa tiene un claro potencial en la producción, la calidad, y logística interna; y menos aplicabilidad en el almacenaje de material prima y de producto terminado.

¿En cuáles de las siguientes áreas de actividad piensa que tiene mayor potencial de aplicación la robótica colaborativa en su empresa?	1 (Bajo)	2	3	4 (Alto)	TOTAL
Almacén Materia Prima	50%	17%	13%	21%	100%
Logística Interna	33%	13%	25%	29%	100%
Producción	12%	12%	12%	64%	100%
Control de Calidad	44%	4%	28%	24%	100%
Almacén de Producto Terminado	42%	29%	17%	13%	100%
Otro	0%	0%	0%	0%	0%

TABLA 2: EL SECTOR DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES Y LA APLICABILIDAD DE LA AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA COLABORATIVA. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

En relación a la **existencia de robots** en las empresas, la mayoría de ellas no disponen de ninguno, y sólo un 32% dispone de 1 o 2 robots.

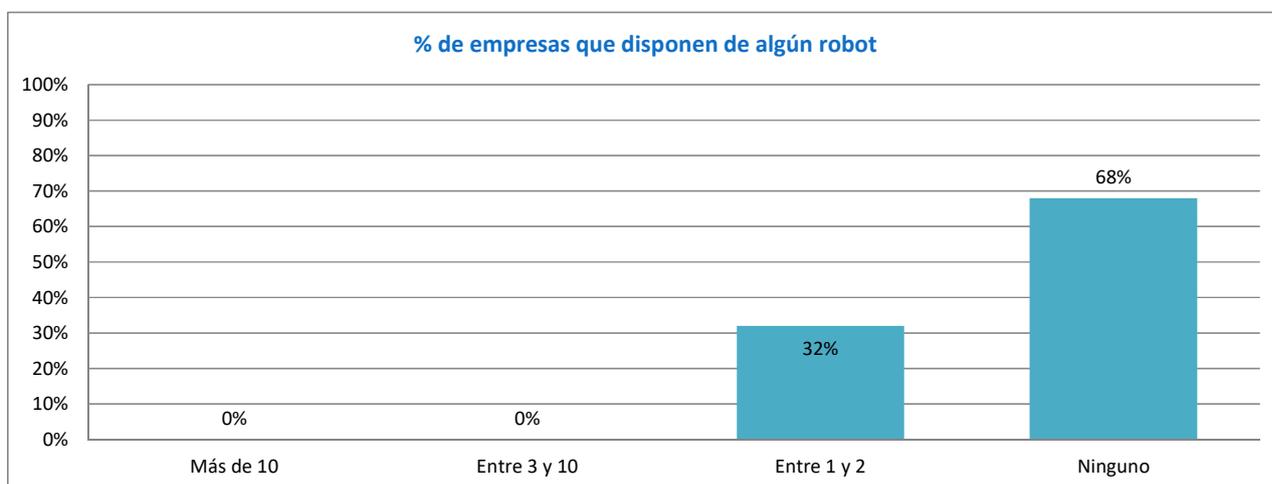


ILUSTRACIÓN 54: EL SECTOR DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES Y LA ROBÓTICA. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Las empresas son conscientes de las **ventajas** que aporta esta tecnología emergente, sobre todo en relación con la mejora de la productividad y la ergonomía de los operarios. Así un 84% relaciona directamente esta tecnología con la “Mejora de la Productividad en las operaciones”.

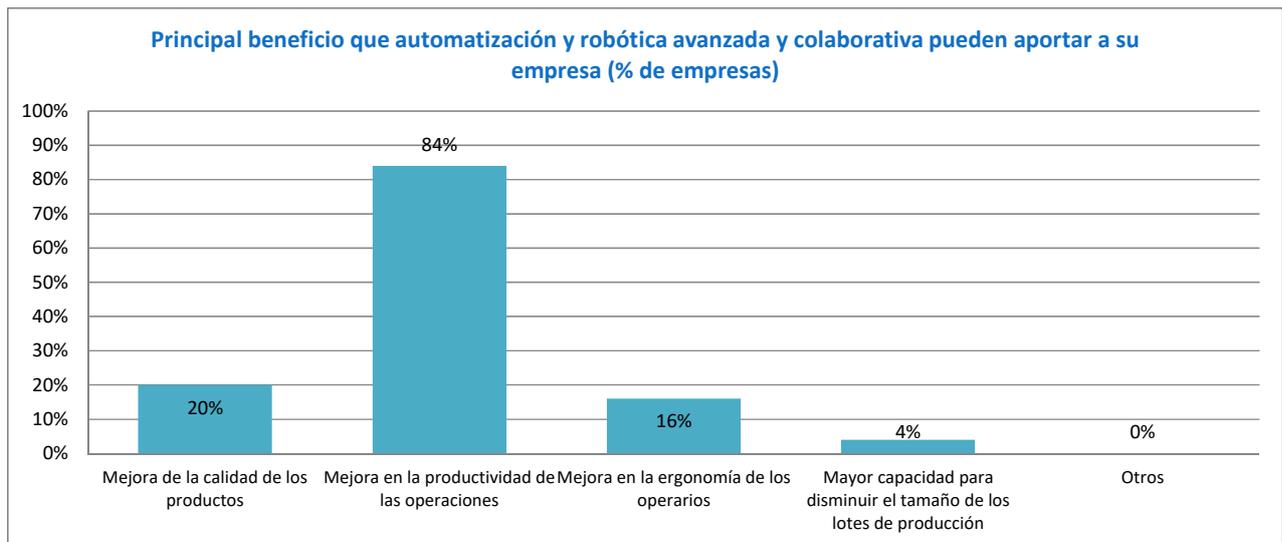


ILUSTRACIÓN55:EL SECTOR DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES Y LOS BENEFICIOS DE LA AUTOMOTACIÓN Y ROBÓTICA AVANZADA Y COLABORATIVA. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

HUMAN MACHINE E INTERACTION (WEREABLES, RA/RV, EXOESQUELETOS)

Solo un 4% de las empresas encuestadas manifiestan tener alguna implantación relativa a Human Machine e Interaction, un 20% de las empresas tienen interés en esta tecnología.

Wearables: El 40% de las empresas considera que los dispositivos existentes no son de utilidad para la industria. Las empresas destacan que el mayor beneficio de esta tecnología se relaciona con la disposición de información de soporte, en tiempo real, para el operario. De entre los dispositivos existentes, los más interesantes para el sector son las gafas de realidad virtual y aumentada.

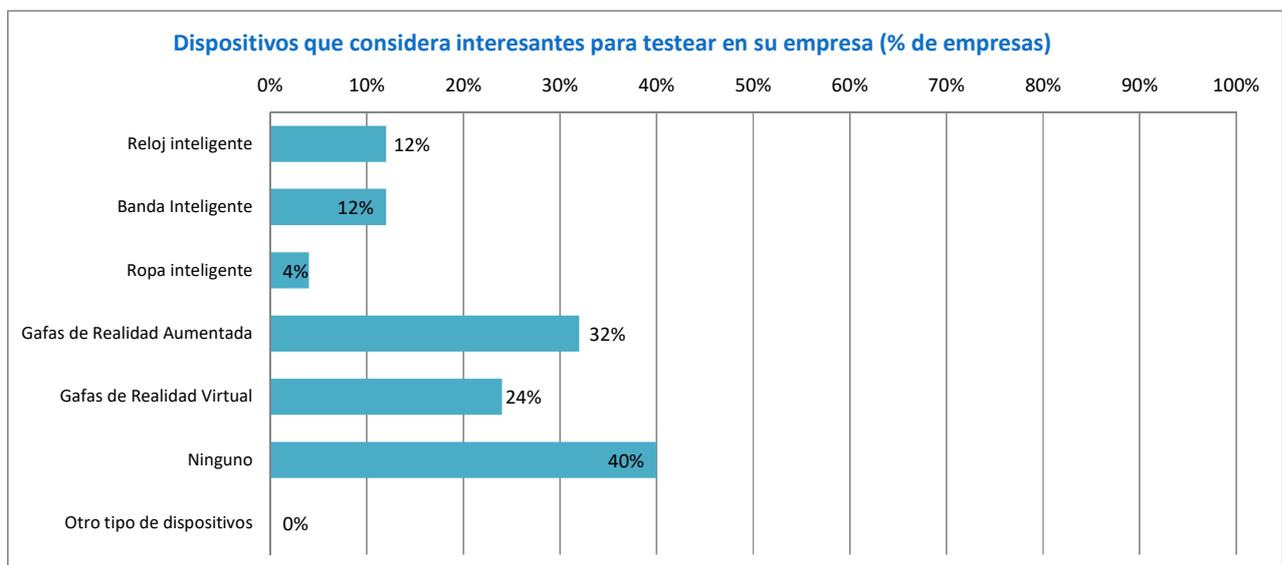


ILUSTRACIÓN56:EL SECTOR DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES Y LA APLICABILIDAD DE LOS WEREABLES. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

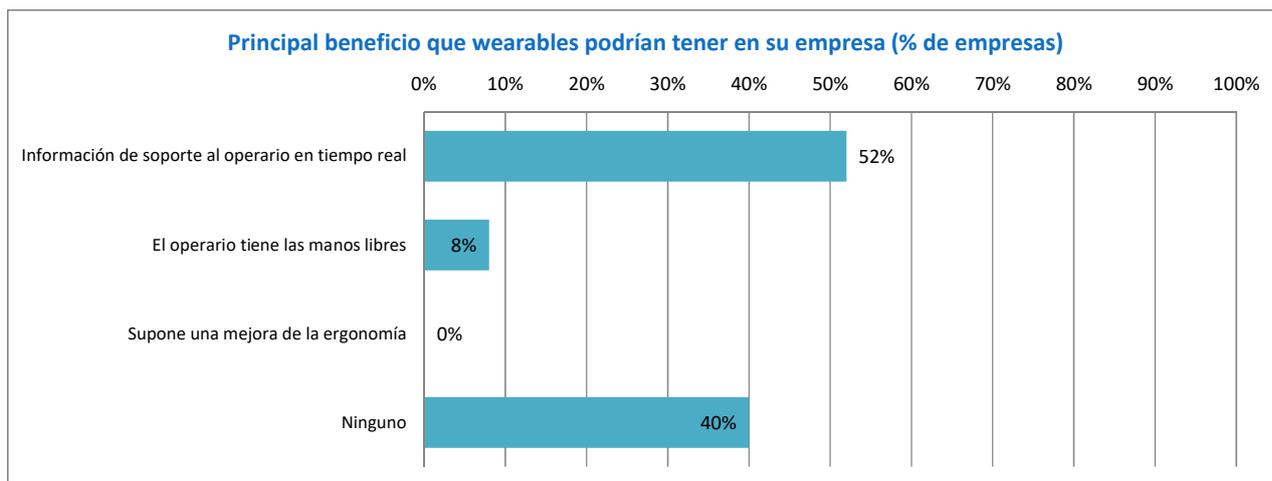


ILUSTRACIÓN57:EL SECTOR DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES Y LOS BENEFICIOS DE LOS WEREABLES. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Realidad Aumentada: El sector identifica la aplicabilidad de esta tecnología en los procesos de mantenimiento. El 48% de las empresas encuestadas entienden que esta tecnología no es de utilidad para su sector.

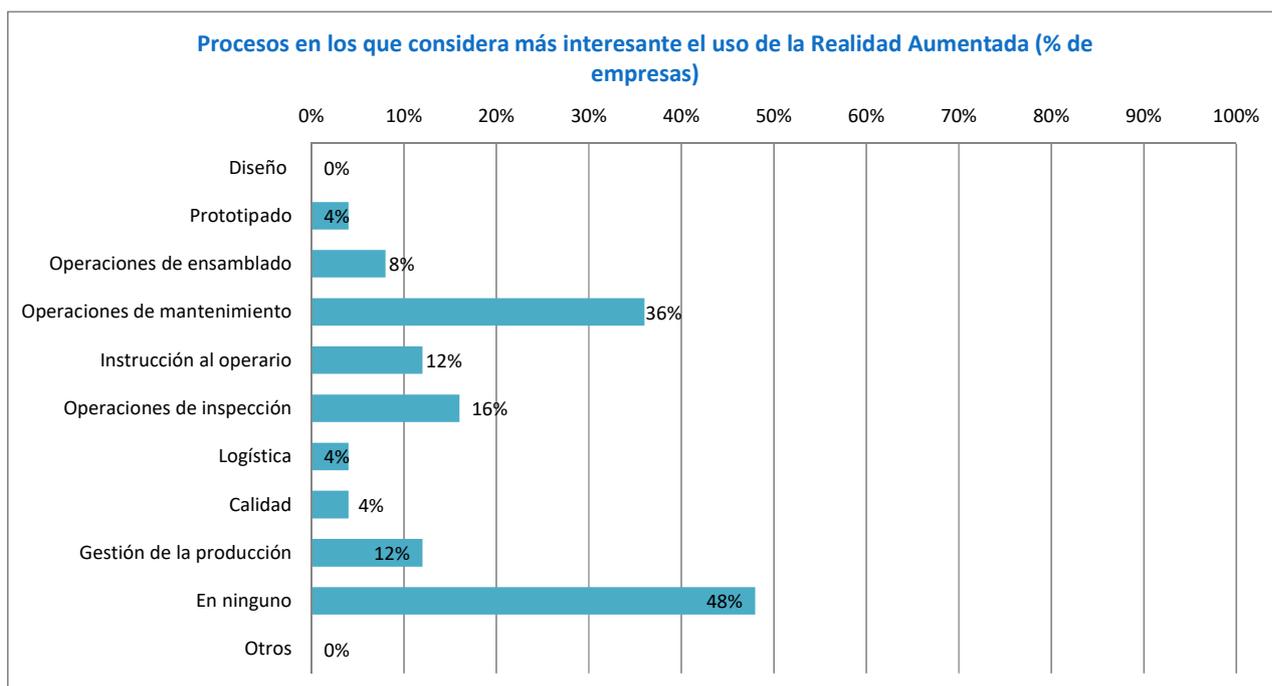


ILUSTRACIÓN58:EL SECTOR DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES Y LA APLICABILIDAD DE LA REALIDAD AUMENTADA. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Realidad Virtual: El 40% y el 36% de las empresas identifican la aplicabilidad de esta tecnología en los procesos de diseño y prototipado, respectivamente. Un 40% de las empresas encuestadas entienden que esta tecnología no es de utilidad para su sector.

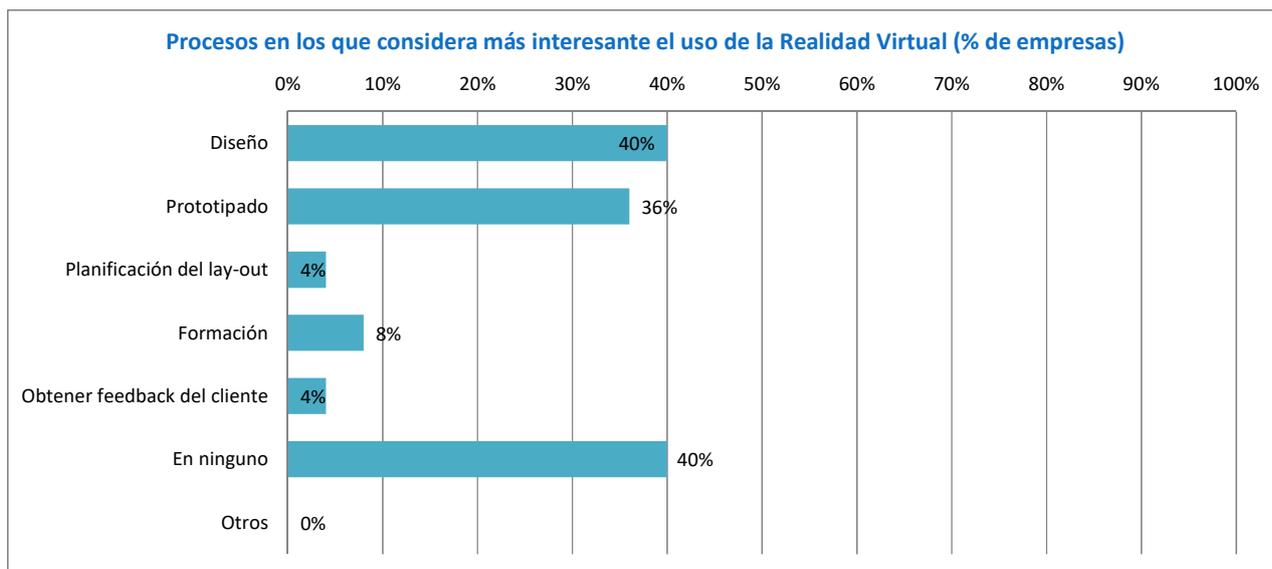


ILUSTRACIÓN59: EL SECTOR DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES Y LA APLICABILIDAD DE LA REALIDAD VIRTUAL. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Exoesqueletos: El 68% de las empresas participantes considera que el uso de Exoesqueletos no es de interés para su industria.

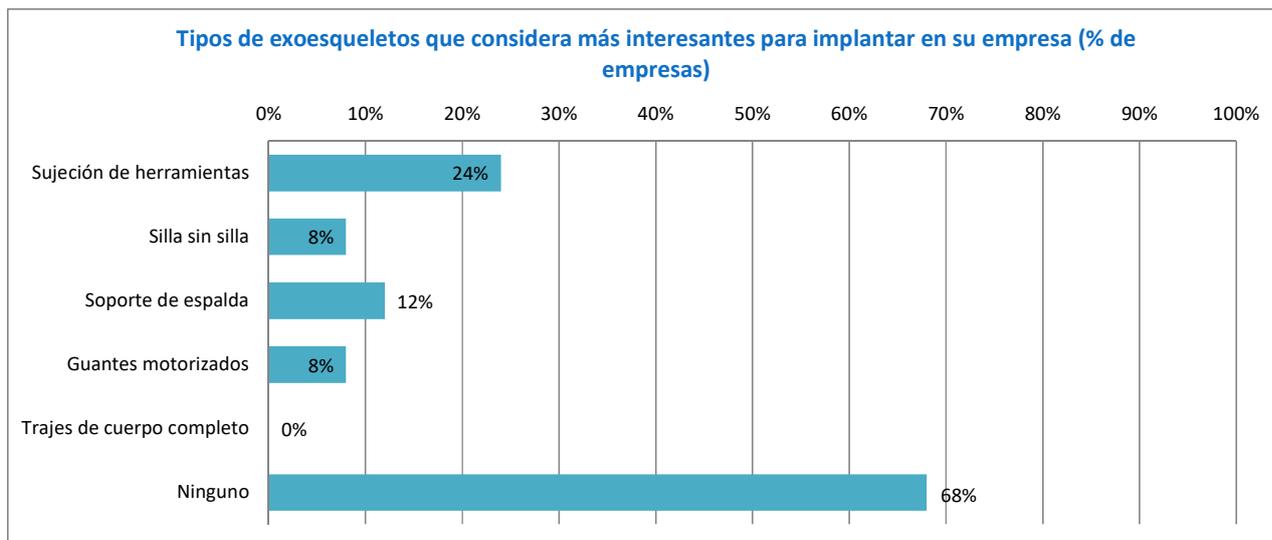


ILUSTRACIÓN60: EL SECTOR DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES Y LA APLICABILIDAD DE LOS EXOESQUELETOS. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

El 60% de las empresas participantes consideran que la utilización de esta nueva tecnología no es de interés para los procesos industriales del sector.

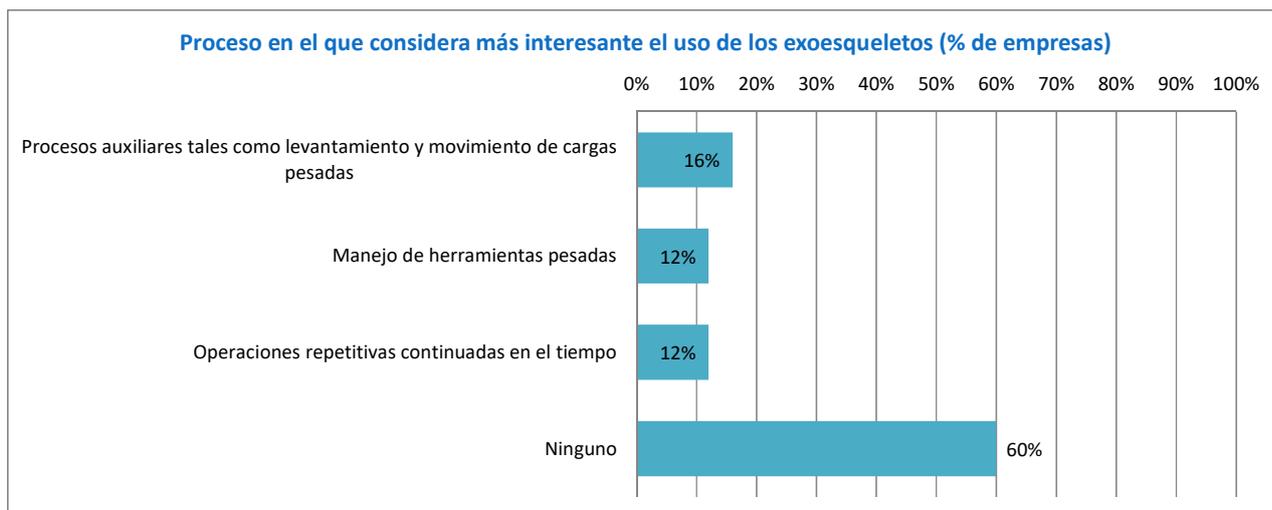


ILUSTRACIÓN61:EL USO DE LOS EXOESQUELETOS EN LOS PROCESOS DEL SECTOR DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

El sector identifica que el principal beneficio de los exoesqueletos redundaría en una mayor **ergonomía del trabajador**, pero en su mayor parte (64%) no identifican beneficios para su empresa.

