



# Tecnologías de Unión

Estudio de Prospectiva



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE INDUSTRIA, TURISMO  
Y COMERCIO

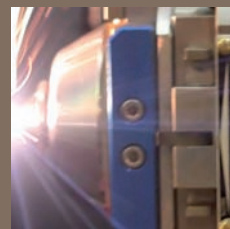


Fundación **OPTI**  
Observatorio de  
Prospectiva Tecnológica  
Industrial

# Tecnologías de Unión


## Estudio de Prospectiva

En este Estudio han colaborado:



Fundación OPTI  
Montalbán, 3. 2º Dcha.  
28014 Madrid  
Tel: 91 781 00 76  
Fax: 91 575 18 96  
<http://www.opti.org>

Centro Tecnológico AIMEN  
Asociación de Investigación  
Metalúrgica del Noroeste  
C/ Relva 27 A - Torneiros  
36410 - O PORRIÑO (Pontevedra)  
Telf.: +34 986 344 000  
Fax: +34 986 337 302  
<http://www.aimen.es>



El presente Estudio de Prospectiva Tecnológica ha sido realizado por la Fundación OPTI y el Centro Tecnológico AIMEN.

Coordinación del Estudio:

- Ana Morato Murillo. Fundación OPTI
- Francisco Javier Barreiro Barros. Centro Tecnológico AIMEN
- Patricia Blanco García. Centro Tecnológico AIMEN

Dirección del Estudio:

- Gotzon Azkárate. Fundación OPTI

La Fundación OPTI y el Centro Tecnológico AIMEN, agradecen sinceramente la colaboración ofrecida por la comunidad científica y empresarial para la realización de este informe, y en especial a todos los que se detallan en el Anexo I.

© Fundación OPTI y Centro Tecnológico AIMEN  
Diseño y maquetación: Paco Sánchez Diseño Gráfico  
Fecha: Diciembre 2009  
Depósito Legal: M-xxxxx-2009



# Índice

1. INTRODUCCIÓN.....	5
2. METODOLOGÍA Y RESULTADOS GENERALES .	7
2.1 Metodología.....	7
2.2 Resultados generales .....	13
2.2.1 Aplicación del cuestionario.....	13
2.2.2 Tendencias generales.....	13
2.3 Clasificación de los temas en Función del índice de grado de importancia.....	17
2.4 Clasificación de los temas en Función de los valores medios de posición y de atractivo para España.....	19
2.5 Valoración de los temas en función del potencial de desarrollo de la tecnología o aplicación.....	20
3. RESULTADOS DE LOS PANELES	
CONSULTIVOS.....	23
3.1 Relevancia de las tecnologías en cada sector .....	26
3.2 Principales retos de futuro .....	30
4. TEMAS MAS RELEVANTES Y TENDENCIAS	
DESTACADAS .....	33
4.1 Procesos de soldadura (alta productividad y/o alta calidad).....	36
4.2 Control no-destrutivo.....	38
4.3 Simulación .....	39
4.4 Robots, Automatización y control .....	40
4.5. Adhesivos .....	43
5. CONCLUSIONES.....	45
ANEXO 1: RELACIÓN DE EXPERTOS DE CADA UNO DE LOS PANELES.....	47
ANEXO 2: CUESTIONARIO CON LOS RESULTADOS DEL ESTUDIO .....	49





# 1. Introducción

La importancia de las tecnologías de unión en nuestro entorno industrial deriva del gran número de empresas españolas pertenecientes a distintos sectores de actividad, que emplean masivamente los procesos de unión en sus ciclos productivos. Las tecnologías de unión facilitan la viabilidad de un gran número de aplicaciones, ya que gracias a ellas son factibles diseños y soluciones orientados a la reducción de peso, la factibilidad de estructuras complejas, la simplicidad de montaje, la reducción de costes y tiempos de desarrollo, la optimización de proceso de fabricación, etc. Son muy pocos los productos finales que pueden ser desarrollados sin la necesidad de unión entre sí de partes y componentes.



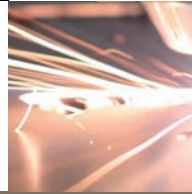
Este hecho, ha propiciado el presente “Estudio de Prospectiva sobre Tecnologías de Unión” que ha sido realizado por la **Fundación OPTI** a solicitud del **Centro Tecnológico AIMEN** con el objetivo de identificar y valorar las tendencias de investigación y los desarrollos tecnológicos que, en el ámbito de las tecnologías de unión, se pueden presentar en dos planos:

- Aspectos relacionados con el desarrollo de las actuales tecnologías de unión, con el fin de fomentar la incorporación de dichas tecnologías en las empresas del sector.
- Desarrollos vinculados a otras disciplinas y que pueden incidir de forma especial en el futuro de dichas tecnologías como son:
  - Nuevos materiales
  - Robótica
  - Visión artificial
  - Otras que puedan ser de aplicación

Más concretamente, el estudio aborda cuestiones relacionadas con:

- La visión estratégica de futuro sobre el desarrollo de estas tecnologías y su impacto en sectores de aplicación.
- La identificación de tendencias y tecnologías críticas relacionadas.
- La detección de retos y/o oportunidades y nuevas áreas de actividad.

Para el desarrollo de este estudio se ha contado con el apoyo del Ministerio de Ciencia e Innovación y la colaboración de entidades del sistema nacional de innovación, centros tecnológicos, universidades y empresas, que comparten un interés común en el presente y futuro de las tecnologías de unión.



