



Oportunidades Industria 4.0 en Galicia



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

ÍNDICE

| | |
|---|-----------|
| 1. CARACTERÍSTICAS DEL SECTOR PIEDRA NATURAL EN GALICIA | 4 |
| 1.1 INTRODUCCIÓN | 4 |
| 1.1.1 Tamaño del sector | 5 |
| 1.1.2 Tipología de empresas | 6 |
| 1.1.3 Otros aspectos a considerar en cada caso | 6 |
| 1.2 PRODUCTOS DEL SECTOR. MERCADO | 6 |
| 1.3 CADENA DE VALOR Y PROCESOS CLAVE | 12 |
| 2. ANÁLISIS EXTERNO | 14 |
| 2.1 SITUACIÓN INTERNACIONAL | 14 |
| 2.2 RESUMEN DE LAS PRINCIPALES MACRO-TENDENCIAS DEL SECTOR | 14 |
| 2.3 MEJORES PRÁCTICAS | 16 |
| 2.3.1 Automatización y Robótica Colaborativa Avanzadas | 16 |
| 2.3.1.1 Ejemplos de Uso Automatización y Robótica Colaborativa | 17 |
| 2.3.2 Human Machine e Interaction (Wearables, RA/RV, Exoesqueletos) | 19 |
| 2.3.2.1 Ejemplos de Uso Human Machine e Interaction (Wearables, RA/RV, Exoesqueletos) | 20 |
| 2.3.3 Sistemas ciberfísicos e IoT | 20 |
| 2.3.4 Fabricación Aditiva | 22 |
| 2.3.4.1 Ejemplos de Uso Fabricación Aditiva | 23 |
| 2.3.5 Tecnologías de Materiales Inteligentes | 24 |
| 2.3.5.1 Ejemplos de Uso Materiales Inteligentes | 24 |
| 2.3.6 Logística avanzada (AGV-UAV) | 24 |
| 2.3.6.1 Ejemplos de Uso Logística Avanzada UAV, AGV | 26 |
| 2.3.7 Modelización y Virtualización de Procesos | 28 |
| 2.3.7.1 Ejemplos de Uso Modelización y Virtualización de procesos | 29 |
| 2.3.8 Big Data, Data Analytics y Cloud Computing | 29 |
| 2.3.8.1 Ejemplos de Uso de Big Data, Data Analytics y Cloud Computing | 30 |
| 2.3.9 Safety and Security | 31 |
| 3. DIAGNÓSTICO SECTORIAL | 32 |
| 3.1 FAMILIARIDAD CON EL CONCEPTO DE INDUSTRIA 4.0 | 35 |
| 3.2 NIVEL TECNOLÓGICO ACTUAL | 40 |
| 3.2.1 Resumen de la situación actual por tecnologías emergentes | 41 |
| 3.2.2 Situación de los indicadores asociados a los Elementos Generadores de Valor | 60 |

| | | |
|------------|---|-----------|
| 3.2.3 | Problemas detectados..... | 65 |
| 3.2.4 | Restricciones o condicionantes identificados | 67 |
| 3.3 | GAP TECNOLÓGICO..... | 67 |
| 3.3.1 | Posicionamiento agregado del sector con respecto a las mejores prácticas..... | 70 |
| 4. | OPORTUNIDADES DE MEJORA..... | 76 |
| 4.1 | ESTRATEGIA DE IMPLANTACIÓN DE TECNOLOGÍAS 4.0 | 76 |
| 4.1.1 | MATRIZ DAFO | 81 |
| 4.2 | OPORTUNIDADES TECNOLÓGICAS DE MEJORA DETECTADAS | 82 |
| 4.3 | PROPUESTA DE ACCIONES A CORTO PLAZO | 84 |
| 5. | CONCLUSIONES..... | 87 |
| 6. | ANEXO: CUESTIONARIO Y METODOLOGÍA DE EJECUCIÓN..... | 88 |

1. CARACTERÍSTICAS DEL SECTOR PIEDRA NATURAL EN GALICIA

1.1 INTRODUCCIÓN

Para la realización de este estudio, nos centramos en la piedra natural: **granito y pizarra**, puesto que son el **eje central de la roca ornamental gallega**, obviándose otros materiales como el mármol, rocas u otras piedras (areniscas, cuarcitas, alabastros, etc.).

Asimismo, se ha excluido del proceso productivo la extracción pura (las empresas que únicamente disponen de proceso extractivo no han sido incluidas en el estudio), centrándonos únicamente en el procesado y transformado de la piedra desde que ésta entra en las instalaciones de fabricación y transformado hasta su salida a distribución, puesto que es en este proceso donde el producto adquiere su mayor valor.

La colocación e instalación de la piedra natural en sus diferentes usos, no es objeto de este estudio.

El informe, por lo tanto, tiene el siguiente alcance:

CNAE (Clasif. 2009):

- 0811 "Extracción de piedra ornamental y para la construcción"
- 2370 "Corte, tallado y acabado de la piedra"

Sector ICEX

- 4340203 -- Pizarra y sus manufacturas para construcción
- 4340202 -- Granito y sus manufacturas para construcción

Bajo el término **Piedra Natural** se agrupan todas **las variedades de rocas, que después de un proceso más o menos complejo de elaboración se utilizan, bien como materiales nobles** para la construcción en forma de pavimentos, recubrimientos de fachadas, solados, elementos constructivos; **bien como elementos de ornamentación**. En el ámbito comercial, la piedra natural se divide en tres grupos genéricos: mármoles, granito y pizarra. El estudio se enmarca dentro de los grupos de granito y pizarra.

Para la definición piedra y granito se ha seguido la establecida por la norma UNE EN 12670: 2003, en vigor:

Granito: "Piedra Natural compacta y que admite el pulido, utilizada en decoración y construcción que fundamentalmente consiste en minerales con una dureza entre 5 y 7 en las escala de Mohs, tales como el cuarzo y el feldespato, p.ej. el granito según la definición científica, otras rocas plutónicas, rocas volcánicas con estructura porfirítica, rocas metamórficas con composición mineralógica similar a los granitoides como el gneis e incluso calizas en algunas regiones de Europa".

Pizarra: "Rocas que son fácilmente lajables en láminas delgadas a lo largo del plano de foliación resultado de una esquistosidad de flujo, causada por un metamorfismo de grado bajo o muy bajo debido a la compresión tectónica. Se diferencian de las lutitas lajosas sedimentarias en que éstas siempre abren por el plano de estratificación".

La actividad minera en Galicia continúa siendo una de las actividades que destaca en volumen, en comparación con otras comunidades autónomas de España. Si además, nos centramos en las rocas ornamentales (pizarra, granito, y mármol) Galicia se configura como la CCAA más importante y una de las principales regiones productoras del mundo.

Geográficamente, la **extracción de piedra natural se concentra en las provincias de Ourense** (pizarra de Valdeorras) **y Pontevedra** (Granito de Porriño). Aunque las otras dos provincias gallegas también tienen una actividad relevante.

- La extracción de pizarras se concentra en las provincias de Ourense (Valdeorras), A Coruña (Ortigueira) y Lugo (Pastoriza-Pol-Mondoñedo).

- La extracción de granitos se localizan en las provincias de Pontevedra (O Porriño, Meis, Gondomar...), Ourense (Ribadavia, Ourense...), Lugo (Guitiriz, Friol...).

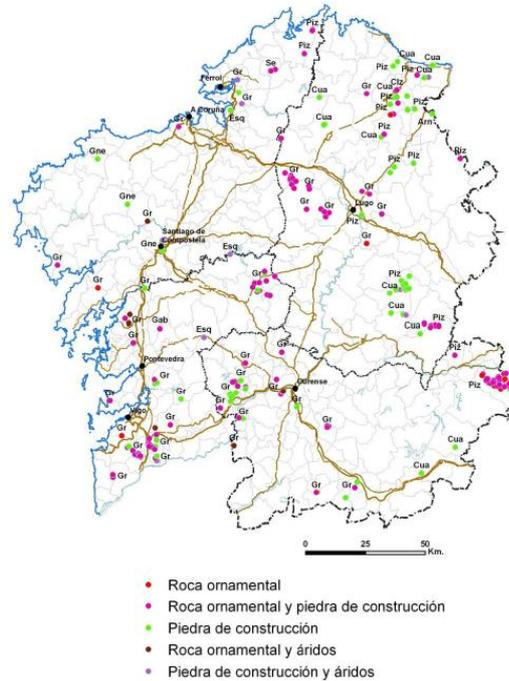


ILUSTRACIÓN 1: DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE LA PRODUCCIÓN DE PIEDRA NATURAL SEGÚN SU DESTINO. FUENTE: MAPAS DE ROCAS Y MINERALES INDUSTRIALES DE GALICIA. INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA. NOVIEMBRE DE 2008

1.1.1 Tamaño del sector

La piedra natural, en Galicia, es un **sector económico tradicional y maduro**. Se localiza principalmente en Ourense y Pontevedra, en función de la existencia de yacimientos y de infraestructuras soporte.

Según la Base de Datos Ardán 2016, el sector estaría **conformado por 439 empresas**. 259 empresas destinadas al corte, tallado y acabado de la piedra natural y 180 destinadas a la extracción de piedra caliza, yeso, creta y pizarra.

Distribución geográfica de las empresas del sector

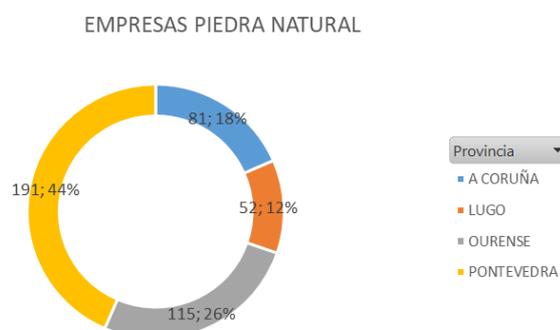


ILUSTRACIÓN 2: DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE LAS EMPRESAS DEL SECTOR. FUENTE ARDAN

El sector en Galicia ha supuesto en 2016, 3.097 empleos directos y 7.743 empleos indirectos en Galicia, según el Informe Sectorial de 2016, elaborado por el Cluster de la Piedra Natural (www.clusterpiedra.com)

1.1.2 Tipología de empresas

El sector está constituido en su mayoría por **pequeñas empresas, de entre 0 y 25 empleados**, de carácter familiar y con vocación exportadora. El 85% de las empresas según datos Ardán 2016 son pequeñas empresas, mientras que el 14.78% son medianas.

El sector de la Piedra Natural **ha sufrido directamente la crisis económica del sector de la construcción**, la aparición de nuevos países exportadores y la entrada de productos sustitutivos. A pesar de estas dificultades, Galicia mantiene el liderazgo en la producción alcanzando el 36,7% de la producción nacional en 2015., apoyado por su desarrollo en el comercio internacional, característico de este sector.

Las empresas del sector pueden clasificarse en los siguientes grupos: Extractoras (no incluidas en el presente informe); Extractoras y transformadoras; Transformadoras del producto; Empresas de elaboración de producto final, Empresas Auxiliares (maquinaria, equipos, abrasivos, etc.)

En el estudio se han incluido:

- Empresas extractoras y transformadoras, tanto de la pizarra como del granito. Estas empresas en su mayoría se distinguen por pertenecer a un grupo empresarial aglutinando a más de una cantera extractiva.
 - En el caso de la pizarra casi todas las empresas disponen de extracción y labrado de la misma, incluyéndose los siguientes CNAE: 0811 "Extracción de piedra ornamental y para la construcción"; 2370 "Corte, tallado y acabado de la piedra".
 - En el caso del granito, hay una mayor diversidad encontrándose empresas extractoras que proceden al primer aserrado del producto y a su venta directa de bloque en bruto y adoquín, y empresas solo transformadoras del producto.
 - Las empresas extractoras disponen de una clara vocación exportadora
- Empresas transformadoras. Las empresas transformadoras, principalmente del granito, adquieren el granito para su venta directa en bloque o para la transformación del mismo en producto final.
- Empresas de producto final. Empresas, principalmente del granito, que adquieren la piedra para su transformación en producto final, principalmente para arte religioso, funerario, cocinas, etc. En este caso, el estudio ha dejado fuera a los pequeños marmolistas, incluyendo solamente a las empresas de moldurado del granito con más de 10 empleados, ya que muchas de ellas se sitúan en el límite del trabajo artesano.

1.1.3 Otros aspectos a considerar en cada caso

Es interesante resaltar que el posicionamiento internacional y la calidad de los productos se está viendo reflejada en la existencia de movimientos financieros, como **compras y adquisiciones de empresas por parte de grupos extranjeros**, que hasta el momento no estaban presentes en el sector.

Así por ejemplo, el grupo CUPA ha sido adquirido por The Carlyle Group, o Carfersa por la empresa alemana Rathscheck Schiefer.

1.2 PRODUCTOS DEL SECTOR. MERCADO

El uso de la pizarra y del granito en la construcción se remonta a la Antigüedad. Desde usos puramente ornamentales, como lápidas o construcciones funerarias, a viviendas o edificaciones destinadas a otros usos.

Galicia dispone de numerosas manifestaciones de piedra natural lo que nos permite contemplar su evolución a lo largo de los tiempos, desde dólmenes, castros, cruceiros o construcciones fortificadas como la Muralla de Lugo, hasta pazos o iglesias de siglos más recientes. En la actualidad la piedra natural en las construcciones es comúnmente utilizada.

PIZARRA

En el caso de la pizarra, debido a su impermeabilidad, alto grado de flexión y comportamiento frente agentes atmosféricos, ha sido empleada durante siglos principalmente como material para cubiertas.

Hoy en día, la pizarra sigue siendo un material utilizado preferentemente en la confección de cubiertas y techos, junto con la construcción de solados, recubrimientos y ornamentación. El progreso tecnológico a lo largo de los años ha favorecido la calidad de la pizarra, facilitando la disponibilidad de formatos y su utilización en nuevos métodos y usos constructivos.

Formatos habituales de la pizarra gallega *(fuente: clúster gallego de la pizarra)*

- Rectangular: Largo entre 250 y 400 mm, ancho entre 150 y 250 mm, espesor entre 2,5 y 5 mm
- Redondeada: Largo entre 300 y 400 mm, ancho 200 mm, espesor entre 3 y 5 mm
- Ojival o pico pala: Largo entre 400 y 500 mm, ancho entre 200 y 250 mm, espesor entre 3 y 5 mm
- Rombo: Largo entre 350 y 400 mm, ancho entre 350 y 400 mm, espesor entre 5 y 8 mm
- Hexagonal: Largo entre 350 y 400 mm, ancho entre 250 y 300 mm
- Schuppen Largo entre 200 y 360 mm, ancho entre 150 y 280 mm, espesor entre 4 y 6 mm
- Media Luna: Largo entre 200 y 300 mm, ancho entre 200 y 300 mm, espesor entre 4 y 6 mm

Acabados:

El acabado común de la pizarra es el natural, es decir el que presenta después del exfoliado.



ILUSTRACIÓN 3: PIZARRA PALETIZADA. PRODUCTO TERMINADO. FUENTE: CLÚSTER DE LA PIZARRA DE GALICIA

Producción y usos productivos:

La distribución de la producción en función de los distintos usos productivos en 2015 y 2014 ha sido la siguiente:

| PIZARRA ORNAMENTAL | 2015 | 2014 |
|------------------------|--------|--------|
| Bloques | 32,22% | 34,19% |
| Cubiertas y tablas | 64,93% | 61,47% |
| Pavimentos y aplacados | 1,04% | 2,06% |
| Piedras de cantería | 1,81% | 2,27% |

TABLA 1. SECTORIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE PIZARRA. ELABORACIÓN PROPIA. FUENTE: ESTADÍSTICAS EME 2015, 2014

GRANITO

El granito es el material pétreo por excelencia. Sus características físicas, químicas y mecánicas, su resistencia a la compresión, la flexión, y a la abrasión; su baja absorción y porosidad hacen del granito el material adecuado para exteriores.

El granito es utilizado principalmente para paramentos, revestimientos, solería, y en menor medida para el arte funerario y el mobiliario urbano

Acabados

Acabados comunes:

| | |
|---|---|
| Flameado: superficie rugosa, craterizada y con un aspecto ligeramente vitrificado. |  |
| Abujardado: superficie plana y rugosa, con pequeños cráteres de 1 a 3 mm de profundidad, uniformemente repartidos. |  |
| Apiconado: superficie muy rugosa y con aspecto rústico. |  |
| Arenado o Granallado: la superficie tratada presenta uniformidad, con una serie de picos y valles. |  |
| Lajado o Partido o Natural: aspecto natural, irregular, aunque bastante plano. |  |
| Serrado/Aserrado/Cortado: superficie lisa pero algo áspera, porosa y mate, con aspecto un poco difuminado. |  |

| | |
|---|---|
| Ranurado/Rayado/Acanalado: superficie con ranuras paralelas. |  |
| Cepillado o Envejecido: superficie rugosa pero satinada, tacto suave. Aspecto aterciopelado. |  |
| Apomazado o Amolado: superficie lisa y mate. |  |
| Pulido: superficie lisa, brillante y reflejante, con una porosidad casi nula. |  |

ILUSTRACIÓN 4. RELACIÓN DE ACABADOS COMUNES DEL GRANITO. FUENTE: CLÚSTER DEL GRANITO/ACABADOS

Producción y usos productivos:

La distribución de la producción en función de los distintos usos productivos en 2015 y 2014 ha sido la siguiente:

| PIZARRA ORNAMENTAL | 2015 | 2014 |
|------------------------|--------|-------|
| Bloques | 84,07% | 79,44 |
| Cubiertas y tablas | 0,71% | 1,92 |
| Pavimentos y aplacados | 4,47% | 6,46 |
| Piedras de cantería | 10,74% | 12,17 |

TABLA 2. SECTORIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE GRANITO ORNAMENTAL. ELABORACIÓN PROPIA. FUENTE: ESTADÍSTICAS EME 2015, 2014

La mayor parte de la producción se destina a bloques. Sin embargo, el mayor valor del producto se adquiere en su transformación a cubierta y tabla, pavimento y aplacados.

EL MERCADO DE LA PIEDRA NATURAL

El sector de la PiedraNatural, como hemos comentado, es un sector económico tradicional y maduro. En Galicia se localiza principalmente en Ourense y Pontevedra, en función de la existencia de yacimientos y de infraestructuras soporte. El sector se caracteriza por una gran competencia a escala mundial y un mercado muy dependiente del sector constructivo. Galicia mantiene la primera posición como región exportadora de piedra natural, muy por encima de otras comunidades productoras como Castilla León y la Comunidad Valenciana.

La piedra natural como material constructivo es un producto con alta demanda internacional, y por lo tanto, gran parte de la producción del sector es exportada, principalmente a Europa (Francia, Alemania...), Turquía y a Estados Unidos. El producto exportado en mayor volumen, es el bloque de piedra en bruto, que después es transformado por los países importadores. Es en el procesado del producto donde éste adquiere su mayor valor y donde Galicia es menos competitiva frente a otros países como por ejemplo, China.



ILUSTRACIÓN 5: COMPARATIVA EXPORTACIONES GALICIA-ESPAÑA. REPARTO DEL VOLUMEN DE EXPORTACIONES 2015. ELABORACIÓN PROPIA. FUENTE: ICEX. BASE DE DATOS ESTACOM

La provincia con mayor actividad exportadora es Ourense (58,04%), debido a la concentración de explotaciones de pizarra, seguida por Pontevedra (38,12%) debido a la concentración de explotaciones de granito.

| EXPORTACIONES GALLEGAS DE PIEDRA NATURAL | | | | | | |
|--|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|---------------------|
| AÑO | 2014 | | 2015 | | 2016 | |
| SECTOR ICEX | Granito miles € | Pizarra miles € | Granito miles € | Pizarra miles € | Granito miles € | Pizarra miles €2014 |
| A CORUÑA | 397,21€ | 1.004,30€ | 662,46€ | 1.968,97€ | 353,61€ | 1.540,64€ |
| LUGO | 2.053,68€ | 8.225,43€ | 2.603,77€ | 8.545,45€ | 2.074,81€ | 6.764,54€ |
| OURENSE | 742,71€ | 180.826,09€ | 634,52€ | 178.566,61€ | 417,96€ | 186.219,41€ |
| PONTEVEDRA | 109.921,74€ | 2.077,48€ | 118.764,05€ | 2.293,35 | 124.686,51€ | 1.795,16€ |
| TOTAL | 1113.114,74 | 192.133,31 | 122.664,80 | 191.374,38 | 127.532,89 | 196.319,76 |

TABLA 3: EXPORTACIÓN DE LA PRODUCCIÓN POR PROVINCIAS. ELABORACIÓN PROPIA. FUENTE: ICEX BASE DE DATOS ESTACOM

Encuanto al destino en Europa de la pizarra y el granito en 2016, podemos decir que:

- En el caso de la pizarra, Francia es el primer país importador (35% de la pizarra exportada de la provincia de Ourense), seguido de Gran Bretaña (29% de la pizarra exportada de la provincia de Ourense) y de Alemania (18% de la pizarra exportada de la provincia de Ourense).

| EXPORTACIONES DE PIZARRA | 2016 | 2015 | 2014 | 2013 |
|--------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Países | Miles - Euros | Miles - Euros | Miles - Euros | Miles - Euros |
| FR -- Francia | 67.818,61 | 67.696,23 | 72.174,75 | 65.228,05 |
| GB -- Reino Unido | 57.781,45 | 51.364,17 | 46.010,44 | 35.676,07 |
| DE -- Alemania | 34.918,06 | 35.735,83 | 37.683,25 | 42.701,48 |
| BE -- Bélgica | 14.438,40 | 14.237,70 | 15.318,74 | 14.135,35 |
| IE -- Irlanda | 5.808,03 | 4.736,74 | 4.970,61 | 5.241,23 |
| US -- Estados Unidos | 4.079,64 | 4.936,83 | 3.560,63 | 2.781,49 |
| LU -- Luxemburgo | 4.034,93 | 4.331,03 | 4.926,63 | 4.564,94 |
| DK -- Dinamarca | 2.024,83 | 2.719,49 | 2.849,74 | 2.093,86 |
| AU -- Australia | 1.306,84 | 1.011,91 | 838,09 | 699,01 |
| NL -- Países Bajos | 1.112,24 | 655,24 | 953,35 | 842,68 |
| CA -- Canadá | 106,75 | 34,14 | | 47,65 |
| PT -- Portugal | 419,72 | 266,56 | 33,93 | 35,84 |
| CH -- Suiza | 280,15 | 284,73 | 225,83 | 316,99 |
| IT -- Italia | 406,50 | 636,04 | 582,78 | 763,38 |
| LT -- Lituania | 135,46 | 148,49 | 115,88 | 142,95 |
| AD -- Andorra | 238,45 | 278,86 | 219,49 | 149,38 |
| PL -- Polonia | 276,20 | 184,52 | 236,47 | 190,11 |
| SE -- Suecia | 278,50 | 236,61 | 173,41 | 117,75 |
| ZA -- Sudáfrica | 138,34 | 28,50 | 72,54 | 34,60 |
| NZ -- Nueva Zelanda | 115,43 | 28,88 | 38,09 | 42,20 |
| SubTotal | 195.718,51 | 189.552,50 | 190.984,65 | 175.805,01 |
| Total | 196.319,76 | 191.374,38 | 192.133,31 | 177.100,22 |

TABLA 4. EXPORTACIÓN DE PIZARRA. ELABORACIÓN PROPIA. FUENTE: ICEX BASE DE DATOS ESTACOM

- En el caso del granito el principal destino es Estados Unidos con un 20%, seguido de Turquía y Marruecos.

| EXPORTACIONES DE GRANITO | 2016 | 2015 | 2014 | 2013 |
|------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Países | Miles - Euros | Miles - Euros | Miles - Euros | Miles - Euros |
| US -- Estados Unidos | 25.413,63 | 22.729,41 | 16.747,17 | 11.499,53 |
| MA -- Marruecos | 19.292,38 | 15.954,32 | 14.606,86 | 11.254,52 |
| TR -- Turquía | 21.160,84 | 23.532,68 | 22.275,99 | 27.035,80 |
| PT -- Portugal | 15.426,08 | 14.847,94 | 14.860,40 | 13.513,35 |
| DE -- Alemania | 6.321,95 | 5.778,20 | 5.708,68 | 4.017,81 |
| FR -- Francia | 8.282,11 | 7.499,78 | 5.824,71 | 8.829,43 |
| TN -- Túnez | 3.871,98 | 3.078,15 | 2.342,36 | 4.165,11 |
| DZ -- Argelia | 4.254,94 | 4.131,18 | 3.749,50 | 2.689,19 |
| MX -- México | 3.417,00 | 2.809,47 | 2.610,46 | 2.135,97 |
| PL -- Polonia | 2.163,81 | 2.982,02 | 2.488,50 | 2.778,26 |
| IT -- Italia | 1.898,10 | 2.396,56 | 2201,98704 | 2.158,62 |
| NL -- Países Bajos | 2.409,27 | 2.197,28 | 1.796,78 | 613,40 |
| GB -- Reino Unido | 1.267,58 | 1.094,20 | 1.385,86 | 1.573,81 |
| AE -- Emiratos Árabes Unidos | 1.448,10 | 761,13 | 556,37 | 569,99 |
| KR -- Corea del Sur | 940,75 | 1.405,99 | 285,68 | 73,69 |
| CA -- Canadá | 1.235,38 | 1.014,35 | 829,95 | 921,18 |
| AL -- Albania | 559,59 | 668,94 | 717,07 | 714,22 |
| CH -- Suiza | 604,26 | 609,54 | 512,43 | 626,10 |
| QA -- Qatar | 168,39 | 387,62 | 558,45 | 1.334,78 |
| CR -- Costa Rica | 420,05 | 464,36 | 292,47 | 242,88 |
| SubTotal | 120.556,19 | 114.343,14 | 100.351,69 | 96.747,64 |
| Total | 127.532,89 | 122.664,80 | 113.114,74 | 109.726,36 |

TABLA 5. EXPORTACIÓN DE PIZARRA. ELABORACIÓN PROPIA. FUENTE: ICEX BASE DE DATOS ESTACOM

Es de destacar que la mayor parte del granito exportado, es exportado en bloque, producto que dispone de un menor valor añadido que el granito procesado.

1.3 CADENA DE VALOR Y PROCESOS CLAVE

La piedra natural, granitos y pizarras, se comercializan en grandes volúmenes y son objeto de un intenso tráfico internacional, tanto en sus formas semielaboradas (bloques y tableros), como en productos acabados de formatos estándar (losas, plaquetas y tejas). **Una parte importante de los procesos productivos en Galicia aún siguen muy orientados a la venta del material en bruto y bloque** (producto que compite únicamente en precio) provocando que no se aproveche la potencialidad de la actividad, en términos de generación de valor añadido.

La cadena de valor de la piedra natural puede resumirse de la siguiente manera:



ILUSTRACIÓN 6: CADENA DE VALOR PIEDRA NATURAL. FUENTE ELABORACIÓN PROPIA

Bajando la cadena de valor a cada material y a sus procesos más importantes obtenemos

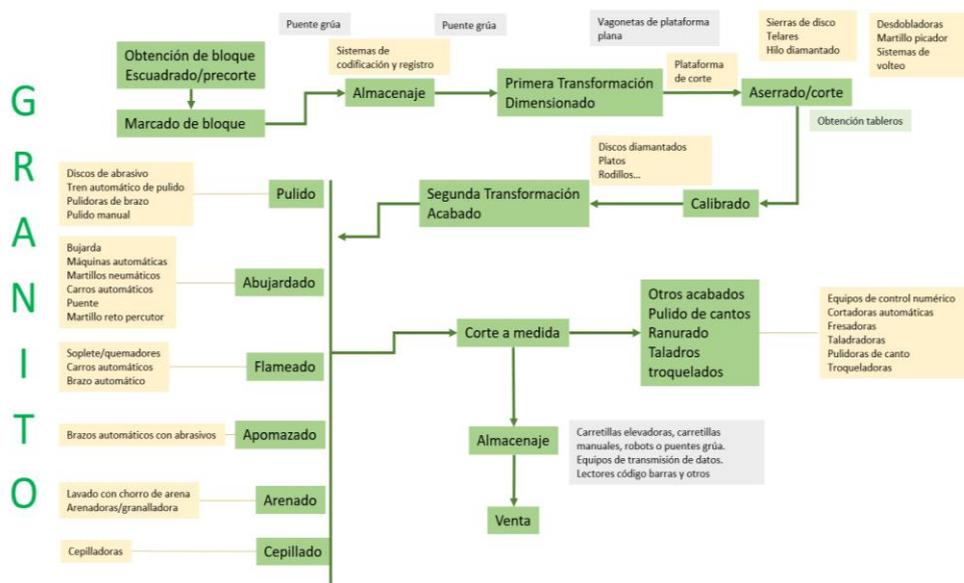


ILUSTRACIÓN 7: MAPA DE PROCESOS DE VALOR DE LA ELABORACIÓN DE GRANITO. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

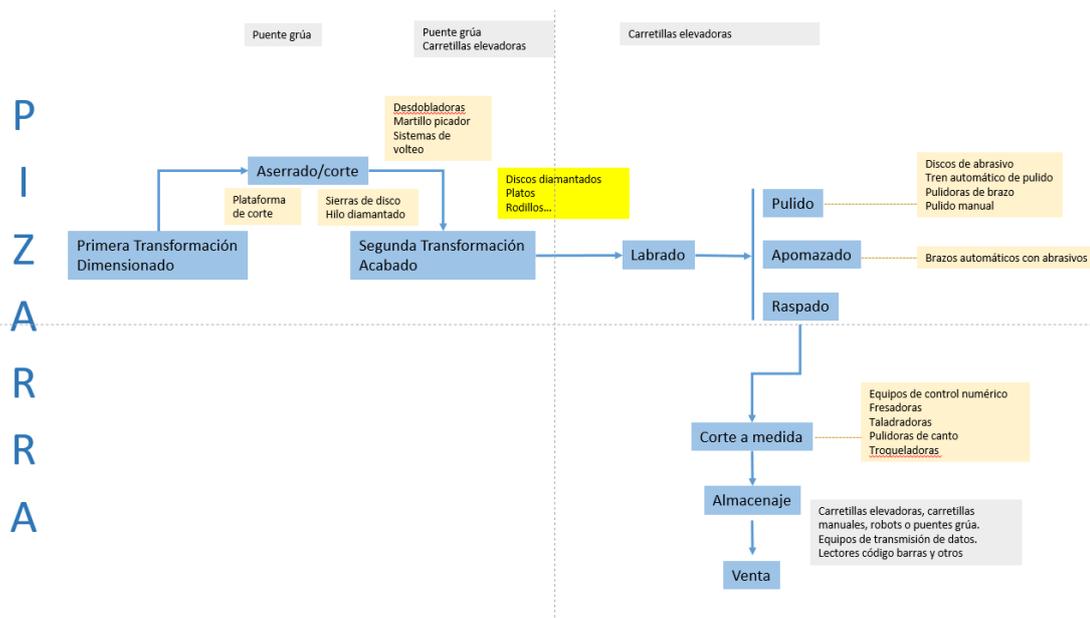


ILUSTRACIÓN 8: MAPA DE PROCESOS DE VALOR DE LA ELABORACIÓN DE LA PIZARRA. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

2. ANÁLISIS EXTERNO

2.1 SITUACIÓN INTERNACIONAL

Las **empresas de la piedra natural se caracterizan por ser en su mayoría pequeñas empresas**, en gran medida de origen familiar.

La posición en el mercado del granito y pizarra gallegos viene avalada por la existencia de un yacimiento diferenciado y la disponibilidad de una adecuada red de infraestructuras.

La demanda de piedra natural se centra fundamentalmente en el sector de la construcción por lo que en los momentos de crisis económica (como lo han sido los últimos años) la industria se ve profundamente afectada.

El mercado de la piedra natural es un mercado internacional en el que el factor competitividad es crucial debido a la existencia de un número limitado de industrias, tanto extractivas, como transformadoras, y un alto grado de demandantes.

En este contexto, Galicia se sitúa entre los 6 principales exportadores de Piedra Natural, con el reconocimiento internacional que ello conlleva

2.2 RESUMEN DE LAS PRINCIPALES MACRO-TENDENCIAS DEL SECTOR

La transformación de un sector principalmente tradicional en un sector moderno y competitivo y sostenible en el tiempo, basado en el conocimiento, y garantizando una posición tecnológica duradera, se conforma como la tendencia más relevante.