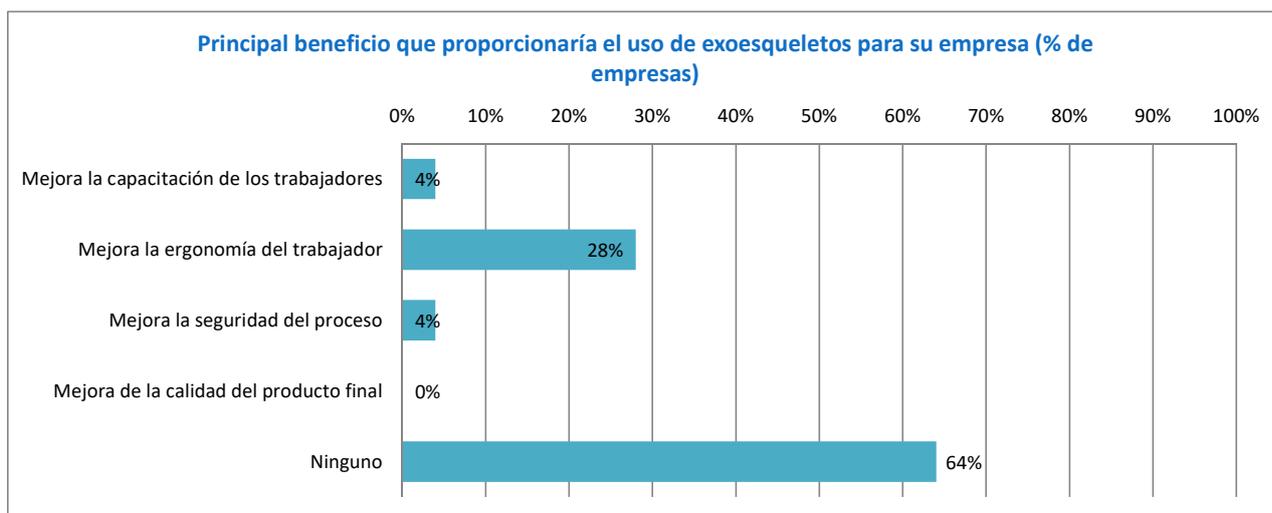


ILUSTRACIÓN62: BENEFICIOS DE LA UTILIZACIÓN DE EXOESQUELETOS EN EL SECTOR DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

SISTEMAS CIBERFÍSICOS E IOT

El 36% de las empresas manifiestan tener implantadas tecnologías relativas a IoT, y un 28% tiene previsto realizar alguna implantación. Solo un 4% de las empresas piensa que el uso de la tecnología IoT no tendría ningún beneficio para el sector. El resto de las empresas identifican beneficios directos a lo largo de todo el proceso productivo, siendo la “mejora de la fiabilidad de los equipos”, “Reducción de costes” y “Mejorar la información disponible para la planificación de la producción” los más relevantes.

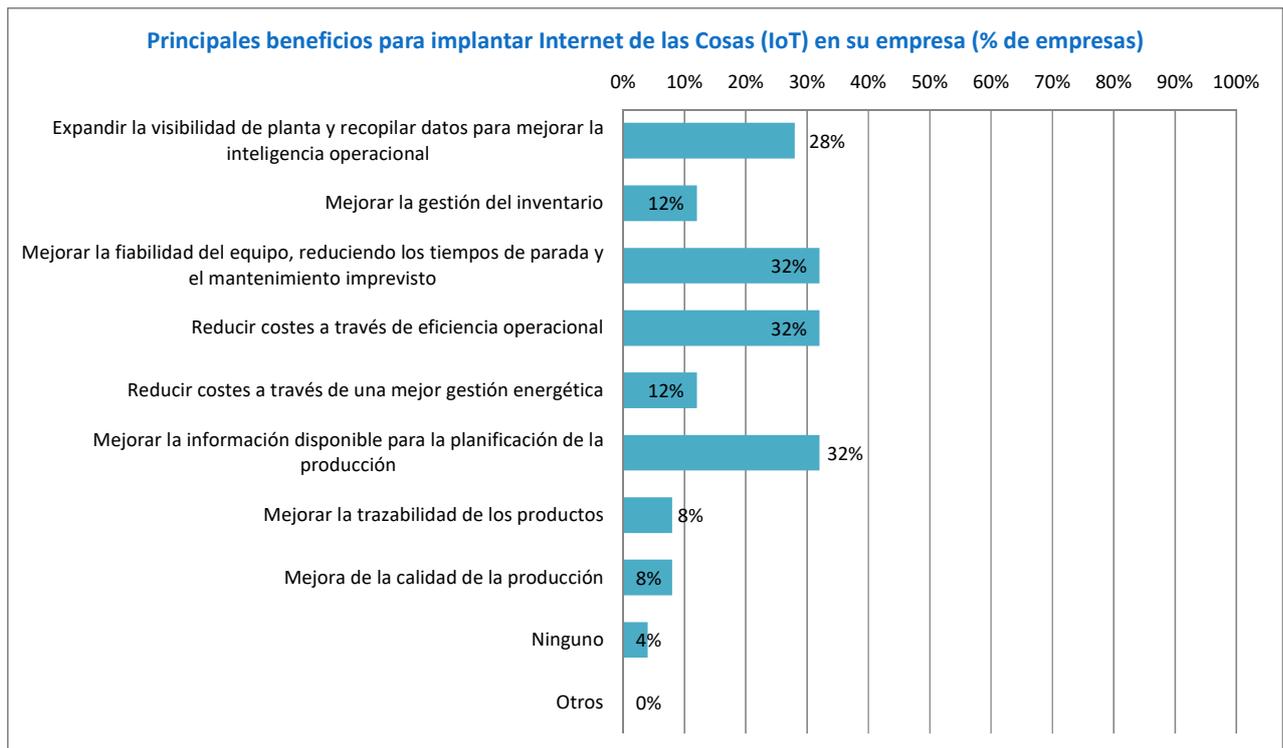


ILUSTRACIÓN63:EL SECTOR DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES Y LOS BENEFICIOS DE LOS SISTEMAS CIBERFÍSICOS E IOT. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Las empresas destacan que las **primeras implantaciones** de IoT y Sistemas Ciberfísicos se centrarían en conectar los sistemas de planta con los sistemas de gestión empresarial y análisis predictivo.

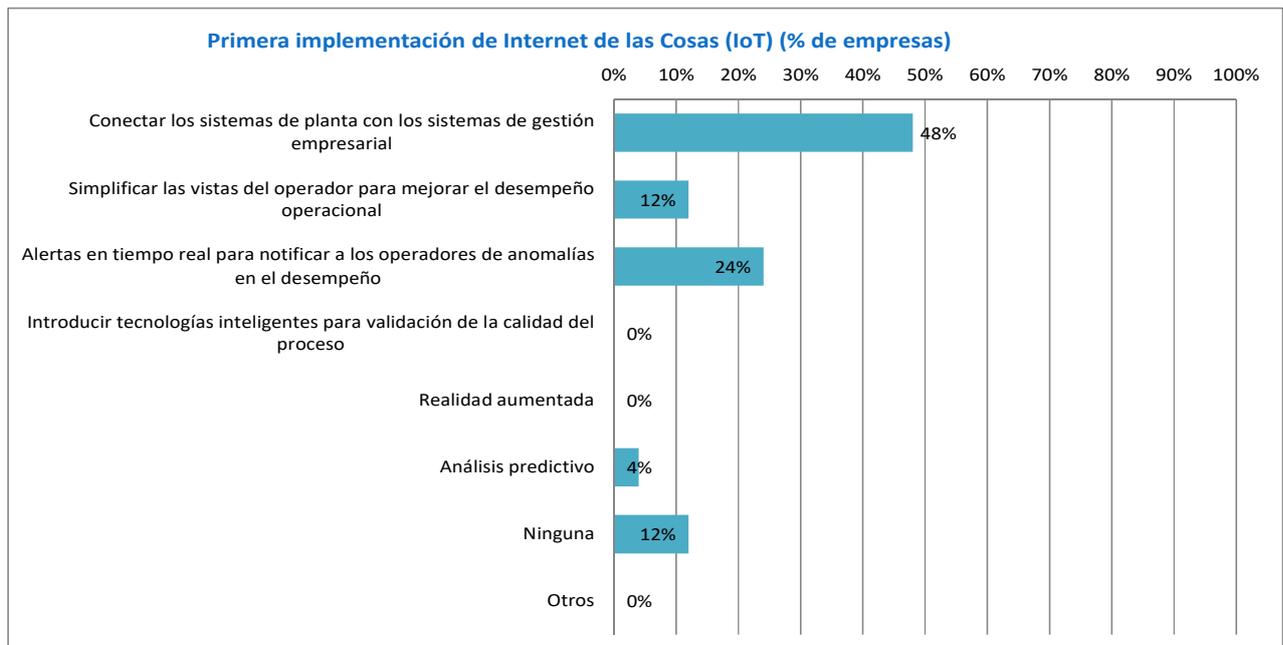


ILUSTRACIÓN64:EL SECTOR DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES Y LAS PRIMERAS IMPLANTACIONES DE LOS SISTEMAS CIBERFÍSICOS E IOT. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

FABRICACIÓN ADITIVA

La fabricación aditiva no está, por el momento, presente en el sector y solo el 28% de las empresas están interesadas en implantaciones futuras dela misma. El principal beneficioseñalado por las empresas ha sido el **prototipado de producto**.

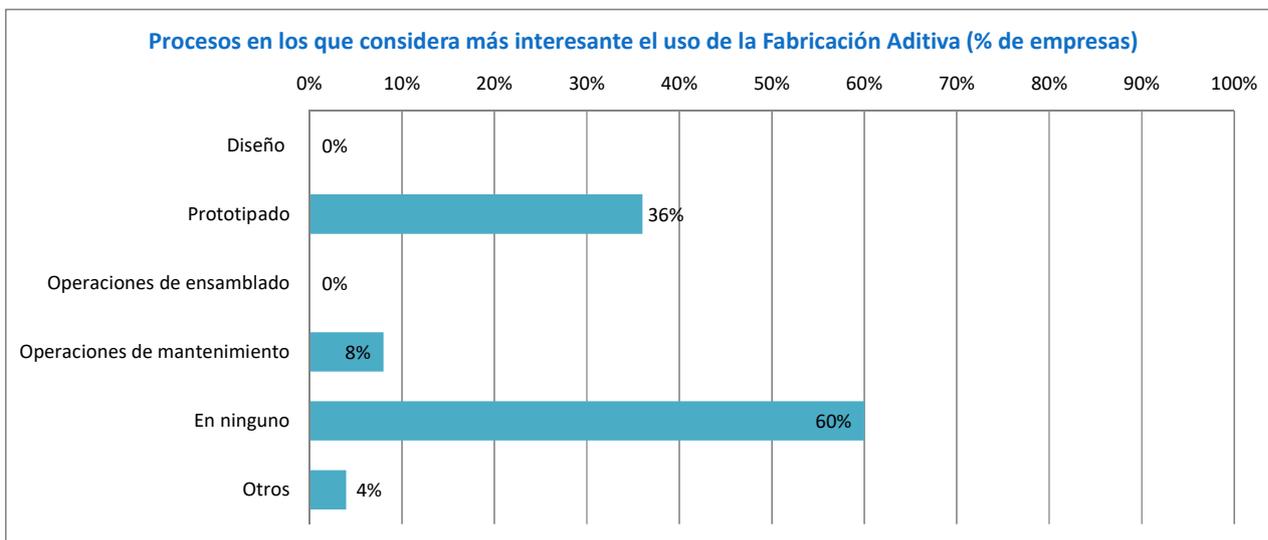


ILUSTRACIÓN65: PROCESOS EN LOS QUE CONSIDERA MAS INTERESANTE EL USO DE LA FABRICACION ADITIVA EN EL SECTOR DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

En relación a los **beneficios** que el uso de la Fabricación Aditiva proporcionaría al sector, estos se centran principalmente en la personalización de productos y la flexibilidad de diseño. No obstante, los datos revelan que, dado que la mayor parte de las empresas no le ven aplicabilidad a la tecnología, la mayoría no perciben los beneficios derivados de la misma.

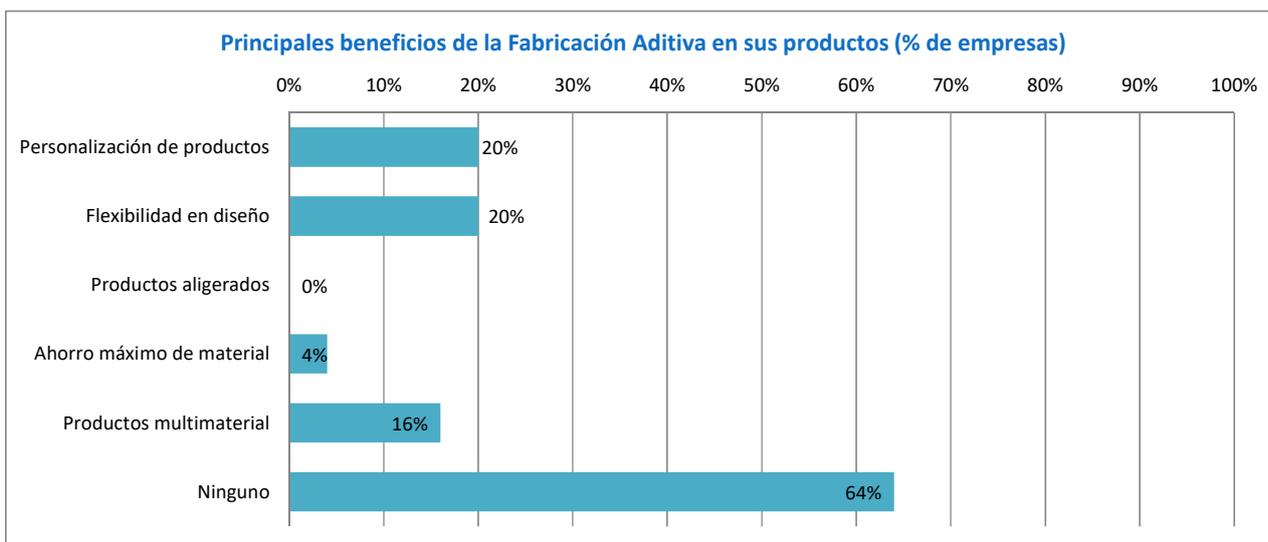


ILUSTRACIÓN66: PRINCIPALES BENEFICIOS DE LA FABRICACIÓN ADITIVA EN LOS PRODUCTOS DEL SECTOR DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Un 64% de las empresas no detectan beneficios derivados de la aplicación de la tecnología en los procesos, y un 24% considera que se conseguirían beneficios para productos con series cortas, o disminución de errores en el montaje (16%).

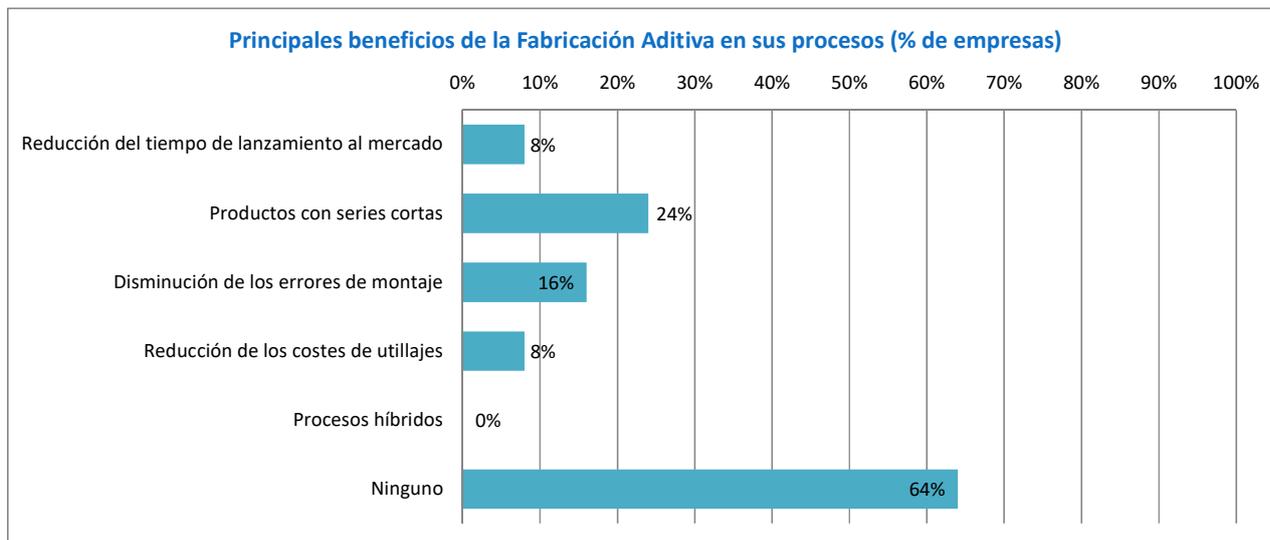


ILUSTRACIÓN67: PRINCIPALES BENEFICIOS DE LA FABRICACIÓN ADITIVA EN LOS PROCESOS DEL SECTOR DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

TECNOLOGÍAS DE MATERIALES INTELIGENTES

En general, el sector no encuentra, por el momento, aplicación práctica en la industria de las energías renovables. En la actualidad no se han identificado implantaciones existentes relacionadas con la tecnología y solo un 12% considera tener interés en futuras implantaciones.

El 54% de las empresas no identifican beneficios directos de la aplicación de materiales inteligentes a sus productos y un 60% tampoco identifica beneficios para sus procesos.

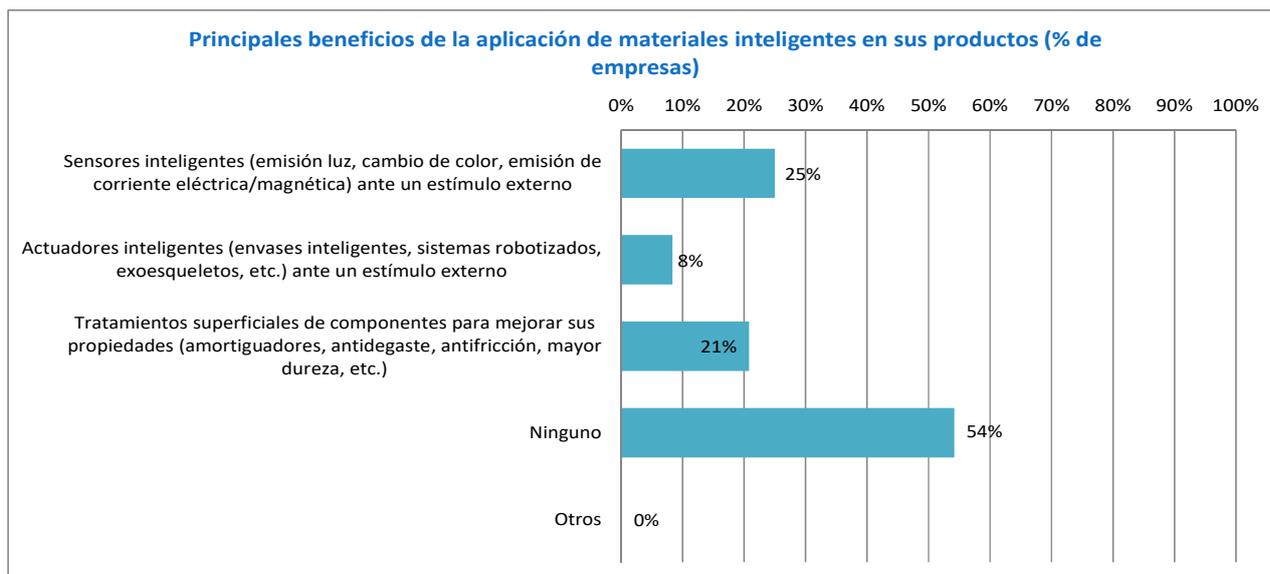


ILUSTRACIÓN68: LOS BENEFICIOS DE LA APLICACIÓN DE MATERIALES INTELIGENTES EN LOS PRODUCTOS DEL SECTOR DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

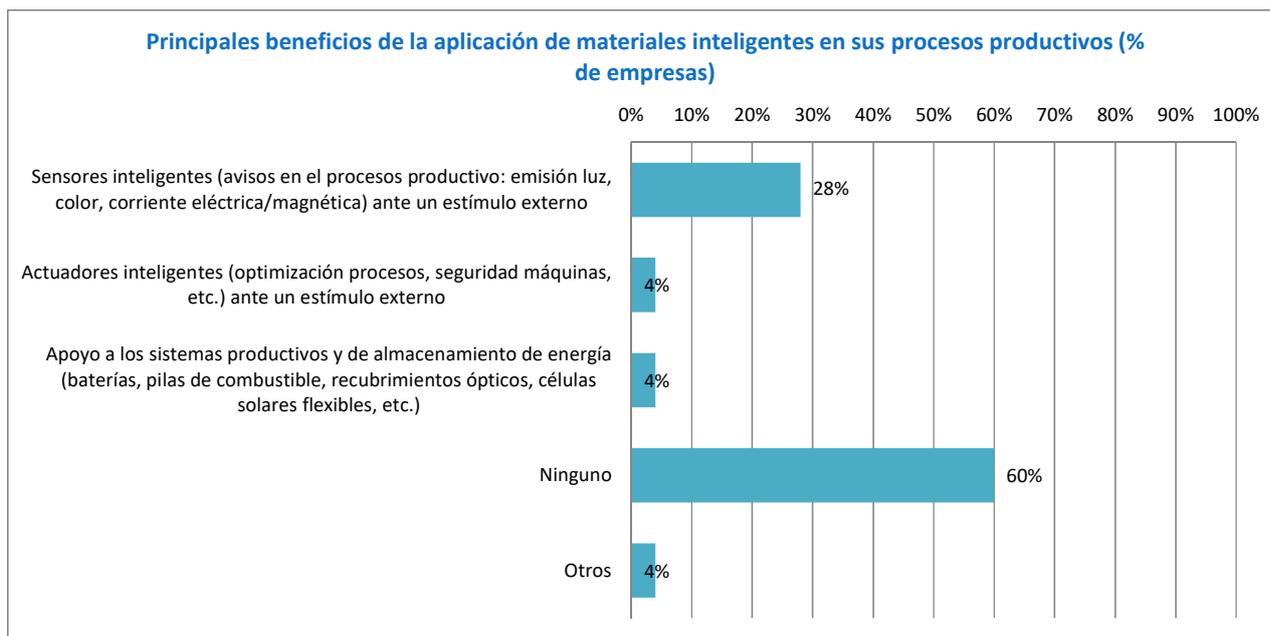


ILUSTRACIÓN69:LOS BENEFICIOS DE LA APLICACIÓN DE MATERIALES INTELIGENTES EN LOS PROCESOS PRODUCTIVOS DEL SECTOR DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

LOGÍSTICA AVANZADA (AGV-UAV)

Las empresas participantes expresan no disponer de ninguna implantación tecnológica relacionada con Logística Avanzada, y solo un 16% manifiesta tener algún interés.

Las aplicaciones más útiles para el sector serían el **almacenamiento y distribución** y el movimiento de piezas entre máquinas y el transporte de cargas paletizadas, junto con **fabricación flexible**.