## 2. Metodología y Resultados Generales

### 2.1. Metodología

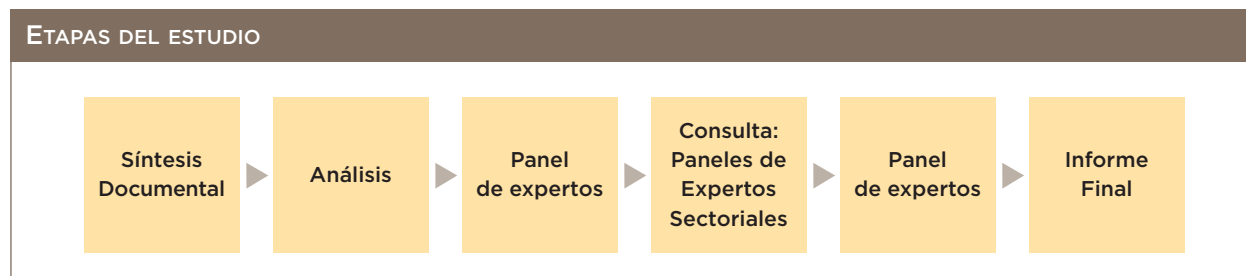
El presente estudio de prospectiva persigue la identificación de las tecnologías críticas para la unión de materiales a fin de definir una visión prospectiva, realista y compartida sobre el desarrollo de las mismas en sectores españoles de interés.

Para ello, se creó con la misión de liderar y validar el estudio, un Panel de Expertos cuya relación se da en el Anexo I, con el triple objetivo de: a) seleccionar los principales sectores de aplicación de las tecnologías de unión en España y definir los temas planteados en la consulta; b) seleccionar a los expertos sectoriales a consultar o Paneles Consultivos de Expertos Sectoriales; c) analizar y sintetizar los resultados obtenidos y proponer las conclusiones del estudio.

En reunión previa de carácter constitutivo, los miembros de este Panel de Expertos acordaron seguir los pasos o etapas que se indican en la siguiente figura:



FIGURA 1







En primer lugar, los propios miembros del Panel de Expertos realizaron una **síntesis documental**, en función de sus correspondientes especializaciones, a fin de obtener una primera aproximación a las tecnologías de unión y su potencial de evolución. Dicha síntesis analiza los ámbitos definidos en el esquema de la Tabla 1, explorando las tecnologías de unión relacionadas con los mismos y considerando los retos de futuro y los desafíos que deben resolver, los acontecimientos críticos que les pudieran afectar, los campos de aplicación de las tecnologías identificadas y las áreas de conocimiento implicadas, las tecnologías relacionadas, etc.

Paralelamente, la Fundación OPTI realizó una recopilación y análisis de los principales estudios de prospectiva de tecnologías de unión a nivel internacional,

a fin de disponer de información inicial sobre el estado del arte en España y en otros países de referencia e identificar tendencias y tecnologías de futuro en esta área.

La visión proporcionada por estos estudios así como la síntesis documental previamente citada constituyen los inputs principales para la **etapa de análisis** en la que se identificaron los principales retos y vectores de desarrollo a medio y largo plazo así como las tecnologías de unión con potencial de desarrollo a futuro.

El primer **Panel de Expertos**, debatió estos resultados, seleccionando un conjunto de 43 tecnologías para que fueran evaluadas mediante un cuestionario de tipo Delphi, al objeto de definir las tecnologías críticas con las que interpelar a los paneles consultivos sectoriales.

**TABLA 1. ÁMBITOS TECNOLÓGICOS A EXPLORAR EN LA SÍNTESIS DOCUMENTAL**

Tecnología		Tecnología	
Tecnologías PUSH	<b>1</b> Nuevos Procesos de Unión 1.1 Materiales Metálicos 1.2 Materiales No Metálicos 1.3 Materiales Disimilares	Tecnologías PULL	<b>7</b> Retos de Unión en Nuevos Materiales 7.1 Aceros 7.2 Plásticos 7.3 Aleaciones Ligeras 7.4 Composites 7.5 Materiales Avanzados
	<b>2</b> Procesos Convencionales		<b>8</b> Retos de Unión en Nuevos Diseños 8.1 Automoción 8.2 Metalmecánico 8.2 Aeronáutica 8.3 Naval
	<b>3</b> Control de la Unión 3.1 Sistemas Ópticos 3.2 Ensayos No Destructivos		
	<b>4</b> Simulación		
	<b>5</b> Control del Proceso 5.1 Materiales metálicos 5.2 Materiales No metálicos		<b>9</b> Nuevas aplicaciones de los procesos convencionales
	<b>6</b> Automatización y Robótica		

La Tabla 2 muestra este listado inicial de cuarenta y tres tecnologías, repartidas en dieciséis áreas de especialización. La referencia numérica otorgada a las tecnologías se mantiene sin modificar a lo largo de todo el estudio.

