



# 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

<b>1. CARACTERÍSTICAS DEL SECTOR MADERA/FORESTAL EN GALICIA</b>	<b>4</b>
1.1 INTRODUCCIÓN	4
1.1.1 Tamaño del sector	4
1.1.2 Tipologías de empresas	5
1.2 PRODUCTOS DE LA CADENA FORESTAL/MADERA. MERCADO	6
1.3 CADENA DE VALOR Y PROCESOS CLAVE	13
<b>2. ANÁLISIS EXTERNO</b>	<b>16</b>
2.1 SITUACIÓN INTERNACIONAL	16
2.2 RESUMEN DE LAS PRINCIPALES MACRO-TENDENCIAS DEL SECTOR	18
2.3 MEJORES PRÁCTICAS	23
2.3.1 Automatización y robótica avanzada y colaborativa	23
2.3.2 Human Machine Interaction	24
2.3.3 Sistemas Ciberfísicos e IoT	25
2.3.4 Fabricación aditiva	27
2.3.5 Materiales inteligentes (nanotecnología)	29
2.3.6 Logística avanzada	30
2.3.7 Simulación, modelización y virtualización de procesos	32
2.3.8 Big Data, Cloud Computing y Data Analytics	33
2.3.9 Safety & Security	34
2.3.10 Gestión de la energía y los residuos	34
<b>3. DIAGNÓSTICO SECTORIAL</b>	<b>37</b>
3.1 FAMILIARIDAD CON EL CONCEPTO DE INDUSTRIA 4.0	41
3.2 NIVEL TECNOLÓGICO ACTUAL	48
3.2.1 Resumen de la situación actual por tecnologías emergentes	50
3.2.2 Situación de los indicadores asociados a los Elementos Generadores de Valor	70
3.2.3 Problemas detectados	75
3.2.4 Restricciones o condicionantes identificados	81
3.3 GAP TECNOLÓGICO	82
3.3.1 Posicionamiento agregado del sector con respecto a las mejores prácticas	85
<b>4. OPORTUNIDADES DE MEJORA</b>	<b>90</b>
4.1 ESTRATEGIA DE IMPLANTACIÓN DE TECNOLOGÍAS 4.0	90
4.1.1 Matriz DAFO	93

<b>4.2</b>	<b>OPORTUNIDADES TECNOLÓGICAS DE MEJORA DETECTADAS .....</b>	<b>95</b>
4.2.1	Calidad.....	95
4.2.2	Producción.....	96
4.2.3	Personas .....	98
4.2.4	Productos y servicios .....	99
<b>4.3</b>	<b>PROPUESTA DE ACCIONES A CORTO PLAZO .....</b>	<b>100</b>
<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>102</b>
<b>6.</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>103</b>
<b>7.</b>	<b>ANEXO: CUESTIONARIO Y METODOLOGÍA EJECUCIÓN.....</b>	<b>105</b>

## 1. CARACTERÍSTICAS DEL SECTOR MADERA/FORESTAL EN GALICIA

### 1.1 INTRODUCCIÓN

El sector de la madera/forestal (Cluster TIC, 2016) incluye las **actividades industriales** que se ocupan del **procesamiento de la madera, desde su plantación hasta su transformación en objetos de uso práctico**, pasando por la extracción, corte, almacenamiento o tratamiento bioquímico y moldeo.

Con el fin de hacer un análisis de los ejes vertebradores de la cadena forestal en Galicia, se han analizado las estadísticas económicas elaboradas por el Instituto Gallego de Estadística (Contas económicas anuais e o Marco Input-Output de Galicia 2008), que utilizan la Clasificación Nacional de Actividades Económicas, CNAE 2009, para presentar la información por rama de actividad (Picos Martín, 2015).

Los diferentes ejes en los que se asienta el sector madera/forestal en Galicia son los que se citan a continuación:

- EJE 1. R02. **Silvicultura y explotación forestal**, que comprende la producción de madera, leña, extracción y recolección de los productos forestales silvestres no madereros y los servicios de apoyo a la silvicultura. Este eslabón constituye la base sobre la que se asienta la cadena forestal-madera.
- EJE 2. Actividades de **primera transformación** de la madera recogidas en las ramas de actividad:
  - a. R16. **Industria de la madera y la corteza**, esta rama comprende la madera aserrada, la fabricación de tableros y chapas, la fabricación de vigas, puertas, ventanas, estructuras de madera para la construcción de envases y embalajes de madera, etc.
  - b. R17. **Industria del papel**, que abarca la fabricación de pasta papelera, papel y productos de papel transformado.
- EJE 3. Actividades de **segunda transformación**, recogidas junto con la primera transformación también en las ramas de actividad.
  - a. R16. **Industria de la madera y la corteza.**
  - b. R17. **Industria del papel.**

Así como también:

  - c. R31. **Fabricación de muebles.** Esta rama, a mayores de recoger la fabricación de muebles, incluye la fabricación de productos afines sin ser directamente mobiliario en un porcentaje aproximado del 11%.

La cadena continuaría a través de las actividades de comercialización de los productos fabricados por estas ramas.

#### 1.1.1 Tamaño del sector

A nivel gallego, según los datos del ARDÁN, el sector madera/forestal está constituido por 730 empresas. La mayoría de las empresas del sector se encuentran en las provincias de A Coruña (41%) y Pontevedra (31%) (Ilustración 1).

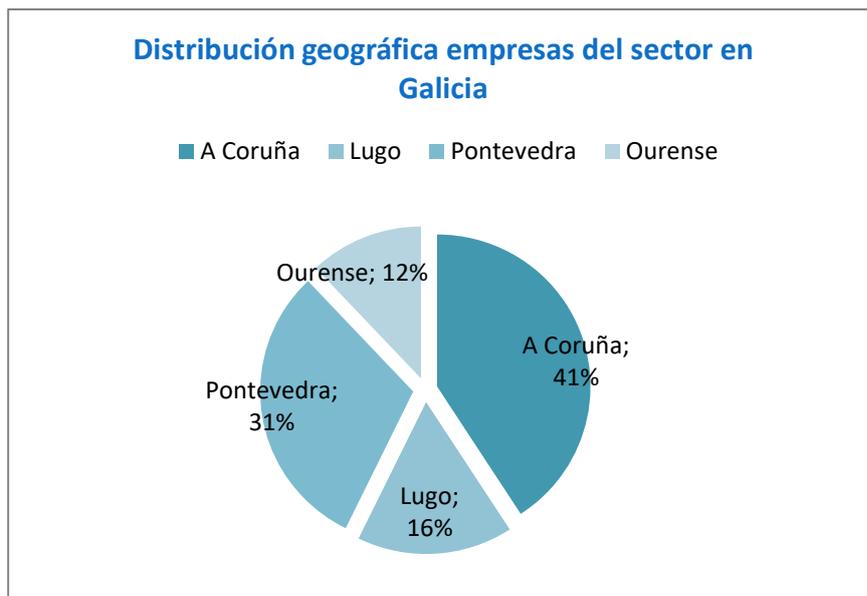


ILUSTRACIÓN 1: DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE LAS EMPRESAS DEL SECTOR. FUENTE: ARDÁN

En la mayoría de los casos, las empresas realizan actividades de primera o segunda transformación (Ilustración 2).

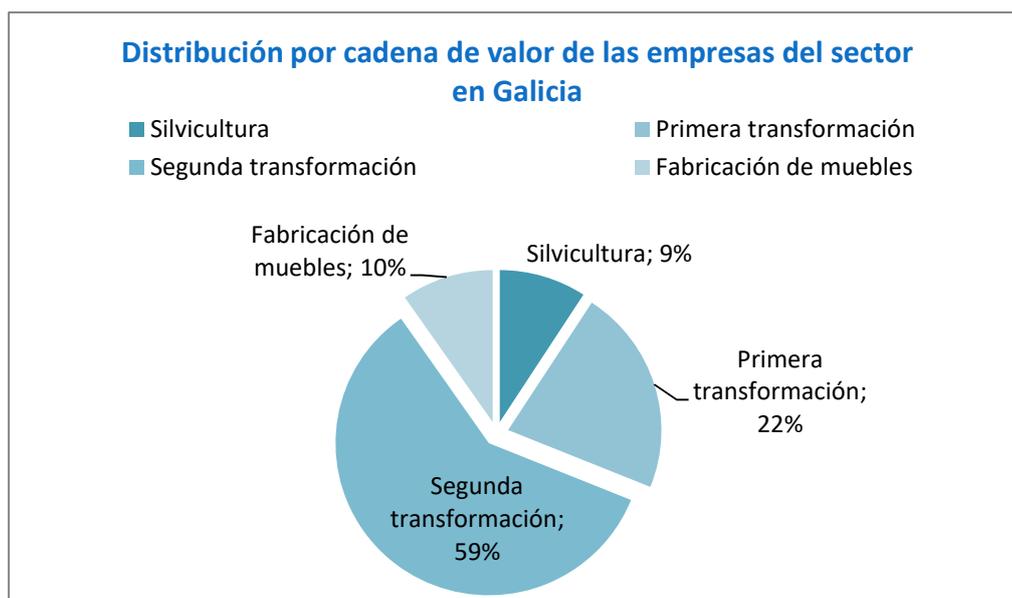


ILUSTRACIÓN 2: DISTRIBUCIÓN POR CADENA DE VALOR DE LAS EMPRESAS DEL SECTOR MADERA/FORESTAL. FUENTE: ARDÁN

### 1.1.2 Tipologías de empresas

Las empresas del sector madera/forestal son **empresas pequeñas** donde el número de empleados suele ser inferior a 50 en un 96% de los casos (Ilustración 3). Con respecto al volumen de facturación, un 83,4% de las empresas presenta unos ingresos anuales inferiores a 2.000.000 € (Ilustración 4).

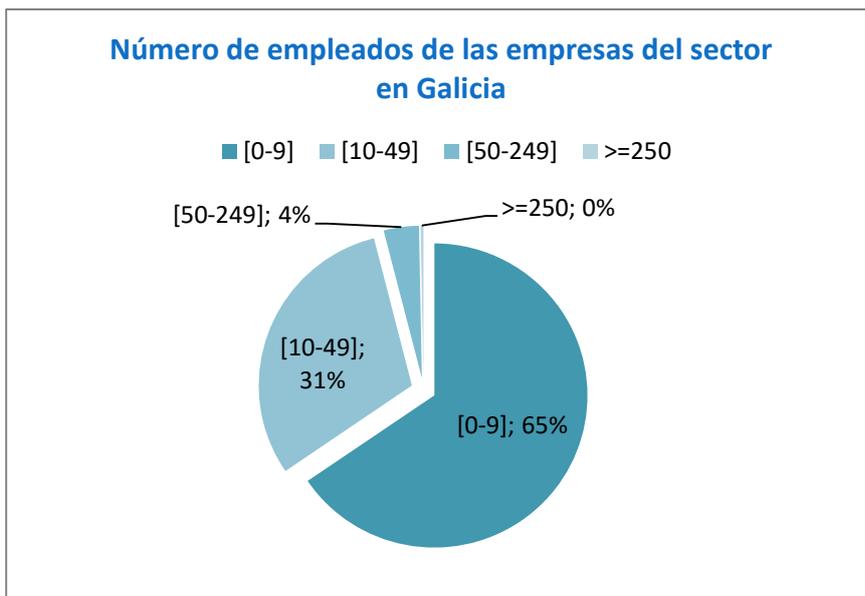


ILUSTRACIÓN 3: NÚMERO DE EMPLEADOS DE LAS EMPRESAS DEL SECTOR MADERA/FORESTAL. FUENTE: ARDÁN

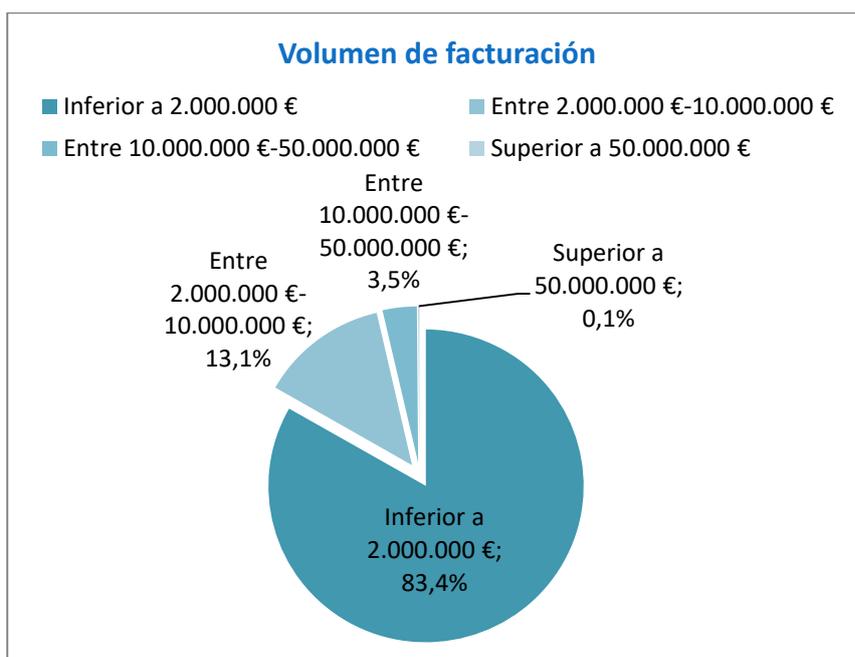


ILUSTRACIÓN 4: DISTRIBUCIÓN DE LAS EMPRESAS DEL SECTOR MADERA/FORESTAL EN GALICIA POR VOLUMEN DE FACTURACIÓN. FUENTE: ARDÁN

## 1.2 PRODUCTOS DE LA CADENA FORESTAL/MADERA. MERCADO

Los productos que se obtienen de la cadena forestal madera, anteriormente descrita, son los siguientes (Instituto Galego de Estadística, 2013):

- **Productos y servicios forestales:** incluyen plantas forestales, madera, leña y servicios de apoyo a la silvicultura (prevención de incendios forestales, lucha contra las plagas forestales, etc.).

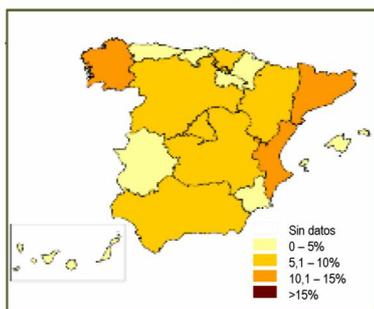
- **Madera aserrada y cepillada:** dentro de este grupo se incluyen la madera aserrada, traviesas, madera, serrín y servicios de secado, impregnación o tratamiento químico de la madera.
- **Otros productos de madera:** en este grupo figuran productos como láminas y paneles de madera, suelos de madera o estructuras de madera y piezas de carpintería y ebanistería, vigas, puertas, ventanas, persianas, marcos, escaleras, pasamanos, tabiques de madera.
- **Pasta de papel, papel y cartón.**
- **Artículos de papel y cartón:** en este apartado figuran productos como sacos, bolsas de papel y cartón, cajas de papel y cartón, artículos de papel y cartón para uso doméstico, sanitario e higiénico.
- **Muebles:** dentro de este grupo se encuentran todo tipo de muebles: cocina, oficina, somieres, etc.

El sector forestal y de la madera en Europa (Confemadera Galicia-Universidade de Vigo, 2015) camina hacia la bioeconomía, como consecuencia de la madurez del mercado de productos forestales actuales y a la necesidad creciente de utilizar productos renovables. La **bioeconomía** en Europa se valora en 2 billones de euros de facturación anual y en 22 millones de empleos (9% del empleo en Europa), representando, el sector forestal madera, más del **20% de este sector**.

Según el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente en su estudio “Diagnóstico del Sector Forestal Español”, **España** se sitúa en **segundo lugar** de la Unión Europea en superficie forestal, con **27,7 millones de hectáreas**, sólo precedida de Suecia.

La industria de la madera y el mueble española cuenta con **23.374 empresas**, concentrándose la producción fundamentalmente en Galicia, Cataluña y C. Valenciana. En 2015, **164.000 profesionales** trabajaron en esta industria y la cifra de negocio se situó en **9.646 millones de euros**, representando en la actualidad el 1,72% del total del sector industrial nacional.

Producción del sector (% sobre total)



Evolución de las principales magnitudes básicas del sector

	2013	2014	2015
Empresas madera y mueble (nº)	25.973	24.397	23.374
Cifra de negocio (en M. de €)	9.645	10.024	9.646
Empleos directos (nº)	131.200	130.500	164.000

ILUSTRACIÓN 5: EVOLUCIÓN DE LAS PRINCIPALES MAGNITUDES BÁSICAS DEL SECTOR. FUENTE: DIRCE 2015, EPA, INE Y UNEMADERA

De acuerdo a los datos del Cuarto Inventario Forestal Nacional (IFN4) (Instituto Galego de Estatística, 2013), del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio ambiente (2009), Galicia tiene una extensión próxima a los 3 millones de hectáreas, de las que cerca del 70% tiene un uso forestal (en el ámbito nacional la superficie forestal sólo representa el 50% del total de la superficie).

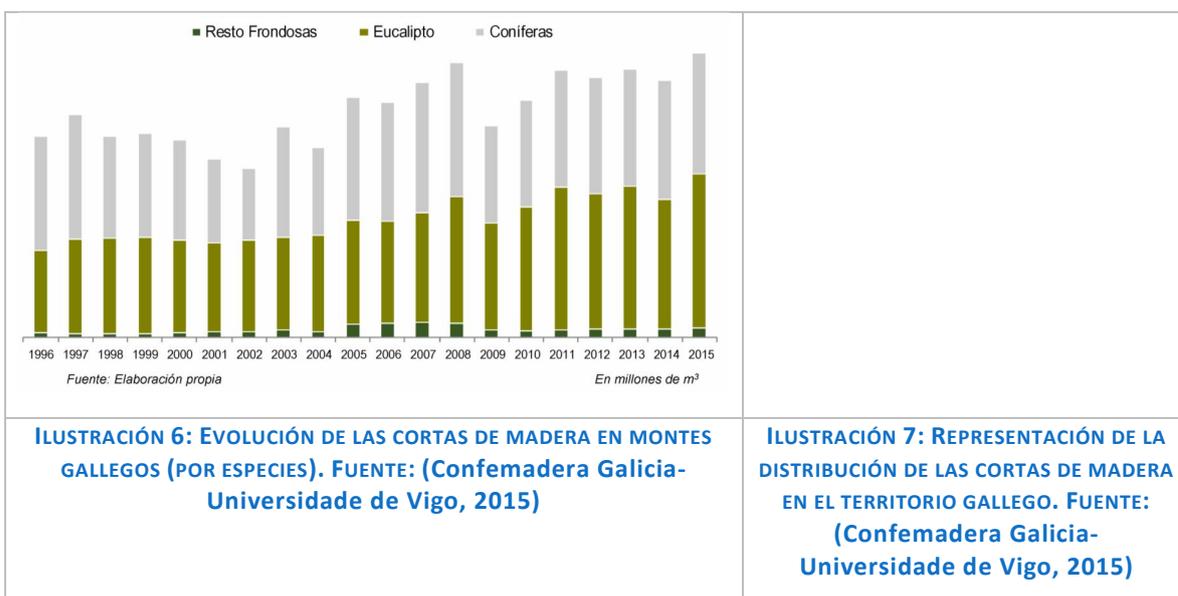
En relación a la titularidad de dicha superficie forestal, Galicia presenta una particular distribución de la propiedad forestal que incide de manera clara en su gestión. De esta forma, el 31 % de la superficie

forestal gallega corresponde a montes vecinales en mano común, mientras que tan sólo el 1 % son de titularidad pública

De esta forma, Galicia es la novena potencia forestal europea, liderando el sector a nivel nacional. Así, el 50% de la madera que se corta en España procede de los montes gallegos, por lo que la industria de la madera gallega representa el 3,5% del PIB de la comunidad.

En términos de explotación forestal, el **volumen de cortas** con destino industrial realizadas en el monte gallego asciende a 8.25 millones de metros cúbicos. Por especies (Confemadera Galicia-Universidade de Vigo, 2015), el eucalipto se consolida por encima del 50% de las cortas de madera, seguido por coníferas.

En este sentido, la **evolución de las cortas** de madera en los montes gallegos por especies y la distribución geográfica de las mismas, se muestran a continuación:

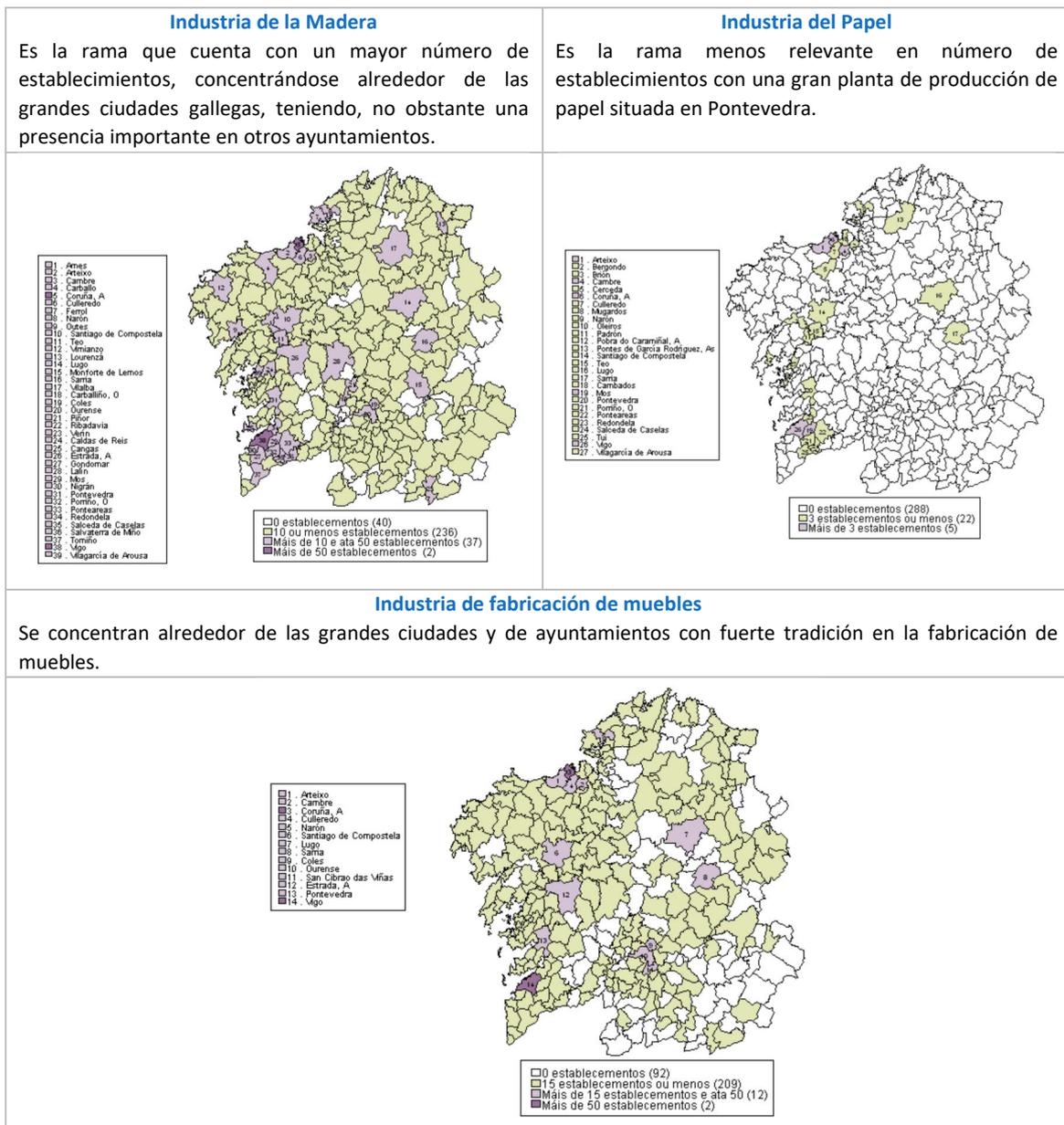


**ILUSTRACIÓN 6: EVOLUCIÓN DE LAS CORTAS DE MADERA EN MONTES GALLEGOS (POR ESPECIES). FUENTE: (Confemadera Galicia-Universidade de Vigo, 2015)**

**ILUSTRACIÓN 7: REPRESENTACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DE LAS CORTAS DE MADERA EN EL TERRITORIO GALLEGO. FUENTE: (Confemadera Galicia-Universidade de Vigo, 2015)**

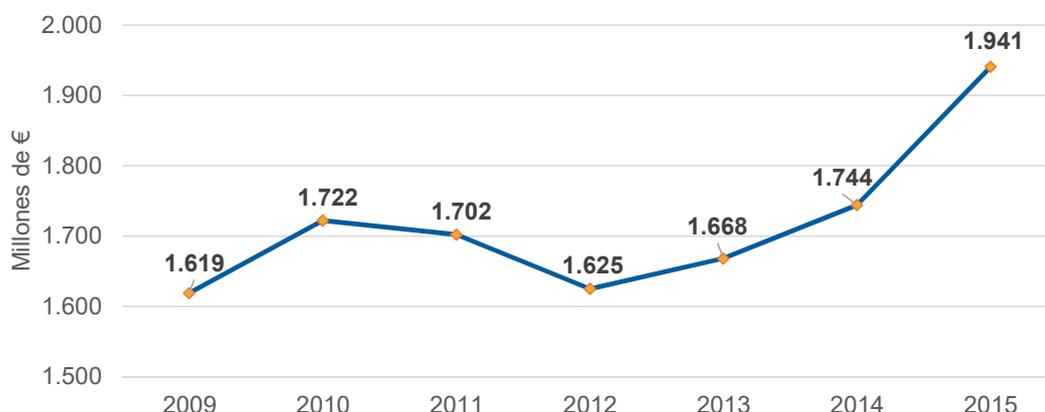
Galicia cuenta con una industria pionera en el desarrollo de productos a nivel nacional e internacional y este liderazgo se extiende al mobiliario y carpintería donde cuenta con empresas que son un referente en diseño e innovación.

Geográficamente, los establecimientos de los diferentes sectores industriales gallegos se reparten como se muestra a continuación:



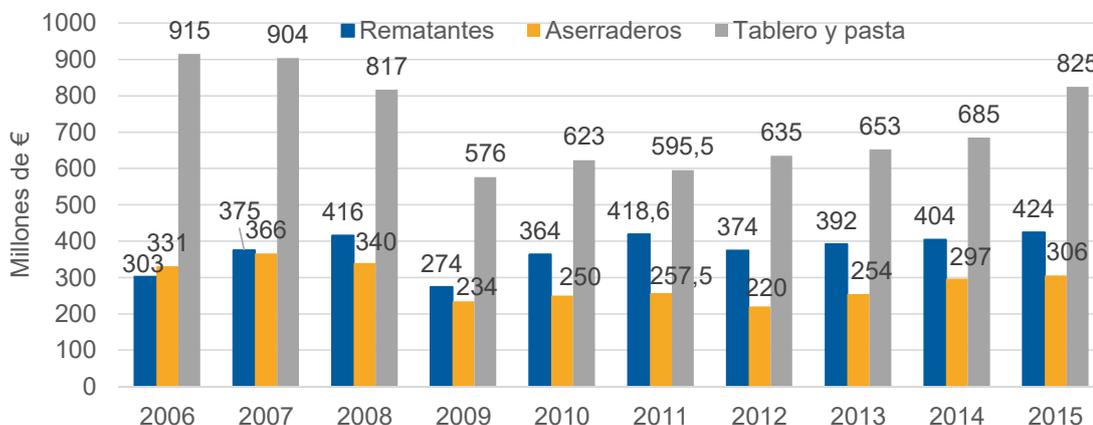
El sector gallego de la madera-mueble (Confemadera Galicia-Universidade de Vigo, 2015) cuenta, por tanto, con unas **3.000 empresas**, que facturan en torno a **1.941 millones de euros** y proporcionan **empleo** a unas **70.000 personas** (20.000 directos y 50.000 indirectos), lo cual constituye el 6,6% de la población activa de Galicia. Galicia es, además, líder en **exportaciones** de madera-mueble a nivel nacional con **768,1 millones de euros**.

La evolución de la facturación conjunta del sector, en los últimos años en la comunidad gallega es la que aparece reflejada en el siguiente gráfico:



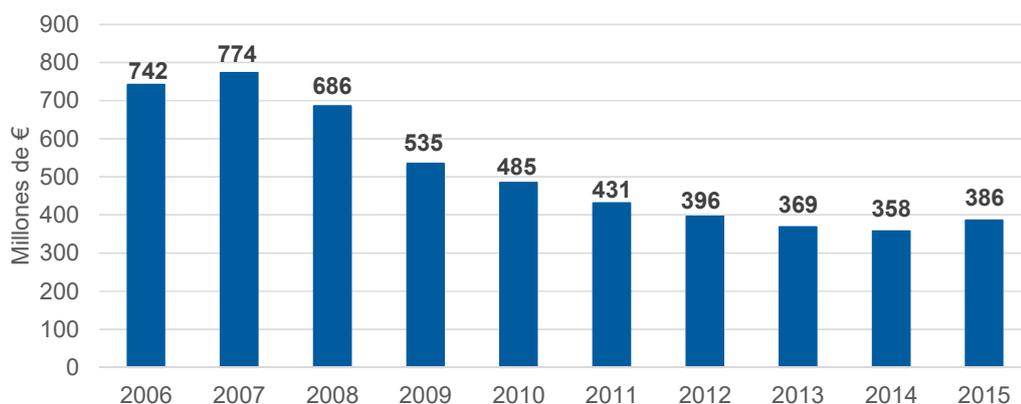
**ILUSTRACIÓN 8: EVOLUCIÓN DE LA FACTURACIÓN DEL SECTOR MADERA-MUEBLE EN LOS ÚLTIMOS AÑOS. FUENTE: (Confemadera Galicia-Universidade de Vigo, 2015)**

En relación a la **primera transformación** (Confemadera Galicia-Universidade de Vigo, 2015) se tiene que las actividades de aprovechamiento forestal, aserrado, pasta y tablero mejoraron su volumen de negocio en 2015 con respecto a 2014, facturando 1.555 M€. Así, los rematantes facturaron un 5%, el aserrado aumentó su producción en un 3% y se produjo un incremento del 20% en la facturación conjunta de los sectores del tablero y pasta de papel. Estas cifras no incluyen las ventas de otros productos (energías, colas, etc.) no directamente pertenecientes a la cadena principal de transformación de la madera, pero que incrementarían el impacto del sector económico.



**ILUSTRACIÓN 9: EVOLUCIÓN DE LA FACTURACIÓN DE LAS EMPRESAS GALLEGAS DE LA PRIMERA TRANSFORMACIÓN. FUENTE: (Confemadera Galicia-Universidade de Vigo, 2015).**

Por otro lado, en lo relativo a las empresas de la **segunda transformación** de la madera, se tiene que su facturación aumentó un 7,8 en el año 2015 respecto al anterior.



**ILUSTRACIÓN 10: EVOLUCIÓN DE LA FACTURACIÓN DE LA INDUSTRIA DE SEGUNDA TRANSFORMACIÓN DE LA MADERA EN GALICIA. FUENTE: (Confemadera Galicia-Universidade de Vigo, 2015)**

Es necesario tener en cuenta que la **industria de primera transformación gallega** genera el **40% de la producción española de tableros y madera serrada**, y el **20% de pasta de papel**. No obstante, las tradicionalmente denominadas **segundas transformaciones (carpintería y mobiliario) no superan el 8% de la cuota española**.

La evolución de los ratios de VAB, puestos de trabajo y peso en la economía gallega, en el caso concreto de la **silvicultura y explotación forestal** son los que se muestran a continuación:

**TABLA 1. RATIOS DE SILVICULTURA Y EXPLOTACIÓN FORESTAL EN GALICIA. FUENTE: (Picos Martín, 2015).**

	2000	2008	2010	2012
<b>Valor añadido bruto (miles de euros)</b>	249.515	318.804	287.685	278.901
<b>Puestos de trabajo</b>	5.570	7.829	7.009	6.429
<b>Peso en la Economía (% VAB)</b>	0.8	0.6	0.6	0.6

En relación a las exportaciones nacionales, en 2015, el sector de la madera y el mueble exportó (Confemadera Galicia-Universidade de Vigo, 2015) por valor de 3.210 millones de euros, un 10% más que en 2014. Casi el 50% de las exportaciones nacionales se encuentran destinadas a Francia, Portugal y Reino Unido.

Las comunidades autónomas de Cataluña, Comunidad Valenciana y **Galicia** son las más exportadoras. **Galicia, con 578,9 millones de euros se sitúa en tercera posición dentro del ranking nacional** (este dato no incluye las exportaciones de pasta de papel que ascienden a 189,2 millones de euros). La pasta de papel es el principal producto de madera que exporta la comunidad gallega, seguida de mobiliario y tablero de fibras.

**TABLA 2. PRODUCTOS EXPORTADOS EN GALICIA. FUENTE: (CONFEMADERA GALICIA-UNIVERSIDADE DE VIGO, 2015)**

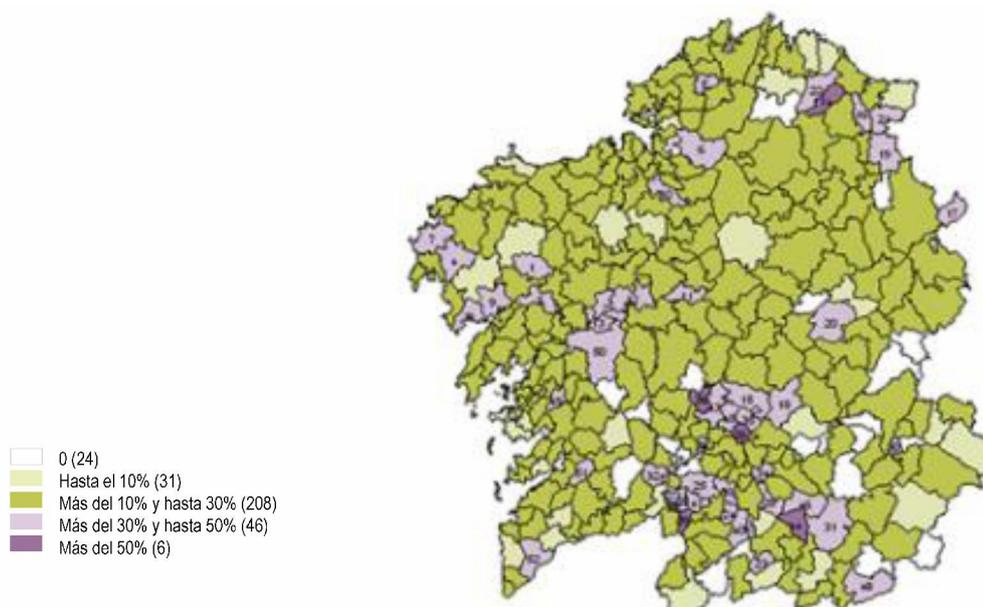
Principales productos de madera y mueble exportados en Galicia		
Producto	2014	2015
<b>Pasta para papel</b>	181,6	189,2
<b>Muebles</b>	138	173
<b>Tableros de fibra</b>	141,1	155,5
<b>Madera en bruto</b>	122,4	71,3
<b>Tablero de partícula</b>	59,5	67,1

**TABLA 3. EXPORTACIONES DE PRODUCTOS DE MADERA Y MUEBLES EN GALICIA. FUENTE: (CONFEMADERA GALICIA-UNIVERSIDADE DE VIGO, 2015)**

<i>Exportación productos de madera y mueble en Galicia</i>		
Principales países	2014	2015
Portugal	212,7	157,3
Francia	58,6	59,1
Reino Unido	35,8	44,3
Países Bajos	26	39,5
Marruecos	24	25,4
Italia	15,2	20
México	14,5	25
Alemania	14,1	13,2
Irlanda	11,8	13,5
EEUU	9,2	15,4

En la comunidad gallega, resulta de especial relevancia esta industria en las economías locales de la comunidad gallega (Instituto Galego de Estatística, 2013), puesto que el sector representa el 30% de las industrias asentadas en 52 ayuntamientos de entornos industriales y representa, además, más del 50% del empleo industrial en ayuntamiento del interior como: Alfoz, Coles, Piñor, Pontedevea, Quintela de Leirado y Sarreaus.

En este sentido, el peso del sector forestal y transformador de la madera en la economía gallega (Confemadera Galicia-Universidade de Vigo, 2015) se incrementa hasta el 9,9% del valor añadido industrial y el 12,4% del empleo industrial.



**ILUSTRACIÓN 11: PORCENTAJE DE ESTABLECIMIENTOS DE INDUSTRIA FORESTAL SOBRE EL TOTAL DE INDUSTRIAS ASENTADAS. FUENTE: INSTITUTO GALEGO DE ESTADÍSTICA.**

La importancia cualitativa del sector se incrementa la considerar las numerosas cadenas laterales y los proveedores de bienes de equipos, suministros complementarios, servicios de investigación e infraestructuras asociadas. Así, un incremento en la cadena principal no sólo provoca incrementos de empleo en esa rama principal, sino también en el resto de ramas.

En relación a los **sistemas de certificación forestal**, que tratan de garantizar una gestión ambientalmente sostenible, socialmente responsable y económicamente viable, se tiene que en Galicia operan, desde hace más de una década, dos sistemas de certificación forestal reconocidos internacionalmente, PEFC y FSC. Ambos certificados han incrementado su presencia a través del papel activo de asociaciones y empresas de servicios.

### 1.3 CADENA DE VALOR Y PROCESOS CLAVE

La madera aprovechada en los montes gallegos se basa en una compleja cadena de valor que comienza en las actividades de silvicultura y apoyo a la silvicultura. Estas actividades proporcionarán materia prima (madera en rollo) para los procesos industriales y subproductos para la producción energética y otros usos (sustratos para jardinería, granjas, etc.).

A partir de la madera en rollo se llevarán a cabo las actividades de primera y segunda transformación, con objeto de obtener los productos relacionados con embalaje, carpintería, muebles y papel, fundamentalmente.

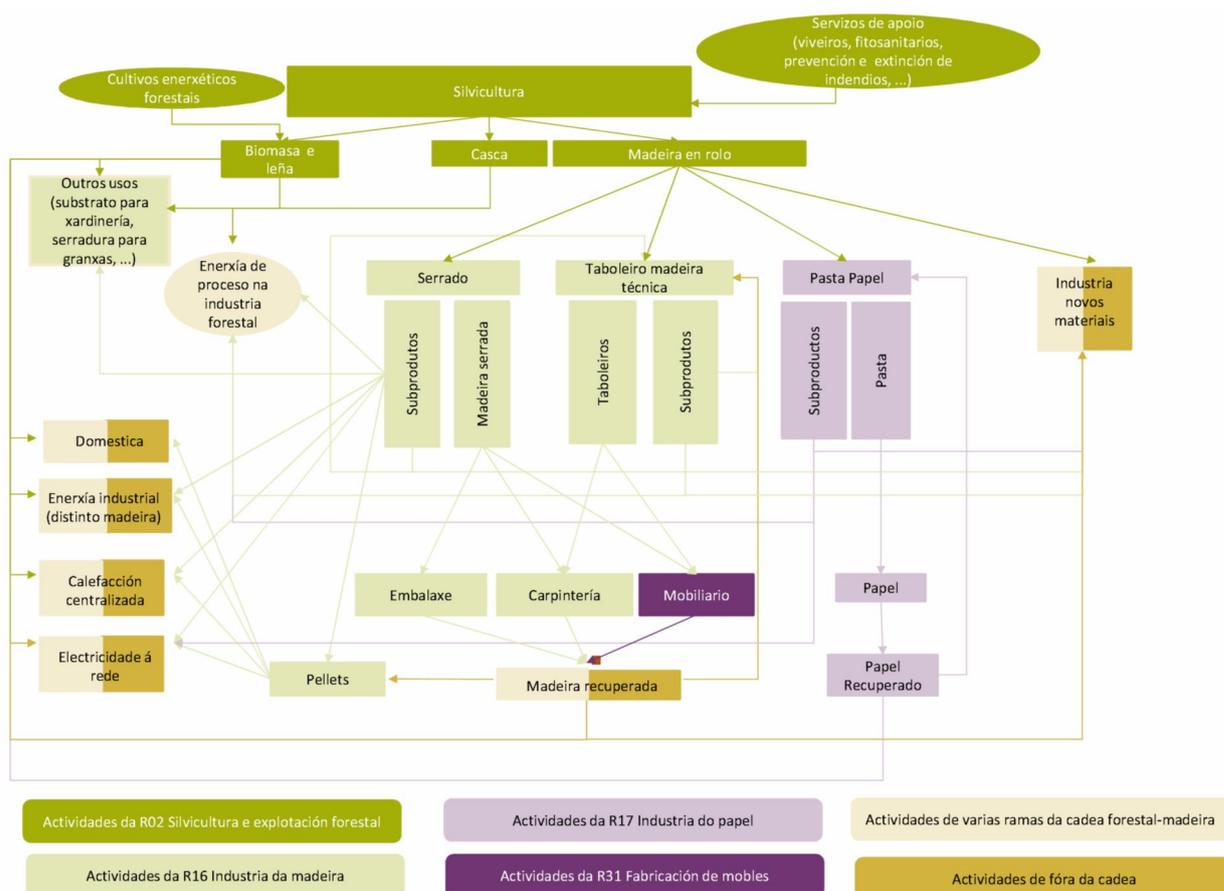


ILUSTRACIÓN 12: CADENA DE VALOR. FUENTE: (Instituto Galego de Estadística, 2013)

En términos cuantitativos se muestra la contigua cadena de valor a nivel gallego, en la que se especifican los m<sup>3</sup> de cortas gallegas y los destinos específicos de las mismas, así como los porcentajes de madera aserrada, tableros y chapa y pasta de papel que se tratan en la industria de la segunda transformación en Galicia para la producción de envases y embalajes, productos de carpintería/ebanistería, mobiliario y objetos de madera y papel y cartón.



\*No incluye aprovechamiento doméstico de leñas estimado según distintas fuentes en te 0,5 y 1 millón de m<sup>3</sup>/año ni otras pequeñas cantidades con destinos fuera de la cadena de la madera. \*\* Consumos en instalaciones industriales de Galicia una vez considerados los intercambios de madera con otros territorios y balance de madera en stock.

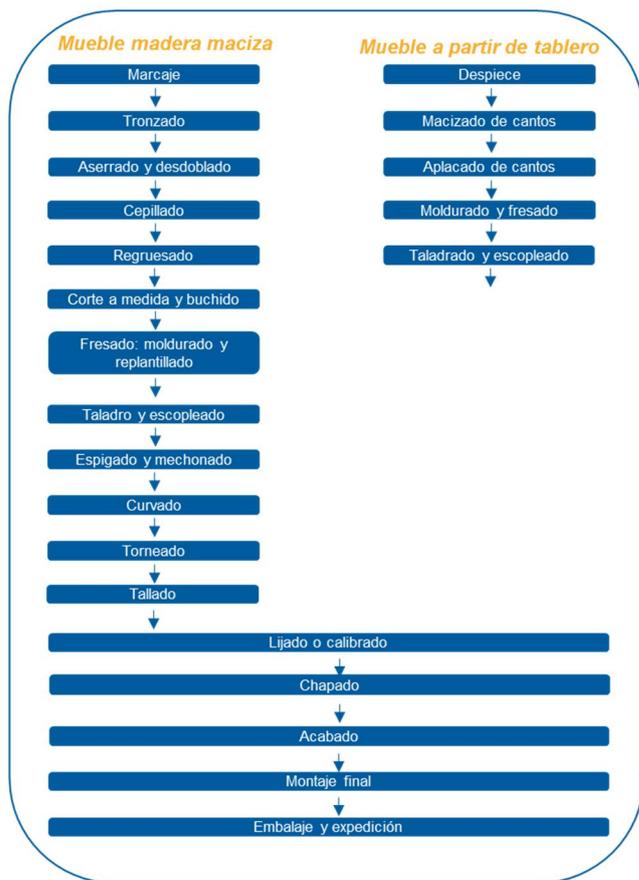
**ILUSTRACIÓN 13: CADENA DE VALOR DE LA MADERA EN 2015. FUENTE: (Confemadera Galicia-Universidade de Vigo, 2015)**

En relación a los **procesos** del sector forestal/madera en Galicia son tan diversos como los productos que se derivan de la misma, por lo que resulta imposible establecer un mapa de procesos que englobe todas las actividades de dicho sector.