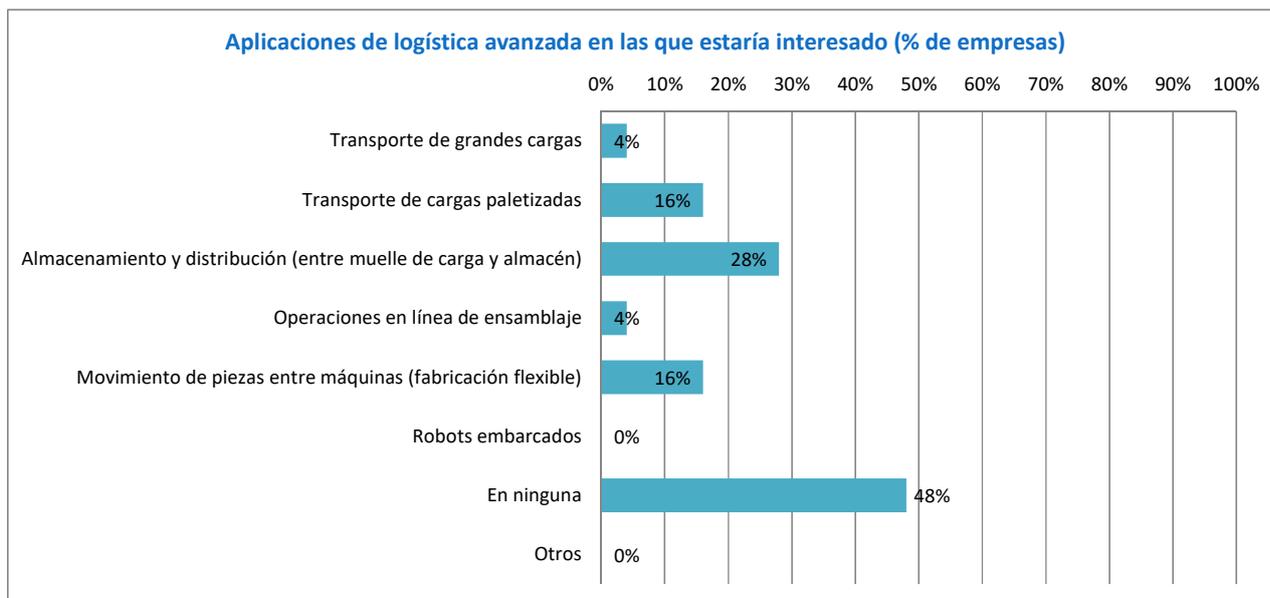


ILUSTRACIÓN70:APLICACIONES DE LOGISTICA AVANZADA EN LAS QUE ESTARÍA INTERESADO. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

En cuanto al **uso de AGV's** el 44% de las empresas no detectan ninguna ventaja derivada de su uso, mientras que un 28% entiende que su uso redundaría en una mejora de la productividad de las operaciones o en la robustez de los procesos logísticos (20%) y agilización de los procesos de inventarios y pedido (20%).

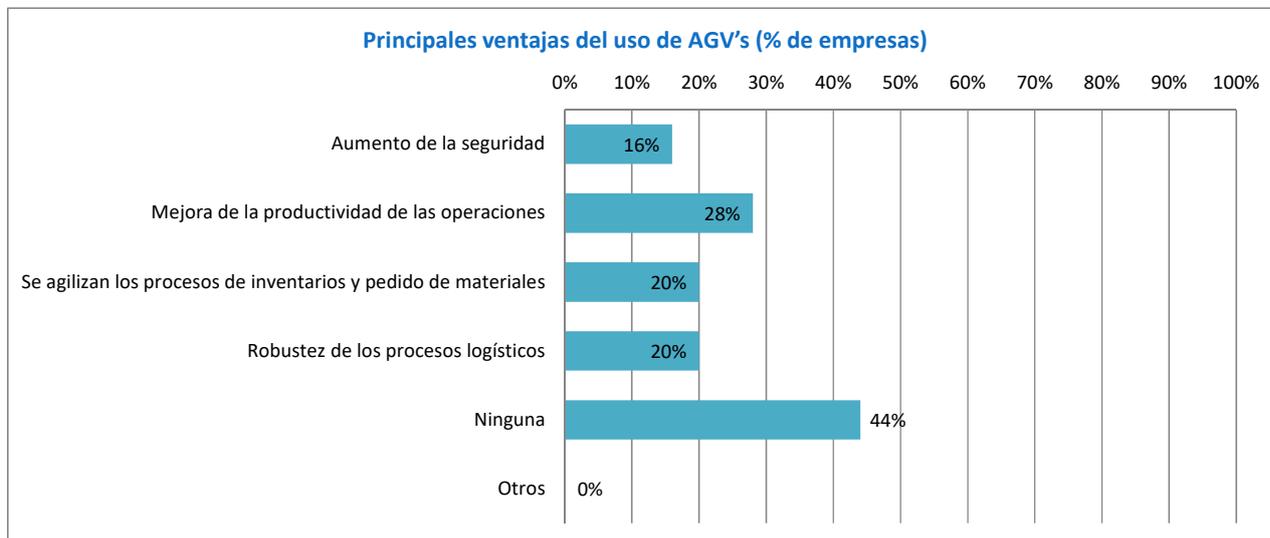


ILUSTRACIÓN71:PRINCIPALES VENTAJAS DEL USO DE AGV EN EL SECTOR DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

En relación con el **uso de UAV's** el sector, en un 80%, no identifica beneficios. Es el subsector de energía eólica el que manifiesta interés, sobre todo de la mano del mantenimiento de las instalaciones, para conseguir ahorros de tiempo y costes en las operaciones.

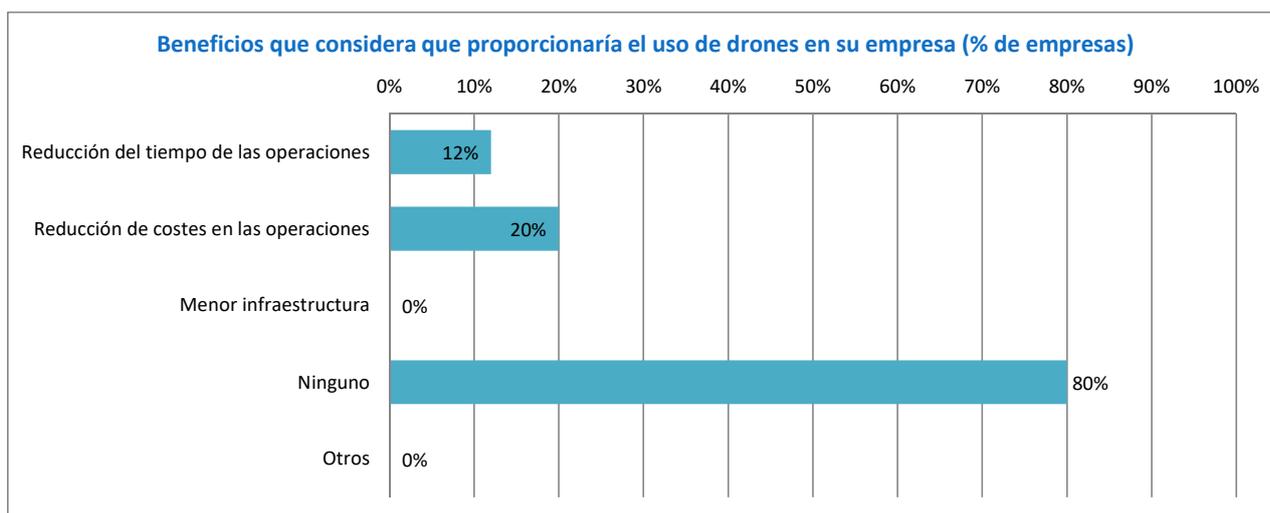


ILUSTRACIÓN72:BENEFICIO DEL USO DE DRONES EN EL SECTOR DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

MODELIZACIÓN Y VIRTUALIZACIÓN DE PROCESOS

Esta tecnología no está muy extendida en el sector, solamente un 16% manifiestan disponer de alguna implantación y solo un 32% muestra interés en aplicaciones futuras.

Las **principales ventajas** detectadas son en Operación (vinculación CAD/CAE para optimización de flujos y tiempos, sistema de soporte a la decisión (DSS), flexibilidad, etc.) y en Producto (mayor calidad, mayor competitividad).

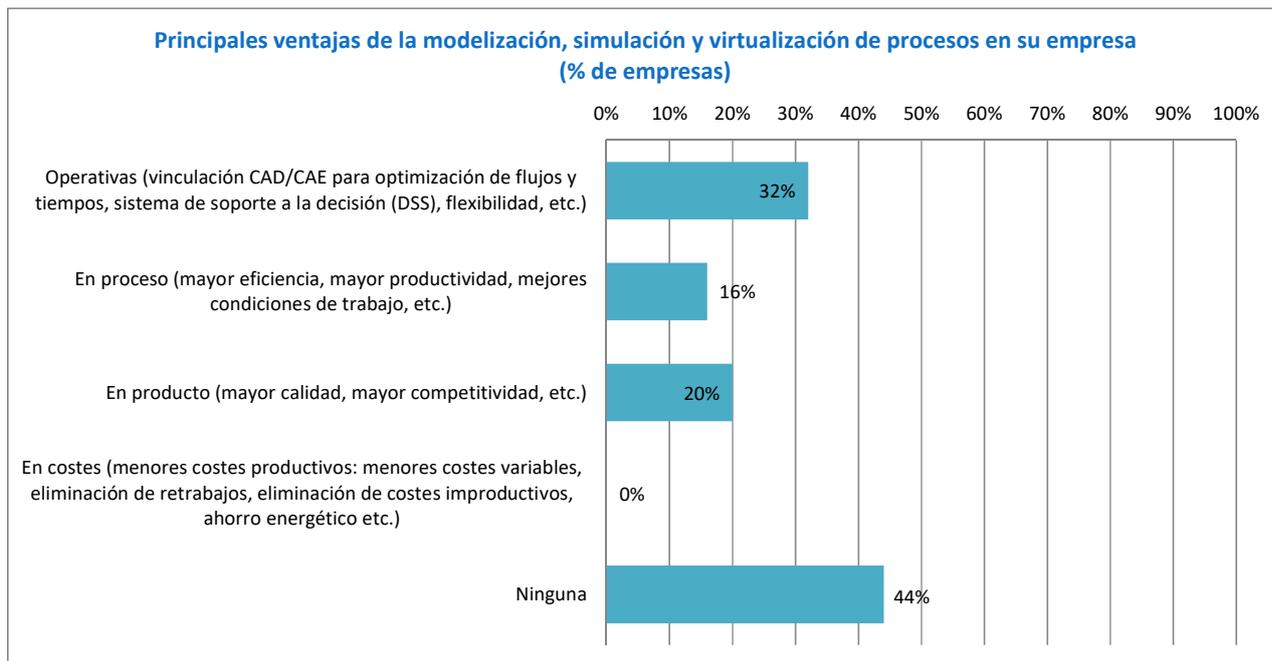


ILUSTRACIÓN73: EL SECTOR DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES Y LAS VENTAJAS DE LA MODELIZACIÓN, SIMULACIÓN Y VIRTUALIZACIÓN DE PROCESOS. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Los **procesos industriales** más interesantes para la aplicación de esta tecnología son el diseño de producto, y la optimización de las líneas de producción.

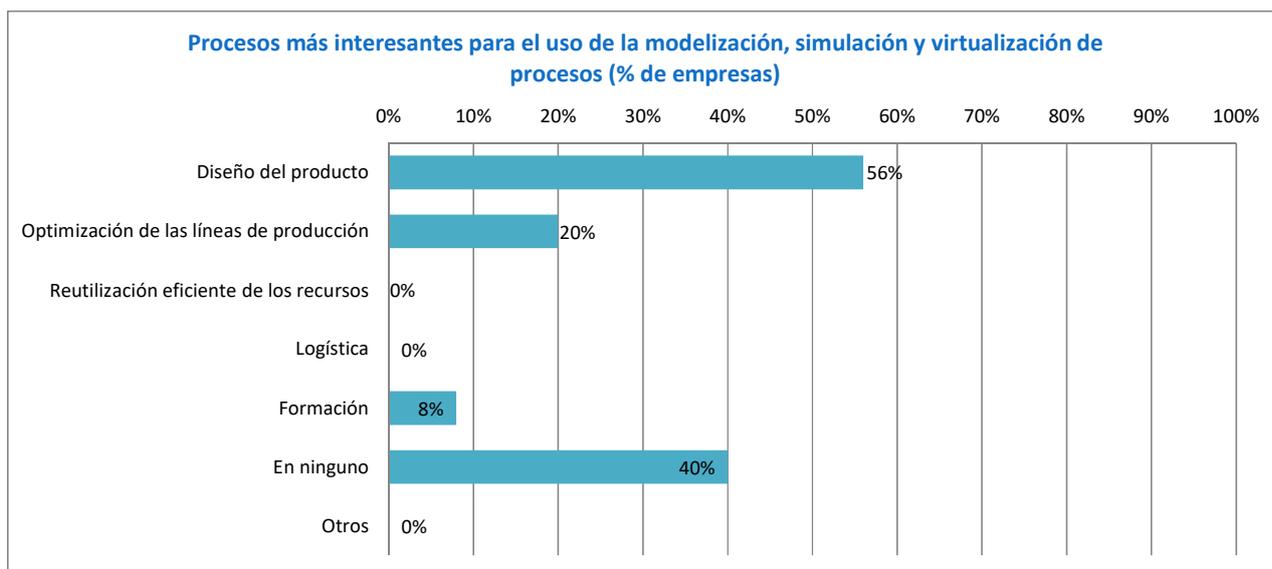


ILUSTRACIÓN74: EL SECTOR DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES Y EL USO DE LA MODELIZACIÓN, SIMULACIÓN Y VIRTUALIZACIÓN DE PROCESOS. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

BIG DATA, DATA ANALYTICS Y CLOUD COMPUTING

Es de reseñar que el 44% de las empresas tiene su información en **servidores propios**, y un 40% dice tener alguna solución híbrida.

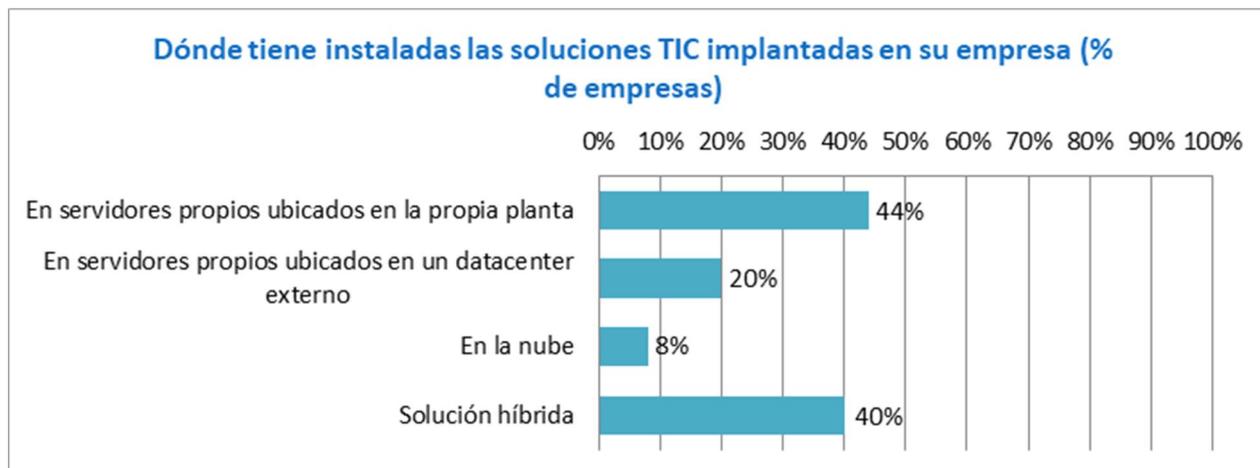


ILUSTRACIÓN75:EL SECTOR DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES Y SOLUCIONES TIC. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

En cuanto a la **automatización en la recogida de datos**, son los tiempos de actividad de las máquinas de producción, el inventario/stock y las variables de proceso, los datos cuya recogida está más automatizada (más del 40% de las empresas recogen estos datos de forma automática).

¿Qué tipo de datos recoge de sus máquinas de producción, de sus procesos, de sus productos, así como otros datos externos y cómo?	Se recoge manualmente	Se recoge automáticamente	No se recoge pero sería interesante	No se recoge y no es interesante	TOTAL
Inventario/Stock	56%	44%	0%	0%	100%
Tiempos de actividad de las máquinas de producción	32%	44%	24%	0%	100%
Tiempo de actividad de operarios	64%	24%	12%	0%	100%
Residuos generados	76%	4%	8%	12%	100%
Defectos generados	76%	4%	4%	16%	100%
Variables de proceso (temperatura, presión, potencia, intensidad, tensión, humedad, etc.)	28%	48%	8%	16%	100%
Datos externos que afectan al proceso (datos meteorológicos, energéticos, legales, otros)	16%	4%	16%	64%	100%

ILUSTRACIÓN76:EL SECTOR DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES Y LA CAPTURA DE DATOS EN PLANTA. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

En cuanto a la **aplicabilidad de Big Data o Análisis de Datos** en los procesos, podemos decir que el sector tiene interés en la aplicación de Big Data en casi todos los procesos, a excepción de la adquisición de materia prima. Este interés es mayor en el control de calidad, en la producción y la logística interna. Los valores más altos se obtienen en producción y mantenimiento. Estos datos, pueden estar influenciados por el interés del sector eólico en esta tecnología, en paralelo a Sistemas Ciberfísicos e IoT.

¿En qué procesos considera más interesante la aplicación de Big Data o análisis de datos en su empresa?	1 (Bajo)	2	3	4 (Alto)	TOTAL
Adquisición de materias primas	61%	4%	9%	26%	100%
Logística interna	26%	17%	30%	26%	100%
Logística externa	30%	35%	17%	17%	100%
Producción	9%	9%	13%	70%	100%
Control de calidad	30%	9%	30%	30%	100%
Mantenimiento	13%	13%	26%	48%	100%
Servicio postventa	39%	22%	13%	26%	100%
En ninguna	0%	0%	0%	9%	9%

ILUSTRACIÓN77:EL SECTOR DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES Y EL INTERÉS EN APLICACIONES BIG DATA. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

En cuanto a **Cloud Computing**, el 60% de las empresas no tiene ningún proceso informático en la nube.

Indique en qué fase del proceso productivo emplea servicios informáticos en la nube para obtener o almacenar la información necesaria	1 (Bajo)	2	3	4 (Alto)	TOTAL
Adquisición de Materias Primas	12%	0%	0%	28%	40%
Logística interna	16%	4%	0%	20%	40%
Logística externa	20%	8%	0%	16%	44%
Producción	12%	4%	0%	24%	40%
Control de calidad	20%	12%	0%	8%	40%
Mantenimiento	16%	8%	0%	16%	40%
Servicio postventa	20%	4%	0%	16%	40%
En ninguno	0%	0%	0%	60%	60%

ILUSTRACIÓN78:EL SECTOR DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES Y LOS PROCESOS INFORMÁTICOS EN LA NUBE. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

SAFETY AND SECURITY

Un 32% de las empresas tiene implantaciones de esta tecnología y un 40% tiene previsto hacerlas en un futuro. El 48% considera que la tecnología supondrá un **beneficio para la seguridad** de los trabajadores, y el 64% considera que la transformación hacia la Industria 4.0 supondrá un aumento importante en el riesgo de las Tecnologías de la Información (valores alto y medio alto).

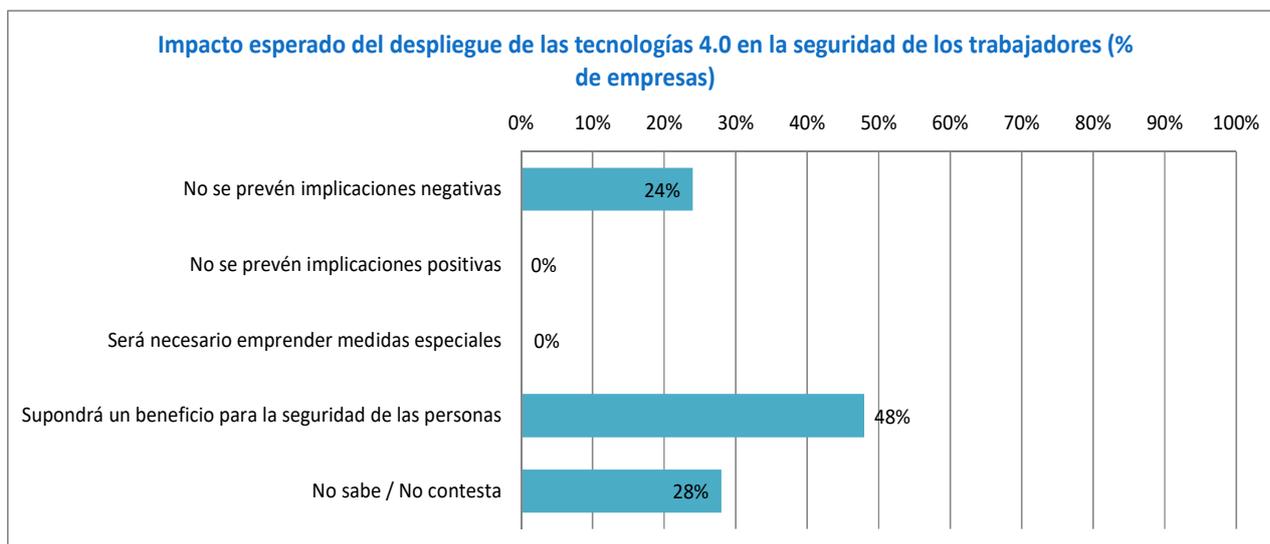


ILUSTRACIÓN79:EL SECTOR DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES Y EL IMPACTO DE LAS TECNOLOGÍAS 4.0 EN LA SEGURIDAD DE LOS TRABAJADORES. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

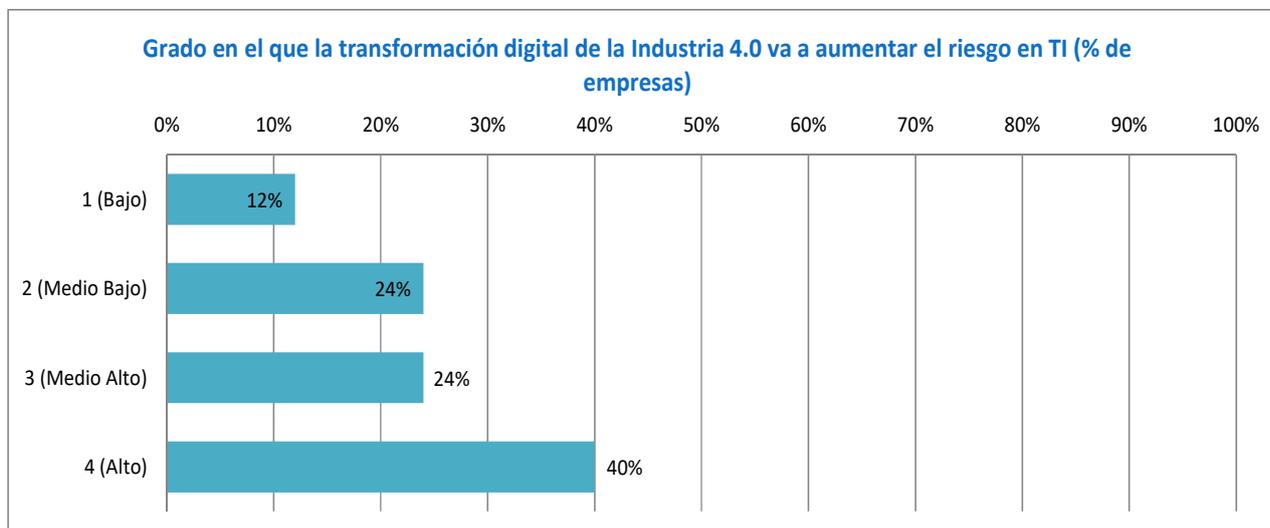


ILUSTRACIÓN80:EL SECTOR DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES, LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL Y EL RIESGO EN TI. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

En relación a la toma de acciones para la mitigación de estos nuevos riesgos, las empresas han puesto en marcha acciones como el **asesoramiento con expertos** acciones específicas **a través de sus propios departamentos de IT**.