**TABLA 2. LISTADO DE TECNOLOGÍAS DE UNIÓN SELECCIONADAS “AB INITIO” POR EL PE.**

ÁREA	REF	TECNOLOGÍA
<b>ARCO ELÉCTRICO</b>	1	Arco Eléctrico - electrodo revestido
	2	Arco Eléctrico protegido con gas MIG/MAG
	3	Arco Eléctrico protegido con gas TIG
	4	Arco Sumergido
	5	Arco sumergido de alta productividad
	6	Soldadura automatizada TIG de alta productividad
	7	Soldeo MIG-MAG de alta productividad
	8	Métodos de recargue
	9	FCAW (flux cored arc welding)
	10	Plasma
<b>BRASEADO</b>	11	Soldadura Fuerte y Blanda
<b>DIFUSIÓN</b>	12	Soldadura por difusión
<b>EBW</b>	13	EBW, con presión reducida
<b>FSW</b>	14	FSW (Friction Stir Welding)
	15	Soldeo por fricción
<b>LASER</b>	16	Soldadura láser Macro
	17	Soldeo por láser Micro
<b>U. MECÁNICA</b>	18	Uniones mecánicas
<b>RESISTENCIA</b>	19	Resistencia
<b>ULTRASONIDOS</b>	20	Soldadura por ultrasonido
<b>PROCESOS HÍBRIDOS</b>	21	Uniones híbridas basadas en adhesivos
	22	Uniones híbridas basadas en arco / láser
<b>OTROS</b>	23	Soldadura por gas caliente (hot gas welding)
	24	Soldadura por placa caliente
<b>U. ADHESIVA</b>	25	Unión Adhesiva
<b>CONTROL DEL PROCESO</b>	26	Técnicas de control inteligente de proceso
	27	Tecnologías de teleoperación, telemantenimiento y telediagnos
	28	Unidades de control multipuesto

TABLA 2. CONTINUACIÓN

ÁREA	REF	TECNOLOGÍA
CONTROL DEL PROCESO	29	Control de seguimiento de juntas de soldadura (seam tracking)
	30	Supervisión y monitorización de proceso mediante equipos integrados en máquina (temperatura, plasma, radiación, etc.)
CONTROL DE LA UNIÓN	31	Sistema de reconocimiento de la unión
	32	Ultrasonidos
	33	Radiografía
	34	Digital Shearography
	35	Termografía
	36	Corrientes inducidas
SIMULACIÓN	37	Simulación transferencia de calor (heat transfer analysis)
	38	Simulación de transformaciones metalúrgicas (metallurgical transformation models)
	39	Simulación comportamiento mecánico (mechanical analysis)
	40	Simulación de uniones adhesivas (adhesive joints models)
AUTOMATIZACIÓN	41	Programación off-line de robots para aplicaciones de unión
	42	Nuevos interfaces de comunicación con robots
	43	Robots cognitivos para aplicaciones de unión

Tras este primer consenso sobre el listado de tecnologías a considerar como punto de partida del estudio, el Panel de Expertos analizó los criterios de valoración de dichas tecnologías, acordando utilizar un único cuestionario con el conjunto de variables que se cita en el cuadro variables del cuestionario, como instrumento de valoración de las mismas. Ver cuadro 1.

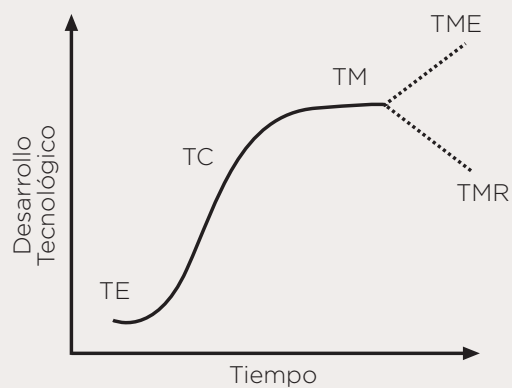
La aplicación de este cuestionario a las cuarenta y tres tecnologías citadas en la tabla 2, permitió al propio Panel de Expertos reducir este conjunto de tecnologías hasta un total de treinta y una, que constituyen

el “**listado de tecnologías críticas**” que se propone a los Paneles Consultivos de Expertos Sectoriales para que procedan a su re-valoración a través del cuestionario citado.

Estas 31 tecnologías, citadas en la tabla 3, fueron clasificadas en dos grupos para que fueran valoradas por los paneles consultivos: el primero, con 17 tecnologías consideradas como importantes para todos los paneles y, el segundo, con otras 14 tecnologías que podían tener un mayor o menor interés en función del sector considerado.

CUADRO 1. VARIABLES DEL CUESTIONARIO

- Grado de Importancia (1: bajo; 2: medio y 3: alto)
- Potencial de desarrollo de la tecnología o aplicación en cada uno de los periodos temporales contemplados (2010, 2015, 2020, >2020):
  - Tecnología Emergente (TE)
  - Tecnología en Crecimiento (TC)
  - Tecnología Madura (TM)
  - Tecnología Madura en Evolución (TME)
  - Tecnología Madura en Recesión (TMR)
- Posición de España (1: bajo a 4: alto):
  - Capacidad C-T
  - Aplicación Industrial
- Atractivo para España (1: bajo a 4: alto):
  - Ciencia y Tecnología
  - Mercado
- Factores críticos (1: bajo a 5: alto):
  - Desarrollo de Conocimiento Científico y Tecnológico
  - Regulación Medio Ambiental
  - Regulación en Seguridad e Higiene
  - Integrabilidad en Sistemas de Fabricación
  - Desarrollo normativo / Certificación
  - Desarrollo de RRHH



- Nivel de impacto (1: bajo a 5: alto):
  - Coste
  - Mercado
  - Calidad
  - Energía / Medio Ambiente

En fin, el Panel de Expertos consideró necesario extender el análisis a cuatro sectores de actividad:

- Bienes de Equipo
- Naval
- Automoción
- Aeronáutico

Cada **Panel Consultivo de Expertos Sectoriales** está constituido por expertos en tecnologías de unión con reconocido prestigio en estos sectores, identificados por conominación de los miembros del Panel de Expertos. El Anexo I muestra la relación de los expertos participantes en cada uno de estos paneles.