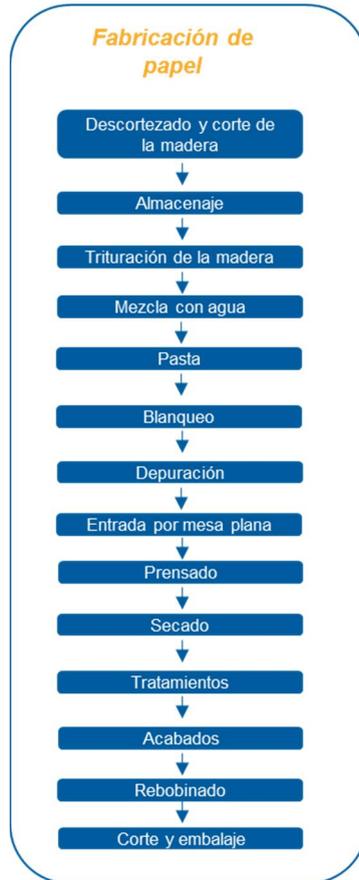
No obstante, a continuación, se muestran los esquemas simplificados de algunos de los procesos de cada uno de los ejes:



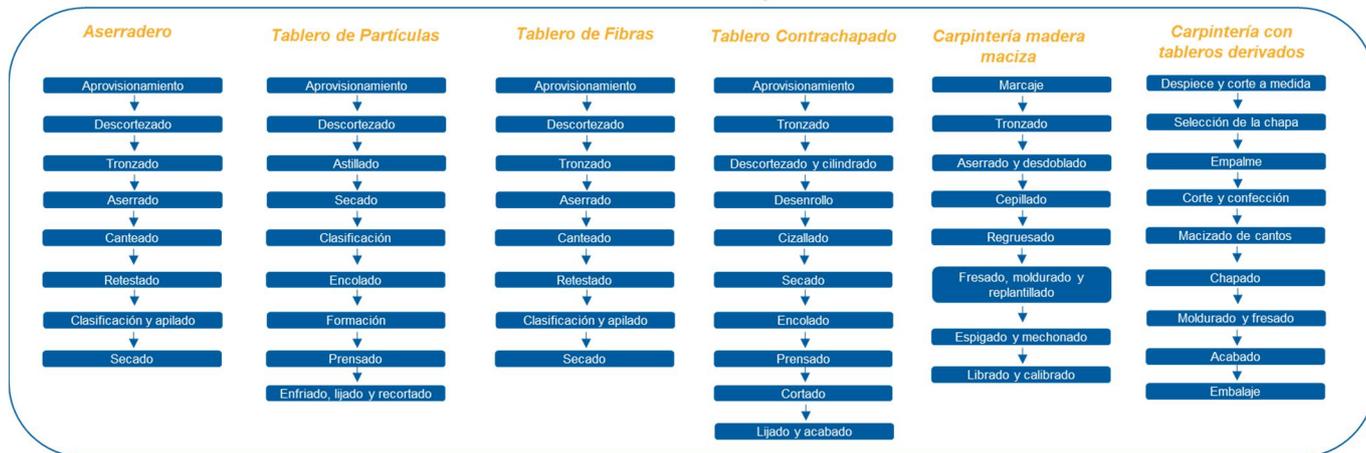
**R31 Mueble**



**R17 Industria del papel**



**R16 Industria de la madera y la corteza**



Las **principales tecnologías** que aplica el sector, según indica el Plan de Sistemas Sectoriales del Sector de la Madera de Clúster TIC Galicia, se concretan en **equipos** como carretillas elevadoras, pórticos y potentes grúas, monorraíles, blondinas y cables, tornos y cabestrantes o cadenas de transporte para el transporte de la misma en planta, para el tronzado se utilizan diferentes tipos de sierras y elementos de corte, así como regruesadoras, cilindros, cizallas hidráulicas, prensas, lijadoras, fresadoras, tupís, replantilladoras, moldureras, taladros o escoplos, torno. Por último, se pueden utilizar también embaladoras previo a la entrega. Las **tecnologías actuales** son bastante **heterogéneas** según la empresa.

Según este mismo estudio, los **déficits** más significativos del sector en el ámbito tecnológico se centran en los **sistemas de diseño**, la **automatización** de los procesos productivos, los **sistemas de gestión y control modernos** y en el **uso competitivo de las TIC en general**.

Por su parte, **principales tendencias tecnológicas** en la **primera transformación** de la madera se encuentran relacionadas con la máxima optimización de la materia prima unida a un alto grado de productividad y elevada flexibilidad, así como con la utilización de procesos industriales para valorizar maderas/especies con bajas cualidades físico-mecánicas. En cuanto a la **segunda transformación** de la madera, las principales **tendencias** apuntan hacia la **customización**, el *nesting*, la generación de células de trabajo de lote unitario, las máquinas de alta tecnología para los centros de mecanizado, taladros espejo, servicio postventa dinámico, robotización caótica, seccionadoras más flexibles y compactas, canteados de alto espesor, sistemas de amarre flexibles, servomotores y motores lineales en los grupos de mecanizado y almacenes de herramienta, encolado de cantos en CNC, nuevos sistemas de seguridad en la herramienta, embalado flexible cartón/fleje plástico, lijado más preciso con menos consumo, acabados *hot coating*, de alto brillo, en polvo, *customización* del acabado, impresión digital, nanotecnología para la protección de la madera y secado por microondas.

El concepto de “**Industria 4,0**” es conocido y que se está utilizando fundamentalmente para **dotar de alta flexibilidad y productividad** al sector (lotes de tamaño 1 con producción de millones de variantes en plazos mínimos).

Desde el sector se considera que existe ya un **cierto grado de implantación de elementos de la “fabricación inteligente”**, si bien se encuentra todavía alejada de una aplicación elevada.

## 2. ANÁLISIS EXTERNO

### 2.1 SITUACIÓN INTERNACIONAL

La superficie forestal sigue disminuyendo en el mundo. La mayor pérdida de bosques se produce en Sudamérica y África, mientras que en los países desarrollados, en Oriente Próximo y en Asia la superficie forestal permanece estable o en aumento. La Unión Europea representa aproximadamente el 5% de la superficie forestal mundial y, los 5 principales países (Rusia, Brasil, Canadá, Estados Unidos y China), acaparan más de la mitad de la superficie (CESCE, 2016).

Según la base de datos de la FAO (FAO, 2017), los mayores productores **según el tipo de madera** para el año 2015 son:

- **Madera en rollo industrial:** Estados Unidos de América (19 %); China (11 %); Federación de Rusia (9 %); Canadá (8 %); Brasil (7 %); Suecia (4 %).
- **Pellets de madera:** Reino Unido (25 %); Estados Unidos de América (11 %); Dinamarca (8 %); Italia (8 %); Suecia (6 %); Alemania (6 %); República de Corea (5 %); Bélgica (4 %); Francia (4 %).
- **Madera aserrada:** China (23 %); Estados Unidos de América (21 %); Alemania (4 %); Canadá (4 %); Japón (4 %); Brasil (3 %).
- **Tableros de madera:** China (48 %); Estados Unidos de América (11 %); Alemania (3 %); Federación de Rusia (3 %).

- **Pulpa para papel:** Estados Unidos de América (26 %); China (19 %); Japón (6 %); Suecia (5 %); Canadá (4 %); Finlandia (4 %); Brasil (3 %); Federación de Rusia (3 %); Alemania (3 %); India (3 %).
- **Papel recuperado:** China (37 %); Estados Unidos de América (13 %); Japón (8 %); Alemania (7 %); República de Corea (4 %); India (3 %).
- **Papel y cartón:** China (27 %); Estados Unidos de América (18 %); Japón (7 %); Alemania (5 %); India (4 %); Italia (3 %).

Por otro lado, los principales productores de **productos forestales** (2015) a nivel mundial son (FAO, 2017):

- **Combustible de madera:** India (16 %); China (9 %); Brasil (6 %); Etiopía (6 %); República Democrática del Congo (4 %).
- **Madera en rollo industrial:** Estados Unidos de América (20 %); Federación de Rusia (10 %); China (9 %); Canadá (8 %); Brasil (7 %); Suecia (4 %).
- **Pellets de madera:** Estados Unidos de América (26 %); Alemania (7 %); Canadá (7 %); Suecia (6 %); Latvia (6 %); Francia (4 %); Estonia (4 %); Vietnam (4 %); Portugal (4 %); Austria (4 %).
- **Madera aserrada:** Estados Unidos de América (17 %); China (16 %); Canadá (10 %); Federación de Rusia (8 %); Alemania (5 %); Suecia (4 %).
- **Tableros de madera:** China (50 %); Estados Unidos de América (8 %); Federación de Rusia (3 %); Canadá (3 %); Alemania (3 %); Brasil (3 %).
- **Pulpa para papel:** Estados Unidos de América (27 %); Brasil (10 %); Canadá (9 %); China (9 %); Suecia (6 %); Finlandia (6 %); Japón (5 %); Federación de Rusia (4 %); Indonesia (4 %); Chile (3 %).
- **Papel recuperado:** China (24 %); Estados Unidos de América (21 %); Japón (10 %); Alemania (7 %); República de Corea (4 %); Reino Unido (4 %).
- **Papel y cartón:** China (27 %); Estados Unidos de América (18 %); Japón (6 %); Alemania (6 %); India (4 %); República de Corea (3 %); Canadá (3 %); Brasil (3 %); Finlandia (3 %); Indonesia (3 %); Suecia (3 %).

La **Tabla 4** recoge las tendencias en cada uno de los grupos de productos. Algunos de los aspectos a destacar extraídos de los resultados de las estadísticas son:

- A nivel mundial, la producción de todos los principales productos (madera en rollo industrial, madera aserrada, tableros de madera, pasta y papel) se ha recuperado gradualmente durante el período 2011–2015 (FAO, 2016).
- El valor del comercio mundial de productos forestales asciende a 255 mil millones de dólares, lo que supuso un crecimiento del 3% con respecto al año 2013.
- El mayor crecimiento se observa en las zonas de Asia - Pacífico, América Latina y América del Norte. China destaca como productor y consumidor. Este país sigue aumentando sus porcentajes de producción y consumo y ya ha sobrepasado a países como Canadá en la producción de madera aserrada y a USA en consumo. También es el principal productor y consumidor de tableros de madera y papel.
- La demanda cada vez mayor de bioenergía, impulsada por los objetivos y políticas de energías renovables en Europa, ha llevado a un auge en la producción de pellets de madera, que se ha multiplicado por diez en la última década.

- En 2015, la producción mundial de pellets ascendió a 28 millones de toneladas. Esto representa un aumento del 8 por ciento respecto al nivel del año anterior -26 millones de toneladas-, y un incremento del 42 por ciento en relación a los 20 millones de toneladas producidos en 2012.

**TABLA 4. PRODUCCIÓN Y COMERCIO MUNDIALES DE PRODUCTOS FORESTALES EN 2015. FUENTE: (FAO, 2017)**

Producto		Producción				Exportaciones			
		2015	Cambio (%) con respecto a:			2015	Cambio (%) con respecto a:		
			2014	2000	1980		2014	2000	1980
Producto	Unidad								
Madera en rollo	millón m <sup>3</sup>	3 714	1%	7%	19%	132	-7%	12%	40%
Combustible de madera	millón m <sup>3</sup>	1 866	0%	5%	11%	9	0%	158%	
Madera en rollo industrial	millón m <sup>3</sup>	1 848	2%	9%	27%	133	5%	17%	43%
Pellets de madera	millón	26	16%			15	16%		
Madera aserrada	millón m <sup>3</sup>	439	4%	14%	4%	133	6%	17%	90%
Tableros de madera	millón m <sup>3</sup>	388	5%	108%	283%	83	4%	46%	407%
Chapas y madera terciada	millón m <sup>3</sup>	161	9%	142%	267%	33	7%	49%	306%
Tableros de partículas y de fibra	millón m <sup>3</sup>	227	3%	89%	294%	50	3%	43%	506%
Pulpa de madera	millón	173	1%	1%	38%	59	1%	53%	177%
Pulpa de otras fibras	millón	13	-5%	-13%	82%	0	6%	27%	98%
Papel recuperado	millón	221	3%	54%	337%	55	-1%	123%	903%
Papel y cartón	millón	400	1%	23%	136%	112	1%	14%	220%
Valor de productos forestales	mil millones					255	3%	76%	350%

## 2.2 RESUMEN DE LAS PRINCIPALES MACRO-TENDENCIAS DEL SECTOR

La madera y las fibras vegetales han encontrado su papel relevante en todos los periodos de la historia. De esta forma, estudios internacionales concuerdan en que, de aquí a 2050, los productos basados en madera y fibra procedente de masas forestales van a tener una importancia decisiva. Muchos gobiernos y organismos internacionales coinciden en que la industria forestal posee un gran potencial para promover una “economía verde” a través del uso de la madera, la bioenergía y nuevos biomateriales (Confemadera Galicia-Universidade de Vigo, 2015).

Por su parte, el **incremento del comercio mundial** de productos forestales (Informe sectorial de la economía española, 2016) dio lugar a una de las extracciones de madera más altas de los últimos años, siendo Estados Unidos y China los mayores consumidores y productores mundiales de productos forestales. Sin embargo, Europa sigue siendo un importador neto de madera. Los países que incrementaron de forma significativa la extracción de madera en rollo industrial fueron Estados Unidos, Rusia y China.

El valor total de las **importaciones** de productos de madera de la Unión Europea (Informe sectorial de la economía española, 2016) fue de 17,20 billones de dólares en 2015, un 12% más que en 2014. En 2015, el valor de importación de la UE estaba en el nivel más alto desde 2007, justo antes de la crisis financiera

global. Este incremento en el valor de las importaciones se dio en todo tipo de productos de madera, incluso en el mueble, que tras la reducción del ejercicio 2013, experimentó crecimientos del 10% en 2014 y del 13% en 2015, para llegar a los 5,78 billones de dólares.

En 2015, el valor de las **exportaciones** de productos de madera de la UE llegó a su nivel más alto (Informe sectorial de la economía española, 2016), cerrando el ejercicio con un superávit de 3.000 millones de euros. Este crecimiento en las exportaciones de la UE se concentró en madera aserrada, ebanistería (especialmente suelos y productos de madera laminada) y muebles de madera. Aunque alrededor del 30% de las exportaciones de productos de madera de la Unión Europea tienen como destino principal Suiza y Noruega, se ha producido un aumento significativo en las ventas a África, Oriente Medio y China, al mismo tiempo que han crecido otros mercados tradicionales de América del Norte y la CEI (Comunidad de Estados Independientes).

Por otro lado, es necesario tener en cuenta que este sector está haciendo frente a una creciente demanda de madera para **nuevos usos**, como es el de la energía, que está llevando a que la madera se convierta en un bien escaso.

En este sentido, a nivel mundial, la **demanda de pellet** en 2015 se situó en 27,6 millones de toneladas, con un crecimiento de alrededor de tres millones de toneladas respecto al ejercicio 2014. El mercado global de pellet está dominado por Europa y Norteamérica, que abarcan casi el 100% de la producción mundial (62% y 32%, respectivamente) y del consumo (81% y 15%), dejando porcentajes exiguos para la región Asia-Pacífico (3%,) y la región de Latinoamérica-Caribe (1%). Las perspectivas de evolución de este mercado son muy positivas.

En relación a la industria del mueble, ante la situación de debilidad por la que atravesaba el mercado europeo, el sector del mueble ha llevado a cabo una estrategia orientada hacia el exterior, que le ha llevado a un aumento constante en las exportaciones durante los últimos cinco años. Las exportaciones de muebles de madera de la UE se elevaron a 8.730 millones de euros en 2015, solo el 3,5% de 2014, pero un 51% más que en 2009. Las importaciones, por el contrario, han experimentado un desarrollo menos consistente.

Analizando la **evolución tecnológica** experimentada en el sector (Boronat Ramón, Navarro campos, & Iborra Casanova), se observa una relación directa entre los diferentes escenarios y determinados niveles tecnológicos, permitiendo establecer la siguiente clasificación:

- **Artesanal (procesos de fabricación con herramientas manuales o máquinas poco sofisticadas).** Este nivel tecnológico es característico de mercados con pequeños volúmenes que no permiten la introducción de tecnología con mayor productividad.
- **Mecanizado en línea.** La introducción de este tipo de tecnología se produce en mercados de productos poco diferenciados y de elevados volúmenes, ya que se asigna con poca flexibilidad, pero mucha productividad para piezas iguales. Este tipo de tecnología se asigna con las líneas de taladrado, perfiladoras, chapadoras de cantos, combinadas, moldureras, etc.
- **Procedimientos automáticos.** Cuando el mercado obliga a ofrecer más variantes, implica una reducción del volumen por tipo de pieza y, por tanto, que las líneas de mecanizado no sean operativas. Esta situación, unida al desarrollo de la electrónica, permitió aportar a las máquinas de línea dispositivos electrónicos que permitían flexibilizar la producción y responder a las necesidades del mercado.

- **CNC (Control numérico).** Con un mercado condicionado por las necesidades crecientes de los clientes y una elevada competencia, se produce la necesidad de emplear tecnología que permita realizar productos de complicada manufactura a costes reducidos, incrementando la flexibilidad, productividad y calidad de los productos realizados. Esto provoca la aparición del CNC en el sector como tecnología que diera solución a esta situación.
- **Robotizado.** Posiblemente, éste sea el siguiente peldaño tecnológico para el sector, ya que, aunque este nivel tecnológico no se puede observar con total nitidez, sí que aparecen ejemplos del mismo en aplicaciones industriales (almacenes inteligentes, sistemas de carga y descarga, posicionado y transporte totalmente automatizados, líneas específicas sin manejo de piezas por operarios, operarios sólo para el control no para el proceso, etc.).

Se tiene, por tanto, que la situación actual en la que se desenvuelven las empresas del sector madera-mueble en el entorno europeo podría situarse en el peldaño de la tecnología CNC. Sin embargo, la etapa de CNC está entrando en una fase de madurez y se está iniciando el desarrollo de un nuevo concepto en la evolución tecnológica, que se ha bautizado como la robotización.

En la última década, se pueden establecer ciertos parámetros (Boronat Ramón, Navarro campos, & Iborra Casanova) que permiten explicar el desarrollo tecnológico del sector:

- **Disponibilidad de tecnologías maduras,** puesto que el sector madera-mueble es un sector que asimila los desarrollos tecnológicos de otros subsectores para realizar innovaciones en sus propias máquinas. De esta forma, el desarrollo de la tecnología CNC y la electrónica ha permitido disponer de equipamientos con un menor costo, más prestaciones y totalmente comprobados. En este contexto, se pueden encontrar las máquinas High Tech, materiales y mecanismos de movimiento de las máquinas (guías, husillos, etc.), que han permitido el desarrollo de máquinas fiables a costes contenidos y sin necesidad de recurrir a estructuras sobredimensionadas para asegurar la fiabilidad.
- **Calidad.** La necesidad de alcanzar niveles superiores de calidad superiores supuso la necesidad de introducir tecnología con mayor precisión. Las máquinas CNC mejoran la precisión frente a las tecnologías tradicionales, y asimismo la introducción de sistemas de visión artificial, sistemas de medición en continuo, nuevas herramientas de corte, etc., que permiten la consecución de niveles de calidad compatibles con la consecución de elevadas productividades.
- **Diferenciación.** La búsqueda de la diferenciación por parte de los fabricantes ha resultado de especial importancia para la introducción de mejoras tecnológicas importantes. Tecnologías para procesos como el sellado de cantos, barnizado de cantos, chapado de cantos en curvo con CNC, lijado de cantos CNC, mecanizado en perfiladoras de tableros con curvas en sus cantos, curvado de madera maciza mediante recalado, canteado con canto multilaminar, programación de máquinas de cinco ejes, etc. son claros ejemplos de procesos que antes eran difícilmente alcanzables y hoy en día son perfectamente factibles para productos de gran consumo gracias a la introducción de mejoras tecnológicas. Del mismo modo, la diversificación en materiales que ha experimentado el sector ha provocado la introducción de nuevas tecnologías (piezas de poliuretano con malla impresa por procedimiento en húmedo, mayor recurso a la unión de ingleses en marcos, etc.).
- **Flexibilidad.** La necesidad de reducir stock, realizar continuos lanzamientos de productos, adaptar el producto a las necesidades del cliente, así como la cada vez más extensa oferta de productos se traduce en la necesidad de introducir tecnologías que permitan una flexibilización de la fabricación.

- **Tecnificación de las funciones de soporte.** La tecnificación de las funciones de soporte mediante la introducción de la informática ha sido uno de los puntos que han experimentado un mayor desarrollo. Desde las funciones de concepción de productos con la aplicación del CAD, presentación realista, prototipado rápido, etc., pasando por la generación de información técnica para producción; programas CAD-CAM-CAE, sistemas de programación sencillos, conexión de las máquinas con las OT, hasta la gestión informatizada de las funciones administrativas, comerciales y productivas de forma integrada (gestión productiva). La introducción de programas de GPAO y su desarrollo específico para el sector del mueble son actualmente herramientas fundamentales, que resultan tanto o más importantes que la tecnología de fabricación.
- **Productividad.** En los últimos años se han introducido importantes mejoras en la productividad de las máquinas, sobre todo al aumentar la velocidad de trabajo gracias a la disponibilidad de estructuras, elementos, herramienta y mecanismos de control, y no sólo en los segmentos de alta producción, sino también en las máquinas tradicionales.
- **Medio ambiente.** La disminución del impacto medioambiental es una restricción más a los procesos de fabricación y los productos utilizados, que en el sector madera-mueble ha provocado sobre todo un importante desarrollo en los sistemas de acabado y de recuperación de residuos.

Todo lo anterior, muestra que, a pesar de que la industria de la madera y del mueble no ocupa los primeros puestos en el *ranking* de sectores innovadores, en los últimos años se ha comenzado a realizar esfuerzos para situarse en esa senda de la innovación.

A nivel gallego, el grado de especialización del sistema productivo de las empresas del sector del mobiliario es relativamente reducido.

De esta forma, en Galicia (González Gómez) todavía predomina la fabricación a medida sobre la producción en serie, salvo en empresas industriales de tamaño medio y alto, donde ésta forma de trabajar ha permitido una mayor estandarización de la producción y reducción de costes. Son, por tanto, pocas las empresas que han incorporado en su proceso de producción máquinas de control numérico y líneas de fabricación y acabado de producto muy automatizadas.

Uno de los esfuerzos en la búsqueda de mejoras tecnológicas ha de pasar por la búsqueda de nuevos materiales, así como un mejor aprovechamiento de los existentes.

En términos de **políticas e iniciativas forestales en la Unión Europea** (Parlamento Europeo, 2017), puesto que en los Tratados no se hace una mención específica de los bosques, la Unión Europea no dispone de una política forestal común. Por consiguiente, la política forestal continúa siendo una competencia de ámbito nacional. A pesar de ello, un gran número de acciones europeas repercute en los bosques, tanto de la Unión Europea como de terceros países:

En septiembre de 2013, la Comisión Europea adoptó una nueva **estrategia de la Unión en favor de los bosques (COM(2013) 659)**, en la que proponía un Marco Europeo de Referencia para la elaboración de políticas sectoriales que afectan a los bosques. Esta estrategia tiene como principios rectores la gestión sostenible de los bosques y el fomento de su papel multifuncional, la utilización eficaz de los recursos y la responsabilidad de la Unión respecto a los bosques a escala mundial. La estrategia viene acompañada por un plan director (SWD(2013) 343) en el que se describen las medidas encaminadas a responder a los desafíos de la industria forestal europea.

Por otro lado, se tiene que la **Política Agrícola Común (PAC)**, se constituye como la principal fuente de financiación europea para los bosques. Para el periodo 2015-2020, una única medida específica incluye todos los tipos de ayudas a favor de las inversiones en los bosques. Esta medida cubre las inversiones en el desarrollo de las zonas forestales y la mejora de la viabilidad de los bosques: forestación y creación de zonas forestadas, implantación de sistemas agroforestales, prevención y reparación de daños causados a los bosques por incendios, desastres naturales y catástrofes, inversiones para mejorar la capacidad de adaptación y el valor medioambiental de los ecosistemas forestales, y las inversiones en tecnologías forestales y en la transformación, movilización y comercialización de productos forestales. Asimismo, otra medida busca remunerar los servicios forestales, ambientales y climáticos y la conservación de bosques. No obstante, corresponde a los Estados miembros elegir las medidas forestales que aplicarán, así como los importes financieros destinados, en el marco de sus programas de desarrollo rural.

La Unión también participa en numerosas actividades internacionales relativas a los bosques. A escala paneuropea, Forest Europe sigue siendo la principal iniciativa política en materia forestal. En el marco de dicha iniciativa, se mantienen negociaciones sobre un acuerdo jurídicamente vinculante en relación con la gestión y el uso sostenibles de los bosques.

Por último, la Unión tiene el objetivo de detener la disminución de la cobertura forestal mundial para 2030 y de reducir la deforestación tropical en al menos un 50% para 2020 (COM(2008) 645).

En términos de **sostenibilidad forestal**, cobra especial importancia la **Certificación Forestal**. Éste es un proceso voluntario por el cual una tercera parte independiente asegura, mediante un certificado, que la gestión de un bosque se lleva a cabo cumpliendo un conjunto de criterios y normas previamente establecidos. Lo que diferencia a las diferentes certificaciones son los conjuntos de criterios acordados en que se basan y las organizaciones que los han impulsado:

- La **certificación de la gestión forestal por FSC** (Consejo de Administración Forestal). El FSC (<https://es.fsc.org>) emite tres tipos distintos de certificados: Certificación Forestal, Cadena de Custodia y Madera.
  - La **certificación de la Gestión Forestal** se concede a gestores o propietarios de bosques cuyas prácticas de gestión cumplen los requisitos de los Principios y Criterios del FSC.
  - La **certificación de Cadena de Custodia** se aplica a fabricantes, rematantes y distribuidores de productos forestales certificados FSC. Este tipo de certificación verifica que los productos que se venden con etiqueta FSC realmente contienen materiales certificados FSC y fuentes controladas a lo largo de su cadena de producción.
  - La **Madera Controlada** se ha definido para evitar que las empresas u organizaciones incluyan en sus materiales fuentes de madera que no se pueden aceptar. La Madera Controlada FSC solo puede mezclarse con madera certificada FSC.

La certificación se otorga por cinco años, pero se hacen revisiones anuales para comprobar que el cumplimiento sigue vigente. Existen numerosas entidades que trabajan a favor del estándar de certificación FSC.

- El **sistema de certificación PEFC** (Sistema Paneuropeo de Certificación Forestal) tiene como objetivo (<http://www.pefc.es/>) asegurar que los bosques del mundo sean gestionados de forma responsable, y que su multitud de funciones estén protegidas para generaciones presentes y futuras. Para ello cuenta con la colaboración de propietarios y empresas del sector forestal, que,

apostando por la certificación de sus bosques e industrias, están asegurando la sostenibilidad del sector).

PEFC es el sistema de certificación forestal más implantado en el mundo: a septiembre de 2016 había una superficie certificada de más de 303 millones de Ha en 33 países, y se habían concedido 18.800 certificados de Cadena de Custodia PEFC en 70 países. La distribución por continentes de la superficie certificada PEFC ha sido la siguiente: 54% en América del Norte, 31% en Europa, 9% en Oceanía, 4% en Asia y 2% en América del Sur. Respecto a la Cadena de Custodia, en Europa está la mayor parte de los certificados concedidos (84%).

- **Certificaciones de la Organización Internacional por la Estandarización (ISO).** En 1998, la ISO concluyó la elaboración de las normas ISO 14061 sobre gestión forestal. El objetivo de estas guías es la aplicación de la ISO 14001 a la gestión forestal. Las empresas que cumplan estos estándares reciben una certificación que no implica una etiqueta ecológica para el producto, sino una certificación para la empresa por gestión forestal sostenible.

A modo de conclusión del presente apartado, se tiene que las políticas públicas de establecimiento de objetivos energéticos y creación de instrumentos de apoyos financieros han ayudado en los últimos años al crecimiento de la producción de energía a partir de biomasa forestal. Aunque, todos los escenarios indican un crecimiento del mercado de los biocombustibles de origen forestal también reconocen que existen grandes incertidumbres sobre la disponibilidad de biomasa y sus precios (Confemadera Galicia-Universidade de Vigo, 2015).

Por otro lado, el sector forestal y de la madera de Europa camina hacia la bioeconomía, debido a la madurez del mercado de productos forestales actuales y la necesidad creciente de utilizar productos renovables. Así, la bioeconomía en Europa está valorada en 2 billones de euros de facturación anual y genera 22 millones de empleos (el 9% del empleo en Europa). El sector forestal representa más del 20% de este sector (Confemadera Galicia-Universidade de Vigo, 2015).

## 2.3 MEJORES PRÁCTICAS

En los siguientes apartados se hará una revisión de la implantación cada una de las tecnologías relacionadas con la Industria 4.0 dentro del sector madera/forestal.

### 2.3.1 Automatización y robótica avanzada y colaborativa

Según (Bolmsjo, 2014) el problema de la automatización y robótica se da en los robots industriales reconfigurables y flexibles que principalmente se usan para volúmenes bajos de producción, donde el reajuste del sistema de producción sea frecuente y las operaciones de trabajo sean complejas donde, en general, la automatización es complicada.

En producción, hay muchas operaciones de trabajo donde es posible robotizar en parte, de modo que un operador se encarga de toda la habilidad necesaria para la tarea general, mientras que el robot funciona como un compañero de trabajo realizando operaciones.

En el sector madera, las operaciones como clavado o atornillado son operaciones típicas de un robot, mientras que otras operaciones como la colocación precisa, el ensamblaje de piezas de madera o vigas, mediciones, control de calidad y decisiones de procesos están más relacionados con el trabajo humano.



ILUSTRACIÓN 14: ROBOT COLABORATIVO. FUENTE: (BOLMSJO, 2014)

El principal desafío se encuentra relacionado con la programación. En un modo colaborativo y para una producción cercana a la producción única, es necesario elaborar programas automáticos, pero de forma realista para operaciones pequeñas y simples, que el operador pueda juntar en secuencias. Una vez más, el apoyo de un operador en producción flexible es necesario para lograr el adecuado funcionamiento. El sistema debe estar respaldado por las medidas de seguridad apropiadas y que contribuyen a una comunicación eficiente.

Los principales ejemplos en este sector relacionados con tecnologías de **automatización y robótica avanzada y colaborativa** son a nivel de producción, mediante nuevos procesos y nuevos productos a partir de materiales innovadores.

### 2.3.2 Human Machine Interaction

En la actualidad, el manejo de dispositivos **wearables** se encuentra muy poco extendido en el uso industrial, no existiendo, salvo alguna excepción puntual, grandes experiencias significativas para la industria forestal-maderera.

Los wearables con mayor potencial en los entornos de trabajo son las gafas inteligentes y los relojes inteligentes, seguidos de la realidad virtual y los exoesqueletos.

En relación a las **gafas inteligentes**, se trata de una tecnología que todavía no está madura pero que puede penetrar en las fábricas en los próximos 5-10 años. La utilización de esta tecnología permitirá a los trabajadores recibir información contextualizada de las máquinas que están utilizando, pudiendo obtener indicaciones para reparar averías, órdenes de trabajo, etc. todo ello, con las manos libres y sin necesidad de desplazarse de su puesto de trabajo a consultar dicha información. También pueden incluir cámaras que permiten grabar vídeos o sacar fotografías de forma rápida y, de ese modo, crear un registro documental de las operaciones. La posibilidad de recibir notificaciones, permite que el trabajador esté conectado en todo momento y pueda recibir alertas sobre riesgos potenciales, contribuyendo a la seguridad. Las principales limitaciones se encuentran relacionadas con la comodidad y la duración de las baterías.

En este caso sí, en lo referente a la carga y el transporte de madera, con algunas gafas y cámaras inteligentes, el operador puede operar la grúa de carga de registros de forma remota en la relativa seguridad de la cabina del camión. El objetivo, al igual que la tala a distancia es sacar al operador del camión y operar la grúa remotamente desde la distancia.

En cuanto a los **relojes inteligentes**, estos *wearables* también presentan grandes posibilidades en el entorno laboral. Su utilidad es muy variada: recepción y emisión de alertas, recogida de información biométrica y de posicionamiento GPS, visualización de datos, recepción de alertas sobre el funcionamiento de las máquinas, localización del trabajador (especialmente útil en escenarios de trabajo colaborativo y resolución de problemas críticos en planta), etc. Además, la utilización de relojes inteligentes contribuye a la seguridad y prevención de riesgos, ya que se puede monitorizar movimientos, parámetros biométricos y ambientales y generar una alerta al trabajador y a la central junto con su ubicación.

Por último, respecto a los **exoesqueletos**, estos pueden suponer importantes ventajas, pues representan una estructura que se adapta al cuerpo humano y además ayuda a mantener la postura erguida a la hora de levantar objetos, proteger la espalda y evitar así problemas de salud, bajas por enfermedades o jubilaciones adelantadas. El empleo de exoesqueletos permitiría evitar problemas de salud y mejorar la productividad de los operarios en diferentes ámbitos industriales, siendo necesario regular el empleo de los mismos a nivel industrial.

### 2.3.3 Sistemas Ciberfísicos e IoT

Los fabricantes están inmersos en el IOT con sensores y escáneres que están creando enormes cantidades de datos. Big Data es parte del mundo actual y lo será más en el futuro.

Dentro del sector de la madera y forestal se pueden encontrar diversos tipos de soluciones basadas en IoT, sobre todo en la etapa de **procesamiento de materias primas**, con un carácter más industrial, aunque también se pueden encontrar múltiples casos de uso en producto final en el conocido como **mueble inteligente**. En un artículo de la Universidad de Oregón (Lynda Bull, 2015). Se muestran ejemplos de los usos internos del IoT para empresas del sector forestal.



ILUSTRACIÓN 15: IOT EN EL SECTOR FORESTAL. FUENTE: (ATIK, 2017)

- **Forestal:** Las oportunidades son especialmente evidentes para operaciones intensivas de plantación. Para monitorear el crecimiento, condiciones e incluso la predicción de los puntos calientes de la enfermedad. Con un sistema similar aumentado con una flota de los drones en red podría comenzar la denominación de "Bosque inteligente".

Entorno real - adquisición de datos: imágenes satelitales, inventario forestal mejorado, teledetección y LIDAR.

Internet del bosque: sistema colaborativo, comunicación en tiempo real y bosque conectado.



ILUSTRACIÓN 16: SISTEMA DE ANÁLISIS FORESTAL. FUENTE: (TURATO, S.F.)

- **Aserrado:** El uso de escáneres y optimizadores en aserraderos ha crecido en la última década dando como resultado una cantidad inmensa de datos sobre troncos, madera aserrada, geometrías, rendimientos de grado, condiciones del horno en tiempo real, etc.

Gran parte de esta información está disponible remotamente a través de redes inalámbricas. Muchas compañías ahora están explorando cómo 'explotar' estos datos para optimizar sus procesos. Por ejemplo, los molinos podrían intentar vincular rendimientos de grado a regiones forestales específicas para determinar dónde podrían encontrar los "mejores troncos" para satisfacer las necesidades específicas del mercado.

- **Distribución:** Los sensores desempeñarán un papel cada vez más importante en la supervisión y control de inventarios. Las asociaciones mejoradas entre compradores y vendedores significarán la integración de los sistemas a lo largo de las cadenas de suministro.

Los datos de estos sistemas se utilizarán para aumentar la precisión de los pronósticos, reducir los niveles de inventario, aumentar la comprensión de las necesidades de los clientes.

- **Madera de ingeniería:** Monitoreo *in situ* de estructuras y contenido de humedad es una aplicación que ya se está llevando a cabo.
- **Muebles y Armarios:** El mueble ya tiene pantallas táctiles que permiten al usuario realizar llamadas, escuchar radio y navegar por Internet. Una línea de muebles diseñado para controlar el peso del usuario, la presión arterial y capaz de corregir posturas, con la opción de entregar esos datos a la atención médica proveedores está disponible.

La mayoría de las empresas del sector no tendrán experiencia interna en IoT, por lo que colaborar en este ámbito es un camino lógico para obtener oportunidades de innovación.

- **Análisis de datos:** necesidades del cliente, sistema de apoyo a la decisión, la madera adecuada para el molino correcto, producción a demanda y creación de valor.

### 2.3.4 Fabricación aditiva

Las tecnologías de impresión 3D han conocido en los últimos tiempos un aumento en su desarrollo y uso en el mercado, considerándose para diferentes aplicaciones en diversos sectores industriales, apoyada en una continua inversión de fuertes grupos privados y por una continua investigación y desarrollo de los materiales.

En el proyecto FAMA (AIDIMA, 2015) se han identificado aquellos tipos de producto de alto valor añadido, que utilizan madera o derivados, en los que resulta más ventajoso la utilización de fabricación aditiva; entre ellos: elementos estructurales complejos, elementos artísticos o productos que combinan madera con otros materiales.

Existen materiales compuestos por **polvo de madera (40%) y polímeros** (por ejemplo: Laywood D3, Easy Wood, Wood Fill Line y otros) en forma de filamentos que pueden ser utilizados en impresoras 3D. Se usan para elaborar pequeños objetos o prototipos de reducido tamaño, y aunque utilizan madera, su aspecto es más bien plástico. La gran ventaja de este tipo de material utilizando las impresoras 3D, es que permite que los usuarios diseñen sus propias piezas, subcontratando la fabricación a talleres especializados que disponen de esta tecnología, fácil de usar y económica, generando un modelo de negocio diferente.

En una investigación del MIT (Chandler, 2017), se dio a conocer cómo **la propia celulosa precedente de la madera puede ser un sustituyente de los polímeros hasta ahora empleados**. Puesto que este sería un material abundante con el que imprimir, lo que podría proporcionar una alternativa renovable y biodegradable a los polímeros actualmente utilizados en materiales de impresión 3D.

El uso de celulosa como material para la fabricación aditiva no es una idea nueva, pero presentaba la gran dificultad de que cuando se calienta, la celulosa se descompone térmicamente antes de que fluya, en parte debido a los enlaces de hidrógeno que existen entre las moléculas de celulosa y su elevada viscosidad.

El equipo del MIT eligió trabajar con acetato de celulosa, un material que se fabrica fácilmente con celulosa y que ya se produce ampliamente y está disponible. Esencialmente, el número de enlaces hidrógeno en este material se ha reducido por los grupos acetato. El acetato de celulosa se puede disolver en acetona y se puede extrudir a través de una boquilla. A medida que la acetona se evapora rápidamente, el acetato de celulosa se solidifica en su lugar. Un tratamiento opcional posterior reemplaza los grupos de acetato y aumenta la resistencia de las partes impresas.

Este proceso de celulosa a temperatura ambiente, que simplemente se basa en la evaporación de la acetona para solidificar la parte, recorta el tiempo de producción, pudiendo incluso mejorarlo colocando cintas finas de material para maximizar el área de superficie o soplar aire caliente sobre él para acelerar la evaporación. Un sistema de producción también trataría de recuperar la acetona evaporada para hacer que el proceso sea más rentable y respetuoso con el medio ambiente.

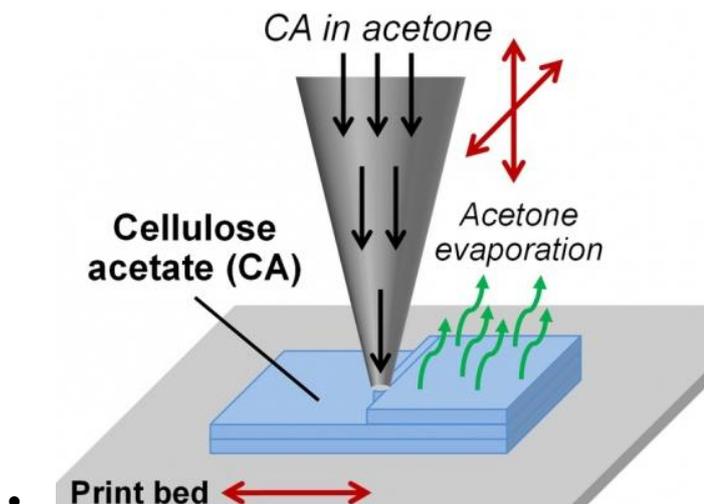


ILUSTRACIÓN 17: FABRICACIÓN 3D CON CELULOSA FUENTE: (CHANDLER, 2017)

De forma incipiente, se están utilizando **biomateriales para ser dosificados mediante inyección, compuestos por lignina o celulosa extraída de residuos vegetales**. Por el momento, es un proceso caro y, aunque es un compuesto derivado de los vegetales, incluyendo la madera, no tiene ninguna característica reconocible y asociada a la misma. Este tipo de compuestos son interesantes desde el punto de vista medioambiental porque proceden de fuentes renovables y son totalmente biodegradables.

Una **start up norteamericana (4XYZ – <http://4xyz.com> )** tiene un proceso y máquina pendiente de patente, desarrollado como una novedosa operación controlada por computadora que permite la **fabricación de aditivos estratificados (Stratified Additive Manufacturing, S.A.M.)** que rápidamente construye capas de madera real para crear una amplia gama de productos de madera maciza, como muebles, puertas, ventanas, marcos de cuadros, elementos arquitectónicos y otros. Con este proceso, una mesa de comedor de alta calidad totalmente personalizada y 6 sillas pueden estar listas para ser entregadas en cuestión de días. Esto personifica las posibilidades de fabricación y de personalización en tiempo real.

La dramática reducción de la madera desperdiciada (hasta aproximadamente el 20% del promedio de la industria del 52%) es otra gran ventaja. El uso de este enfoque de fabricación aditiva no sólo reduce el costo, sino que mejora la sostenibilidad ya que utiliza de manera más completa y efectiva este recurso natural. Por ejemplo, incluso los objetos simples, como marcos de imágenes, utilizan operaciones sustractivas convencionales en niveles de residuos que exceden el 75% que pretende recoger fondos para desarrollar un sistema de fabricación aditiva que podría estar basado en la tecnología LOM (*Laminated Object Manufacturing*).

Debido al coste intrínseco de la tecnología (que supone el 80% del coste del producto) y la duración del proceso de fabricación (habitualmente horas para hacer una pieza), los productos a fabricar mediante tecnología aditiva deben ser de alto valor añadido, geometrías complejas y muy personalizados, ya que no tiene sentido usar máquinas aditivas para series largas y productos repetitivos, que suelen ser de bajo precio.

Se han identificado los siguientes tipos de producto que utilizan madera o derivados, como más ventajosos para usar la Fabricación aditiva:

- **Elementos de construcción en madera:** elementos estructurales complejos, construcciones completas, paramentos verticales compuestos, elementos estructurales o decorativos efímeros con material reciclable, estructuras de productos complejos de gran tamaño que se puedan revestir con otras superficies decorativas.
- **Elementos artísticos en madera o derivados.**
- **Productos que combinen la madera o derivados con otros** materiales para dotarlos con características físico-mecánicas o estéticas diferenciales.

### 2.3.5 Materiales inteligentes (nanotecnología)

Los hongos desempeñan un papel principal en la descomposición de la madera, incluida la construcción y las superficies históricas. En los últimos años, **la nanotecnología se ha utilizado para preservar diferentes tipos de superficies del biodeterioro** causado por el desarrollo de contaminantes biológicos. En el estudio (Giovanni Battista, 2017), los nanocompuestos basados en dióxido de titanio fotocatalítico (TiO<sub>2</sub>) (que también contienen plata y cobre) se cepillaron sobre superficies de madera para evaluar la capacidad biocida contra el desarrollo del hongo de pudrición blanda *Aspergillus niger*. Se aplicaron cinco nanotratamientos diferentes en dos tipos de madera (madera blanda y madera dura). La compatibilidad con sustratos de madera se ha evaluado mediante colorimetría. La **capacidad antifúngica** de los nanotratamientos metálicos se evaluó cuantitativamente considerando diferentes parámetros: observación microscópica, variación cromática, cambio de reflectancia y extensión del moho. Aunque los nanotratamientos fotocatalíticos inhibieron el desarrollo de A. Niger sólo parcialmente, parecen ser una herramienta prometedora para reducir el desarrollo de moho dañino y preservar mejor la estructura de la madera.

En España, también se desarrolló el proyecto NANOSURF “Técnicas de modificación de superficies mediante nanotecnología sobre materiales poliméricos, metálicos, madera, textiles y cerámicos (AITEK, 2016)”. El recubrimiento con nanoestructurados puede ser una propiedad muy perseguida para aplicaciones **antifouling** y **antibacteriana** en materiales como madera, metal, plástico, textil, cerámica. La **Ilustración 18** muestra un diagrama gráfico (hoja de ruta) elaborado en el proyecto NANOSUR .

## RECUBRIMIENTOS NANOESTRUCTURADOS PARA APLICACIONES ANTIFOULING Y ANTIBACTERIANA

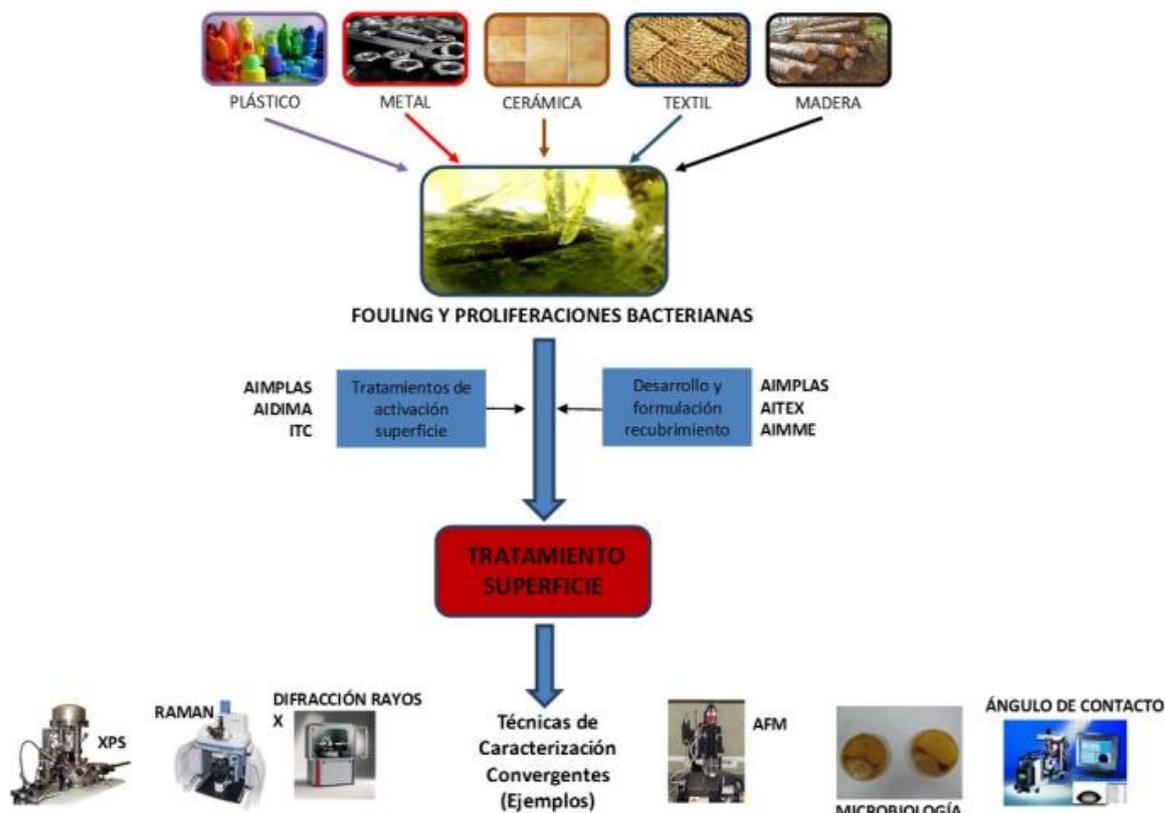


ILUSTRACIÓN 18: RECUBRIMIENTOS NANOESTRUCTURADOS. FUENTE: (AIMME, S.F.)