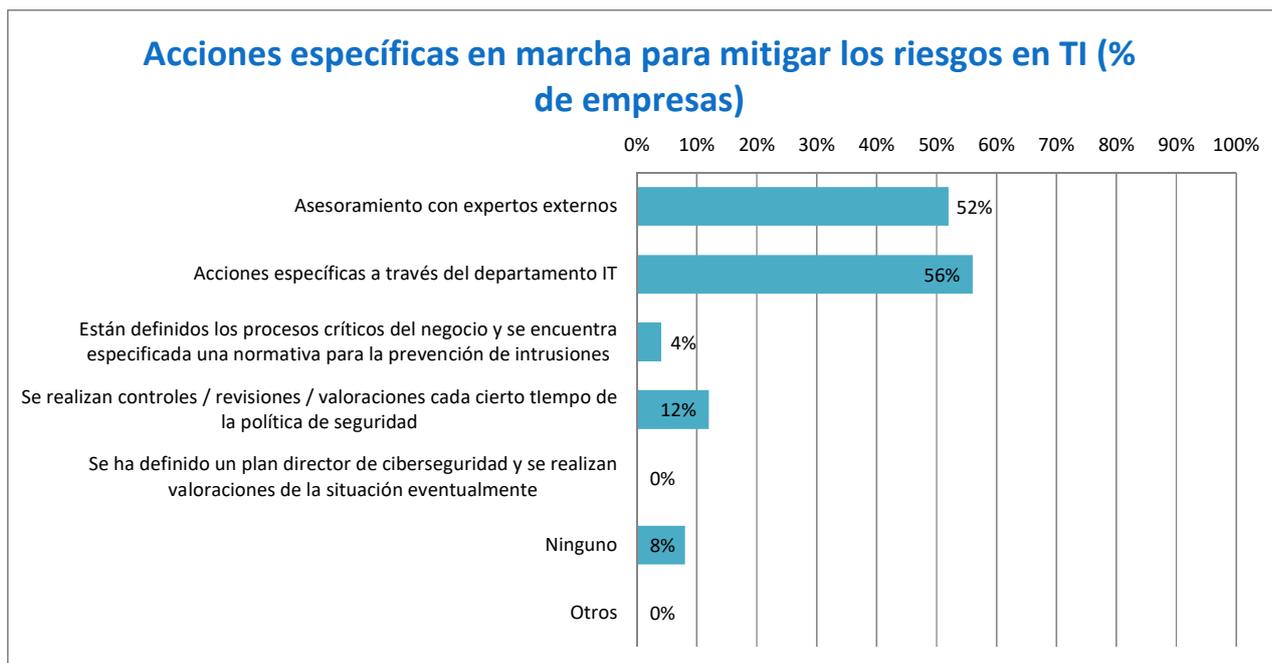


ILUSTRACIÓN81:EL SECTOR DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES, ACCIONES ESPECÍFICAS PARA MITIGAR LOS RIESGOS EN TI. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

GESTIÓN DE LA ENERGÍA

En relación a la Gestión de la Energía, en su mayoría, las empresas hacen seguimiento de sus históricos de consumo a partir de las **facturas de energía**. Solo un 16% dispone de algún sistema de gestión energética y un 8% dispone de algún sistema de monitorización de consumos.

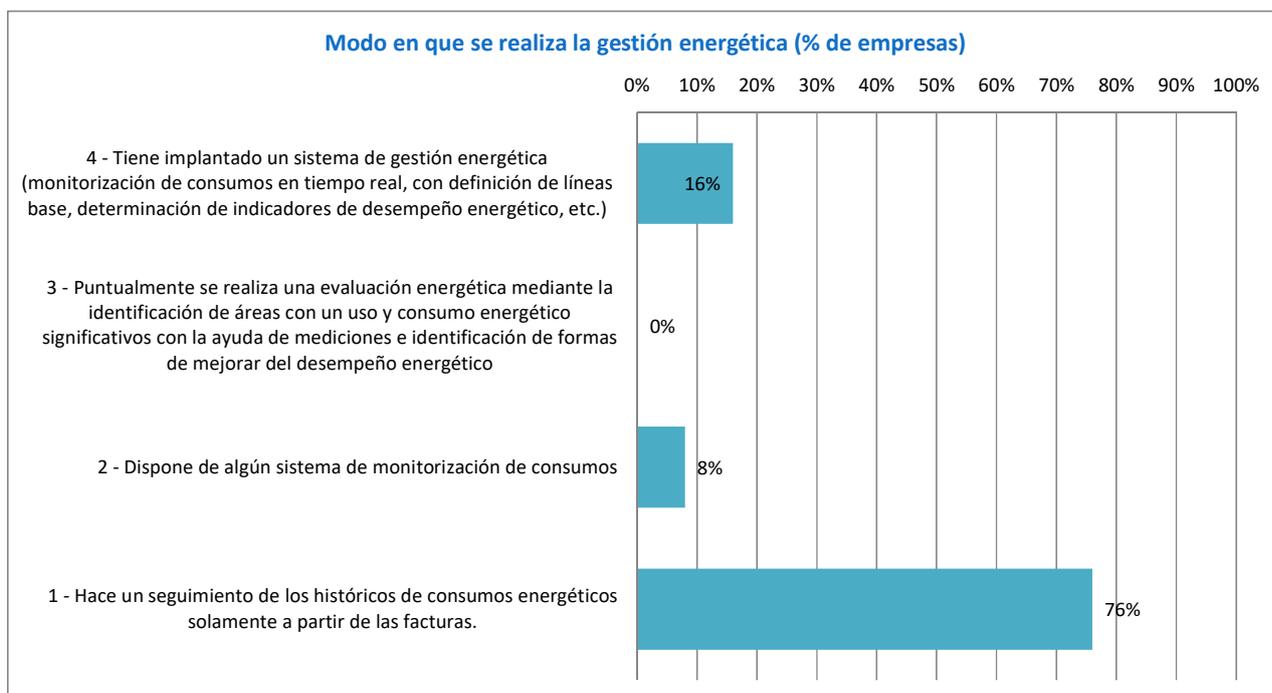


ILUSTRACIÓN82:EL SECTOR DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES Y LA GESTIÓN ENERGÉTICA. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

El 44% de las empresas generan energía con fuentes de energía renovables, y en un 48% no se ha implantado ninguna acción de gestión avanzada de la energía.

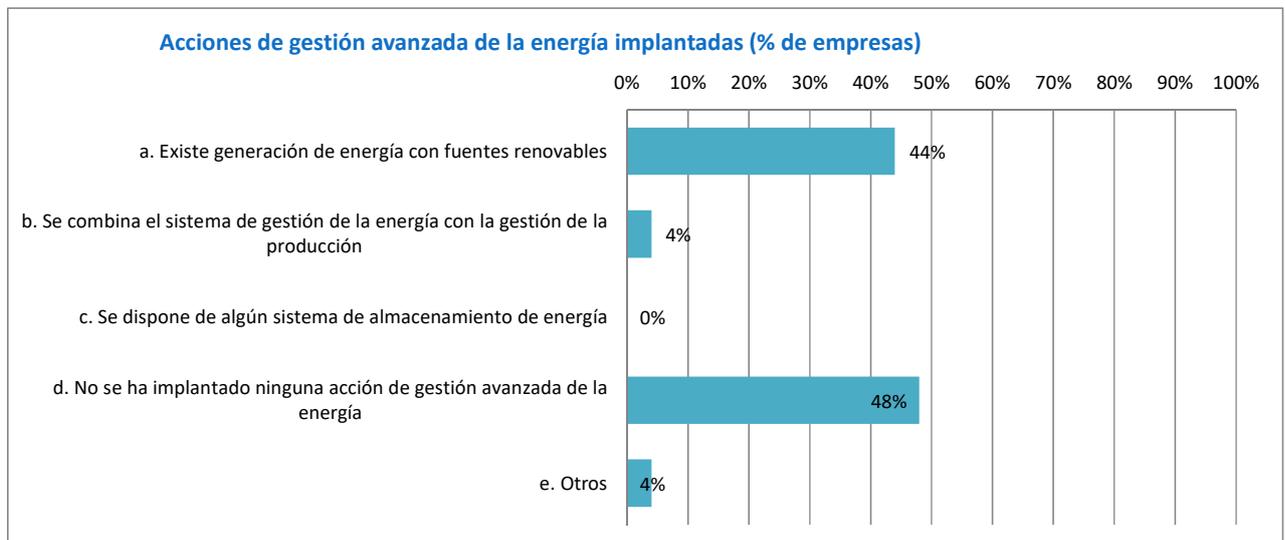


ILUSTRACIÓN83:EL SECTOR DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES Y LAS ACCIONES DE GESTION AVANZADA DE LA ENERGÍA. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Gestión de los Insumos

El 56% de las empresas no ha realizado ninguna acción avanzada relacionada con la gestión de los insumos. Solo el 16% de las empresas ha ido incorporando materiales reciclados en el producto final, disminuyendo el input de materia prima por unidad de producto.

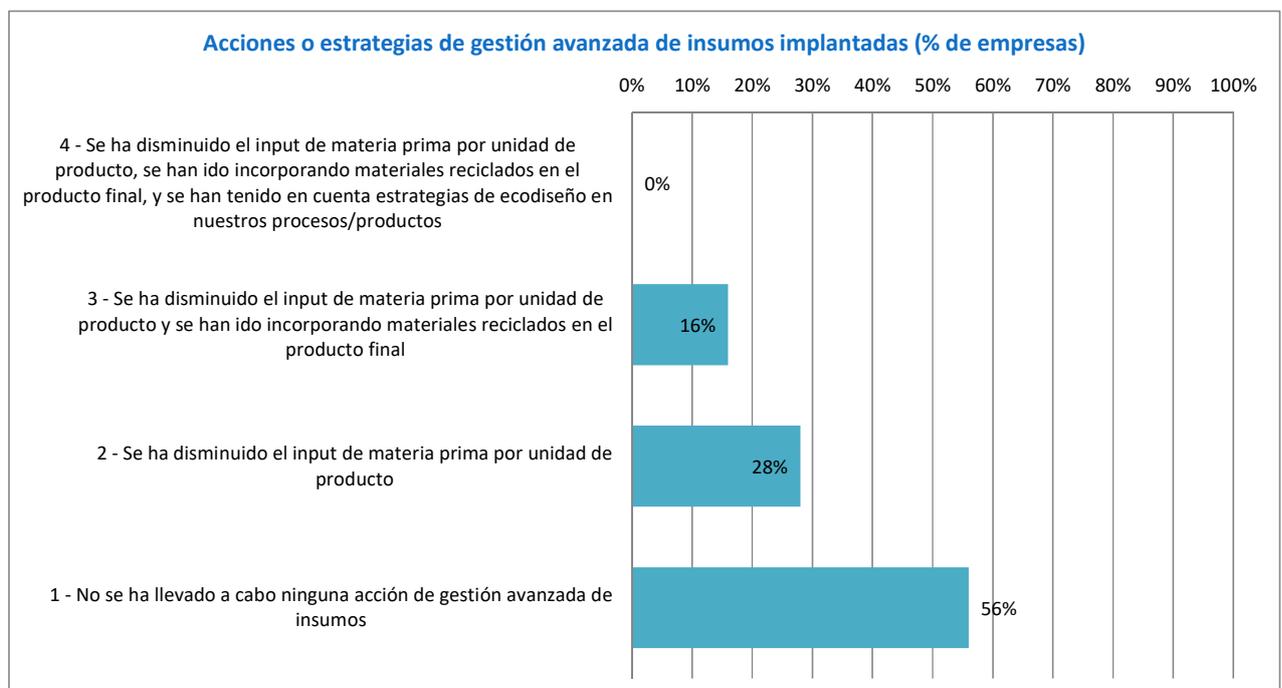


ILUSTRACIÓN84:EL SECTOR DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES Y LA GESTION AVANZADA DE LOS INSUMOS. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

En el caso de los **residuos**, son menos las empresas que no han llevado a cabo ninguna implantación relacionada con la gestión avanzada de los mismos (36%).

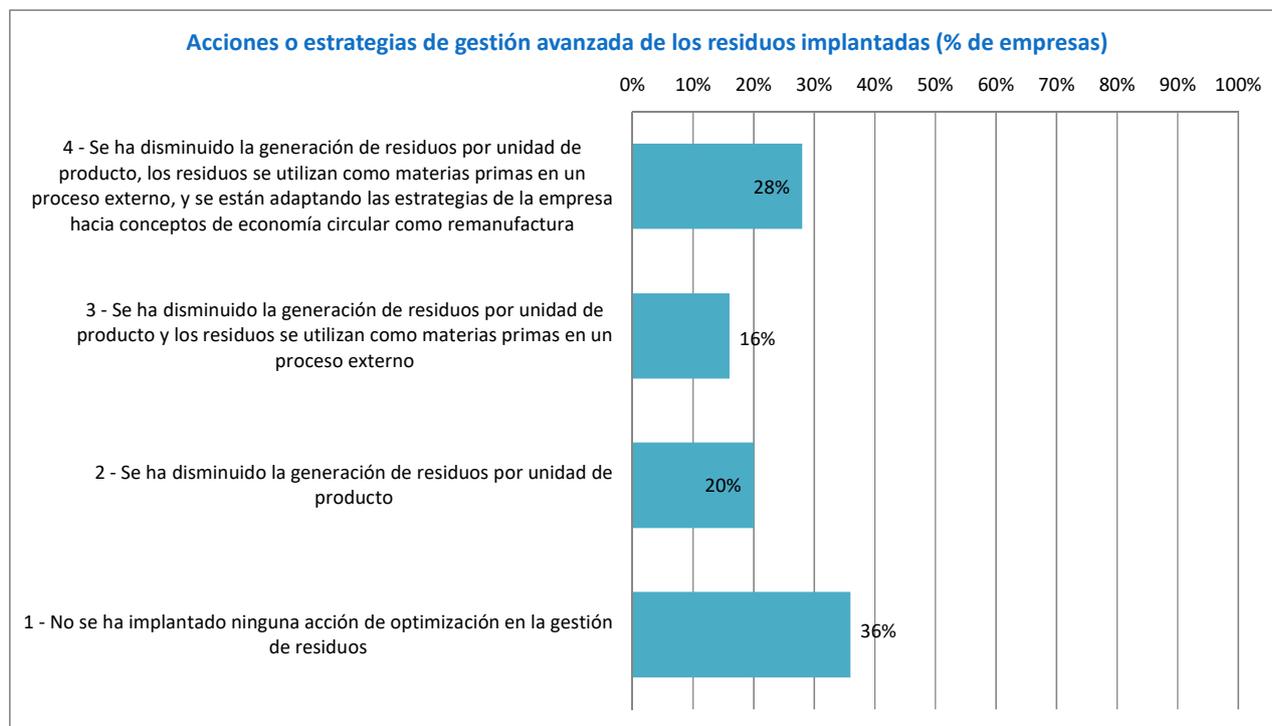


ILUSTRACIÓN85: EL SECTOR DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES Y LA GESTIÓN AVANZADA DE LOS RESIDUOS. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

3.2.2 Situación de los principales indicadores asociados a los Elementos Generadores de Valor

Para conocer el grado de cercanía del sector a las nuevas tecnologías, se han cruzado los elementos generadores de valor (calidad, producción, personas y producto y servicio), con la mayor o menor bondad de las tecnologías habilitadoras, para la mejora de cada palanca tecnológica. (Ver anexo “Cuestionario y Metodología de Ejecución”).

Inicialmente se ha analizado el potencial de mejora del elemento generador de valor detectándose que, para el sector de las energías renovables, los elementos generadores de valor con más potencial de mejora son las personas, los productos y servicios, seguidos de la calidad.

CALIDAD

El potencial de mejora identificado por las empresas es alto, ninguna empresa considera que la calidad no sea mejorable y el 67% cree que el potencial de mejora en relación a la calidad tiene valores 3 y 4.

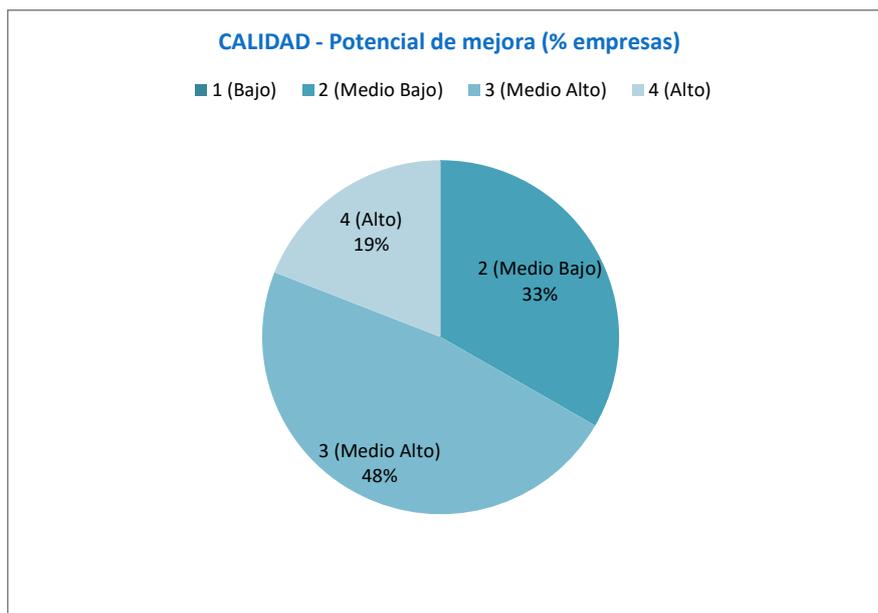


ILUSTRACIÓN86: POTENCIAL DE MEJORA DE LA CALIDAD EN EL SECTOR. FUENTE. ELABORACIÓN PROPIA

Dentro del elemento generador de valor “Calidad”, se ha preguntado qué palancas tecnológicas tienen una mayor relevancia, y por lo tanto lograrían una mayor mejora para el sector. Las palancas tecnológicas identificadas con mayor grado de relevancia son: la mejora continua (producto, proceso, organización) y control de calidad/control de producción.

Grado de relevancia de Palancas Tecnológicas	1	2	3	4	TOTAL
Control de la calidad / Control de la producción	18%	18%	45%	18%	100%
Planificación de calidad / Identificación y trazabilidad	32%	9%	41%	18%	100%
Mejora continua (Producto, proceso, organización)	5%	18%	32%	45%	100%
Defectos / Despilfarro	27%	27%	27%	18%	100%

ILUSTRACIÓN87: GRADO DE RELEVANCIA DE LAS PALANCAS TECNOLÓGICAS DE LA CALIDAD. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

PRODUCCIÓN

El potencial de mejora identificado por las empresas es alto, solo el 9% cree que no hay mucho margen de mejora en los procesos productivos. El 74% de las empresas identifican que el potencial de mejora del generador de valor “Producción” es de nivel 3 y 4.

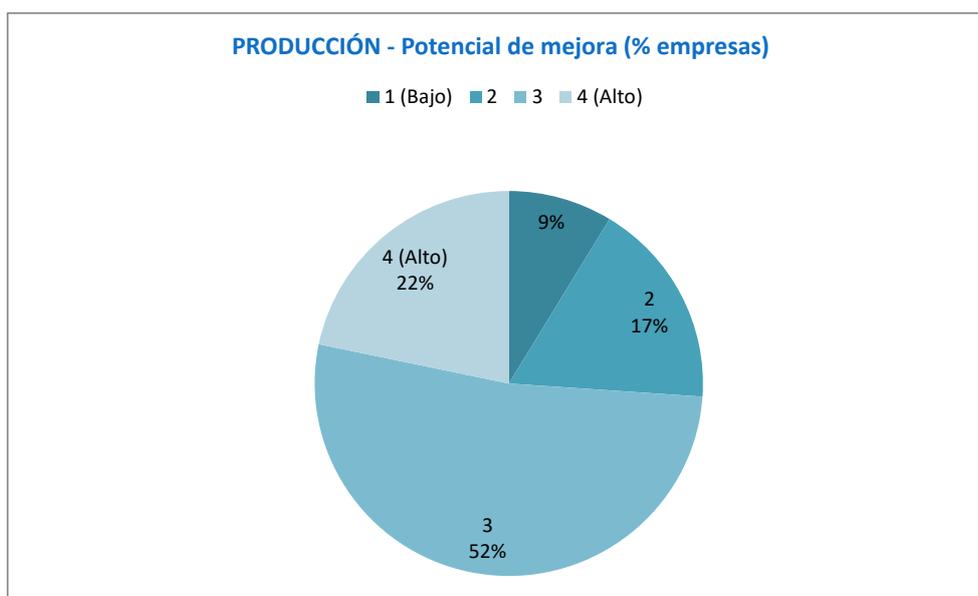


ILUSTRACIÓN88: POTENCIAL DE MEJORA DEL GENERADOR DE VALOR PRODUCCIÓN EN EL SECTOR. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Dentro de elemento generador de valor “Producción”, se ha profundizado sobre qué palancas tecnológicas tienen un mayor grado de relevancia, y por lo tanto una mejora en las más relevantes podría suponer mayores beneficios para el sector.