El punto de partida de los Paneles Consultivos fue el listado de 31 tecnologías críticas (tabla 3) seleccionadas por el primer Panel de Expertos, separadas en dos

TABLA 3. LISTADO DE TECNOLOGÍAS CRÍTICAS PROPUESTO PARA LA VALORACIÓN DE LOS PANELES CONSULTIVOS.

ÁREA	REF	TECNOLOGÍA
<b>TECNOLOGÍAS A VALORAR POR TODOS LOS PANELES CONSULTIVOS</b>		
<b>ARCO ELÉCTRICO</b>	5	Arco sumergido de alta productividad
	7	Soldeo MIG-MAG de alta productividad
<b>LASER</b>	16	Soldadura láser Macro
	17	Soldeo por láser Micro
<b>U. ADHESIVA</b>	25	Unión Adhesiva
<b>CONTROL DEL PROCESO</b>	26	Técnicas de control inteligente de proceso
	27	Tecnologías de teleoperación, telemantenimiento y telediagnos
	29	Control de seguimiento de juntas de soldadura (seam tracking)
<b>CONTROL DE LA UNIÓN</b>	31	Sistema de reconocimiento de la unión
	32	Ultrasonidos
	33	Radiografía
<b>SIMULACIÓN</b>	37	Simulación transferencia de calor (heat transfer analysis)
	38	Simulación de transformaciones metalúrgicas (metallurgical transformation models)
	39	Simulación comportamiento mecánico (mechanical analysis)
	40	Simulación de uniones adhesivas (adhesive joints models)
<b>AUTOMATIZACIÓN</b>	42	Nuevos interfaces de comunicación con robots
	43	Robots cognitivos para aplicaciones de unión
<b>TECNOLOGÍAS A SELECCIONAR EN CADA PANEL CONSULTIVO PARA SU VALORACIÓN</b>		
<b>ARCO ELÉCTRICO</b>	2	Arco Eléctrico protegido con gas MIG/MAG
	6	Soldadura automatizada TIG de alta productividad
	8	Métodos de recargue
	9	FCAW (flux cored arc welding)
	10	Plasma
<b>FSW</b>	14	FSW (Friction Stir Welding)
<b>RESISTENCIA</b>	19	Resistencia
<b>ULTRASONIDOS</b>	20	Soldadura por ultrasonido
<b>PROC. HÍBRIDOS</b>	22	Uniones híbridas basadas en arco / láser
<b>OTROS</b>	24	Soldadura por placa caliente
<b>CONTROL DEL PROCESO</b>	28	Unidades de control multipuesto
	30	Supervisión y monitorización de proceso mediante equipos integrados en máquina (temperatura, plasma, radiación, etc.)
<b>C. DE LA UNIÓN</b>	36	Corrientes inducidas
<b>AUTOMATIZACIÓN</b>	41	Programación off-line de robots para aplicaciones de unión

bloques: en el primer bloque se debían valorar 17 tecnologías independientemente de su aplicabilidad en el sector y, en el segundo, se debían elegir y valorar –entre las 14 tecnologías– únicamente las que fueran de interés desde la perspectiva de su sector.

Tras esta selección, los Paneles Consultivos evaluaron el conjunto de tecnologías resultantes en cada caso, mediante el cuestionario anteriormente citado y definieron retos importantes para las tecnologías de unión desde la perspectiva de su sector.

Finalmente, el **Panel de Expertos** analizó y sintetizó los resultados obtenidos en cada uno de los Paneles Consultivos (véase Anexo II, en el que se muestran todos los resultados), incorporando sus opiniones y comentarios, y proponiendo las conclusiones del estudio.

## 2.2. Resultados generales

### 2.2.1. APLICACIÓN DEL CUESTIONARIO

El cuestionario utilizado como base del estudio ha sido aplicado en todos los paneles (Panel de Expertos y Paneles Consultivos) utilizados en el presente estudio. En total, participaron respondiendo al cuestionario 42 expertos de reconocido prestigio en diferentes ámbitos de tecnologías de unión.

La experiencia profesional de los expertos está ligada a Centros Tecnológicos y Universidades (28,6%) y a la Industria (71,4%)

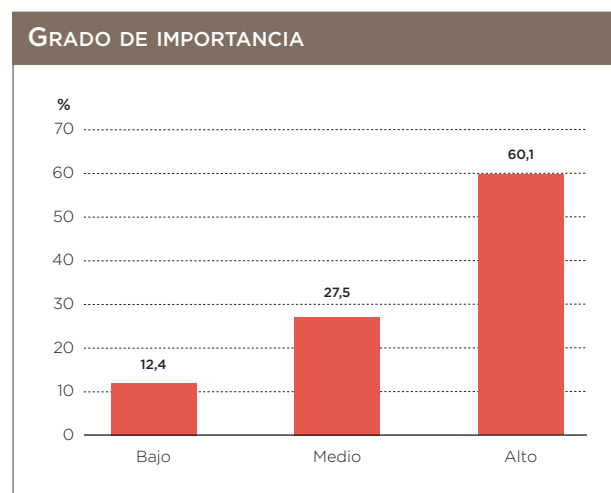
### 2.2.2. ANÁLISIS DE LAS VARIABLES DEL CUESTIONARIO

La estadística que se cita a continuación se obtiene de la agregación de todas las respuestas recibidas por cada una de las 31 tecnologías del cuestionario.