El sector dispone de un adecuado posicionamiento en internacionalización. El mantenimiento de esta posición en el tiempo requiere la consecución de un incremento en la productividad industrial a través del desarrollo de nuevas tecnologías y materiales, dotando en todo momento de mayor valor añadido al producto gallego.

Sin ánimo de ser exhaustivos, las tendencias tecnológicas detectadas para el sector, son las siguientes:

- **Detección de defectos**(fracturas, grietas, fisuras, poros, etc.) y su transformación en material consolidado, a través por ejemplo, del desarrollo de nuevos polímeros menos contaminantes y que redunden en ahorro de energía en el procesado.
- **Desarrollo de nuevos sistemas de corte y acabado**(aplicación de nanomateriales a los discos de diamante, robótica colaborativa, maquinaria de control numérico...).
- **Mejora de la imagen medioambiental y social**, no se puede olvidar que la piedra natural es un elemento finito y no renovable.

- **Generación de nuevos materiales basados en piedra natural**, con propiedades multifuncionales como capacidad de almacenaje de energía, autolimpieza, mejores prestaciones habitabilidad, eficiencia energética, seguridad, etc. como por ejemplo, la incorporación de PCM (Phase Changing Material¹). Desarrollo de nuevos recubrimientos que permitirá dotar a los productos finales de la piedra de nuevas propiedades estéticas. Incorporación de nuevos agentes catalíticos (TiO₂/ZnO), etc. En definitiva, generación de una nueva familia de productos que competirán en novedad y calidad en los mercados emergentes de venta de productos tradicionales de piedra natural. La investigación en materiales inteligentes en el sector de la construcción es una tendencia actual que no debería olvidar al sector de la Piedra Natural.
- **Desarrollo de nuevos productos** basados en residuos de piedra natural como hormigón o la utilización de nano residuos del granito.
- **La automatización de los procesos de producción y sistemas de gestión.** Utilización nueva maquinaria de control numérico, robots industriales, máquinas automáticas y semiautomáticas, implantación de ERP, MES, SCADA...
- **Nueva maquinaria eficiente energéticamente.**
- **La utilización de nuevas herramientas** para virtualización y modelización del producto, 3D SCANNING, o CADD...
- **Adaptación al modelo BIM (Building Information Modelling)** cuya implantación en el sector de la construcción en los próximos años se prevé muy elevada.
- **Fomentar la cultura del diseño en piedra natural**, con la inversión que ello requiere para conseguir mayor valor añadido.
- **Utilización de Ensayos no Destructivos** para la caracterización de la piedra.

Si analizamos las tendencias de I+D+i a través de resultados de investigación, elaborados desde 2010 a 2016 (análisis realizados con el software LINKNOVATE) se observa que los “topic” relacionados con la piedra natural más representativos de las tendencias tecnológicas, son los siguientes:

- Espectroscopia láser
- Resinas Epoxi
- Conservación del suelo
- Piedra artificial
- Aditivos para hormigón
- Componentes estructurales
- Residuos de la piedra Natural
- Corte por diamante

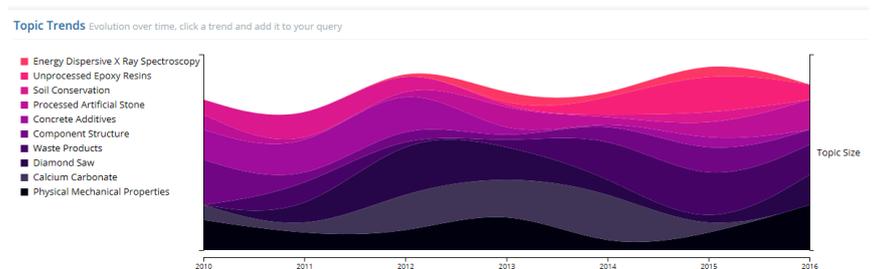


ILUSTRACIÓN 9: “TOPICS TRENDS NATURAL STONE” FUENTE: LINKNOVATE

Si comparamos el número de publicaciones elaboradas, EEUU estaría en primer lugar, Italia en tercer lugar, y España en quinto.

En el sector de la Piedra Natural, la cultura de la innovación tecnológica no está extendida entre las empresas, **aunque la innovación se reconoce como un factor importante, en general, no es considerada un elemento estratégico** y en consecuencia no se dirige ni gestiona como tal. La utilización de ayudas de I+D+i es reducida, ya que han sido muy pocas las empresas participantes que reconocen utilizar este tipo de ayudas.

¹ Application of Smart Materials in the Interior Design of Smart Houses. Mohammed Thabit Al-Baldawi. College of Architecture and Design, Al-Ahliyya Amman University, Civil and Environmental Research www.iiste.org. ISSN 2224-5790 (Paper) ISSN 2225-0514 (Online) Vol.7, No.2, 2015

2.3 MEJORES PRÁCTICAS

2.3.1 Automatización y Robótica Colaborativa Avanzadas

La Automatización y Robótica colaborativa ofrece una serie de ventajas aprovechables en el sector de la Piedra Natural.

AUTOMATIZACIÓN

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

ROBÓTICA COLABORATIVA

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

TENDENCIAS GENERALES DE LA TECNOLOGÍA

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

TENDENCIAS SECTORIALES

- Desarrollo de sistemas robóticos para incluir en una sola máquina diferentes tareas del proceso productivo de piedra natural, como por ejemplo: taladro, cortadora, ranuradora, paletizado..., favoreciendo ahorro de costes, espacio y tiempo.
- Desarrollo de robots para la elaboración de bordillos. Detección del tamaño de la pieza, fresado y flameado automáticos.
- Soluciones flexibles para el esculpido y contorneado de objetos pequeños.
- Uso de herramientas en seco.
- Etc.

2.3.1.1 Ejemplos de Uso Automatización y Robótica Colaborativa

Robot Multifunción DGF Multi-Rob 40. Unifica en una sola máquina las funciones de taladro, cortadora, ranuradora y paletizado.



ILUSTRACIÓN 10: DGF MULTI-ROB 40 FUENTE: <http://www.digafer.es>

Robot FANUC R-2000iB 165 kg. Elaboración de bordillos de todo tipo de piedra, con detección del tamaño de la pieza, fresado y flameado en automático. Este robot dispone de 165 kg de capacidad y 6 ejes interpolados. Su repetitividad se encuentra en el intervalo de los ± 2 mm, con acoplamiento para adaptar fresa en la cabeza del disco.



ILUSTRACIÓN 11: ROBOT FACNUC R-2000IB. FUENTE: <http://www.digafer.es>

Lapisytem Mini. Solución flexible a la necesidad de esculpir y contornear pequeños objetos de mármol, granito y piedra con el uso de herramientas en seco: pequeños relieves y esculturas.

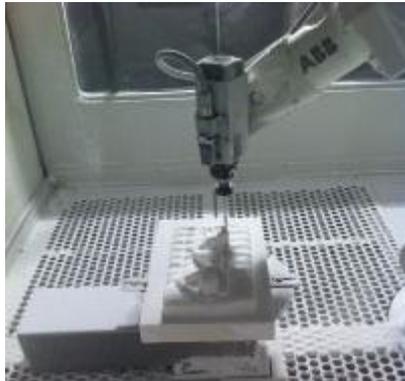


ILUSTRACIÓN 12: LAPSYSTEM MINI. FUENTE: <https://www.focuspiedra.com>

Ciberstone CRO 1. Sistema robótico para procesar los materiales de piedra. Robot flexible y versátil que asegura el rendimiento de procesos como corte, desbaste, perforación, perfilado, vaciado, pulido y girado de la pieza, en espacios reducidos. El software permite importar archivos en 2D y 3D y multitud de formatos.



ILUSTRACIÓN 13: CIBERSTONE CRO 1. FUENTE: <http://www.donatonimacchine.eu>

ATI Force. La solución LeanMachine utiliza un sensor de fuerza / torque ATI Omega191 de seis ejes para medir y controlar la fuerza de la herramienta.

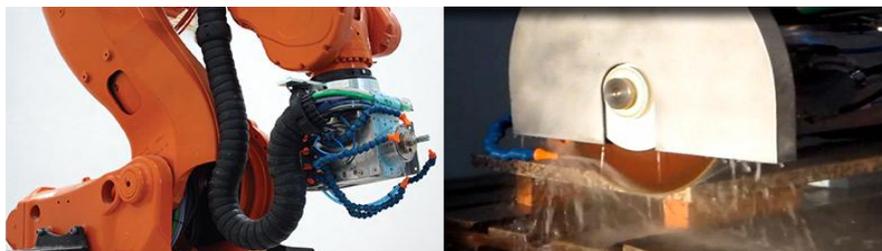


ILUSTRACIÓN 14: ATI FORCE. FUENTE: <http://www.ati-ia.com>

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

Human Machine e Interaction ofrece una serie de ventajas aprovechables en el sector de la Piedra Natural.

WEREABLES

Su uso en un entorno industrial permite:

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

TENDENCIAS GENERALES DE LA TECNOLOGÍA

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

Gafas inteligentes (RV/RA):

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

Relojes inteligentes:

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

Exoesqueletos: Mejora de la ergonomía del trabajador. Ayuda en trabajos repetitivos

- Sujeción de herramientas: brazos con resorte.
- Silla sin silla: Disminución de la fatiga del operario al estar en una misma posición durante tiempo prolongado.
- Soporte de espalda: Manutención de la postura correcta del cuerpo mientras el operario se dobla para realizar una operación. Reducción de la carga de los músculos de la espalda.
- Guantes motorizados: Ayuda al trabajador en la sujeción de herramientas.

- Robótica Supernumeraria. Exoesqueletos que proporcionan un segundo par de manos.

2.3.2.1 Ejemplos de Uso Human Machine e Interaction (Wearables, RA/RV, Exoesqueletos)

GODREAMS VR and Levantina Group. Realidad Virtual para ayuda a la comercialización.



ILUSTRACIÓN 15: REALIDAD VIRTUAL Y PIEDRA NATURAL. FUENTE:
<http://godreamsvr.com/index.php/en/piedranatural>

Frontwave. Instant Classification². Sistema para la identificación y clasificación de productos de piedra natural a partir de la textura superficial. La identificación y clasificación se realiza por el grado de similitud que el producto analizado presenta frente a un patrón definido por el usuario, a través del análisis de imagen obtenida por digitalización del material.

Las imágenes digitalizadas se almacenan junto con la información de su origen y sus características. Esta información está disponible para el usuario que selecciona los productos a adquirir, y estos entran directamente en la planificación de la producción.

2.3.3 Sistemas ciberfísicos e IoT

Los Sistemas Ciberfísicos e IoT ofrecen una serie de ventajas aprovechables en el sector de la Piedra Natural.

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

TENDENCIAS GENERALES DE LA TECNOLOGÍA

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

² <http://frontwave.pt/technology/project/artificial-vision/>

TENDENCIAS DEL SECTOR

- Interconexión de máquinas del proceso productivo con las empresas fabricantes de las mismas. Análisis de las máquinas en tiempo real, antelación de problemas, etc. Evitando desplazamientos.
- Mejora de los sistemas de inventario.
- Conexión del cliente con la planta de producción.
- Recopilación de la información del proceso productivo y análisis en tiempo real.
- Recopilación y análisis de datos de consumo energético.
- Integración de los sistemas de producción con los sistemas de gestión de la empresa.
- Sensórica y tecnología RFID a lo largo de todo el proceso.

2.3.4 Fabricación Aditiva

La Fabricación Aditiva no está actualmente introducida en el sector de la Piedra Natural y no se percibe demasiado interés en el mismo.

TENDENCIAS GENERALES DE LA TECNOLOGÍA

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

TENDENCIAS DEL SECTOR

El mercado de la impresión 3D de materiales para el sector de la construcción crecerá, lo que puede conllevar a la aparición de nuevos productos competidores con la piedra natural.

En el caso de las empresas de moldurado de granito, la impresión 3D está siendo utilizada para prototipado rápido de producto final.

2.3.4.1 Ejemplos de Uso Fabricación Aditiva

Impresora Winsun. Capaz de construir casas y edificios de hasta cinco pisos. Utiliza hormigón reciclado de residuos de la construcción.



ILUSTRACIÓN 16: PRIMER EDIFICIO CONSTRUIDO CON IMPRESIÓN 3D. DUBAI. WINSUM GLOBAL. FUENTE:
<https://es.digitaltrends.com/inteligente/impresion-3d-dubai/>

Techniques Recovery Innovative Printable. La empresa italiana ha puesto en marcha una solución sostenible para el reciclaje de los lodos procedentes de la elaboración de la piedra natural (mármol) para uso como materia prima en la fabricación de pequeños bloques. La impresora 3D utilizada es TRIP3DPRINTER.



ILUSTRACIÓN 17: BLOQUE DE PIEDRA CREADO A PARTIR DE LODOS DE MÁRMOL CON LA IMPRESORA ED. TRIP3DPRINTER. FUENTE: www.focuspedra.com

2.3.5 Tecnologías de Materiales Inteligentes

Los materiales inteligentes aportan información sobre la propia calidad del proceso productivo, logrando un uso más eficiente y sostenible de los recursos, a la vez que se reducen los tiempos de producción y se incrementa la competitividad.

TENDENCIAS GENERALES DE LA TECNOLOGÍA

- Desarrollo de automóviles ligeros.
- Desarrollo de herramientas de alto rendimiento.
- Desarrollo de turbinas para la industria aeronáutica.
- Desarrollo de materiales biocompatibles para el sector salud.
- Desarrollo de dispositivos para el almacenamiento de datos en industria electrónica.
- Nuevos envases para la industria alimentaria.
- Desarrollo de nuevos recubrimientos y materiales para la construcción.
- Desarrollo de nuevos materiales cerámicos.
- Sensores electromagnéticos para la identificación de daños en estructuras y materiales.

TENDENCIAS DEL SECTOR

Desarrollo de nuevos recubrimientos y materiales para la construcción:

- Materiales Inteligentes para el acabado y recubrimiento de piedra natural.
- Materiales inteligentes para el autolimpiado.
- Materiales inteligentes para el recubrimiento de grietas.
- Sensorización del producto terminado.
- Etc.

2.3.5.1 Ejemplos de Uso Materiales Inteligentes

Caso de Estudio: Uso de partículas de deshecho de nanogranito, como sustitutivo del cemento en la producción de mortero. *The Role of Nano-Technology in Sustainable Construction: A Case Study of Using Nano Granite Waste Particles in Cement Mortar*³.

La investigación concluyó que reemplazar el 5% de cemento y el 10% de arena con residuos de nanogranito aumentó la resistencia a la compresión del mortero verde en un 41% en comparación con la mezcla de control. Se realizó un estudio comparativo entre el mortero verde y el mortero tradicional utilizando indicadores de sostenibilidad para examinar las implicaciones ambientales, sociales y económicas. Los atributos ambientales y sociales mostraron un ahorro del 10% en el campo del consumo de recursos, mientras que los ahorros en el consumo de energía y las emisiones de CO2 alcanzaron el 5%. El campo económico mostró un ahorro del 6.5%, lo que indica resultados prometedores en la mejora de la industria de la construcción sostenible.

Uso del granito para la **elaboración de hormigón**⁴.

2.3.6 Logística avanzada (AGV-UAV)

³The Role of Nano-Technology in Sustainable Construction: A Case Study of Using Nano Granite Waste Particles in Cement Mortar. . E. S. Bakhouma, G. L. Garasb, M. E. Allam, and H. Ezz. National Research Centre, Egypt, Elbohouth St., Dokki, Giza, Egypt

⁴Eco-Friendly use of Granite Fines Waste in Building Blocks. Lokeshwari Ma., K.S Jagadishb, International Conference on Solid Waste Management, 5IconSWM 2015

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

TENDENCIAS GENERALES. AGV

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

TENDENCIAS GENERALES. UAV

- Menor infraestructura necesaria para la realización de operaciones y menor coste.
- Control de infraestructuras.
- Fotografía.
- Transporte de mercancías.
- Incremento de las funcionalidades de los UAV: LiDar, Cámara Visión, etc.
- Monitorización del clima, vida salvaje, bosques.
- Monitorización y detección de focos de incendio.
- Control de calidad del aire.
- Mapeo 3D.
- Búsqueda y rescate de personas.
- Vigilancia.
- Herramienta de inspección de estructuras.
- UAV en logística.

TENDENCIAS DEL SECTOR. AGV

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

TENDENCIAS DEL SECTOR. UAV

- La principal aplicación se centra en las actividades extractivas, que si bien no forma parte del estudio, creemos que son de interés para el sector en su conjunto.
 - Localización de yacimientos:
 - dispositivos de exploración minera que registran información en profundidad revelando que se oculta bajo la superficie.
 - Exploración (morfología del yacimiento y características).
 - Los sensores que se utilizan actualmente en prospección geológico-minera, tienen unas dimensiones reducidas, por lo que se configuran como instrumentos idóneos para instalarse en los UAV.

2.3.6.1 Ejemplos de Uso Logística Avanzada UAV, AGV

Antolini Luigi & C. S.p.A. La compañía ha desplegado la tecnología RFID, StoneID, para cuantificar su material almacenado y dar seguimiento a cerca de 10 mil bloques de diferentes materiales provenientes de todas partes del mundo, así como la localización exacta de alrededor de 900 mil losas producidas cada año. El proyecto abarcaba todo el proceso productivo y logístico de la empresa, desde la llegada del bloque a la zona de la fábrica hasta la localización de los productos terminados en almacén, así como su gestión post-venta. El bloque es etiquetado en su llegada a fábrica, a lo largo del proceso de fabricación y en el stock, de forma que en todo momento la empresa dispone de los datos necesarios para la identificación y localización del material (stock en tiempo real), y de los datos necesarios para llevar a cabo el procesamiento a través del ajuste automático de la maquinaria necesaria, evitando tiempos de espera en el cambio de materiales. El tratamiento posterior de los datos permite una planificación optimizada de la oferta, la predicción del mantenimiento de los equipos y la eficiencia del proceso de fabricación.

UAV-Geomadrone. Se trata de un dispositivo de exploración minera que registra información en profundidad revelando que se oculta bajo la superficie. Los datos recogidos en el terreno, se procesan y se transforman en un modelo 3D que se utiliza para interpretar la geología y la mineralización en profundidad. Asimismo, el cliente puede visualizar esta información en el programa Google Earth.



ILUSTRACIÓN 18: EJEMPLO DE DRONE UTILIZADO PARA EXPLORACIÓN MINERA. FUENTE: GEOMAGDRONE
<http://www.geomagdrone.cl/about-us.html>

Oktokopter (Mikrokopter, 2011), un sistema de propulsión eléctrica de alas rotatorias diseñado para fotografía aérea.



ILUSTRACIÓN 19: PLATAFORMA UAV OKTOKOPTER. FUENTE: 3D MODELLING AND ACCURACY ASSESSMENT OF GRANITE QUARRY USING UNMANNED AERIAL VEHICLE⁵.

UAV-Foto grametría y videogrametría desde UAV

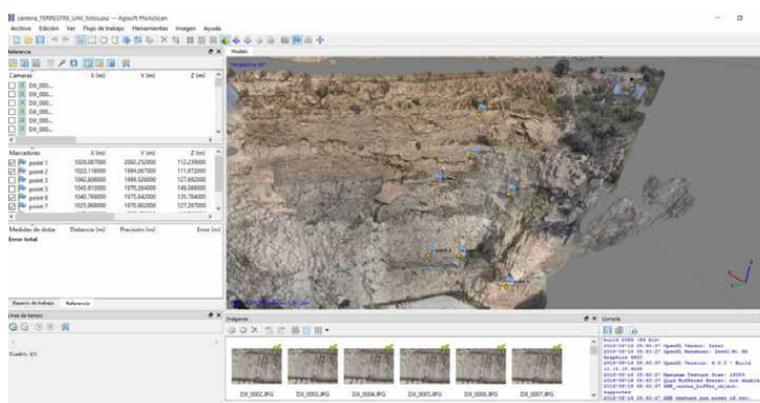


ILUSTRACIÓN 20: MODELO FOTOGRAMÉTRICO OBTENIDO DE LA CANTERA. FUENTE: FOTO GRAMETRÍA Y VIDEOGRAMETRÍA⁶

⁵ 3D MODELLING AND ACCURACY ASSESSMENT OF GRANITE QUARRY USING UNMANNED AERIAL VEHICLE. Diego González-Aguilera*, Jesus Fernández-Hernández, Juan Mancera-Taboada, Pablo Rodríguez-Gonzálvez, David Hernández- López, Beatriz Felipe-García, Irene Gozalo-Sanza and Benjamin Arias-Pereza. ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume I-3, 2012. XXII ISPRS Congress, 25 August – 01 September 2012, Melbourne, Australia

⁶Foto Grametría y Videogrametría desde UAV para la captura de geoinformación En Estudios Geológicos. Autores: Felipe Buill, María Amparo Núñez

AGV IAHVDumper sin conductor de 416 toneladas, una longitud de 15 metros y una anchura de 8,5 metros, con unos neumáticos 59/80R63. Su velocidad máxima es de 64 km/h y tiene una potencia de 2014kW (2700HP), que le permiten cargar hasta 230 toneladas.



ILUSTRACIÓN 21: IAHV. DUMPER SIN CONDUCTOR. <https://www.xataka.com/vehiculos/este-camion-es-del-tamano-de-una-casa-y-no-tiene-ni-necesita-conductor>

2.3.7 Modelización y Virtualización de Procesos

La modelización y virtualización de los procesos ofrecen ventajas, al usarse en gran medida para el diseño de un sistema o producto, aplicable al sector de la Piedra Natural.

TENDENCIAS GENERALES DE LA TECNOLOGÍA

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

TENDENCIAS DEL SECTOR

- Simulación por eventos discretos aplicable para el desempeño de sistemas mineros complejos.
- Sistemas mineros de manejo de materiales que permite la evaluación de pérdidas operacionales de equipos (espera de camiones mineros, interferencias en ruta).
- Evaluación del desempeño de camiones autónomos.
- Ordenación de la mina.
- Almacenamiento de la piedra.
- Mantenimiento de maquinaria.
- 3D Scanner.
- Software CADD.
- BIM. Building Information Modelling. Metodología de trabajo colaborativa para la creación y gestión de proyectos de construcción. Centralización de toda la información del proyecto. BIM incorpora información geométrica, de tiempos, de costes, ambiental y de mantenimiento. El uso de BIM abarca el diseño, la ejecución y el control de la construcción a lo largo de todo su ciclo de vida.

2.3.7.1 Ejemplos de Uso Modelización y Virtualización de procesos

Los fabricantes pueden recrear el diseño exacto del cliente, por ejemplo un arquitecto, y convertir esta información en un dibujo 2D o fabricación asistida por ordenador (CAM) para enviarlo a una máquina de Control Numérico Computarizado (CNC) para crear el producto terminado.

CADD y BIM resultan especialmente importantes para proyectos de restauración, ya que se estará trabajando con estructuras existentes, donde los detalles pueden ser críticos. Cualquier error de cálculo podría invalidar el producto elaborado.

Colorado Judicial Center⁷. Integración de granito y BIM. Se proporcionaron 10.003 m2 de granito gris y blanco. La clave del éxito del proyecto fue la colaboración y el uso de BIM en todo el equipo de diseño y construcción, incluidos proveedores clave.

Modelado 3d y evaluación de la cantera de granito utilizando UAV.



ILUSTRACIÓN 22: PHOTOREALISTIC 3D MODEL OF THE QUARRY. FUENTE: ISPRS ANNALS OF THE PHOTOGRAMMETRY, REMOTE SENSING AND SPATIAL INFORMATION SCIENCES⁸

2.3.8 Big Data, Data Analytics y Cloud Computing

La utilización de técnicas de Big Data, Data Analytics y Cloud Computing, ofrecen numerosas ventajas y nuevos modelos de negocio aplicables al sector de la Piedra Natural.

TENDENCIAS GENERALES DE LA TECNOLOGÍA

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

La investigación a este respecto se centrará en los próximos años en:

⁷ Fuente: Specifying Stone Design: New technologies increase opportunities. <https://www.constructionspecifier.com/specifying-stone-design-new-technologies-increase-opportunities/print/>

⁸3D MODELLING AND ACCURACY ASSESSMENT OF GRANITE QUARRY USING UNMANNED AERIAL VEHICLE. Fuente: ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume I-3, 2012 XXII ISPRS Congress, 25 August – 01 September 2012, Melbourne, Australia

- Mejora de la captura y almacenamiento de datos.
- Mejoras en la integridad y seguridad, privacidad y propiedad de los datos.
- Mejoras en la identificación de los datos, reutilización, preservación en el tiempo, representación de los datos.
- Facilitar el escalamiento de sistemas a través de Cloud Computing (XaaS).
- Desarrollo de nuevos frameworks genéricos, buscando sistemas más flexibles y reutilizables por diferentes organización.

TENDENCIAS DEL SECTOR

- Extracción de patrones de comportamiento de la instalación. Mantenimiento predictivo. Reducción de tiempos de parada, etc.
- Planificación y asignación óptima de recursos de producción.
- Predicción de fallos en la cadena de producción.
- Optimización logística de suministro y distribución.
- Pronóstico de la demanda.
- Eficiencia energética en producción.
- Despliegue óptimo de bienes y cadenas de producción (lay-outs).
- Seguridad en la planta.
- Análisis de riesgos y predicción de fallos.
- Optimización del stock.
- Customización del producto: nuevos acabados y formas más ajustados a las necesidades del cliente.
- Clasificación de materiales.

2.3.8.1 Ejemplos de Uso de Big Data, Data Analytics y Cloud Computing

Predicción de la calidad comercial de la piedra natural a través de modelos matemáticos y análisis de datos. Trabajo de investigación⁹.

La pizarra como material geológico natural, puede verse afectado por singularidades que alteran sus propiedades mecánicas y estéticas. Estas singularidades siempre han sido evaluadas manualmente por un experto, que clasifica cada pizarra en una determinada calidad comercial.

El propósito del trabajo de investigación es construir un modelo capaz de clasificar las losas de pizarra de acuerdo con su calidad, a partir de la inspección de las imágenes obtenidas a través de un sistema de visión por computador. El problema de clasificación fue abordado con los siguientes modelos: árboles de clasificación y regresión, perceptrón multicapa y máquinas de vectores de soporte. Los mejores resultados corresponden al primer modelo (CART), mientras que ni MLP ni SVM pudieron reproducir un criterio de clasificación apropiado.

⁹ Predicting the comercial quality of slate slabs with a mathematical model Carla Iglesias*, Javier Martínez**, Javier Taboada*, Eduardo Giráldez* *Department of Environmental Engineering. University of Vigo, Spain. Corresponding author: carlaiglesias@uvigo.es **Centro Universitario de la Defensa de Marín. Marín, Pontevedra, Spain

2.3.9 Safety and Security

Las nuevas tecnologías Safety and Security aún no son bien entendidas por el sector, ligándose, generalmente, a seguridad y prevención del trabajador. Sin embargo debemos entender que, “Safety” se refiere al hecho de que los sistemas tecnológicos (máquinas, productos, instalaciones productivas etc.) no deben representar un peligro para la gente o el ambiente (lo que redundará en la seguridad del operario), mientras que “Security” se refiere a que los sistemas deben estar protegidos contra ataques y accesos no autorizados.

TENDENCIAS GENERALES DE LA TECNOLOGÍA

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

TENDENCIAS DEL SECTOR

Las actividades del sector son susceptibles de causar enfermedades como por ejemplo: silicosis, o trastornos musculo esqueléticos. Todos estos problemas tratan de resolverse con la reglamentación actual o protocolos y manuales de manipulación, posturas, etc. La industria 4.0 posibilitará mayor comunicación en cada uno de los procesos operativos, por lo que poco a poco la industria tendrá que ir adaptándose a los requerimientos mínimos de Seguridad de los datos.

- Seguridad del software.
- Seguridad del Hardware.
- Seguridad de red.
- Seguridad física.
- Realización de auditorías de seguridad.
- Inventario, monitorización y control de sistemas.

3. DIAGNÓSTICO SECTORIAL

Tamaño de las empresas participantes

El sector está constituido principalmente por pequeñas empresas de carácter familiar, con baja formación empresarial. La mayor parte de las empresas se caracterizan por ser pequeñas empresas, de una antigüedad comprendida entre los años 1.980 y 2.000, y con un volumen de facturación inferior a 5.000.000 euros.

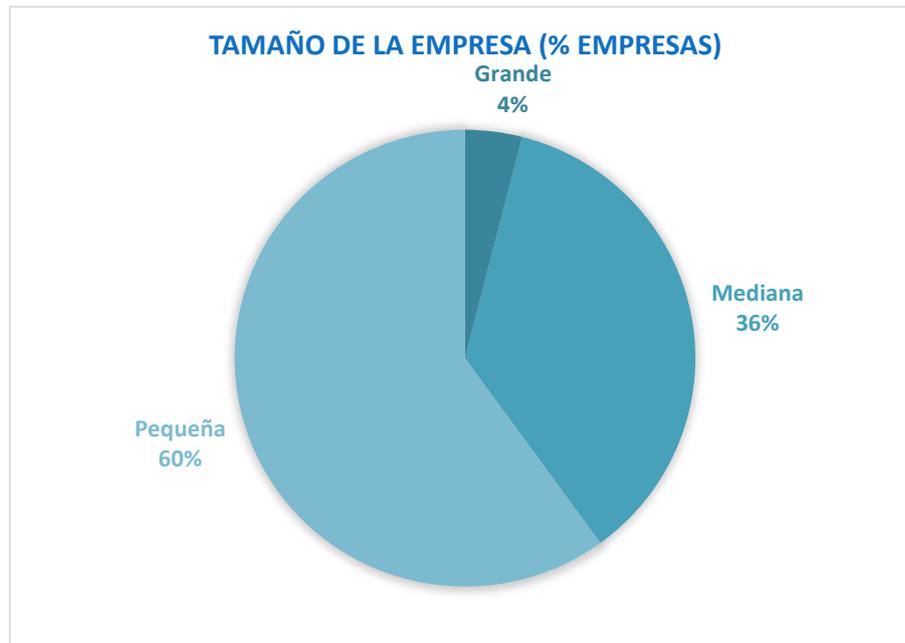


ILUSTRACIÓN 23: TAMAÑO EMPRESAS PARTICIPANTES EN EL ESTUDIO. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

En relación al nº de empleados las empresas se encuentran en su mayoría entre 25-50 empleados.

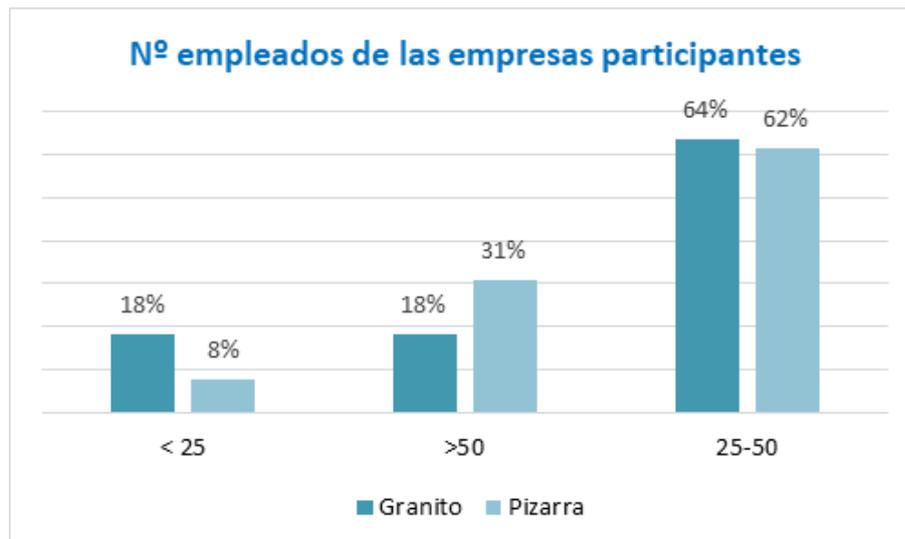


ILUSTRACIÓN 24: Nº DE EMPLEADOS EMPRESAS PARTICIPANTES EN EL ESTUDIO. FUENTE: ELABORACION PROPIA

Actividad y localización de las empresas participantes

En función de su actividad y localización geográfica, las empresas se dividen en procesado de granito y pizarra.