Por otro lado, también existen ejemplos en los se ha fabricado un recubrimiento inteligente depositando material fotocromático orgánico modificado (PM) sobre la superficie de madera usando un método simple de revestimiento por gotas; consiguiendo así adquirir un comportamiento fotocromático y rendimiento hidrófobo.

Por lo tanto, la **implementación de la nanotecnología** sobre la madera además de mejorar sus propiedades busca ampliar su utilidad, llegando a tener **cualidades** de comportamiento **fotorreactivo** y rendimiento **hidrófobo**.

### 2.3.6 Logística avanzada

A nivel de la industria de la madera no existe actualmente un sistema de tipo **AGV** que se empleé en este sector. Sin embargo, sí que existen algunos estudios realizados por algunas universidades (por ejemplo Umea University, Department of Computing Science (Suecia)), donde se analiza la factibilidad de utilizar sistemas robóticos autónomos para las operaciones de tala y transporte de la madera.

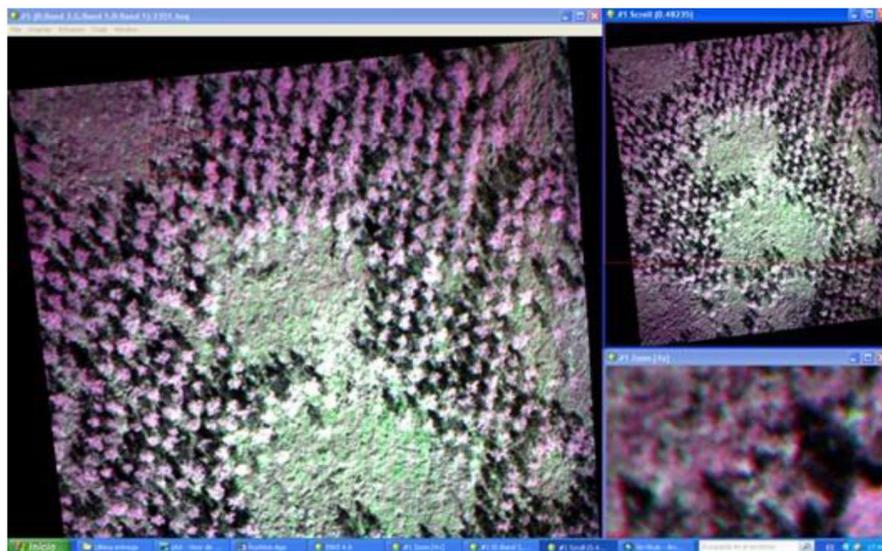
Las masas forestales (García, 2014) se ven sometidas a diversos factores que pueden poner en peligro su estabilidad y su conservación a lo largo del tiempo. Entre los peligros que es necesario caracterizar se podrían citar: la deforestación, los incendios forestales y la capacidad de recuperación, la estabilidad de

las laderas, la erosión y degradación de suelos o las prácticas agrícolas y sus efectos sobre los sistemas forestales.

El uso de **drones** ofrece múltiples posibilidades dentro del sector forestal, habiéndose constituido como una herramienta más para analizar las superficies forestales para los técnicos. Para estas prácticas (G. Puellas Casenave & Roldán Zamarrón, 2016), los drones ofrecen flexibilidad operacional, simplicidad e inmediatez en la captura de imágenes, alta calidad y resolución de las mismas, etc.

A continuación, se citan algunas de las aplicaciones que los drones pueden tener en el sector madera y forestal.

- En relación a los **incendios forestales**, permiten:
  - Determinar los **riesgos de los incendios**, no sólo desde el punto de vista de la biomasa forestal presente en el monte, sino también de los bienes materiales que se podrían ver afectados. En este sentido, el uso de drones facilitaría:
    - La recogida de cierta información, como la **dirección que está tomando el fuego**, la cercanía de poblaciones o la localización de **personas que estén en peligro** a causa de la cercanía de las llamas.
    - La **toma de decisiones con mayor fiabilidad** si los habitantes de un área evacuada pueden regresar a sus casas.
    - A los equipos de rescate de animales o a veterinarios conocer dónde se encuentran animales que hayan quedado aislados por el fuego y hayan conseguido sobrevivir
  - Facilitar la labor **visualización** y **obtención de datos** para mejorar la toma de decisiones en las operaciones de los equipos de extinción de incendios. El hecho de sobrevolar las zonas afectadas para determinar si existen rescoldos o focos de llamas puede ayudar a decidir si es necesario trasladar un equipo de extinción o cualquier otra medida preventiva.
  - **Peritar los daños** producidos por un incendio.
  - Establecer **planes de autoprotección** contra incendios de carácter urbano forestal.
  - Posteriormente, la evaluación del **estado de las repoblaciones** en áreas críticas.
- En relación a **plagas y enfermedades**, permiten:
  - La teledetección aplicada a la **detección temprana** de plagas y enfermedades (García, 2014). Este método de detección rápido resulta clave para una detección temprana y evitar, de tal forma, un contagio a gran escala. Según la parte de la planta afectada, se podrán emplear unas técnicas de teledetección u otras.
  - Cuantificación y cartografiado de daños por plagas.



**ILUSTRACIÓN 19: IMAGEN OBTENIDA A PARTIR DE UN VUELO MULTIESPECTRAL DE 6 CANALES EN UNA ZONA EN LA QUE HABÍA UNA AFECCIÓN DE UN HONGO QUE TERMINABA MATANDO LOS ÁRBOLES. FUENTE: (GARCÍA, 2014)**

- Además, las imágenes de muy alta resolución junto con las técnicas de teledetección, clasificación automática de imágenes y fotointerpretación permiten:
  - **Cartografiar la vegetación.** Los vehículos aéreos no tripulados (UAV) presentan numerosas posibilidades de cartografiar los usos del territorio: el análisis del abandono de tierras agrarias, la forestación de superficie o el seguimiento de la legalidad urbanística.
  - **Inventariar masas forestales.** Realización de inventarios con sensores remotos incorporados a los drones.
  - Valorar la **calidad** forestal.
  - Monitorizar la **producción y el estado vegetativo** de las plantaciones.
  - La prevención de la tala indiscriminada de árboles.

Estas las ventajas del uso de drones frente a los métodos clásicos (Yuste Martín, Vargas Velasco, & Moya Hernández, 2016), se tienen que permiten la aplicación de estas tecnologías a escalas temporales y espaciales que antes eran inalcanzables. Por lo tanto, se abren nuevas líneas de avance en la mejora continua del análisis de los recursos naturales, pudiéndose aplicar al sector forestal técnicas antes prohibitivas por los costes asociados y la inoperatividad de sus resultados a escalas de gestión aplicables.

Estas ventajas, abren un rango de posibilidades tanto a nivel de investigación como a nivel de gestión que se consideran muy interesantes y necesarias para el desarrollo futuro del análisis del sector forestal.

### 2.3.7 Simulación, modelización y virtualización de procesos

Actualmente, existen diferentes softwares que permiten el modelado de objetos, así como su proceso de fabricación dentro del sector de madera como **Polyboard** o **Woodwork for Inventor** (un software de diseño de mobiliario totalmente integrado en *Autodesk Inventor*). Estos programas de diseño permiten automatizar los diferentes procesos implicados (tareas preliminares habituales, necesarias para iniciar la fabricación), eliminando así posibles errores.

Sin embargo, las decisiones en el sector de productos forestales tienen impactos económicos, ambientales y sociales e involucran a múltiples partes interesadas. Las complejidades y variaciones en el sector, como las interacciones de los equipos y las estacionalidades, hacen que la **simulación de eventos discretos** sea una herramienta atractiva de apoyo a las decisiones. Se ha utilizado para comparar sistemas de cultivo, evaluar los impactos de las interacciones entre máquinas en el bosque y en las fábricas, realizar análisis de cuello de botella, determinar la viabilidad de los reemplazos de maquinaria, evaluar los métodos de transporte de troncos y analizar las cadenas de suministro de biocombustibles (Opacic & Sowlati, 2017).

Los modelos de eventos discretos se han utilizado para **modelar la cadena de suministro** en la industria de productos forestales (Lonnstedt, 1986) (Randhawa, Brunner, Funck, & Zhang, 1994). Mientras muchos de estos estudios se centran en etapas individuales de **producción y distribución**, algunos han incluido la totalidad cadena de suministro. Por ejemplo, Lonnstedt (Lonnstedt, 1986) simuló el sector forestal en Suecia para estudiar la dinámica del costo competitividad a largo plazo y política sugerida cambios, tales como la reducción de impuestos o la tasa de interés para aumentar inversión en la industria. Randhawa et al. (Randhawa, Brunner, Funck, & Zhang, 1994) desarrolló un entorno de simulación orientado a objetos de eventos discretos que podría usarse para modelar aserraderos con varias configuraciones. Baesler et al. (Baesler, Araya, Ramis, & Sepulveda, 2004) utilizaron simulaciones para identificar cuellos de botella y factores que afectan la productividad (número de troncos por día) en un aserradero, y concluyó que existe un potencial para un aumento del 25% en la producción.

### 2.3.8 Big Data, Cloud Computing y Data Analytics

Los bosques representan uno de los tipos de ecosistemas terrestres más importantes, tanto por la biodiversidad que albergan como por los servicios ecosistémicos que proporcionan. La multitud de datos estructurados y no estructurados que pueden estar ligados a un ecosistema terrestre es ingente. De ahí que Big Data Analytics tenga en el sector madera y forestal. El **clima** es uno de los ámbitos científicos que, por sus características, es de los más adecuados a las investigaciones basadas en el Big Data y en la computación en la Nube. Por el volumen, velocidad y variabilidad de los datos generados, Big Data parece la herramienta apropiada para afrontar los enormes retos que plantean la **modelización y el seguimiento del fenómeno del cambio climático**.

Por ello, existen aplicaciones de Big Data Analytics para la predicción de incendios, la elaboración de patrones de distribución de las especies, regeneración de especies, estudio de los efectos del cambio climático en los ecosistemas forestales o estudio de la evolución, mantenimiento y funcionamiento de la diversidad de especies.

Por otro lado, también existen programas que realizan un análisis de datos, ayudando a reducir los costos asociados con las operaciones de activos, las inspecciones y el mantenimiento, proporciona soluciones de manejo, limpieza y almacenamiento de datos, en la administración de datos de múltiples fuentes y en la combinación de datos en un almacén y / o tablas base de análisis.

La vida útil de la herramienta es uno de los factores que más contribuyen a la economía de mecanizado. La predicción precisa de la vida maximiza la utilización de cada herramienta. Los datos de circunstancias se capturan mediante la integración de máquinas herramienta y se combinan con datos de planificación de producción. Los generados de la información de la máquina herramienta de la trayectoria de corte cubierta se combina con el material utilizado. La combinación resulta en desgaste específico de la herramienta. Estas circunstancias de corte se registran en los datos del historial de herramientas.

Las condiciones de corte se describen con el material utilizado, velocidad de avance por diente, ancho de corte, velocidad de corte, trayectoria de corte y número de revoluciones. A partir de estos datos se puede desarrollar un **algoritmo de pronóstico** utiliza los datos del historial para predecir el **desgaste de la herramienta** y el final de vida de la herramienta de corte. Con esta información es posible pronosticar la vida útil restante de la herramienta utilizando un algoritmo de aprendizaje de máquina específicamente adaptado (Lenz, 2017).

### 2.3.9 Safety & Security

La industria forestal es una industria con grandes riesgos y ha sufrido un gran número de muertes y lesiones relacionadas con el trabajo a lo largo de los años. Por lo general, los códigos de seguridad llevan años implantados en esta industria. La Industria 4.0 permitirá una mayor comunicación en cada uno de los procesos, por lo que esta mejora se tendrá que adherir a los requerimientos mínimos de Security de los datos.

Sin embargo, la seguridad y la logística dentro de la industria forestal podrían estar a punto de sufrir gran cambio. En Nueva Zelanda, por ejemplo, ya está implementada la **tecnología de teleoperación**. Se utiliza para talar madera en pendientes empinadas, proporcionando un funcionamiento seguro para el operador de la maquinaria de explotación forestal, la cabina del operador y la consola están separadas. Cuatro cámaras conectadas al *feller buncher John Deere 909* pueden transmitir imágenes en vivo a tres monitores de video dentro de la cabina del operador. La consola con joysticks y pedales es una réplica del diseño en la máquina de tala. Además de mejorar la seguridad de los trabajadores, la tala controlada a distancia tiene el verdadero potencial de cambiar la forma en que se lleva a cabo la recolección de la madera en terrenos más empinados.

En lo referente a la **carga y el transporte** de madera, al igual que la tala remota, con **gafas de realidad virtual** la empresa Hiab ya está haciendo avances. Con algunas gafas y cámaras inteligentes, el operador puede operar la grúa de carga de registros de forma remota en la relativa seguridad de la cabina del camión. El objetivo, al igual que la tala a distancia es no tener "ningún trabajador en la pendiente, o ninguna mano en la motosierra", Hiab apunta a desarrollar la tecnología aún más. El objetivo es sacar al operador del camión y operar la grúa remotamente desde la distancia.

El transporte por carretera es otro foco clave en la seguridad y la productividad dentro de la cadena de suministro de madera. El **camión inteligente** a día de hoy se describe más similar a un teléfono inteligente con ruedas que a un vehículo tradicional. La tecnología ya está aquí y se está utilizando. Hay alrededor de 175,000 camiones Volvo conectados en línea en las carreteras de Europa.

### 2.3.10 Gestión de la energía y los residuos

El sector madera-mueble constituye, a nivel gallego, una actividad industrial de gran importancia para la economía, por lo que para garantizar la competitividad y la continuidad de este sector es fundamental una estrategia de mejora continua y reducción de costes entre los que se encuentra la energía.

La implantación de **sistemas de gestión de la energía** en industrias de la madera puede conllevar grandes ahorros energéticos asociados, puesto que permiten identificar las medidas de eficiencia energética que se podrían implantar. De esta forma, con objeto de adoptar medidas para la minimización del consumo energético en la industria es necesario realizar un análisis previo de los procesos de producción y de los equipos empleados en los mismos.

Este análisis trata de identificar la cantidad, el tipo y la calidad de la energía necesaria empleada en la actividad industrial para permitir identificar posibles ahorros energéticos y poder, de tal forma, determinar los posibles costes y beneficios.

La industria del sector madera-mueble (Proyecto GENER, 2007) demanda, fundamentalmente, energía eléctrica para maquinaria y servicios, y energía térmica para el acondicionamiento de naves y calor de proceso. Los sistemas de gestión de la energía implantados en la industria de la madera, deben permitir (Proyecto GENER, 2007):

- **Gestionar y optimizar la contratación de energía** (mediante contadores y equipos analizadores).
- **Gestionar la energía** mediante sistemas de supervisión, que permitan identificar cuándo, cómo, dónde y cuánta energía se consume.
- **Gestionar la demanda** (mediante la reducción o “reubicación” de las potencias y energías demandadas)
- Incorporar al sistema de gestión de la energía de sistemas de **regulación y control de la iluminación**.
- **Automatizar paradas** para evitar que la maquinaria funcione cuando la cadena de producción esté parada (como puede ser el caso de cintas transportadoras o embaladoras).
- **Desplazar los consumos** a periodos horarios en los que la energía sea más barata, aunque esta medida no supone ningún ahorro energético, si constituye un ahorro económico para la empresa.
- **Controlar y regular la combustión** para impedir reducciones en el rendimiento de las calderas (evitar excesos de aire o excesos de temperaturas a la salida de humos por chimenea).
- **Controlar energéticamente los sistemas de climatización**. Esto resulta fundamental para garantizar el confort necesario para los trabajadores y ajustar la demanda de energía a las necesidades concretas de la industria. Por otro lado, es de especial importancia sectorizar por zonas y realizar el control de cada una de ellas en función de la ocupación y el uso que se le esté dando. Además, deberá poder controlarse la entrada de aire exterior en función de la demanda de ventilación (mediante la instalación de sondas de temperatura y de calidad de aire interior en zonas comunes), logrando un acoplamiento de las necesidades y el correspondiente ahorro energético.

Al mismo tiempo, este sistema de gestión energética permitirá:

- **Evitar producciones cortas** donde se requieran grandes cantidades de calor.
- **Utilizar el equipo más eficiente a su máxima capacidad** y el menos eficiente, únicamente cuando sea necesario.
- Desconectar toda la maquinaria cuando no se necesite.
- **Identificar las medidas de eficiencia energética** que se podrían implantar en el sector de la madera. A modo de ejemplo, en un aserradero se podrían citar: la reducción de la velocidad de serrado, reducir la anchura de la sierra, reducir los períodos de funcionamiento en función de la producción, para automática de las cintas transportadoras en ausencia de material adecuar el tiempo de funcionamiento de los ventiladores en función de la humedad mediante la medición en continuo del contenido de humedad durante el secado, mantenimiento y detección de fugas en el sistema de aire comprimido, entre otros).

Más allá de la gestión energética en el entorno de una fábrica, la industria forestal, de pulpa y de papel consume una gran cantidad de energía, pudiendo **compartir el calor y la electricidad con las centrales eléctricas municipales** (Winans et al., 2017). De esta forma, ciertos estudios (Pakarinen, Mattila, Melanen, Nissinen, & Sokka, 2010) (Mabee, 2011) demuestran **sinergias potenciales entre la energía, los desechos y los flujos de agua** dentro aplicando los principios de la economía circular y se aplica para mejorar el intercambio de materiales forestales.

También hay proyectos que investigan **nuevos procesos innovadores** para la utilización de cenizas de madera (reutilización en fertilización, construcción de caminos agrícolas y forestales, así como la construcción de carreteras convencionales (Land&Forst, 2015)).

La **construcción de dispositivos electrónicos sobre estructura de papel** también es un campo interesante de aplicación debido a su ligero peso, bajo coste, sostenibilidad ambiental y facilidad de la fabricación.

Por otro lado, Elvenert (Elvenert, 2016) afirma que un mayor **uso de la madera en las construcciones** permitirá a la UE permitirá potenciar la economía circular y también alcanzar sus objetivos de mitigación del cambio climático.

En términos de **producción y gestión de residuos**, la recuperación de madera presenta múltiples ventajas medioambientales, económicas y sociales. Entre ellas, se disminuye el porcentaje de materia virgen empleada en la fabricación de tableros de partículas y su valorización energética disminuye el efecto invernadero al evitar el consumo de combustibles fósiles.

Entre los distintos residuos que genera la industria de la madera se encuentran los restos de podas, los recortes, el serrín y la viruta, los palets, los envases de madera, etc. Estos residuos se utilizan en muchas ocasiones se utiliza como materia prima para construir otros materiales, mientras que en otras se utilizan para ser valorizados energéticamente. El calor autoproducido de las virutas de madera se puede tratar como entrada/salida de calor de la caldera o distribuirse a otros usos (principalmente las estufas de secado).

### 3. DIAGNÓSTICO SECTORIAL

Los resultados presentados en este apartado han sido obtenidos a través de realización de encuestas a 40 empresas del sector. Para la realización de este estudio se han seleccionado 40 empresas del sector madera/forestal que fuesen representativas de este sector a nivel gallego.

Para definir la población objetivo de estudio se ha partido de la base de datos del ARDÁN y se han filtrado los CNAE's relativos al sector madera/forestal:

- 0210- Silvicultura y otros trabajos forestales.
- 0220- Explotación de madera.
- 0240- Servicios de apoyo a silvicultura.
- 1610- Aserrado y cepillado de madera.
- 1621- Fabricación de chapas y tableros de madera.
- 1622- Fabricación de suelos de madera ensamblados.
- 1623- Fabricación de estruct. de madera y piezas de carpintería y ebanistería.
- 1624- Fabricación de envases y embalajes de madera.
- 1629- Fabricación de otros artículos de madera, corcho, cestería y espartería.
- 1712- Fabricación de papel y cartón.
- 1721- Fabricación de papel y cartón ondulados., envases y embalajes de papel y cartón.
- 1722- Fabricación de artículos de papel y cartón de uso doméstico, sanitario e higiénico.
- 1723- Fabricación de artículos de papelería.
- 1729- Fabricación de otros artículos de papel y cartón.
- 3102- Fabricación de muebles de cocina.
- 3109- Fabricación de otros muebles.
- 4673- Comercio al por mayor de madera, materiales de construcción y sanitarios.

Una vez hecho esto se ha procedido a eliminar las empresas en concurso y con menos de 10 trabajadores y se ha ordenado por volumen de facturación. También se han eliminado los CNAE's de intermediarios o revendedores. Se han revisado los CNAE's resultantes, según cadena de valor, y se han eliminado los que no aportasen empresas con potencial de implantación de tecnologías de Industria 4.0. Por otro lado, se han dejado aparte los CNAE's de comercio al por mayor y se ha centrado la búsqueda en los de plantas productivas, ya que debido a su alto volumen de facturación desvirtúan la búsqueda. Con el filtrado obtenido, se ha seleccionado una muestra de entre 70 y 80 empresas que se ha revisado de manera individual y se han añadido al filtrado final las empresas de los CNAE's de comercio al por mayor que tuviesen interés en el objeto del estudio. Finalmente, las 40 empresas encuestadas son aquellas empresas de la muestra que han mostrado interés en participar en el estudio.

Con respecto al **tamaño de las empresas encuestadas**, un 48% de ellas son mediana empresa, frente a un 40% que son pequeña empresa y solamente un 8% de las empresas encuestadas son gran empresa (**Ilustración 20**). El 59% de las empresas encuestadas tiene una **antigüedad** entre el año 1990 y el 2000, un 30% se han creado con anterioridad al año 1980 y solamente un 11% de las empresas participantes en el estudio han sido creadas a partir del año 2000 (**Ilustración 21**).

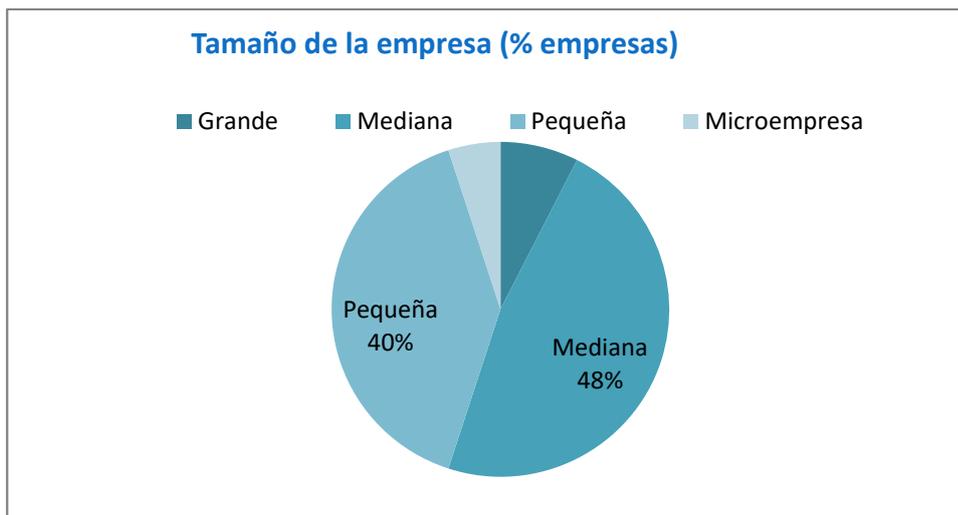


ILUSTRACIÓN 20: TAMAÑO DE LAS EMPRESAS PARTICIPANTES EN EL ESTUDIO

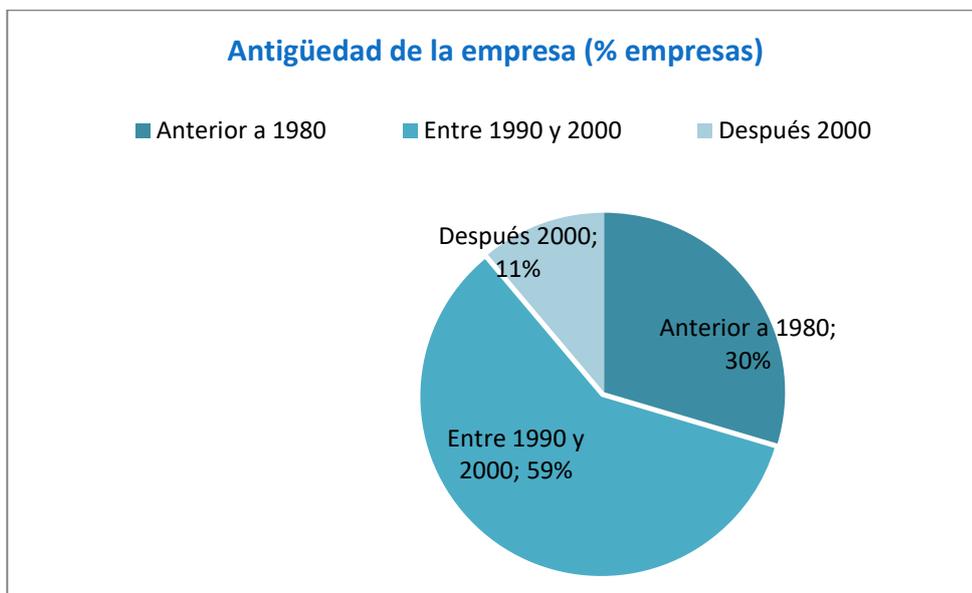
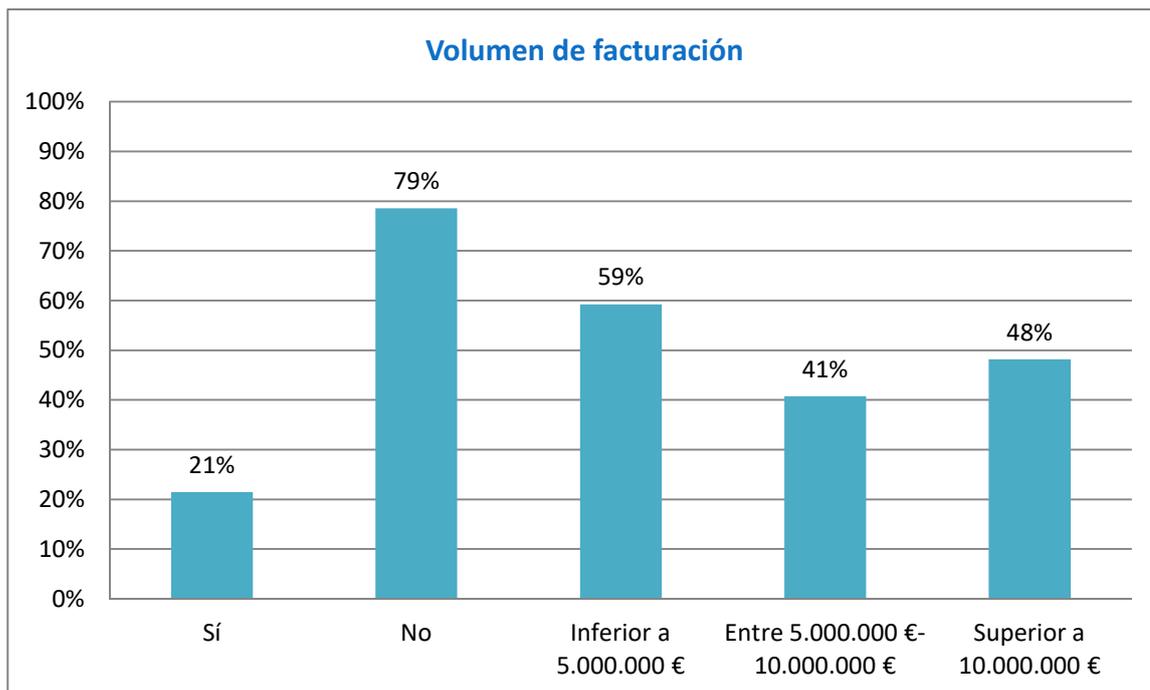


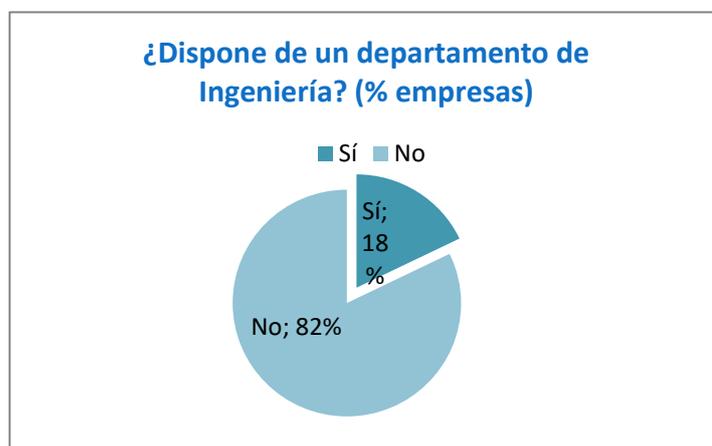
ILUSTRACIÓN 21: ANTIGÜEDAD DE LAS EMPRESAS PARTICIPANTES EN EL ESTUDIO

El **volumen de facturación** supera los 10 millones de euros en un 48% de las empresas encuestadas (Ilustración 22).



**ILUSTRACIÓN 22: VOLUMEN DE FACTURACIÓN DE LAS EMPRESAS PARTICIPANTES EN EL ESTUDIO**

Solamente el 21% de las empresas del sector madera/forestal encuestadas disponen de un departamento de I+D (**Ilustración 24**) y un 14% dispone de un departamento TIC. Un 41% de las empresas del sector madera/forestal no dispone de ningún ingeniero en plantilla. El porcentaje de ingenieros en plantilla es inferior al 25% en el 96% de los casos (**Ilustración 26**) para aquellas que disponen de este perfil entre sus trabajadores.



**ILUSTRACIÓN 23: DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA EN LAS EMPRESAS DEL SECTOR MADERA/FORESTAL**

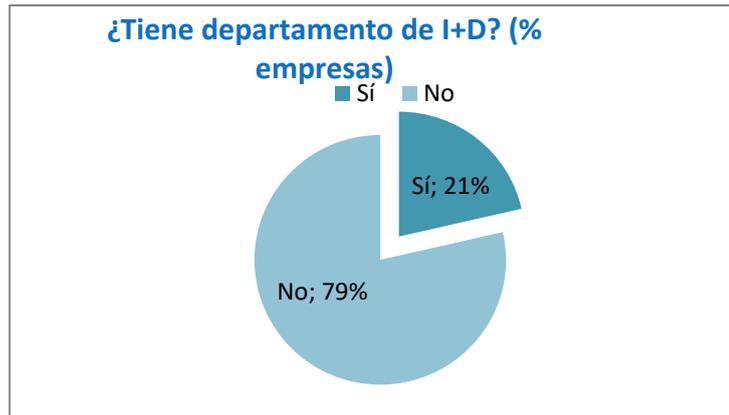


ILUSTRACIÓN 24: DEPARTAMENTO DE I+D EN LAS EMPRESAS DEL SECTOR MADERA/FORESTAL



ILUSTRACIÓN 25: DEPARTAMENTO TIC (O ASIMILABLE) EN LAS EMPRESAS DEL SECTOR MADERA/FORESTAL

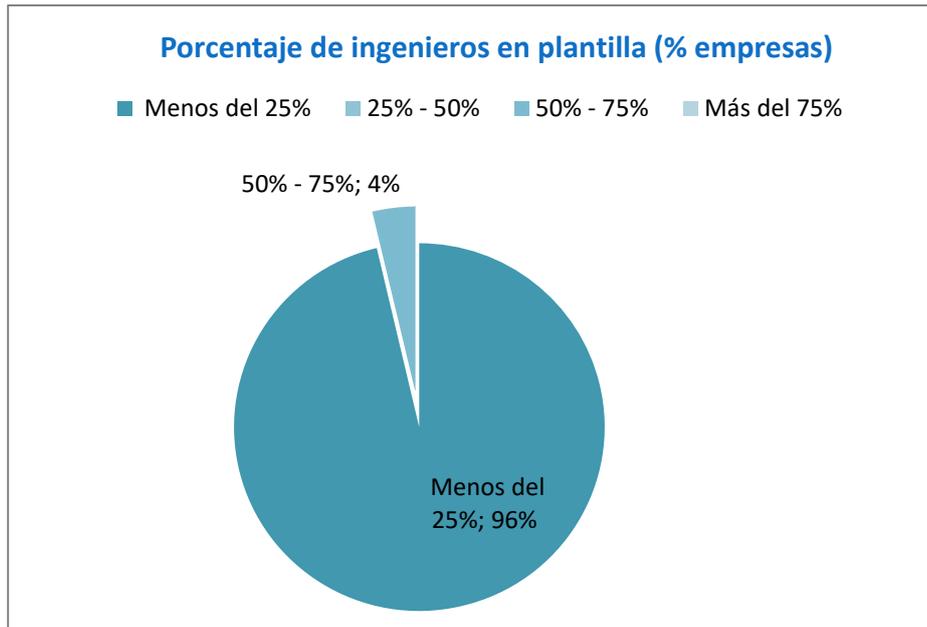


ILUSTRACIÓN 26: PORCENTAJE DE INGENIEROS EN PLANTILLA EN EL SECTOR MADERA/FORESTAL

### 3.1 FAMILIARIDAD CON EL CONCEPTO DE INDUSTRIA 4.0

Como se puede observar en **Ilustración 27**, las empresas del sector madera/forestal no están demasiado familiarizadas con el concepto de Industria 4.0. Las tecnologías emergentes en el sector madera/forestal más ampliamente conocidas son Big Data, Cloud Computing y Data Analytics, la automatización y robótica avanzada y colaborativa y Safety & Security. Sin embargo, solamente un 18% de las empresas encuestadas conoce Tecnología de materiales inteligentes y un 23% Human Machine Interaction (Wearables, Realidad Aumentada/Virtual, Exoesqueletos) (**Ilustración 28**).

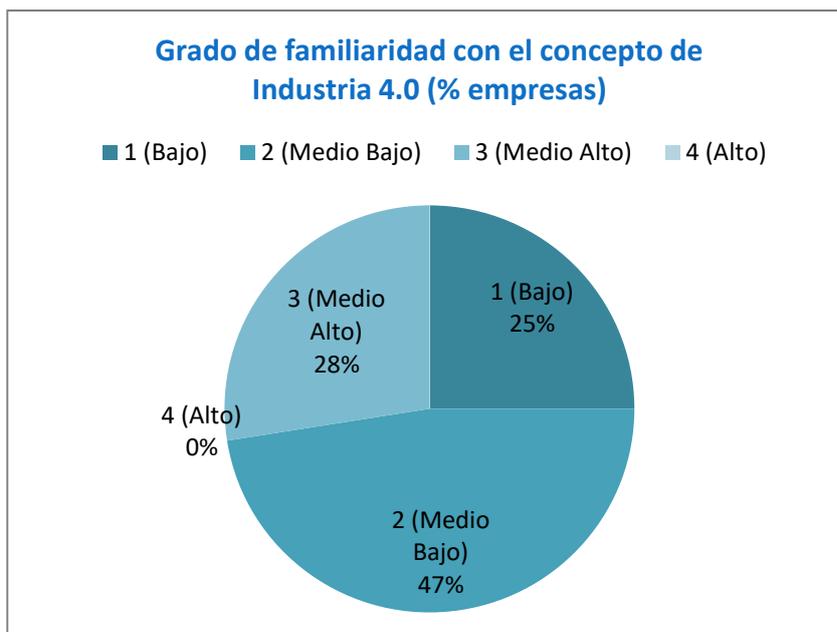


ILUSTRACIÓN 27: GRADO DE FAMILIARIDAD CON EL CONCEPTO DE INDUSTRIA 4.0 DE LAS EMPRESAS DEL SECTOR MADERA/FORESTAL.



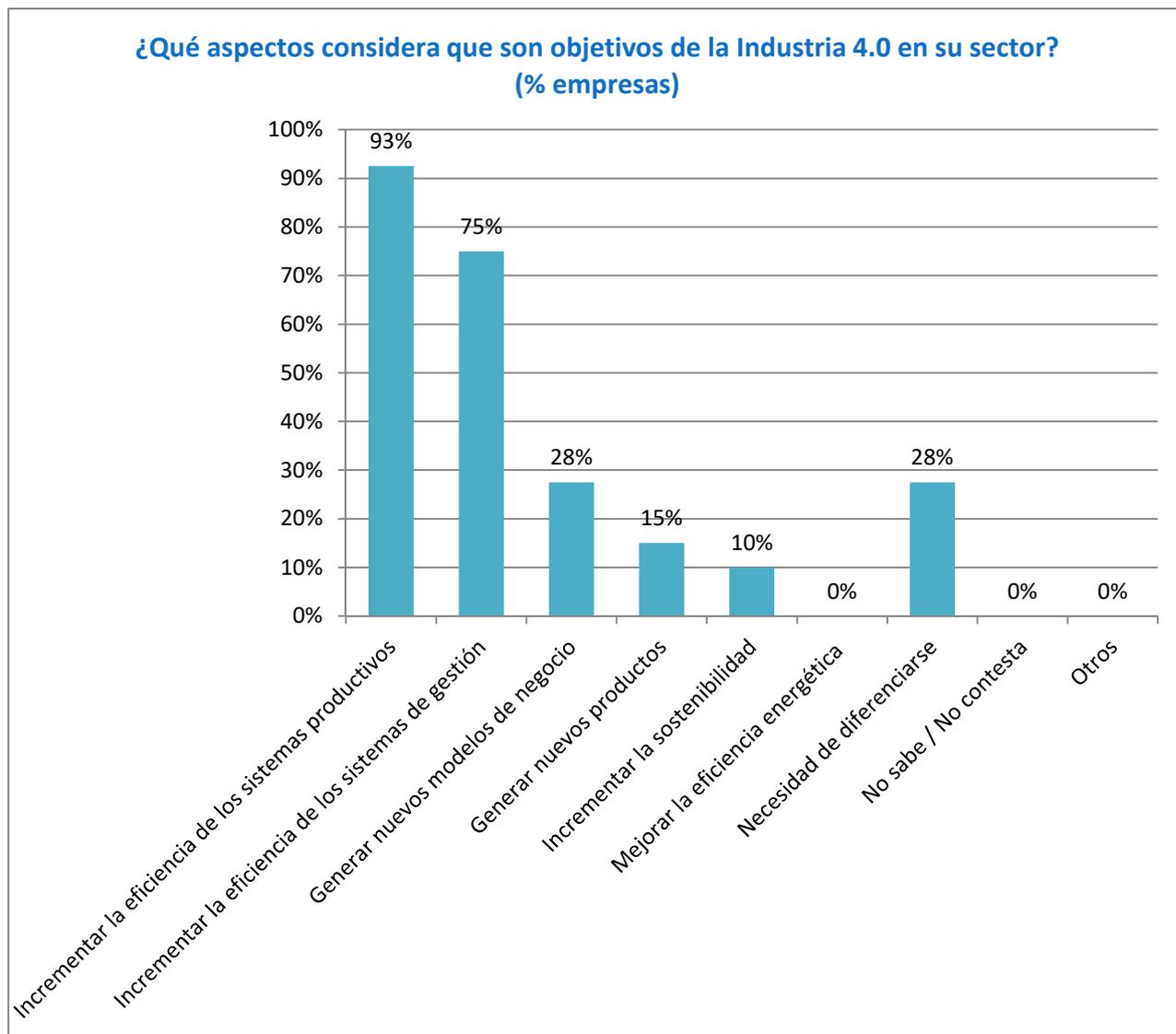


ILUSTRACIÓN 29: ASPECTOS QUE CONSIDERAN QUE SON LOS OBJETIVOS DE LA INDUSTRIA 4.0 EN EL SECTOR MADERA/FORESTAL

La gran parte de las empresas considera que la **Industria 4.0 potenciará la competitividad** del sector (**Ilustración 30**). Sin embargo, un 58% de las empresas encuestadas manifiesta que la Industria 4.0 empezará a tener un impacto significativo en el sector madera/forestal **a largo plazo** (más de cuatro años) (**Ilustración 31**).

### ¿En qué grado considera que la transformación hacia el paradigma de Industria 4.0 potenciará la competitividad de su sector? (% empresas)

■ 1 (Bajo) ■ 2 (Medio Bajo) ■ 3 (Medio Alto) ■ 4 (Alto)

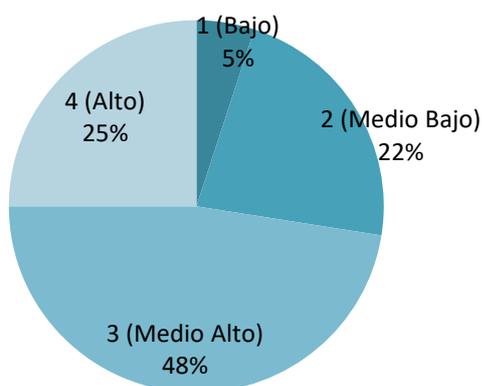


ILUSTRACIÓN 30: GRADO DE PERCEPCIÓN EN EL QUE EL PARADIGMA DE LA INDUSTRIA 4.0 POTENCIARÁ LA COMPETITIVIDAD DEL SECTOR MADERA/FORESTAL

### ¿Cuándo considera que la Industria 4.0 empezará a tener un impacto significativo en su sector? (% empresas)

■ A corto plazo: en menos de dos años ■ A medio plazo: entre dos y cuatro años  
■ A largo plazo: más de cuatro años

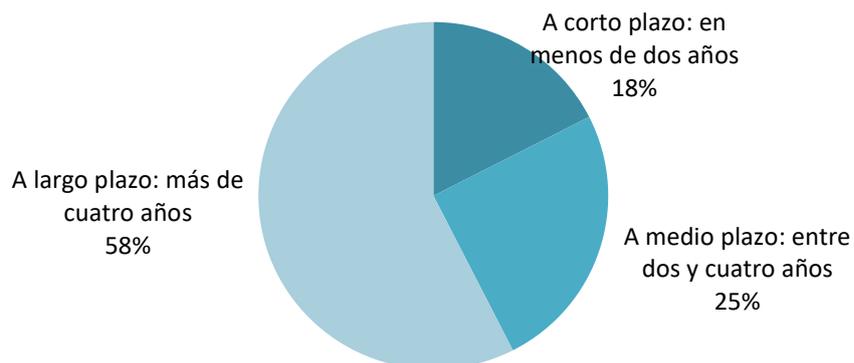


ILUSTRACIÓN 31: PLAZO EN EL QUE SE CONSIDERA QUE LA INDUSTRIA 4.0 EMPEZARÁ A TENER UN IMPACTO SIGNIFICATIVO EN EL SECTOR MADERA/FORESTAL

El 78% de las empresas encuestadas manifiesta que la transformación de la industria **no va a reducir la tendencia la deslocalización** de la producción en el sector (Ilustración 32).

### ¿Cree que la transformación de la industria va a reducir la tendencia a la deslocalización de la producción en su sector? (% empresas)

■ Sí ■ No ■ No sabe / No contesta

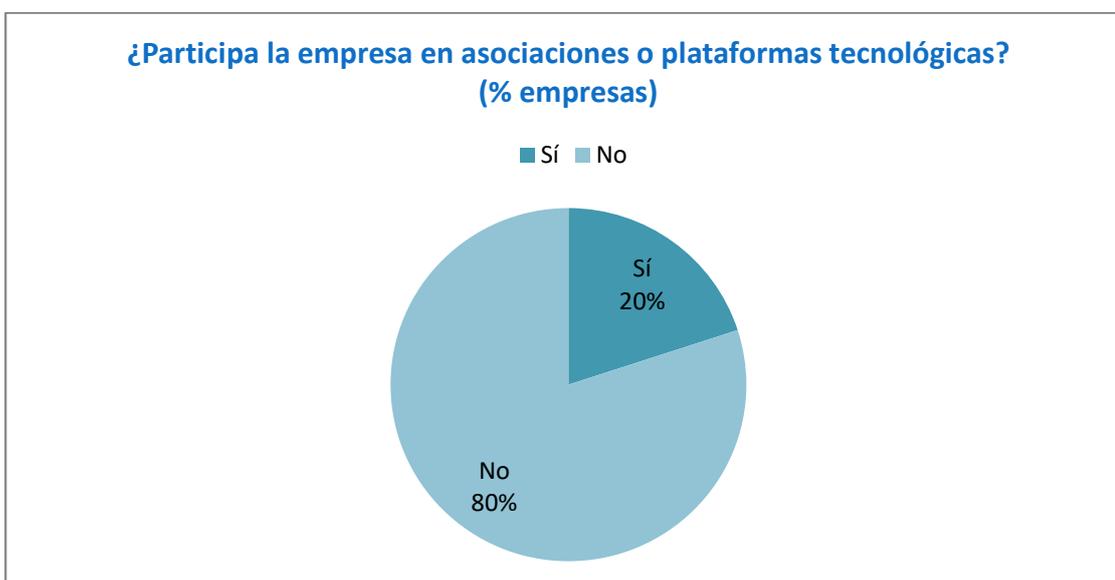


**ILUSTRACIÓN 32: PERCEPCIÓN DE LA TRANSFORMACIÓN DE QUE LA INDUSTRIA 4.0 VA A REDUCIR LA TENDENCIA A LA DESLOCALIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN EN EL SECTOR MADERA/FORESTAL**

En el 87% de los casos, los **trabajadores no han realizado ningún tipo de formación específica relacionada con la Industria 4.0 (Ilustración 33)**. Además, sólo el 20% de las empresas del sector maderero/forestal manifiesta haber **participado en asociaciones o plataformas tecnológicas (Ilustración 34)**, entre las que se podrían destacar el Clúster de la Madeira e Diseño de Galicia, así como mencionar entre otros la Asociación Provincial de Rematantes y Aserradores de A Coruña, Federación Gallega de Rematantes y Aserraderos, Asociación de investigación de la madera (Aitim), colaboraciones con Pemade, Universidad de Lugo, plataforma de tecnología de la madera, CIS Madeira e incluso "Cátedra para Industria 4.0 (Industria conectada) ICAI (Madrid) Proyecto a nivel Europeo del grupo DS Smith". Sin embargo, sólo un 15% manifiesta haber abordado temáticas relacionadas con Industria 4.0 en estos foros (**Ilustración 35**).