Los procesos identificados con mayor grado de relevancia dentro del generador de valor “Producción” son (valores 3 y 4):

- Visión de la producción en tiempo real.
- Mejora de la planificación de la producción.
- Optimización de uso de los operarios.
- Mantenimiento predictivo.

Grado de relevancia de Palancas Tecnológicas	1	2	3	4	TOTAL
Mejora de la planificación de la producción	21%	13%	21%	46%	100%
Rapidez en la toma de decisiones	29%	13%	21%	38%	100%
Visión de la producción en tiempo real	17%	13%	17%	52%	100%
Producción flexible	22%	17%	35%	26%	100%
Optimización del uso de máquinas	22%	13%	17%	48%	100%
Optimización de uso de operarios	9%	22%	26%	43%	100%
Reducción del tamaño de lote	39%	39%	13%	9%	100%
Mantenimiento predictivo	22%	13%	43%	22%	100%
Reducción de inventarios	39%	17%	26%	17%	100%
Gestión avanzada de la energía	26%	17%	43%	13%	100%
Gestión avanzada de insumos (agua, etc.)	48%	35%	13%	4%	100%
Reciclaje, reutilización y valoración de residuos	52%	30%	13%	4%	100%

ILUSTRACIÓN89:GRADO DE RELEVANCIA DE LAS PALANCAS TECNOLÓGICAS DE LA PRODUCCIÓN PARA EL SECTOR DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

PERSONAS

El 80% de las empresas han identificado un alto potencial de mejora alto (niveles 3 y 4) en este generador de valor.

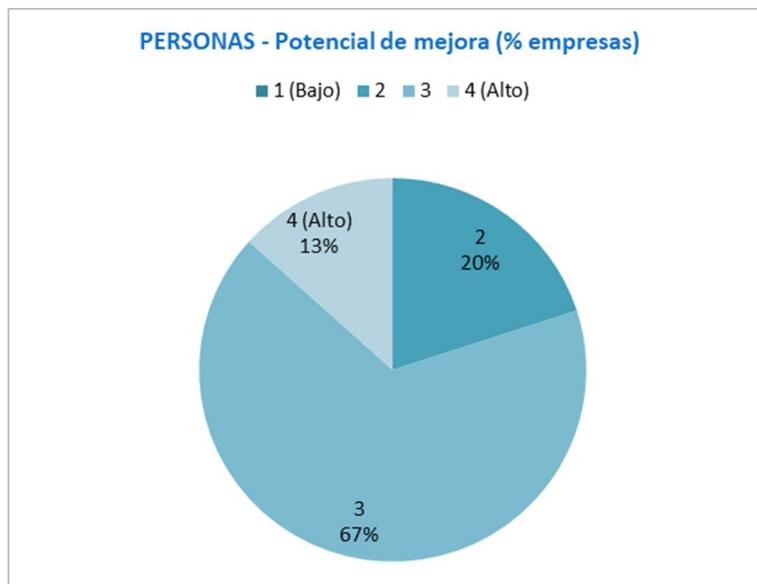


ILUSTRACIÓN90: POTENCIAL DE MEJORA DEL GENERADOR DE VALOR PERSONAS EN EL SECTOR. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Dentro del generador de valor “Personas”, se ha profundizado sobre cuáles de las palancas tecnológicas tienen un mayor grado de relevancia, y por lo tanto una mejora en las más relevantes podría suponer mayores beneficios para el sector.

Para el sector de las energías renovables, las palancas con mayor grado de relevancia dentro del generador de valor “Personas” son:

- Reducción de trabajos penosos
- Ergonomía

Grado de relevancia de Palancas Tecnológicas	1	2	3	4	TOTAL
Reducción de trabajos penosos	7%	27%	20%	47%	100%
Ergonomía	13%	20%	20%	47%	100%
Reducción de tiempos de aprendizaje	27%	20%	13%	40%	100%
Empoderamiento del operario	33%	13%	33%	20%	100%

ILUSTRACIÓN91: GRADO DE RELEVANCIA DE LAS PALANCAS TECNOLÓGICAS DEL GENERADOR DE VALOR PERSONAS PARA EL SECTOR DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

PRODUCTOS Y SERVICIOS

El 83% de las empresas han identificado un potencial de mejora alto (niveles 3 y 4) para este generador de valor.

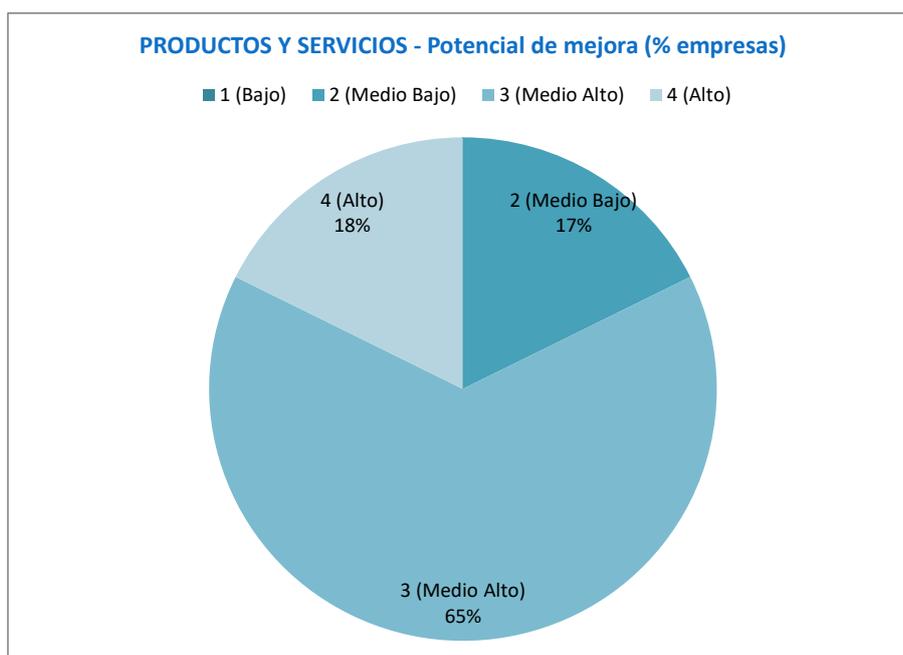


ILUSTRACIÓN92: POTENCIAL DE MEJORA DE LAS PALANCAS TECNOLÓGICAS DEL GENERADOR DE VALOR PRODUCTOS Y SERVICIOS EN EL SECTOR. FUENTE. ELABORACIÓN PROPIA

Dentro del generador de valor “Productos y Servicios”, se ha profundizado sobre cuáles de los procesos de negocio/palancas tienen un mayor grado de relevancia, y por lo tanto una mejora en los más relevantes podría suponer mayores beneficios para el sector.

Para el sector de las energías renovables los procesos con mayor grado de relevancia dentro de “Productos y Servicios” son:

- Mantenimiento remoto del producto.
- Reducción del tiempo de diseño.
- Reducción del tiempo de entrega.

Grado de relevancia de Palancas Tecnológicas	1	2	3	4	TOTAL
Co-creación de producto con el cliente	31%	6%	25%	38%	100%
Predicción de la demanda	25%	6%	44%	25%	100%
Nuevos servicios basados en datos	25%	31%	31%	13%	100%
Seguridad producto	19%	31%	19%	31%	100%
Personalización producto	13%	31%	38%	19%	100%
Productos energéticamente eficientes	13%	19%	31%	38%	100%
Nuevas funcionalidades en productos	13%	31%	38%	19%	100%
Servicios avanzados al consumidor	44%	13%	25%	19%	100%
Mantenimiento remoto del producto	13%	0%	44%	44%	100%
Reducción del tiempo servicio postventa	6%	25%	25%	44%	100%
Reducción del tiempo de diseño	19%	6%	31%	44%	100%
Prototipado rápido de producto	25%	13%	19%	44%	100%
Reducción del tiempo de industrialización	19%	25%	19%	38%	100%
Reducción del tiempo de entrega	6%	13%	38%	44%	100%

ILUSTRACIÓN93: GRADO DE RELEVANCIA DE LAS PALANCAS TECNOLÓGICAS DEL GENERADOR DE VALOR PRODUCTOS Y SERVICIOS PARA EL SECTOR DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

3.2.3 Problemas detectados

A cada una de las empresas se les ha preguntado por los problemas que detectan en relación con los 4 generadores de valor. De esta forma las empresas podrán visualizar qué habilitadores son los adecuados para la solución de los problemas.

CALIDAD

En relación con el generador de valor “Calidad”, los problemas detectados por las empresas han sido principalmente los relacionados el control de calidad y control de producción.

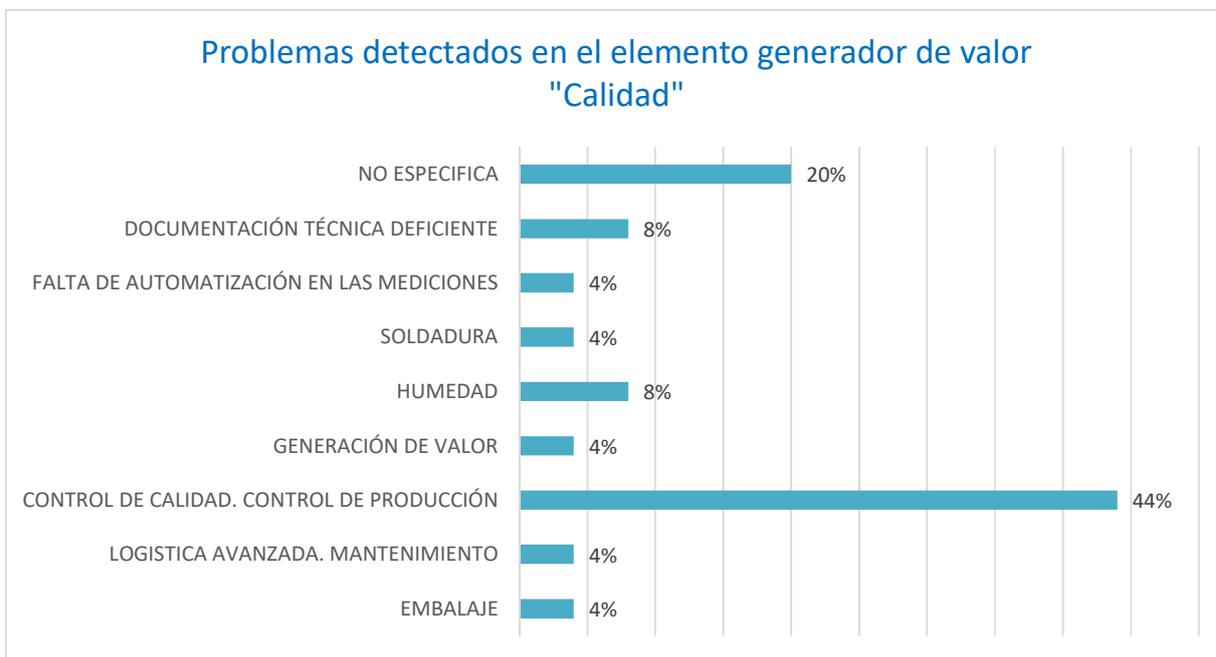


ILUSTRACIÓN94:PROBLEMAS DETECTADOS EN EL ELEMENTO GENERADOR DE VALOR CALIDAD. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

PRODUCCIÓN

En relación con el generador de valor“Producción”, los problemas detectados por las empresas han sido principalmente:

- a) Optimización del proceso. Falta de flexibilidad y visión del proceso.
- b) Automatización y visión global.

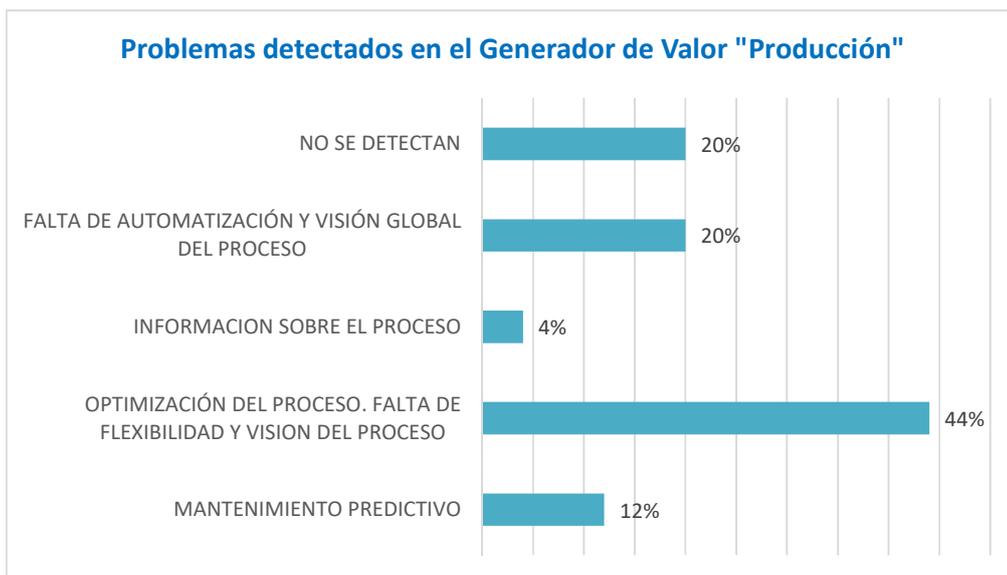


ILUSTRACIÓN95:PROBLEMAS DETECTADOS EN EL GENERADOR DE VALOR PRODUCCIÓN. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

PERSONAS

En relación con el generador de valor "Personas", los problemas detectados por las empresas han sido principalmente los relacionados con la ergonomía:

- Falta de formación. Tiempos largos de aprendizaje.
- Ergonomía y pérdida de tiempo en actividades repetitivas.

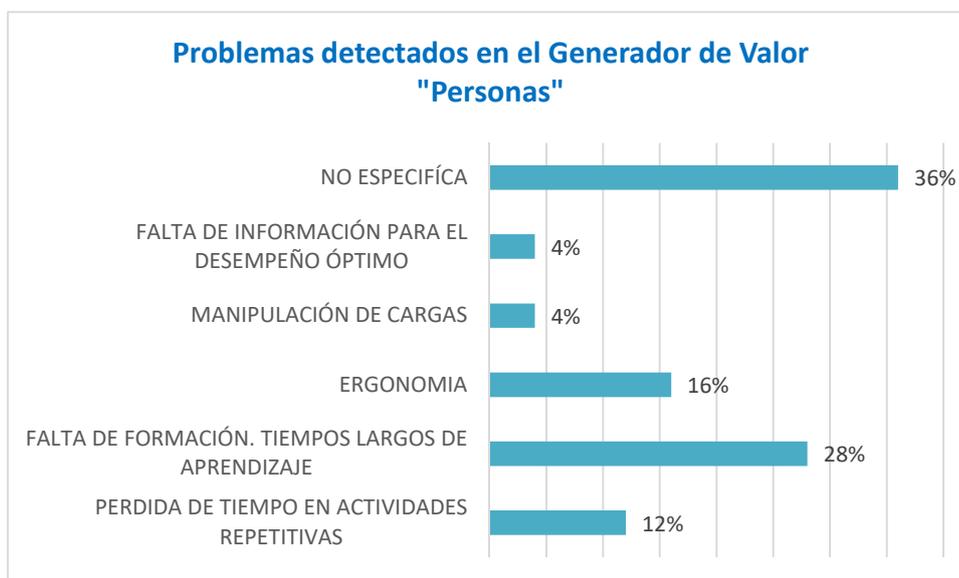


ILUSTRACIÓN96:PROBLEMAS DETECTADOS EN EL GENERADOR DE VALOR PERSONAS. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

PRODUCTOS Y SERVICIOS

En relación con el generador de valor “Productos y servicios”, los problemas detectados por las empresas han sido principalmente los relacionados con la ergonomía:

- a) Personalización del producto. Nuevas funcionalidades.
- b) Reducción del servicio post venta.
- c) Comunicación con el cliente.

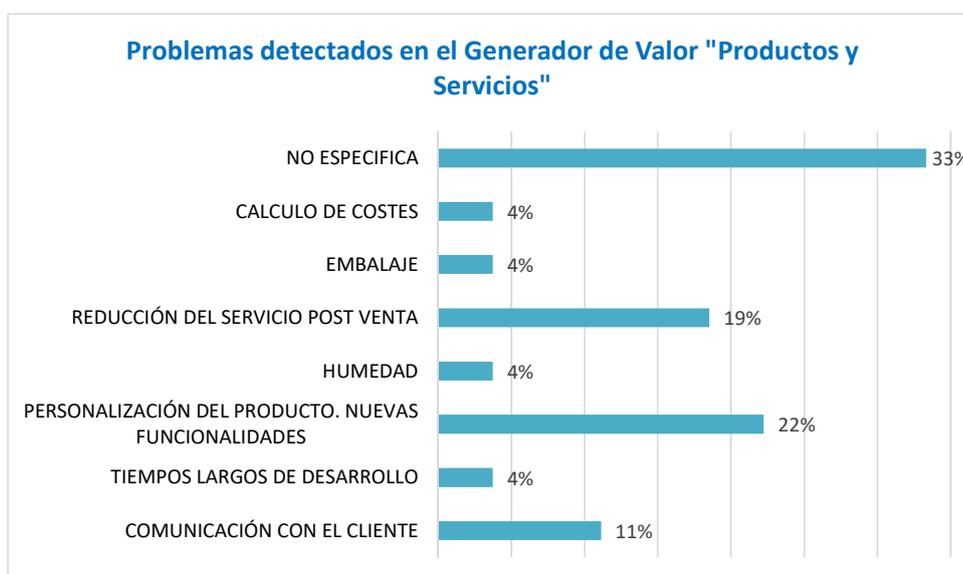


ILUSTRACIÓN97:PROBLEMAS DETECTADOS EN EL ELEMENTO GENERADOR DE VALOR PRODUCTOS Y SERVICIOS. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

3.2.4 Restricciones o condicionantes identificados

Las barreras y dificultades para la implantación de las tecnologías 4.0 detectadas han sido la financiación y la falta de estandarización de las tecnologías.

La consecución de la financiación necesaria para acometer las inversiones es la barrera resaltada como de mayor impacto.

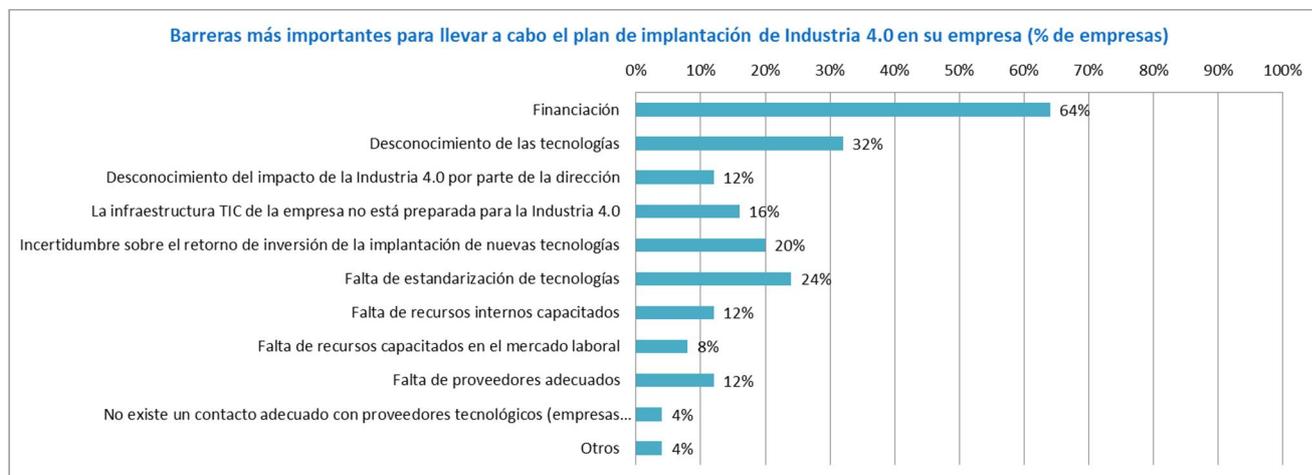


ILUSTRACIÓN98:PRINCIPALES BARRERAS PARA LA IMPLANTACIÓN DE LA INDUSTRIA 4.0. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

3.3 GAP TECNOLÓGICO

Las empresas participantes han identificado aquellas tecnologías emergentes 4.0 que podrían ayudar en la resolución de problemas detectados, lo que redundaría en un incremento de la eficiencia y productividad del sector. Se analiza a continuación cómo las diferentes tecnologías son valoradas del 1 al 4 por las empresas (1: Poco relevante, 4: Muy relevante) para la resolución de los problemas encontrados en calidad, producción, personas y productos y servicios.

CALIDAD

En relación con el generador de valor “Calidad”, el sector de las energías renovables ha identificado a la Automatización y Robótica Avanzada y Colaborativa como la mejor tecnología para resolución de los problemas detectados.

Possible empleo de las tecnologías emergentes 4.0 en el elemento generador de valor "Calidad"	1	2	3	4	TOTAL
Automatización y robótica avanzada y colaborativa	32%	0%	23%	45%	100%
HMI (Wearables, RV/RA, Exoesqueletos)	82%	9%	5%	5%	100%
Sistemas cyberfísicos e IoT	41%	32%	23%	5%	100%
Fabricación Aditiva	77%	5%	9%	9%	100%
Tecnología de Materiales Inteligentes	77%	5%	18%	0%	100%
Logística avanzada (AGVs y UAVs)	82%	9%	5%	5%	100%
Modelización, simulación y virtualización de los procesos	55%	9%	23%	14%	100%
Big Data, Cloud Computing y Data Analytics	23%	18%	41%	18%	100%
Safety & Security	32%	32%	18%	18%	100%

ILUSTRACIÓN 99: EMPLEO DE LAS TECNOLOGÍAS EMERGENTES PARA LA MEJORA DEL GENERADOR DE VALOR CALIDAD EN EL SECTOR DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Debemos tener en cuenta que:

- El 32% de las empresas reconocen tener “muy poco/nada” automatizado su proceso productivo.
- El 56% de las empresas han realizado implantaciones en alguna etapa del proceso productivo.
- El 40% de las empresas con líneas automatizadas, no están conectadas con el sistema de gestión global de la empresa.
- El 68% de las empresas no disponen de ningún robot.