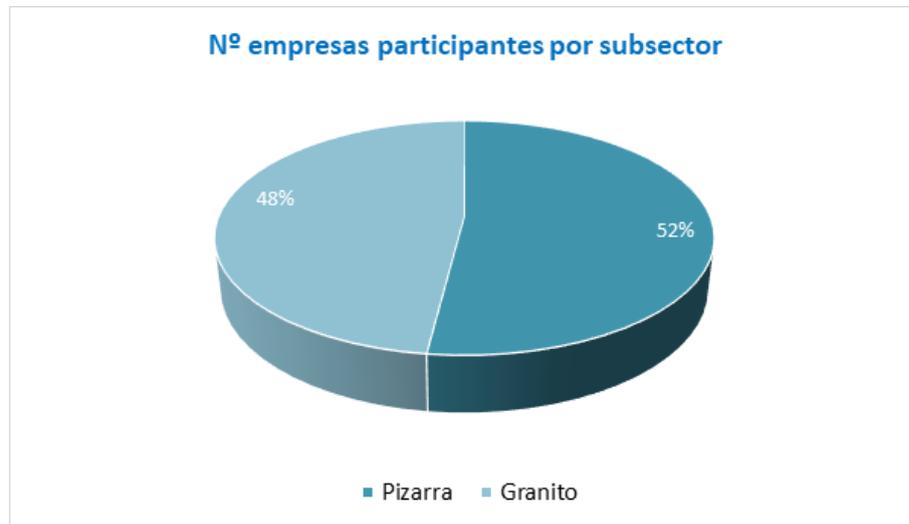


ILUSTRACIÓN 25: % DE EMPRESAS POR SUBSECTOR PARTICIPANTES EN EL ESTUDIO. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

El estudio ha abarcado las 4 provincias gallegas, con el ánimo de ser lo más representativo posible, no obstante, son las provincias de Ourense y Pontevedra las que disponen de mayor actividad en el sector.

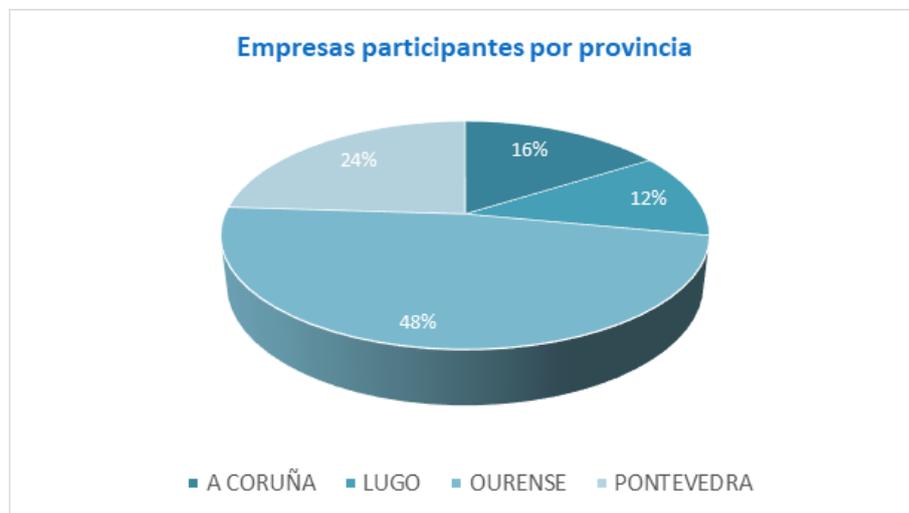


ILUSTRACIÓN 26: EMPRESAS PARTICIPANTES EN EL ESTUDIO POR PROVINCIA. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Antigüedad de las empresas participantes

El 48% de las empresas participantes tienen una antigüedad comprendida entre 1980 y el año 2000. El 24% tienen una antigüedad mayor a 1980 y en el 28% la antigüedad es posterior al año 2000.

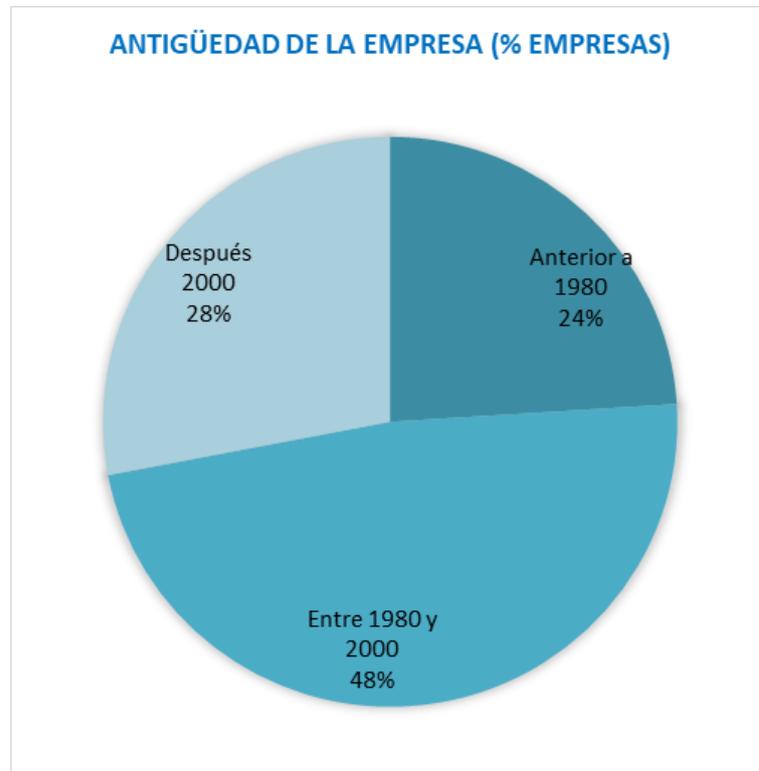


ILUSTRACIÓN 27: ANTIGÜEDAD DE LAS EMPRESAS PARTICIPANTES EN EL ESTUDIO. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Volumen de facturación de las empresas participantes

El volumen de facturación del 64% de las empresas es inferior a 5.000.000 €

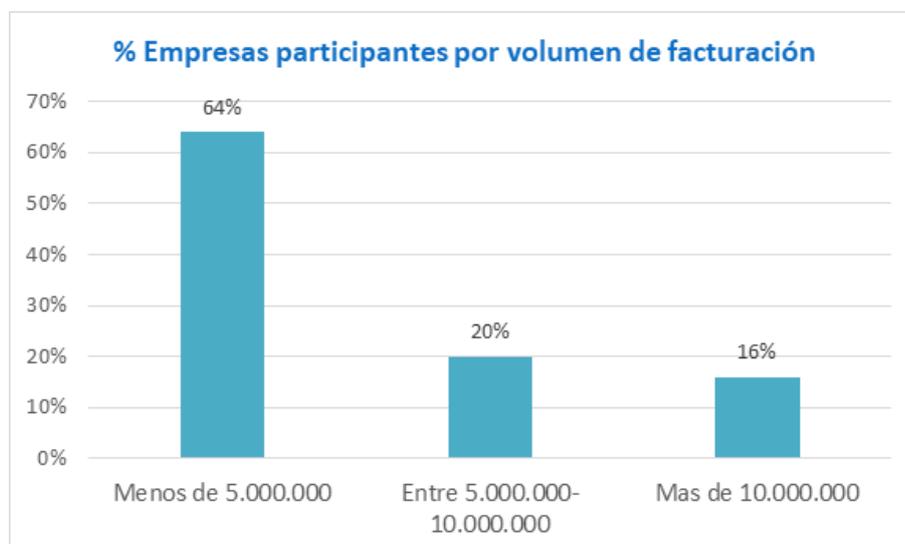


ILUSTRACIÓN 28: PORCENTAJE DE EMPRESAS PARTICIPANTES EN EL ESTUDIO POR VOLUMEN DE FACTURACIÓN. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

3.1 FAMILIARIDAD CON EL CONCEPTO DE INDUSTRIA 4.0

Las empresas encuestadas relacionan directamente la Industria 4.0 con la automatización y digitalización de la industria.

El 52% de las empresas encuestadas consideran estar familiarizadas con el concepto Industria 4.0, sin que ello signifique tener conocimientos concretos o claros de las distintas tecnologías. De hecho el 84% de las empresas no han recibido formación alguna en Industria 4.0.

En relación a las tecnologías emergentes conocidas por las empresas, la menos conocida es la Fabricación Aditiva (clara consecuencia de que el sector no le encuentra, por el momento, demasiada aplicabilidad) y la más conocida la Automatización Avanzada y Robótica Avanzada y Colaborativa.

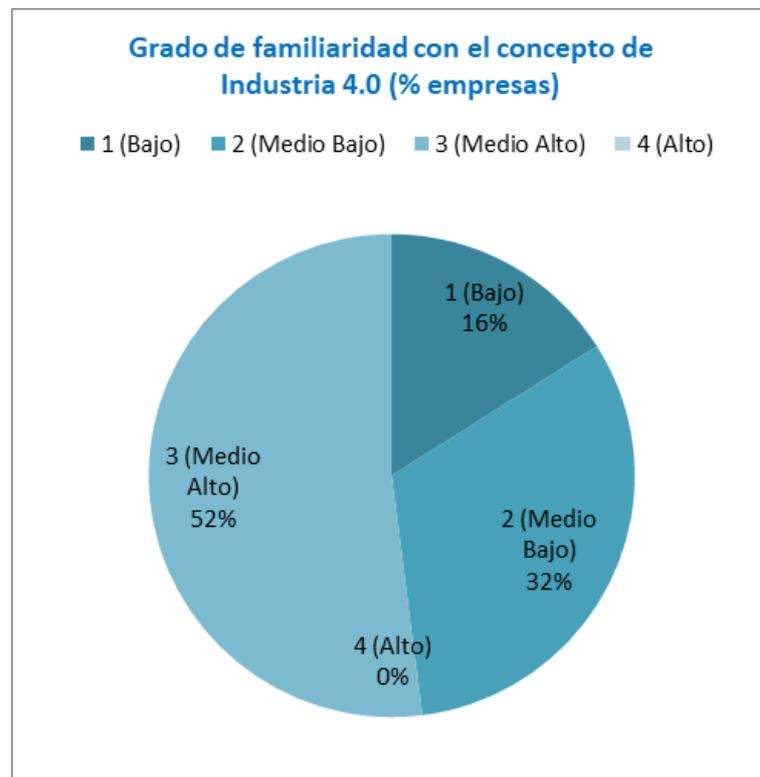


ILUSTRACIÓN 29: GRADO DE FAMILIARIDAD CON EL CONCEPTO DE INDUSTRIA 4.0. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

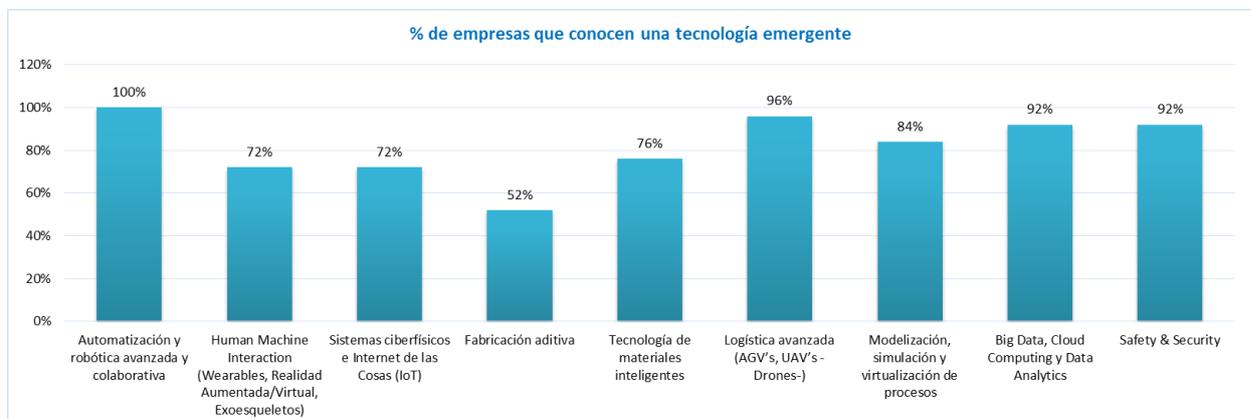


ILUSTRACIÓN 30: % EMPRESAS QUE CONOCEN UNA TECNOLOGÍA EMERGENTE. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

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

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

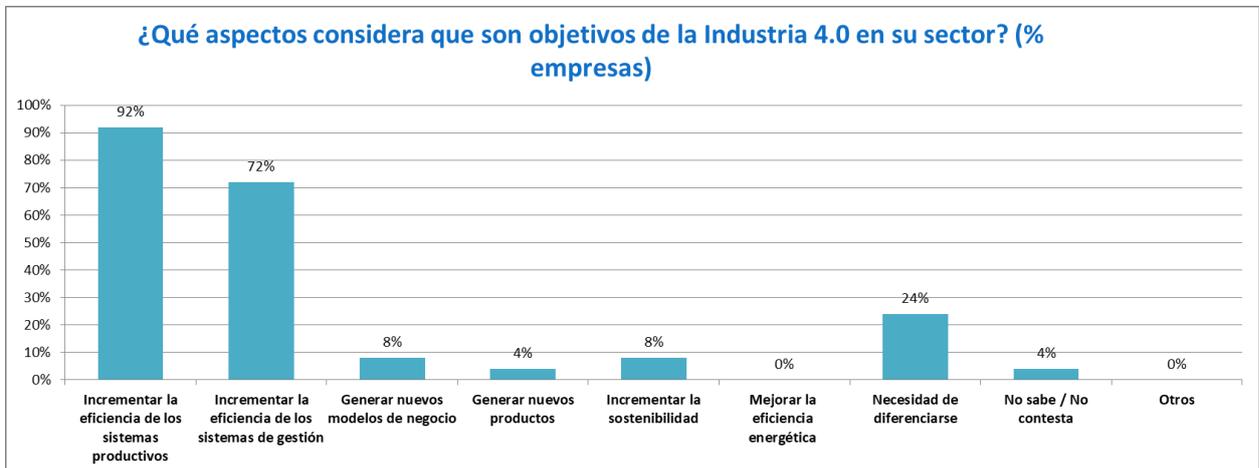


ILUSTRACIÓN 31: OBJETIVOS DE LA INDUSTRIA 4.0 PARA EL SECTOR DE LA PIEDRA NATURAL. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Más de la mitad de las empresas detectan una relación directa entre Industria 4.0 y competitividad. A pesar de esa relación directa, la mayor parte de las empresas consideran que la aplicación de las nuevas tecnologías habilitadoras podrá ser visible en su sector a largo plazo.

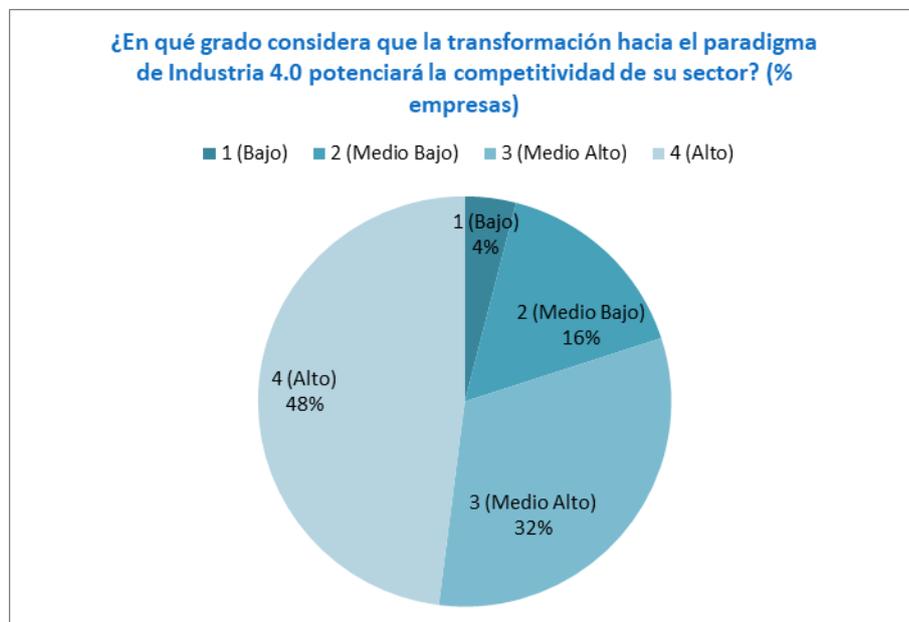


ILUSTRACIÓN 32: INDUSTRIA 4.0 Y LA COMPETITIVIDAD DEL SECTOR. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

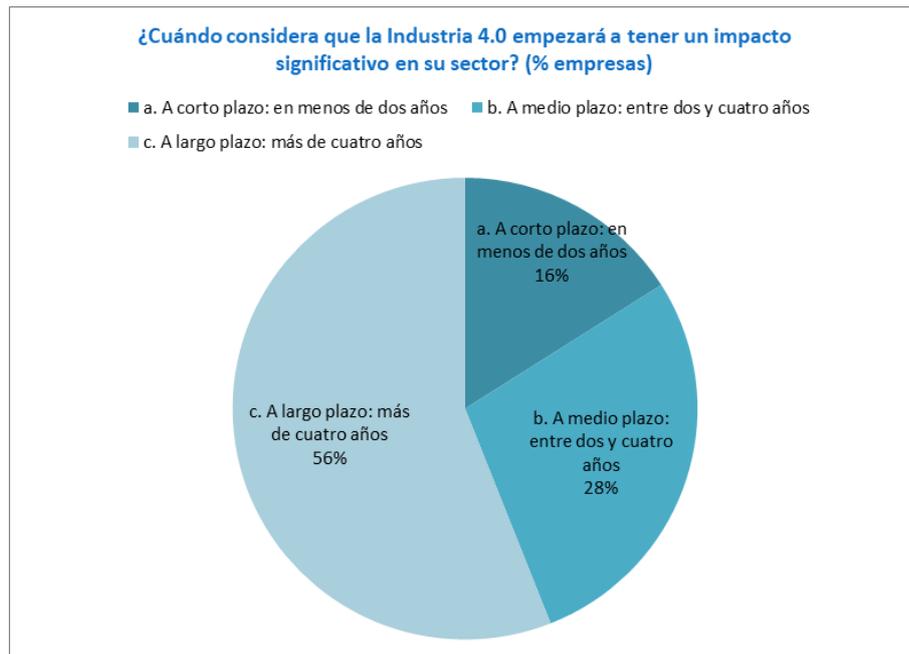


ILUSTRACIÓN 33: INDUSTRIA 4.0 E IMPACTO EN EL SECTOR. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

En cuanto a la relación entre deslocalización del sector y la Industria 4.0, el sector está muy localizado y es dependiente de la existencia de yacimientos y de infraestructuras soporte adecuadas. No se detecta inicialmente una relación directa, no obstante muchas de empresas encuestadas manifiestan desconocer hasta dónde puede llegar el impacto del nuevo paradigma industrial.

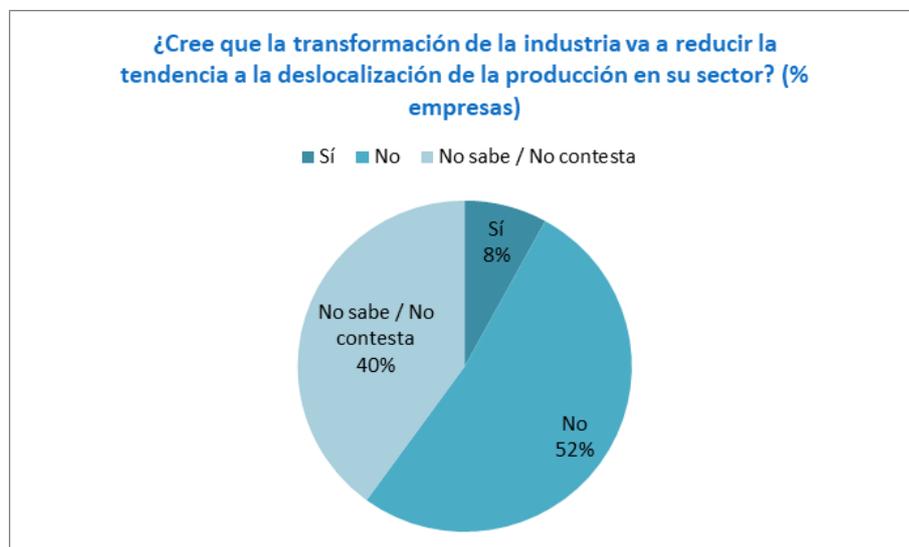


ILUSTRACIÓN 34: INDUSTRIA 4.0 Y DESLOCALIZACIÓN. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

La industria 4.0 está relacionada directamente con la conexión fabrica-empresa, a través de la digitalización. En este sentido, cabe reseñar que el 43% de las empresas participantes no disponen de un departamento TIC propio, y un 48% disponen del mismo a través del grupo empresarial al que pertenecen. Casi lo mismo ocurre con el Departamento de I+D, la mayor parte de las empresas participantes que disponen de un Departamento de I+D, disponen de él, por su pertenencia a un grupo empresarial en el que sí se cuenta con dicho departamento. El 76% de las empresas disponen de un 25% de la plantilla con formación de Ingeniero.

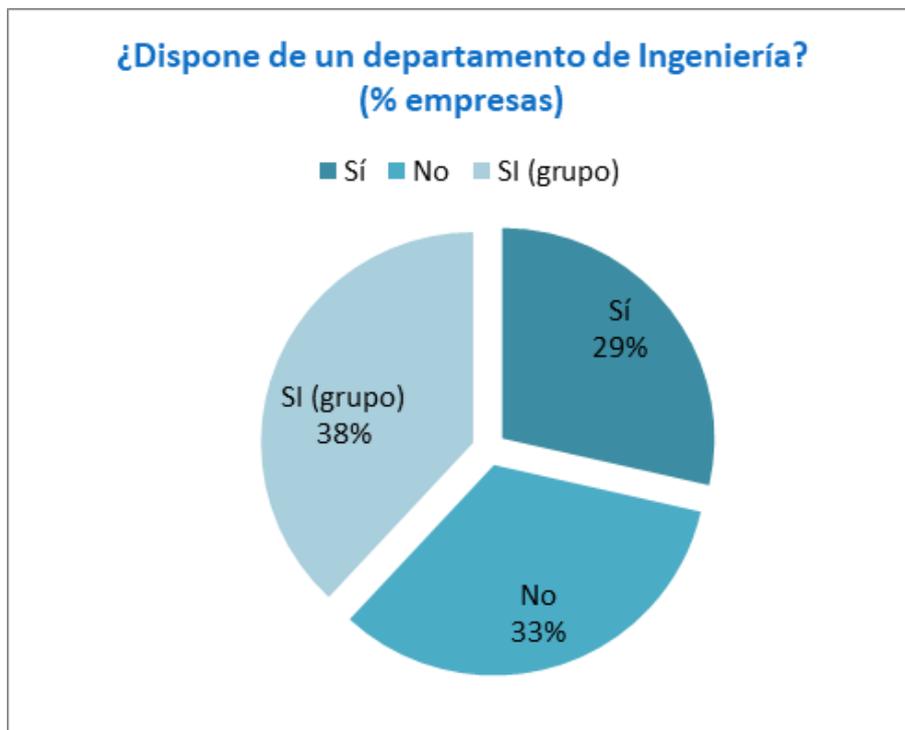


ILUSTRACIÓN 35: LAS EMPRESAS DE LA PIEDRA NATURAL Y LOS DEPARTAMENTOS DE INGENIERÍA. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

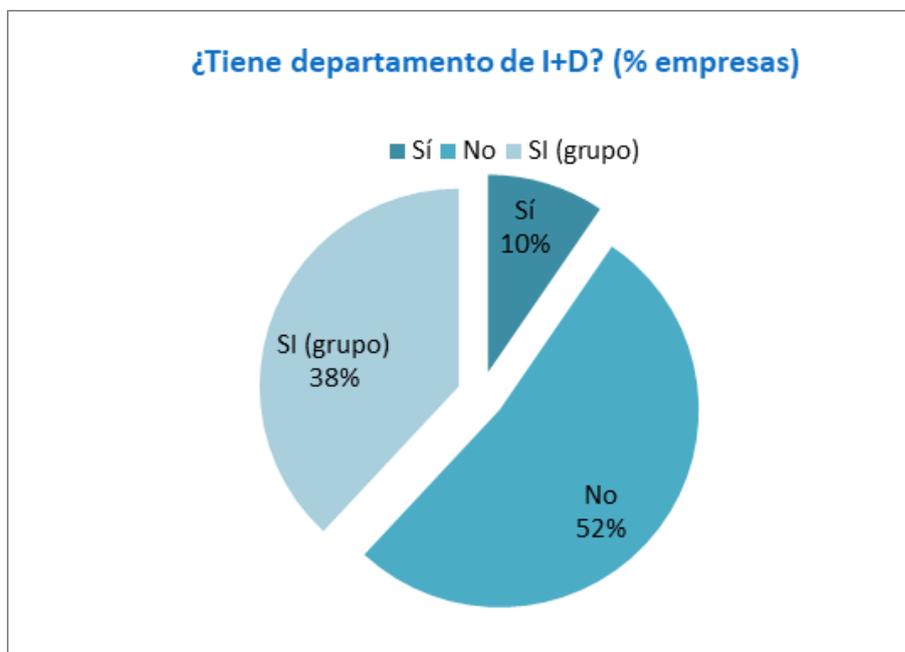


ILUSTRACIÓN 36: LAS EMPRESAS DE LA PIEDRA NATURAL Y LOS DEPARTAMENTOS DE I+D+I. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

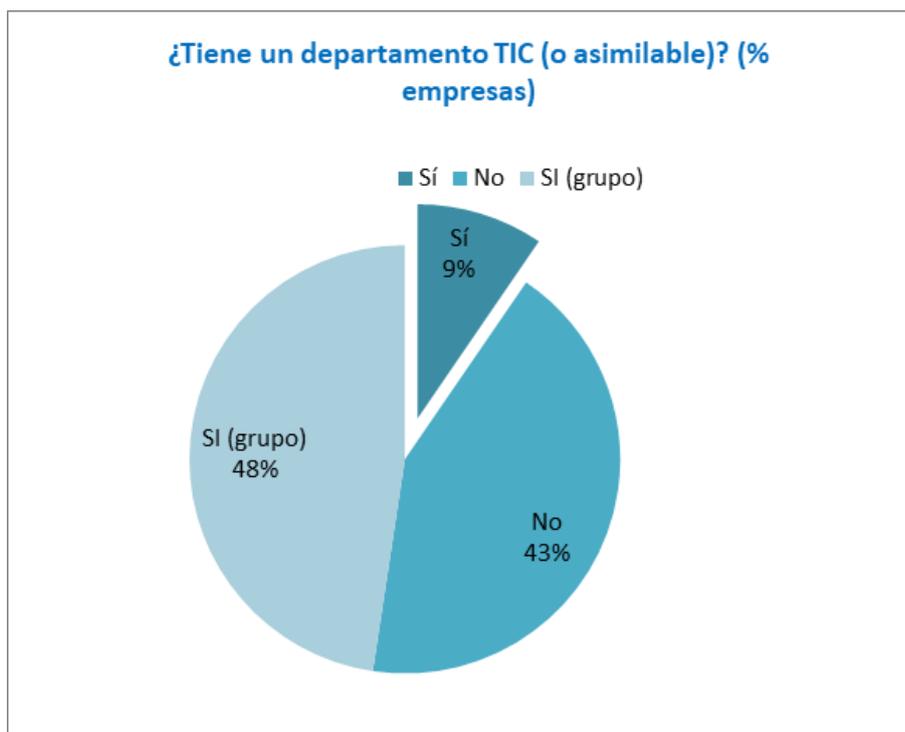


Ilustración 37: LAS EMPRESAS DE LA PIEDRA NATURAL Y LOS DEPARTAMENTOS DE I+D+I. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

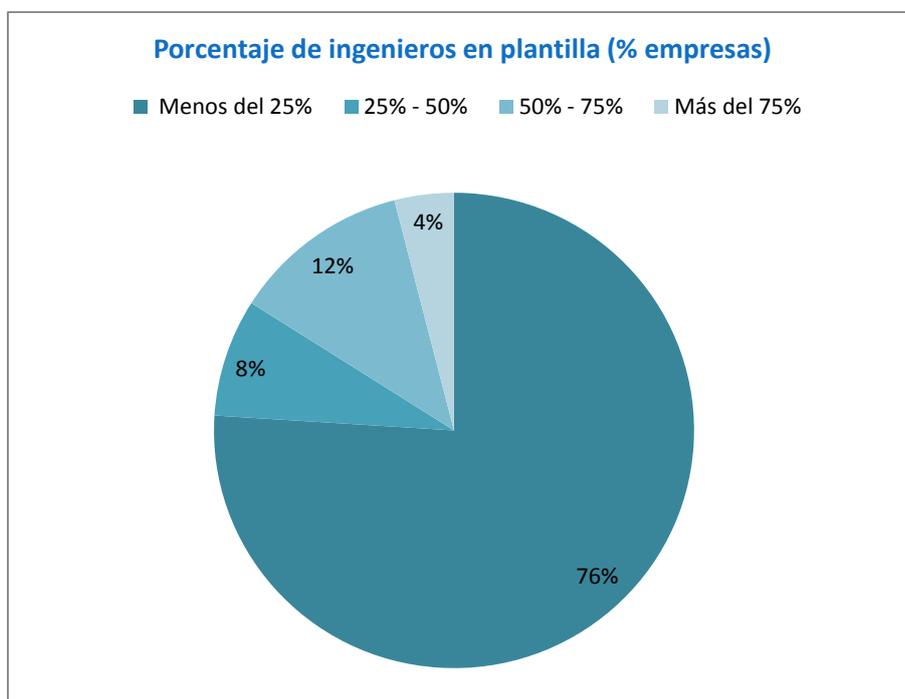


ILUSTRACIÓN 38: LA PIEDRA NATURAL EL NÚMERO DE INGENIEROS EN PLANTILLA. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

3.2 NIVEL TECNOLÓGICO ACTUAL

La demanda de productos de piedra natural en los distintos campos del sector constructivo y el hecho de que Galicia sea líder nacional y se encuentre entre los líderes internacionales, ha supuesto que la industria gallega haya adquirido tecnología que conlleve el incremento de productividad, conservando unos costes moderados. El uso de hilo diamantado está plenamente implantado en Galicia, permitiendo mayores rendimientos en taller y mejores acabados de producto. La introducción de maquinaria para el escuadrado de bloques, obtención de planchas, ya sea mediante corte vertical u horizontal, también está plenamente desarrollado en la región. La tecnología utilizada proviene en gran parte de Italia, aunque los fabricantes de maquinaria para la piedra, españoles y gallegos, están perfectamente asentados en el sector.

Sin embargo, aspectos como la utilización de maquinaria gestionada por control numérico, necesaria para elaborar piezas complejas, de mayor valor añadido, o la integración del sistema productivo en el sistema de gestión empresarial que permitan una automatización real, no están mayoritariamente implantados.

En la actualidad **el sector de la Piedra Natural no se caracteriza por disponer de implantaciones de las nuevas tecnologías emergentes**. En ninguna de ellas, el % de empresas con implantación superan el 25%, y en algunas como Human Machine Interaction, Fabricación aditiva o Tecnologías de Materiales Inteligentes, la implantación es nula.