#### Grado de importancia:

La figura 2 muestra el grado de importancia de los temas de la encuesta. El valor medio del “índice grado de importancia” calculado con todas las respuestas agregadas es de 2,47 sobre un máximo de 3 puntos.

FIGURA 2





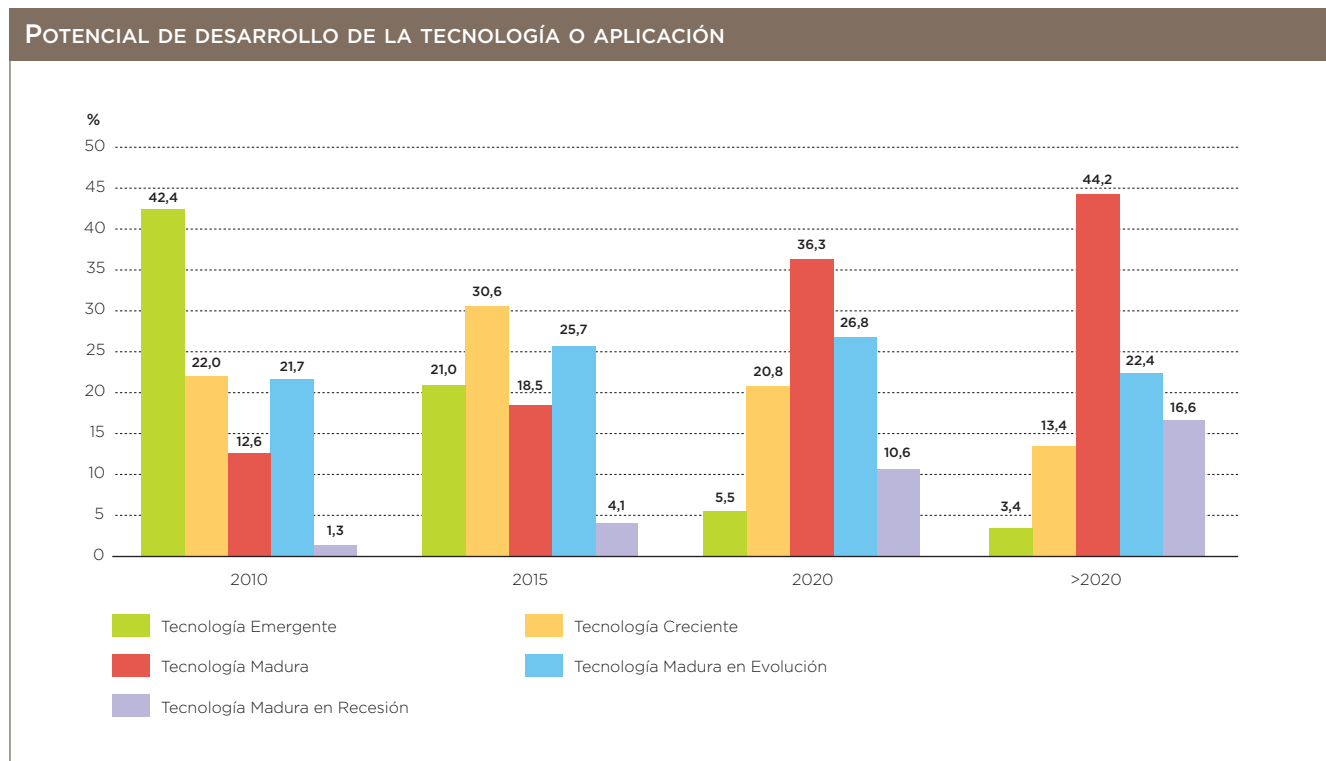
### Potencial de Desarrollo de la Tecnología o Aplicación:

El Potencial de Desarrollo de cada uno de los temas propuestos ha sido valorado en el horizonte temporal considerado, en función de si la tecnología en cuestión estaba en estado emergente (TE), si era una tecnología creciente (TC), si había alcanzado la madurez (TM), o bien, si se la podía considerar como madura en evolución (TME) o en recesión (TMR).

La figura 3 recoge la opinión de los expertos sobre el potencial de desarrollo o grado de madurez que alcanzarán las tecnologías en cada uno de los periodos temporales considerados.

En buena lógica, los expertos consideran que hasta 2010, habrá un 42,4% de tecnologías en fase emergente, pero esta categoría cae rápidamente hasta niveles mínimos (3,4% a partir de 2020) dando paso a un número creciente de tecnologías maduras a medida que pasen los años.

FIGURA 3



### Posición de España:

La posición de España ha sido estimada en relación a dos variables: la capacidad científica y tecnológica, y la aplicabilidad industrial de los temas entendida como su capacidad de producción y comercialización.

Los temas fueron valorados en una escala que va del 1 al 4, siendo el 1 la posición más desfavorable y el 4 la más favorable.

Estos resultados muestran que, en opinión de los expertos consultados, la capacidad científica y tecnológica de España es, en términos generales, ligeramente inferior a la de los países de su entorno. Sin embargo, esta percepción se invierte en lo referente a la aplicabilidad industrial.

### Atractivo para España:

El atractivo para España ha sido estimado en relación con dos variables: ciencia y tecnología; y mercado.

Los temas se valoraron, al igual que en el caso de la posición de España, mediante una escala que va del 1 al 4, siendo el 1 la posición más desfavorable y el 4 la más favorable.

A tenor de los resultados obtenidos, el atractivo de los temas propuestos es muy alto, por lo que generan grandes expectativas para el logro en España de avances científico-tecnológicos importantes, así como para su explotación en los mercados.