**ILUSTRACIÓN 33: TRABAJADORES QUE HAN REALIZADO FORMACIÓN ESPECÍFICA EN INDUSTRIA 4.0 EN EL SECTOR MADERA/FORESTAL**



**ILUSTRACIÓN 34: PARTICIPACIÓN DEL SECTOR MADERA/FORESTAL EN ASOCIACIONES Y PLATAFORMAS RELACIONADAS CON LA INDUSTRIA 4.0**

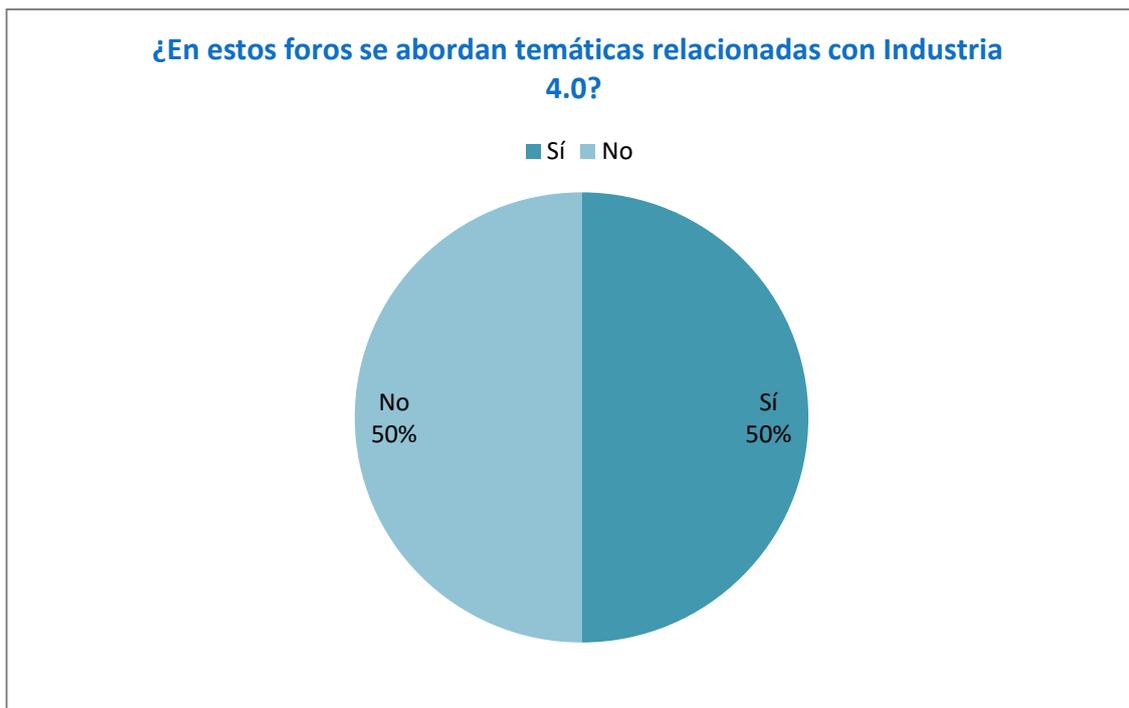


ILUSTRACIÓN 35: TRATAMIENTO DE TEMÁTICAS RELACIONADAS CON INDUSTRIA 4.0 EN EL SECTOR MADERA/FORESTAL

Un 55% de las empresas del sector madera/forestal han manifestado que no han colaborado ni con Universidades, ni con Centros de Investigación. Sin embargo, en 28% de ellas sí que ha colaborado en algún momento con Universidades o Centros Tecnológicos (18%) (Ilustración 36) e incluso un 15% ha solicitado patentes o tiene previsto solicitarlas (Ilustración 37).

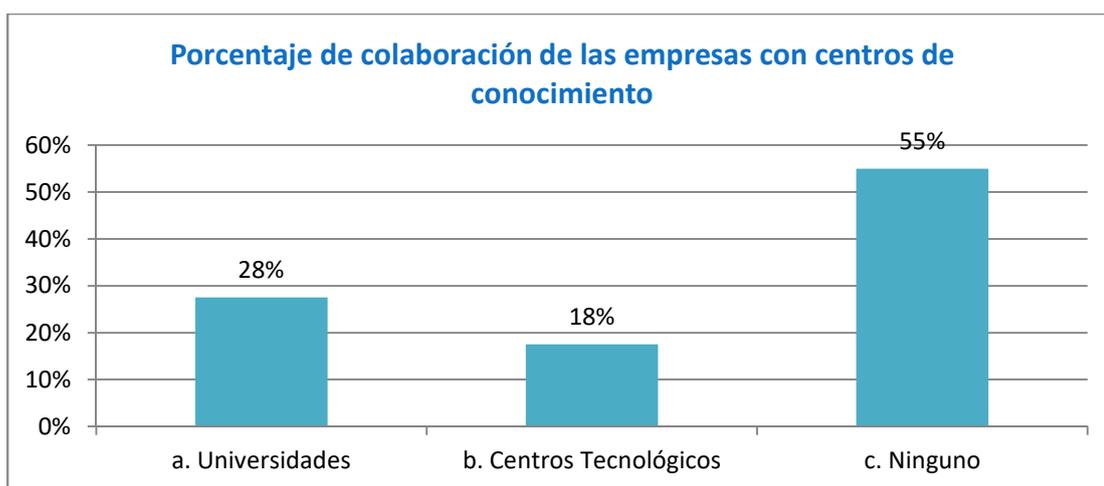


ILUSTRACIÓN 36: COLABORACIÓN DE EMPRESAS DEL SECTOR MADERA/FORESTAL CON CENTROS DE CONOCIMIENTO

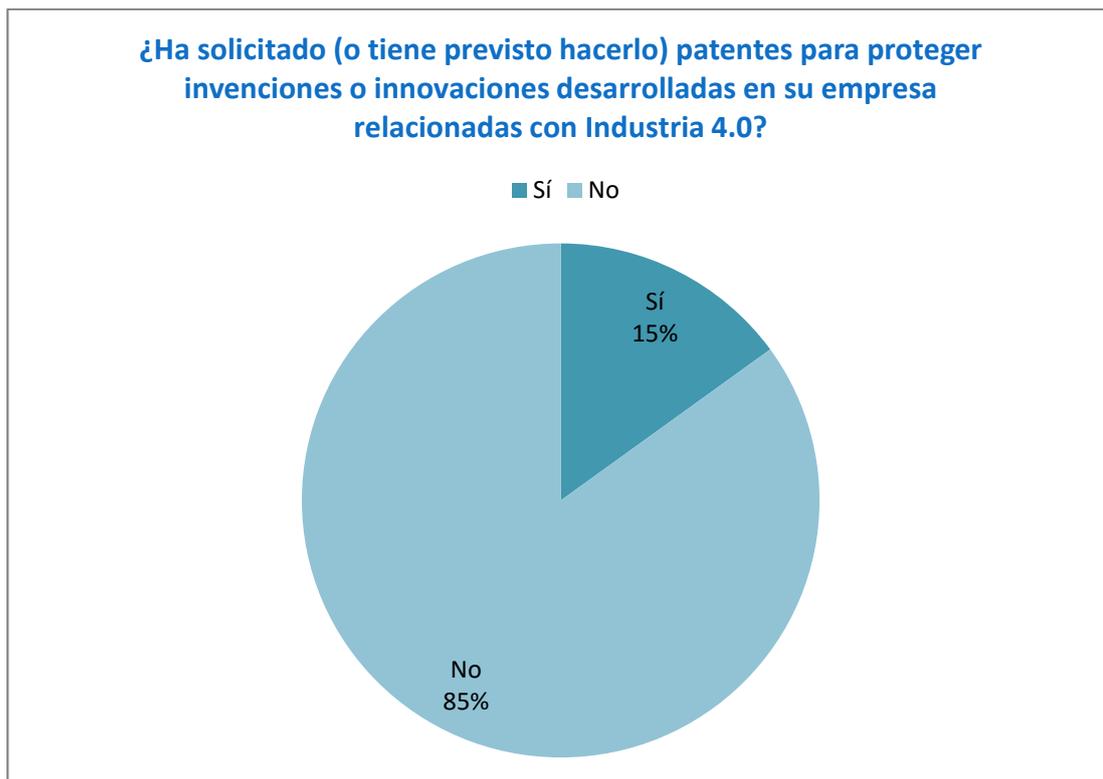
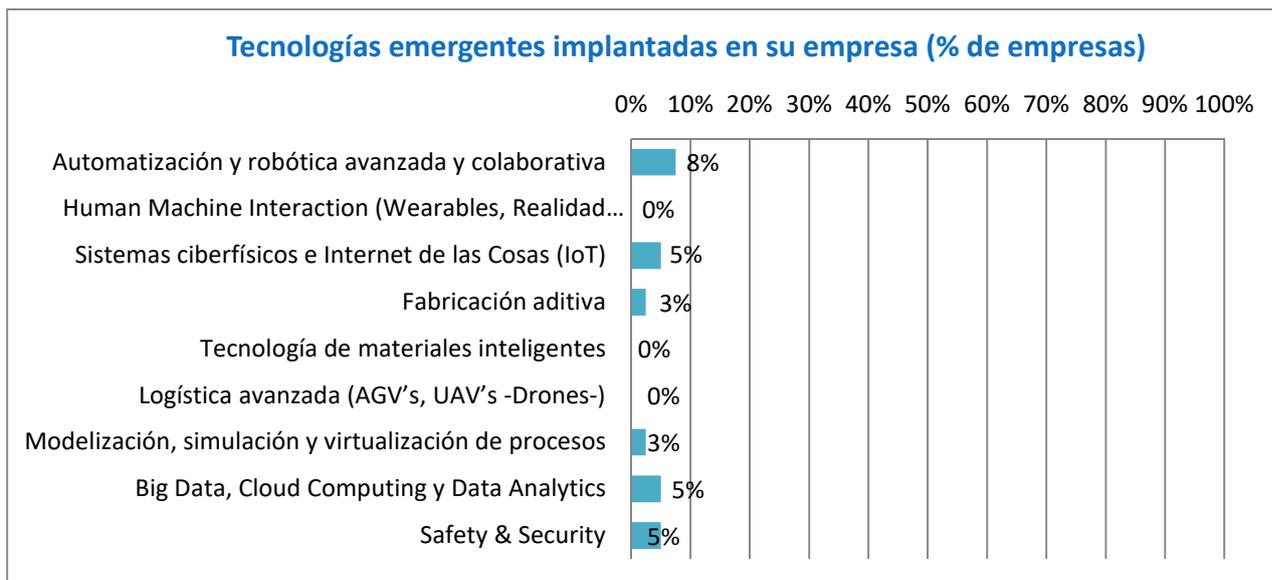


ILUSTRACIÓN 37: SOLICITUD DE PATENTES DEL SECTOR MADERA/FORESTAL RELACIONADAS CON LA INDUSTRIA 4.0

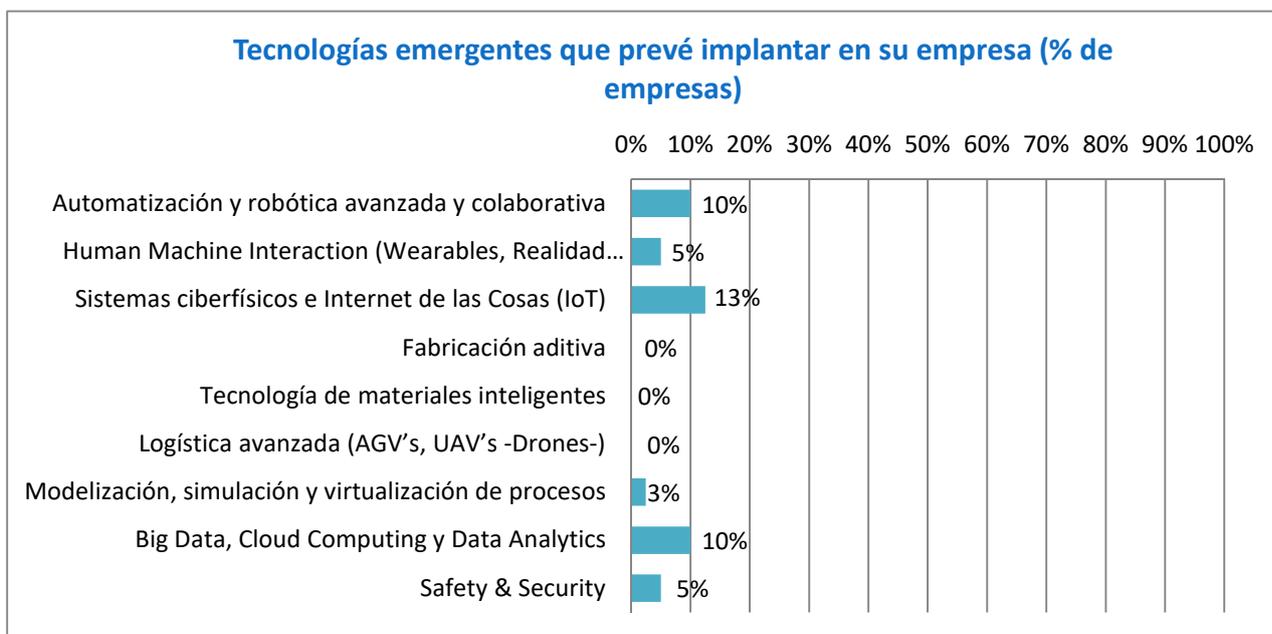
### 3.2 NIVEL TECNOLÓGICO ACTUAL

La automatización y robótica avanzada y colaborativa es la tecnología emergente más implantada en las empresas del sector madera/forestal. Sin embargo, solamente un 8% de las empresas encuestadas manifiesta disponer de un **sistema de automatización** entendido desde el punto de vista de Industria 4.0 (**Ilustración 38**). Con respecto al resto de tecnologías, el grado de implantación no supera el 5% y en algunos casos como Human Machine Interaction, tecnología de materiales inteligentes y logística avanzada, no se ha encontrado ningún caso de aplicación a nivel Galicia entre las empresas encuestadas.



**ILUSTRACIÓN 38: TECNOLOGÍAS EMERGENTES IMPLANTADAS EN EL SECTOR MADERA/FORESTAL**

Aunque, a día de hoy, el grado de implementación de las tecnologías de la Industria 4.0 no es elevado, más de un 10% de las empresas han manifestado tener **previsto implantar automatización y robótica avanzada y colaborativa, sistemas ciberfísicos e Internet de las Cosas (IoT) y Big Data, Cloud Computing y Data Analytics (Ilustración 39)**. Algunas tecnologías como la fabricación aditiva, la tecnología de materiales inteligentes o la logística avanzada es algo que ven muy lejos de su industria y que no se plantean integrar en ningún caso.

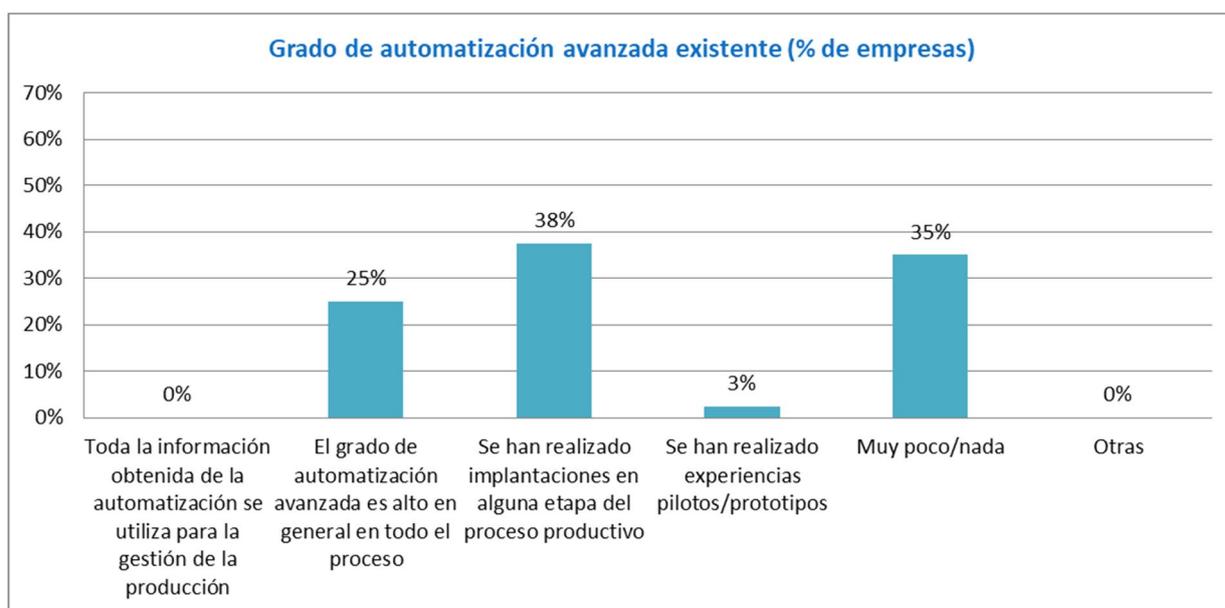


**ILUSTRACIÓN 39: TECNOLOGÍA EMERGENTES QUE SE PREVÉ IMPLANTAR EN EL SECTOR MADERA/FORESTAL**

### 3.2.1 Resumen de la situación actual por tecnologías emergentes

#### AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA AVANZADA Y COLABORATIVA

El 38% de las empresas del sector madera/forestal han realizado implantaciones en alguna etapa del proceso productivo. Sin embargo, también hay un 35% que no ha realizado ningún tipo de automatización (**Ilustración 40**). Es necesario mencionar que la automatización que se está realizando es una automatización por zonas o aislada.



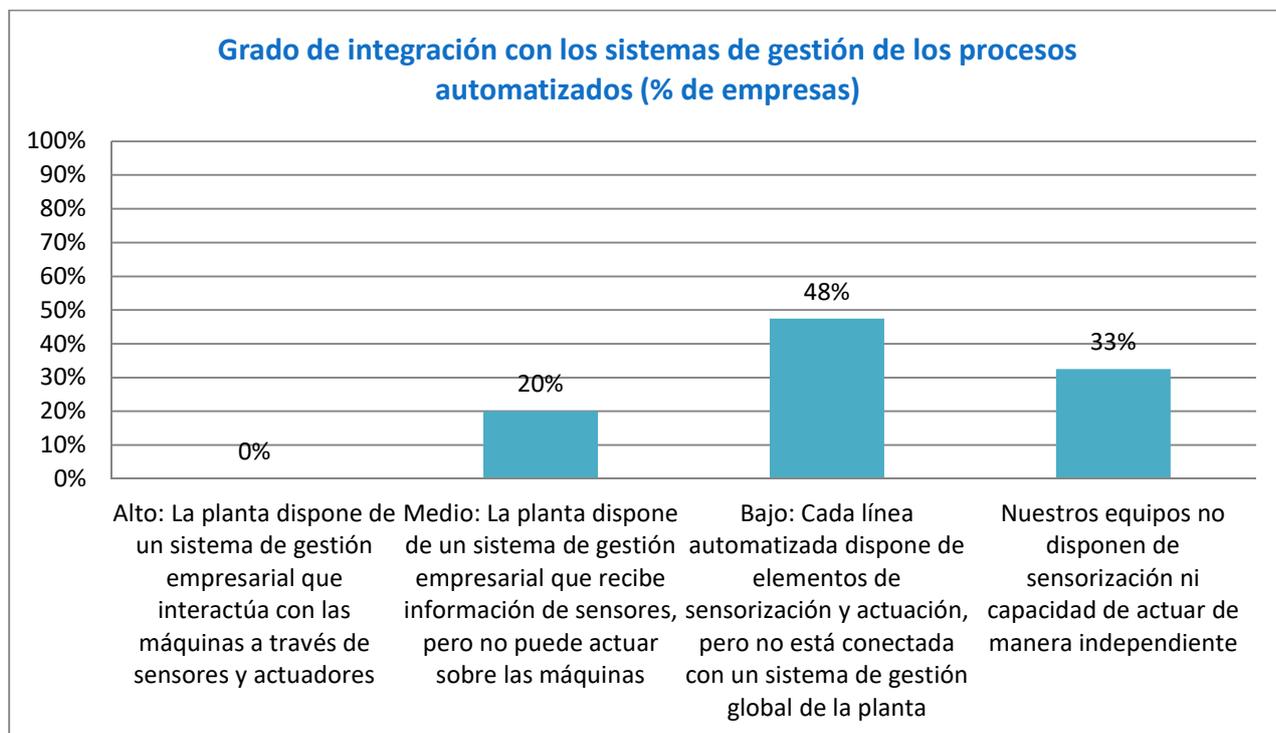
**ILUSTRACIÓN 40: GRADO DE AUTOMATIZACIÓN AVANZADA DEL SECTOR MADERA/FORESTAL**

Dentro de las áreas de actividad, las empresas encuestadas manifiestan que la aplicación de robótica colaborativa tendría una baja aplicación en el almacenamiento de materia prima, logística interna y control de la calidad (**Tabla 5**). Las empresas del sector consideran que la robótica colaborativa tendría aplicación en la etapa de producción y almacén de producto terminado.

**TABLA 5. POTENCIAL DE APLICACIÓN DE LA ROBÓTICA COLABORATIVA**

¿En cuáles de las siguientes áreas de actividad piensa que tiene mayor potencial de aplicación la robótica colaborativa en su empresa?	1 (Bajo)	2 (Medio Bajo)	3 (Medio Alto)	4 (Alto)
Almacén Materia Prima	55%	20%	13%	13%
Logística Interna	43%	20%	25%	13%
Producción	30%	20%	38%	13%
Control de Calidad	38%	33%	20%	10%
Almacén de Producto Terminado	23%	15%	35%	28%
Otro	0%	0%	0%	0%

Con respecto al grado de integración con los sistemas de gestión, el 33% manifiesta que no dispone de sensorización ni capacidad de actuar de manera independiente; el 48% dispone de líneas automatizadas con elementos de sensorización y actuación, pero no está conectada; y un 20% disponen de un sistema de gestión empresarial que recibe información de sensores, pero no puede actuar sobre las máquinas (**Ilustración 41**).



**ILUSTRACIÓN 41: GRADO DE INTEGRACIÓN CON LOS SISTEMAS DE GESTIÓN DE LOS PROCESOS AUTOMATIZADOS EN EL SECTOR MADERA/FORESTAL**

El 78% de las empresas encuestadas no disponen de ningún robot en sus plantas, solamente un 3% de las empresas dispone de más de 10 robots (**Ilustración 42**). De todas formas, cada vez más se aprecia el interés de las empresas por incluir robots en sus plantas. Sin embargo, debido a la fase de integración que se encuentran y la percepción sobre su aplicación en su sector, todavía no se plantean el uso de robots colaborativos.

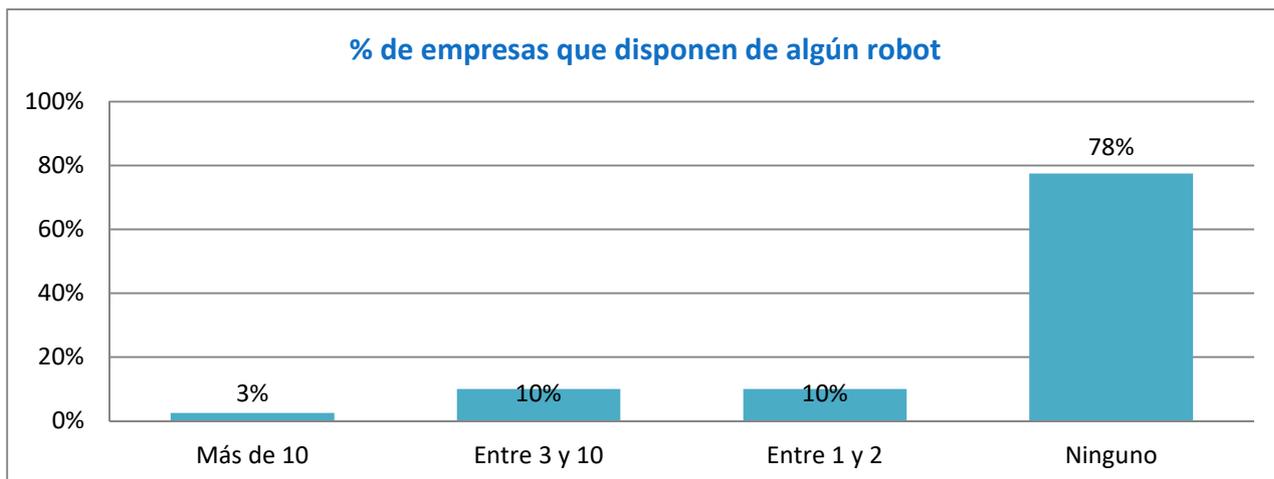


ILUSTRACIÓN 42: NÚMERO DE ROBOTS EN LAS EMPRESAS DEL SECTOR MADERA/FORESTAL

En un 85% de los casos, las empresas identifican la mejora de la productividad de las operaciones como principal beneficio de la automatización y robótica avanzada y colaborativa pueden aportar a su empresa (Ilustración 43).

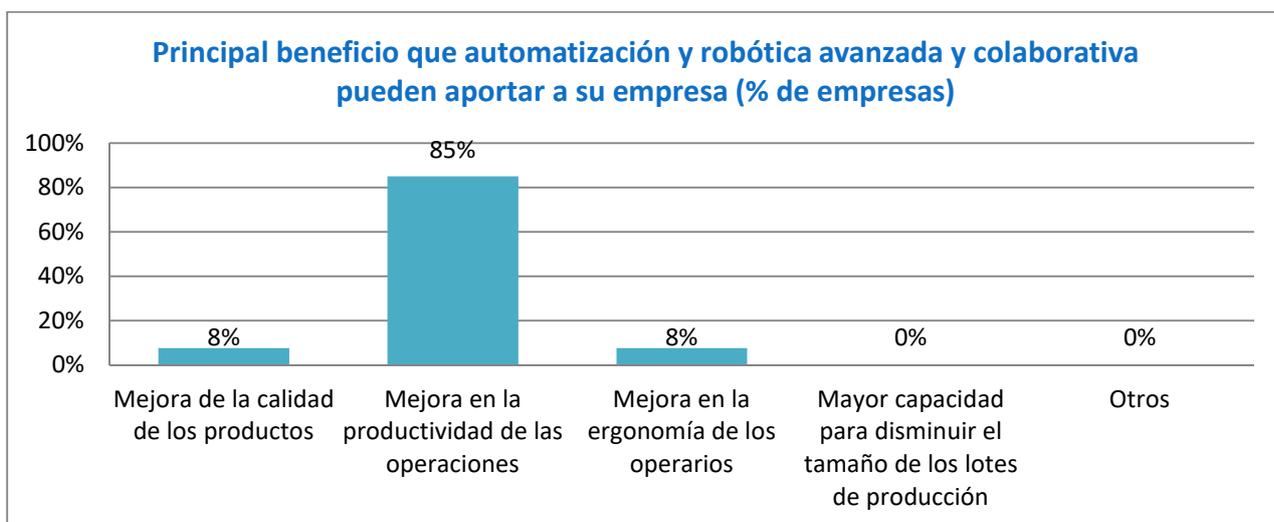


ILUSTRACIÓN 43: BENEFICIOS IDENTIFICADOS DE LA AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA AVANZADA Y COLABORATIVA EN LAS EMPRESAS DEL SECTOR MADERA/FORESTAL

## HUMAN MACHINE INTERACTION

A pesar de que ninguna de las empresas encuestadas ha implantado Human Machine Interaction, un 5% tiene previsto realizar la implantación de **realidad virtual**. Este interés se manifiesta sobre todo en las empresas dedicadas a la fabricación de muebles con el objetivo de que sus clientes puedan visualizar el producto final.

El 55% de las empresas del sector forestal no estaría interesado en testear ningún **wearable** en su empresa (Ilustración 44). La información de soporte al operario en tiempo real es el beneficio asociado a la implantación de wearables (Ilustración 45).

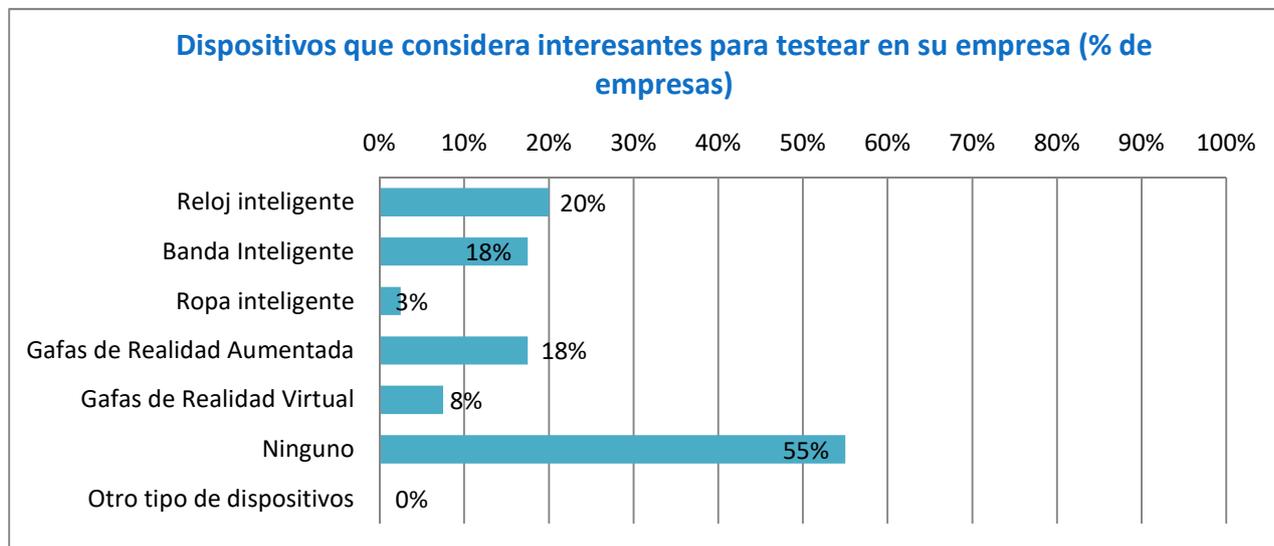


ILUSTRACIÓN 44: DISPOSITIVOS WEARABLES QUE CONSIDERA INTERESANTES PARA TESTEAR EN LAS EMPRESAS DEL SECTOR MADERA/FORESTAL.

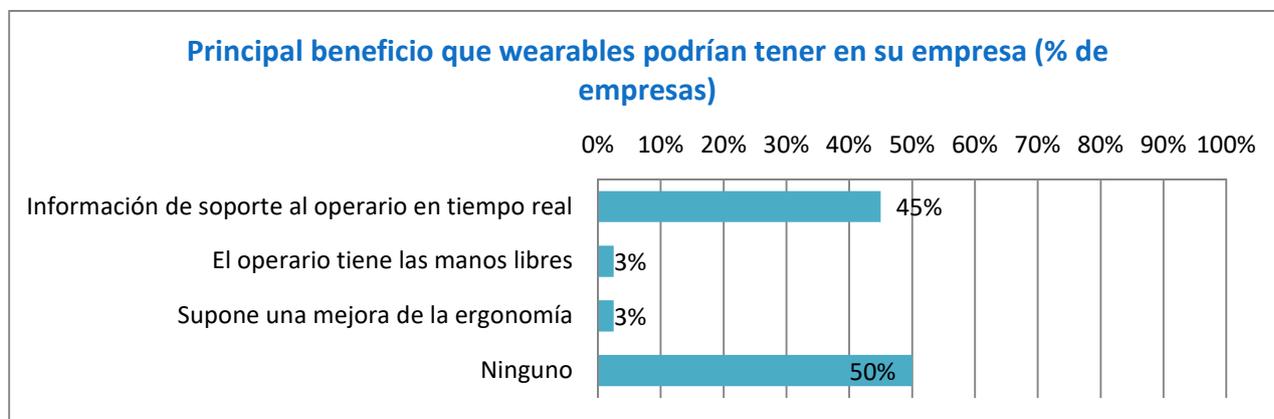


ILUSTRACIÓN 45: BENEFICIOS IDENTIFICADOS POR LAS EMPRESAS DEL SECTOR MADERA/FORESTAL EN RELACIÓN A LA IMPLANTACIÓN DE WEARABLES.

Un 55% de las empresas del sector madera/forestal considera que el uso de la **Realidad Aumentada** no sería interesante en ninguna etapa de su proceso (Ilustración 46).

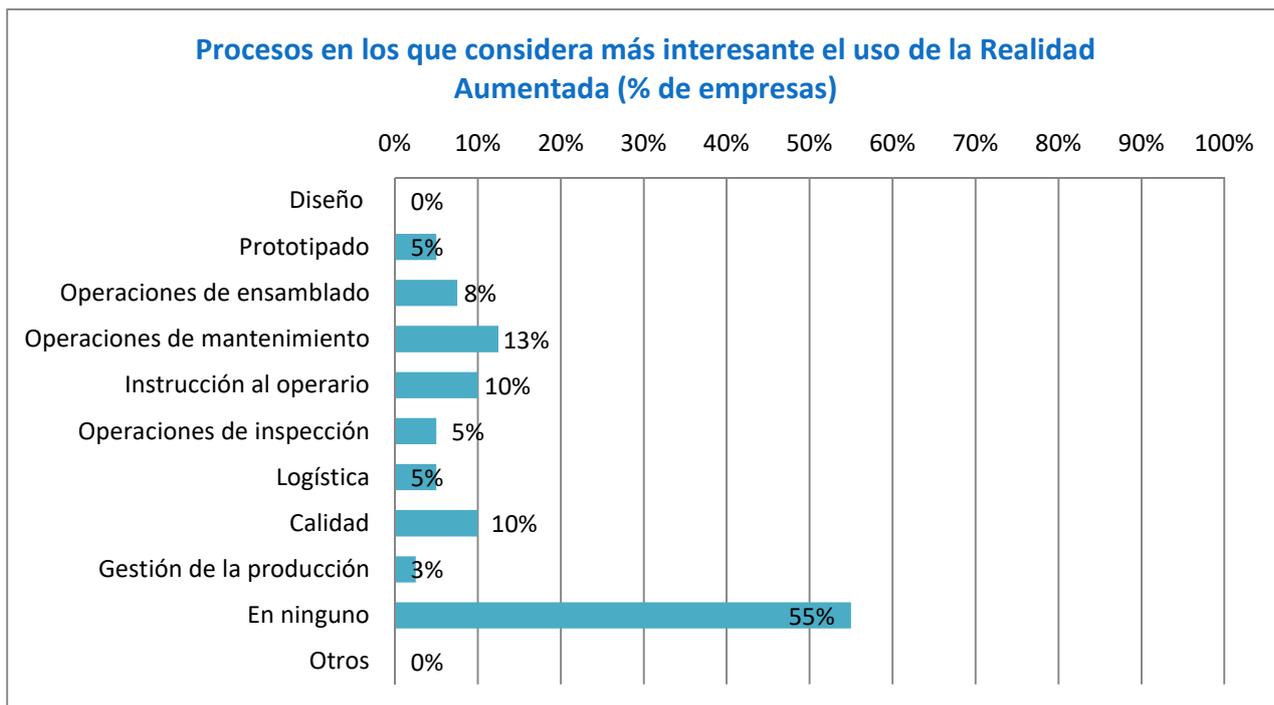


ILUSTRACIÓN 46: PROCESOS DE INTERÉS PARA EL USO DE LA REALIDAD AUMENTADA EN EL SECTOR MADERA/FORESTAL

Un 75% de las empresas considera que el uso de la **Realidad Virtual** no tiene aplicación en sus procesos, un 8% manifiesta que puede ser interesante para la planificación del lay-out. La obtención de feedback del cliente es otra de las aplicaciones que las empresas del sector madera/forestal que se dedican a la fabricación de muebles consideran de interés (**Ilustración 47**). El sector madera/forestal no identifica ninguna aplicación de la realidad virtual en la etapa de diseño.

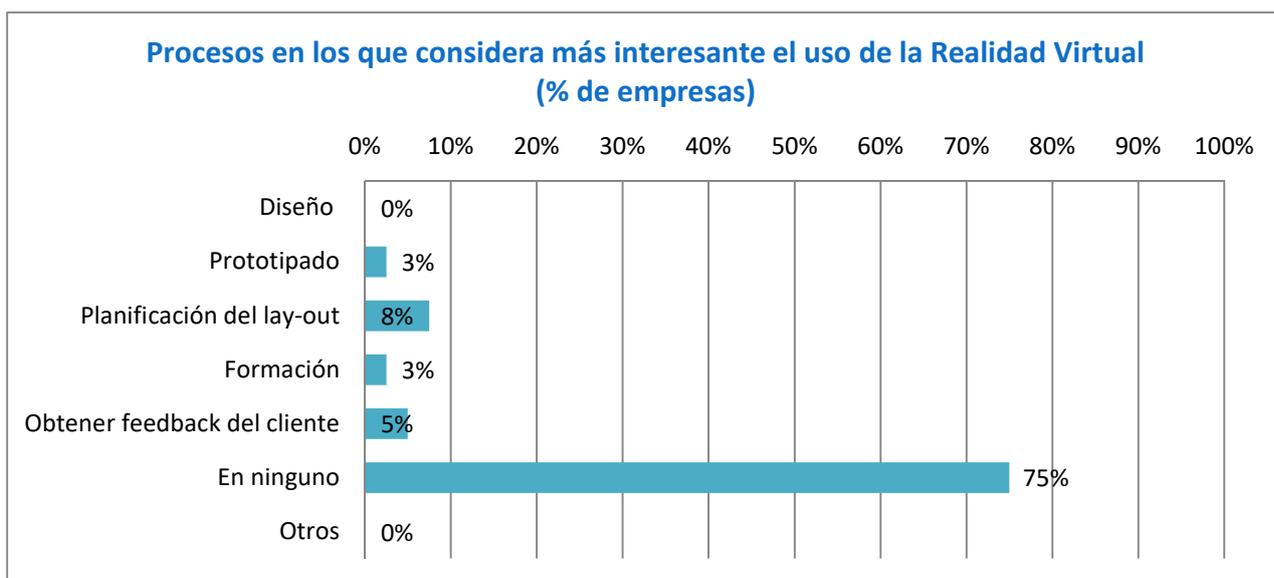
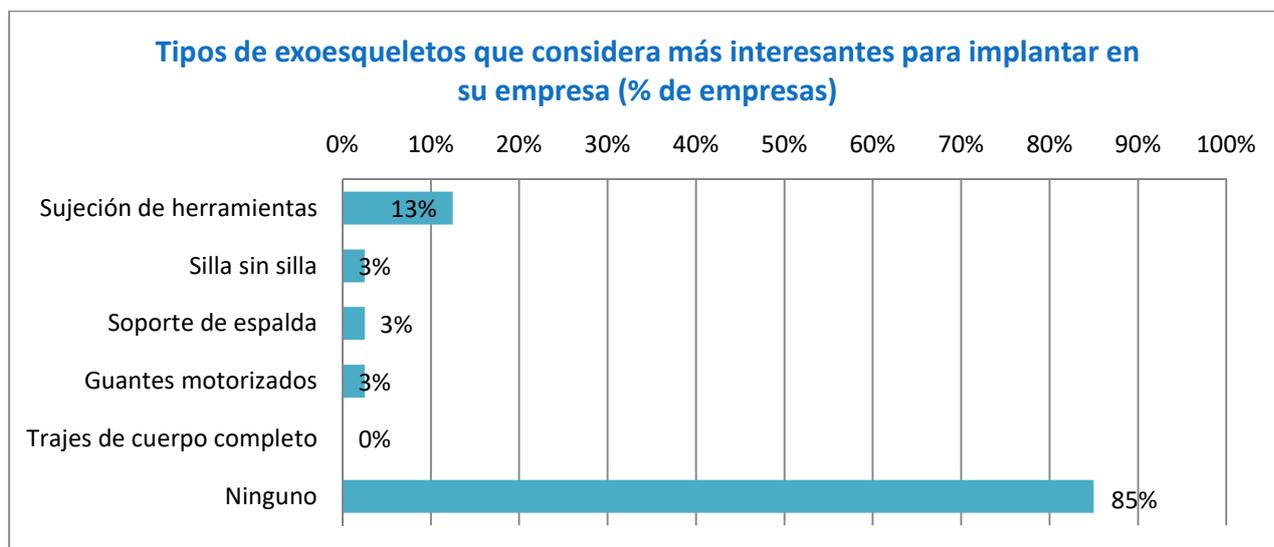
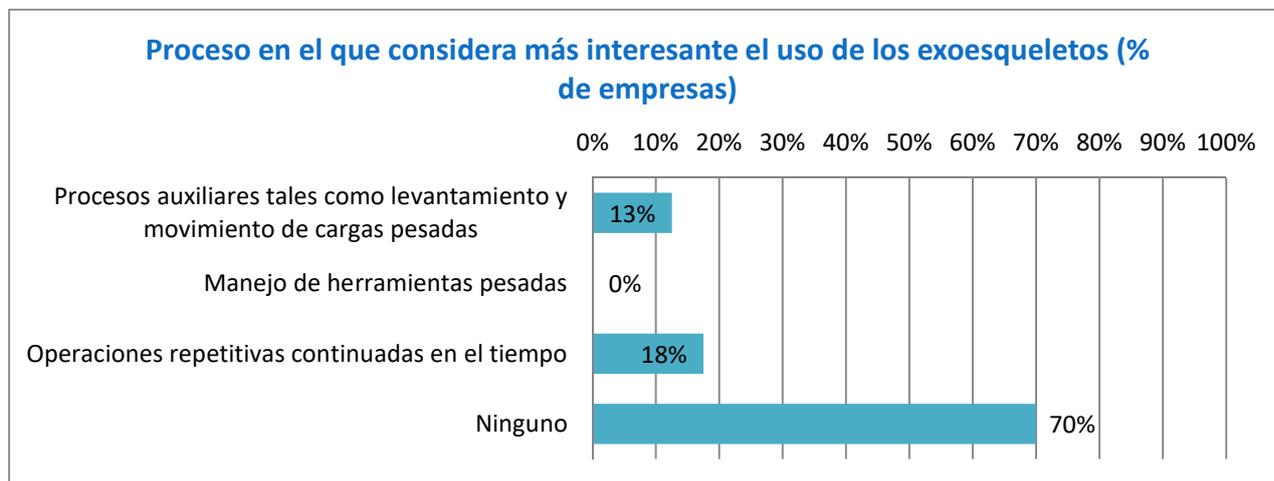


ILUSTRACIÓN 47: PROCESOS DE INTERÉS PARA EL USO DE LA REALIDAD VIRTUAL EN EL SECTOR MADERA/FORESTAL

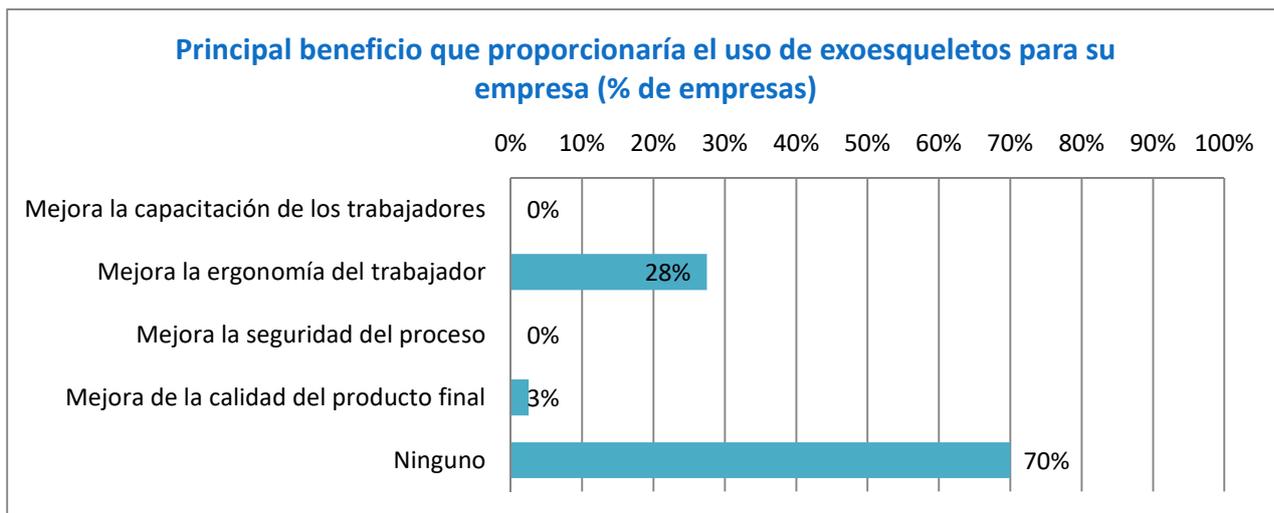
La mayoría de las empresas del sector madera/forestal (83%) no considera de interés la implantación de los **exoesqueletos** en sus procesos. Aquellas que consideran interesante el uso de esta tecnología para la sujeción de herramientas (**Ilustración 48**). Las empresas que consideran la implantación de exoesqueletos los hacen para mejorar la ergonomía del trabajador (**Ilustración 50**) tanto en operaciones repetitivas continuadas en el tiempo como en procesos auxiliares tales como levantamiento y movimiento de cargas pesadas (**Ilustración 49**).