La mayor parte de las empresas del sector ya ha realizado alguna implantación en cuanto a automatización y robótica. Sin embargo, existe una gran cantidad de procesos automatizables con soluciones estándar que todavía continúan sin automatizar.

PRODUCCIÓN

En relación con el generador de valor “Producción”, el sector ha identificado de nuevo a la Automatización y Robótica Avanzada y Colaborativa como la mejor tecnología para resolver sus problemas.

El 83% de las empresas han puntuado con valor 3 y 4 la tecnología Automatización y Robótica Avanzada y Colaborativa, seguida por Big Data, Data Analytics y Cloud Computing.

Possible employment of emerging 4.0 technologies in the value generator "production"	1	2	3	4	TOTAL
Automatización y robótica avanzada y colaborativa	17%	0%	22%	61%	100%
HMI (Wearables, RV/RA, Exoesqueletos)	70%	22%	4%	4%	100%
Sistemas cyberfísicos e IoT	35%	17%	26%	22%	100%
Fabricación Aditiva	70%	13%	4%	13%	100%
Tecnología de Materiales Inteligentes	74%	9%	17%	0%	100%
Logística avanzada (AGVs y UAVs)	74%	4%	17%	4%	100%
Modelización, simulación y virtualización de los procesos	52%	22%	22%	4%	100%
Big Data, Cloud Computing y Data Analytics	17%	17%	43%	22%	100%
Safety & Security	26%	26%	26%	22%	100%

ILUSTRACIÓN100: EMPLEO DE LAS TECNOLOGÍAS EMERGENTES PARA LA MEJORA DEL GENERADOR DE VALOR PRODUCCIÓN EN EL SECTOR DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

En relación a Big Data, Data Analytics y Cloud Computing, debemos tener en cuenta que:

- El 44% de las empresas tiene la información alojada en servidores propios situados en su propia planta de trabajo.
- Más del 60% de las empresas recogen manualmente los datos derivados de la actividad de los operarios, residuos y defectos generados.

Como se comentaba en el punto anterior la mayor parte de las empresas del sector ya ha realizado alguna implantación en cuanto automatización y robótica, y es lógico que las empresas identifiquen esta tecnología como la más relevante para resolver problemas relacionados con producción y con calidad, seguida de Big Data para la interpretación de los datos derivados de la producción.

PERSONAS

En relación con el generador de valor "Personas", el sector de las energías renovables ha identificado a la Automatización y Robótica Avanzada y Colaborativa, junto con Human Machine Interaction como las tecnologías con más potencial.

Possible employment of emerging 4.0 technologies in the value generator "persons"	1	2	3	4	TOTAL
Automatización y robótica avanzada y colaborativa	27%	20%	7%	47%	100%
HMI (Wearables, RV/RA, Exoesqueletos)	40%	20%	20%	20%	100%
Sistemas cyberfísicos e IoT	73%	7%	13%	7%	100%
Fabricación Aditiva	73%	0%	7%	20%	100%
Tecnología de Materiales Inteligentes	73%	13%	7%	7%	100%
Logística avanzada (AGVs y UAVs)	73%	7%	13%	7%	100%
Modelización, simulación y virtualización de los procesos	67%	7%	13%	13%	100%
Big Data, Cloud Computing y Data Analytics	53%	13%	13%	20%	100%
Safety & Security	40%	27%	20%	13%	100%

ILUSTRACIÓN101: EMPLEO DE LAS TECNOLOGÍAS EMERGENTES PARA LA MEJORA DEL GENERADOR DE VALOR "PERSONAS" EN EL SECTOR DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Ninguna empresa dispone de tecnologías HMI en sus fábricas. Las gafas de realidad virtual y aumentada son los dispositivos de mayor interés para el sector, con el objetivo de proporcionar información soporte

al operario en tiempo real. La mayor parte de las empresas del sector ha manifestado no tener demasiado interés en esta tecnología.

PRODUCTOS Y SERVICIOS

En relación al generador de valor “Productos y Servicios”, el sector ha identificado las siguientes tecnologías como posibles habilitadores de la mejora deseada en más de un 50% (valores 3 y 4):

- Automatización y Robótica Avanzada y Colaborativa.
- Sistemas Ciberfísicos e IoT.
- Big Data, Data Analytics y Cloud Computing.

Possible empleo de las tecnologías emergentes 4.0 en el generador de valor "productos y servicios"	1	2	3	4	TOTAL
Automatización y robótica avanzada y colaborativa	25%	0%	38%	38%	100%
HMI (Wearables, RV/RA, Exoesqueletos)	63%	38%	0%	0%	100%
Sistemas ciberfísicos e IoT	31%	13%	25%	31%	100%
Fabricación Aditiva	56%	6%	13%	25%	100%
Tecnología de Materiales Inteligentes	81%	0%	13%	6%	100%
Logística avanzada (AGVs y UAVs)	75%	0%	25%	0%	100%
Modelización, simulación y virtualización de los procesos	50%	6%	25%	19%	100%
Big Data, Cloud Computing y Data Analytics	25%	6%	50%	19%	100%
Safety & Security	38%	19%	38%	6%	100%

ILUSTRACIÓN102: EMPLEO DE LAS TECNOLOGÍAS EMERGENTES PARA LA MEJORA DEL GENERADOR DE VALOR “PRODUCTOS Y SERVICIOS” EN EL SECTOR DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Debemos tener en cuenta que en relación con IoT:

- El 36% de las empresas manifiestan disponer, en algún proceso, de infraestructura IoT.
- El 40% de las empresas que manifiestan disponer de alguna línea de producción automatizada, no está conectadas al sistema de gestión.

De todo lo anterior, podemos concluir que las tecnologías Automatización y Robótica Avanzada y Colaborativa, los Sistemas Ciberfísicos e IoT y Big Data, Data Analytics y Cloud Computing, son las tecnologías de mayor interés para el sector.

3.3.1 Posicionamiento agregado del sector con respecto a las mejores prácticas

Para el análisis del posicionamiento agregado del sector en relación con las tecnologías de la Industria 4.0, los grupos de trabajo elaboraron la **definición de los grados de madurez** de implantación de tecnologías emergentes en la empresa, obteniéndose las siguientes definiciones:

Definición de grados de madurez de implantación de tecnologías en empresas

Automatización y robótica avanzada y colaborativa	
Grado	Definición
4 (Alto)	Toda la información obtenida de forma automática de los procesos productivos se utiliza para la gestión de la producción.
3	El grado de automatización es alto en general en toda la planta de producción, aunque no se obtiene información de forma automática de todos los procesos.
2	Se han realizado implantaciones o experiencias piloto en alguna etapa del proceso.
1 (Bajo)	Muy poco/nada.

Human Machine Interaction (Wearables, Realidad Aumentada/Virtual, Exoesqueletos)	
Grado	Definición
4 (Alto)	Está implantado el uso habitual de las tres herramientas HMI consideradas (wearables, realidad aumentada/virtual y exoesqueletos) en determinados puestos clave del proceso por aspectos como carga ergonómica, criticidad de la gama de operación, etc.
3	Está implantado el uso habitual de una/dos de las tres herramientas HMI consideradas (wearables, realidad aumentada/virtual o exoesqueletos) en determinados puestos clave del proceso por aspectos como carga ergonómica, criticidad de la gama de operación, etc.
2	Se han realizado tests o pruebas piloto sobre la implantación de alguna de las herramientas HMI consideradas (wearables, realidad aumentada/virtual o exoesqueletos).
1 (Bajo)	Muy poco/nada.

Sistemas ciberfísicos e Internet de las Cosas (IoT)	
Grado	Definición
4 (Alto)	Se dispone de una visión en tiempo real del estado de la planta y se pueden hacer cambios de forma dinámica sobre la planificación y las órdenes de producción. Los equipos y maquinaria de producción están totalmente digitalizados. La maquinaria de producción dispone de sistemas inteligentes que interactúan con la máquina a través de sensores y actuadores y envían la información a sistemas de gestión de la producción. La información fluye de forma automática entre los distintos sistemas TIC de la compañía (por ejemplo, los planos CAD de los productos se envían a las máquinas de producción de forma automática a través del ERP o del MES).
3	Solo se dispone de visión en tiempo real de algunas de las operaciones o de las líneas de producción. Se dispone de un MES que captura parte de los datos del proceso productivo de forma automática y se comunica con el ERP, pero existen parámetros de producción que aún no se están capturando.
2	La maquinaria de producción dispone de sistemas inteligentes que interactúan con la máquina a través de sensores y actuadores pero esta información se almacena en los autómatas de las máquinas o en la celda de producción y no se envían la información a sistemas de gestión de la producción. La información de producción se introduce en los sistemas de gestión de la compañía (MES, ERP) principalmente de forma manual, no se obtiene de forma automática de los procesos productivos.
1 (Bajo)	Las máquinas de producción no disponen de sistemas inteligentes que interactúan con la máquina a través de sensores y actuadores. No existe un intercambio automático entre los sistemas de información de la empresa. No se dispone de visión en tiempo real del estado del proceso productivo a través de sistemas TIC. Se generan informes diarios o semanales de indicadores de producción.

Fabricación aditiva	
Grado	Definición
4 (Alto)	La fabricación aditiva permite en el proceso productivo la personalización del producto con una total flexibilidad en el diseño y construcción.
3	La fabricación aditiva permite llevar a cabo prototipos funcionales, sin necesidad de fabricar utillajes.
2	La fabricación aditiva se emplea para repuestos, trabajos de reparación, prototipos no funcionales, etc.
1 (Bajo)	No se emplea la fabricación aditiva.

Tecnología de materiales inteligentes	
Grado	Definición
4 (Alto)	Los procesos productivos integran sensores y actuadores inteligentes en un entorno interconectado.
3	Se emplean soluciones inteligentes en productos y/o procesos, pero no en un entorno interconectado.
2	Se emplean soluciones inteligentes de manera habitual en los productos.
1 (Bajo)	Se emplean materiales con funcionalidades ad hoc.

Logística avanzada (AGV's, UAV's -Drones-)	
Grado	Definición
4 (Alto)	Está implantado el empleo de AGV's y UAV's en determinados procesos logísticos y/productivos.
3	Está implantado el empleo de AGV's en determinados procesos logísticos y/productivos.
2	Se han realizado tests o pruebas piloto sobre la implantación de alguna de las herramientas de logística avanzada consideradas (AGV's, UAV's -Drones-).
1 (Bajo)	No se emplea ninguna de las herramientas de logística avanzada consideradas.

Modelización, simulación y virtualización de procesos	
Grado	Definición
4 (Alto)	Se emplea modelización, simulación y virtualización de procesos en: diseño de producto, optimización de las líneas de producción y eficiencia energética, logística y formación.
3	Se emplea modelización, simulación y virtualización de procesos en: diseño de producto y optimización de las líneas de producción.
2	Se emplea modelización, simulación y virtualización de procesos en: diseño de producto.
1 (Bajo)	No se emplea modelización, simulación y virtualización de procesos.

Big Data, Cloud Computing y Data Analytics	
Grado	Definición
4 (Alto)	Los datos son el principal motor de valor del modelo de negocio y estos son almacenados en la nube y en datacenters externos. Emplea técnicas de análisis de datos para adquirir información del proceso productivo a través de procesado en la nube.
3	Los sistemas de gestión empresarial y de análisis de negocio tienen acceso a todos los datos de los procesos de negocio y dicha información no se utiliza para descubrir información en los procesos.
2	La información dentro de un mismo nivel en la pirámide de producción se genera y almacena muchos casos en sistemas aislados, no interconectados imposibilitando la adquisición de conocimiento entre diferentes procesos.
1 (Bajo)	Se obtiene datos de forma manual y la información de la empresa se encuentra en servidores en planta

Safety & Security	
Grado	Definición
4 (Alto)	<p>Safety: Se dispone de elementos activos que monitorizan parámetros críticos asociados a la seguridad de los empleados, y actúan sobre el proceso productivo en caso de riesgo. Se monitorizan parámetros de salud de los operarios. Se dispone de un sistema de alertas ante la detección de riesgo para un operario individual.</p> <p>Security: Se realiza una vigilancia activa de los riesgos de seguridad informática y se lanzan alertas cuando se detectan incidencias. Existe un plan de contingencia definido ante incidentes de seguridad informática.</p>
3	<p>Safety: La maquinaria de producción dispone de elementos activos para reducir riesgos de accidentes. Se realizan controles / revisiones / valoraciones cada cierto tiempo de la política de seguridad. Se monitorizan parámetros ambientales que pueden afectar a la salud de los operarios (gases, ruidos, temperatura, humedad, etc.). Se dispone de un sistema de alertas ante la detección de riesgo para los operarios en una zona de la planta.</p> <p>Security: Están definidos los procesos críticos del negocio y se encuentra especificada una normativa para la prevención de intrusiones. Se han establecido responsables de seguridad informática y sus responsabilidades. Se realizan controles / revisiones / valoraciones cada cierto tiempo de la política de seguridad. Se guarda registro de las actividades de interés para seguridad informática (logs de acceso a recursos, trazas de red,...) y se analizan ante la detección de incidencias.</p>
2	<p>Safety: Se han identificado los riesgos principales para la seguridad. Se dispone de elementos pasivos para reducir riesgos de seguridad (marcas en el suelo para delimitar zonas, barreras de paso, etc.). Se hace una vigilancia activa del seguimiento de normas de seguridad (uso de EPIs, correcto uso de equipos industriales, etc.). La maquinaria de producción dispone de elementos pasivos para reducir riesgos de accidentes.</p> <p>Security: Existe una política de seguridad informática en la compañía y se realiza una vigilancia activa del cumplimiento de las normas de seguridad. Todo el personal conoce las normas y la política de seguridad informática. Existe un sistema centralizado de identificación de usuarios y control de accesos.</p>
1 (Bajo)	<p>Safety: Se dispone de una normativa de seguridad y PRL. Se ha formado a los operarios en PRL. La responsabilidad de seguir las normas de seguridad recae fundamentalmente en los operarios.</p> <p>Security: Se dispone de herramientas básicas de seguridad informática a nivel de equipos y servidores de la compañía (antivirus, firewall).</p>

Gestión de la Energía	
Grado	Definición
4 (Alto)	Tiene implantado un sistema de gestión energética (monitorización de consumos en tiempo real, con definición de líneas base, determinación de indicadores de desempeño energético, etc.)
3	Puntualmente se realiza una evaluación energética mediante la identificación de áreas con un uso y consumo energético significativos con la ayuda de mediciones e identificación de formas de mejorar del desempeño energético.
2	Dispone de algún sistema de monitorización de consumos.
1 (Bajo)	Hace un seguimiento de los históricos de consumos energéticos solamente a partir de las facturas.

Gestión de los Residuos	
Grado	Definición
4 (Alto)	Se ha disminuido la generación de residuos por unidad de producto, los residuos se utilizan como materias primas en un proceso externo, y se están adaptando las estrategias de la empresa hacia conceptos de economía circular como remanufactura.
3	Se ha disminuido la generación de residuos por unidad de producto y los residuos se utilizan como materias primas en un proceso externo.
2	Se ha disminuido la generación de residuos por unidad de producto.
1 (Bajo)	No se ha implantado ninguna acción de optimización en la gestión de residuos.

TABLA 3. GRADOS DE MADUREZ DE IMPLANTACIÓN DE TECNOLOGÍAS EN LA EMPRESA

Una vez identificados los grados de madurez, las empresas participantes han sido comparadas frente a la mejor práctica internacional. Obteniéndose los siguientes resultados:

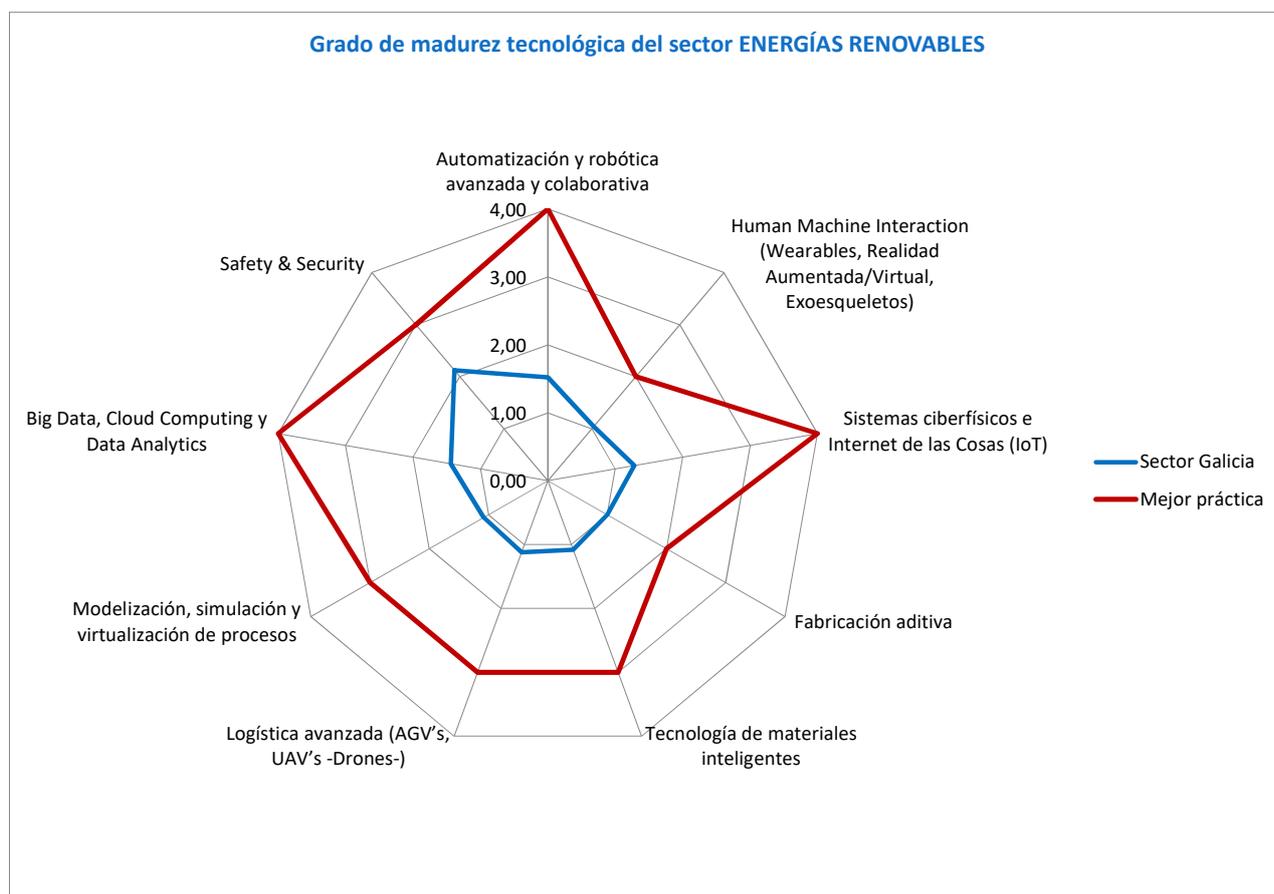


ILUSTRACIÓN103:GRADO DE MADUREZ TECNOLÓGICA DEL SECTOR ENERGÍAS RENOVABLES. FUENTE ELABORACIÓN PROPIA

Como se comenta a lo largo de este informe, el **sector de las renovables** es un sector muy amplio con procesos y productos muy diferentes, como palas o torres de aerogeneradores, pellets, silicio, módulos solares térmicos o calderas de biomasa. El grado de madurez de ciertas tecnologías en subsectores como el eólico, es en algunas de las empresas muy avanzado. Sin embargo, una gran parte de las empresas vinculadas al sector son pequeñas empresas que fabrican componentes, hecho que reduce el grado de madurez medio de estas tecnologías.

Las empresas visitadas han sido categorizadas en líderes, intermedias y menos avanzadas:

- Una empresa es considerada **líder**, en el caso de que obtenga en cualquiera de las tecnologías emergentes una valoración de 4 (alta), o bien, en tres (o más), la empresa obtenga una valoración de 3 puntos.
- Una empresa es considerada **intermedia** cuando presenta una valoración de 3 y/o 2 puntos en varias tecnologías emergentes.
- Una empresa es considerada **menos avanzada** cuando presenta una valoración de 1 punto en la mayoría de las tecnologías emergentes.

En el caso del sector de las **energías renovables**, de entre las empresas participantes un 8% obtienen la posición de líder, un 52% obtienen una posición intermedia, y un 40% la posición menos avanzada.