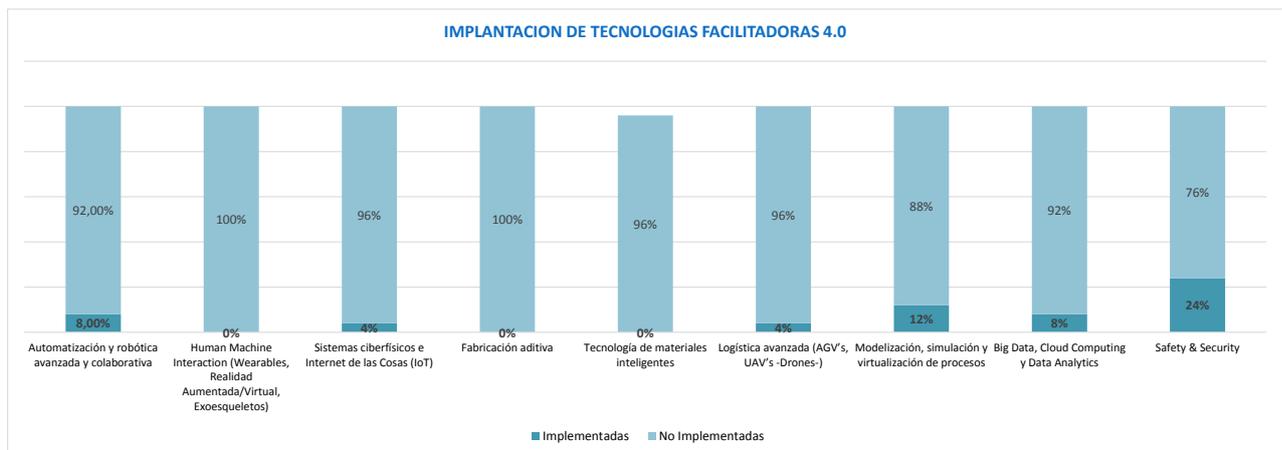


ILUSTRACIÓN 39: LA PIEDRA NATURAL Y LA IMPLANTACIÓN DE LA INDUSTRIA 4.0. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

En cuanto a las implantaciones de nuevas tecnologías previstas por las empresas en un futuro, destacan: Automatización y Robótica Avanzada y Colaborativa, IoT, Big Data y Safety and Security.

Se advierte un menor interés en tecnologías emergentes como: Human Machine Interaction, Fabricación Aditiva, o Materiales Inteligentes.

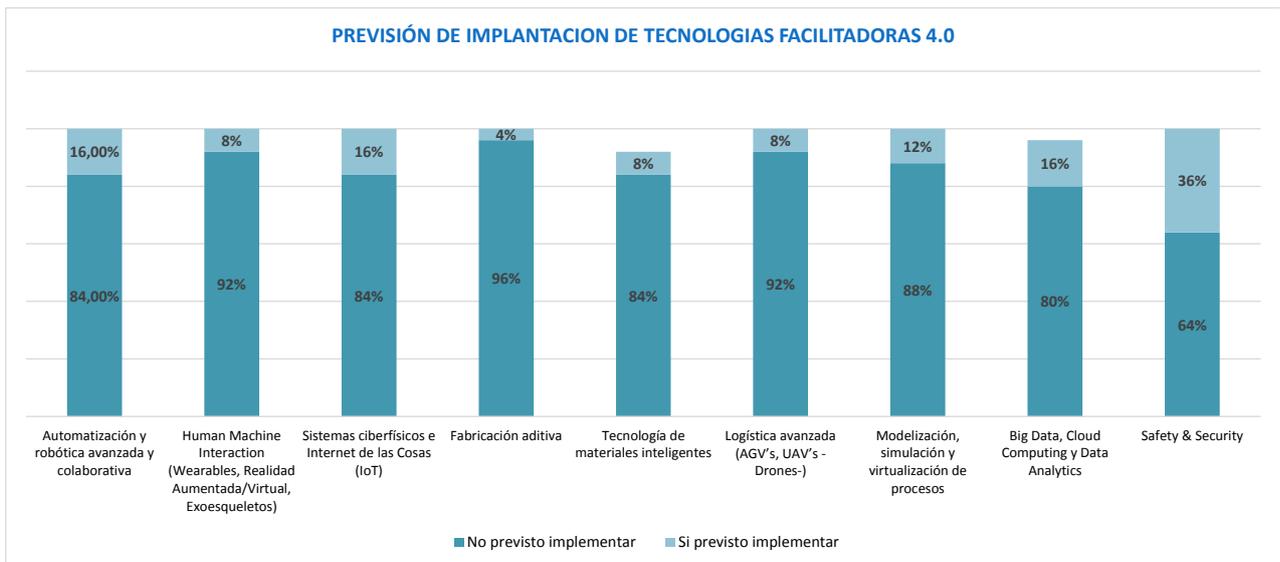


ILUSTRACIÓN 40: LA PIEDRA NATURAL Y LA PREVISIÓN IMPLANTACIÓN DE LA INDUSTRIA 4.0. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

3.2.1 Resumen de la situación actual por tecnologías emergentes

AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA COLABORATIVA

En relación al grado de implantación de esta tecnología destaca que,

- el 8% de las empresas tienen algún proceso implantado de Automatización y Robótica Avanzada y Colaborativa,
- el 16% de las empresas tienen previsto implantar alguna automatización,
- el 60% de las empresas no dispone de ningún robot en planta, aun cuando la tecnología de acabado de piedra sí está adaptándose a las nuevas tecnologías,
- ninguna empresa participante manifiesta disponer de robots colaborativos en la producción,
- el 48% de las empresas manifiesta que sus equipos no disponen de sensorización ni capacidad de actuar de manera independiente,
- solo el 4% dispone de un sistema de gestión empresarial que recibe información de sensores, si bien no puede actuar sobre las máquinas.

Partiendo de las anteriores premisas, el grado de automatización avanzada es en un 60% “muy poco o nada”.

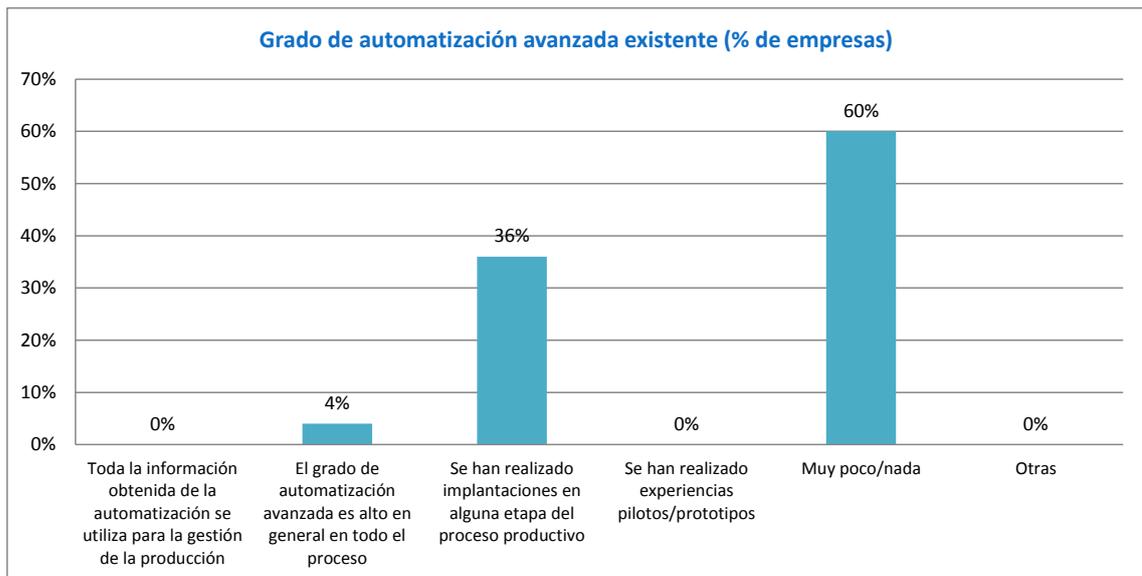


ILUSTRACIÓN 41: GRADO DE AUTOMATIZACIÓN AVANZADA DEL SECTOR DE LA PIEDRA NATURAL. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Para las empresas participantes las áreas de actividad aplicación directa de la Automatización y Robótica Avanzada y Colaborativa tiene un claro potencial en los procesos: producción, la calidad, producto terminado y menos aplicabilidad, en el almacén de material prima.

| ¿En cuáles de las siguientes áreas de actividad piensa que tiene mayor potencial de aplicación la robótica colaborativa en su empresa? | 1 (Bajo) | 2 | 3 | 4 (Alto) | TOTAL |
|--|----------|-----|-----|----------|-------|
| Almacén Materia Prima | 40% | 44% | 4% | 12% | 100% |
| Logística Interna | 36% | 16% | 8% | 40% | 100% |
| Producción | 0% | 8% | 44% | 48% | 100% |
| Control de Calidad | 16% | 12% | 48% | 24% | 100% |
| Almacén de Producto Terminado | 28% | 4% | 24% | 44% | 100% |
| Otro | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

TABLA 6. LA APLICABILIDAD DE LA AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA COLABORATIVA EN LAS ÁREAS DE ACTIVIDAD EN LA EMPRESA. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

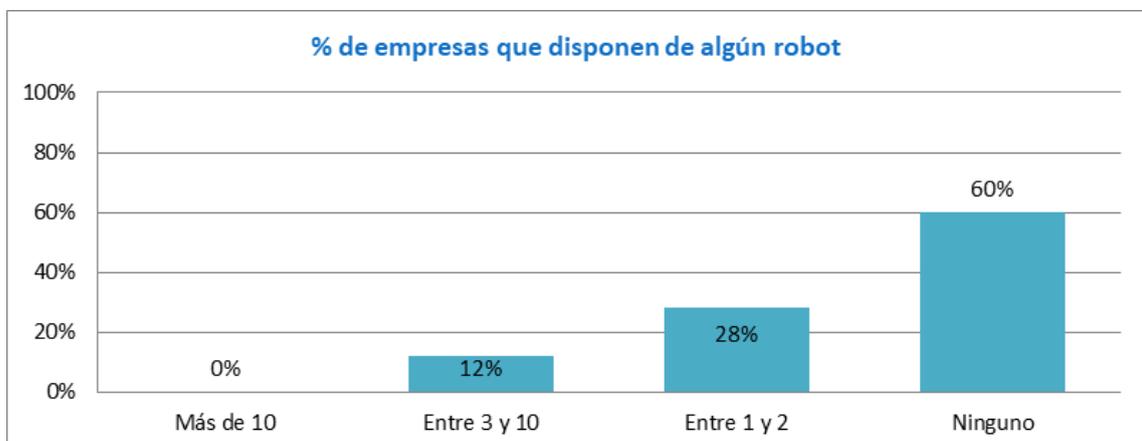


ILUSTRACIÓN 42: LA PIEDRA NATURAL Y LA ROBÓTICA. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

A pesar del grado de implantación, las empresas sí son conscientes de las ventajas que aporta esta tecnología emergente, sobre todo en relación a la mejora de la productividad y la ergonomía de los operarios.

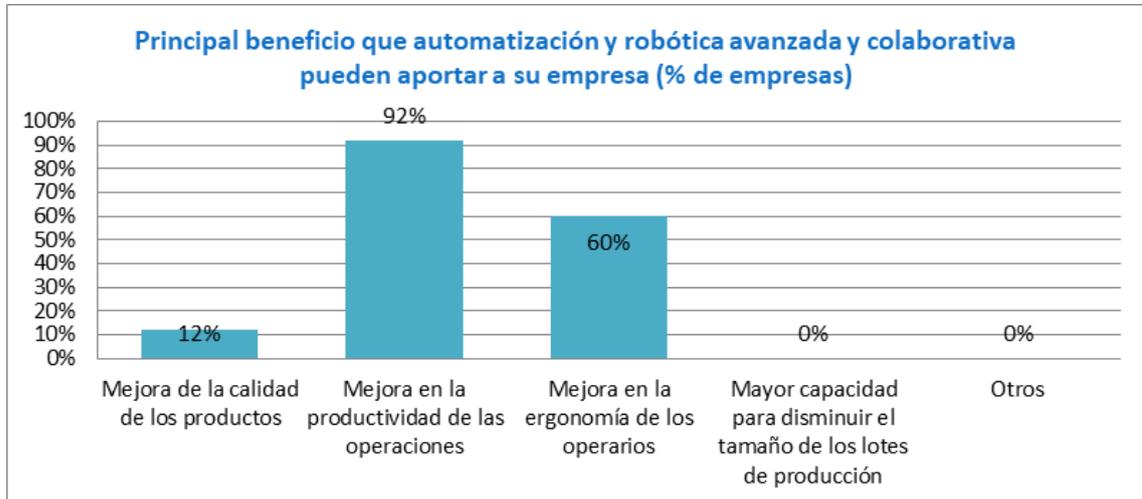


ILUSTRACIÓN 43: BENEFICIOS DE LA AUTOMOTACIÓN Y ROBÓTICA AVANZADA Y COLABORATIVA PARA EL SECTOR DE LA PIEDRA NATURAL. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

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

En la actualidad esta tecnología no es utilizada por el sector. Ninguna de las empresas participantes manifiesta disponer alguna implantación relativa a Human Machine Interaction, y más del 92% de las empresas no tienen interés en aplicaciones a futuro. Sin embargo, sí son conscientes de la posibilidad del uso de Exoesqueletos en labores de movimiento de cargas pesadas y en trabajos repetitivos, comunes en la industria de la piedra natural.

Wearables: El 68% de las empresas consideran que los dispositivos existentes no son de utilidad para la industria. Destacan que el mayor beneficio se correspondería con disposición de la información al operario en tiempo real.

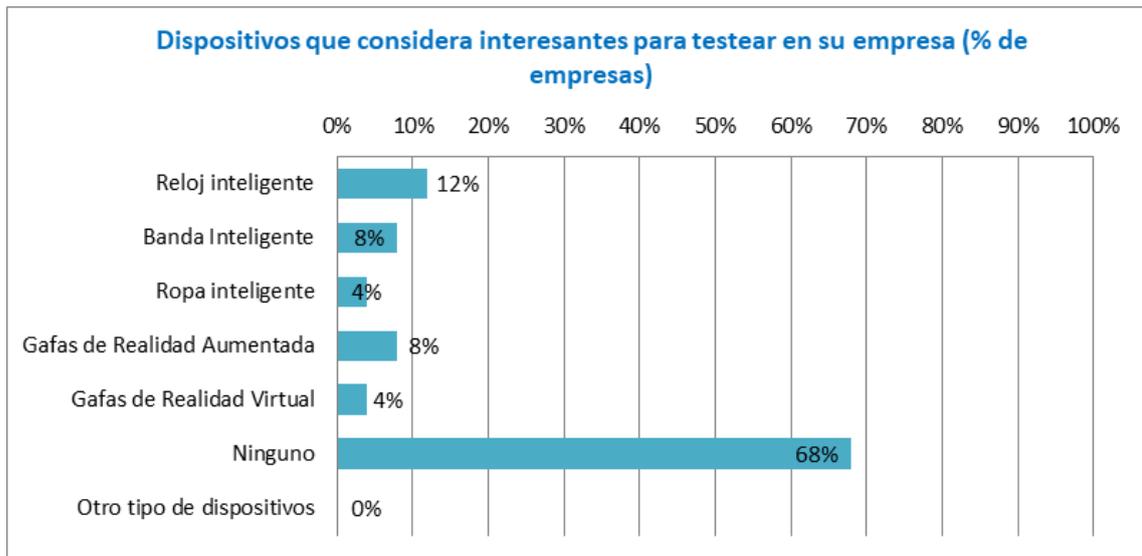


ILUSTRACIÓN 44: DISPOSITIVOS DE INTERÉS PARA EL SECTOR DE LA PIEDRA NATURAL. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



ILUSTRACIÓN 45: PRINCIPALES BENEFICIOS DE LOS WEREABLES PARA EL SECTOR DE LA PIEDRA NATURAL. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Realidad Aumentada: El sector identifica la aplicabilidad de esta tecnología en las operaciones de mantenimiento y logística. Un 36% de las empresas participantes entienden que esta tecnología no es de utilidad para su sector.

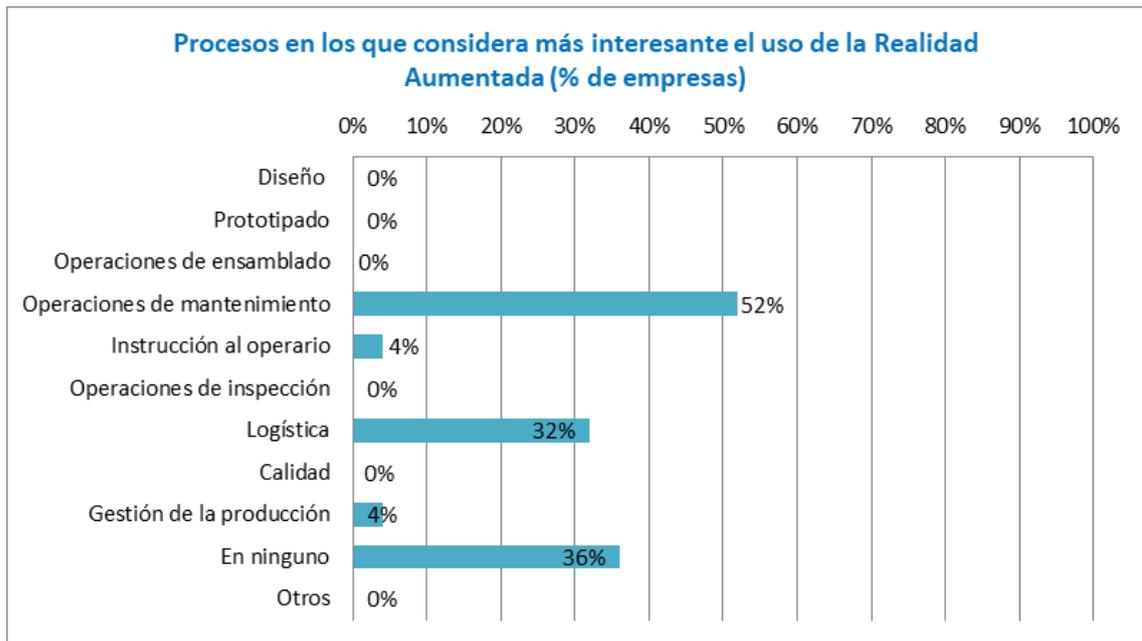


ILUSTRACIÓN 46: INTERÉS DEL SECTOR DE LA PIEDRA NATURAL EN EL USO DE LA REALIDAD AUMENTADA. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Realidad Virtual: El sector identifica la aplicabilidad de esta tecnología en los procesos de planificación del lay-out y en la formación. Un 52% de las empresas encuestadas entienden que esta tecnología no es de utilidad para su sector.

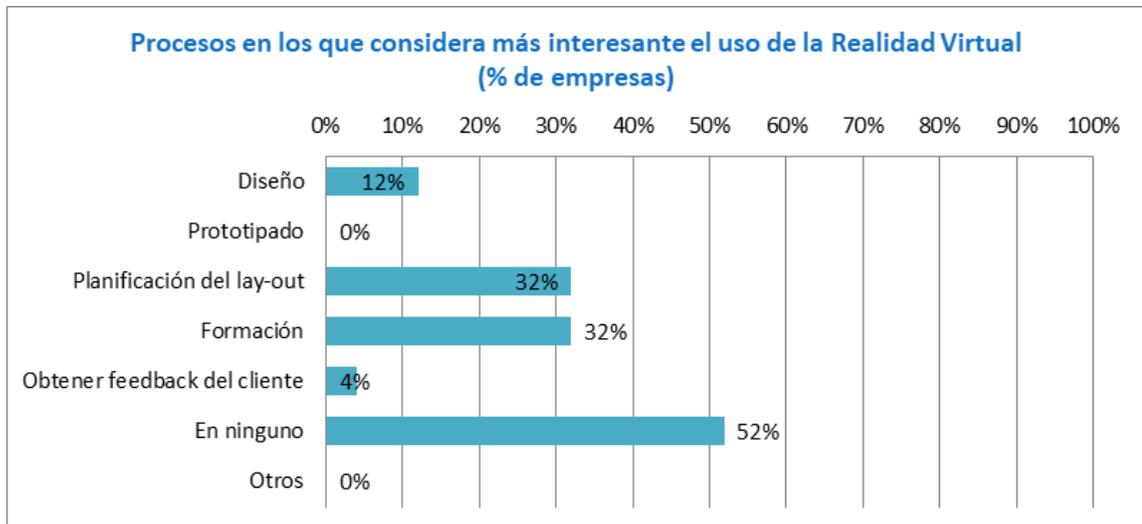


ILUSTRACIÓN 47: INTERÉS DEL SECTOR DE LA PIEDRA NATURAL EN EL USO DE LA REALIDAD VIRTUAL. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Exoesqueletos: El sector identifica la aplicabilidad de esta tecnología a través de herramientas como el soporte de espalda y la sujeción de herramientas. Ambas herramientas redundarían claramente en la eliminación de trabajos penosos y en la mejora de la ergonomía.

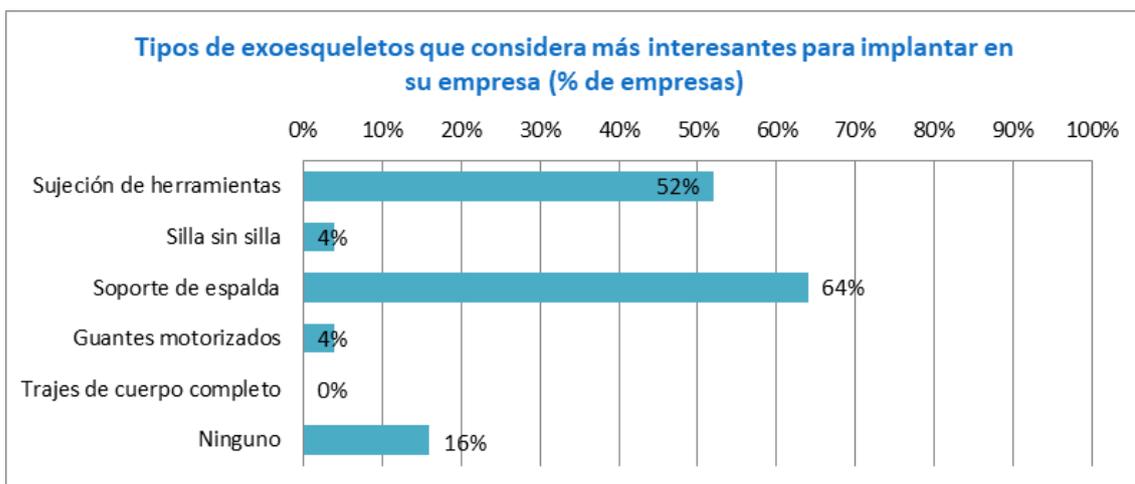


ILUSTRACIÓN 48: TIPOS DE EXOESQUELETOS DE INTERES PARA EL SECTOR DE LA PIEDRA NATURAL. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

El uso de Exoesqueletos es claramente aplicable en la realización de operaciones repetitivas continuadas en el tiempo, operaciones extendidas tanto en el procesado de la pizarra como en el procesado del granito.

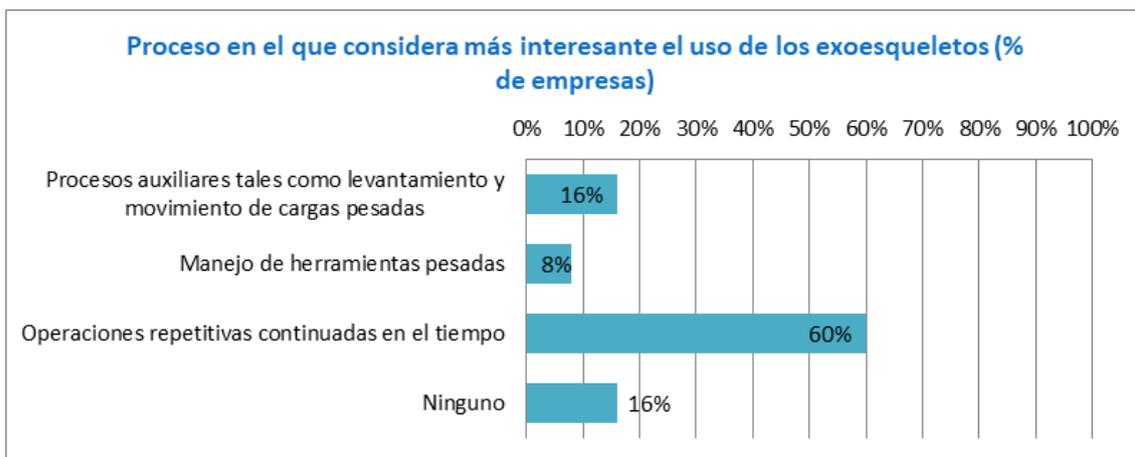


ILUSTRACIÓN 49: EL USO DE EXOESQUELETOS Y LOS PROCESOS PRODUCTIVOS DEL SECTOR DE LA PIEDRA NATURAL. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Los principales beneficios detectados para el sector son la mejora de la calidad del producto final y la mejora de la ergonomía.

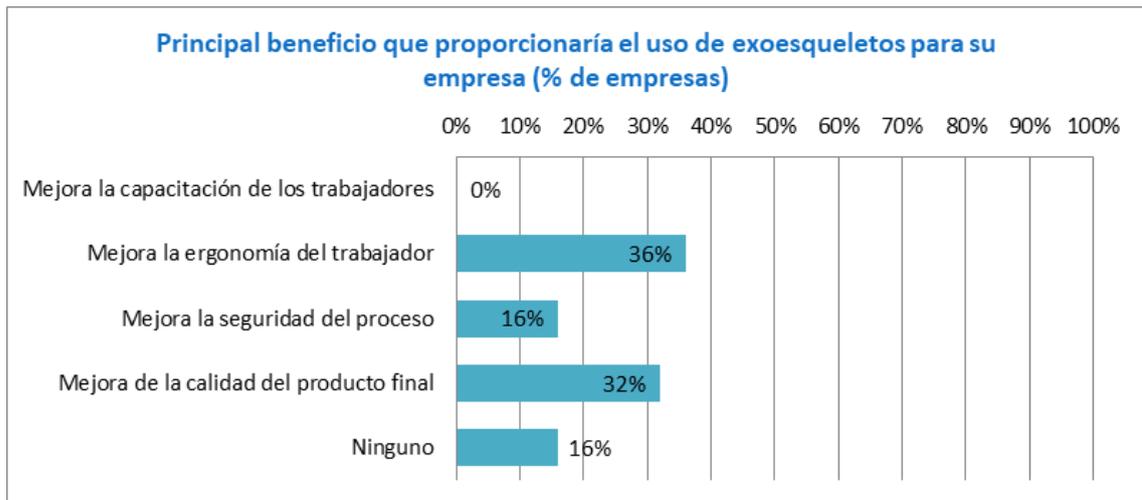


ILUSTRACIÓN 50: BENEFICIOS DE LA UTILIZACIÓN DE EXOESQUELETOS EN EL SECTOR DE LA PIEDRA NATURAL. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

SISTEMAS CIBERFÍSICOS E IOT

El 12% de las empresas manifiestan tener implantadas tecnologías relativas a IoT, y un 44% tiene previsto realizar alguna implantación. El 68% de las empresas entienden que su implantación tendría beneficios directos sobre la información disponible para la planificación de la producción.

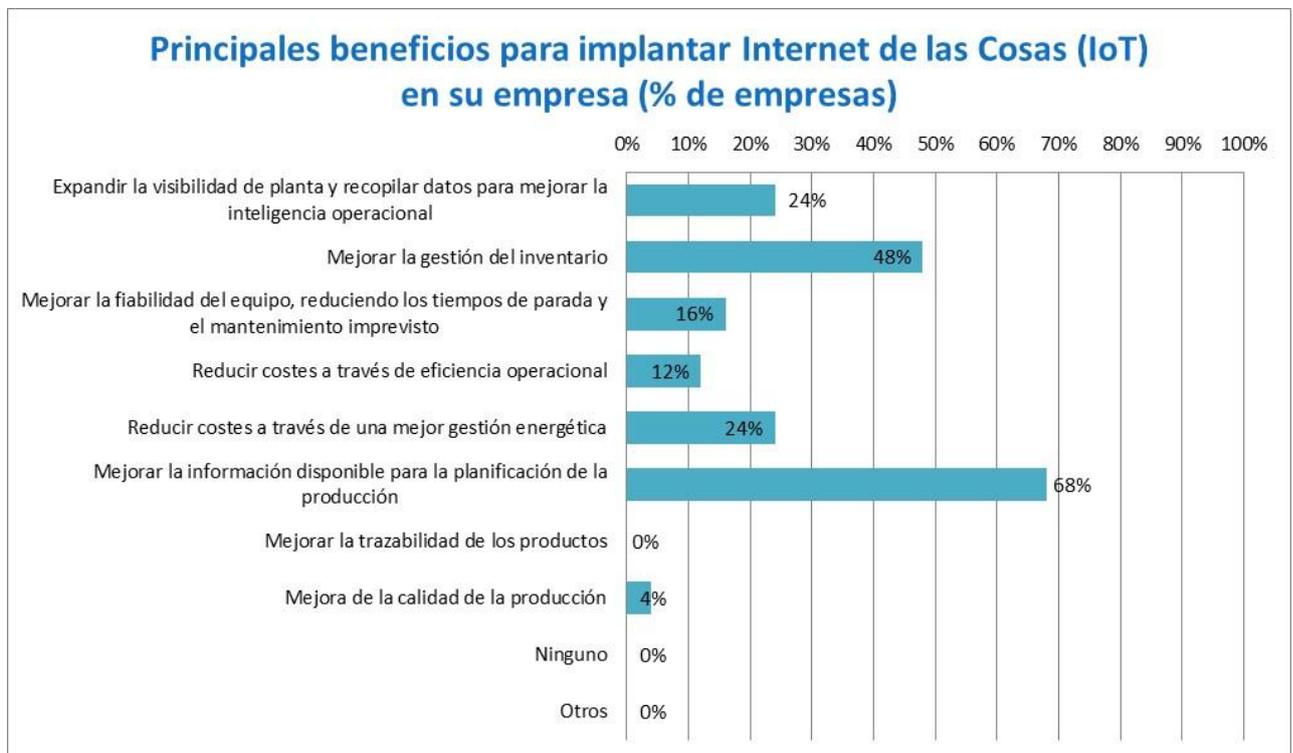


ILUSTRACIÓN 51: PRINCIPALES BENEFICIOS DE LA IMPLANTACIÓN DE SISTEMAS CIBERFÍSICOS E IOT EN EL SECTOR DE LA PIEDRA NATURAL. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

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

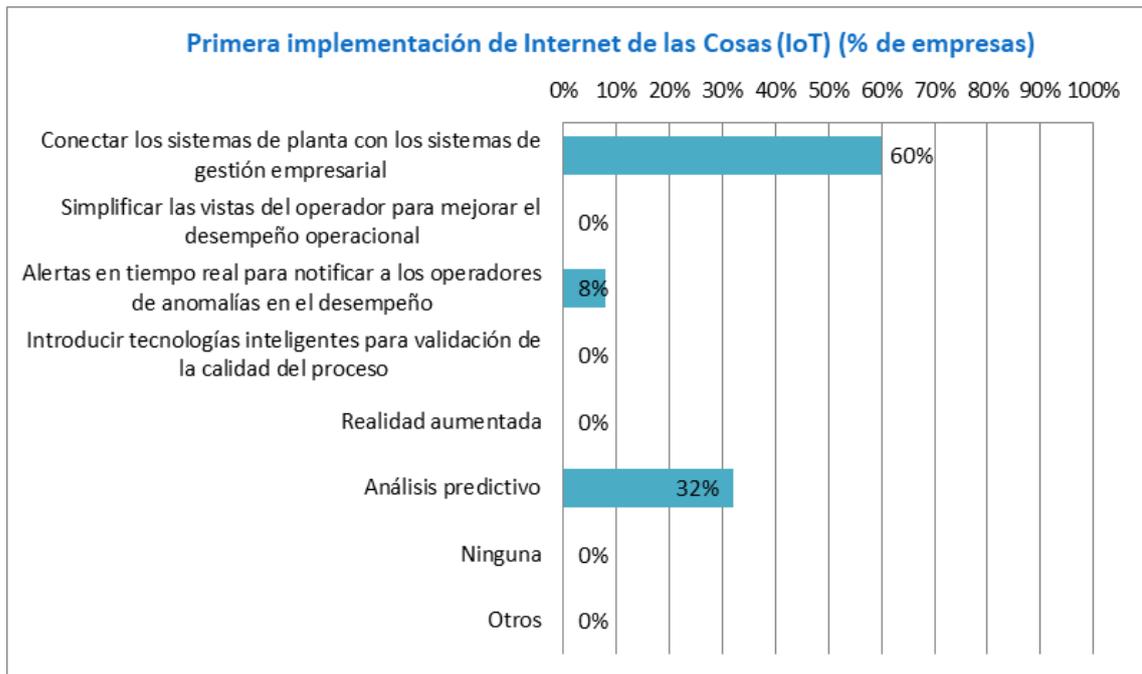


ILUSTRACIÓN 52: TIPOLOGÍA DE LAS PRIMERAS IMPLANTACIONES DE LOS SISTEMAS CIBERFÍSICOS E IOT EN EL SECTOR DE LA PIEDRA NATURAL. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

FABRICACIÓN ADITIVA

Para las empresas participantes, la fabricación aditiva no presenta, en general, interés en el sector, a excepción de las empresas de moldurados o marmolerías, donde sí se detecta interés derivado de la fabricación rápida de prototipos de producto final.