**ILUSTRACIÓN 48: APLICACIÓN DE LOS EXOESQUELETOS EN LAS EMPRESAS DEL SECTOR MADERA/FORESTAL**



**ILUSTRACIÓN 49: PROCESOS DE INTERÉS PARA EL USO DE EXOESQUELETOS EN EL SECTOR MADERA/FORESTAL**

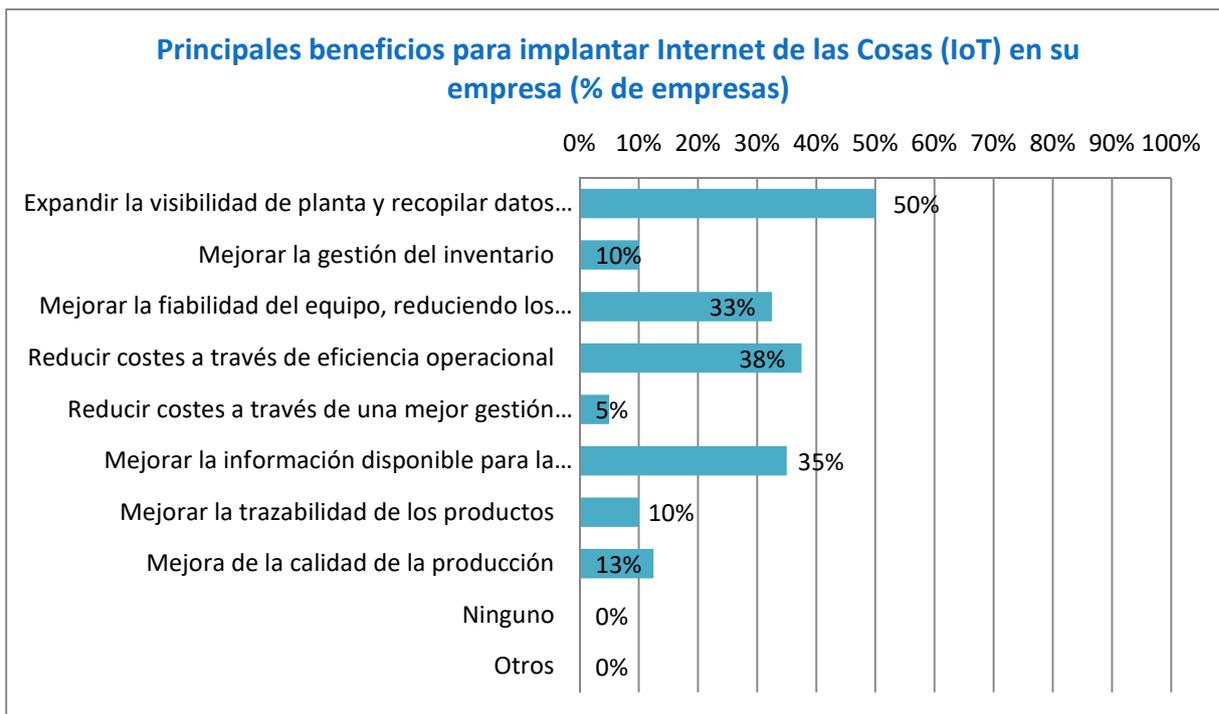


**ILUSTRACIÓN 50: BENEFICIOS IDENTIFICADOS POR LAS EMPRESAS DEL SECTOR MADERA/FORESTAL EN RELACIÓN A LA IMPLANTACIÓN DE EXOESQUELETOS**

#### SISTEMAS CIBERFÍSICOS E INTERNET DE LAS COSAS (IOT)

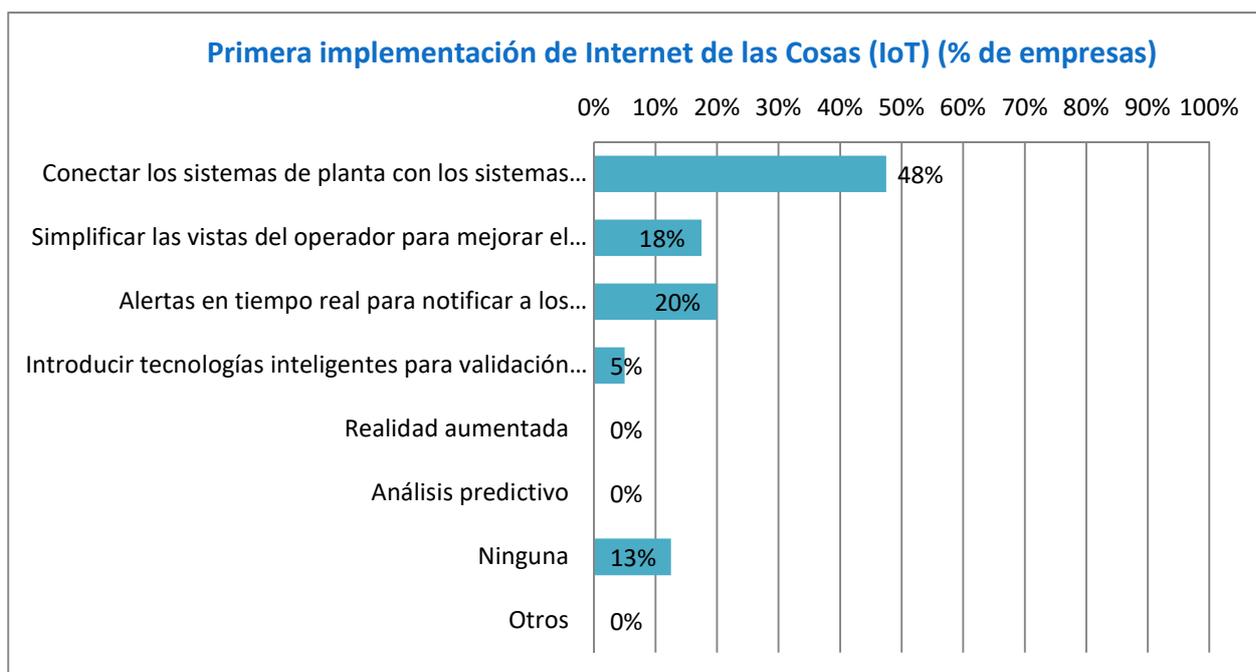
Solamente el 5% de las empresas del sector madera/forestal manifiesta haber implantado tecnologías relativas al Internet de las Cosas, pero hay un 13% de empresas que tiene previsto implantarlas. Hay que tener en cuenta que la integración del IoT tendrá que ser necesario realizar mejoras en la automatización, que todavía no se han llevado a cabo.

El 50% de las empresas del sector madera/forestal considera como principal beneficio de la implantación del Internet de las Cosas expandir la **visibilidad de la planta** y **recopilar datos** para mejorar la inteligencia operaciones, seguido la reducción de costes a través de eficiencia operacional (**Ilustración 51**).



**ILUSTRACIÓN 51: BENEFICIOS IDENTIFICADOS POR LAS EMPRESAS DEL SECTOR MADERA/FORESTAL EN RELACIÓN A LA IMPLANTACIÓN DE INTERNET DE LAS COSAS**

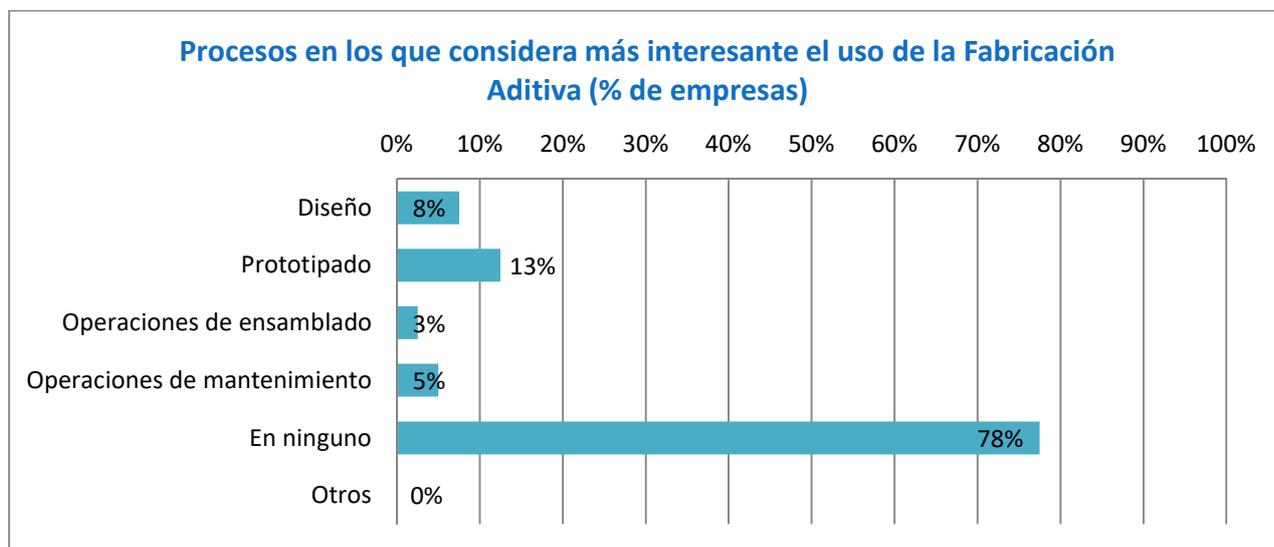
Con respecto a la primera implementación de Internet de las Cosas, las empresas destacan **conectar los sistemas de planta con los sistemas de gestión empresarial, alertas en tiempo real** para notificar a los operadores de anomalías de desempeño y simplificar las vistas del operador para **mejorar el desempeño operacional** (Ilustración 52).



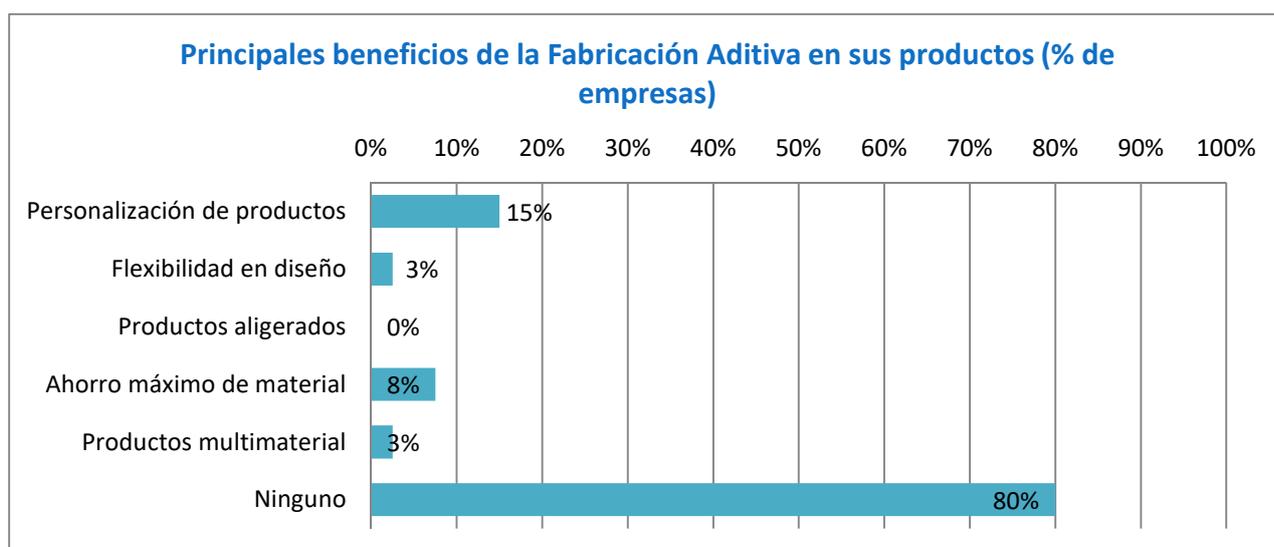
**ILUSTRACIÓN 52: PREVISIÓN DE IMPLANTACIÓN DE INTERNET DE LAS COSAS EN EL SECTOR MADERA/FORESTAL**

## FABRICACIÓN ADITIVA

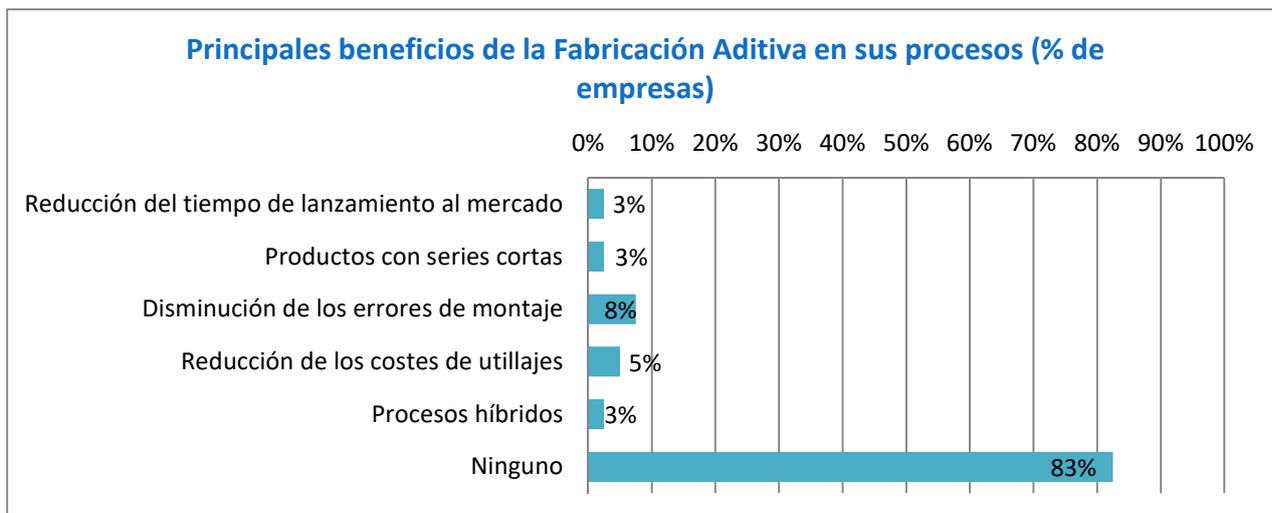
El 78% de las empresas no considera de interés la fabricación aditiva para el sector madera/forestal. Las empresas del sector interesadas en esta tecnología la consideran útil para el **prototipado (Ilustración 53)**. El 80% de las empresas del sector madera/forestal no ha identificado ningún beneficio de la fabricación aditiva en sus productos y solamente un 15% considera que podría interesar para la personalización de productos (**Ilustración 54**). Del mismo modo, un 83% manifiesta no identificar ningún beneficio de la fabricación aditiva en sus procesos (**Ilustración 55**). Pese al escaso grado de interés mostrado en líneas generales por esta tecnología, alguna de las empresas ya usa la fabricación aditiva para la **fabricación de piezas de repuesto** para sus máquinas.



**ILUSTRACIÓN 53: PROCESOS DE INTERÉS PARA LA FABRICACIÓN ADITIVA EN EL SECTOR MADERA/FORESTAL**



**ILUSTRACIÓN 54: BENEFICIOS IDENTIFICADOS POR LAS EMPRESAS DEL SECTOR MADERA/FORESTAL EN RELACIÓN A LA FABRICACIÓN ADITIVA EN SUS PRODUCTOS**



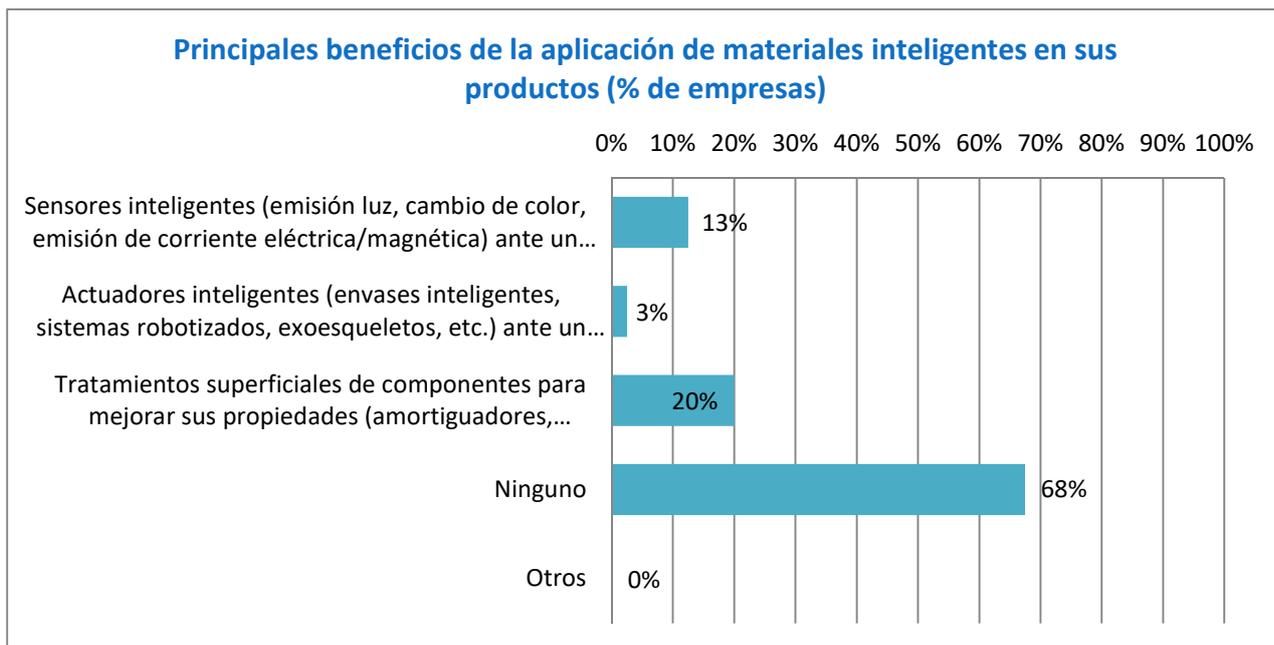
**ILUSTRACIÓN 55: BENEFICIOS IDENTIFICADOS POR LAS EMPRESAS DEL SECTOR MADERA/FORESTAL EN RELACIÓN A LA FABRICACIÓN ADITIVA EN SUS PROCESOS**

#### TECNOLOGÍA DE MATERIALES INTELIGENTES

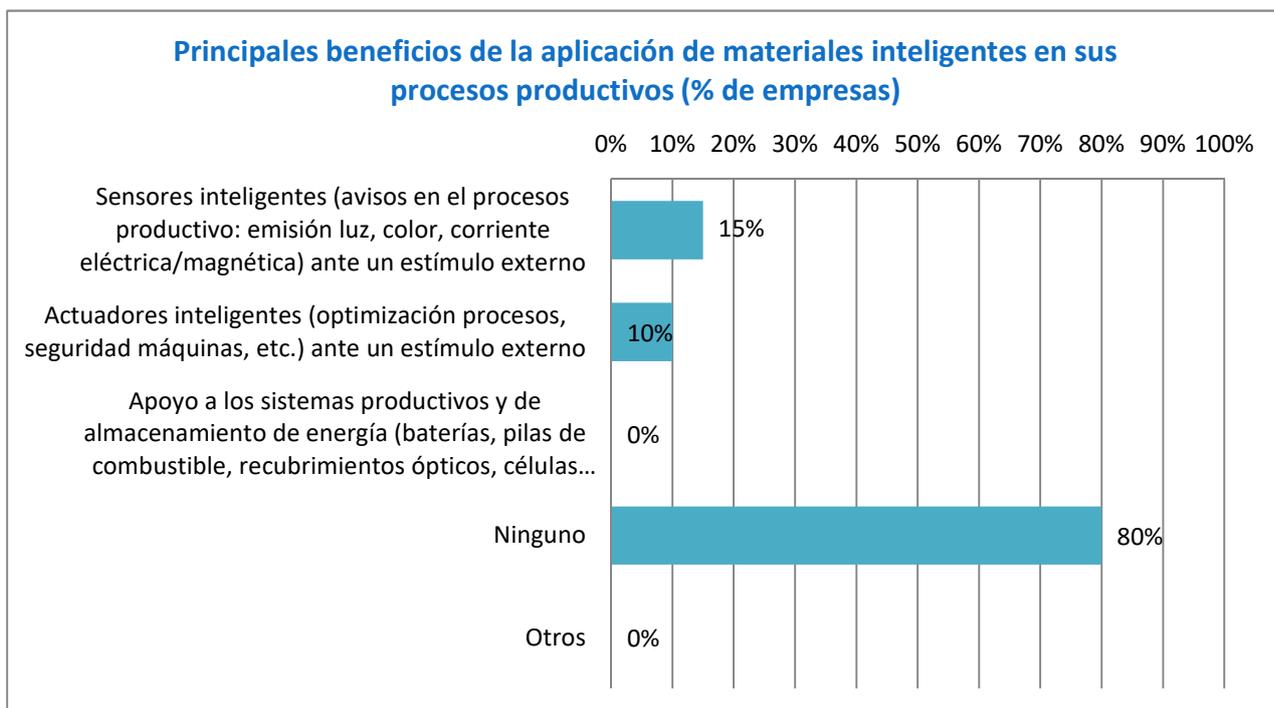
Las empresas del sector madera/forestal consideran de interés el uso de materiales inteligentes para:

- **Tintas térmicas o revestimientos** con posibilidad de cambio de **color en función** de la **hora** del día, la **temperatura** aplicada y gustos del **cliente**.
- **Tratamiento superficial** para aportar mejoras para **limpieza** y **reparación** de pequeños desperfectos.

Aunque el 68% de las empresas del sector madera/forestal no identifica ningún beneficio de la aplicación de materiales inteligentes a sus **productos** (**Ilustración 56**) y un 80% considera que no tiene ningún beneficio en sus **procesos** (**Ilustración 57**). Sin embargo, un 20% considera que podrían ser beneficioso para tratamientos superficiales de componentes para mejorar sus propiedades (amortiguadores, antidesgaste, antifricción, mayor dureza, etc.) (**Ilustración 56**).



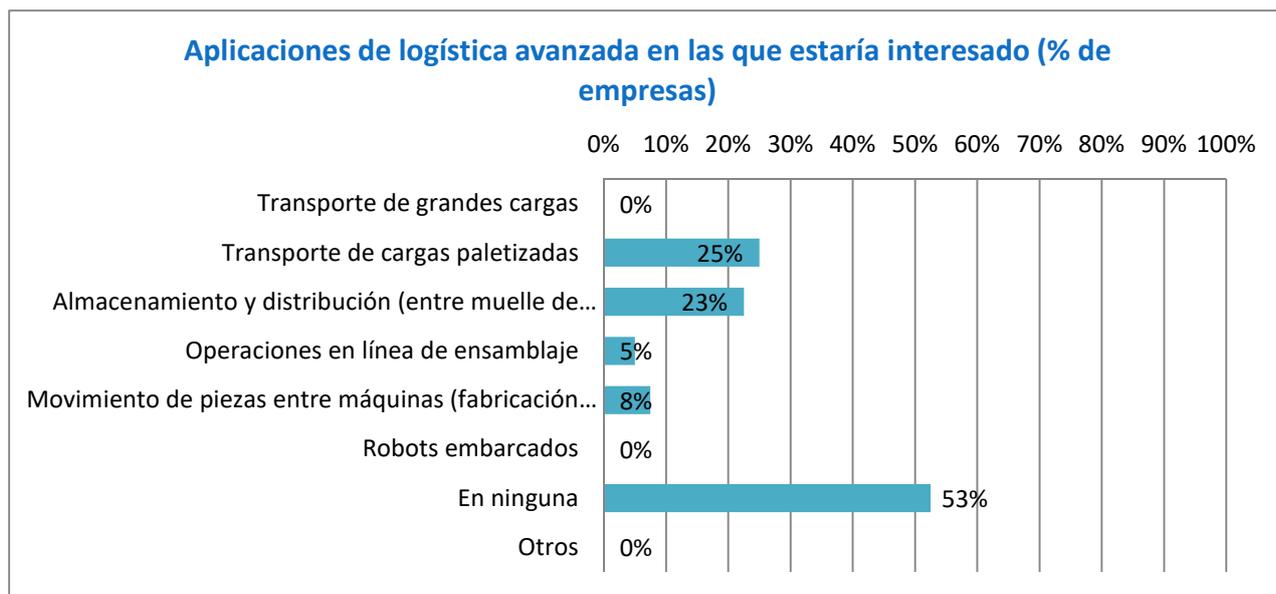
**ILUSTRACIÓN 56: BENEFICIOS IDENTIFICADOS POR LAS EMPRESAS DEL SECTOR MADERA/FORESTAL EN RELACIÓN A LA TECNOLOGÍA DE MATERIALES INTELIGENTES EN SUS PRODUCTOS**



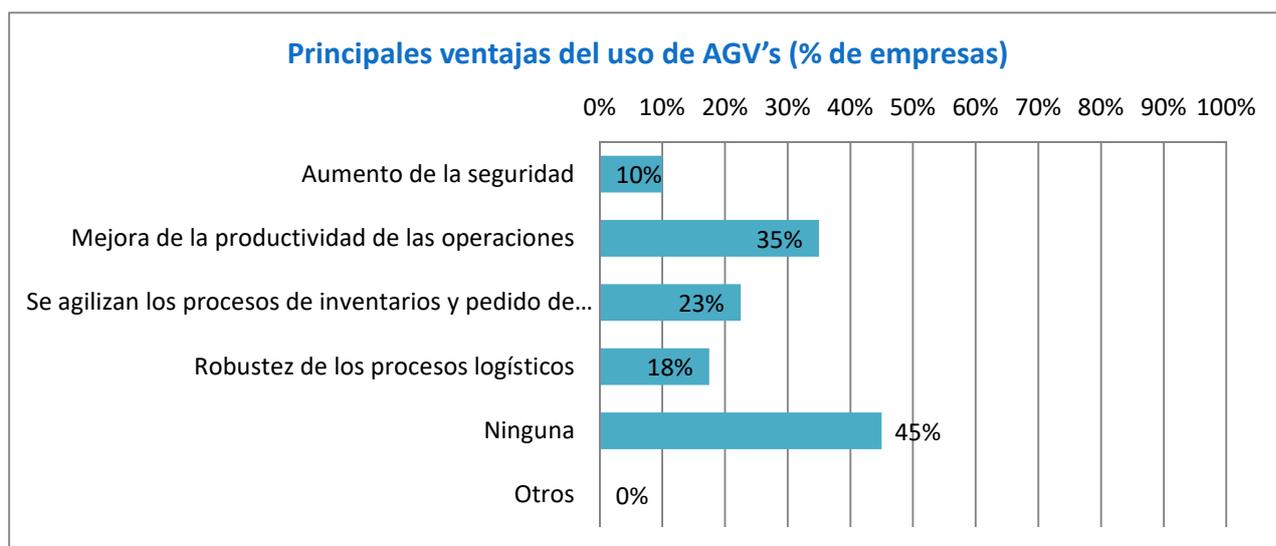
**ILUSTRACIÓN 57: BENEFICIOS IDENTIFICADOS POR LAS EMPRESAS DEL SECTOR MADERA/FORESTAL EN RELACIÓN A LA TECNOLOGÍA DE MATERIALES INTELIGENTES EN SUS PROCESOS**

**LOGÍSTICA AVANZADA**

Un 57% de las empresas del sector madera/forestal ha identificado alguna ventaja en la **aplicación de AGV's** (*Automatic Guide Vehicle*) en su sector como la mejora de la productividad de las operaciones y la agilización de inventarios y pedido de materiales (**Ilustración 59**). El interés principal del uso de AGV's sería para el transporte de cargas paletizadas y almacenamiento y distribución entre muelle de carga y almacén (**Ilustración 58**).

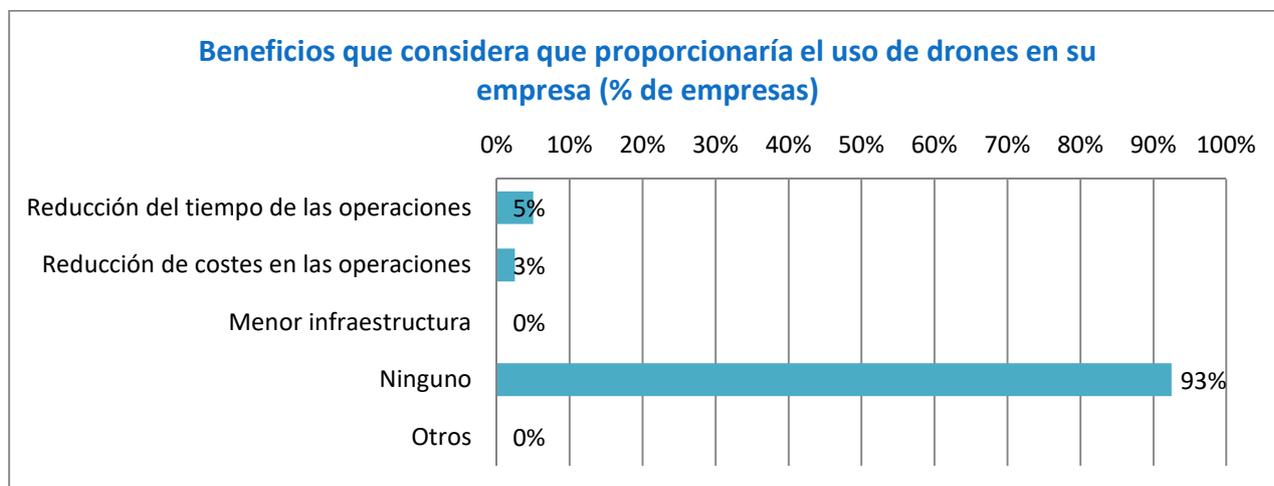


**ILUSTRACIÓN 58: APLICACIONES DE INTERÉS DE LA LOGÍSTICA AVANZADA EN EL SECTOR MADERA/FORESTAL**



**ILUSTRACIÓN 59: BENEFICIOS IDENTIFICADOS POR LAS EMPRESAS DEL SECTOR MADERA/FORESTAL EN RELACIÓN AL USO DE AGV'S**

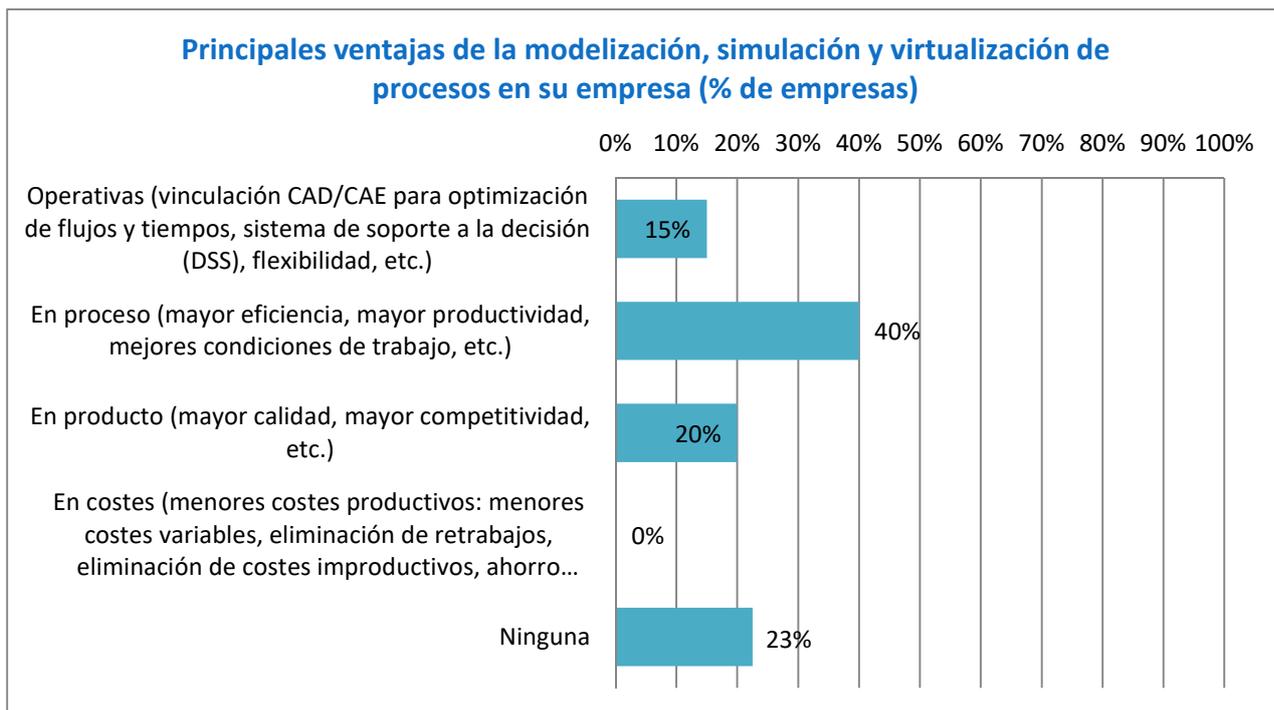
Por otro lado, en relación al **uso de UAV's** (drones) el 93% de las empresas del sector madera/forestal no lo considera de interés en su sector (**Ilustración 60**).



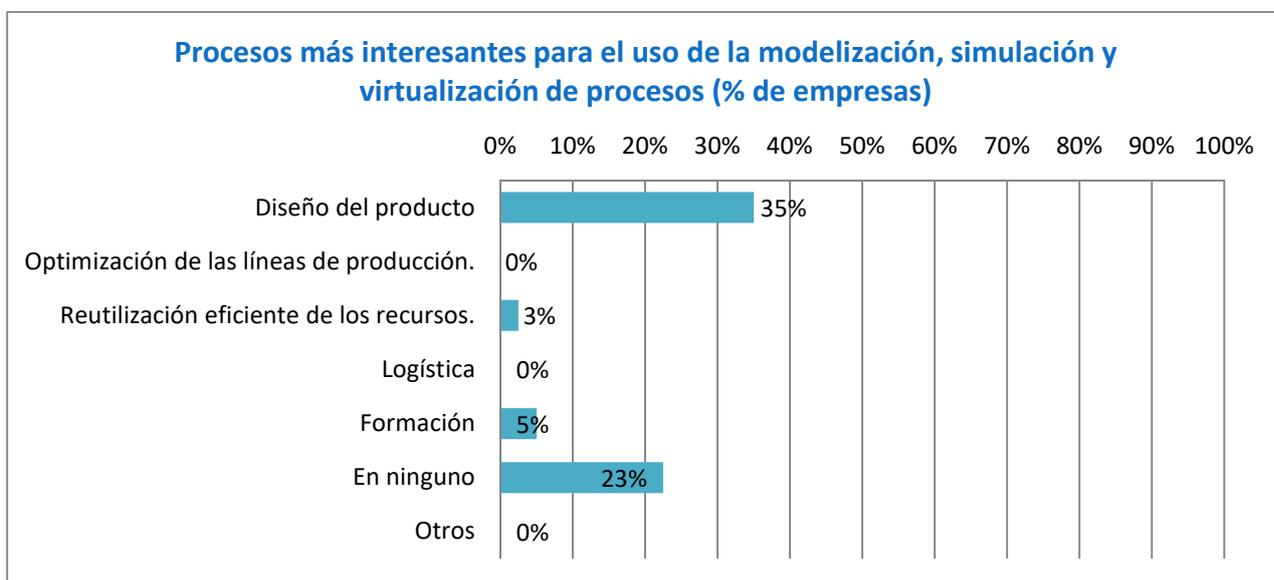
**ILUSTRACIÓN 60: BENEFICIOS IDENTIFICADOS POR LAS EMPRESAS DEL SECTOR MADERA/FORESTAL EN RELACIÓN AL USO DE UAV'S**

#### MODELIZACIÓN, SIMULACIÓN Y VIRTUALIZACIÓN DE PROCESOS

El 40% de las empresas del sector madera/forestal considera como principal ventaja de la modelización y simulación el **aumento de la eficiencia, la productividad y mejores condiciones en el trabajo en el proceso**, seguido de una **mejora en el producto** en relación con la calidad, la competitividad, etc. (**Ilustración 61**). Sin embargo, un 35% de las empresas considera el diseño de producto como el proceso más interesante para su uso (**Ilustración 62**). Esto último se debe a que actualmente solamente se usa simulación para las tareas de diseño y las empresas todavía no detectan el potencial de aplicación de esta tecnología en otros ámbitos.



**ILUSTRACIÓN 61: VENTAJAS DE LA MODELIZACIÓN, SIMULACIÓN Y VIRTUALIZACIÓN DE PROCESOS EN EL SECTOR MADERA/FORESTAL**

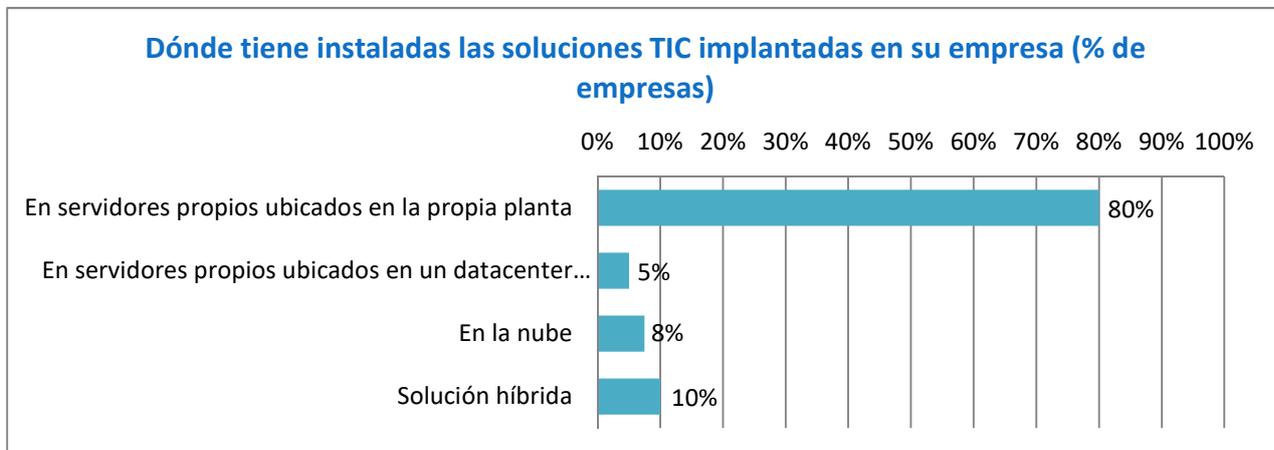


**ILUSTRACIÓN 62: PROCESOS DE INTERÉS PARA EL USO DE LA MODELIZACIÓN, SIMULACIÓN Y VIRTUALIZACIÓN DE PROCESOS EN EL SECTOR MADERA/FORESTAL**

## BID DATA, CLOUD COMPUTING Y DATA ANALYTICS

El 80% de las empresas del sector madera/forestal dispone de **servidores propios ubicados en la propia planta (Ilustración 63)**. Las empresas del sector madera/forestal consideran que la **aplicación del Big Data o análisis de datos** es de interés principalmente en **producción, logística interna y control de calidad**

(Tabla 6). Por otro lado, encima del 50% de las empresas del sector madera/forestal recoge los datos de inventario, residuos generados y defectos generados de forma manual.



**ILUSTRACIÓN 63: IMPLANTACIÓN DE SOLUCIÓN TIC EN LAS EMPRESAS DEL SECTOR FORESTAL/MADERA**

TABLA 6. VALORACIÓN DE LOS PROCESOS DEL SECTOR MADERA/FORESTAL PARA LA APLICACIÓN DE BIG DATA

¿En qué procesos considera más interesante la aplicación de Big Data o análisis de datos en su empresa?	1 (Bajo)	2 (Medio Bajo)	3 (Medio Alto)	4 (Alto)
Adquisición de materias primas	18%	38%	23%	23%
Logística interna	13%	18%	43%	28%
Logística externa	18%	20%	35%	28%
Producción	5%	10%	35%	50%
Control de calidad	8%	23%	40%	30%
Mantenimiento	20%	40%	25%	15%
Servicio postventa	50%	33%	10%	8%
En ninguna	0%	3%	0%	0%

En las empresas del sector madera/forestal, el 50% datos de **inventario y tiempo de actividad de las máquinas se recoge de forma automática**. Los datos que más se recogen de forma manual en la mayoría de las empresas son los relativos a residuos generados, defectos generados y tiempo de actividad de los operarios. Es de destacar que en un 65% de las empresas no se recogen los datos externos que afectan al proceso (Tabla 7).

TABLA 7. SISTEMAS DE RECOGIDA DE DATOS EN EL SECTOR MADERA/FORESTAL

¿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
Inventario/Stock	50%	50%	0%	0%
Tiempos de actividad de las máquinas de producción	38%	50%	13%	0%
Tiempo de actividad de operarios	45%	38%	10%	8%
Residuos generados	63%	3%	13%	23%
Defectos generados	63%	18%	8%	13%
Variables de proceso (temperatura, presión, potencia, intensidad, tensión, humedad, etc.)	10%	33%	23%	35%
Datos externos que afectan al proceso (datos meteorológicos, energéticos, legales, otros)	10%	8%	18%	65%

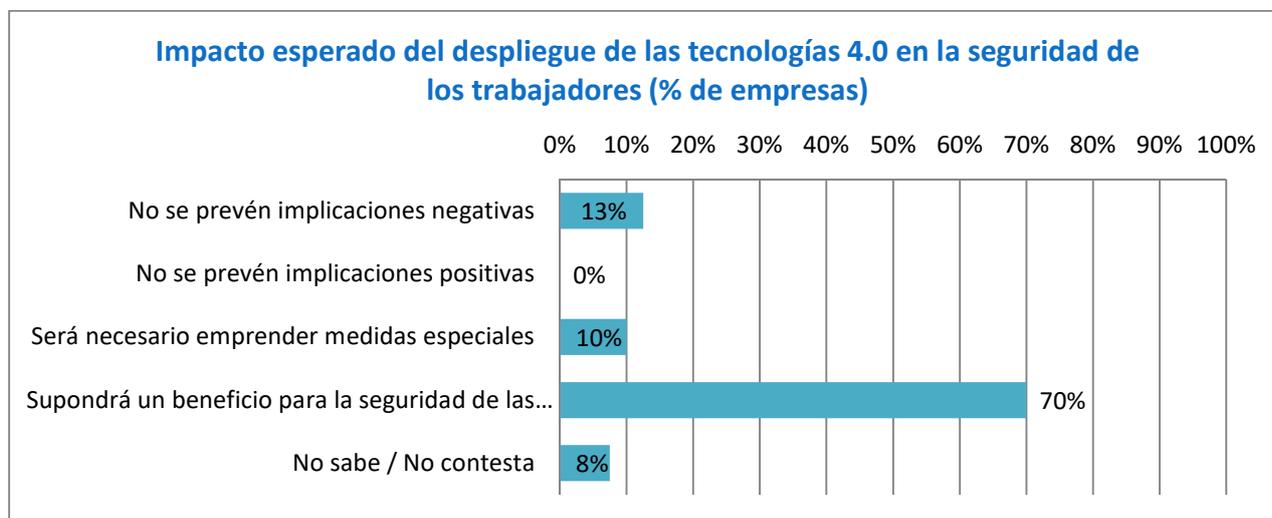
En líneas generales, en la mayoría de las etapas del proceso del sector madera/forestal **no se emplean servicios informáticos en la nube** (Tabla 8). De todas formas, se puede observar cómo estas prácticas empiezan a integrarse en algunos casos en temas de logística interna, producción y control de calidad.