FIGURA 4

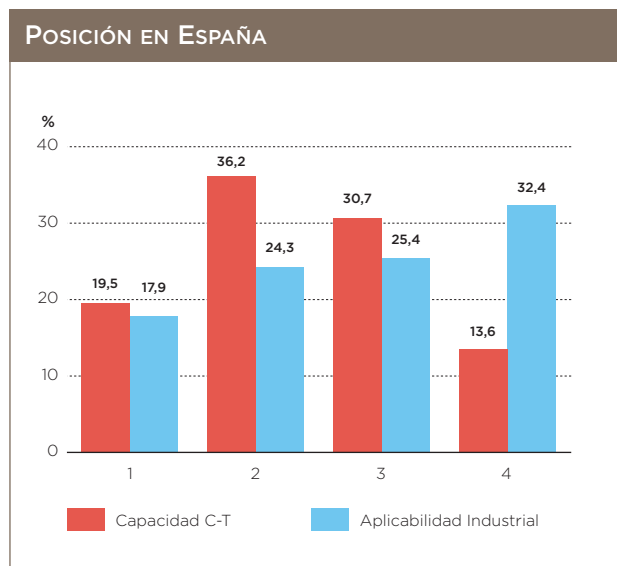
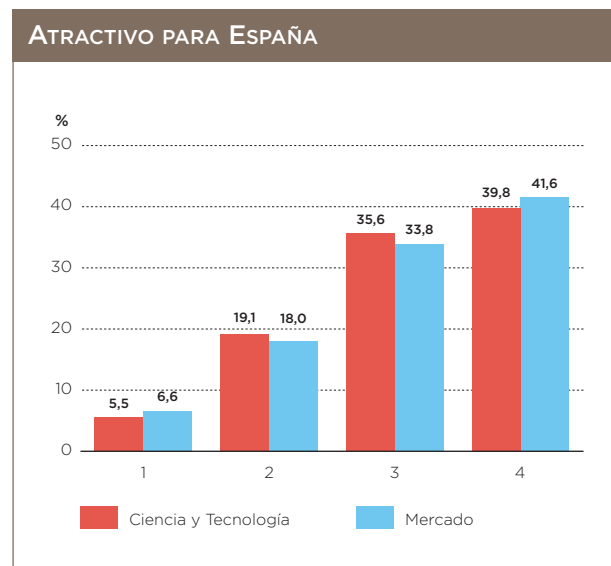


FIGURA 5





### Factores Críticos:

Esta variable hace referencia a los ámbitos o dominios en los que se identifican los principales problemas o dificultades que es preciso resolver. Se propusieron seis factores críticos:

- Desarrollo de Conocimiento Científico y Tecnológico
- Regulación Medio Ambiental
- Regulación en Seguridad e Higiene
- Integridad en Sistemas de Fabricación
- Desarrollo normativo/Certificación
- Desarrollo de RRHH

La figura 6 muestra la distribución de las respuestas obtenidas. En términos generales, la “integridad en sistemas de fabricación” y el “desarrollo de conocimiento científico-tecnológico” son los principales factores críticos para las tecnologías de unión, seguidos por el “desarrollo normativo/certificación” y por la “disponibilidad de recursos humanos”.

Los factores menos valorados son la “regulación en seguridad e higiene” y la “regulación medioambiental”.

### Nivel de Impacto:

Con esta variable se pretende conocer si el desarrollo de la tecnología en cuestión tendrá un mayor o menor impacto en el:

- Coste
- Mercado
- Calidad
- Energía/Medio Ambiente

El desarrollo de las tecnologías planteadas en el cuestionario afectaría sobre todo al ámbito de la “calidad” seguida del “coste”. Los desarrollos esperados tendrían un impacto mucho menor en la “energía y/o medio ambiente”.

FIGURA 6

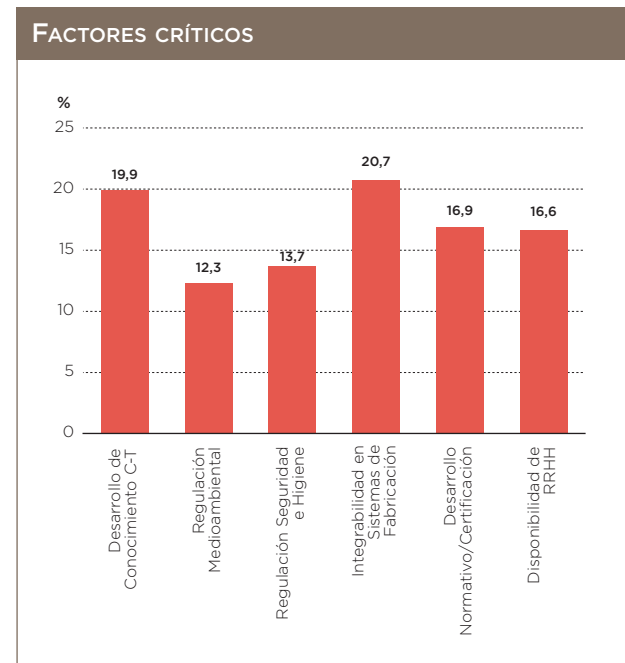
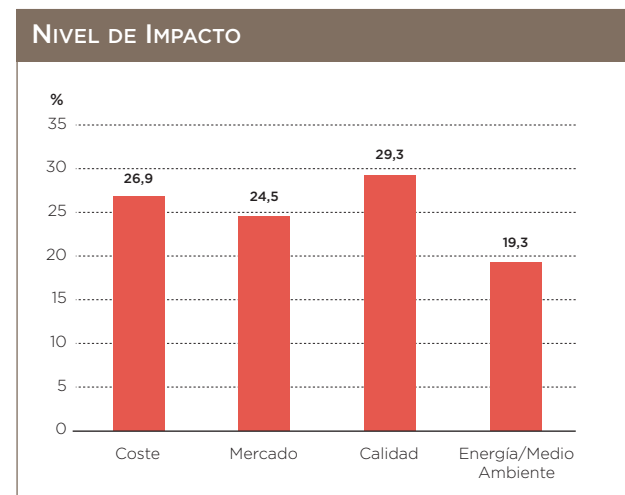