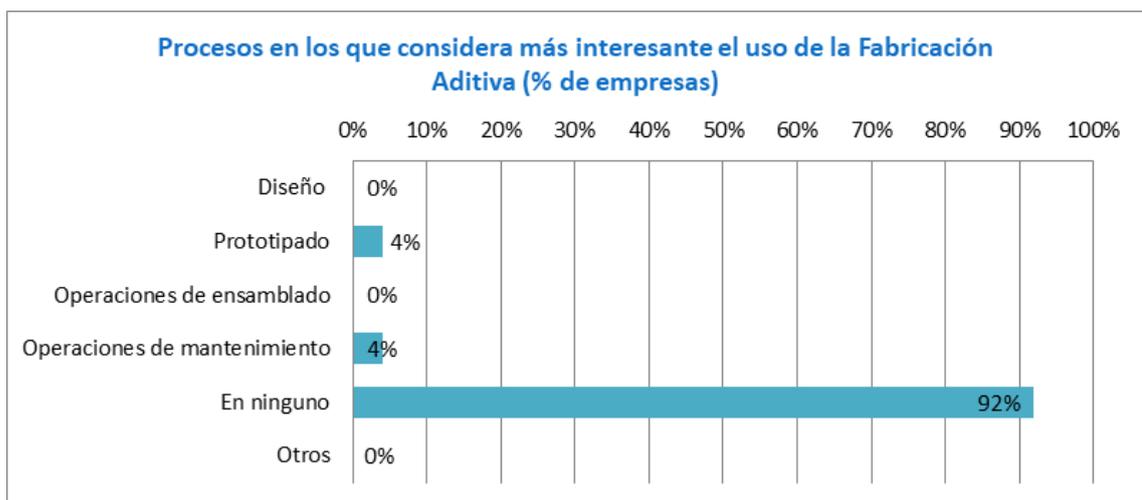


ILUSTRACIÓN 53: PROCESOS EN LOS QUE CONSIDERA MAS INTERESANTE EL USO DE LA FABRICACION ADITIVA. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

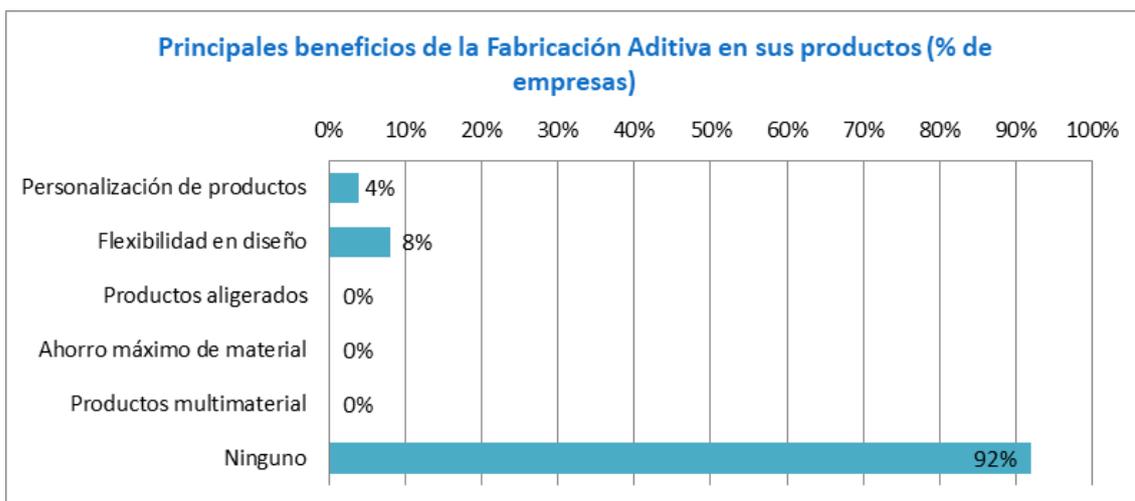


ILUSTRACIÓN 54: PRINCIPALES BENEFICIOS DE LA FABRICACIÓN ADITIVA EN LOS PRODUCTOS DE LA PIEDRA NATURAL. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

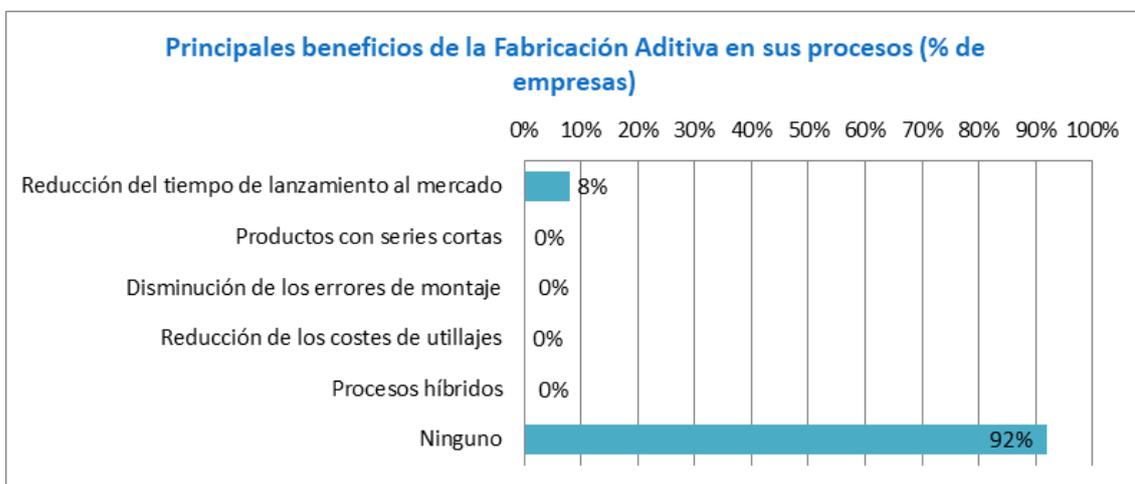


ILUSTRACIÓN 55: PRINCIPALES BENEFICIOS DE LA FABRICACIÓN ADITIVA EN LOS PROCESOS DE LA PIEDRA NATURAL. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

TECNOLOGÍAS DE MATERIALES INTELIGENTES

En general, las empresas participantes no encuentran aplicación práctica, de esta tecnología, en la industria de la piedra natural. Un 28% de las empresas creen que podría mejorar el producto final a través de nuevos tratamientos superficiales. Un 32% considera que podría ser útil en productos para el embalaje.

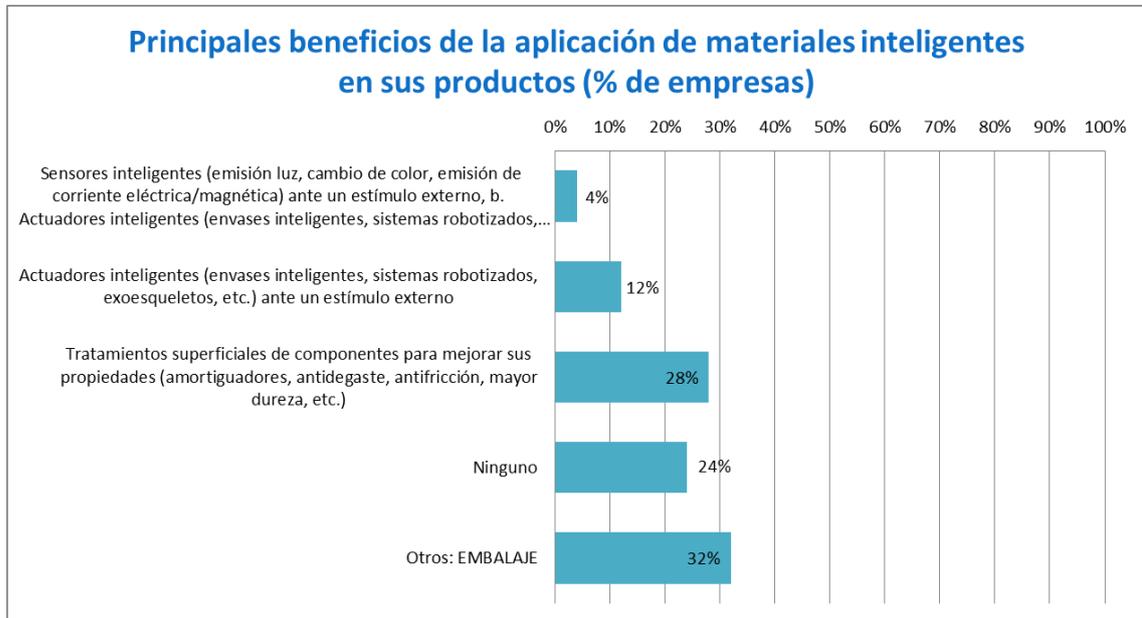


ILUSTRACIÓN 56: PRINCIPALES BENEFICIOS DE LA APLICACIÓN DE MATERIALES INTELIGENTES EN LOS PRODUCTOS DE LA PIEDRA NATURAL. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

En el caso de los procesos productivos, el 60% de las empresas considera que sus procesos se verían beneficiados con el uso de actuadores inteligentes ante estímulos externos.

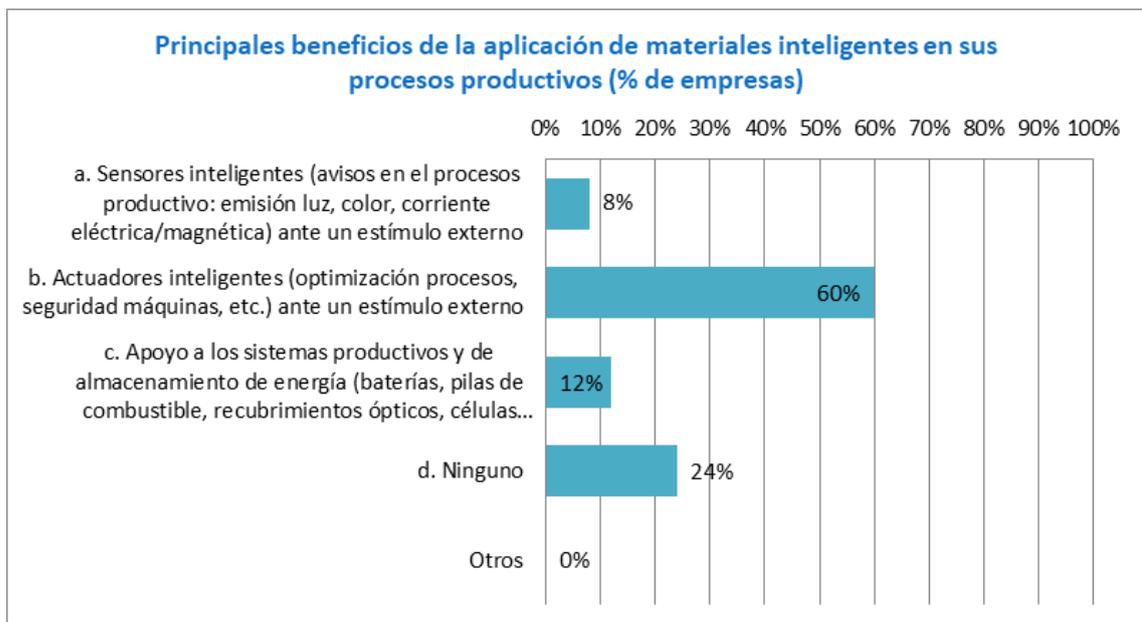


ILUSTRACIÓN 57: PRINCIPALES BENEFICIOS DE LA APLICACIÓN DE MATERIALES INTELIGENTES EN LOS PROCESOS PRODUCTIVOS DE LA PIEDRA NATURAL. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

LOGÍSTICA AVANZADA (AGV-UAV)

La aplicación más clara y extendida de UAV se encuentra en la extracción de la piedra natural, donde las empresas ya están utilizando esta tecnología. En el transformado de la piedra natural, aunque no existe gran interés, si se observan utilidades claras en Logística: transporte de cargas paletizadas y almacenamiento y distribución (entre muelle de carga y almacén).

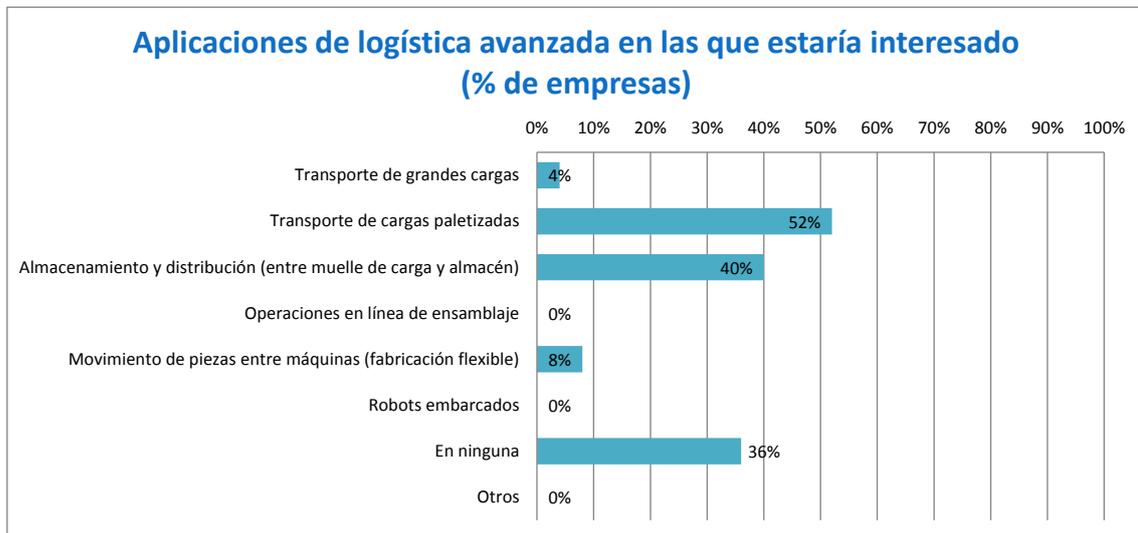


ILUSTRACIÓN 58: APLICACIONES DE LOGISTICA AVANZADA DE INTERÉS PARA EL SECTOR DE LA PIEDRA NATURAL. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

De entre las principales ventajas de uso de AGV's en el sector, el 44% de las empresas están de acuerdo en que su uso redundaría en mayor agilidad de los procesos de inventario y pedido de materiales, y un 36% considera que los procesos logísticos serían más robustos.

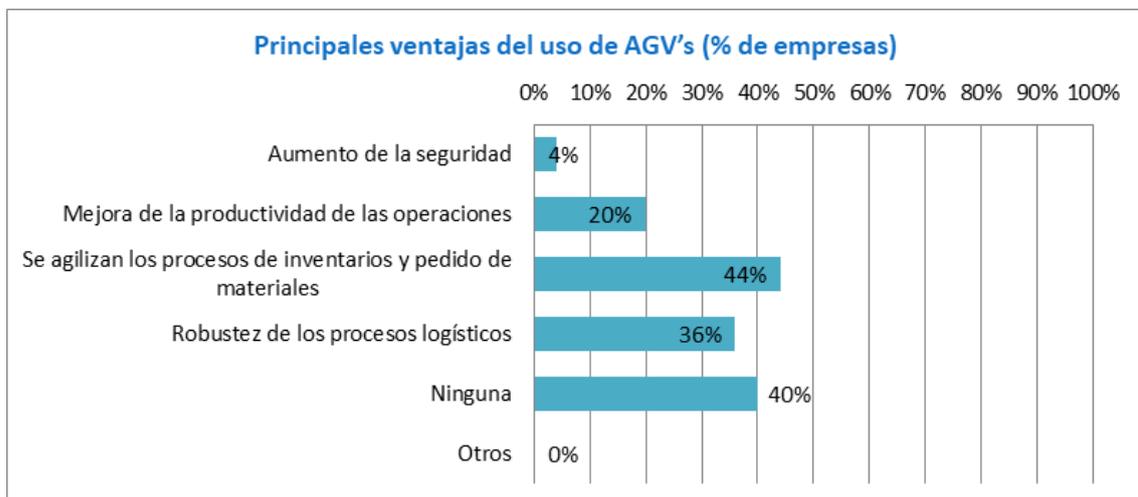


ILUSTRACIÓN 59: PRINCIPALES VENTAJAS DEL USO DE AGV'S (% DE EMPRESAS). FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

La utilidad más extendida y ya utilizada por el sector es, como decimos, el uso de UAV en el proceso de extracción del mineral (pizarra y granito), en concreto para la medición y levantamiento topográfico de canteras y escombreras. Si bien, el proceso de extracción no se encuentra recogido en el alcance del informe, dado que algunas de las empresas participantes disponen de cantera, consideramos relevante su mención.

La siguiente gráfica recoge los beneficios detectados para el transformado y para la extracción de producto.

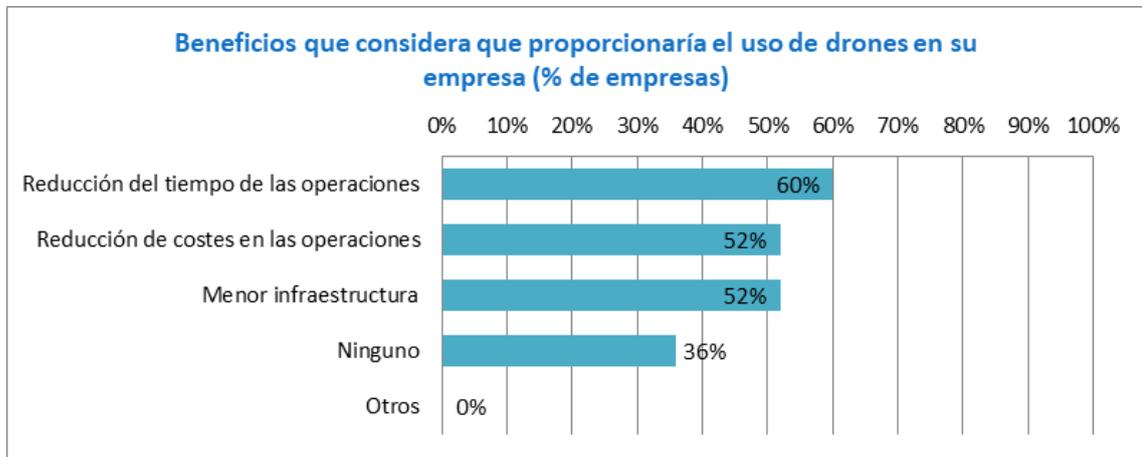


ILUSTRACIÓN 60: BENEFICIO DEL USO DE DRONES EN LA EXTRACCIÓN DE LA PIEDRA NATURAL. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

MODELIZACIÓN Y VIRTUALIZACIÓN DE PROCESOS

Esta tecnología no está, por el momento, extendida en el sector y en principio las empresas del sector, no manifiestan un claro interés en la misma, salvo por aquellos talleres de piedra natural (marmolerías) o fábricas de moldurado de granito, que sí manifiestan interés en implantaciones futuras.

Las principales ventajas detectadas son operativas (vinculación CAD/CAE para optimización de flujos y tiempos, sistema de soporte a la decisión (DSS), flexibilidad, etc.) en planta. En relación a los procesos, son los procesos de optimización de líneas de producto, proceso de diseño, sobre todo para empresas de producto final (moldurado de granito, marmolería, donde el dicho proceso juega un papel importante), y en logística; donde la tecnología tiene una mayor aplicación en el sector.

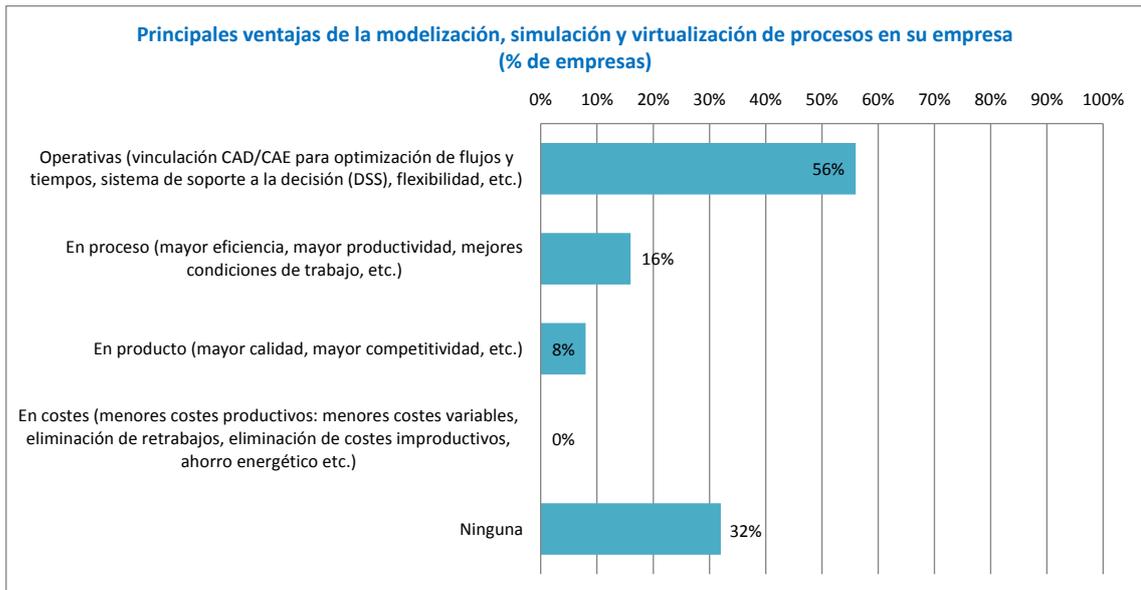


ILUSTRACIÓN 61: VENTAJAS DE LA MODELIZACIÓN, SIMULACIÓN Y VIRTUALIZACIÓN PARA LOS PROCESOS DE LA PIEDRA NATURAL. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

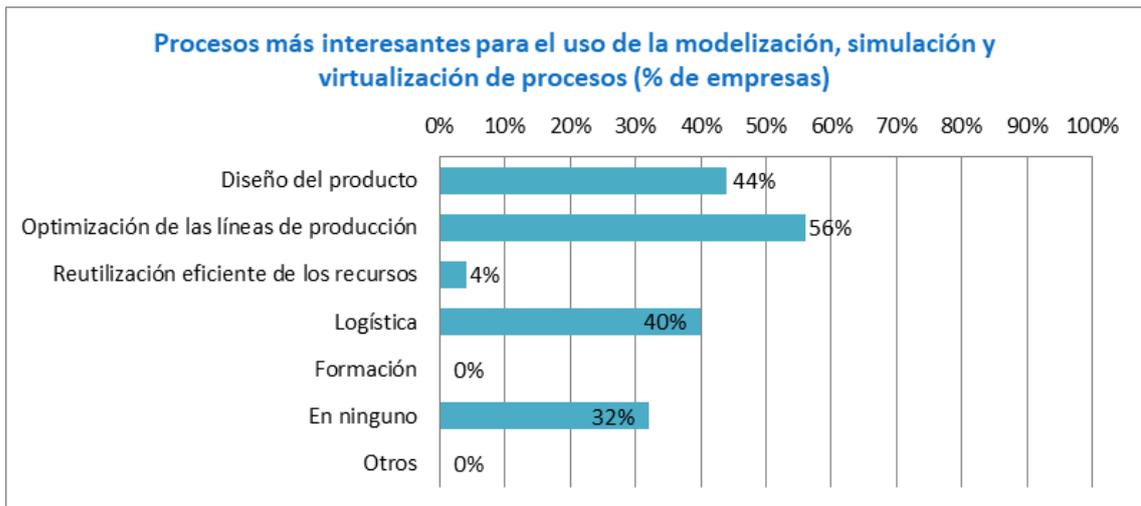


ILUSTRACIÓN 62: PROCESOS INTERESANTES PARA EL USO DE LA MODELIZACIÓN, SIMULACION Y VIRTUALIZACIÓN EN EL SECTOR DE LA PIEDRA NATURAL. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

BIG DATA, DATA ANALYTICS Y CLOUD COMPUTING

Es de destacar que el 80% de las empresas tiene su información en servidores propios, y un 36% dice tener alguna aplicación en la nube.

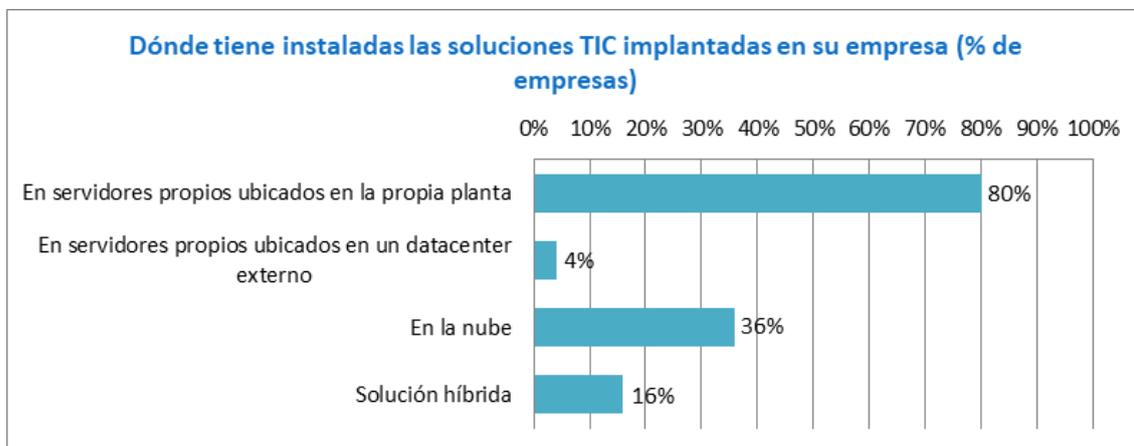


ILUSTRACIÓN 63: EL SECTOR DE LA PIEDRA NATURAL Y SOLUCIONES TIC. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

En cuanto a la captura de datos en planta (máquinas, procesos, productos, datos externos, etc.), paso básico para la implantación de Big Data y Data Analytics, las empresas en un alto porcentaje, recogen datos manualmente, lo que supone un hándicap para la implantación de esta tecnología.

A excepción de la adquisición de materia prima y el servicio postventa, el sector tiene interés en la aplicación de Big Data en todos los procesos. Ese interés supera el 75% en el Mantenimiento, Control de Calidad y Producción (puntuaciones 3 y 4). Es de destacar que las empresas presuponen un menor coste a una implantación de Big Data que a la Automatización Avanzada.

| ¿En qué procesos considera más interesante la aplicación de Big Data o análisis de datos en su empresa? | 1 (Bajo) | 2 | 3 | 4 (Alto) | TOTAL |
|---|----------|-----|-----|----------|-------|
| Adquisición de materias primas | 74% | 13% | 9% | 4% | 100% |
| Logística interna | 9% | 26% | 4% | 61% | 100% |
| Logística externa | 4% | 35% | 9% | 52% | 100% |
| Producción | 0% | 4% | 22% | 74% | 100% |
| Control de calidad | 4% | 9% | 26% | 61% | 100% |
| Mantenimiento | 0% | 13% | 30% | 57% | 100% |
| Servicio postventa | 22% | 13% | 48% | 17% | 100% |
| En ninguna | 0% | 0% | 0% | 100% | 100% |

TABLA 7. ÁREAS DE INTERÉS DEL SECTOR EN APLICACIONES BIG DATA O ANÁLISIS DE DATOS FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

En cuanto a Cloud Computing, el 52% de las empresas no disponen de datos en la nube. En el restante 48%, las empresas que disponen de información en la nube con valores altos no superan el 8%.

| Indique en qué fase del proceso productivo emplea servicios informáticos en la nube para obtener o almacenar la información necesaria | 1 (Bajo) | 2 | 3 | 4 (Alto) | TOTAL |
|---|----------|-----|----|----------|-------|
| Adquisición de Materias Primas | 40% | 0% | 0% | 8% | 48% |
| Logística interna | 40% | 0% | 4% | 4% | 48% |
| Logística externa | 36% | 0% | 4% | 8% | 48% |
| Producción | 36% | 4% | 4% | 4% | 48% |
| Control de calidad | 12% | 36% | 0% | 0% | 48% |
| Mantenimiento | 40% | 4% | 0% | 4% | 48% |
| Servicio postventa | 8% | 40% | 0% | 0% | 48% |
| En ninguno | 0% | 0% | 0% | 52% | 52% |

TABLA 8. PROCESOS PRODUCTIVOS EN LOS QUE ES SECTOR DISPONE DE DATOS EN LA NUBE. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

La captura de datos en planta es en su mayoría de forma manual, son los datos externos que afectan al proceso los que se recogen de forma más automática. Los procesos propiamente productivos, actividad de máquinas y operarios, residuos, defectos, etc. se recogen en su mayoría de forma manual.

| ¿Qué tipo de datos recoge de sus máquinas de producción, de sus procesos, de sus productos, así como otros datos externos y cómo? | Se recoge manualmente | Se recoge automáticamente | No se recoge pero sería interesante | No se recoge y no es interesante | TOTAL |
|---|-----------------------|---------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|-------|
| Inventario/Stock | 56% | 40% | 4% | 0% | 100% |
| Tiempos de actividad de las máquinas de producción | 88% | 0% | 4% | 8% | 100% |
| Tiempo de actividad de operarios | 88% | 8% | 4% | 0% | 100% |
| Residuos generados | 88% | 0% | 12% | 0% | 100% |
| Defectos generados | 88% | 0% | 8% | 4% | 100% |
| VARIABLES DE PROCESO (temperatura, presión, potencia, intensidad, tensión, humedad, etc.) | 52% | 4% | 12% | 32% | 100% |
| Datos externos que afectan al proceso (datos meteorológicos, energéticos, legales, otros) | 12% | 32% | 8% | 48% | 100% |

TABLA 9. CAPTURA DE DATOS AUTOMATIZADA EN EL SECTOR DE LA PIEDRA NATURAL. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

SAFETY AND SECURITY

En el caso de Safety and Security, las implementaciones existentes y previstas están relacionadas con el cumplimiento de la reglamentación existente. Sin embargo, en lo relativo a seguridad informática, las empresas no tienen una clara predisposición a la inversión, fruto, en muchos casos de la falta de conocimiento de la tecnología, si bien consideran que las nuevas tecnologías incrementarán el riesgo de las Tecnologías de la Información.

En relación a la seguridad de los trabajadores, las empresas en un 88% consideran que la aplicación de las nuevas tecnologías 4.0 supondrá un beneficio para la seguridad de las personas.