**TABLA 8. PROCESOS PRODUCTIVOS EN LOS QUE SE EMPLEAN SERVICIOS INFORMÁTICOS EN LA NUBE PARA OBTENER O ALMACENAR INFORMACIÓN NECESARIA EN EL SECTOR MADERA/FORESTAL**

Indique en qué fase del proceso productivo emplea servicios informáticos en la nube para obtener o almacenar la información necesaria	1 (Bajo)	2 (Medio Bajo)	3 (Medio Alto)	4 (Alto)
Adquisición de Materias Primas	33%	44%	11%	11%
Logística interna	44%	22%	11%	22%
Logística externa	44%	44%	0%	11%
Producción	30%	30%	30%	10%
Control de calidad	44%	22%	22%	11%
Mantenimiento	33%	56%	0%	11%
Servicio postventa	50%	40%	10%	0%
En ninguno	93%	0%	0%	7%
Otros	0%	0%	0%	0%

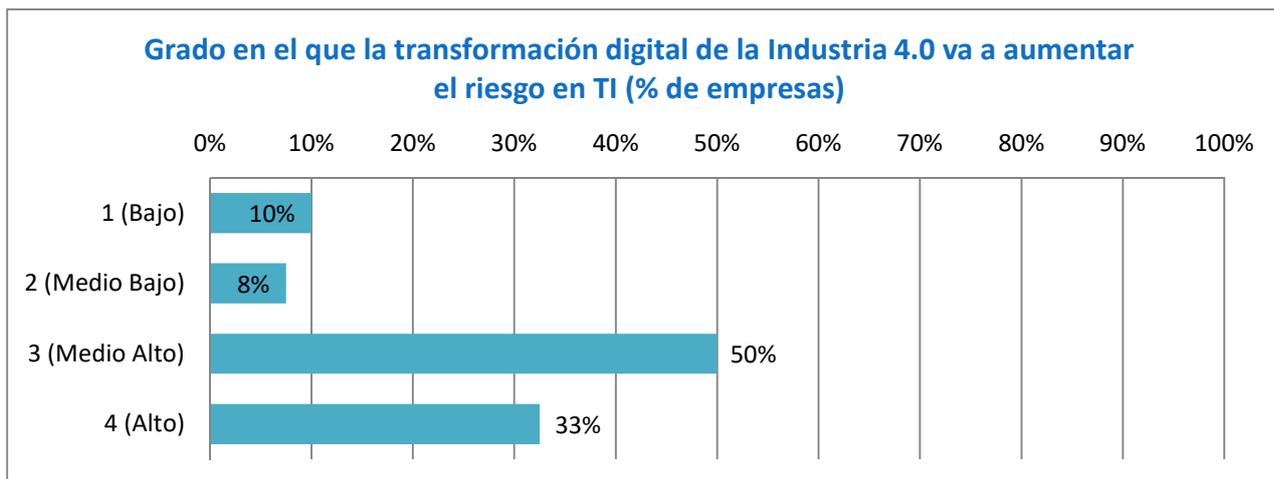
**SAFETY & SECURITY**

El 28% de las empresas encuestadas reconoce disponer de tecnologías de Safety & Security. El 70% de las empresas del sector madera/forestal considera que el despliegue de las tecnologías 4.0 supondrá un beneficio para la seguridad de las personas (**Ilustración 64**). Sobre todo las empresas dedicadas a la primera transformación muestran un especial interés en garantizar la seguridad de los trabajadores.

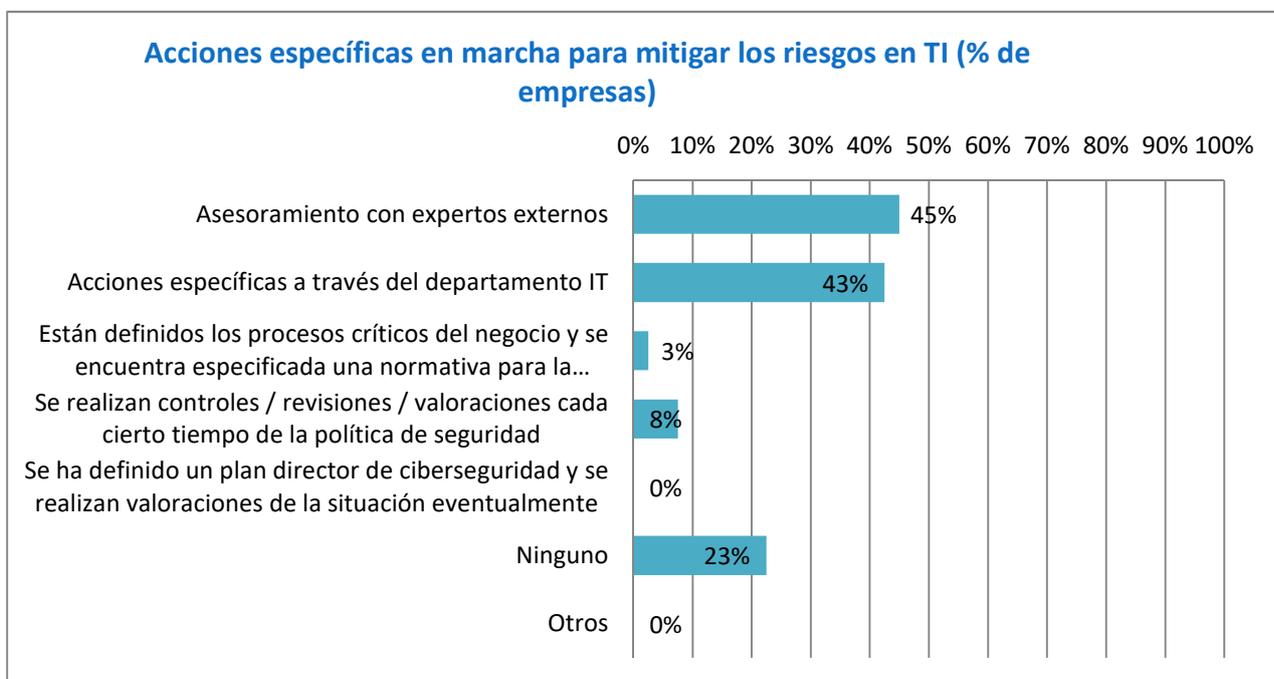


**ILUSTRACIÓN 64: IMPACTO ESPERADO DEL DESPLIEGUE DE LAS TECNOLOGÍAS 4.0 EN LA SEGURIDAD DE LOS TRABAJADORES**

El 88% de las empresas del sector madera/forestal considera que la industria 4.0 va a aumentar el riesgo en tecnologías de la información en un grado medio-alto o alto (**Ilustración 65**). De todas formas, hay un 23% de las empresas que no ha puesto en marcha ninguna acción específica para mitigar los riesgos en tecnologías de la información (**Ilustración 66**). Con respecto a la parte de Security, en general los temas de ciberseguridad es algo que subcontratan a empresas especializadas, salvo en grandes empresas que disponen de departamentos propios.



**ILUSTRACIÓN 65: GRADO EN EL QUE LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL DE LA INDUSTRIA 4.0 VA A AUMENTAR EL RIESGO EN TI**



**ILUSTRACIÓN 66: ACCIONES ESPECÍFICAS REALIZADAS EN EL SECTOR MADERA/FORESTAL PARA MITIGAR LOS RIESGOS EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN**

## GESTIÓN DE LA ENERGÍA Y LOS RESIDUOS

Solamente un 3% de las empresas dispone de un sistema de monitorización en tiempo real y dispone de indicadores de seguimiento energético, aunque un 28% de las empresas disponen de un sistema de monitorización de consumos. La mayoría de las empresas (65%) únicamente hacen el seguimiento energético a partir de las facturas (**Ilustración 67**).

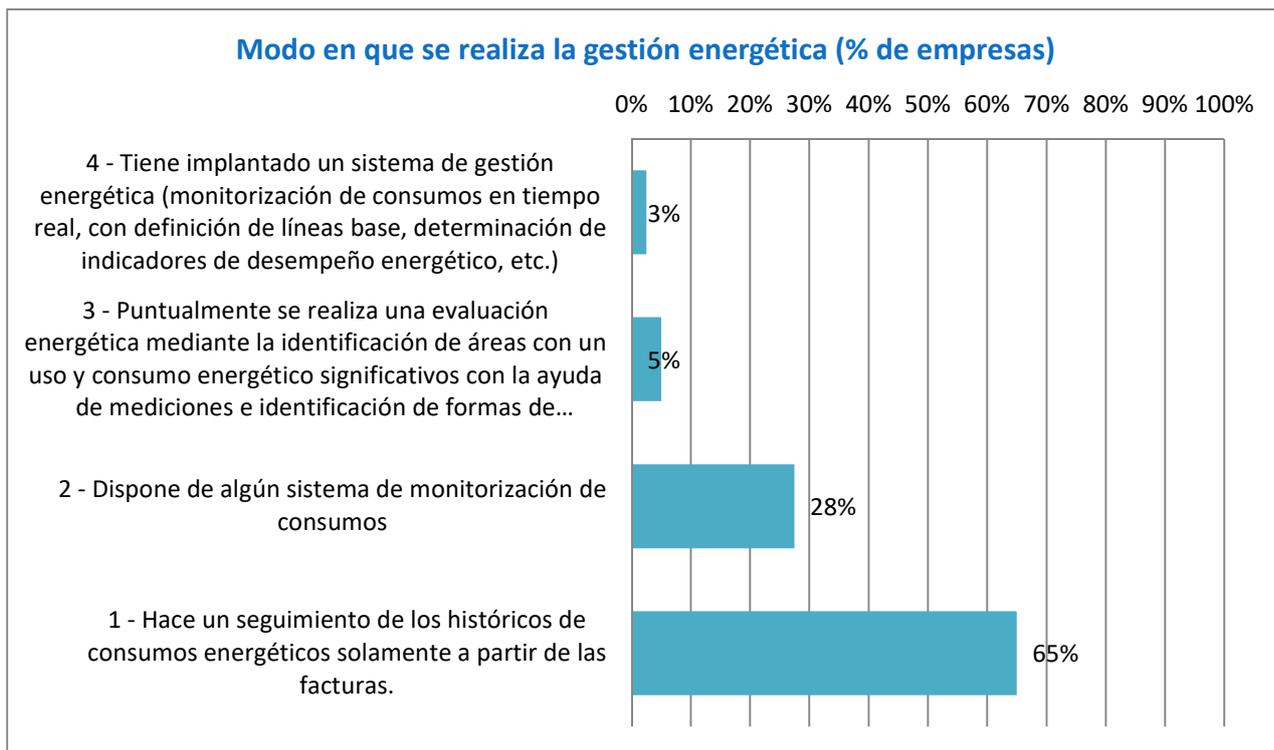


ILUSTRACIÓN 67: GESTIÓN DE LA ENERGÍA EN EL SECTOR MADERA/FORESTAL

El 60% de las empresas del sector madera/forestal no han realizado ninguna acción relacionada con la gestión avanzada de la energía y de manera general no se hace una gestión energética combinada con la gestión de la producción. De todas formas, un 38% de las empresas han implantado algún tipo de **energía renovable** como biomasa o fotovoltaica (**Ilustración 68**).

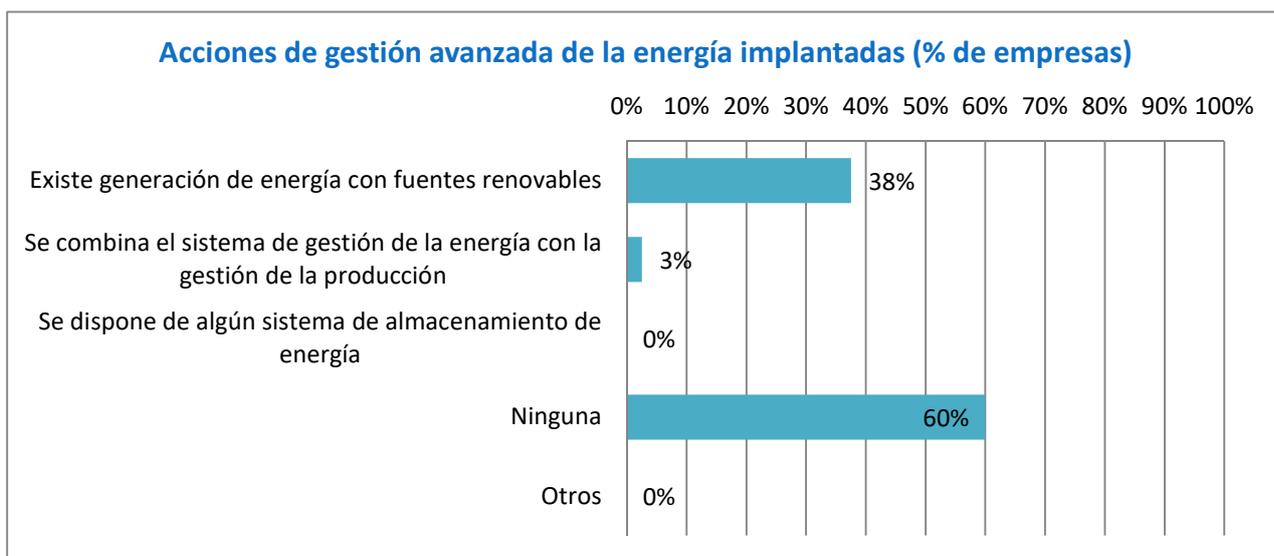
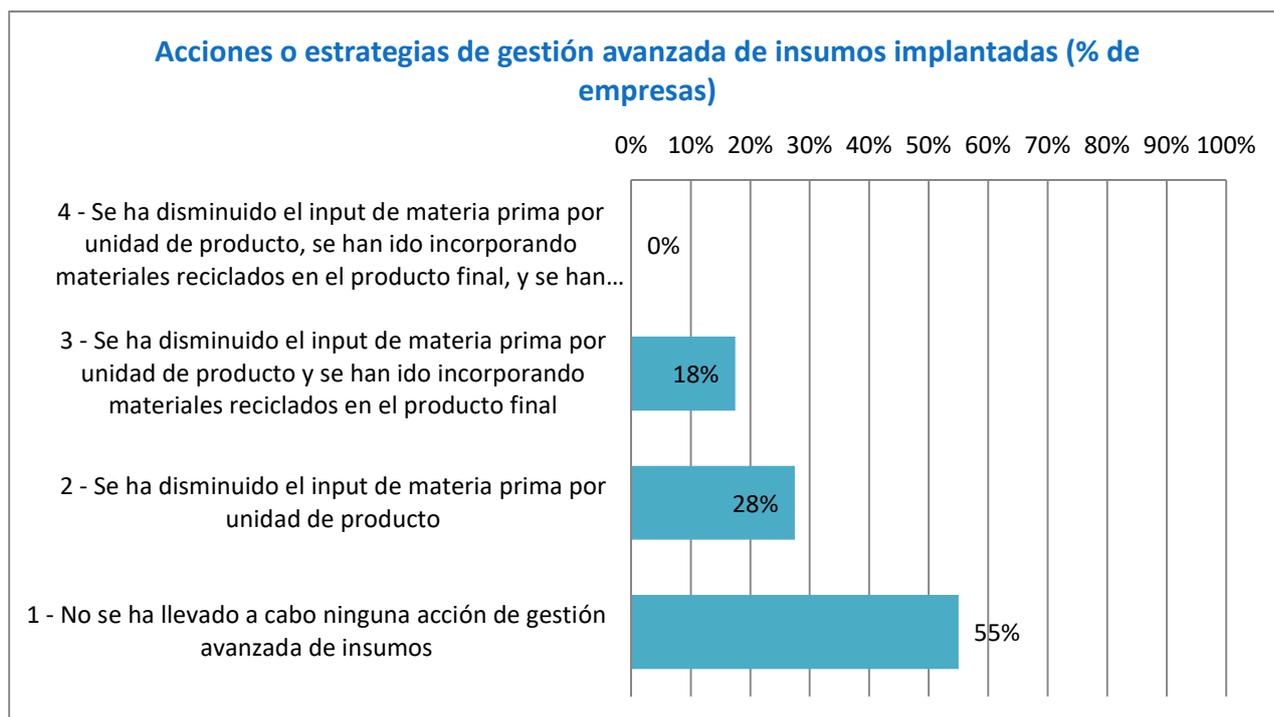
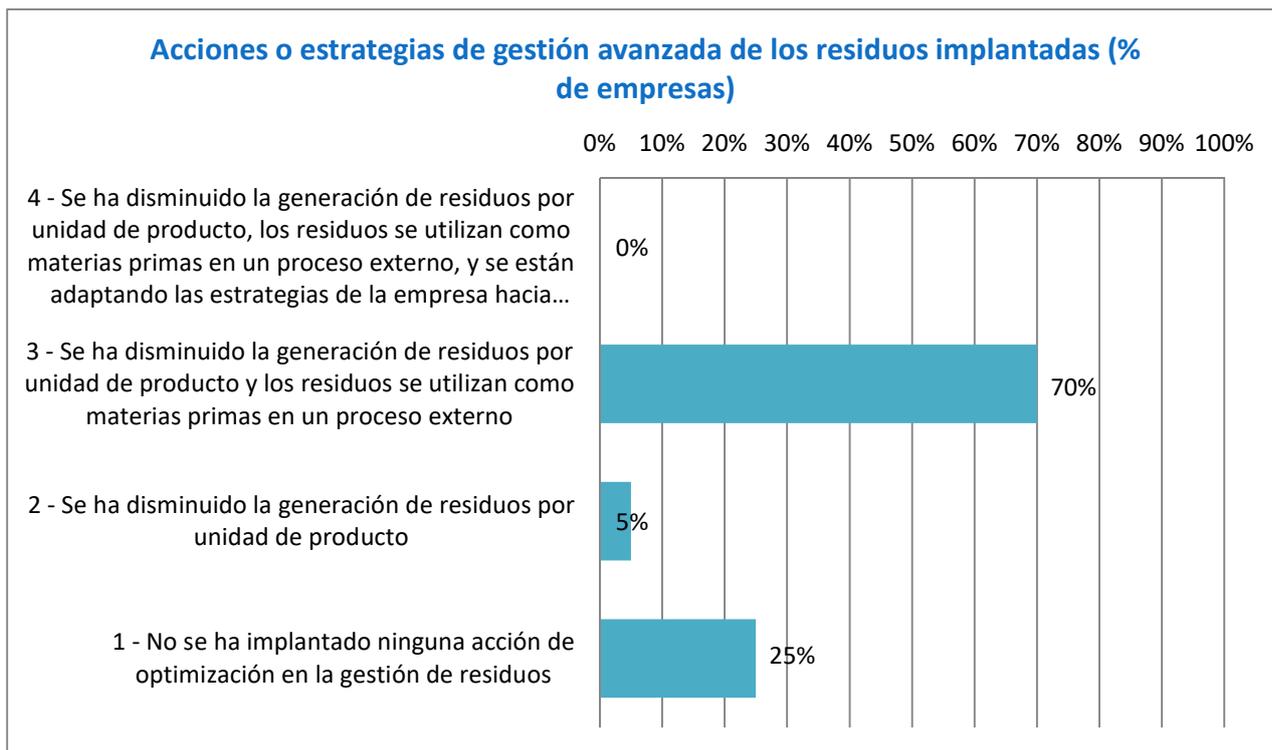


ILUSTRACIÓN 68: ACCIONES DE GESTIÓN AVANZADA DE LA ENERGÍA EN EL SECTOR MADERA/FORESTAL

Con respecto a la implantación de los principio de economía circular, el análisis realizado a las empresas del sector madera/forestal refleja que un 55% de las empresas no ha emprendido ninguna acción sobre las materias primas utilizadas en sus procesos (**Ilustración 69**). Sin embargo, las empresas se muestran ligeramente más preocupadas por los residuos, donde solamente el 25% de las empresas encuestadas reconoce no haber implantado ninguna alternativa para optimizar esta parte de su proceso. En general, el 70% manifiesta que se ha disminuido la generación de residuos y estos se utilizan para otros procesos externos (**Ilustración 70**).



**ILUSTRACIÓN 69: GRADO DE IMPLANTACIÓN DE LOS PRINCIPIO DE ECONOMÍA CIRCULAR SOBRE LAS MATERIAS PRIMAS DEL SECTOR MADERA/FORESTAL**



**ILUSTRACIÓN 70: GRADO DE IMPLANTACIÓN DE LOS PRINCIPIO DE ECONOMÍA CIRCULAR SOBRE LOS RESIDUOS DEL SECTOR MADERA/FORESTAL**

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

Dentro de este estudio se han seleccionado los Elementos Generadores de Valor (*Value Drivers*) de calidad, producción, personas, productos y servicios (ver documento *Estado del Arte: contexto y claves metodológicas*). Esto ha permitido hacer un análisis de las aportaciones de la Industria 4.0 a cada uno de ellos. Por otro lado, dentro de cada uno de los Value Drivers se han identificado los elementos sobre los que estos tienen una mayor importancia y sobre los que las mejoras supondrían por tanto mayores beneficios.

Dentro de los Value Drivers definidos en el estudio, las empresas del sector madera/forestal consideran que las **personas** y la **producción** son los que tienen un mayor potencial de mejora (**Ilustración 71**), aunque es necesario destacar que las empresas reconocen que existe un gran potencial de mejora en cada una de estas palancas ya que solamente un 15% de las empresas del sector madera/forestal considera que el potencial de mejora en relación a la calidad y a productos y servicios es bajo. Todas consideran que existe un potencial de mejora elevado con respecto a producción y personas (**Tabla 9**).

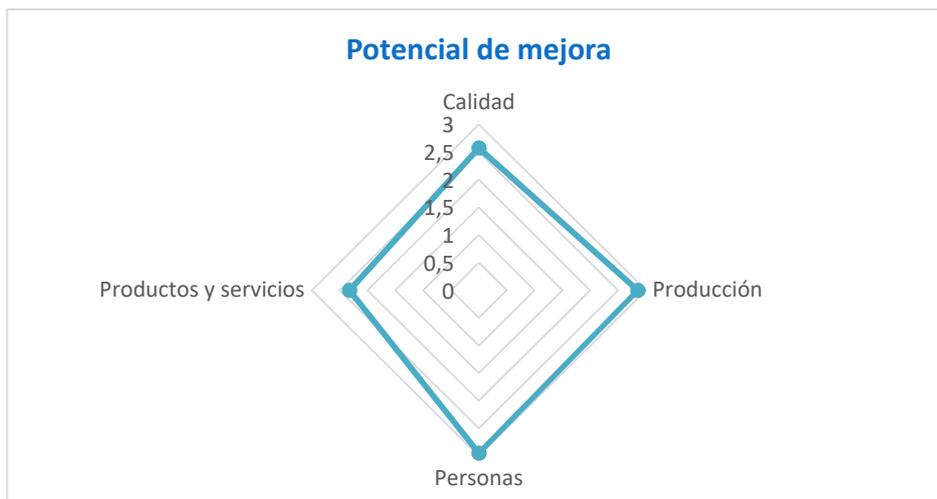


ILUSTRACIÓN 71: POTENCIAL DE MEJORA DE CADA UNO DE LOS VALUE DRIVERS EN EL SECTOR MADERA/FORESTAL

TABLA 9. POTENCIAL DE MEJORA IDENTIFICADO POR LAS EMPRESAS DEL SECTOR MADERA/FORESTAL EN CADA UNO DE LOS VALUE DRIVERS

Potencial de mejora *	Calidad	Producción	Personas	Productos y servicios
1 (Bajo)	15%	0%	3%	15%
2 (Medio Bajo)	23%	33%	33%	45%
3 (Medio Alto)	53%	50%	33%	33%
4 (Alto)	10%	18%	33%	8%

**CALIDAD**

En 63% de las empresas del sector madera/forestal han identificado un potencial de mejora medio-alto o alto en temas relativos a **calidad** (Ilustración 72).



ILUSTRACIÓN 72: POTENCIAL DE MEJORA EN RELACIÓN A CALIDAD IDENTIFICADO POR LAS EMPRESAS DEL SECTOR MADERA/FORESTAL

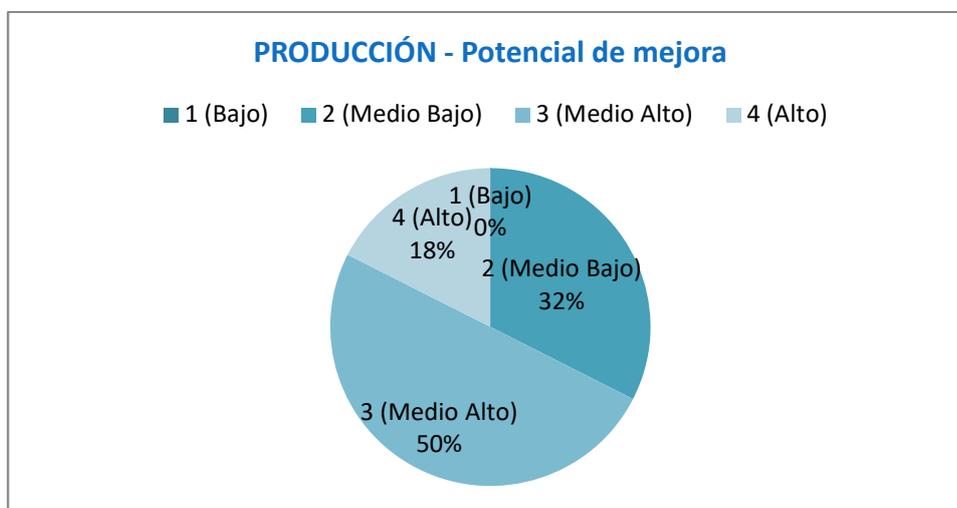
Los procesos identificados como de mayor grado de relevancia dentro del sector madera/forestal en relación a temas de calidad son el control de la calidad/control de la producción y los defectos/despilfarro.

**TABLA 10. GRADO DE RELEVANCIA DE LOS PROCESOS DENTRO DEL VALUE DRIVER DE CALIDAD**

Grado de relevancia de Palancas Tecnológicas *	1 (Bajo)	2 (Medio Bajo)	3 (Medio Alto)	4 (Alto)
Control de la calidad / Control de la producción	0%	8%	20%	73%
Planificación de calidad / Identificación y trazabilidad	0%	15%	28%	58%
Mejora continua (Producto, proceso, organización)	0%	18%	25%	58%
Defectos / Despilfarro	0%	18%	20%	63%

## PRODUCCIÓN

Con respecto a la **producción**, todas las empresas del sector madera/forestal consideran que el potencial de mejora sobre la producción no es bajo. Un 50% de las empresas considera que el potencial de mejora de la producción es medio-alto (**Ilustración 73**).



**ILUSTRACIÓN 73: POTENCIAL DE MEJORA EN RELACIÓN A PRODUCCIÓN IDENTIFICADO POR LAS EMPRESAS DEL SECTOR MADERA/FORESTAL**

Los procesos que se han identificado como más relevantes dentro de la producción han sido la optimización del uso de máquinas, la mejora en la planificación de la producción, rapidez en la toma de decisiones, visión de la producción en tiempo real, producción flexible y optimización de uso de operarios (**Tabla 11**).

TABLA 11. GRADO DE RELEVANCIA DE LOS PROCESOS DENTRO DEL VALUE DRIVER DE PRODUCCIÓN

Grado de relevancia de Palancas Tecnológicas *	1 (Bajo)	2 (Medio Bajo)	3 (Medio Alto)	4 (Alto)
Mejora de la planificación de la producción	0%	15%	40%	45%
Rapidez en la toma de decisiones	0%	20%	58%	23%
Visión de la producción en tiempo real	0%	20%	33%	48%
Producción flexible	0%	20%	40%	40%
Optimización del uso de máquinas	0%	13%	43%	45%
Optimización de uso de operarios	3%	18%	35%	45%
Reducción del tamaño de lote	30%	38%	13%	20%
Mantenimiento predictivo	10%	50%	18%	23%
Reducción de inventarios	18%	45%	30%	8%
Gestión avanzada de la energía	3%	23%	50%	25%
Gestión avanzada de insumos (agua, etc.)	5%	55%	28%	13%
Reciclaje, reutilización y valoración de residuos	5%	35%	30%	30%

PERSONAS

Sólo un 2% de las empresas del sector madera/forestal considera que el potencial de mejora con respecto a **personas** es alto (**Ilustración 74**). En el caso de las personas, casi todos los procesos asociados se han considerado relevantes, destacando la ergonomía y la reducción de tiempos de aprendizaje (**Tabla 12**).

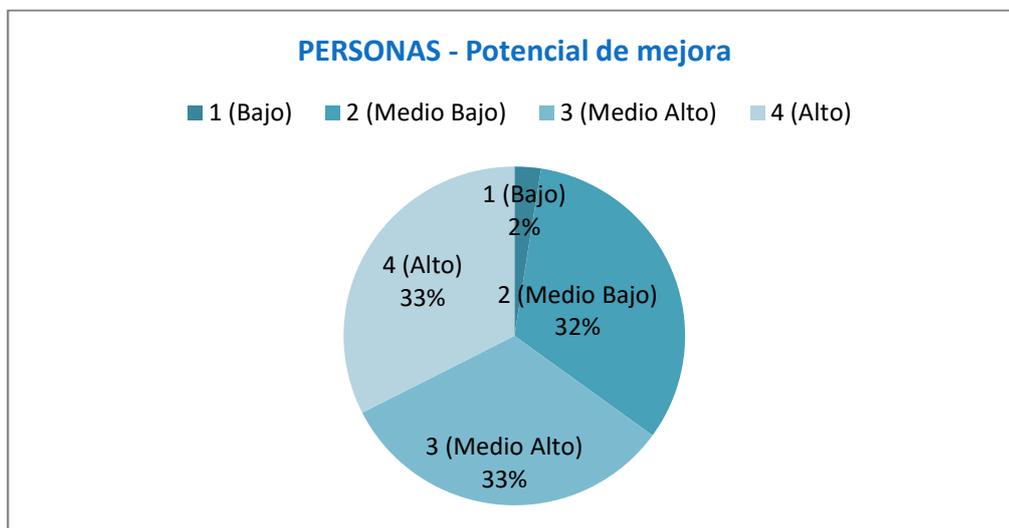


ILUSTRACIÓN 74: POTENCIAL DE MEJORA EN RELACIÓN A PERSONAS IDENTIFICADO POR LAS EMPRESAS DEL SECTOR MADERA/FORESTAL

TABLA 12. GRADO DE RELEVANCIA DE LOS PROCESOS DENTRO DEL VALUE DRIVER DE PERSONAS

Grado de relevancia de Palancas Tecnológicas *	1 (Bajo)	2 (Medio Bajo)	3 (Medio Alto)	4 (Alto)
Reducción de trabajos penosos	0%	5%	43%	53%
Ergonomía	3%	5%	28%	65%
Reducción de tiempos de aprendizaje	0%	8%	30%	63%
Empoderamiento del operario	18%	28%	33%	23%

PRODUCTOS Y SERVICIOS

En la mejora en **productos y servicios** únicamente han identificado un alto potencial de mejora en un 8% de las empresas encuestadas (**Ilustración 75**). Los procesos que adquieren una mayor relevancia dentro del sector madera/forestal en relación a productos y servicios son la predicción de la demanda, la reducción del tiempo de entrega y la personalización del producto (**Tabla 13**).

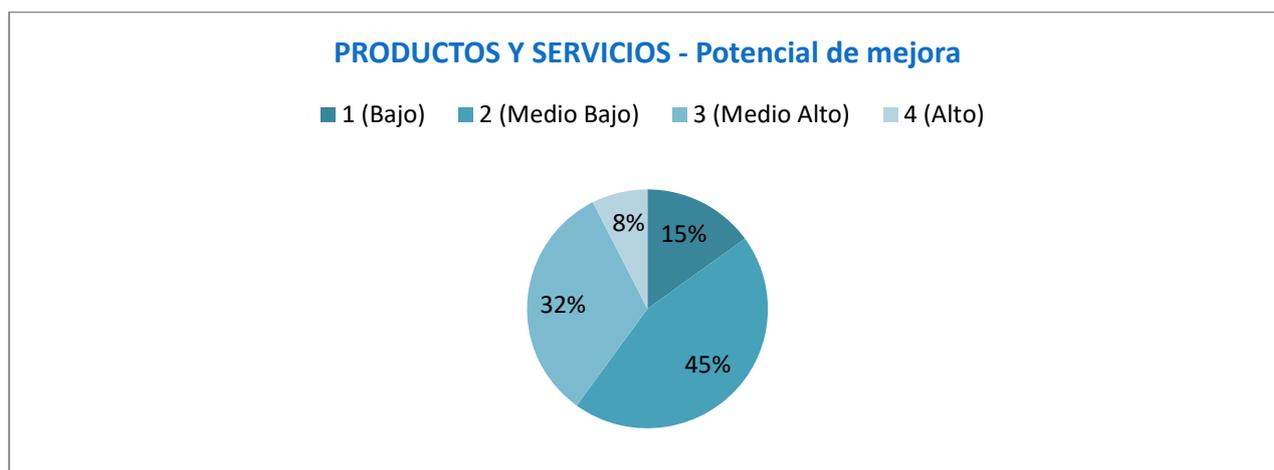


ILUSTRACIÓN 75: POTENCIAL DE MEJORA EN RELACIÓN A PRODUCTOS Y SERVICIOS IDENTIFICADO POR LAS EMPRESAS DEL SECTOR MADERA/FORESTAL.

TABLA 13. GRADO DE RELEVANCIA DE LOS PROCESOS DENTRO DEL VALUE DRIVER DE PRODUCTOS Y SERVICIOS.

Grado de relevancia de Palancas Tecnológicas *	1 (Bajo)	2 (Medio Bajo)	3 (Medio Alto)	4 (Alto)
Co-creación de producto con el cliente	23%	15%	23%	40%
Predicción de la demanda	8%	10%	40%	43%
Nuevos servicios basados en datos	73%	20%	5%	3%
Seguridad producto	53%	28%	18%	3%
Personalización producto	15%	20%	18%	48%
Productos energéticamente eficientes	85%	8%	3%	5%
Nuevas funcionalidades en productos	85%	3%	8%	5%

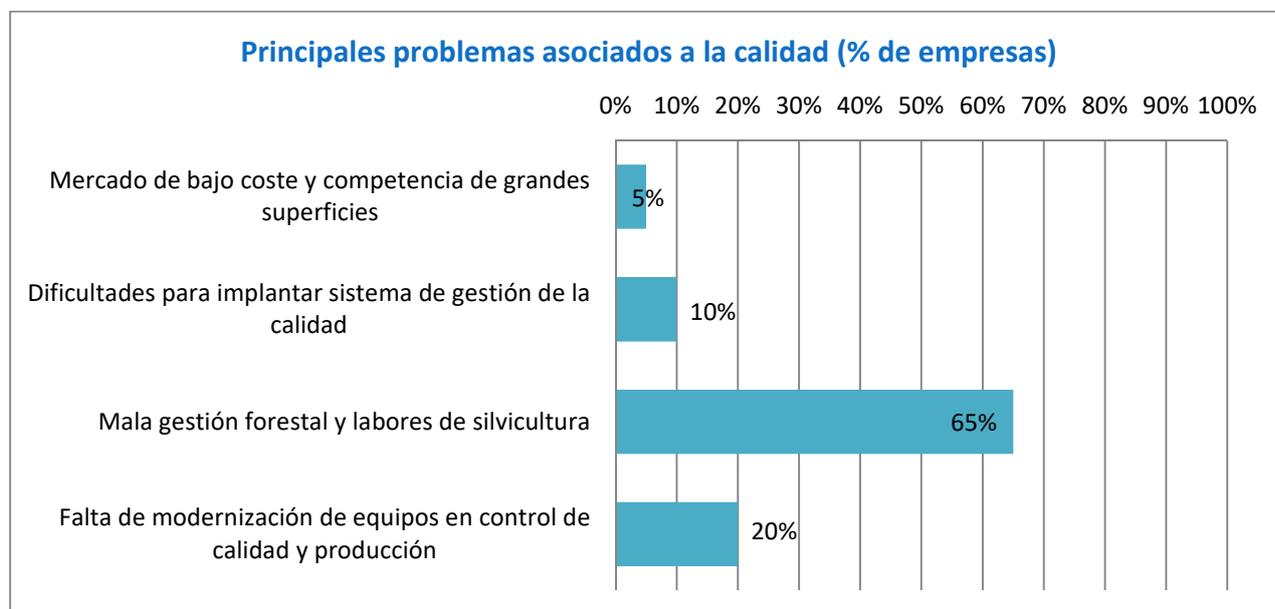
Servicios avanzados al consumidor	73%	25%	0%	3%
Mantenimiento remoto del producto	93%	8%	0%	0%
Reducción del tiempo servicio postventa	58%	20%	13%	10%
Reducción del tiempo de diseño	30%	25%	30%	15%
Prototipado rápido de producto	33%	38%	23%	8%
Reducción del tiempo de industrialización	28%	35%	23%	15%
Reducción del tiempo de entrega	18%	5%	33%	45%

### 3.2.3 Problemas detectados

Según los resultados de las encuestas, los principales hándicaps asociados al sector madera/forestal, sobre todo en lo que a la calidad del producto se refiere, hacen referencia a la materia prima con la que se trabaja.

#### CALIDAD

Un 65% de las empresas encuestadas, tal y como observamos en la **Ilustración 76**, afirma que la mala gestión del monte gallego y las notables deficiencias en las labores de silvicultura, provocan una baja calidad de la materia prima, que luego acarrea deficiencias, tanto en procesos como acabados, a lo largo de toda la cadena de valor. Este hecho empeora más si cabe en las empresas con procesos de primera y segunda transformación.



**ILUSTRACIÓN 76: PRINCIPALES PROBLEMAS ASOCIADOS A LA CALIDAD**

La opinión generalizada de las empresas del sector es que hay un problema de base que posteriormente se va arrastrando y afecta a varias etapas de la cadena de valor de la madera, en aspectos tan importantes como la calidad final del producto.

Este hecho se ve refrendado con el dato de que varias empresas de primera transformación tienen a su vez intereses e inversiones en el sector forestal. Según sus aportaciones, y también las de otras empresas que sólo realizan transformación, se carece de notables recursos en los montes gallegos.

Existen importantes **deficiencias en los trabajos de silvicultura**, y no se llevan a cabo labores estructuradas en la plantación de especies o en el momento de la poda de los árboles, a lo que se suma la falta de efectivos y recursos económicos para las labores forestales. Esto provoca que la madera llegue a los aserraderos con taras y deficiencias morfológicas, como son troncos asimétricos y torcidos, con la consecuente pérdida de materia prima y la rebaja de calidad del producto transformado.

Otro aspecto clave, y que es queja generalizada en muchas empresas, es el de los numerosos **nudos con los que llega el tronco** a las fábricas, y que una vez incorporado al proceso de fabricación, acaban apareciendo en la tabla serrada, provocando problemas de calidad por roturas (a veces reparables invirtiendo tiempo y recursos, y otras veces no), y una importante devaluación en el precio del producto por falta de uniformidad.

Posteriormente, tal y como afirman las empresas, estos problemas se van arrastrando a los siguientes procesos de transformación a lo largo de la cadena de valor, (como pueden ser los fabricantes de suelos, tarimas y molduras), que imputan gran parte de los problemas de calidad en sus productos, a las deficiencias de la materia prima de sus proveedores locales.

El **impacto** que les supone este aspecto a las empresas encuestadas, tal y como vemos en la **Ilustración 77**, es bastante variable. Un 30% de ellas afirma que la incidencia es menor del 7,5% de su facturación, y otro 20% de las entrevistadas, achaca entre un 7,5% y un 15% de su facturación al problema con la calidad de la materia prima que transforman. En general, son cifras a tener en cuenta, y según el caso concreto pueden suponer costes bastante elevados.

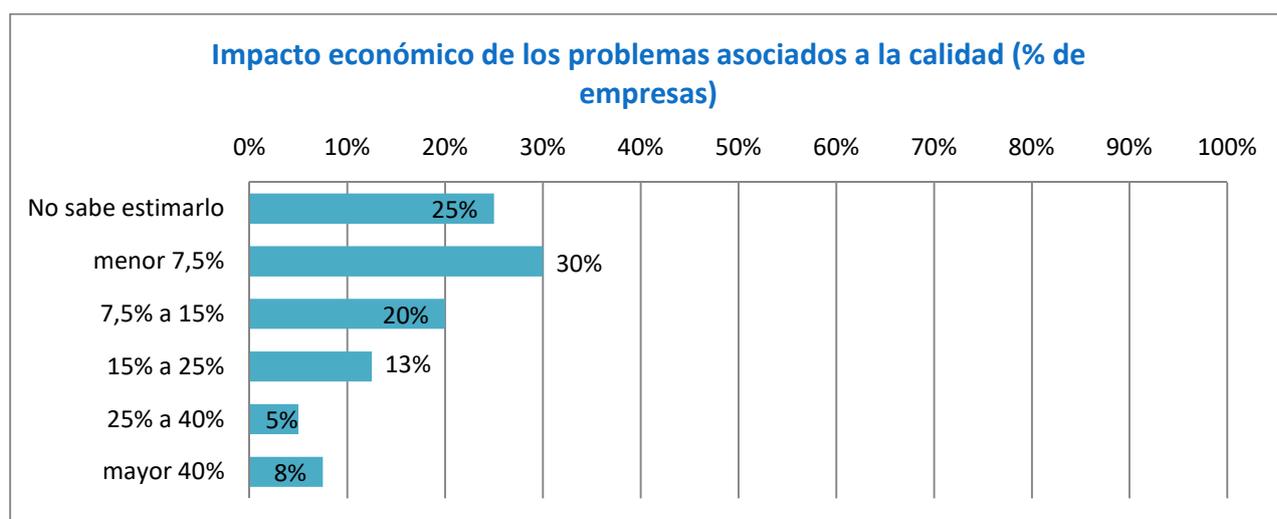


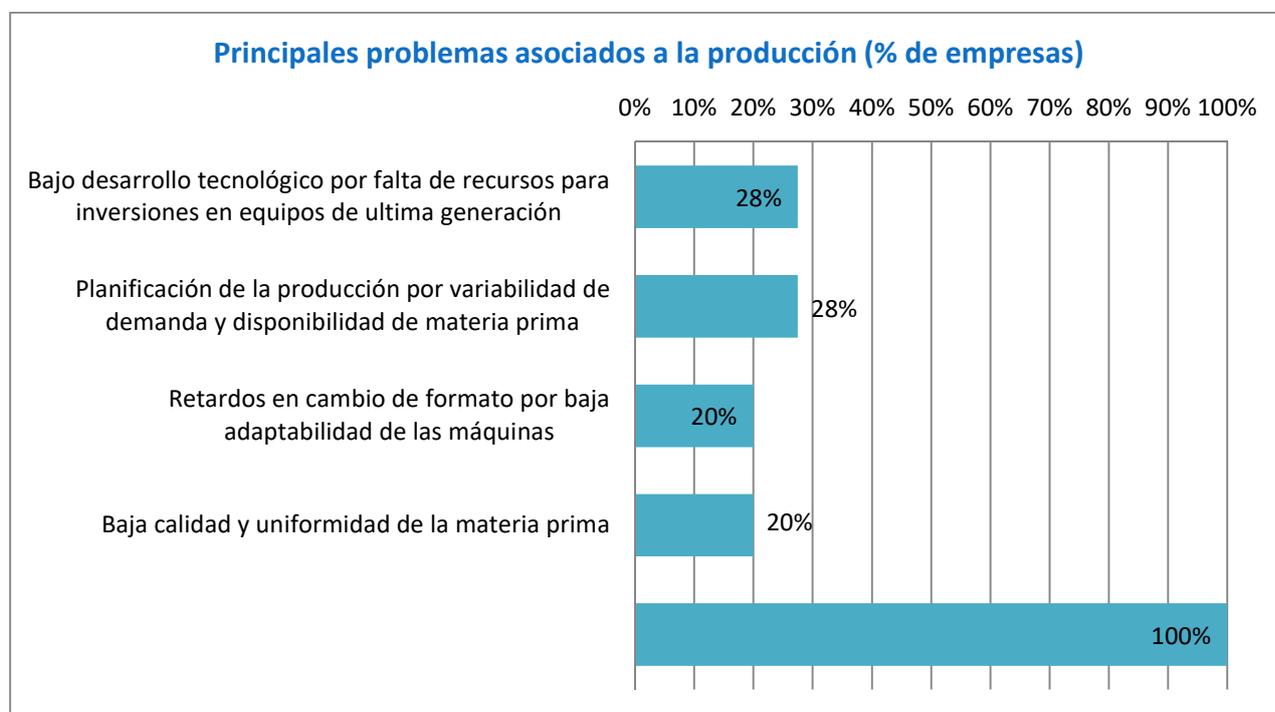
ILUSTRACIÓN 77: IMPACTO ECONÓMICO DE LOS PROBLEMAS ASOCIADOS A LA CALIDAD

Pero no sólo afecta el problema asociado a la materia prima a aspectos relacionados con la calidad. Se observa en los datos reflejados por la **Ilustración 78**, que también tiene incidencia sobre los procesos de fabricación, dado que un 20% de las respuestas sobre problemáticas asociadas a producción, hacen referencia a deficiencias de calidad en la materia prima.

Otras problemáticas importantes que destacan las empresas encuestadas, son el bajo desarrollo tecnológico y la falta de equipos de fabricación de última generación, asociado todo esto a una falta de recursos económicos para invertir a causa de los elevados precios en los fabricantes.

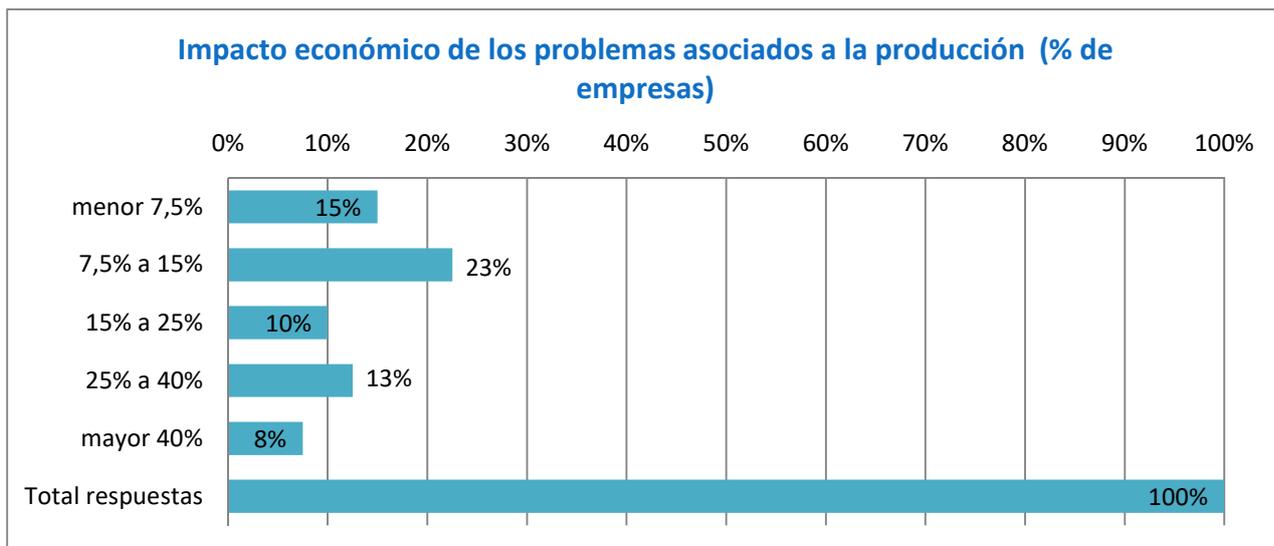
## PRODUCCIÓN

Las empresas del sector madera/forestal también admiten tener problemas con la planificación de la producción cuando tienen que hacer frente a una demanda de producto variable y a una baja disponibilidad de ciertas materias primas.