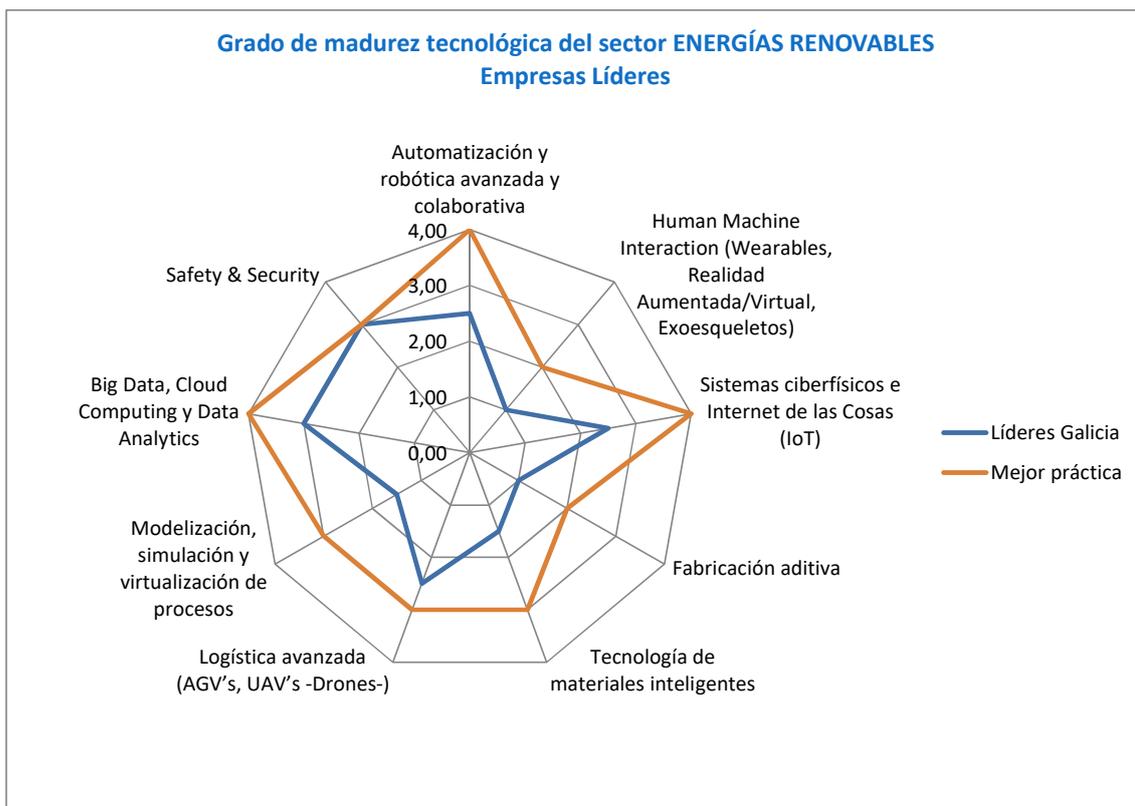


ILUSTRACIÓN104:GRADO DE MADUREZ TECNOLÓGICA DEL SECTOR EMPRESAS LÍDERES. FUENTE ELABORACIÓN PROPIA

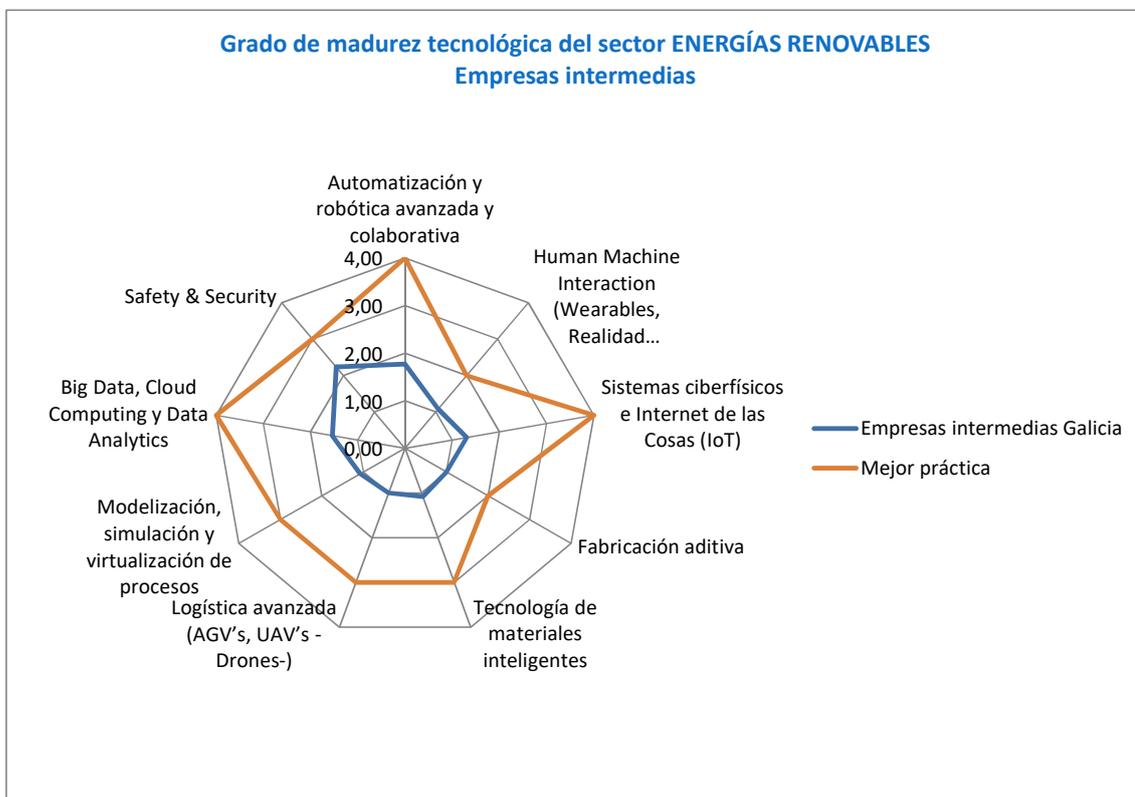


ILUSTRACIÓN105:GRADO DE MADUREZ TECNOLÓGICA DEL SECTOR EMPRESAS INTERMEDIAS. FUENTE ELABORACIÓN PROPIA

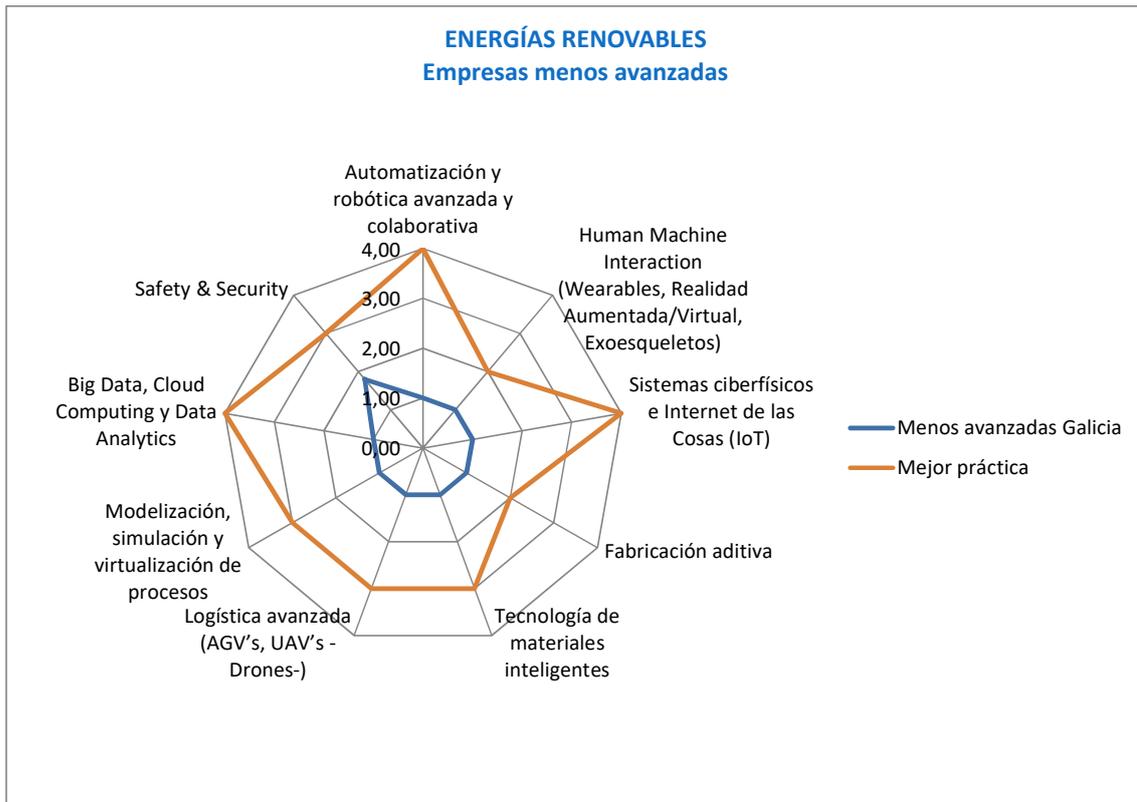


ILUSTRACIÓN106:GRADO DE MADUREZ TECNOLÓGICA DEL SECTOR EMPRESAS MENOS INTERMEDIAS. FUENTE ELABORACIÓN PROPIA

4. OPORTUNIDADES DE MEJORA

El sector de las energías renovables es un sector asociado a una tipología muy variable de empresas. Tal y como se detallaba en puntos anteriores, los **productos ofrecidos** por las empresas vinculadas al sector de las renovables en Galicia producen desde pellets hasta palas para aerogeneradores, pasando por estufas de biomasa, bombas de calor, seguidores para instalaciones solares fotovoltaicas, componentes eólicos, o depósitos acumuladores de calor entre otros.

La variedad de industrias identificadas implica que las oportunidades de mejora detectadas sean totalmente diferentes dependiendo del subsector en el que se encuentran. Aun así, hay ciertos **elementos comunes** que cabe reseñar:

- En general las empresas presentan oportunidades de **optimización del software de gestión** empresarial. Las empresas encuestadas buscan en estos sistemas una ayuda para tener un mayor control y trazabilidad, una mejor integración con el resto de los partícipes de la cadena de valor, automatización de tareas y la mejora del proceso de toma de decisiones.
- Las propias empresas admiten que la **inversión en tecnologías emergentes facilitadoras** necesaria para competir en el mercado global, pero admiten que su resistencia al cambio es importante.
- Las **inversiones en I+D+i** no son habituales.
- En general, desde los diferentes subsectores avalan la **necesidad de un incremento de la automatización y robotización** de sus procesos, y en la mayoría de las ocasiones son conscientes de las tecnologías que se necesitan para ser más competitivos, pero la financiación y planificación cortoplacista son dos elementos que desde las factorías se señalan como frenos para esta modernización.
- Muchas empresas destacan la necesidad de desarrollo de **nuevos productos y procesos** que aporten mayor valor añadido.
- La **cooperación empresarial** y la participación en redes y plataformas con participación de centros tecnológicos y universidades no es habitual, y en muchos casos la empresa no sabe cómo llevarla a cabo.

4.1 ESTRATEGIA DE IMPLANTACIÓN DE TECNOLOGÍAS 4.0

El sector de las energías renovables reconoce la **necesidad de adaptarse** a las nuevas tecnologías para optimizar su productividad, mejorar sus productos y servicios, y mantener así su posición competitiva.

Las **principales motivaciones** del sector para su adaptación a las nuevas tecnologías, son:

- El incremento de la eficiencia de los sistemas productivos.
- El incremento de los beneficios de la empresa.
- El incremento de la eficiencia de los sistemas de gestión

Estas tres motivaciones han sido señaladas por al menos el 50% de las empresas encuestadas.

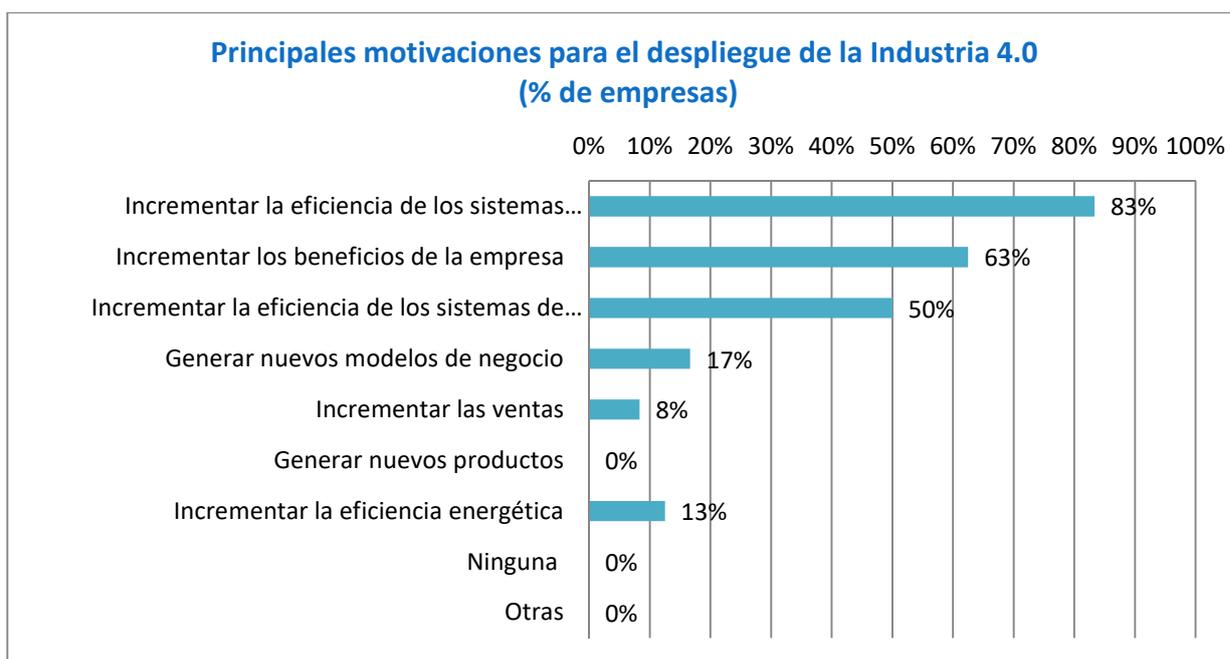


ILUSTRACIÓN 107: PRINCIPALES MOTIVACIONES DEL SECTOR PARA EL DESPLIEGUE DE LA INDUSTRIA 4.0. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

El 52 % de las empresas manifiesta que ya se han comenzado a realizar acciones en la línea de la Industria 4.0. Sólo el 8% no es consciente de la importancia que la Industria 4.0 puede tener en su sector.

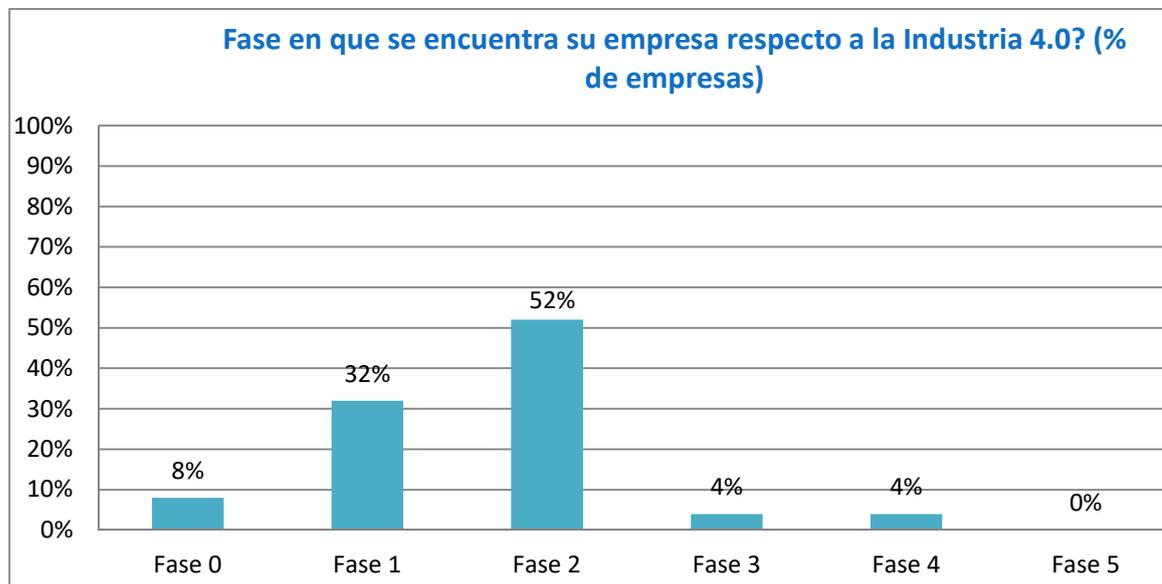


ILUSTRACIÓN 108: FASES DE IMPLANTACIÓN DE LA INDUSTRIA 4.0 EN EL SECTOR DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Fase 0: No hemos realizado ninguna acción

Fase 1: Somos conscientes de la importancia, pero no se ha iniciado ninguna acción

Fase 2: Se han empezado a realizar algunas acciones

Fase 3: Se ha definido un roadmap

Fase 4: Se ha desarrollado un plan de negocio

Fase 5: Se está implantando el roadmap según el plan de negocio

En relación a la **estrategia de implantación**, un 72% de las empresas seguirán una estrategia de racionalización, entendida como: seleccionar tecnologías específicas clave para mantener la posición competitiva y eliminar aquellas otras no defendibles. Solo el 8% se posiciona con una estrategia de líder tecnológico.

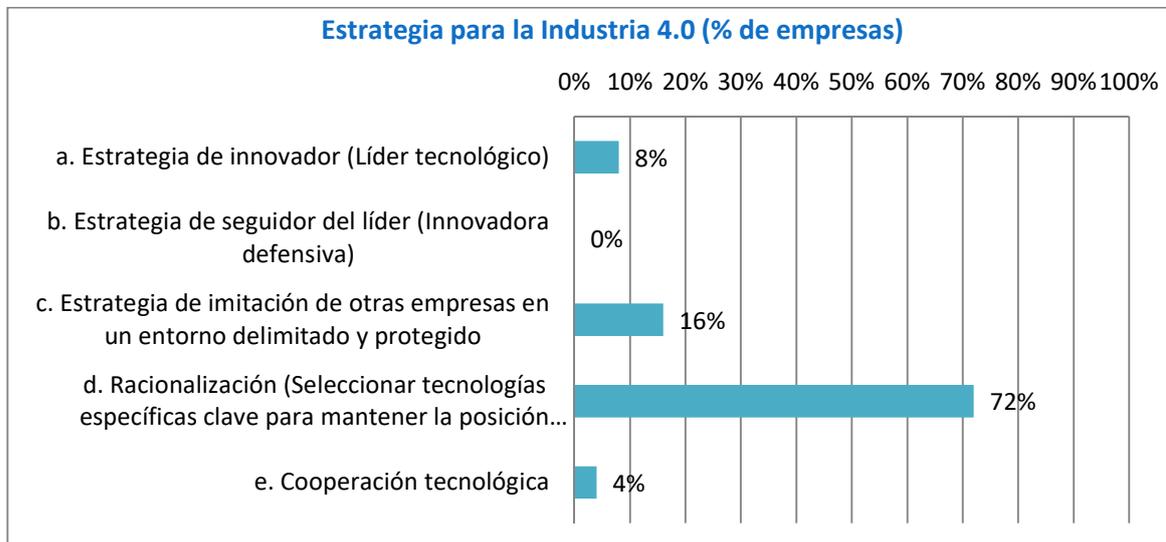


ILUSTRACIÓN 109: ESTRATEGIA DE IMPLANTACIÓN DE LA INDUSTRIA 4.0 EN EL SECTOR DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

La mayor parte de las empresas reconocen que para poder adaptarse a las nuevas tecnologías y eliminar el gap existente, necesitarán apoyo de la Administración. El 80% de las empresas encuestadas consideran que las ayudas a la inversión son las más necesarias para el sector, seguidas de los servicios de diagnóstico y consultoría estratégica. Un porcentaje significativo (28%) también señala que la formación en TIC e Industria 4.0 es un apoyo necesario.

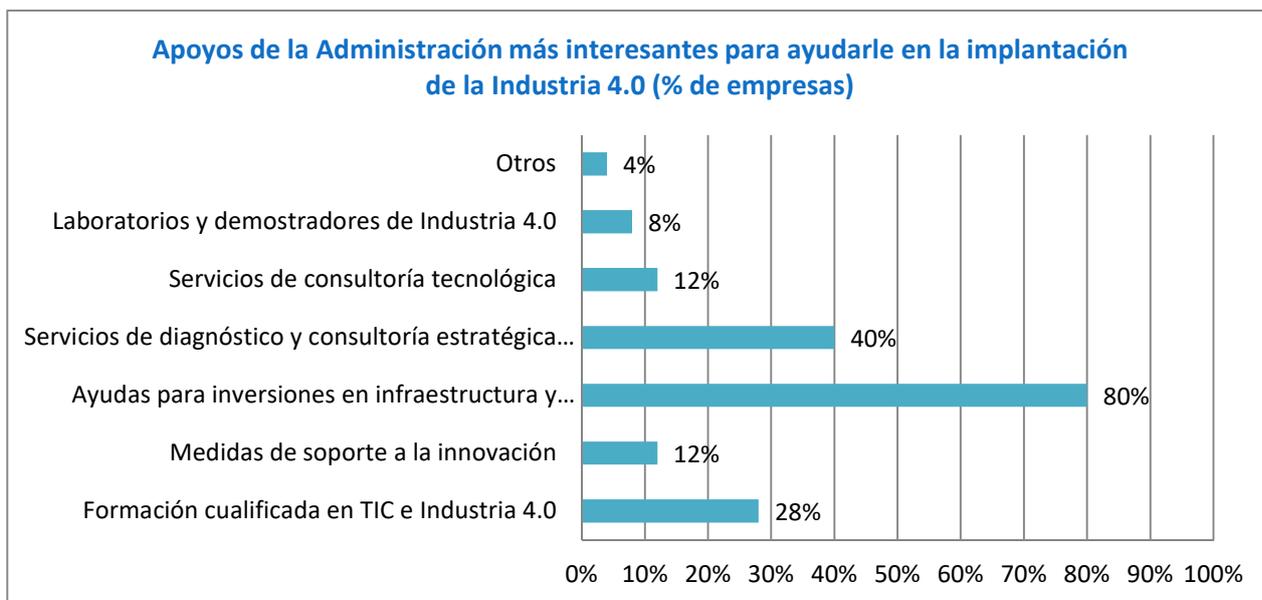


ILUSTRACIÓN 110: APOYO ADECUADO DE LA ADMINISTRACIÓN PÚBLICA PARA LA IMPLANTACIÓN DE LA INDUSTRIA 4.0 EN EL SECTOR. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

En relación con la **búsqueda de financiación**, se ha preguntado a las empresas por el conocimiento de ayudas a la I+D+i que pudieran suponer para las empresas, un apoyo económico de cara a futuros gastos e inversiones. Los resultados arrojaron que más del 50% de las empresas no conocen programas como:

- IN.CI.TE
- Unidades Mixtas de Investigación
- Pilotos Industria 4.0
- Programa CIEN
- Retos Colaboración
- H2020
- Interreg

12. ¿Cuáles de los siguientes programas de ayudas a la I+D+i o de otro tipo conoce?	No la conozco	La conozco y no me interesa	La conozco y me interesa pero no he participado	He participado	TOTAL
IN.CI.TE	63%	0%	21%	17%	100%
Conecta-PEME	29%	8%	33%	29%	100%
Unidades Mixtas de Investigación	71%	4%	25%	0%	100%
Reacciona	46%	0%	33%	21%	100%
Pilotos Industria 4.0	54%	0%	25%	21%	100%
FEDER-Innterconecta	33%	0%	38%	29%	100%
CIEN	63%	4%	33%	0%	100%
Retos-Colaboración	71%	0%	29%	0%	100%
H2020	58%	4%	33%	4%	100%
INTERREG	58%	8%	29%	4%	100%
Otros	33%	0%	38%	29%	100%

ILUSTRACIÓN111:GRADO DE CONOCIMIENTO DEL SECTOR DE LOS PROGRAMAS DE AYUDAS A LA I+D+i. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

De las empresas que han participado en este tipo de programas, el 90% de las empresas han colaborado con centros tecnológicos, un 30% de estas empresas han colaborado también con universidades.