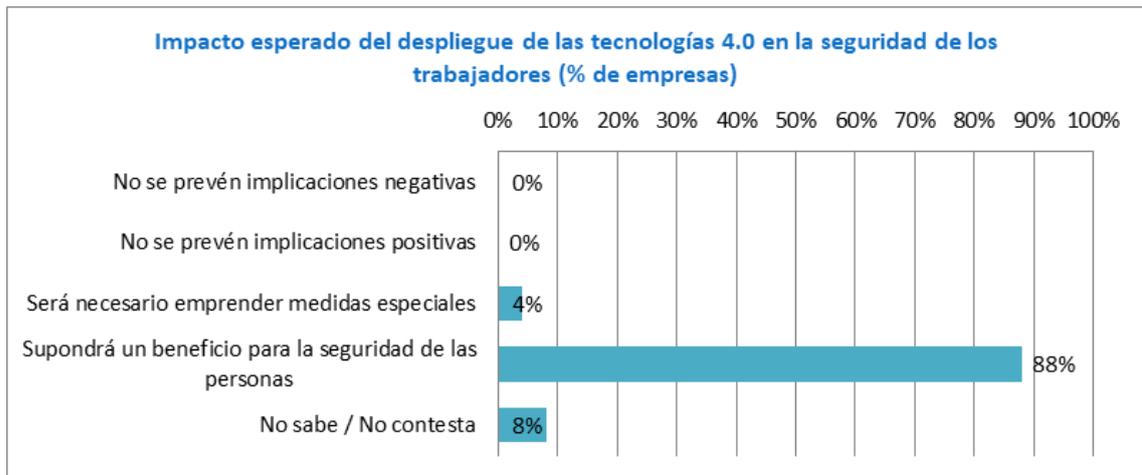


ILUSTRACIÓN 64: IMPACTO DE LAS TECNOLOGÍAS 4.0 EN LA SEGURIDAD DE LOS TRABAJADORES. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

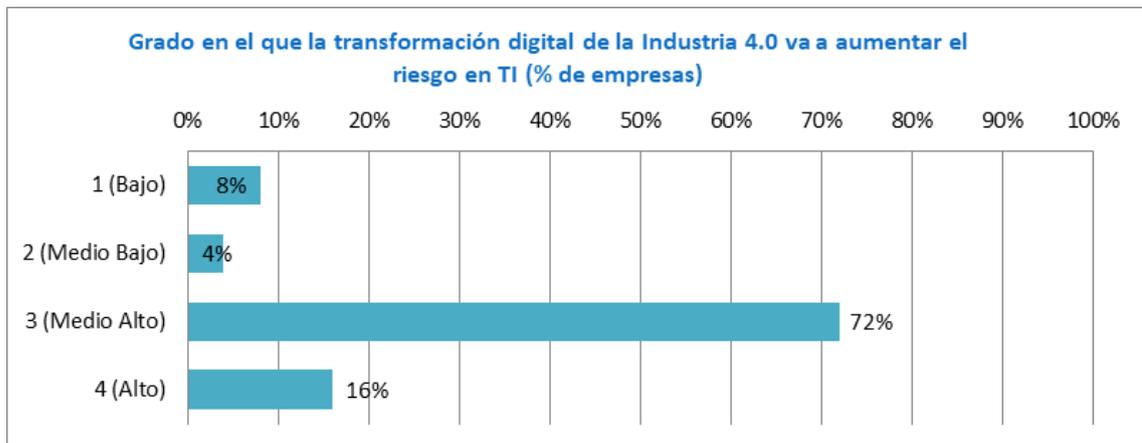


ILUSTRACIÓN 65: LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL Y EL RIESGO EN TI PARA EL SECTOR DE LA PIEDRA NATURAL. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Ante este incremento de los riesgos informáticos, las empresas han iniciado algunas acciones, la más comúnmente utilizada es el asesoramiento con expertos externos.



**ILUSTRACIÓN 66: ACCIONES ESPECÍFICAS LLEVADAS A CABO POR EL SECTOR PARA MITIGAR LOS RIESGOS EN TI.
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA**

GESTIÓN DE LA ENERGÍA

La gestión energética todavía ofrece rangos de mejora. ninguna empresa participante dispone de sistemas de gestión energética. El 88% no ha realizado ninguna acción de gestión avanzada de la energía.

Solamente un 4% de las empresas, dispone de energía generada con fuentes renovables, y otro 4% combina su sistema de gestión con la gestión de la energía.

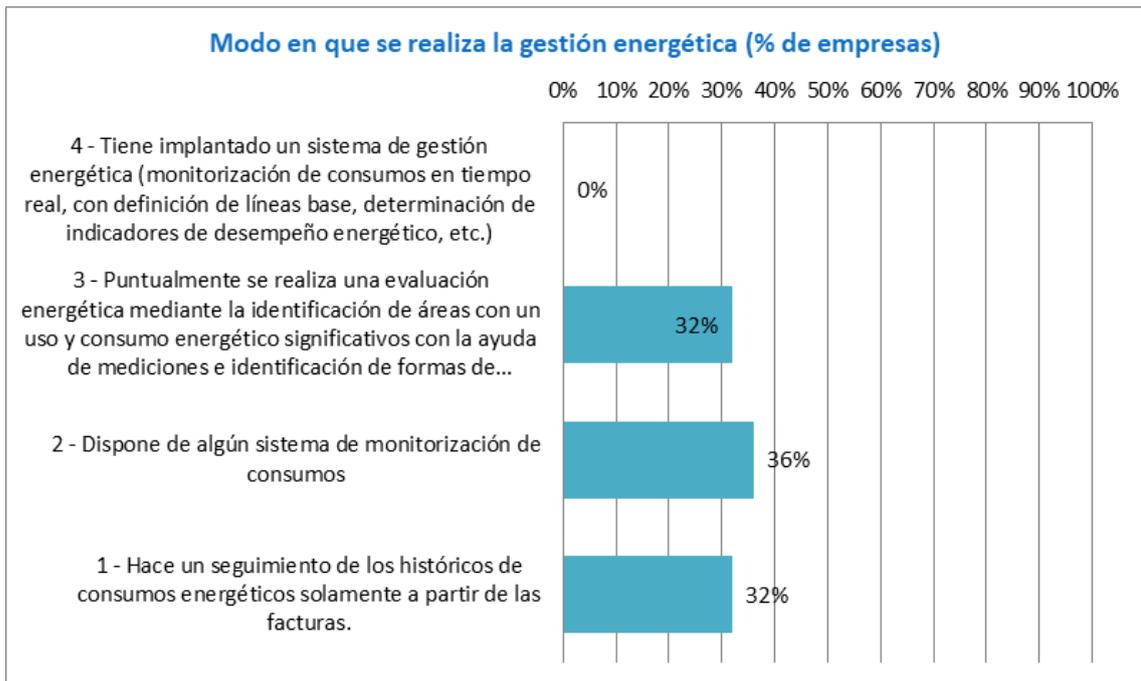


ILUSTRACIÓN 67: ILUSTRACIÓN 1. GESTIÓN ENERGÉTICA Y EL SECTOR DE LA PIEDRA NATURAL. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

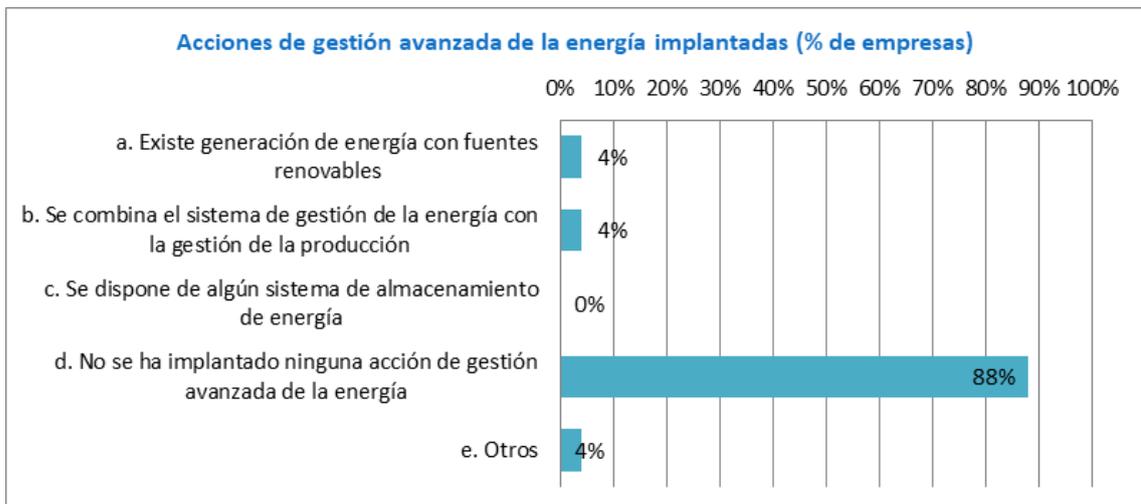


ILUSTRACIÓN 68: LAS ACCIONES DE GESTIÓN AVANZADA DE LA ENERGÍA Y EL SECTOR DE LA PIEDRA NATURAL. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

GESTIÓN DE INSUMOS Y RESIDUOS

Más de 75% de las empresas no ha realizado ninguna acción avanzada relacionada con la gestión de los insumos.

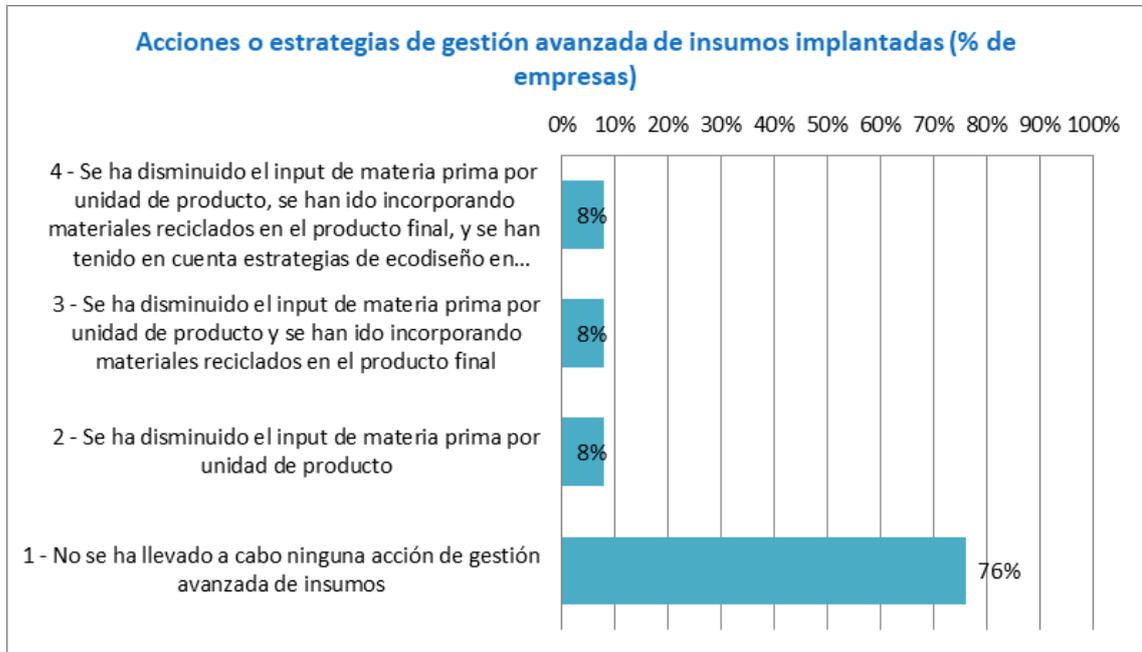


ILUSTRACIÓN 69: EL SECTOR DE LA PIEDRA NATURAL Y LA GESTIÓN AVANZADA DE LOS INSUMOS. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

En el caso de los residuos, las empresas son más proclives a su reutilización llevando a cabo acciones que eliminan su cantidad y se reutilizan en otros procesos, como por ejemplo, la rotura de bloque o tabla, reutilizadas para la fabricación de adoquín.

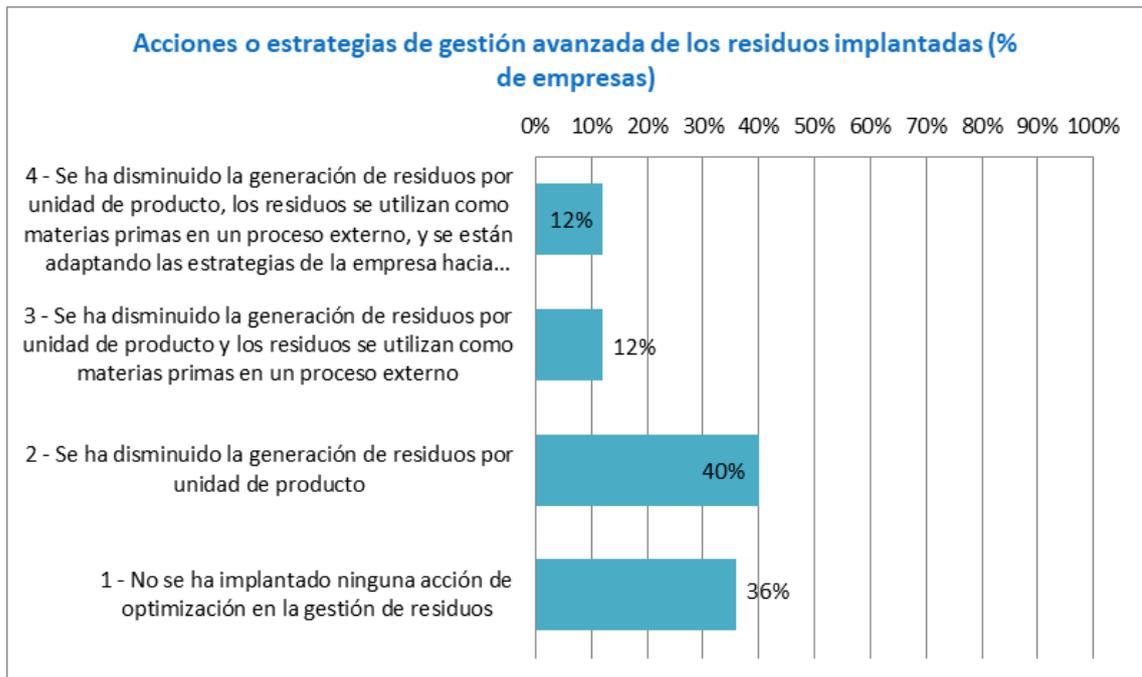


ILUSTRACIÓN 70: EL SECTOR DE LA PIEDRA NATURAL Y LA GESTION AVANZADA DE LOS RESIDUOS. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

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

Para conocer el grado de cercanía del sector a las nuevas tecnologías, se han cruzado los elementos generadores de valor (calidad, producción, personas y producto y servicio), con la mayor o menor bondad de las tecnologías habilitadoras para la mejora de cada palanca tecnológica. Ver Documento “Estado del Arte. Industria 4.0. Contexto y claves metodológicas (apdo. 4).

Inicialmente se analizó el potencial de mejora de cada generador de valor detectándose que para el sector de la Piedra Natural, los elementos generadores de valor con más potencial de mejora son la producción, personas y productos y servicios. Superándose el valor 3 en todos los elementos generadores de valor.

CALIDAD

El potencial de mejora identificado por las empresas, en general, es alto, solo el 4% cree que no hay mucho margen de mejora en relación al elemento generador de valor “Calidad”.

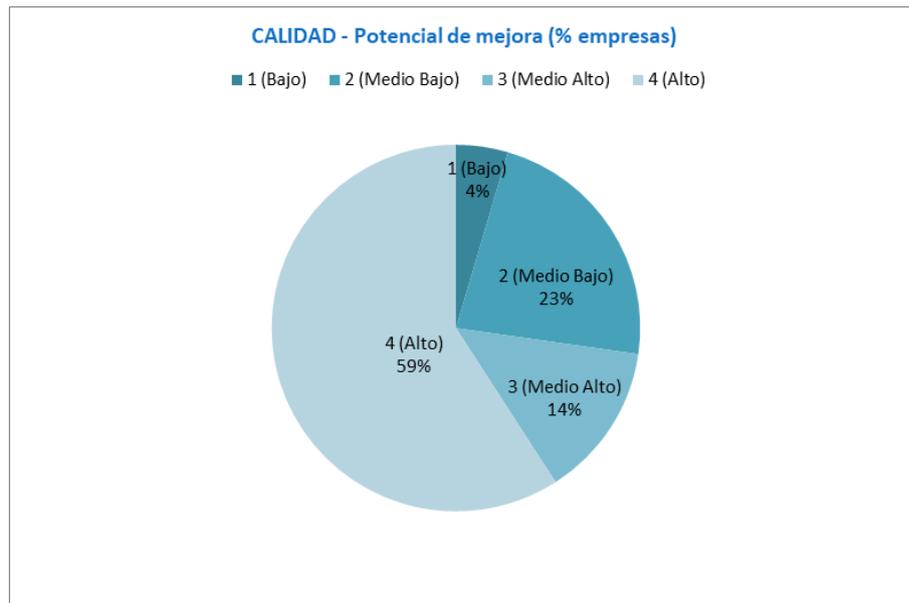


ILUSTRACIÓN 71: POTENCIAL DE MEJORA DEL GENERADOR DE VALOR “CALIDAD” EN EL SECTOR. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Dentro del elemento de valor “Calidad”, se ha preguntado qué palancas tecnológicas tienen un mayor grado de relevancia, y por lo tanto lograrían una mejora mayor en el elemento generador de valor “Calidad” para el sector. Son las palancas tecnológicas: control de calidad/control de producción y la mejora continua (producto, proceso, organización), las identificadas con mayor grado de relevancia (valores 3 y 4).

| Grado de relevancia de Palancas Tecnológicas | 1 | 2 | 3 | 4 | TOTAL |
|--|-----|----|-----|-----|-------|
| Control de la calidad / Control de la producción | 9% | 0% | 14% | 77% | 100% |
| Planificación de calidad / Identificación y trazabilidad | 18% | 5% | 50% | 27% | 100% |
| Mejora continua (Producto, proceso, organización) | 9% | 0% | 36% | 55% | 100% |
| Defectos / Despilfarro | 5% | 9% | 55% | 32% | 100% |

TABLA 10. GRADO DE RELEVANCIA DE LAS PALANCAS TECNOLÓGICAS DE LA “CALIDAD2. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

PRODUCCIÓN

El potencial de mejora identificado por las empresas es alto, solo el 4% cree que no hay mucho margen de mejora en los procesos productivos. El 68% de las empresas identifican que el potencial de mejora del generador de valor “Producción” es de nivel 4.

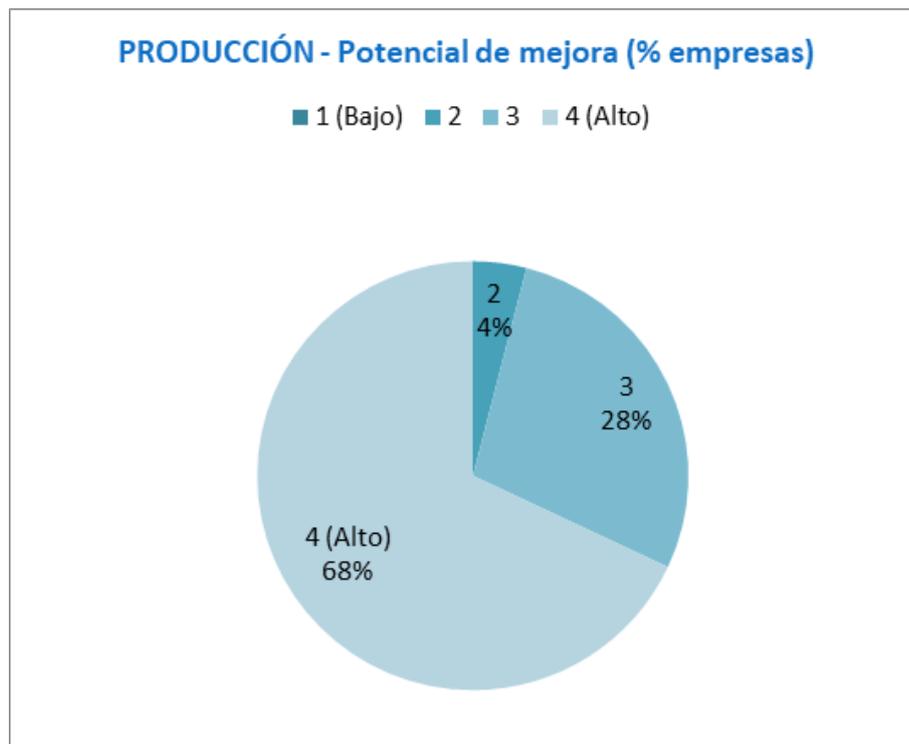


ILUSTRACIÓN 72: POTENCIAL DE MEJORA DEL GENERADOR DE VALOR “PRODUCCIÓN” EN EL SECTOR. FUENTE. ELABORACIÓN PROPIA

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

Para el sector de la Piedra Natural las palancas con mayor grado de relevancia (valores 3 y 4) dentro del elemento generador de valor “Producción” son:

- Planificación de la Producción,
- Optimización del uso de máquinas,
- Mantenimiento predictivo,
- Gestión Avanzada de la Energía.

| Grado de relevancia de Palancas Tecnológicas | 1 | 2 | 3 | 4 | TOTAL |
|---|-----|-----|-----|-----|-------|
| Mejora de la planificación de la producción | 4% | 4% | 16% | 76% | 100% |
| Rapidez en la toma de decisiones | 8% | 8% | 28% | 56% | 100% |
| Visión de la producción en tiempo real | 4% | 32% | 4% | 60% | 100% |
| Producción flexible | 8% | 12% | 32% | 48% | 100% |
| Optimización del uso de máquinas | 0% | 4% | 32% | 64% | 100% |
| Optimización de uso de operarios | 4% | 20% | 24% | 52% | 100% |
| Reducción del tamaño de lote | 72% | 20% | 0% | 8% | 100% |
| Mantenimiento predictivo | 8% | 0% | 40% | 52% | 100% |
| Reducción de inventarios | 28% | 24% | 0% | 48% | 100% |
| Gestión avanzada de la energía | 4% | 4% | 64% | 28% | 100% |
| Gestión avanzada de insumos (agua, etc.) | 16% | 44% | 24% | 16% | 100% |
| Reciclaje, reutilización y valoración de residuos | 48% | 12% | 20% | 20% | 100% |

Tabla 11. GRADO DE RELEVANCIA DE LAS PALANCAS TECNOLÓGICAS DE LA “PRODUCCIÓN” PARA EL SECTOR DE LA PIEDRA NATURAL. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Personas

El 52% de las empresas han identificado un potencial de mejora alto (nivel 4) en este generador de valor.

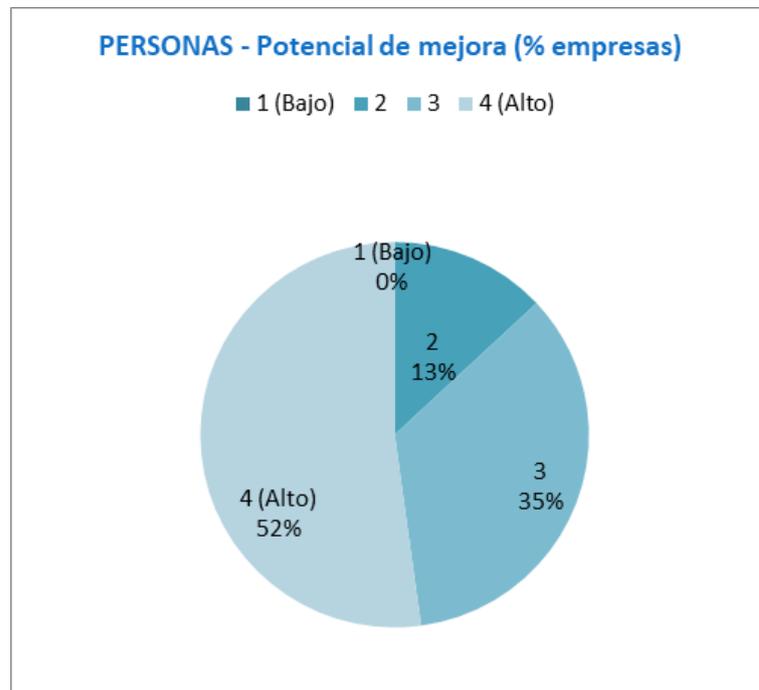


ILUSTRACIÓN 73: POTENCIAL DE MEJORA DE LAS PALANCAS TECNOLÓGICAS PARA “PERSONAS” EN EL SECTOR. FUENTE. ELABORACIÓN PROPIA.

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

Para el sector de la Piedra Natural, las palancas con mayor grado de relevancia dentro del elemento generador de valor “Personas” son:

- Reducción de trabajos penosos,
- Ergonomía,

| Grado de relevancia de Palancas Tecnológicas | 1 | 2 | 3 | 4 | TOTAL |
|--|-----|-----|-----|-----|-------|
| Reducción de trabajos penosos | 0% | 9% | 13% | 78% | 100% |
| Ergonomía | 0% | 9% | 22% | 70% | 100% |
| Reducción de tiempos de aprendizaje | 22% | 26% | 13% | 39% | 100% |
| Empoderamiento del operario | 22% | 52% | 26% | 0% | 100% |

Tabla 12. GRADO DE RELEVANCIA DE LAS PALANCAS TECNOLÓGICAS DEL GENERADOR DE VALOR “PERSONAS” PARA EL SECTOR DE LA PIEDRA NATURAL. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

PRODUCTOS Y SERVICIOS

El 63% de las empresas han identificado un potencial de mejora alto (nivel 4) en este generador de valor.

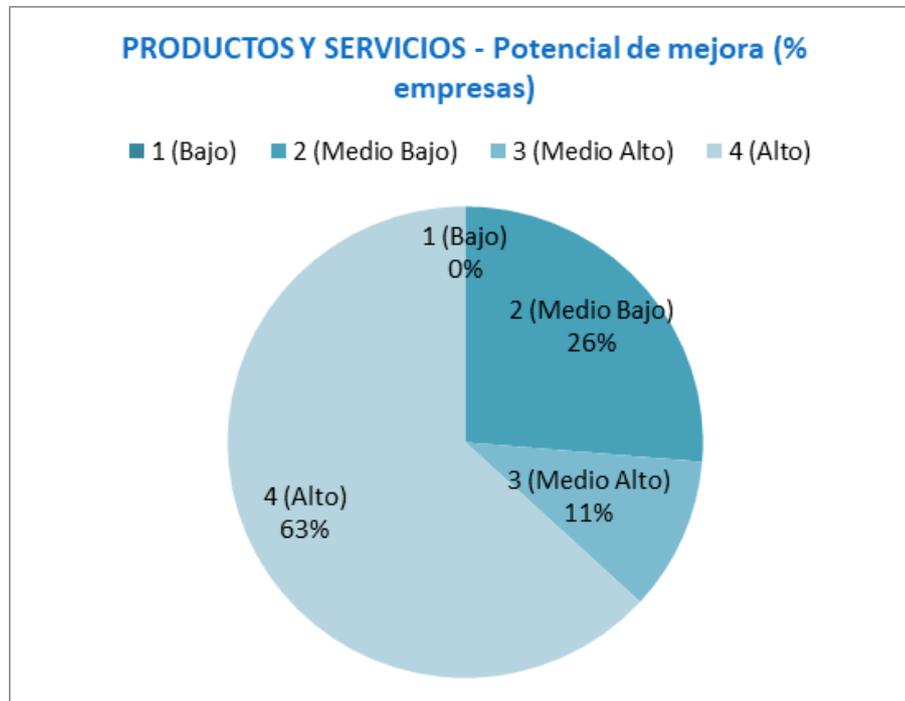


ILUSTRACIÓN 74: ILUSTRACIÓN 1. POTENCIAL DE MEJORA DE LAS PALANCAS TECNOLÓGICAS DE GENERADOR DE VALOR “PRODUCTOS Y SERVICIOS” EN EL SECTOR. FUENTE. ELABORACIÓN PROPIA.

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

Para el sector de la Piedra Natural, los procesos con mayor grado de relevancia dentro de la palanca “Productos y Servicios” son:

- Personalización del producto
- Predicción de la demanda
- Nuevas funcionalidades en productos,

| Grado de relevancia de Palancas Tecnológicas | 1 | 2 | 3 | 4 | TOTAL |
|--|-----|-----|-----|-----|-------|
| Co-creación de producto con el cliente | 63% | 16% | 5% | 16% | 100% |
| Predicción de la demanda | 16% | 16% | 21% | 47% | 100% |
| Nuevos servicios basados en datos | 21% | 26% | 11% | 42% | 100% |
| Seguridad producto | 16% | 26% | 11% | 47% | 100% |
| Personalización producto | 16% | 0% | 63% | 21% | 100% |
| Productos energéticamente eficientes | 79% | 0% | 11% | 11% | 100% |
| Nuevas funcionalidades en productos | 32% | 0% | 53% | 16% | 100% |
| Servicios avanzados al consumidor | 21% | 16% | 11% | 53% | 100% |
| Mantenimiento remoto del producto | 53% | 0% | 0% | 47% | 100% |
| Reducción del tiempo servicio postventa | 26% | 26% | 0% | 47% | 100% |
| Reducción del tiempo de diseño | 68% | 21% | 5% | 5% | 100% |
| Prototipado rápido de producto | 37% | 58% | 0% | 5% | 100% |
| Reducción del tiempo de industrialización | 26% | 11% | 16% | 47% | 100% |
| Reducción del tiempo de entrega | 21% | 16% | 11% | 53% | 100% |

TABLA 13. GRADO DE RELEVANCIA DE LAS PALANCAS TECNOLÓGICAS DEL GENERADOR DE VALOR PRODUCTOS Y SERVICIOS PARA EL SECTOR DE LA PIEDRA NATURAL. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

3.2.3 Problemas detectados

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

CALIDAD

En relación con el generador de valor “Calidad”, los problemas detectados por las empresas han sido principalmente los relacionados con la calidad del producto en origen:

- a) Calidad del producto natural
- b) Selección de calidades (pizarra)

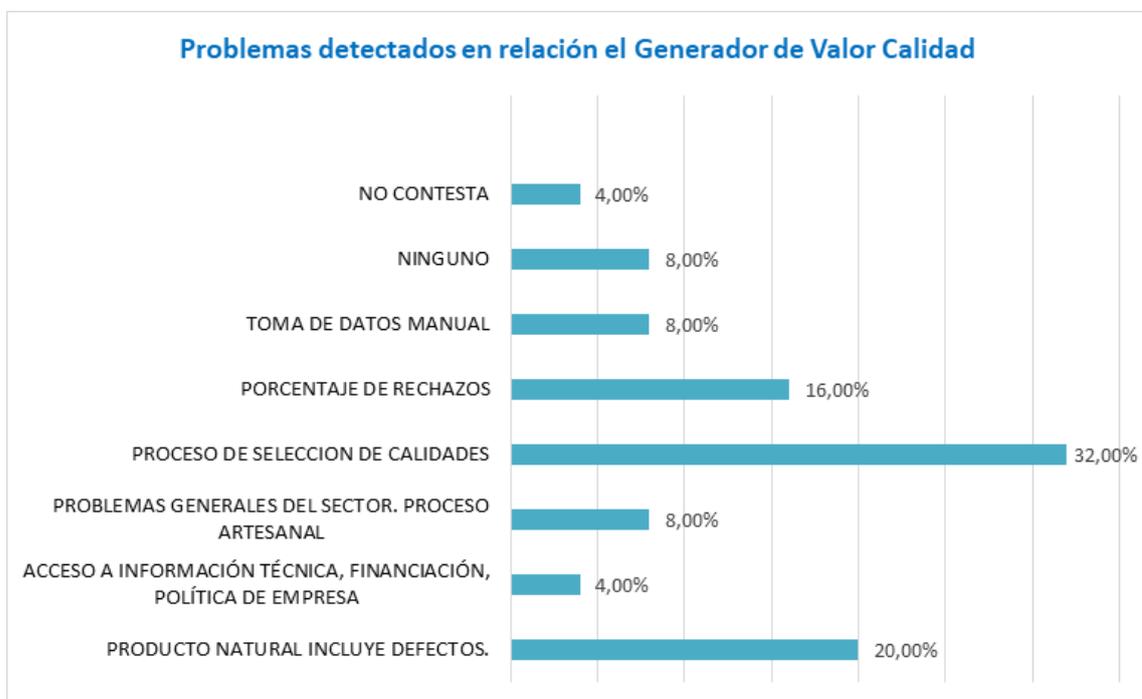


ILUSTRACIÓN 75: PROBLEMAS DETECTADOS RELACIONADOS CON EL GENERADOR DE VALOR “CALIDAD”. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

PRODUCCIÓN

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

- a) Planificación de la producción. Control de la producción
- b) Visión en tiempo real

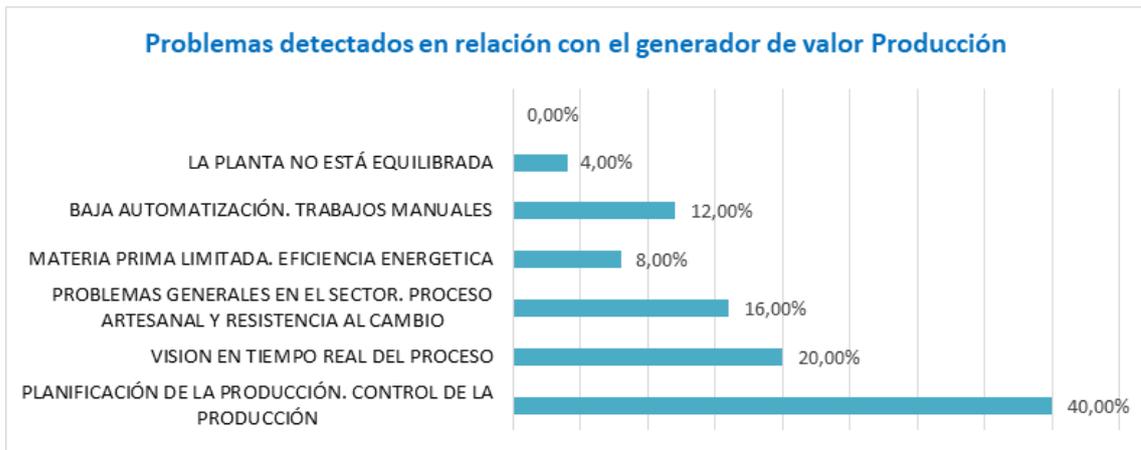


ILUSTRACIÓN 76: PROBLEMAS DETECTADOS RELACIONADOS CON EL GENERADOR DE VALOR “PRODUCCIÓN”.
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

PERSONAS

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

- Reducción de trabajos penosos. Bajas laborales. Silicosis
- Ergonomía y formación

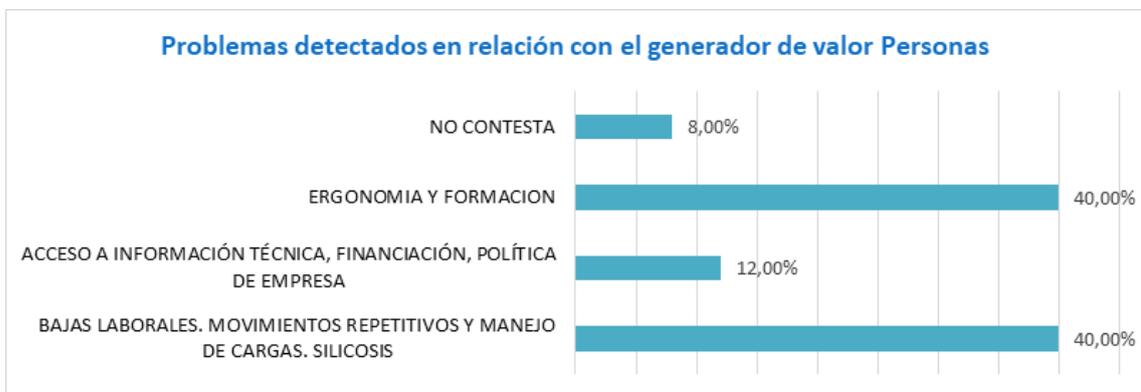


ILUSTRACIÓN 77: PROBLEMAS DETECTADOS RELACIONADOS CON EL GENERADOR DE VALOR “PERSONAS”.
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

PRODUCTOS Y SERVICIOS

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

- Servicio técnico postventa. Producto just in time
- Acceso a información técnica y financiación
- Producto natural con defectos

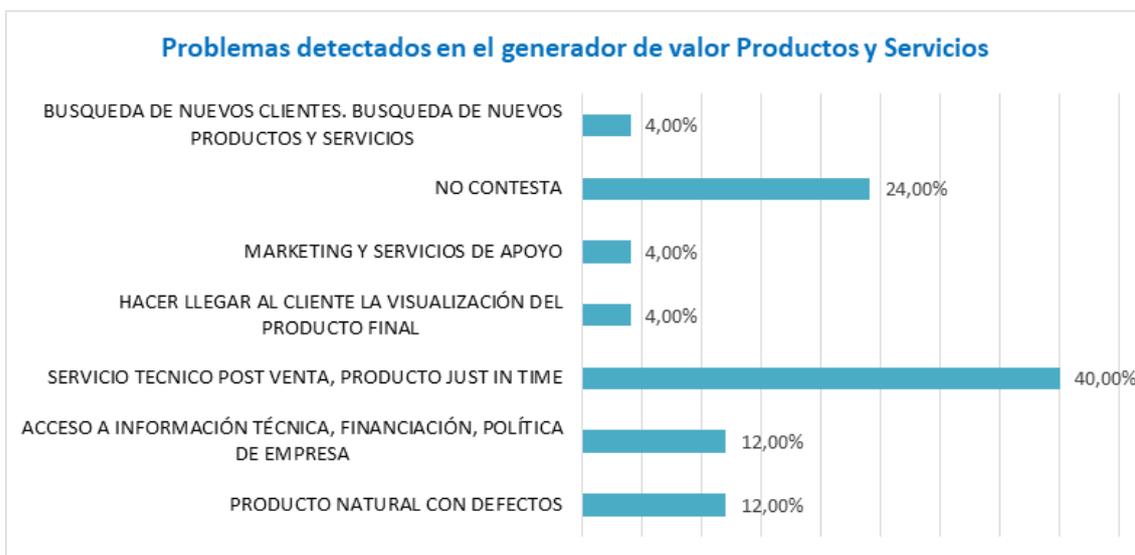


ILUSTRACIÓN 78: PROBLEMAS DETECTADOS EL GENERADOR DE VALOR “PRODUCTOS Y SERVICIOS”. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

3.2.4 Restricciones o condicionantes identificados

En relación a los problemas detectados, existe una restricción relacionada con la calidad del producto. El producto Piedra Natural, es un producto natural que como tal puede incluir defectos de origen.