FIGURA 7



### 2.3. Clasificación de los temas en función de su Índice de Grado de Importancia

El Índice Grado de Importancia (IGI) traduce la mayor o menor coincidencia de los expertos a la hora de valorar la importancia concedida a cada tema. El índice puede oscilar entre un máximo de 3 puntos (importancia alta) y un mínimo de 1 punto (importancia baja).

En términos generales, el IGI permite una clasificación numérica de los temas, tal como se aprecia en la figura 8. Los temas con mayor puntuación representan las principales inquietudes de futuro de los expertos en relación con las tecnologías de unión.

Atendiendo a dicho criterio se muestran los valores medios alcanzados por cada uno de los temas, considerando las respuestas agregadas de los cinco paneles de expertos utilizados en el estudio. De esta forma se obtiene la siguiente clasificación de los temas en función de su Índice Grado de Importancia:

A pesar de haber obtenido un elevado valor en relación con el IGI, el tema 24 relativo a la “Soldadura por Placa Caliente” ha sido eliminado de esta clasificación ya que solo obtuvo 3 respuestas y, en consecuencia, sus resultados carecen de significado estadístico. Las treinta tecnologías restantes se clasifican en la tabla 4 según su orden de importancia.

FIGURA 8

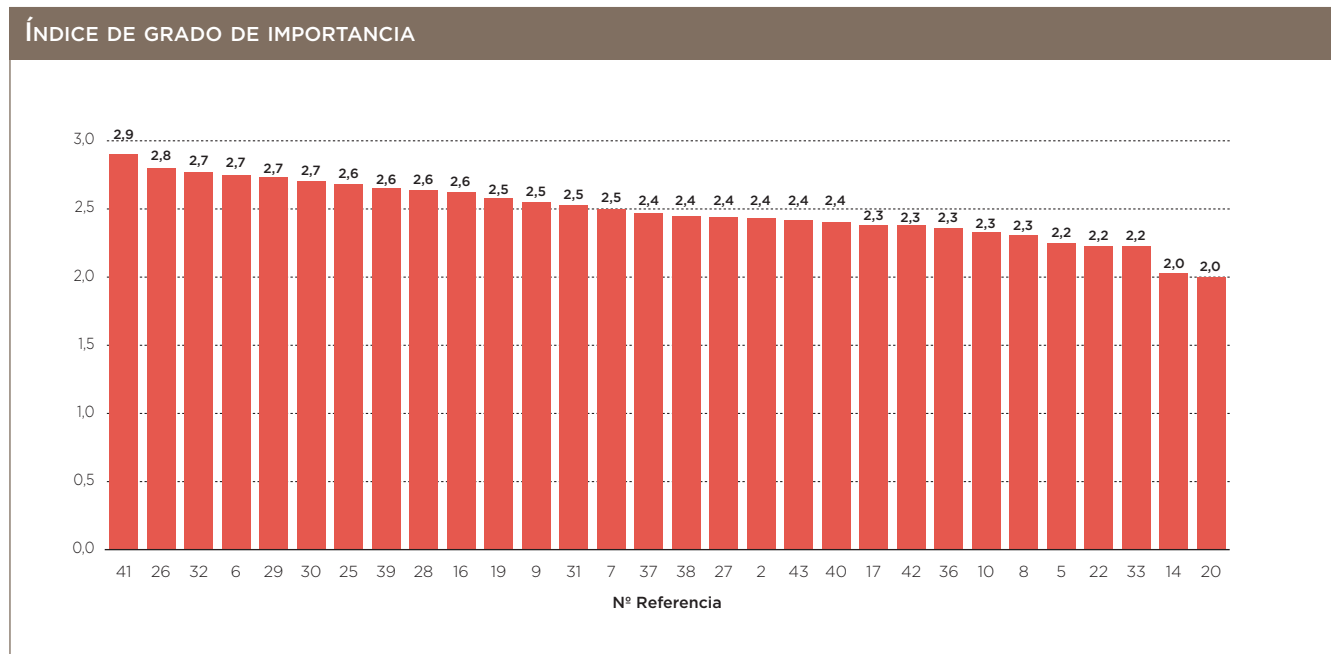


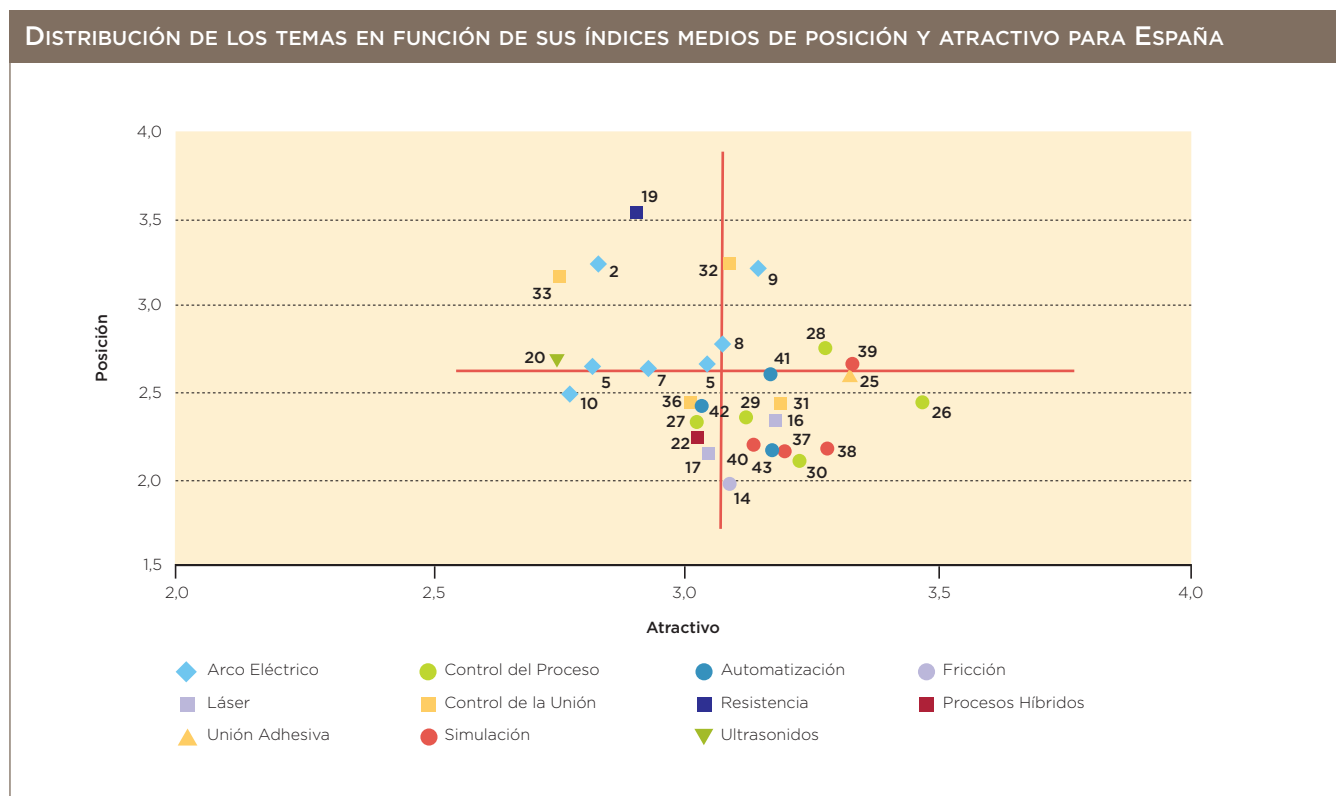
TABLA 4. LISTADO DE TECNOLOGÍAS CRÍTICAS PROPUESTO PARA LA VALORACIÓN DE LOS PANELES

Nº	TECNOLOGÍA	IGI
41	Programación off-line de robots para aplicaciones de unión	2,9
26	Técnicas de control inteligente de proceso	2,8
32	Ultrasonidos	2,7
6	Soldadura automatizada TIG de alta productividad	2,7
29	Control de seguimiento de juntas de soldadura (seam tracking)	2,7
30	Supervisión y monitorización de proceso mediante equipos integrados en máquina (temperatura, plasma, radiación, etc.)	2,7
25	Unión Adhesiva	2,6