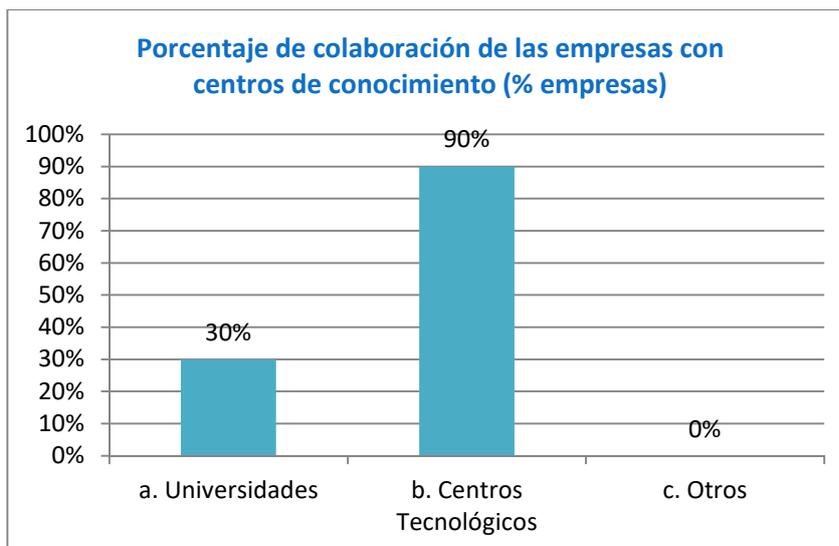


ILUSTRACIÓN 112: GRADO DE COLABORACIÓN DEL SECTOR DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES Y LOS CENTROS DE CONOCIMIENTO. FUENTE ELABORACIÓN PROPIA

El 26% participa en algún clúster o plataforma tecnológica. En estos foros, se abordan temáticas relacionadas con la Industria 4.0, según el 67% de las empresas encuestadas.

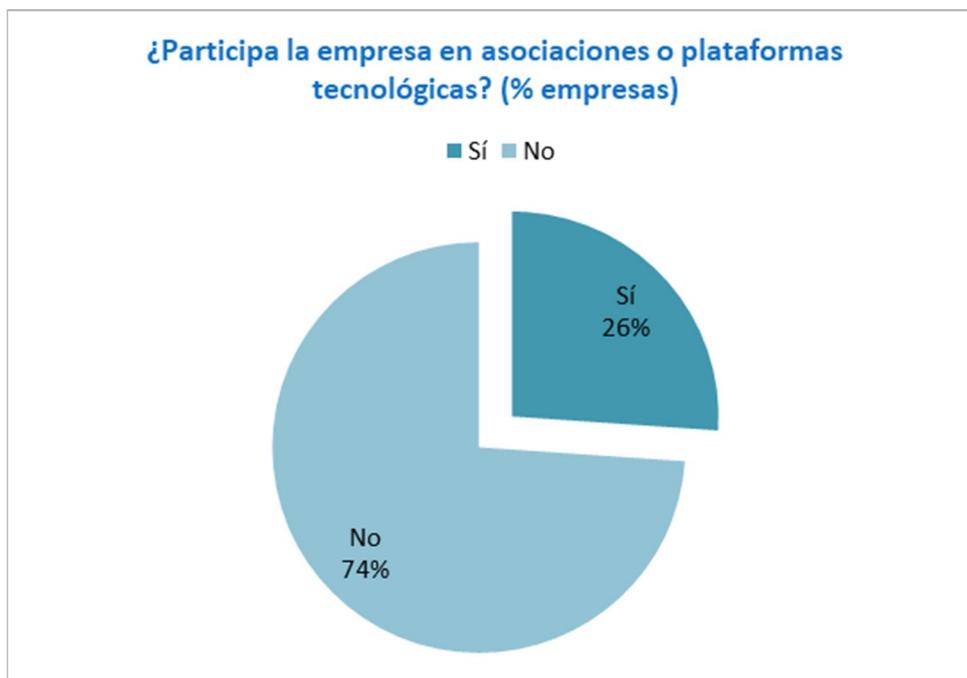


ILUSTRACIÓN 113: PARTICIPACIÓN DE LAS EMPRESAS DEL SECTOR EN ASOCIACIONES O PLATAFORMAS TECNOLÓGICAS FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

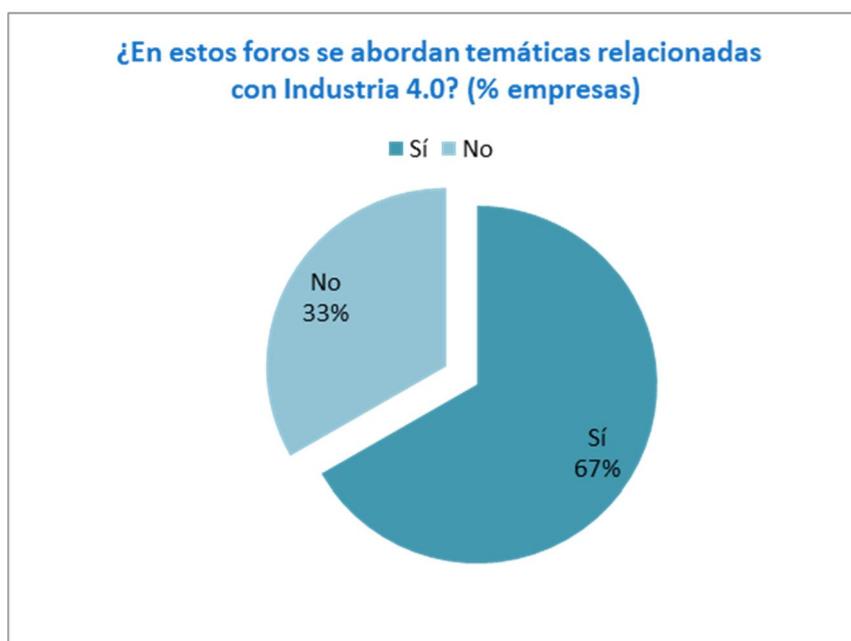


ILUSTRACIÓN 114: TEMÁTICAS RELACIONADAS CON LA INDUSTRIA 4.0 ABORDADAS POR ASOCIACIONES, PLATAFORMAS TECNOLÓGICAS, ETC. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

4.1.1 Matriz DAFO

En relación con las tecnologías 4.0, tras el análisis interno y externo realizado, podemos decir:

DEBILIDADES

- Los proyectos de energías renovables deben proyectarse a gran escala para ser rentables, por lo que se requieren grandes inversiones de capital.
- En comparación con otras energías, el coste de las renovables es mayor. Aunque tecnologías como la solar o la geotérmica ya empiezan a ser competitivas en pequeñas escalas frente a tecnologías convencionales, debido a la notable reducción de costes de los equipos asociados en los últimos años.
- Procedimientos administrativos complejos.

FORTALEZAS

- Existencia de recursos (eólico, marino,..).
- Evolución positiva y alto potencial en instalaciones de producción de energía eólica y fotovoltaica, y en potencia instalada en los últimos años.
- Energías renovables consolidadas (eólica, biomasa...).
- Desarrollo de plataformas tecnológicas y centros de investigación dedicados a la Energía Renovable.
- Capacidad científica, tecnológica y empresarial.

OPORTUNIDADES

- Elevado potencial de producción de fuentes de energía renovables.

- Posibilidad de generación distribuida de renovables en pequeñas instalaciones para explotaciones agrarias o pequeñas comunidades.
- Diversificación de la actividad en las zonas rurales por el aprovechamiento de la biomasa (reducción del riesgo de los incendios).
- Marco favorable para evolución de tecnologías existentes y creación de nuevas tecnologías: ejemplo, evacuación de electricidad en instalaciones off-shore, nuevos materiales...
- Apoyo a nuevas tecnologías en terceros países.
- Inestabilidad y falta de acuerdo temporalmente significativo entre los países productores de petróleo.
- Inestabilidades políticas en áreas productoras, como Oriente Medio y Venezuela.
- Potencial de la energía marítima todavía en primeras fases de desarrollo. Se prevé un importante aumento de la energía eólica marina.
- Generación de empleo verde y en la industria del metal derivado de la construcción de maquinaria del sector de energías renovables.

AMENAZAS

- Restricción de las instalaciones fotovoltaicas, eólicas por razones medioambientales.
- Cambio Climático, influencia en las condiciones climáticas fundamentales, precipitaciones y viento, para el aprovechamiento de las instalaciones energéticas renovables.
- Incentivos insuficientes para rentabilizar la diversificación tecnológica de las energías renovables.

4.2 OPORTUNIDADES TECNOLÓGICAS DE MEJORA DETECTADAS

Las oportunidades tecnológicas detectadas en el sector son diversas debido a la **tipología variable de empresas** mencionada con anterioridad. Cabe destacar que, tal y como se expone gráficamente en el apartado 3.1, las empresas encuestadas prevén que sus futuras implementaciones tecnológicas estén vinculadas en su mayoría a la Automatización y Robótica Avanzada y Colaborativa, Big Data, y Safety and Security. En otras tecnologías como la Logística Avanzada, la Fabricación Aditiva, Human Machine Interaction, IoT, o la Modelización, Simulación y Virtualización de Procesos, la previsión de implantación no es tan cercana.

A continuación, se exponen aquellas oportunidades tecnológicas que han sido identificadas, pese a las grandes diferencias que se han encontrado en los procesos de fabricación vinculadas al sector de las energías renovables:

IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICOS EN LÍNEAS DE PROCESO

La automatización y la robótica son utilizadas actualmente en el sector, ya que como se expone anteriormente, la mayor parte de las empresas encuestadas tiene alguno de sus procesos automatizado, sin embargo, la capacidad de automatización y robotización de los procesos es todavía muy alta.

La automatización y la robótica proporcionan importantes oportunidades para la **disminución los costes de producción** haciendo a las empresas más competitivas, disminuyen también los tiempos de producción, mejoran la calidad del producto, reducen la necesidad de espacio y la cantidad de residuo generado, entre otros beneficios.

ANÁLISIS DE DATOS REGISTRADOS POR SENSORES Y MAQUINARIA

Las oportunidades detectadas vinculadas con Big Data e IoT son muy interesantes, ya que cada vez más las empresas grandes y pequeñas registran una mayor cantidad de datos. Bien sea por la implementación de maquinaria más moderna o por la automatización de procesos, el número de sensores se multiplica y con ello la cantidad de datos almacenados, por ello la utilidad de analizarlos se hace cada vez más evidente. La **aplicación de la estadística** y otras herramientas matemáticas se debe utilizar con el fin de evaluar y mejorar las prácticas. En las empresas de fabricación, los ingenieros pueden utilizar operaciones analíticas avanzadas para hacer una inmersión profunda en los datos históricos de proceso, identificar patrones y relaciones entre las múltiples variables, y luego optimizar los factores que demuestren tener el mayor efecto sobre el rendimiento.

IMPLEMENTACIÓN DE AGV

La implantación de AGV representa una clara oportunidad para el sector de cara a **la mejora de las operaciones de logística**. Los vehículos guiados automáticamente (AGV) son comúnmente máquinas simples y repetitivas que realizan tareas simples realizadas hasta ahora por personas. Los AGV reducen costes, aumentan la seguridad, ya que son programados para que la seguridad sea primordial y son equipados con multitud de sensores que garantizan que así sea, y proporcionan mayor precisión y productividad en los trabajos de almacenaje.

CIBERSEGURIDAD

La ciberseguridad es actualmente un eslabón que necesariamente hay que considerar ante la adopción de medidas vinculadas a la industria 4.0. Las empresas participantes son conscientes de que **el nivel de riesgo cibernético es cada vez mayor** y que la implantación de nuevas tecnologías cada vez más conectadas a la red agrava todavía más la situación. Hasta hace poco, los sensores y los sistemas de control industrial, operaban en entornos confinados sin acceso al mundo exterior y, por lo tanto, tenían una seguridad rudimentaria. Pero cada más estas interconexiones entre elementos físicos son transpuestas a espacios ciberfísicos, interconectados con los sistemas de gestión empresarial y con el exterior. La industria es consciente de los riesgos que esto entraña, y es conocedora de que la ciberseguridad debe tomarse en serio desde el primer momento.

OTRAS

- Revisión del sistema formativo adaptándose a las necesidades industriales. Favorecimiento de la movilidad.
- Selección y formación de proveedores de logística.
- Nuevas tecnologías de Ensayos No Destructivos.
- Mejora de la ergonomía.
- Ayudas para la formación y contratación.

4.3 PROPUESTA DE ACCIONES A CORTO PLAZO

NOMBRE	Implementación de sistemas automatización y robóticos en líneas de proceso.
DESCRIPCIÓN	Automatización y la robotización de líneas de proceso con objeto disminuir los costes de producción haciendo a las empresas más competitivas.
RAZONAMIENTO BREVE	La alta demanda de esta tecnología deja ver el alto impacto que su implantación conllevaría al sector. Las empresas necesitarán realizar inversiones para llevar a cabo esta mejora. La Automatización y Robótica Avanzada y Colaborativa, supondría mejoras en los tiempos de producción, la calidad del producto, y la cantidad de residuo generado entre otros beneficios. Coste Alto/Impacto Alto

NOMBRE	Análisis de datos registrados por sensores y maquinaria.
DESCRIPCIÓN	Aplicación de técnicas de Big Data y Data Analytics permitiría hacer una inmersión en los datos históricos de proceso, identificar patrones y relaciones entre las múltiples variables, y así poder optimizar los factores que demuestren tener el mayor efecto sobre el rendimiento.
RAZONAMIENTO BREVE	La implantación de técnicas de Big Data y Data Analytics supondría beneficios directos para el sector. Coste Medio/Impacto Alto

NOMBRE	Implementación de AGV
DESCRIPCIÓN	Automatización y mejora de las operaciones de logística mediante la utilización de vehículos de guiado automático.
RAZONAMIENTO BREVE	Los AGV reducen costes, aumentan la seguridad ya que son programados para que la seguridad sea primordial y son equipados con multitud de sensores que garantizan que así sea, y proporcionan mayor precisión y productividad en los trabajos de almacenaje. Coste Alto/Impacto Medio

NOMBRE	Ciberseguridad
DESCRIPCIÓN	“Protección de activos de información, a través del tratamiento de amenazas que ponen en riesgo la información que es procesada, almacenada y transportada por los sistemas de información que se encuentran interconectados” (Information Systems Audit and Control Association – Asociación de Auditoría y Control sobre los Sistemas de Información)
COSTE/BENEFICIO	Incrementar la ciberseguridad en las empresas ya que la implantación de nuevas tecnologías cada vez más conectadas a la red agrava el riesgo ciberfísico. Coste Medio/Impacto Medio

5. CONCLUSIONES

El sector de las energías renovables destaca por su implantación de la tecnología emergente **Sistemas Ciberfísicos e IoT**, manifestando un 36% de las empresas haber realizado alguna implantación en esta tecnología. Logística Avanzada, Fabricación Aditiva o Materiales Inteligentes son tecnologías en las que el grado de implantación es todavía nulo.

A pesar de que en la actualidad el sector se encuentra todavía lejano a la mejor práctica de la Industria 4.0, si podemos decir que en IoT, Safe and Security, Automatización y Robótica Avanzada y Colaborativa, o Big Data, Data Analytics y Cloud Computing, las empresas encuestadas en mayor o menor medida han iniciado su adaptación y su previsión a futuro es seguir invirtiendo en dichas tecnologías.

Las empresas reconocen su utilidad para minorar o eliminar alguno/s de los problemas detectados a lo largo del estudio, como por ejemplo:

- **Control de la producción, optimización del proceso y flexibilidad.** En general las empresas presentan software de gestión empresarial que presenta numerosas oportunidades de optimización. Las empresas encuestadas buscan en estos sistemas una ayuda para tener un mayor control y trazabilidad, una mejor integración con el resto de los partícipes de la cadena de valor, automatización de tareas y la mejora del proceso de toma de decisiones.
- En general desde los diferentes subsectores avalan la **necesidad de un incremento de la automatización y robotización** de sus procesos, y en la mayoría de las ocasiones son conscientes de las tecnologías que se necesitan para ser más competitivos, pero la financiación y planificación cortoplacista son dos elementos que desde las factorías se señalan como frenos para esta modernización.
- **Falta de profesionales cualificados.** Las empresas del sector manifiestan que los actuales planes de formación se quedan muy lejos de sus necesidades haciendo que las empresas tengan que invertir recursos propios para la formación de los trabajadores.
- **Personalización del producto y nuevas funcionalidades.** Desarrollo de nuevos productos y procesos que aporten mayor valor añadido.

Entre las **principales barreras** para ese despliegue se encuentran la financiación, el desconocimiento y la falta de estandarización de las tecnologías de la Industria 4.0. Como principales alternativas a éstas, las empresas demandan ayudas para inversiones en infraestructuras y soluciones TIC, servicios de consultoría sobre la estrategia de implantación de Industria 4.0., y formación cualificada.

En resumen, las conclusiones que se extraen del estudio reflejan que el sector de las Energías Renovables es un sector que está empezando a utilizar tecnologías emergentes en mayor o menor medida, reflejando que se encuentran en **fase de implantación 2** “*Se han empezado a realizar algunas acciones*”. Los principales pasos a seguir deberían ir en la dirección de solucionar los problemas de base mencionados aprovechando aquellas nuevas tecnologías que les reportarían mayores beneficios.

Es importante recalcar la **heterogeneidad del sector** objeto de estudio, desde la propia inclusión de las distintas energías renovables, cuyos procesos son radicalmente distintos, hasta la selección de las empresas participantes, basándose en la premisa de disponer la actividad productiva necesaria para la fabricación de componentes para la generación de energía renovable, como palas o torres de aerogeneradores, pellets, silicio, módulos solares térmicos o calderas de biomasa, cuyos procesos de fabricación no son homogéneos. Por este motivo las conclusiones no deben tomarse como generalidades aplicables directamente a la totalidad del sector.

6. ANEXO: CUESTIONARIO Y METODOLOGÍA DE EJECUCIÓN

NÚMERO Y ESTRUCTURA DE LOS CUESTIONARIOS EMPLEADOS:

Como base para la ejecución del trabajo de campo (entrevistas con empresas) **se han definido dos cuestionarios**: uno en general para todos los sectores y otro particular para el sector TIC. De esta manera un cuestionario se ha orientado a los usuarios de tecnologías (todos los sectores salvo el TIC) y el otro se ha configurado desde la perspectiva de entrevistar a los proveedores de soluciones 4.0 (sector TIC). Se han contemplado las 9 tecnologías consideradas 4.0 y como cuestión transversal la gestión de la energía y los residuos.

En el caso de las entrevistas con asociaciones empresariales y clústeres y dado el diferente perfil de estas entrevistas el cuestionario simplemente ha servido como referencia o apoyo a la hora de estructurar la reunión, de carácter más abierto y cualitativo.

En cuanto a su **estructura**, se presenta a continuación, por ser el de más amplio alcance, la del cuestionario general (para todos los sectores salvo TIC). Por cada bloque del mismo, se perfila el tipo de cuestiones que se abordan en él:

- **Bloque I: Análisis general de la empresa:** se recogen los datos básicos de caracterización de cada empresa (localización, persona contacto, actividad, estructura organizativa,...). En la medida de lo posible, cada encuestador ha tratado de preinformar estos datos generales con anterioridad a la propia entrevista.
- **Bloque II: Conocimiento general de la entidad respecto al concepto 4.0:** se recogen cuestiones sobre la cercanía y nivel de familiaridad con el concepto 4.0 y las tecnologías asociadas así como sobre su perspectiva sobre el impacto 4.0 en el mercado. También la participación en plataformas relacionadas y la formación en 4.0
- **Bloque III: Análisis del estado actual de la empresa con respecto a la industria 4.0:** se recogen distintas cuestiones sobre la implantación actual de las tecnologías y cierta perspectiva por cada una de las mismas sobre los intereses y beneficios para la empresa
 - Adicionalmente, en un anexo denominado "III.I Madurez de los procesos de negocio" se ha preguntado por cada VALUE DRIVER / GENERADOR DE VALOR por los problemas, alternativas de mejora, posible empleo de tecnologías emergentes e inversiones previstas 4.0
- **Bloque IV: Estrategia de implantación de tecnologías en industria 4.0:** en este punto se consideran cuestiones para conocer las motivaciones, situación actual, barreras y estrategia prevista al respecto del 4.0
- **Tipo de cuestionario y tipo de entrevista:** cuestionario administrado presencialmente por el experto entrevistador de cada centro tecnológico. Se ha celebrado una reunión o entrevista, previamente concertada con la empresa y en caso necesario se ha recogido algún dato o aclaración a posteriori de la entrevista.
La duración de la entrevista ha superado, en la mayor parte de los casos, a las dos horas de duración. En muchas ocasiones la duración ha sido sensiblemente superior.
- **Número de encuestas previstas y finalmente realizadas:** se muestra en la siguiente tabla:

Sector	Centro	Nº encuestas a realizar	Nº encuestas realizadas	Grado de avance
Aeronáutico	Gradient	25	25	100%
Agroalimentación y Bio	Anfaco-Cecopesca	40	40	100%
Automoción	Ctag	40	40	100%
EE.RR.	ITG	25	25	100%
Madera - Forestal	Energylab	40	40	100%
Metalmecánico	Aimen	40	40	100%
Naval	Aimen	40	40	100%
Piedra Natural	ITG	25	25	100%
Textil	Energylab	40	40	100%
TIC	Gradient	40	46	115%
TOTAL ACUMULADO		355	361	102%

REPRESENTATIVIDAD DE LAS ENCUESTAS REALIZADAS

Se ha tratado de que la muestra por sector fuese lo más representativa de la población objetivo del sector. Los criterios concretos y condicionantes por sector a la hora de definir la población objetivo han sido explicados previamente en cada diagnóstico sectorial.

Al hablar de representatividad se ha tratado de obtener a nivel tamaño (pymes y grandes empresas, con especial foco en las pymes), a nivel territorial y en la medida de lo posible, teniendo en cuenta el sistema de valor existente.

No obstante es importante advertir que en casos puntuales de sectores, hay que tener en cuenta la elevada **heterogeneidad de las empresas** incluidas en términos de actividad.

PROCESO CONCERTACIÓN DE ENTREVISTAS

En general este proceso, una vez listadas y asignadas las empresas a un sector (o a varios en algunos casos) se ha desarrollado con los siguientes pasos:

Envío email o llamada invitación a participar >> proceso de confirmación de la cita >> entrevista (obtención de la información) >> (si necesario) contacto posterior para aclarar dudas o datos adicionales