Existe otro condicionante relacionado con los problemas y su capacidad de solución, y es la consideración de empresariado tradicional muy reacio al cambio.

Por otro lado las barreras y dificultades para la implantación de las tecnologías 4.0 detectadas han sido:

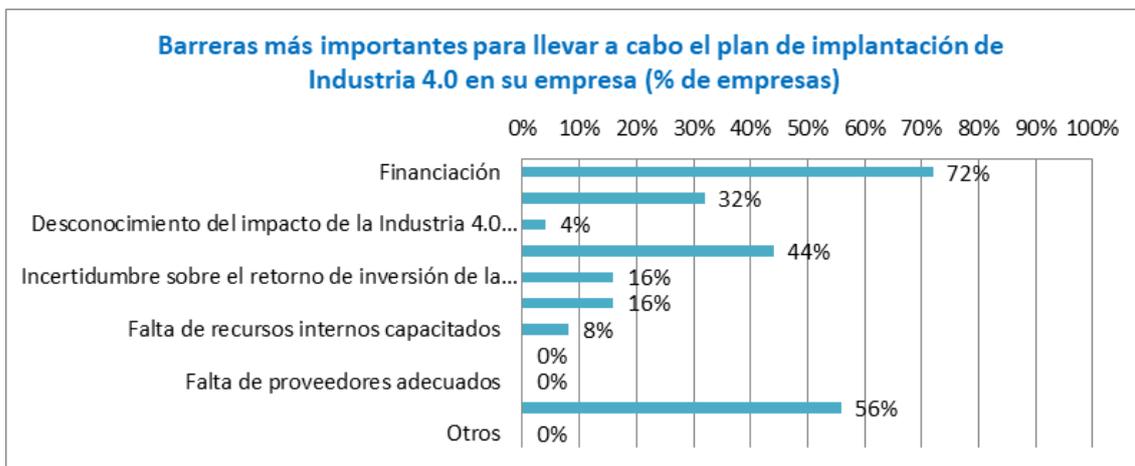


ILUSTRACIÓN 79: BARRERAS A LA IMPLANTACIÓN DE LA INDUSTRIA 4.0 EN EL SECTOR DE LA PIEDRA NATURAL. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

3.3 GAP TECNOLÓGICO

Las empresas participantes han identificado las tecnologías emergentes 4.0 para resolver los problemas detectados, lo que redundaría en un incremento de la eficiencia y productividad del sector gracias a la incorporación de la Industria 4.0.

CALIDAD

En relación con el generador de valor “Calidad”, el sector de la Piedra Natural ha identificado a la Automatización y Robótica Avanzada y Colaborativa, como la mejor tecnología para la consecución de las mejoras deseadas.

| Possible empleo de las tecnologías emergentes 4.0 en el generador de valor "Calidad" | 1 | 2 | 3 | 4 | TOTAL |
|--|-----|-----|-----|-----|-------|
| Automatización y robótica avanzada y colaborativa | 9% | 5% | 5% | 82% | 100% |
| HMI (Wearables, RV/RA, Exoesqueletos) | 68% | 14% | 18% | 0% | 100% |
| Sistemas cyberfísicos e IoT | 55% | 14% | 32% | 0% | 100% |
| Fabricación Aditiva | 91% | 9% | 0% | 0% | 100% |
| Tecnología de Materiales Inteligentes | 77% | 9% | 14% | 0% | 100% |
| Logística avanzada (AGVs y UAVs) | 27% | 18% | 55% | 0% | 100% |
| Modelización, simulación y virtualización de los procesos | 36% | 18% | 45% | 0% | 100% |
| Big Data, Cloud Computing y Data Analytics | 14% | 14% | 23% | 50% | 100% |
| Safety & Security | 23% | 9% | 23% | 45% | 100% |

Tabla 14. EMPLEO DE LAS TECNOLOGÍAS EMERGENTES PARA LA MEJORA DEL GENERADOR DE VALOR CALIDAD EN EL SECTOR DE LA PIEDRA NATURAL. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

La Automatización y Robótica Avanzada y Colaborativa, se revela como la tecnología que podría mejorar sensiblemente los problemas de calidad.

Debemos tener en cuenta que:

- El 60% de las empresas reconocen tener “muy poco/nada” automatizado su proceso productivo.
- El 48% de las empresas reconoce que sus equipos no tienen capacidad de conexión.
- El 60% de las empresas no dispone de robots en planta.

En base a los datos obtenidos, el sector podría aprovechar las ventajas de la automatización y robótica para conseguir mejoras en la calidad, si bien supondría un esfuerzo inversor necesario.

PRODUCCIÓN

En relación con el generador de valor “Producción”, el sector de la Piedra Natural ha identificado a la Automatización y Robótica Avanzada y Colaborativa como la tecnología con más potencial para la mejora.

Más del 79% de las empresas han puntuado con valor 3 y 4 la tecnología “Automatización y Robótica Avanzada y Colaborativa”, “Big Data, y Data Analytics y Cloud Computing”.

| Possible empleo de las tecnologías emergentes 4.0 en el elemento generador de valor "Producción" | 1 | 2 | 3 | 4 | TOTAL |
|--|-----|-----|-----|-----|-------|
| Automatización y robótica avanzada y colaborativa | 0% | 4% | 8% | 88% | 100% |
| HMI (Wearables, RV/RA, Exoesqueletos) | 68% | 28% | 4% | 0% | 100% |
| Sistemas cyberfísicos e IoT | 52% | 8% | 28% | 12% | 100% |
| Fabricación Aditiva | 88% | 12% | 0% | 0% | 100% |
| Tecnología de Materiales Inteligentes | 48% | 8% | 44% | 0% | 100% |
| Logística avanzada (AGVs y UAVs) | 32% | 24% | 44% | 0% | 100% |
| Modelización, simulación y virtualización de los procesos | 32% | 16% | 48% | 4% | 100% |
| Big Data, Cloud Computing y Data Analytics | 4% | 16% | 40% | 40% | 100% |
| Safety & Security | 12% | 16% | 24% | 48% | 100% |

Tabla 15. EMPLEO DE LAS TECNOLOGÍAS EMERGENTES PARA LA MEJORA DEL GENERADOR DE VALOR PRODUCCIÓN EN EL SECTOR DE LA PIEDRA NATURAL. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Debemos tener en cuenta que en relación con Big Data, Data Analytics y Cloud Computing:

- El 80% de las empresas tiene la información alojada en servidores propios situados en su propia planta de trabajo.
- El 88% de las empresas recogen manualmente los datos derivados de la actividad de las máquinas, actividad de los operarios, residuos y defectos generados.

En base a estos resultados, el sector podría aprovechar las ventajas que le ofrece Big Data, Cloud Computing y Data Analytics para conseguir mejoras en la calidad, si bien supondría un esfuerzo inversor necesario al igual que en Automatización y Robótica Colaborativa, tecnología identificada en el apartado anterior.

PERSONAS

En relación con el generador de valor "Personas", el sector de la Piedra Natural ha identificado a la Automatización y Robótica Avanzada y Colaborativa, junto con Human Machine Interaction como las tecnologías con más potencial para la mejora de la palanca producción.

| Possible empleo de las tecnologías emergentes 4.0 en el elemento generador de valor "Personas" | 1 | 2 | 3 | 4 | TOTAL |
|--|-----|-----|-----|-----|-------|
| Automatización y robótica avanzada y colaborativa | 9% | 0% | 22% | 70% | 100% |
| HMI (Wearables, RV/RA, Exoesqueletos) | 0% | 17% | 13% | 70% | 100% |
| Sistemas cyberfísicos e IoT | 35% | 13% | 17% | 35% | 100% |
| Fabricación Aditiva | 57% | 13% | 9% | 22% | 100% |
| Tecnología de Materiales Inteligentes | 65% | 4% | 9% | 22% | 100% |
| Logística avanzada (AGVs y UAVs) | 39% | 17% | 13% | 30% | 100% |
| Modelización, simulación y virtualización de los procesos | 48% | 9% | 13% | 30% | 100% |
| Big Data, Cloud Computing y Data Analytics | 35% | 4% | 30% | 30% | 100% |
| Safety & Security | 26% | 0% | 17% | 57% | 100% |

Tabla 16. EMPLEO DE LAS TECNOLOGÍAS EMERGENTES PARA LA MEJORA DEL GENERADOR DE VALOR "PERSONAS" EN EL SECTOR DE LA PIEDRA NATURAL. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Los resultados reflejan el grado de relación entre HMI con la mejora en la ergonomía del trabajador, en concreto, son los Exoesqueletos la tecnología más valorada.

Ninguna empresa dispone de tecnologías HMI en sus fábricas. Los exoesqueletos que revelan mayor interés son "soporte de espalda" y "sujeción de herramientas".

En base a los resultados obtenidos, el sector podría aprovechar las ventajas de Human Machine Interaction, aunque el sector no manifiesta demasiado interés en su implantación,

En el caso de Automatización y Robótica Avanzada y Colaborativa, la implantación supondría un esfuerzo inversor, tal y como se refleja en los apartados anteriores.

PRODUCTOS Y SERVICIOS

En relación al generador de valor "Productos y Servicios", el sector de la Piedra Natural ha identificado las siguientes tecnologías como posibles habilitadores de la mejora deseada en más de un 75% (valores 3 y 4):

- Automatización y Robótica Colaborativa
- Sistemas Ciberfísicos e IoT

| Posible empleo de las tecnologías emergentes 4.0 en el elemento generador de valor "Productos y Servicios" | 1 | 2 | 3 | 4 | TOTAL |
|--|-----|-----|-----|-----|-------|
| Automatización y robótica avanzada y colaborativa | 5% | 0% | 26% | 68% | 100% |
| HMI (Wearables, RV/RA, Exoesqueletos) | 74% | 16% | 0% | 11% | 100% |
| Sistemas cyberfísicos e IoT | 21% | 0% | 21% | 58% | 100% |
| Fabricación Aditiva | 79% | 16% | 0% | 5% | 100% |
| Tecnología de Materiales Inteligentes | 37% | 11% | 5% | 47% | 100% |
| Logística avanzada (AGVs y UAVs) | 26% | 26% | 0% | 47% | 100% |
| Modelización, simulación y virtualización de los procesos | 32% | 11% | 47% | 11% | 100% |
| Big Data, Cloud Computing y Data Analytics | 16% | 11% | 26% | 47% | 100% |
| Safety & Security | 26% | 0% | 26% | 47% | 100% |

TABLA 17. EMPLEO DE LAS TECNOLOGÍAS EMERGENTES PARA LA MEJORA DEL GENERADOR DE VALOR "PRODUCTOS Y SERVICIOS" EN EL SECTOR DE LA PIEDRA NATURAL. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

En relación a los sistemas Ciberfísicos e IoT, debemos tener en cuenta que:

- Sólo un 4% de las empresas manifiestan que disponen, en algún proceso, de infraestructura IoT.
- El 48% de las empresas que manifiestan disponer de alguna línea de producción automatizada, no está conectadas al sistema de gestión.

En base a los resultados obtenidos, el sector podría aprovechar las ventajas de los Sistemas Ciberfísicos e IoT, si bien supondría un esfuerzo inversor para la empresa.

En el caso de Automatización y Robótica Avanzada y Colaborativa, la implantación supondría un esfuerzo inversor, tal y como se refleja en los apartados anteriores

Es de destacar que el 47% de las empresas puntúan con 4 la tecnología "Logística Avanzada", este resultado refleja el interés de las empresas del sector que disponen de proceso extractivo, además de elaboración del producto. Es en el proceso de extracción donde la utilización de UAV tiene una aplicación directa. Esta tecnología está siendo utilizada, en la actualidad, por algunas de las empresas participantes. Los servicios de UAV pueden ser subcontratados, sin que haya necesidad de inversión por parte de las empresas.

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

Para el análisis del posicionamiento agregado del sector en relación a las tecnologías de la Industria 4.0, los grupos de trabajo elaboraron la definición de los grados de madurez de implantación de tecnologías emergentes en la empresa, alcanzándose en siguiente consenso.

Definición de grados de madurez de implantación de tecnologías en empresas

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

TABLA 18. GRADOS DE MADUREZ DE IMPLANTACIÓN DE TECNOLOGÍAS EN LA EMPRESA

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

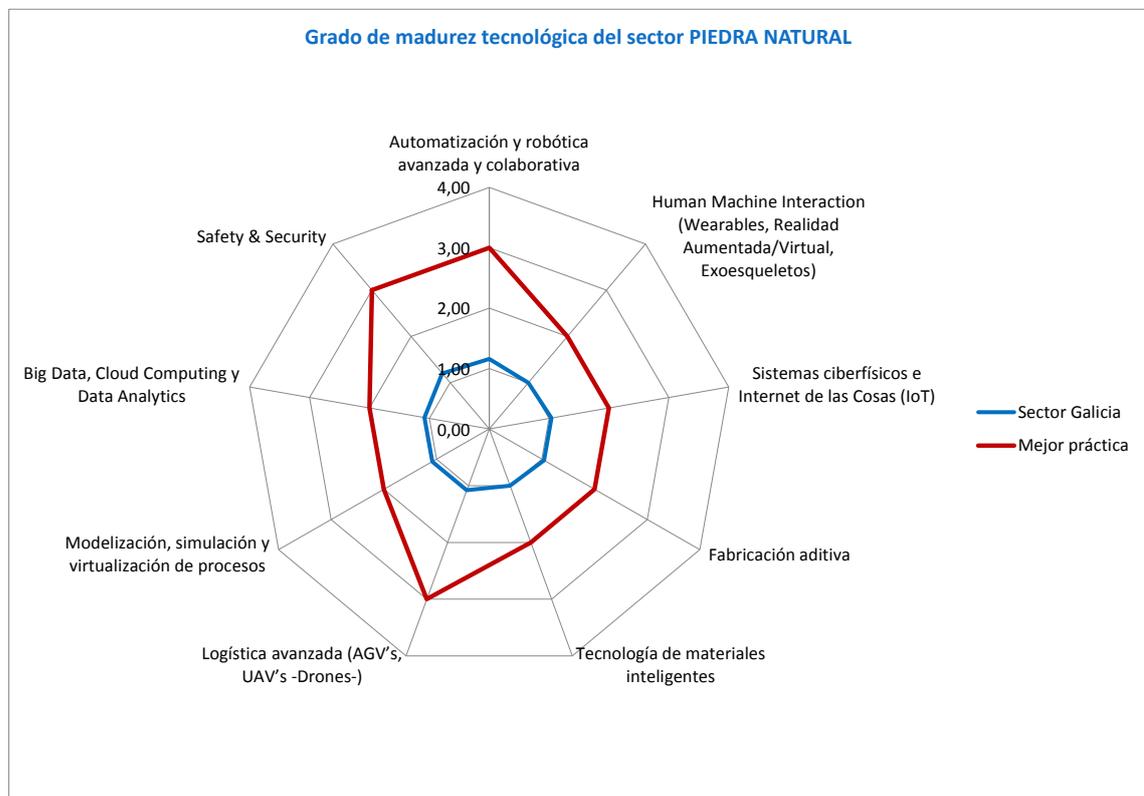


ILUSTRACIÓN 80: GRADO DE MADUREZ TECNOLÓGICA DEL SECTOR PIEDRA NATURAL. FUENTE ELABORACIÓN PROPIA

Entre las puntuaciones obtenidas por el sector destaca Automatización y Robótica Avanzada y Colaborativa Safety and Security. Si bien la automatización de las líneas de producción y su conexión con los sistemas de gestión empresariales tiene muchos puntos de mejora, la tecnología y maquinaria actual utilizada por el sector, no está lejos de la existente en otras zonas geográficas. En el caso de Safety and Security, la mayor parte de las empresas identifican la tecnología principalmente como prevención de riesgos laborales, aunque también cuentan ya con sistemas cortafuegos, o prácticas similares, en sus servidores.

Es de destacar que, en el caso de la Fabricación Aditiva, salvo en las empresas de moldurados de granito, donde sí se prevé una aplicación clara, en el resto del sector, no existe interés en esta tecnología, por no

encontrarle aplicación directa. El sector manifiesta que será en las empresas de revestimientos de la piedra donde se encontrará una mayor utilidad a esta tecnología.

Las empresas visitadas han sido categorizadas en líderes, intermedias y menos avanzadas de la siguiente forma:

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

En el caso del sector de la Piedra Natural, las empresas no destacan por ser líderes (por el momento) en tecnologías de la Industria 4.0. Un 12% de las empresas son consideradas intermedias en relación a la aplicación de las tecnologías emergentes.

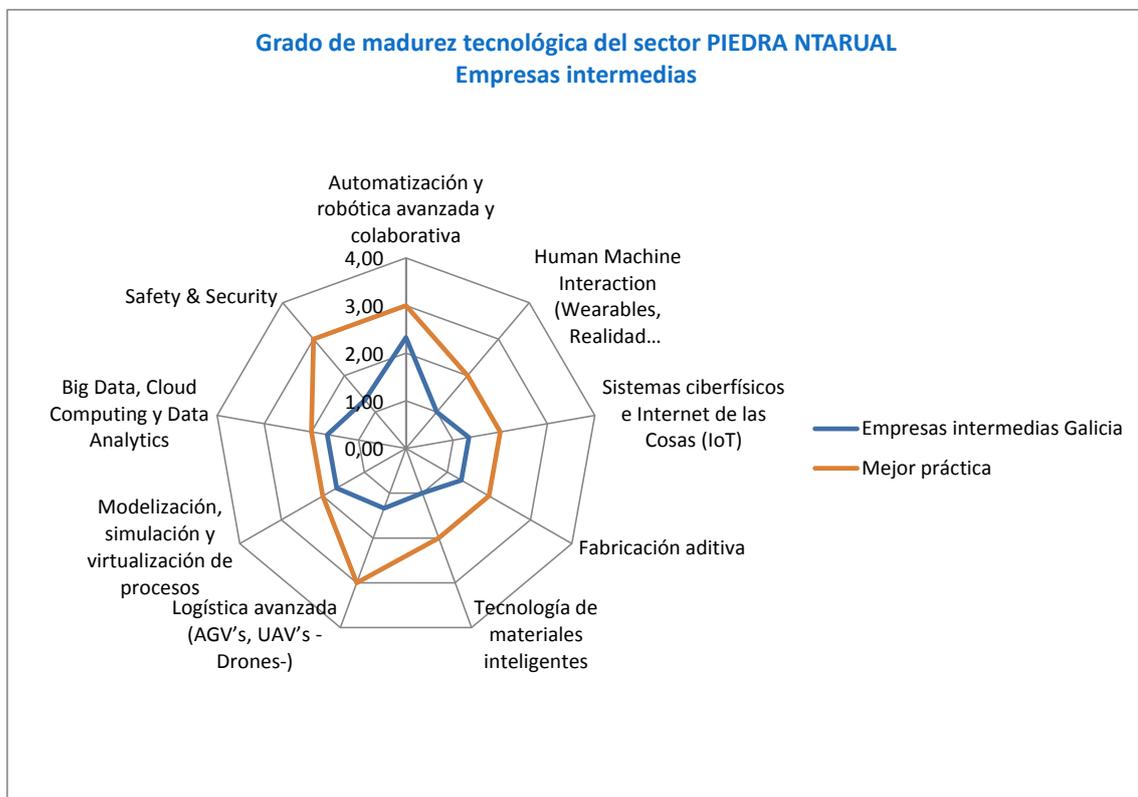


ILUSTRACIÓN 81: GRADO DE MADUREZ TECNOLÓGICA DEL SECTOR EMPRESAS INTERMEDIAS. FUENTE ELABORACIÓN PROPIA

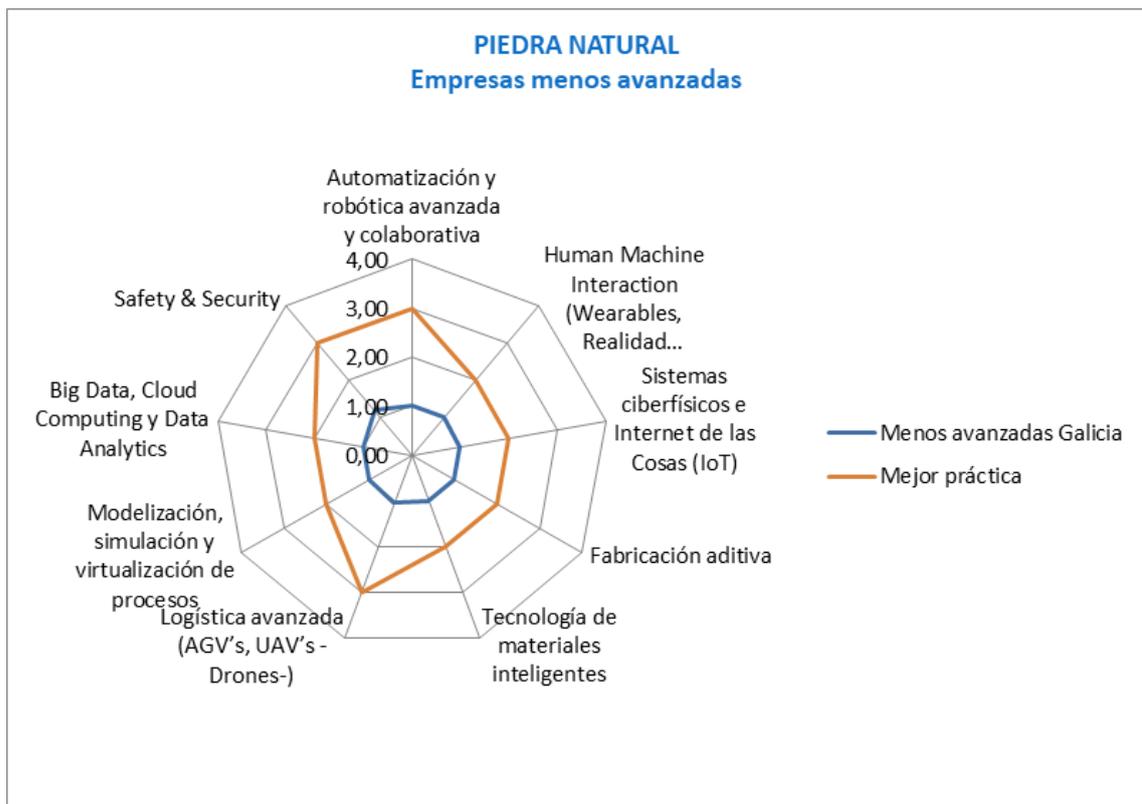


ILUSTRACIÓN 82: GRADO DE MADUREZ TECNOLÓGICA DEL SECTOR EMPRESAS MENOS AVANZADAS. FUENTE ELABORACIÓN PROPIA

4. OPORTUNIDADES DE MEJORA

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

4.1 ESTRATEGIA DE IMPLANTACIÓN DE TECNOLOGÍAS 4.0

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

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

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

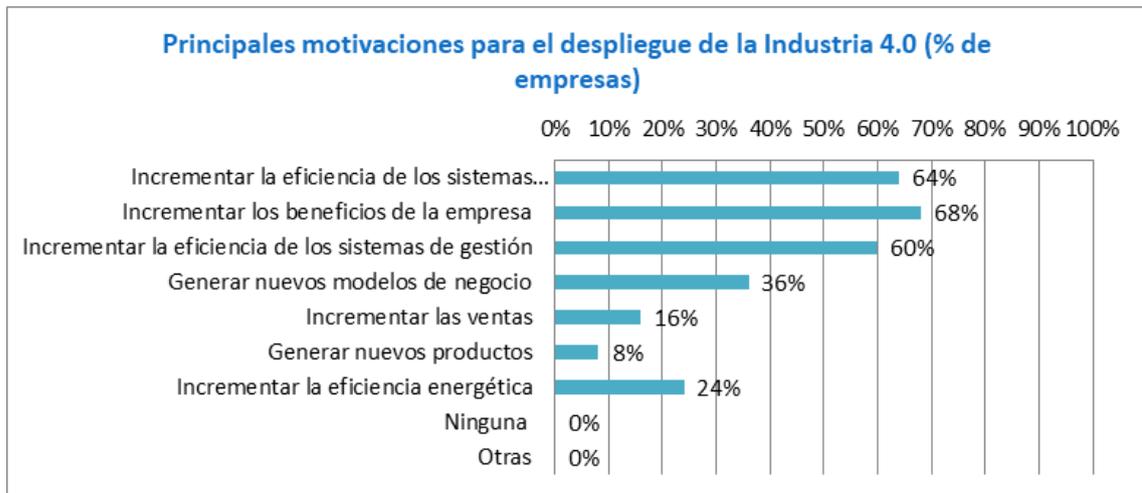


ILUSTRACIÓN 83: PRINCIPALES MOTIVACIONES DEL SECTOR PARA EL DESPLIEGUE DE LA INDUSTRIA 4.0. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

El 64% de las empresas manifiesta que son conscientes de la importancia, si bien todavía no han iniciado ninguna acción relativa a la implantación de la Industria 4.0.

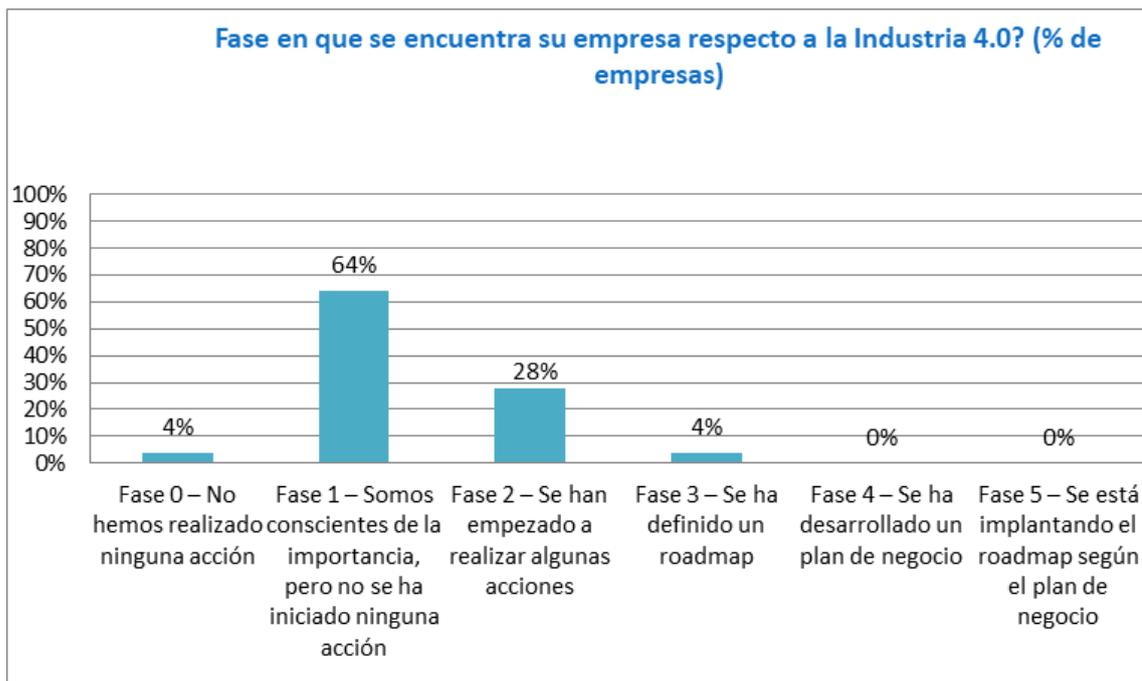


ILUSTRACIÓN 84: FASES DE IMPLANTACIÓN DE LA INDUSTRIA 4.0 EN EL SECTOR DE LA PIEDRA NATURAL. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

En relación a la estrategia de implantación, un 72% de las empresas seguirá una estrategia de racionalización, entendida como: seleccionar tecnologías específicas clave para mantener la posición competitiva y eliminar aquellas otras no defendibles. Solo el 12% se posiciona con una estrategia de líder tecnológico. Ninguna empresa utilizará una estrategia de cooperación, lo que refleja la tradicionalidad del sector.