**ILUSTRACIÓN 78: PRINCIPALES PROBLEMAS ASOCIADOS A LA PRODUCCIÓN**

En el caso concreto de los procesos productivos, un tercio de las empresas no sabría estimar el impacto que les supone. Sin embargo, viendo los datos de la **Ilustración 79**, se observa que volvemos a asociar a estas problemáticas unos valores elevados con respecto a la facturación de las empresas.



**ILUSTRACIÓN 79: IMPACTO ECONÓMICO DE LOS PROBLEMAS ASOCIADOS A LA PRODUCCIÓN**

## PERSONAS

Si ponemos el foco en las personas, tal y como se extrae de las **Ilustración 80**, la opción elegida en la mayoría de las empresas que afirman tener problemáticas en este aspecto, es la **falta de formación** y la dificultad de encontrar profesionales técnicos y operarios cualificados en el mercado laboral. Estas carencias son de diversa índole, y afectan a todas las áreas de la cadena de valor, estando entre las más comunes la falta de conocimiento de las especies de madera con las que van a trabajar, poca experiencia en el uso de las diferentes máquinas y equipos habituales en este sector y carencias en el área de diseño.

Los profesionales del sector salen de los centros de formación faltos de conocimiento de lo que se va a encontrar en el mercado laboral. En general, las empresas emplean grandes recursos internos y largos períodos de tiempo en formar a los trabajadores que contratan, haciendo en muchos casos que estos no empiecen a ser rentables hasta por lo menos el segundo año.

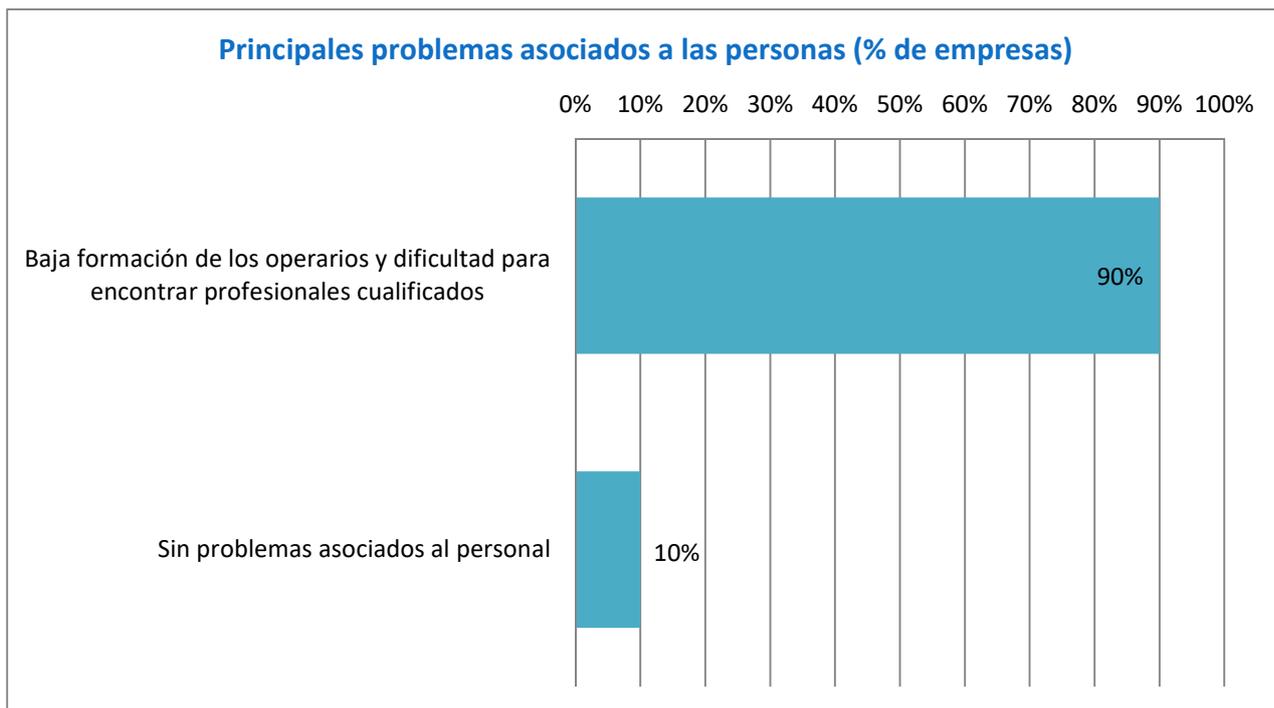


ILUSTRACIÓN 80: PRINCIPALES PROBLEMAS ASOCIADOS A LAS PERSONAS

En la gran parte de los casos, a las empresas les cuesta estimar cuanto impacto tiene la baja cualificación de los profesionales del sector, en sus organizaciones. Hay casos concretos que han hecho el cálculo y estiman este coste para las empresas en unos 10.000 €/año por cada operario contratado, tal y como vemos en la **Ilustración 81**.

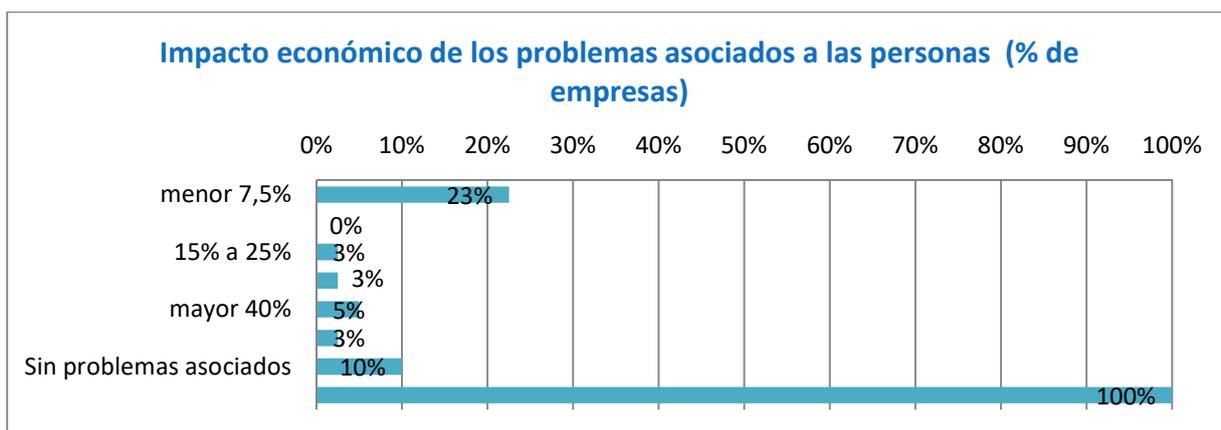


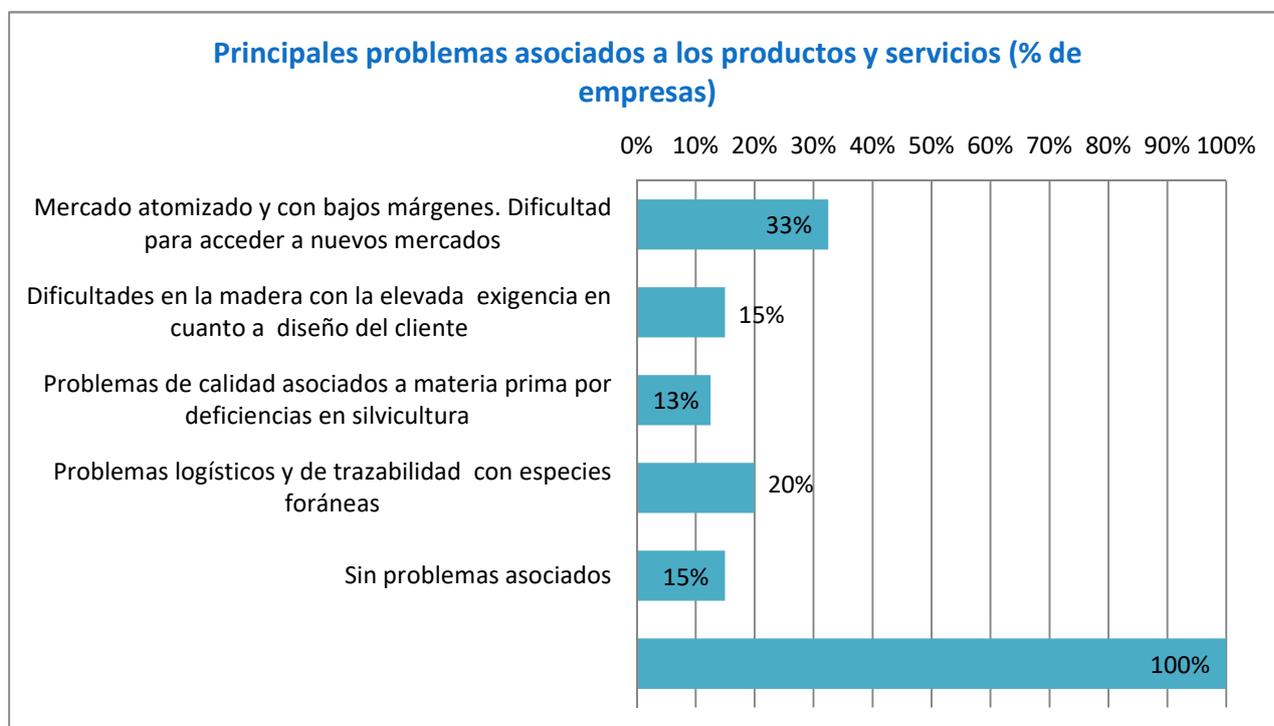
ILUSTRACIÓN 81: IMPACTO ECONÓMICO DE LOS PROBLEMAS ASOCIADOS A LAS PERSONAS

## PRODUCTOS Y SERVICIOS

Los problemas asociados al producto y/o servicio ofrecidos por las empresas del sector madera/forestal, en muchos casos coinciden con los ya mencionados en las otras áreas, como por ejemplo los asociados a la calidad de la materia prima.

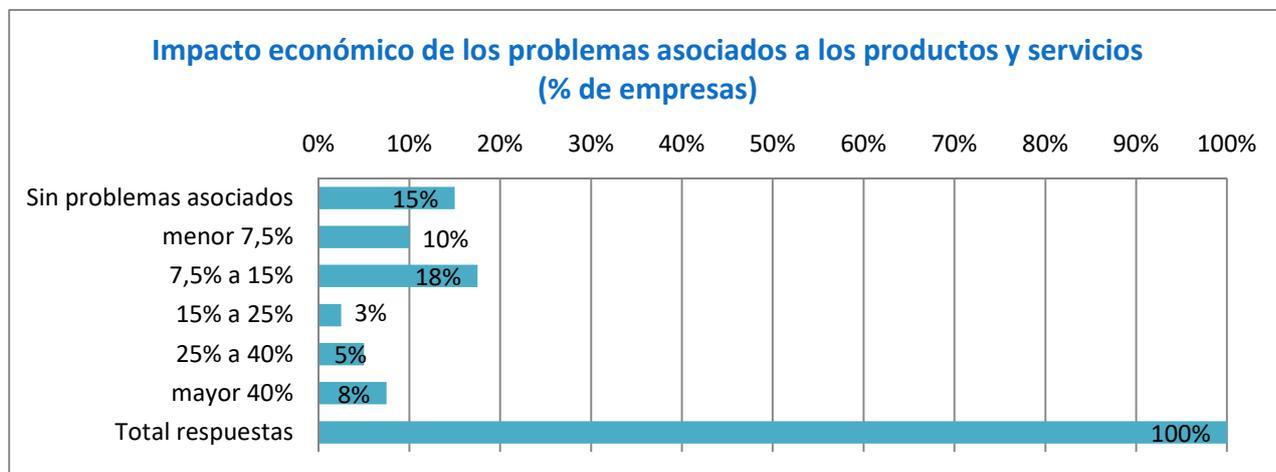
Sin embargo, como se indica en la **Ilustración 82**, se hace necesario resaltar algunos ejemplos concretos como que la estructura de las empresas gallegas del sector, salvo algunos grandes grupos industriales, está constituida en general como **mediana o pequeña empresa**, estando la producción muy atomizada y distribuida por la geografía gallega. El 33% de las empresas entrevistadas, afirma que existe una masificación de la oferta y erosión de los precios de mercado, con la consiguiente reducción del poder adquisitivo de las mismas. Relacionado con esto, está la dificultad para acceder a nuevos mercados, sobre todo en el extranjero. Tanto los productos como las materias primas procedentes de zonas como el norte y este de Europa, tienen un valor añadido y una calidad sensiblemente superior a la gallega, por lo que encarece la compra de especies de estas zonas por parte de las empresas locales y dificulta el acceso a ciertos contratos cuando se compite con empresas de estos países.

Otro aspecto importante, según el 20% de los entrevistados, son los **problemas logísticos** y de falta de **trazabilidad** asociados a la compra de especies foráneas, y a veces tropicales. El mercado de la madera depende mucho de la materia prima, y este tipo de problemas provoca retrasos en los proyectos y problemas de seguimiento en las fabricaciones y entregas. Además, la falta de trazabilidad en ciertas especies, supone el quedarse fuera de la licitación de importantes proyectos, debido a las exigencias de ciertos clientes en cuanto a procedencia de materiales utilizados.



**ILUSTRACIÓN 82: PRINCIPALES PROBLEMAS ASOCIADOS A LOS PRODUCTOS Y SERVICIOS**

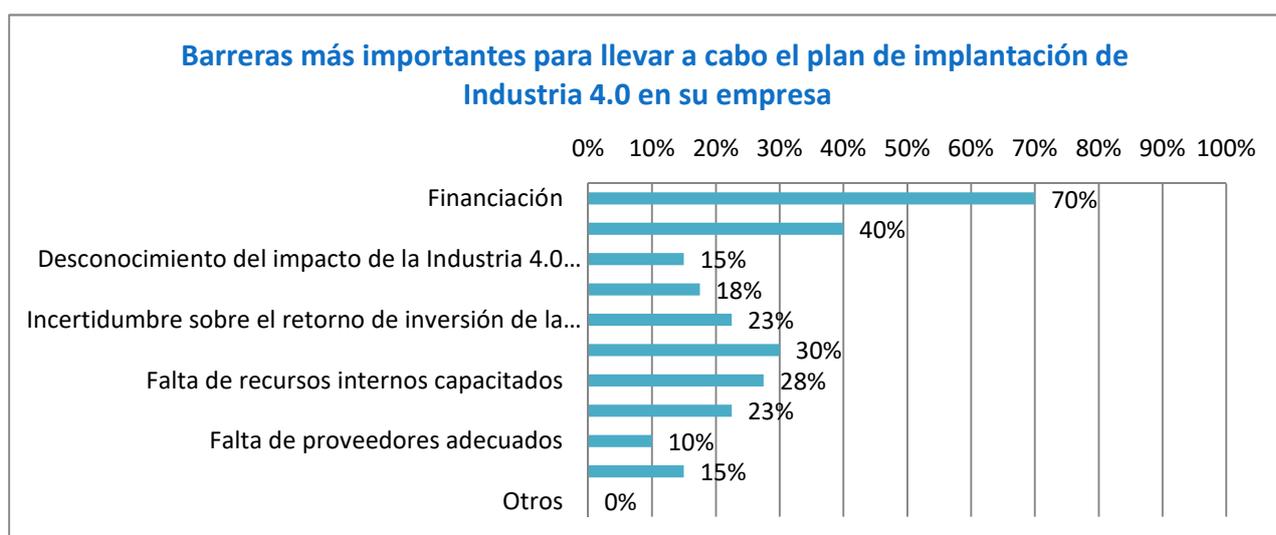
En cuanto al impacto económico de estas problemáticas asociadas a los productos y servicios, vemos en la **Ilustración 83**, que de nuevo casi la mitad de las empresas no pueden estimar la incidencia que tiene en sus organizaciones. El mayor grado parece estar entre el 7,5 y 15% su facturación, ya que es la respuesta elegida por el 18% de los encuestados.



**ILUSTRACIÓN 83: IMPACTO ECONÓMICO DE LOS PROBLEMAS ASOCIADOS A LOS PRODUCTOS Y SERVICIOS**

### 3.2.4 Restricciones o condicionantes identificados

El 70% de las empresas del sector forestal identifica la financiación como principal barrera para llevar a cabo la implantación de la Industria 4.0 (**Ilustración 84**). Sin embargo, el porcentaje de empresas que desconoce ayudas de I-D+i se sitúan entre el 58% y el 98% dependiendo del tipo de ayuda (**Tabla 14**). Los programas en los que más han participado las empresas encuestadas son los Pilotos de Industria 4.0 (18%), las convocatorias Conecta-PEME (13%) y las iniciativas Reacciona de Igape, un (13%).



**ILUSTRACIÓN 84: BARRERAS IDENTIFICADAS POR LAS EMPRESAS DEL SECTOR MADERA/FORESTAL PARA LA IMPLANTACIÓN DE LAS INDUSTRIA 4.0**

**TABLA 14. CONOCIMIENTO Y PARTICIPACIÓN DE LAS EMPRESAS DEL SECTOR MADERA/FORESTAL EN PROGRAMAS DE AYUDAS A LA I+D+i**

¿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
<b>IN.CI.TE</b>	78%	0%	20%	3%
<b>Conecta-PEME</b>	60%	0%	28%	13%
<b>Unidades Mixtas de Investigación</b>	93%	0%	8%	0%
<b>Reacciona</b>	53%	0%	35%	13%
<b>Pillotos Industria 4.0</b>	50%	0%	33%	18%
<b>FEDER-Innterconecta</b>	60%	0%	33%	8%
<b>CIEN</b>	98%	0%	3%	0%
<b>Retos-Colaboración</b>	100%	0%	0%	0%
<b>H2020</b>	88%	0%	13%	0%
<b>INTERREG</b>	93%	0%	8%	0%
<b>Otros</b>	0%	0%	0%	0%

### 3.3 GAP TECNOLÓGICO

Para establecer el GAP entre la implantación de la Industria 4.0 a nivel gallego en el sector madera/forestal y los líderes a nivel mundial, se han establecido una serie de grados de madurez para cada una de las tecnologías emergentes (**Tabla 15**).

**TABLA 15. GRADOS DE MADUREZ PARA CONOCER LA IMPLANTACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS EMERGENTES DE LA INDUSTRIA 4.0**

<b>Automatización y robótica avanzada y colaborativa</b>	
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 todo 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

<b>Human Machine Interaction (Wearables, Realidad Aumentada/Virtual, Exoesqueletos)</b>	
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)	No se emplea ninguna de las herramientas consideradas para la mejora interacción hombre-máquina en un entorno 4.0

Sistemas ciberfísicos e Internet de las Cosas (IoT)	
Grado	Definición
4 (Alto)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 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.</li> <li>- 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</li> <li>- 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)</li> </ul>
3	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sólo se dispone de visión en tiempo real de algunas de las operaciones o de las líneas de producción</li> <li>- 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</li> </ul>
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 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</li> <li>- 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</li> </ul>
1 (Bajo)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Las máquinas de producción no disponen de sistemas inteligentes que interactúan con la máquina a través de sensores y actuadores</li> <li>- No existe un intercambio automático entre los sistemas de información de la empresa</li> <li>- 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</li> </ul>

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 con funcionalidades ad hoc en los productos
1 (Bajo)	No se emplea tecnologías de materiales inteligentes

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><b>- Safety:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* 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</li> <li>* Se monitorizan parámetros de salud de los operarios. Se dispone de un sistema de alertas ante la detección de riesgo para un operario individual</li> </ul> <p><b>- Security:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Se realiza una vigilancia activa de los riesgos de seguridad informática y se lanzan alertas cuando se detectan incidencias</li> <li>* Existe un plan de contingencia definido ante incidentes de seguridad informática</li> </ul>
3	<p><b>- Safety:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* La maquinaria de producción dispone de elementos activos para reducir riesgos de accidentes</li> <li>* Se realizan controles / revisiones / valoraciones cada cierto tiempo de la política de seguridad</li> <li>* 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</li> </ul> <p><b>- Security:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Están definidos los procesos críticos del negocio y se encuentra especificada una normativa para la prevención de intrusiones</li> <li>* Se han establecido responsables de seguridad informática y sus responsabilidades</li> <li>* Se realizan controles / revisiones / valoraciones cada cierto tiempo de la política de seguridad</li> <li>* 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</li> </ul>

2	<p><b>- Safety:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Se han identificado los riesgos principales para la seguridad</li> <li>* Se dispone de elementos pasivos para reducir riesgos de seguridad (marcas en el suelo para delimitar zonas, barreras de paso, etc.)</li> <li>* Se hace una vigilancia activa del seguimiento de normas de seguridad (uso de EPIs, correcto uso de equipos industriales, etc.)</li> <li>* La maquinaria de producción dispone de elementos pasivos para reducir riesgos de accidentes</li> </ul> <p><b>- Security:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Existe una política de seguridad informática en la compañía y se realiza una vigilancia activa del cumplimiento de las normas de seguridad</li> <li>* Todo el personal conoce las normas y la política de seguridad informática</li> <li>* Existe un sistema centralizado de identificación de usuarios y control de accesos</li> </ul>
1 (Bajo)	<p><b>- Safety:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* 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</li> </ul> <p><b>- Security:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Se dispone de herramientas básicas de seguridad informática a nivel de equipos y servidores de la compañía (antivirus, firewall)</li> </ul>

### 3.3.1 Posicionamiento agregado del sector con respecto a las mejores prácticas

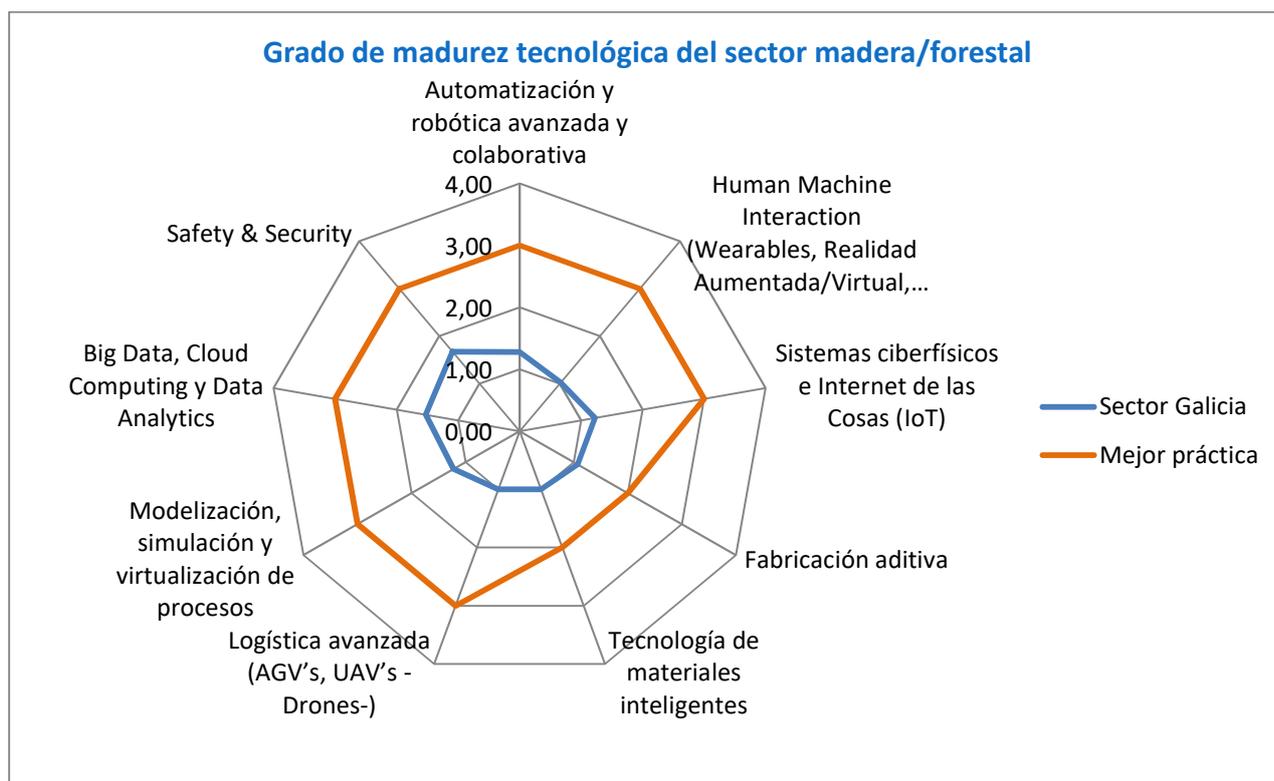
De acuerdo a los grados obtenidos en relación a las tecnologías emergentes, se ha identificado la situación de empresas líderes en el sector madera/forestal en relación a la implantación de la Industria 4.0 con respecto a la situación a nivel gallego (**Ilustración 85**).

El **mayor grado de madurez a nivel gallego** se alcanza en tecnologías habilitadoras como **Safety & Security**, seguido de **Big Data, Cloud Computing y Data Analytics** y **automatización y robótica avanzada y colaborativa**. Aun así, se deben tener en cuenta ciertos aspectos referidos a las tecnologías que indican de manera más fiel el GAP real existente entre el sector en Galicia y las mejores prácticas internacionales. La **automatización** que encontramos en las empresas del sector en Galicia, y que viene incorporándose a las plantas de manera habitual, está todavía lejos de lo que se pretende conseguir con la Industria 4.0, ya que se trata de automatizaciones aisladas y normalmente en puntos concretos del proceso, que no se comunican entre sí, y que no aportan visión en tiempo real al ERP (en caso de tenerlo) de lo que sucede durante el proceso de fabricación. En el caso de la **robótica**, comentar que el 100% de los casos de robots mencionados por las empresas que participaron en el estudio, tanto implantados, como previsto implantar, no son robots colaborativos.

Las tecnologías emergentes en las que se encuentra mayor diferencia entre el sector a nivel Galicia y los líderes internacionales en relación a Industria 4.0 son:

- Logística avanzada (AGV's, UAV's -Drones-).
- Human Machine Interaction (Wearables, Realidad Aumentada/Virtual, Exoesqueletos).
- Sistemas ciberfísicos e Internet de las Cosas (IoT).

De las encuestas realizadas se extrae que el sector en Galicia todavía no está preparado para recibir mejoras en áreas como AGV's y UAV's, y que muestra lejanía para equipos como los wearables. Lo mismo sucede con la **fabricación aditiva** y los **materiales inteligentes**, ya que las empresas encuestadas afirman no ver posibilidad de aplicación a medio plazo. En la parte de **IoT**, aunque aún no hay apenas tecnología implantada, se observa que podría ser un área de desarrollo que aportase valor en las plantas.



**ILUSTRACIÓN 85: GAP INDUSTRIA 4.0 A NIVEL GALLEGO CON RESPECTO A LOS LÍDERES INTERNACIONALES EN EL SECTOR MADERA/FORESTAL**

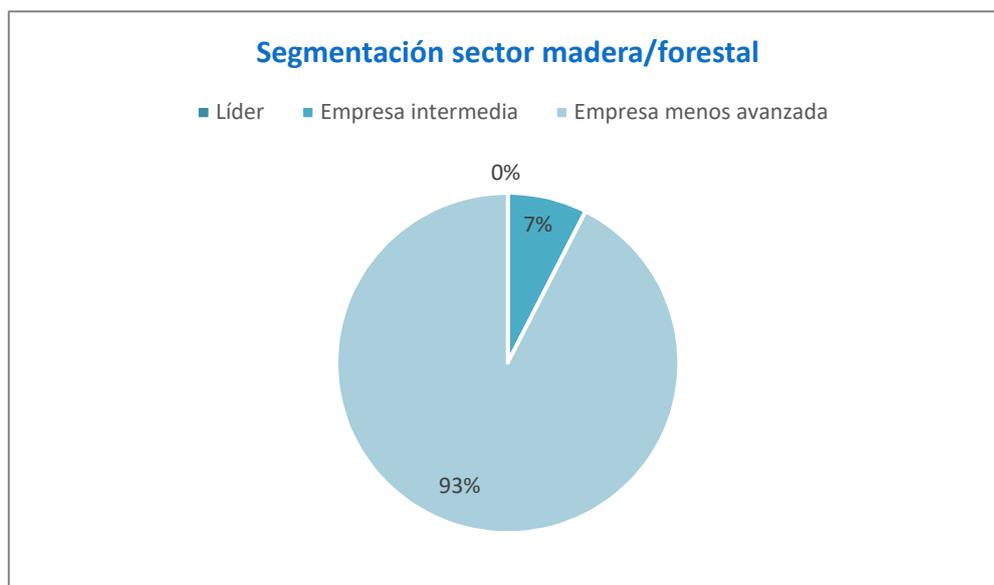
A nivel gallego, no existe una gran implantación de la Industria 4.0 en el sector madera/forestal. Por ello, resulta complicado identificar líderes dentro del sector respecto de estas tecnologías. Es importante señalar, que las empresas que se deberían identificar como líderes y que son las tractoras del sector madera/forestal en Galicia, tanto por dimensiones como por presupuesto, y las que más capacidad tienen de absorber tecnologías de Industria 4.0, son los grandes grupos de fabricación de tablero y tarima, con varias plantas productivas en la comunidad y con importantes clientes a nivel internacional. Estos grupos han declinado participar en el estudio debido a que no le vieron interés a las conclusiones del mismo, por sentirse muy alejados dado las dimensiones de sus necesidades.

### SEGMENTACIÓN DEL SECTOR

Se han clasificado las empresas visitadas en líderes, intermedias y menos avanzadas, con el criterio de que si:

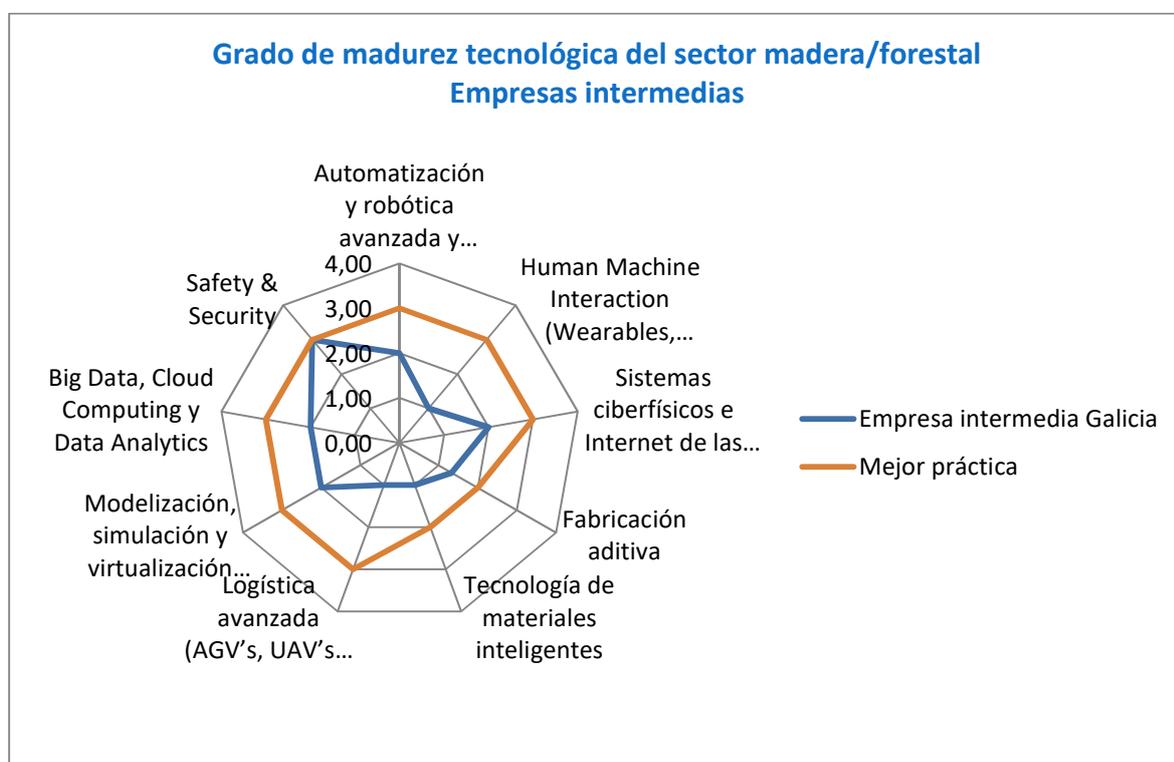
- En una tecnología emergente, la empresa tiene una valoración de 4, o bien, en tres (o más) de las tecnologías emergentes tiene la valoración de 3, la empresa se considera líder.
- En varias de las tecnologías emergentes, presente una valoración de tres y/o dos, la empresa se considera intermedia.
- Si en la mayoría de las tecnologías emergentes, la valoración es de 1, la empresa se considera menos avanzada.

Siguiendo los criterios comentados anteriormente, a nivel gallego no se ha identificado una empresa líder dentro del sector madera/forestal. La mayoría de las empresas (93%) se clasificarían en empresas menos avanzadas y un 7% serían empresas intermedias (**Ilustración 86**).



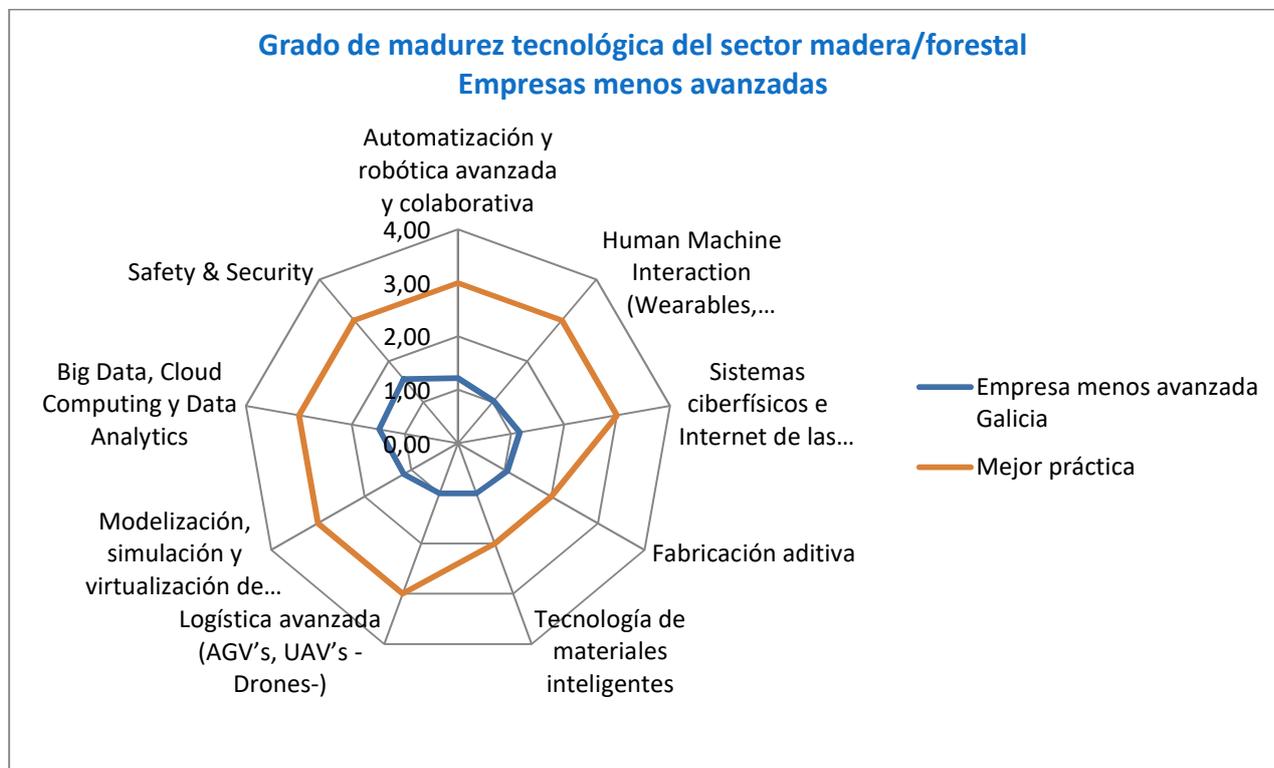
**ILUSTRACIÓN 86: SEGMENTACIÓN DEL SECTOR MADERA/FORESTAL EN LÍDERES, EMPRESAS INTERMEDIAS Y EMPRESAS AVANZADAS EN FUNCIÓN DEL GRADO DE IMPLEMENTACIÓN DE TECNOLOGÍAS RELACIONADAS CON LA INDUSTRIA 4.0**

Las empresas del sector madera/forestal clasificadas como **empresas intermedias** se encuentran lejos de las mejores prácticas a nivel internacional, sobre todo en lo referente a Human Machine Interaction y logística avanzada (**Ilustración 87**).



**ILUSTRACIÓN 87: GRADO DE MADUREZ TECNOLÓGICA DE LAS EMPRESAS INTERMEDIAS EN GALICIA CON RESPECTO A LA MEJOR PRÁCTICA A NIVEL INTERNACIONAL EN EL SECTOR MADERA/FORESTAL**

Las **empresas menos avanzadas** a nivel gallego en el sector madera/forestal presentan una mayor distancia con respecto a la mejor práctica referente a Human Machine Interaction y logística avanzada (**Ilustración 88**), al igual que las empresas intermedias.

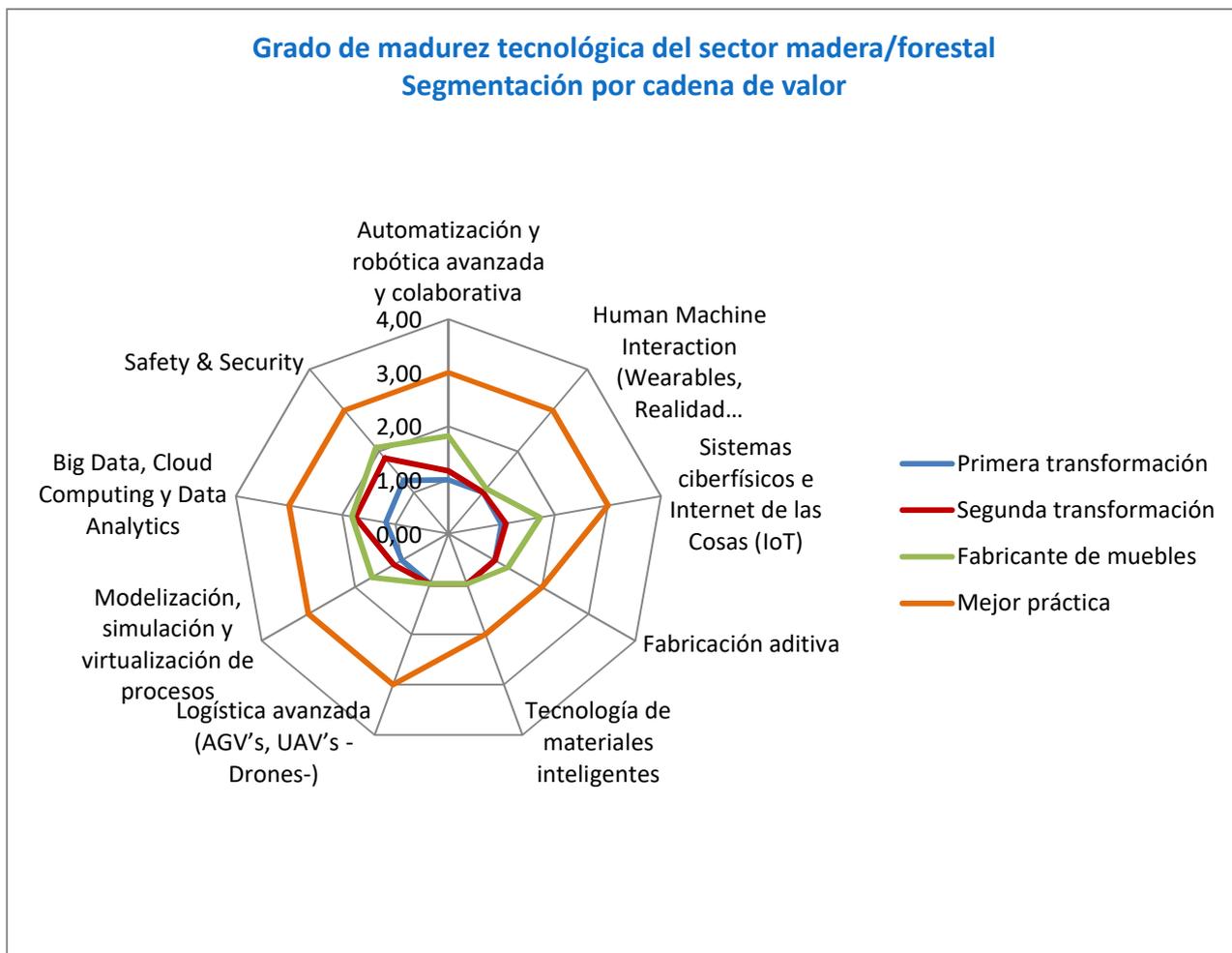


**ILUSTRACIÓN 88: GRADO DE MADUREZ TECNOLÓGICA DE LAS EMPRESAS MENOS AVANZADAS EN GALICIA CON RESPECTO A LA MEJOR PRÁCTICA A NIVEL INTERNACIONAL EN EL SECTOR MADERA/FORESTAL**

### SEGMENTACIÓN DEL SECTOR POR CADENA DE VALOR

Las empresas encuestadas podrían clasificarse en empresas de **primera transformación** (43%), empresas de **segunda transformación** (30%) y **fabricantes de muebles** (28%).

Las empresas de primera transformación se encuentran ligeramente más distanciadas de Big Data, Cloud Computing y Data Analytics y safety & security que las empresas de segunda y tercera transformación con respecto a las mejores prácticas a nivel internacional. Sin embargo, en los fabricantes de muebles es donde se aprecia una mejor implementación de tecnologías relacionadas con la Industria 4.0 (**Ilustración 89**).

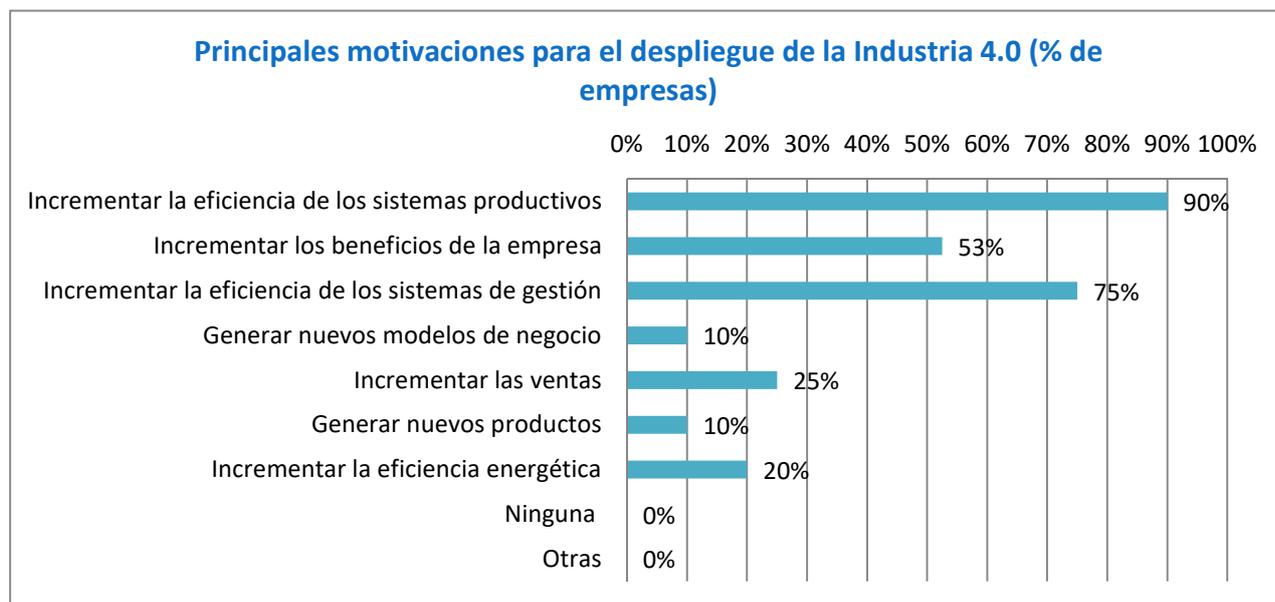


**ILUSTRACIÓN 89: GRADO DE MADUREZ TECNOLÓGICA DE LAS EMPRESAS DEL SECTOR MADERA/FORESTAL EN GALICIA SEGÚN SU POSICIÓN EN LA CADENA DE VALOR CON RESPECTO A LA MEJOR PRÁCTICA A NIVEL INTERNACIONAL**

## 4. OPORTUNIDADES DE MEJORA

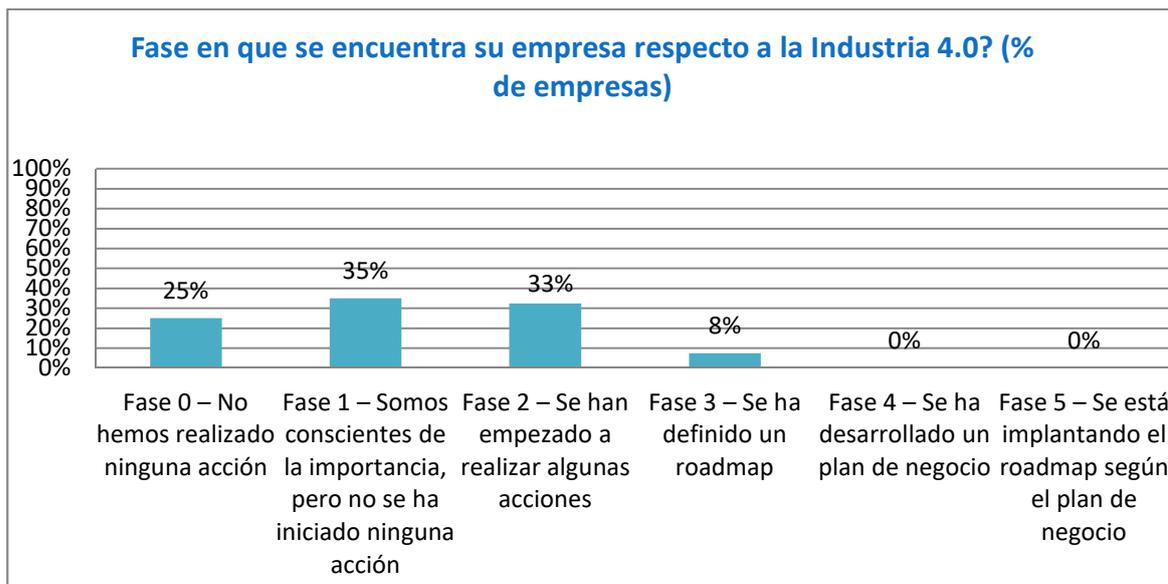
### 4.1 ESTRATEGIA DE IMPLANTACIÓN DE TECNOLOGÍAS 4.0

Desde un punto de vista general, y tras analizar los datos de las encuestas referidos a la implantación de Industria 4.0 en el sector madera/forestal, se extraen claras conclusiones de la situación actual de este sector en lo que a introducción de las nuevas tecnologías se refiere. Los primeros resultados obtenidos nos indican que las principales motivaciones del sector madera/forestal para el despliegue de la Industria 4.0 son, incrementar la eficiencia de los sistemas productivos, incrementar la eficiencia de los sistemas de gestión e incrementar los beneficios de la empresa (**Ilustración 90**).