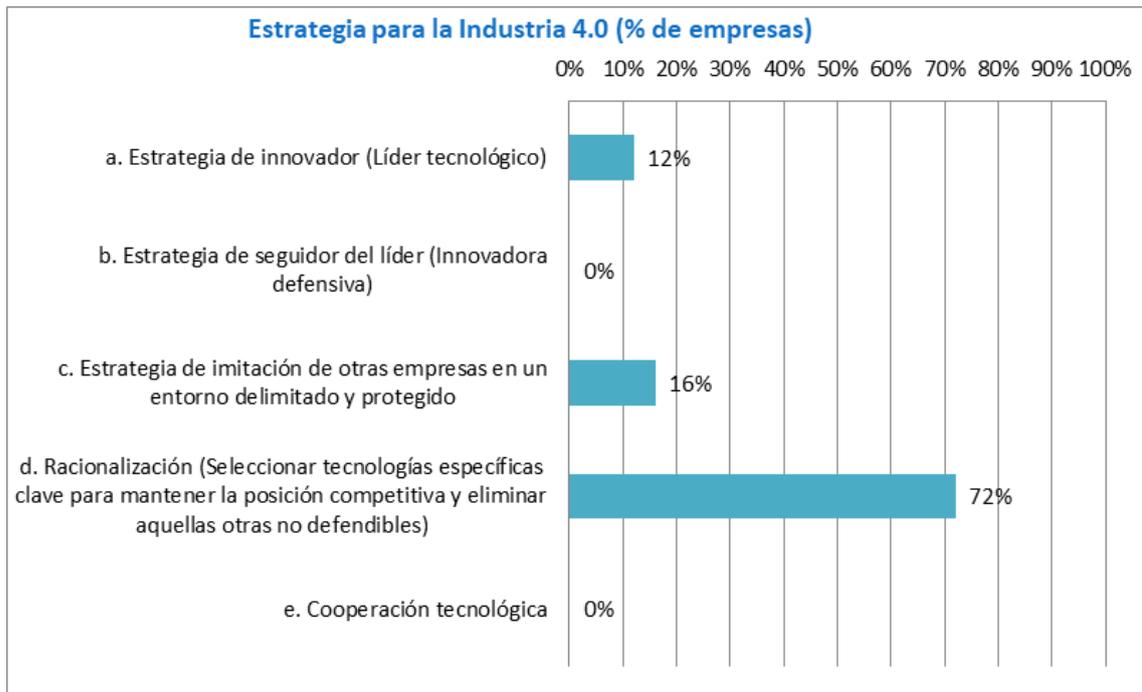


ILUSTRACIÓN 85: ESTRATEGIA DE IMPLANTACIÓN DE LA INDUSTRIA 4.0 EN EL SECTOR DE LA PIEDRA NATURAL. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

La mayor parte de las empresas reconocen que para poder adaptarse a las nuevas tecnologías y eliminar el GAP existente, necesitarán apoyo de la Administración. El 84% de las empresas consideran que las ayudas a la inversión son las más necesarias para el sector, seguidas de los servicios de diagnóstico y consultoría estratégica.

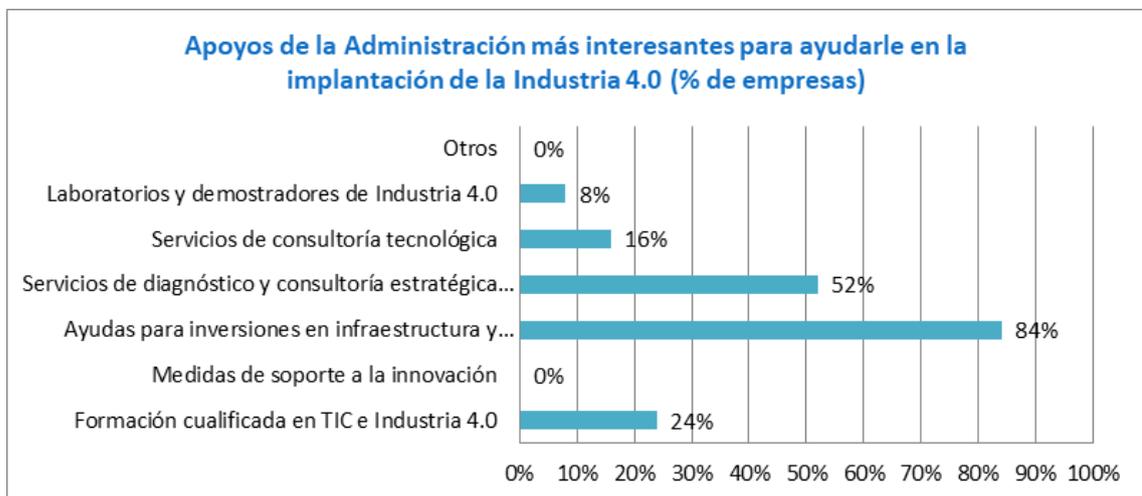


ILUSTRACIÓN 86: APOYO ADECUADO DE LA ADMINISTRACIÓN PÚBLICA PARA LA IMPLANTACIÓN DE LA INDUSTRIA 4.0 EN EL SECTOR. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Para el 56% de las empresas el impacto de las nuevas tecnologías tendrá efecto a largo plazo, a más de cuatro años. El 84% de las empresas no han realizado todavía formación en las nuevas tecnologías y la formación será necesaria para el desarrollo de las implantaciones. (Ver apartado 3.1 Familiaridad con el concepto de Industria 4.0).

El 68% participa en algún clúster o plataforma tecnológica. En concreto la Piedra Natural colabora principalmente con el Clúster del Granito, la Asociación de Graniteros de Ourense, y con el Clúster de la

Pizarra. En estos foros, el 80% de las empresas manifiestan que no se abordan temáticas relacionadas con la Industria 4.0.

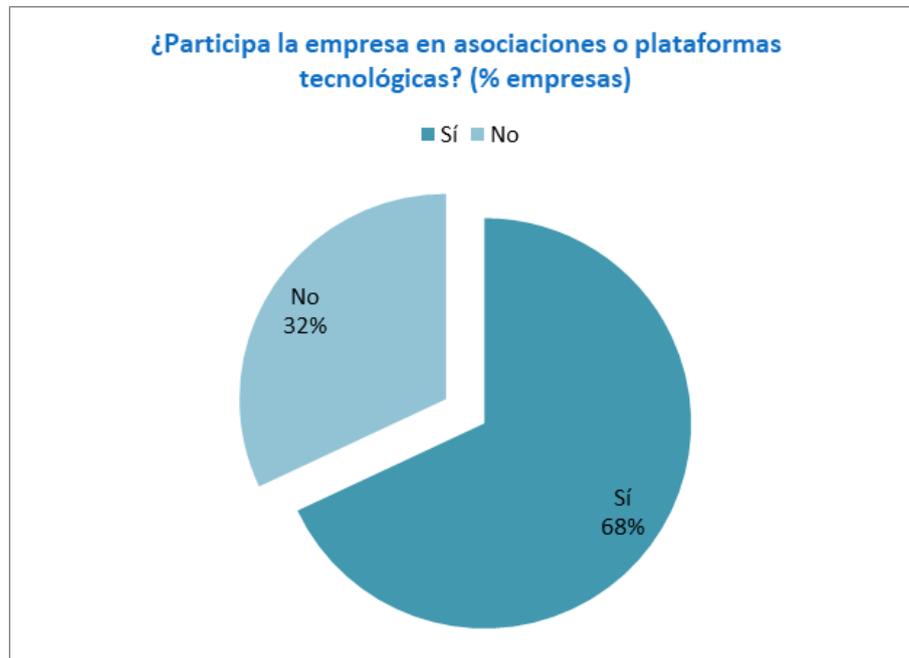


ILUSTRACIÓN 87: PARTICIPACIÓN DE LAS EMPRESAS DEL SECTOR EN ASOCIACIONES O PLATAFORMAS TECNOLÓGICAS FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



ILUSTRACIÓN 88: TEMÁTICAS RELACIONADAS CON LA INDUSTRIA 4.0 ABORDADAS POR ASOCIACIONES, PLATAFORMAS TECNOLÓGICAS, ETC. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

El sector no se caracteriza por la participación en programas de I+D+i. Aunque tiene una clara preocupación por la Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación, no ha encontrado la forma de

participación en los programas existentes, y como consecuencia, no se están utilizando herramientas para la transferencia de tecnología existente.

El programa más conocido por el sector, es FEDER Innterconecta. Y en el que más ha participado ha sido en Conecta Peme. La distancia existente entre el sector y los programas de I+D+i puede convertirse en una barrera para la transformación de la industria.

| ¿Cuáles de los siguientes programas de ayudas a la I+D+i o de otro tipo conoce? | No la conozco | La conozco y no me interesa | La conozco y me interesa pero no he participado | He participado | TOTAL |
|---|---------------|-----------------------------|---|----------------|-------|
| IN.CI.TE | 68% | 0% | 28% | 4% | 100% |
| Conecta-PEME | 32% | 4% | 32% | 32% | 100% |
| Unidades Mixtas de Investigación | 60% | 0% | 36% | 4% | 100% |
| Reacciona | 72% | 4% | 20% | 4% | 100% |
| Pilotos Industria 4.0 | 84% | 0% | 16% | 0% | 100% |
| FEDER-Innterconecta | 44% | 4% | 44% | 8% | 100% |
| CIEN | 92% | 0% | 4% | 4% | 100% |
| Retos-Colaboración | 100% | 0% | 0% | 0% | 100% |
| H2020 | 56% | 0% | 40% | 4% | 100% |
| INTERREG | 96% | 0% | 4% | 0% | 100% |
| Otros | 44% | 4% | 44% | 8% | 100% |

Tabla 19. PROGRAMAS DE AYUDAS A LA I+D+i Y EL SECTOR DE LA PIEDRA NATURAL. FUENTE ELABORACIÓN PROPIA

Otro hecho relevante y que también puede suponer una barrera para la transformación del sector es el escaso porcentaje de colaboración del sector con los centros tecnológicos gallegos. De hecho este aspecto vuelve a aflorar en el apartado de mejoras detectadas por las empresas.

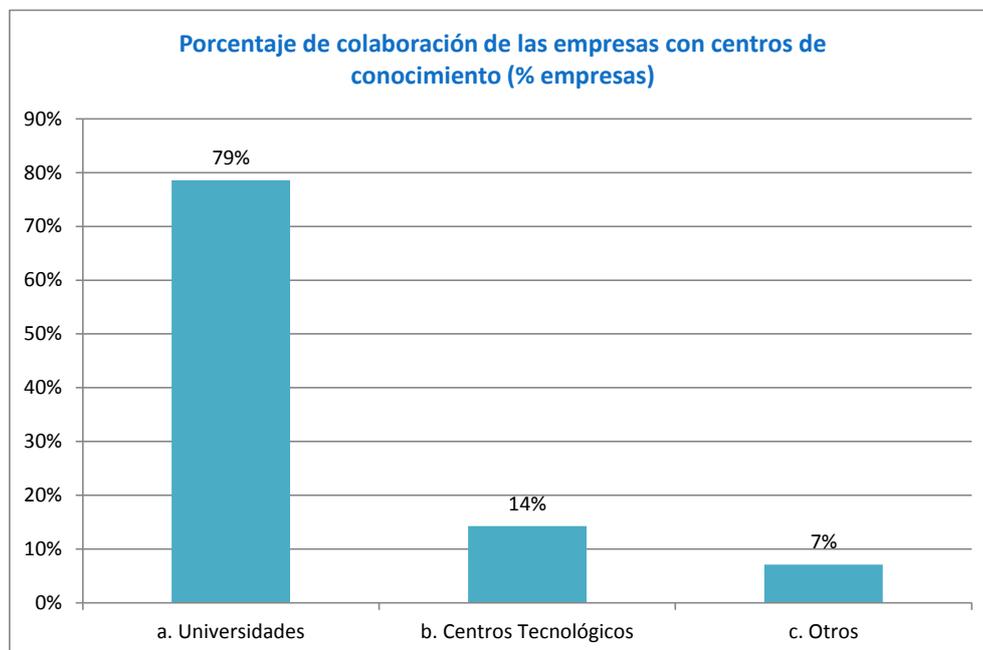


ILUSTRACIÓN 89: GRADO DE COLABORACIÓN DEL SECTOR DE LA PIEDRA NATURAL Y LOS CENTROS DE CONOCIMIENTO. FUENTE ELABORACIÓN PROPIA

4.1.1 MATRIZ DAFO

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

DEBILIDADES

- Sector tradicional.
- Escasez de sistemas de gestión integrales.
- Costes salariales altos en comparación con países asiáticos.
- Escasez de mano de obra cualificada.
- Si bien el nivel tecnológico de las empresas del sector es alto, no lo es en relación las nuevas tecnologías.
- Escasa utilización de las TIC en las empresas.
- Las empresas no conocen ni utilizan los recursos que ponen a su disposición los agentes del sistema de innovación.
- Las exportaciones de piedra en bruto siguen siendo altas, perdiéndose valor añadido.
- Desconocimiento del producto entre prescriptores y consumidores finales (sector de la construcción).
- Las empresas trabajan con tecnologías maduras que se consideran válidas. La incorporación de avances tecnológicos se realiza sin asunción de riesgos, es decir, cuando la maquinaria está ya probada.
- La presencia de personal técnico cualificado en las empresas es reducida, lo que dificulta la conexión con el entorno científico tecnológico.
- La utilización de programas de I+D+i no es una práctica generalizada.

FORTALEZAS

- Base técnica y conocimiento de las características físico-mecánicas de la piedra para desarrollar estrategias de innovación de productos y desarrollo de nuevos mercados.
- Alta internacionalización e imagen positiva.
- Posición en el mercado.
- Experiencia.
- Amplio nº de yacimientos y canteras.
- Infraestructuras para el transporte.

OPORTUNIDADES

- Desarrollo de nuevos productos y procesos que aporten mayor valor añadido al producto.
- Cooperación empresarial y participación en redes y plataformas.
- Inversión en tecnologías emergentes facilitadoras.
- Reaprovechamiento de residuos.
- I+D+i y optimización de la transferencia tecnológica.
- Desarrollo del sector artesanal dedicado al diseño y la decoración.
- Incrementar las capacidades de diseño de cara a añadir valor añadido al producto final.

AMENAZAS

- Dependencia del sector de la construcción.
- Desarrollo de nuevos productos sustitutivos.
- Alto nivel de competencia. La globalización de productos y servicios. Mercados más duros y más abiertos. Precios de la competencia.
- Presión medioambiental ante la apertura de nuevas canteras o explotación de las ya existentes.

4.2 OPORTUNIDADES TECNOLÓGICAS DE MEJORA DETECTADAS

Las empresas participantes a través de los generadores de valor han manifestado una serie de mejoras tecnológicas:

- **Profesionalización de sector de la construcción.** Formación al cliente/prescriptor. Formación de valor añadido para el sector de la construcción, por ejemplo en BIM y otras tecnologías.
- **Mejor relación y colaboración con centros expertos en tecnologías 4.0.** Realización de jornadas de formación en Industria 4.0, específicas para el sector.
- **Capacitación tecnológica. Formación en TIC y en nuevas tecnologías.** Utilización de Realidad Virtual y Realidad Aumentada.
- **Mejora de la planificación de la producción.** Utilización de modelos de simulación industrial¹⁰.
 - Integración de los sistemas de producción con los sistemas de gestión.
 - Monitorización de maquinaria a través de sistemas Ciberfísicos y aprovechamiento de Internet de las Cosas (IoT).
 - Utilización de Big Data y Analítica de Datos.
 - Interconexión de máquinas del proceso productivo con las empresas fabricantes de las mismas. Análisis de las mismas en tiempo real, antelación de problemas, etc., evitando desplazamientos.
 - Mejora de sistemas de identificación de inventario a lo largo de toda la cadena de producción.
- **Tratamientos antioxidantes, conductividad, absorción de calor.** Productos para la limpieza de la piedra natural.
 - Productos para la limpieza de la piedra natural. Materiales inteligentes. Diseño y desarrollo de nuevos productos como antioxidantes o que mejoren la conductividad o la absorción de calor. En la actualidad se investiga en la generación de nuevos materiales, basados en piedra natural, con propiedades multifuncionales como capacidad de almacenaje de energía, autolimpieza, mejores prestaciones de habitabilidad, eficiencia energética, seguridad, etc. como por ejemplo, la incorporación de PCM (Phase Changing Material). Incorporación de nuevos agentes catalíticos (TiO₂/ZnO), etc.¹¹
 - Desarrollo de nuevos productos basados en residuos de piedra natural como hormigón o la utilización de nano residuos del granito.
 - Mejora de las herramientas de corte y otro utillaje a través del empleo de nanomateriales.
- **Nueva maquinaria y mejoras en máquinas.**
 - Automatización y robótica avanzada y colaborativa.
 - Desarrollo de sistemas robóticos para incluir en una sola máquina diferentes tareas del proceso productivo de piedra natural, como por ejemplo: taladro, cortadora, ranuradora, paletizado..., favoreciendo ahorro de costes, espacio y tiempo.
 - Desarrollo de robots para la elaboración de adoquines para bordillos. Detección del tamaño de la pieza, fresado y flameado automáticos.

¹⁰ Understanding sustainability data through unit manufacturing process representations: a case study on stone production. Laurie Rebouillata*, Ilaria Barletta, Björn Johansson, Mahesh Manibc, William Z Bernsteinc, KC Morrisc, Kevin W Lyonsc. 49th CIRP Conference on Manufacturing Systems (CIRP-CMS 2016)

¹¹ Smart Materials Innovative Technologies in Architecture; Towards Innovative Design Paradigm. Prof. Dr. Abeer Samy Yousef Mohamed. International Conference. Alternative and Renewable Energy Quest, AREQ 2017, 1-3 February 2017, Spain

- Soluciones flexibles para el esculpido y contorneado de objetos pequeños.
- Uso de herramientas en seco.
- Nueva maquinaria eficiente energéticamente.
- **Mejora de los sistemas de embalaje empleando técnicas de virtualización, simulación y modelos realizados mediante impresión 3D.**
- **Tecnologías de seguridad más modernas para el trabajador.**
 - Mejora de la seguridad en el trabajo a través de empleo de sistemas TIC, realidad virtual/aumentada que faciliten la identificación proactiva de riesgos, tales como las gafas inteligentes.
 - Relojes inteligentes.
 - Posicionamiento GPS. Localización del trabajador.
 - Mejora la seguridad y prevención de riesgos en planta al incorporar sensores de movimiento y parámetros biométricos y ambientales.
 - Exoesqueletos: Mejora de la ergonomía del trabajador.

| CALIDAD | PRODUCCIÓN | PERSONAS | PRODUCTOS Y SERVICIOS |
|---|---|---|---|
| Profesionalización de sector de la construcción | Mejorar la planificación de la producción | Implantación tecnologías 4.0: automatización y robótica. Realidad virtual y aumentada | Profesionalización de sector de la construcción |
| Mejor relación y colaboración con centros expertos en tecnologías 4.0 | Profesionalización de sector de la construcción | Tecnologías de seguridad más modernas para el trabajador | Implantación tecnologías 4.0: realidad virtual |
| Mayor automatización y monitorización del proceso | Mejor relación y colaboración con centros expertos en tecnologías 4.0 | Formación del trabajador | Mejor relación y colaboración con centros expertos en tecnologías 4.0 |
| Capacitación tecnológica | Implantación tecnologías 4.0: sistema de visión en tiempo real | Nueva maquinaria y mejoras en máquinas | Mejora del embalaje del producto final |
| Cambio lay out de la planta | Implantación tecnologías 4.0. ERP/MES | | Tratamientos antioxidantes, conductividad, absorción de calor |
| Productos para la limpieza de la piedra natural | Implantación tecnologías 4.0: Automatización | | |
| Mejoras en el embalaje | Implantación tecnologías 4.0: Big Data | | |
| | Mejora de la eficiencia del proceso productivo | | |
| | Cambio lay out de la planta | | |
| | Exfoliadoras automáticas | | |

TABLA 20. RESUMEN OPORTUNIDADES TECNOLÓGICAS DETECTADAS POR EL SECTOR

Al margen de las oportunidades tecnológicas detectadas expresamente por las empresas participantes, arriba señaladas, a través de las entrevistas se han detectado otras oportunidades que, de la mano de la Industria 4.0, pueden ser de interés para las empresas:

- **UAV Y AGV. Aplicación a la Logística Avanzada:**

- UAV en cantera. Además de las empresas que ya disponen de esta tecnología, la mayoría de las empresas que disponen de cantera tienen previsto su utilización en el corto plazo.
- AGV. Transporte de cargas y grandes cargas (dumpers y vehículos de gran tonelaje autónomos, carretillas autónomas).
- AGV. Almacenamiento y distribución (carretillas automáticas, interacción con almacenes automatizados, almacenamiento de productos...).
- AGV. Sistemas de fabricación flexible (movimientos de piezas entre máquinas...).
- Tecnologías RFID para la mejora de la logística interna y externa.
- **Modelización y virtualización de procesos, productos y servicios. La utilización de nuevas herramientas para virtualización y modelización del producto, como 3D SCANNING, o CADD.**
- **Utilización de sistemas de gestión como BIM (Building Information Modelling), para el sector de la construcción.**
- **Big Data, Data Analytics y Cloud Computing:**
 - Extracción de patrones de comportamiento de la fábrica. Mantenimiento predictivo. Reducción de tiempos de parada, etc.
 - Predicción de fallos en la cadena de producción.
 - Optimización logística de suministro y distribución.
 - Pronóstico de la demanda.
 - Eficiencia energética en producción.
 - Despliegue óptimo de bienes y cadenas de producción (lay-outs).
- **Detección de defectos (fracturas, grietas, fisuras, poros, etc.) y su transformación en material consolidado**, a través por ejemplo, del desarrollo de nuevos polímeros menos contaminantes que redunden en ahorro de energía en el procesado.
- **Utilización de Ensayos no Destructivos para la caracterización de la piedra.**
- **Clasificación de material¹².**

4.3 PROPUESTA DE ACCIONES A CORTO PLAZO

De entre todas las propuestas de acciones detectadas, aquellas que el sector considera que tendrían un mayor impacto de ser aplicadas a corto plazo, son las siguientes:

| | |
|--------------------|---|
| NOMBRE | Capacitación Tecnológica en Industria 4.0. |
| DESCRIPCIÓN | Para las empresas es necesario conocer las tecnologías que le son de aplicación con el fin de establecer la estrategia adecuada para cada empresa. |
| RAZONAMIENTO BREVE | Disponer de mayor formación en las tecnologías emergentes predispondrá al sector a recorrer el camino eficiente hacia la Industria 4.0, al capacitarlo para detectar aquellas tecnologías que le son de aplicación. |

| | |
|-------------|---|
| NOMBRE | Formación en Building Information Modelling (BIM). |
| DESCRIPCIÓN | El sector de la construcción está actualmente diseñando nuevos modelos de gestión digital de proyectos constructivos. Una forma de que la piedra natural sea considerada en los proyectos desde su inicio, es que el sector disponga de la formación necesaria en la metodología BIM. Los fabricantes de piedra natural pueden facilitar su producto en formatos digitales a través de bibliotecas de objetos BIM que incorporen las características del material. De esta forma la piedra natural podría formar parte de los proyectos |

¹² Predicting the commercial quality of slate slabs with a mathematical model. Carla Iglesias*, Javier Martínez**, Javier Taboada*, Eduardo Giráldez*

| | |
|--------------------|--|
| | constructivos desde su concepción, facilitando su prescripción y uso en los proyectos constructivos. |
| RAZONAMIENTO BREVE | El sector debe afianzar sus lazos con sus principales clientes y adecuarse a las metodologías que seguirán los mismos. La apuesta por BIM puede permitir una mejor relación con prescriptores, especialmente arquitectos. Complementariamente, puede ayudar a abrir, consolidar o proteger la posición en mercados como el del Reino Unido, que lleva una posición aventajada y adelantada en relación al empleo de este tipo de sistemas. |

| | |
|--------------------|---|
| NOMBRE | Utilización de sistemas UAV en cantera y escombreras. |
| DESCRIPCIÓN | Utilización de UAV para la medición y levantamiento topográfico de canteras y escombreras. |
| RAZONAMIENTO BREVE | La utilización de este tipo de sistemas no tiene por qué suponer una inversión, ya que existen actualmente empresas que proporcionan este servicio. |

| | |
|--------------------|--|
| NOMBRE | Mejor relación y colaboración con centros expertos en tecnologías 4.0. |
| DESCRIPCIÓN | Realización de jornadas de formación en Industria 4.0 específicas para el sector. El sector manifiesta una carencia en formación en las nuevas tecnologías y en sus posibles aplicaciones. Los centros de conocimiento y los clústeres del sector podrían proporcionar formación ad hoc para el sector, donde las posibles aplicaciones sean el eje central de la formación. Esto ayudaría a la detección de nuevas posibilidades de mejora. Los clústeres y los Centros de Conocimiento gallegos podrían colaborar de forma estrecha en proporcionar formación específica para el sector, con el foco en el incremento de valor añadido del producto. |
| RAZONAMIENTO BREVE | Si el sector aprovecha las oportunidades de I+D+i incluida la optimización de la transferencia tecnológica con el apoyo de los centros de conocimiento, podrá aprovechar oportunidades de financiación que mejorarán su posicionamiento en el mercado, consiguiendo altos impactos. |

| | |
|--------------------|--|
| NOMBRE | Profesionalización de sector de la construcción |
| DESCRIPCIÓN | Uno de los aspectos que los participantes han resaltado es la falta de profesionalización de los prescriptores del producto. La falta de conocimiento sobre el producto "piedra natural" hace que los prescriptores no se comprometan en su venta o, por el contrario hagan ventas donde el producto no es el adecuado, con las consecuencias que ello conlleva. |
| RAZONAMIENTO BREVE | La profesionalización del sector supondría un impacto alto para el sector. |

| | |
|--------------------|--|
| NOMBRE | Formación en Tecnologías de la Información y Comunicación |
| DESCRIPCIÓN | El sector, salvo en los casos de pertenencia a grupo empresarial, no dispone, en general de personal con formación TIC. La aplicación de las nuevas tecnologías hace necesario la incorporación de perfiles con formación en Tecnologías de la Información y Comunicación. |
| RAZONAMIENTO BREVE | De cara a la sostenibilidad del posicionamiento internacional y nacional del sector se hace necesario que las empresas dispongan de conocimiento en TIC, por lo que su impacto será alto. |

| | |
|--------------------|---|
| NOMBRE | Soluciones para la mejora de la ergonomía en el trabajo. |
| DESCRIPCIÓN | Adquisición de exoesqueletos para la sujeción de herramientas y el soporte de espalda. |
| RAZONAMIENTO BREVE | La adquisición de exoesqueletos para la sujeción de herramientas o soporte de espalda, supondrían un incremento de la productividad al disminuir el número de bajas por enfermedad y/o absentismos laborales. |

| | |
|--------------------|---|
| NOMBRE | Eficiencia energética. |
| DESCRIPCIÓN | La implantación de nuevos sistemas para la gestión energética como por ejemplo la monitorización de los consumos en planta, proporcionaría ahorros energéticos importantes en un sector donde la energía supone un gasto mensual relevante. |
| RAZONAMIENTO BREVE | El impacto que estas nuevas tecnologías pueden suponer en ahorro energético es alto en comparación a los costes que podrían suponer. |

| | |
|--------------------|--|
| NOMBRE | Automatización avanzada e IoT. |
| DESCRIPCIÓN | La automatización avanzada e IOT, se conforman como las tecnologías más demandas por el sector. |
| RAZONAMIENTO BREVE | <p>La alta demanda de esta tecnología deja ver el alto impacto que su implantación conllevaría al sector. Las empresas necesitarán realizar inversiones para llevar a cabo esta mejora.</p> <p>Nota: La mayor parte de las empresas que prevén alguna inversión manejan un rango económico para la misma menor de 150.000 euros con los que podrían conseguir retornos de entre un 7-15% anual.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Maquinaria para corte y acabado, maquinaria de control numérico.... • Exfoliadoras y labradoras automáticas. • Automatización de la línea de producción. |

Relación Coste / Impacto de las alternativas detectadas:

| RELACIÓN COSTE IMPACTO | COSTE BAJO | COSTE MEDIO | COSTE ALTO |
|------------------------|---|---|---|
| IMPACTO BAJO | | | |
| IMPACTO MEDIO | | Mejoras en el embalaje | Big Data, Data Analytics y Cloud Computing |
| IMPACTO ALTO | Formación en Tecnologías de la Industria 4.0. | Profesionalización de sector de la construcción | |
| | Formación en BIM | | |
| | Mejor relación y colaboración con centros expertos en tecnologías 4.0 | Sistemas de Gestión Empresarial | Desarrollo de nuevos productos |
| | | Formación en Tecnologías de la Información y Comunicación | |
| | Utilización de sistemas UAV en cantera y escombreras | Soluciones para la mejora de la ergonomía en el trabajo (HMI) | Automatización y Robótica Colaborativa, e IoT |
| | Eficiencia energética | | Adaptación del Lay out de la planta |

TABLA 21. RELACION COSTE/IMPACTO DE LAS ALTERNATIVAS DETECTADAS

5. CONCLUSIONES

Galicia se encuentra entre los 6 principales exportadores de Piedra Natural del mundo. La industria gallega ha adquirido tecnología que ha favorecido el incremento de productividad, conservando unos costes moderados. Sin embargo, **la implantación de la Industria 4.0 todavía no se ha llevado a cabo de manera generalizada en este sector.** El 64% de las empresas participantes es consciente de la importancia de esta nueva revolución industrial, pero aún no ha iniciado acciones de adaptación.

El % de empresas con alguna implantación en alguna tecnología no superan el 25%, y en algunas como Human Machine Interaction, Fabricación Aditiva o Tecnologías de Materiales Inteligentes, la implantación es prácticamente nula. Cabe resaltar que en el caso de Fabricación Aditiva el sector no le encuentra aplicabilidad, a excepción de la realización de prototipado rápido en empresas de moldurado del granito.

Safe and Security, Sistemas Ciberfísicos e IoT, Automatización y Robótica Avanzada y Colaborativa y Big Data, Cloud Computing y Data Analytics son las tecnologías emergentes por las que las empresas del sector manifiestan tener más interés en implantar.

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

- Defectos de la materia prima, grietas, manchas, etc., propios de su calidad natural que generan problemas durante los procesos de transformación y mermas en la calidad de los productos.
- Proceso de selección manual de calidades, en el caso de la pizarra.
- Planificación y control de la producción.
- Falta de profesionales cualificados. Las empresas del sector manifiestan que los actuales planes de formación se quedan muy lejos de sus necesidades haciendo que las empresas tengan que invertir recursos propios para la formación de los trabajadores.
- La competencia en un mercado global donde países como los asiáticos disponen de un coste de mano de obra inferior, provoca que el sector compita en condiciones muy duras.

Entre las principales barreras para ese despliegue están la financiación, el escaso contacto con proveedores tecnológicos y que sus infraestructuras TIC no están preparadas para 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 tecnológica.

En resumen, las conclusiones que se extraen del estudio reflejan que el sector de **la Piedra Natural es un sector que se encuentra aún alejado de las tecnologías analizadas.** Los principales pasos a seguir deberían ir en la dirección de solucionar los problemas de base mencionados, aprovechando aquellas nuevas tecnologías que les reportarían mayores beneficios.

6. ANEXO: CUESTIONARIO Y METODOLOGÍA DE EJECUCIÓN

ILUSTRACION NÚMERO Y ESTRUCTURA DE LOS CUESTIONARIOS EMPLEADOS:

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

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

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

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

La duración de la entrevista ha superado, en la mayor parte de los casos, a las dos horas de duración. En muchas ocasiones la duración ha sido sensiblemente superior.

- **Número de encuestas previstas y finalmente realizadas:** se muestra en la siguiente tabla:

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

- **Representatividad de las encuestas realizadas:** se ha tratado de que la **muestra por sector fuese lo más representativa de la población objetivo del sector**. Los criterios concretos y condicionantes por sector a la hora de definir la población objetivo han sido explicados previamente en cada diagnóstico sectorial.

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

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

- **Proceso concertación de entrevistas:**

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

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