**ILUSTRACIÓN 90: MOTIVACIONES PARA EL DESPLIEGUE DE LA INDUSTRIA 4.0 EN EL SECTOR MADERA/FORESTAL**

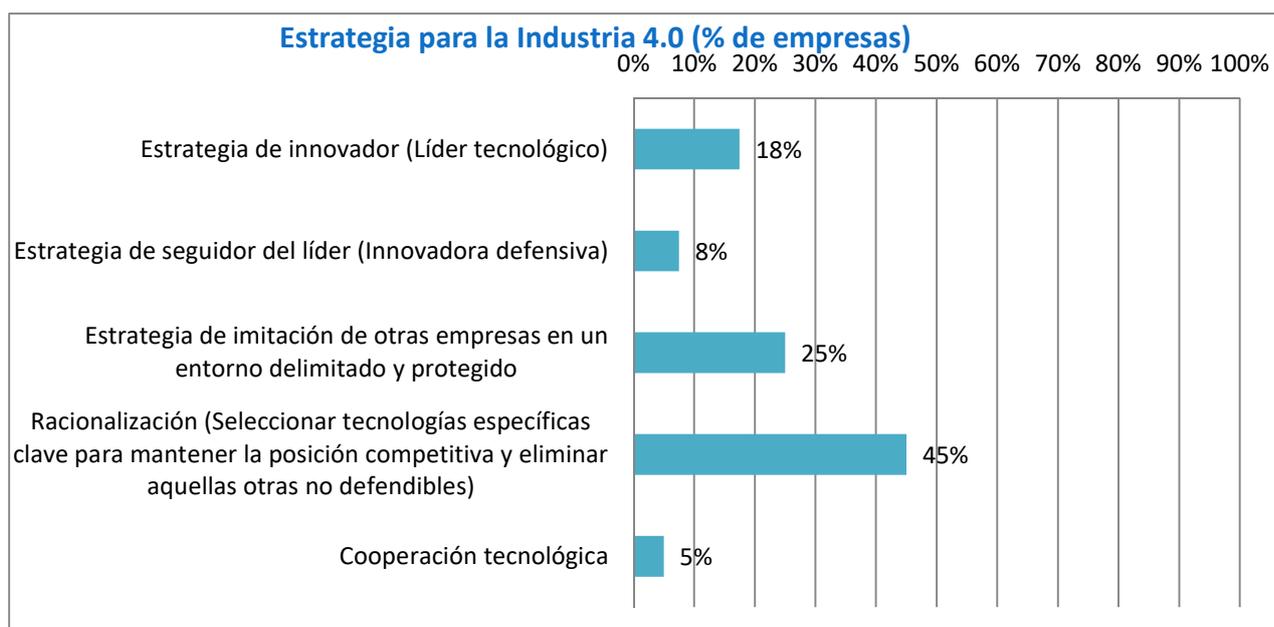
Por otra parte, el 35% de las empresas del sector madera/forestal manifiesta ser consciente de la importancia de la llegada de nuevas tecnologías asociadas a Industria 4.0, pero todavía no ha realizado ninguna acción, frente a un 33% que han manifestado el haber empezado a realizar algunas acciones en ese sentido (**Ilustración 91**; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).



**ILUSTRACIÓN 91: FASES DE IMPLANTACIÓN DE LA INDUSTRIA 4.0 EN EL SECTOR MADERA/FORESTAL**

Con respecto a la implantación de la Industria 4.0 dentro del sector madera/forestal, un 45% de los encuestados manifiesta que optará por una estrategia de racionalización, que consiste en la incorporación de tecnologías específicas clave que les aporten valor para salvaguardar una posición competitiva, y eliminar aquellas otras que no sean defendibles. Un 23% del sector optaría, según las respuestas aportadas a este estudio, por seguir una estrategia de imitación de otras empresas en un entorno delimitado y protegido.

Por último, cabe destacar que un 18% de las empresas del sector madera/forestal, pretenden innovar y ser líderes tecnológicos en su estrategia a futuro hacia la Industria 4.0 (**Ilustración 92**).



**ILUSTRACIÓN 92: ESTRATEGIAS DE LAS EMPRESAS DEL SECTOR MADERA/FORESTAL PARA LA IMPLANTACIÓN DE LA INDUSTRIA 4.0**

La conclusión que se obtiene de estas cifras, y de las impresiones tras las reuniones mantenidas con el sector madera/forestal, es que estas **motivaciones** en las que estas empresas ponen el foco cómo las más relevantes para el despliegue de la industria 4.0, directa o indirectamente, no dejan de ser las mismas motivaciones por las que vienen acometiendo cada una de las inversiones que han realizado en el pasado, no siendo otras qué las entendidas dentro de la visión general de la organización..

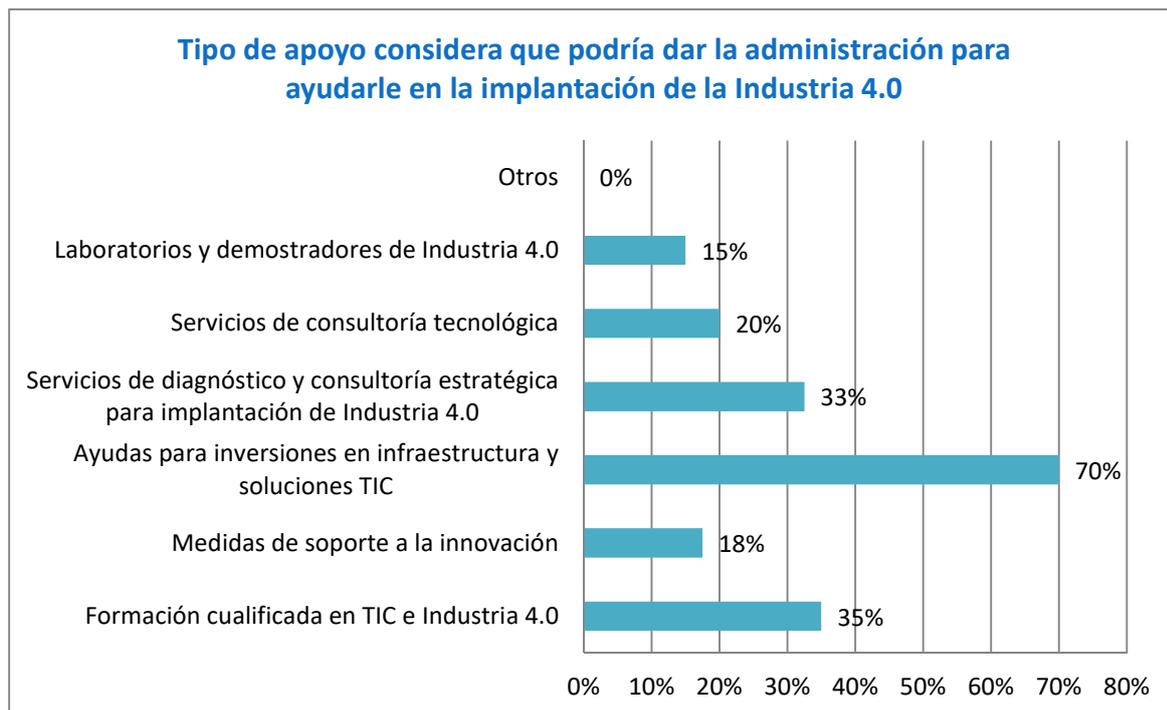
Esto quiere decir que, salvo contadas excepciones, la situación general del sector es de notable lejanía, y en muchos casos desconocimiento, de qué es la Industria 4.0 y las tecnologías concretas que aborda, y por consiguiente, de cualquier inversión que vaya en esa dirección. Esto se ve refrendado por el hecho de que un 60% de las empresas encuestadas todavía no ha realizado ninguna acción relacionada con Industria 4.0, y solo en el 8% de los casos tienen una estrategia definida para su implantación.

A día de hoy, una parte importante del sector madera/forestal está inmerso en **proyectos de modernización**, más o menos profundos, de sus procesos productivos y/o sus sistemas de gestión. Si bien es cierto que hay notables diferencias entre empresas de primera transformación, empresas de segunda y tercera transformación y los fabricantes de muebles, muchas de estas inversiones estarían más asociadas más a industria 3.0, ya que se trata de la adopción de tecnologías ya maduras que no aportan revolución frente a lo ya conocido en el sector (sobre todo fuera de Galicia), y que no forman parte de la llamada, fábrica del futuro. Podemos citar algún ejemplo, comentado en más de una ocasión en las entrevistas, como es la introducción de un primer robot “estándar” en la planta de fabricación.

En cuanto al tipo de apoyo que las empresas deberían recibir de las administraciones para revertir esa situación de incertidumbre respecto a la Industria 4.0, las **ayudas económicas** para inversiones en infraestructuras y soluciones TIC, es la respuesta elegida por el 70% del sector madera/forestal.

Sin embargo, deberíamos poner un énfasis especial en que un 35% de las empresas encuestadas admiten necesitar **formación cualificada** en tecnologías TIC e Industria 4.0, mientras que a un 33% de las mismas, les sería de gran ayuda un **servicio de diagnóstico y consultoría** estratégica para la implantación de Industria 4.0. Estos dos indicadores vuelven a hacer referencia a lo ya mencionado respecto de la incipiente situación del sector en este proceso, y que en la cuarta revolución industrial, el madera/forestal es un sector que todavía está en el punto de sentar las bases y ver, qué y cómo, podría abordar este importante cambio (**Ilustración 93**).

De las entrevistas se extrae que se trata de un sector sensiblemente tradicional, por lo que una labor de pedagogía será importante para hacer ver el valor substancial y necesario, que estas nuevas tecnologías podrán ofrecer para la mejora de las organizaciones.



**ILUSTRACIÓN 93: APOYOS DE LAS ADMINISTRACIÓN PARA LA IMPLANTACIÓN DEL A INDUSTRIA 4.0 EN EL SECTOR MADERA/FORESTAL**

También tiene especial interés el elevado número de empresas que atribuyen dificultades en varias áreas de su actividad, a las deficiencias en la **calidad de la materia prima**. No se trata de un aspecto directamente relacionado con la Industria 4.0, pero que se pone de relieve porque difícilmente se consiga dar el salto de calidad que se pretende con esta revolución, si se ejecuta sobre unas bases que no sean sólidas.

Las **tecnologías** que están por llegar al sector madera/forestal tienen el potencial de aportar gran valor, pero no supondrán el cambio que se pretende, si no se consigue subsanar, o cuando menos mitigar, los problemas inherentes al sector forestal, que acarrear dificultades en toda la cadena de valor, y lastran el sector, minando su competitividad y su salto de calidad.

#### 4.1.1 Matriz DAFO

##### DEBILIDADES

Tal y como se viene mencionado en más de un apartado de este estudio, el sector madera/forestal indica que existen grandes deficiencias en la política forestal y las labores de silvicultura en Galicia. Como se ha indicado, esto provoca serios **problemas de calidad** en la materia prima que se transforma cada día en las plantas de fabricación, sobre todo de primera transformación, arrastrando esos problemas hacia sus clientes.

Al hilo de esto, la mejora e incremento en la repoblación de los montes gallegos con **especies autóctonas**, como pueden ser el roble y el castaño, cobra especial relevancia para reducir la dependencia de especies de menor valor como el pino, y sobre todo el eucalipto.

Otro aspecto de importancia y que está ligado con lo mencionado, es que el sector madera gallego compite, en general, en un nicho de mercado con una fuerte **competencia en precio**. Esto viene fuertemente influenciado por las dos claves que acabamos de apuntar, las deficiencias en la materia prima utilizada y la dependencia de especies de menor valor añadido, que termina lastrando la calidad final del producto y los proyectos que se abordan.

En cuanto a los primeros procesos de la transformación de la madera, se observa que el sector está muy atomizado y constituido básicamente por **pequeñas empresas familiares**. Esto podría reducir la predisposición del sector a la introducción de nuevas tecnologías por falta de conocimiento y recursos para abordar la modernización.

## AMENAZAS

---

Los países del **norte y este de Europa** ofrecen soluciones de elevada calidad, lo que repercute en un aumento del precio que se está dispuesto a pagar por ellas, dificultando al mercado gallego la entrada a proyectos de alto valor añadido. A esto se suma el hecho de que muchas de las empresas encuestadas afirman que, en los últimos años, ya se está compitiendo con empresas asiáticas, principalmente de **China**, que ofrecen productos de notable calidad a reducidos costes.

## FORTALEZAS

---

A pesar de las dificultades a las que se enfrentan las empresas del sector madera/forestal en Galicia, en general, las empresas gallegas tienen una gran **tradición y conocimiento**, y disponen de mucha experiencia que les ha hecho mantenerse a lo largo de los años y atravesar épocas de duras crisis, saliendo incluso reforzadas.

En Galicia se dispone de **abundantes recursos naturales** para que el sector madera/forestal siga siendo unos de los tractores de la economía de la comunidad. A esto se suma el momento al alza de las energías renovables, sobre las que la biomasa tendrá mucho que decir en el futuro, y donde el sub-sector en Galicia se está posicionando con fuerza.

## OPORTUNIDADES

---

La introducción a futuro de **mejoras de gestión** en el sector madera/forestal de Galicia, tanto de los montes como de los procesos de transformación, supondría dar el salto cualitativo para lograr la repercusión necesaria dentro del peso de la industria de nuestra comunidad. Se deben invertir los recursos adecuados donde proceda, que redunden en la mejora de calidad y rentabilidad de que las empresas locales necesitan.

También es de destacar que las grandes empresas del sub-sector de fabricación de muebles, posee **organizaciones saneadas** y con importantes estructuras tanto de producción, como de diseño e ingeniería, que podrían dar el salto internacional a proyectos de gran calado.

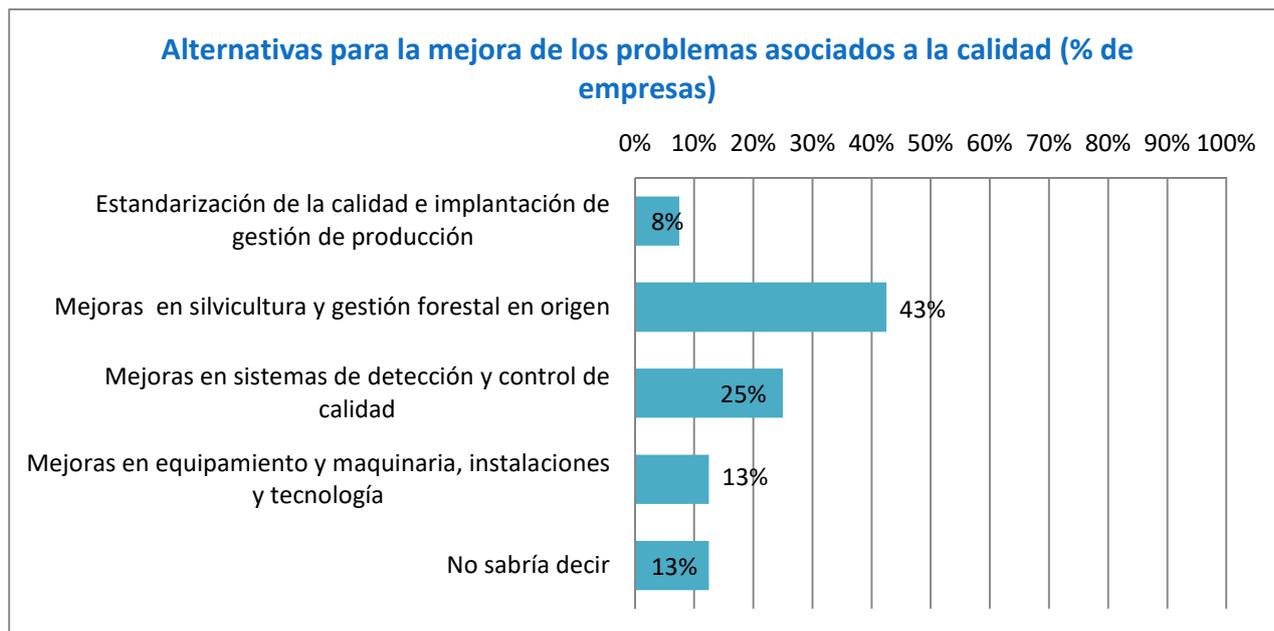
**TABLA 16: ANÁLISIS DAFO DEL SECTOR MADERA/FORESTAL**

<p><b>DEBILIDADES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Deficiencias en las labores forestales y de silvicultura.</li> <li>- Dependencia de especies como pino y eucalipto.</li> <li>- Dificultad para competir en mercados de alto valor añadido.</li> <li>- Sector forestal y primera transformación muy atomizado.</li> </ul>	<p><b>FORTALEZAS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sector de gran tradición en la comunidad con mucha experiencia y conocimiento.</li> <li>- Abundantes recursos de materia prima en la comunidad.</li> <li>- Sector de las energías renovables al alza (biomasa).</li> </ul>
<p><b>AMENAZAS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Nuevos mercados internacionales, sobre todo asiáticos.</li> <li>- Sector madera del norte y este de Europa con productos de mayor calidad.</li> </ul>	<p><b>OPORTUNIDADES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fabricantes de muebles de reconocida calidad y solvencia, con estructuras para abordar proyectos de alto valor añadido a nivel internacional.</li> <li>- Margen de mejora en calidad y rentabilidad invirtiendo en recursos forestales.</li> </ul>

## 4.2 OPORTUNIDADES TECNOLÓGICAS DE MEJORA DETECTADAS

### 4.2.1 Calidad

Como alternativa que se ofrece a las dificultades y problemáticas en el área de calidad, comentadas por las empresas con anterioridad, se identifican una serie de acciones encaminadas a mitigar los efectos de las mismas. Como se puede observar en la **Ilustración 94**, las principales demandas del sector para mejoras de calidad van encaminadas a las **mejoras en silvicultura y gestión forestal**, siendo esta la respuesta obtenida en un 43% de los casos. También tiene notable importancia el aumento y modernización de los **sistemas de detección y control de la calidad** del producto.



**ILUSTRACIÓN 94: ALTERNATIVAS PARA LA MEJORA DE LOS PROBLEMAS ASOCIADOS A LA CALIDAD**

Las empresas del sector madera/forestal han catalogado el posible empleo de las tecnologías emergentes sobre la calidad (**Tabla 17**).

**TABLA 17. POSIBLE EMPLEO DE LAS TECNOLOGÍAS EMERGENTES 4.0 EN CALIDAD**

Posible empleo de las tecnologías emergentes 4.0 en los diferentes elementos generadores de valor *	1 (Bajo)	2 (Medio Bajo)	3 (Medio Alto)	4 (Alto)
<b>Automatización y robótica avanzada y colaborativa</b>	5%	28%	40%	28%
<b>HMI (Wearables, RV/RA, Exoesqueletos)</b>	70%	18%	13%	0%
<b>Sistemas cyberfísicos e IoT</b>	13%	20%	58%	10%
<b>Fabricación Aditiva</b>	83%	13%	0%	5%
<b>Tecnología de Materiales Inteligentes</b>	78%	18%	5%	0%
<b>Logística avanzada (AGVs y UAVs)</b>	60%	35%	3%	3%
<b>Modelización, simulación y virtualización de los procesos</b>	30%	30%	35%	5%
<b>Big Data, Cloud Computing y Data Analytics</b>	10%	20%	45%	25%
<b>Safety &amp; Security</b>	28%	38%	18%	18%

#### 4.2.2 Producción

En cuanto a producción, las empresas identifican, con un 28% de coincidencia, las **mejoras en equipos y tecnologías** de fabricación en diferentes fases del proceso, como la principal opción para mitigar sus problemas, acompañada con ayudas al sector para este fin. Muy en la línea de esta acción, un 23% de los

encuestados necesitaría una mayor automatización en las líneas de fabricación, tal y como indica la **Ilustración 95**. Aparecen de nuevo las labores forestales y la silvicultura ya que también generan problemáticas en la producción, y un 18% de las empresas así lo reflejan.

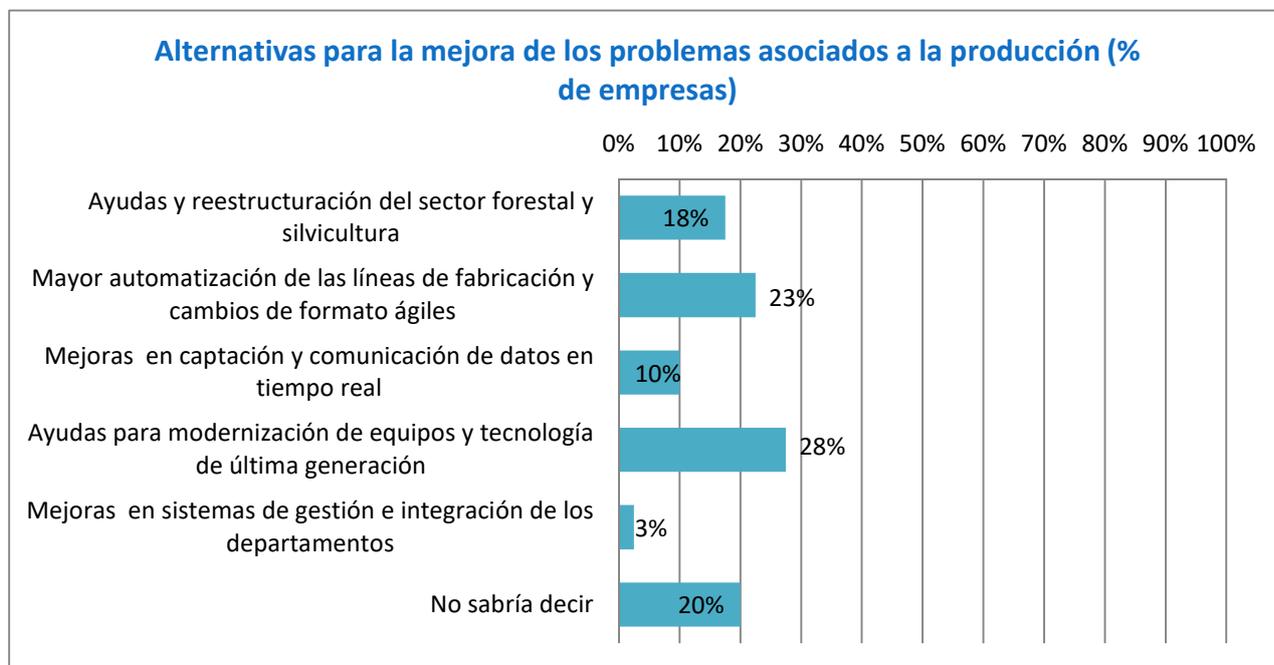


ILUSTRACIÓN 95: ALTERNATIVAS PARA LA MEJORA DE LOS PROBLEMAS ASOCIADOS A LA PRODUCCIÓN

Las empresas del sector madera/forestal han catalogado el posible empleo de las tecnologías emergentes sobre la producción (**Tabla 18**).

TABLA 18. POSIBLE EMPLEO DE LAS TECNOLOGÍAS EMERGENTES 4.0 EN PRODUCCIÓN

Posible empleo de las tecnologías emergentes 4.0 en los diferentes elementos generadores de valor *	1 (Bajo)	2 (Medio Bajo)	3 (Medio Alto)	4 (Alto)
Automatización y robótica avanzada y colaborativa	3%	8%	25%	65%
HMI (Wearables, RV/RA, Exoesqueletos)	53%	38%	10%	0%
Sistemas cyberfísicos e IoT	8%	8%	65%	20%
Fabricación Aditiva	85%	13%	0%	3%
Tecnología de Materiales Inteligentes	78%	20%	3%	0%
Logística avanzada (AGVs y UAVs)	40%	38%	18%	5%
Modelización, simulación y virtualización de los procesos	18%	33%	35%	15%
Big Data, Cloud Computing y Data Analytics	3%	8%	48%	43%
Safety & Security	10%	18%	50%	23%

### 4.2.3 Personas

Tal y como se observa en la **Ilustración 96**, el 90% de las empresas afirma que se hace necesaria una mejora de los **contenidos educativos** en los centros de formación que imparten módulos del sector madera/forestal. Cobra vital importancia la inversión en formación de los profesionales en el manejo de equipos y técnicas.

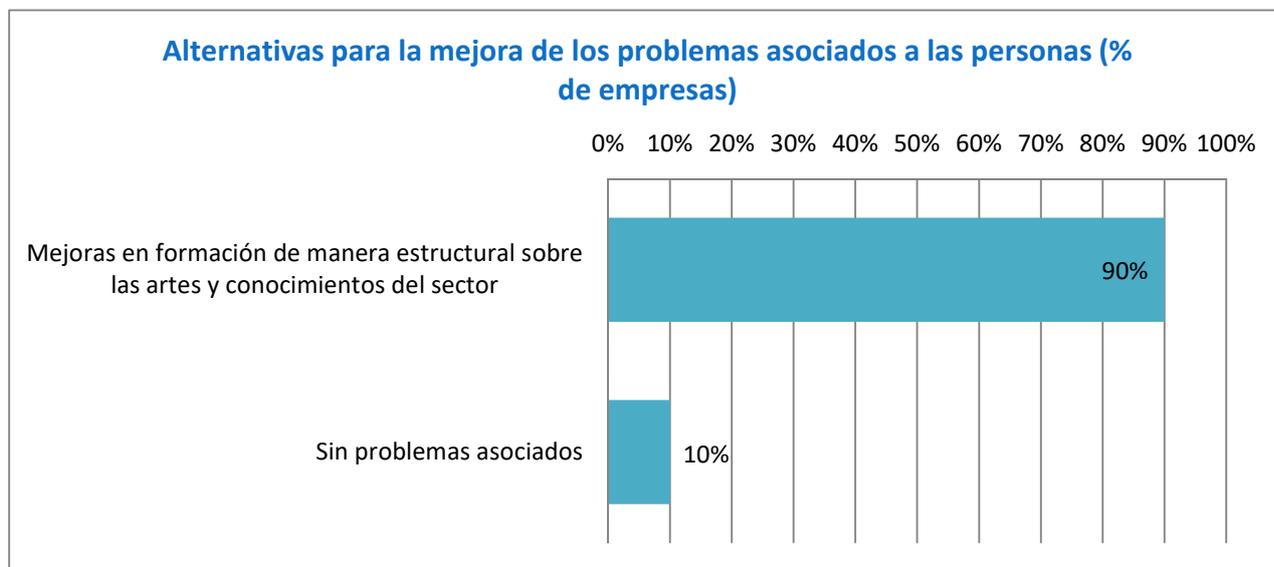


ILUSTRACIÓN 96: ALTERNATIVAS PARA LA MEJORA DE LOS PROBLEMAS ASOCIADOS A LAS PERSONAS

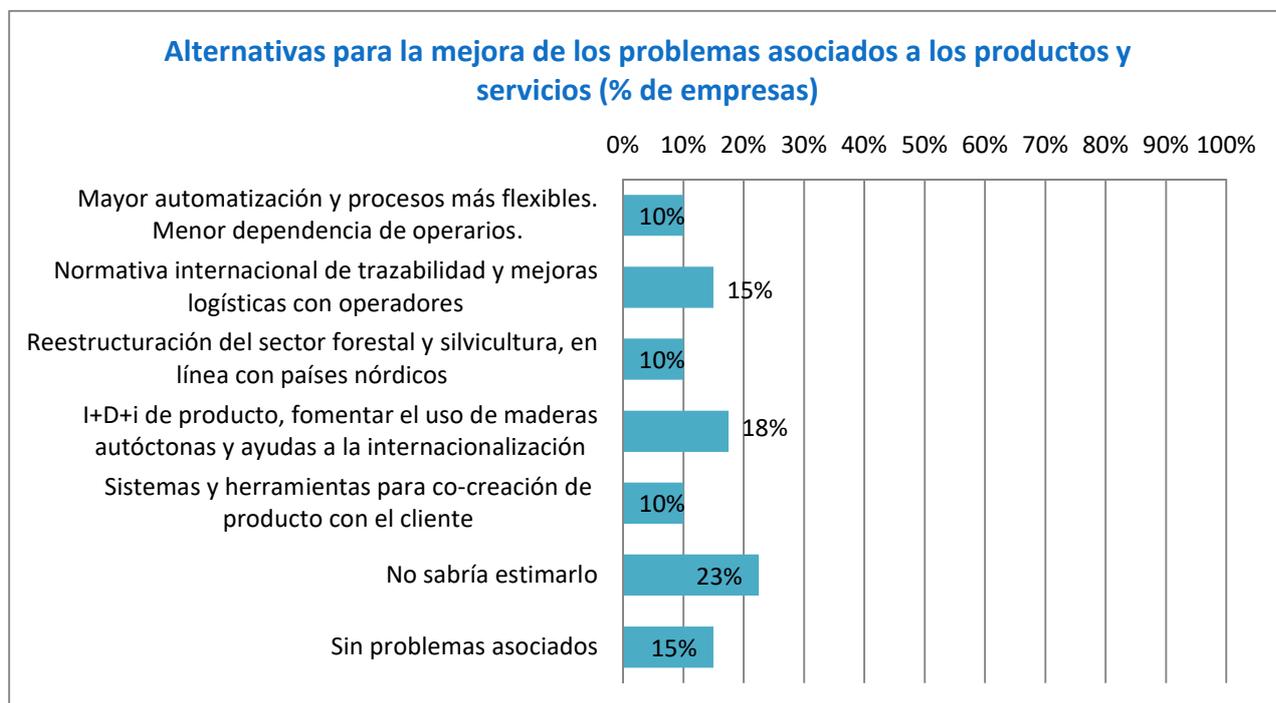
Las empresas del sector madera/forestal han catalogado el posible empleo de las tecnologías emergentes sobre las personas (**Tabla 19**).

TABLA 19. POSIBLE EMPLEO DE LAS TECNOLOGÍAS EMERGENTES 4.0 EN PERSONAS

Posible empleo de las tecnologías emergentes 4.0 en los diferentes elementos generadores de valor *	1 (Bajo)	2 (Medio Bajo)	3 (Medio Alto)	4 (Alto)
Automatización y robótica avanzada y colaborativa	5%	25%	55%	15%
HMI (Wearables, RV/RA, Exoesqueletos)	30%	38%	25%	8%
Sistemas cyberfísicos e IoT	5%	35%	50%	10%
Fabricación Aditiva	90%	8%	0%	3%
Tecnología de Materiales Inteligentes	85%	13%	0%	3%
Logística avanzada (AGVs y UAVs)	58%	33%	8%	3%
Modelización, simulación y virtualización de los procesos	40%	30%	28%	3%
Big Data, Cloud Computing y Data Analytics	10%	30%	45%	15%
Safety & Security	0%	3%	23%	75%

#### 4.2.4 Productos y servicios

Existe disparidad de opiniones entre los encuestados al respecto de la mejora de los problemas asociados a los productos y servicios del sector madera/forestal, y se proponen una serie de acciones que sumadas mejorarían de manera general la situación. Son de destacar el desarrollo de proyectos de investigación para desarrollo de nuevos productos, ayudas a la internacionalización y fomento de maderas autóctonas. Se recalca la necesidad de las mejoras del sector forestal y también la necesidad de normativas internacionales sobre madera, que mejoren la **trazabilidad de materia prima foránea** y la gestión logística de la misma. También son de interés, sistemas de **co-creación de diseños** con el cliente y mejoras en **automatización** de líneas (**Ilustración 97**).



**ILUSTRACIÓN 97: ALTERNATIVAS PARA LA MEJORA DE LOS PROBLEMAS ASOCIADOS A LOS PRODUCTOS Y SERVICIOS**

Las empresas del sector madera/forestal han catalogado el posible empleo de las tecnologías emergentes sobre productos y servicios (**Tabla 20**).

TABLA 20. POSIBLE EMPLEO DE LAS TECNOLOGÍAS EMERGENTES 4.0 EN PRODUCTOS Y SERVICIOS

Posible empleo de las tecnologías emergentes 4.0 en los diferentes elementos generadores de valor *	1 (Bajo)	2 (Medio Bajo)	3 (Medio Alto)	4 (Alto)
Automatización y robótica avanzada y colaborativa	3%	20%	53%	25%
HMI (Wearables, RV/RA, Exoesqueletos)	65%	28%	8%	0%
Sistemas cyberfísicos e IoT	13%	35%	35%	18%
Fabricación Aditiva	90%	5%	5%	0%
Tecnología de Materiales Inteligentes	60%	18%	15%	8%
Logística avanzada (AGVs y UAVs)	70%	25%	3%	3%
Modelización, simulación y virtualización de los procesos	25%	25%	38%	13%
Big Data, Cloud Computing y Data Analytics	0%	23%	43%	35%
Safety & Security	13%	33%	43%	13%

### 4.3 PROPUESTA DE ACCIONES A CORTO PLAZO

En este apartado se recogen las propuestas de acciones a realizar a corto plazo en el sector madera/forestal.

NOMBRE	Acciones en el sector forestal
DESCRIPCIÓN BREVE	Mejoras en labores de silvicultura (plantación, poda, limpieza de montes, etc...), reforestación de especies autóctonas y aumento de recursos para labores forestales.
RAZONAMIENTO BREVE	Se trata de una acción prioritaria porque acarrea problemas en toda la cadena de valor de la madera, que se van arrastrando de proveedores a clientes. Reduce la calidad, hace caer el valor del producto, impide competir en igualdad de condiciones con competidores extranjeros, limita las opciones de fabricación.  El coste no será bajo, pero el impacto a medio y largo plazo será muy elevado.

NOMBRE	Formación
DESCRIPCIÓN BREVE	Necesidad de mejorar en la formación de los profesionales del sector en temas relacionados con las artes de la madera, las especies de árboles, el diseño de productos o el manejo de equipos específicos. Cuando se enfrentan al mercado laboral, en muchos casos tienen que ser formados por las propias empresas en dependencia de otros compañeros, lastrando el trabajo del operario/técnico veterano e invirtiendo tiempo para ser autónomos y rentables.

<b>RAZONAMIENTO BREVE</b>	Se trata de una acción prioritaria porque limita las posibilidades de las empresas para acceder de manera casi inmediata a profesionales cualificados, volviéndose menos competitivas.
---------------------------	--

<b>NOMBRE</b>	<b>Formación y difusión Industria 4.0</b>
<b>DESCRIPCIÓN BREVE</b>	Muchas empresas del sector desconocen que es la industria 4.0 y las tecnologías que aporta. Se necesitaría una estrategia de acercamiento de la Industria 4.0 a las empresas. Como se observa en las encuestas, el sector demanda, además de ayudas económicas, formación sobre Industria 4.0 y servicios de consultoría estratégica, para definir, qué y cómo, abordar este proceso.
<b>RAZONAMIENTO BREVE</b>	Se trata de una acción prioritaria para hacer llegar a las empresas que es la Industria 4.0, que puede ofrecerles y como podrían abordar el proceso.

## 5. CONCLUSIONES

Galicia es la **novena potencia forestal europea**, liderando el sector a nivel nacional. El 50% de la madera que se corta en España procede de los montes gallegos, por lo que la industria de la madera gallega representa el 3,5% del PIB de la comunidad, con una facturación cercana a los 2.000 millones de euros en el año 2015.

Galicia cuenta con una industria pionera en el desarrollo de productos a nivel nacional e internacional y este liderazgo se extiende al mobiliario y carpintería donde cuenta con empresas que son un referente en diseño e innovación. Sin embargo, **la implantación de la Industria 4.0 no se ha llevado a cabo** de manera generalizada en este sector. De hecho, un 72% de las empresas encuestadas en el estudio considera que su grado de familiaridad con la Industria 4.0 es bajo.

Un 85% de las empresas del sector madera/forestal afirman no haber implantado ninguna tecnología emergente. El 15% restante ha realizado pequeños avances en tecnologías como la automatización y robótica avanzada y colaborativa, sistemas ciberfísicos e IoT, Big Data, Cloud Computing y Data Analytics, Safety & Security e incluso alguna de ellas manifiesta tener modelización, simulación y virtualización de procesos y fabricación aditiva.

Los **sistemas ciberfísicos e IoT** seguidos de **automatización** y **robótica avanzada y colaborativa** y **Big Data, Cloud Computing y Data Analytics** son las tecnologías emergentes por las que la industria de la madera muestra un mayor interés y las empresas del sector manifiestan tener interés en implantar.

Se trata de un **sector tradicional**. En general, la industria forestal no se caracteriza por estar a la vanguardia en la implantación de nuevas tecnologías. Entre las principales dificultades a las que se enfrentan las empresas de la madera se podría mencionar la deficiente gestión del sector forestal y labores de silvicultura. Debido a esto, la baja calidad de la materia prima genera problemas durante los procesos de transformación y mermas a la calidad de los productos. Esto provoca que el sector forestal no pueda competir en igual de condiciones frente empresas extranjeras que ofrecen productos de mayor calidad, quedando su nicho de mercado queda relegado a proyectos de menor coste.

Otra de las deficiencias del sector extraída de las valoraciones de las empresas que han participado en el estudio es que resulta difícil acceder a **profesionales cualificados**. Esta carencia se encuentra tanto en el estudio de las artes básicas del sector, como para el diseño de producto o manejo de equipos avanzados. 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.

A pesar de que en la actualidad el sector se encuentra alejado de la Industria 4.0, las empresas encuestadas reconocen el incremento de la **eficiencia en los sistemas productivos** y los **sistemas de gestión**, como las principales motivaciones para el despliegue de estas tecnologías.

Entre las principales barreras para ese despliegue están 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, formación cualificada y servicios de consultoría sobre la estrategia de implantación de Industria 4.0.

En resumen, las conclusiones que se extraen del estudio reflejan que el sector madera/forestal se encuentra **muy alejado de las tecnologías analizadas** y que tiene todavía mucho recorrido. Los principales pasos a seguir deberían ir en la dirección de solucionar los problemas de base mencionados con anterioridad, para posteriormente implantar estrategias de Industria 4.0.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AIDIMA. (2015). *FAMA - Fabricación aditiva en el sector del mueble*. Valencia. Obtenido de [http://intranet.aidimme.es/acceso\\_externo/difusion\\_proyectos/adjuntos\\_resultados/Proyecto%20OFAMA-%20Resumen%20de%20resultados.pdf](http://intranet.aidimme.es/acceso_externo/difusion_proyectos/adjuntos_resultados/Proyecto%20OFAMA-%20Resumen%20de%20resultados.pdf)
- AIMME. (s.f.). *Proyecto NANOSURF*. Obtenido de <http://www.aimme.es/imagenesbd/informativo/nanosurf.pdf>
- AITEX. (2016). *Técnicas de modificación de superficies mediante nanotecnología sobre materiales poliméricos, metálicos, madera, textiles y cerámicos - NANOSURF*.
- Atik, T. (20 de Abril de 2017). *woodbusiness*. Obtenido de <https://www.woodbusiness.ca/harvesting/logging-profiles/fpinnovations-introduces-forestry-40-4114>
- Bolmsjo, G. (2014). Reconfigurable and Flexible Industrial Robot Systems. *Advances in Robotics & Automation*, 1-5.
- Boronat Ramón, J. M., Navarro campos, J., & Iborra Casanova, J. (s.f.). Análisis de la industria del mueble en España. Un nuevo modelo de negocio como base de la innovación.
- CESCE. (2016). *Informe sectorial de la economía española. Madera y mueble*. Obtenido de <http://www.informesectorialcesce.com/informes/10-madera/content/10-madera.pdf>
- Chandler, D. L. (3 de Marzo de 2017). *MIT News*. Obtenido de <http://news.mit.edu/2017/3-d-printing-cellulose-0303>
- Cluster TIC, G. (Junio de 2016). Plan de Sistemas Sectoriales. *Sector de la Madera*.
- Confemadera Galicia-Universidad de Vigo. (2015). Informe de resultados. 2015.
- FAO. (2016). *2015 Datos y cifras globales de productos forestales*. Obtenido de <http://www.fao.org/3/a-i6669s.pdf>
- FAO. (24 de 02 de 2017). Obtenido de <http://www.fao.org/forestry/statistics/80938/es/>
- FAO. (5 de Enero de 2017). *Estadísticas de productos forestales*. Obtenido de <http://www.fao.org/forestry/statistics/80938@180723/es/>
- G. Puelles Casenave, A., & Roldán Zamarrón, A. (2016). La empresa forestal con drones. Posibles servicios.
- García, A. (2014). Uso de imágenes de muy alta resolución en la gestión forestal. La teledetección temprana de plagas y enfermedades mediante UAV'S/Drones.
- Giovanni Battista, B. C. (2017). Nanotechnology on wood: The effect of photocatalytic nanocoatings against *Aspergillus niger*. *ScienceDirect*, 125-136.
- González Gómez, P. (s.f.). El sector del mueble en Galicia: "Un eslabón perdido".
- Hui, B. (2015). Fabrication of smart coatings based on wood substrates with photoresponsive behavior and hydrophobic performance. *ResearchGate*.
- Informe sectorial de la economía española. (2016).

- Instituto Galego de Estatística. (2013). Análise da cadea forestal- madeira. Santiago de Compostela: Xunta de Galicia.
- Lenz, J. (2017). Wear Prediction of Woodworking Cutting Tools based on History Data. *ScienceDirect*, 1-5.
- Lynda Bull, P. C. (2015). The Internet of Things, Opportunity for the forest sector.
- Ministerio de Agricultura, A. y. (Octubre de 2014). “*Diagnóstico del Sector Forestal Español*” Análisis y Prospectiva - Serie Agrinfo/Medioambiente nº 8. Catálogo de Publicaciones de la Administración General del Estado: <http://publicacionesoficiales.boe.es/>: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Recuperado el 20 de Diciembre de 2015, de [http://www.magrama.gob.es/es/ministerio/servicios/analisis-y-prospectiva/AyP\\_serie\\_n%C2%BA8\\_diagn%C3%B3stico\\_sector\\_FORESTAL\\_tcm7-348019.pdf](http://www.magrama.gob.es/es/ministerio/servicios/analisis-y-prospectiva/AyP_serie_n%C2%BA8_diagn%C3%B3stico_sector_FORESTAL_tcm7-348019.pdf)
- Parlamento Europeo. (2017). La Unión Europea y los bosques. Fichas técnicas sobre la Unión Europea.
- Picos Martín, J. (10 de 2015). O sector forestal en Galicia: Problemática actual e perspectivas futuras.
- Plataforma Tecnológica Forestal Galega, D. (27 de Noviembre de 2015). El recurso maderero en los montes de Galicia: Situación y Mercado. Conclusiones y Recomendaciones. *Foro de análise e de encontro entre propietarios forestais e expertos do sector*. Santiago de Compostela.
- Proyecto GENER. (2007). Estudio de optimización energética en el sector de la madera en Galicia.
- Robotics and automation changing wood supply. (12 de Agosto de 2016). *Fridayoffcuts*.
- Turato, I. (s.f.). *Smart forest*. Obtenido de <http://www.idisturato.com/2016/01/31/pametna-suma/smart-forest-turato-021/>
- Yuste Martín, R., Vargas Velasco, N., & Moya Hernández, J. (2016). Teledetección ambiental de alta resolución mediante la aplicación de vehículos aéreos no tripulados.

## 7. ANEXO: CUESTIONARIO Y METODOLOGÍA 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 pre informar 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%
<b>TOTAL ACUMULADO</b>		<b>355</b>	<b>361</b>	<b>102%</b>

- **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