39	Simulación comportamiento mecánico (mechanical analysis)	2,6
28	Unidades de control multipuesto	2,6
16	Soldadura láser Macro	2,6
19	Resistencia	2,5
9	FCAW (flux cored arc welding)	2,5
31	Sistema de reconocimiento de la unión	2,5
7	Soldeo MIG-MAG de alta productividad	2,5
37	Simulación transferencia de calor (heat transfer analysis)	2,4
38	Simulación de transformaciones metalúrgicas (metallurgical transformation models)	2,4
27	Tecnologías de teleoperación, telemantenimiento y telediagnos	2,4
2	Arco Eléctrico protegido con gas MIG/MAG	2,4
43	Robots cognitivos para aplicaciones de unión	2,4
40	Simulación de uniones adhesivas (adhesive joints models)	2,4
17	Soldeo por láser Micro	2,3
42	Nuevos interfaces de comunicación con robots	2,3
36	Corrientes inducidas	2,3
10	Plasma	2,3
8	Métodos de recargue	2,3
5	Arco sumergido de alta productividad	2,2
22	Uniones híbridas basadas en arco / láser	2,2
33	Radiografía	2,2
14	FSW (Friction Stir Welding)	2,0
20	Soldadura por ultrasonido	2,0

## 2.4. Clasificación de los temas en función de los valores medios de posición y atractivo para España

La representación gráfica de los valores medios de los Índices de Posición y Atractivo para España, aporta información complementaria de la visión que poseen los expertos consultados sobre cada tecnología o aplicación del cuestionario. La figura 9 representa la distribución de estos temas en el plano Posición-Atractivo.

FIGURA 9





Tal como se aprecia en la figura 9, el plano resultante se divide en cuatro cuadrantes mediante el trazado de dos líneas perpendiculares al valor medio de cada variable. El cuadrante superior derecho representa los temas que teniendo un valor alto de posición de España poseen un gran atractivo y, por lo tanto suponen ámbitos consolidados de especialización que generan grandes expectativas. Estos temas constituyen fortalezas que es preciso reforzar o mantener.

El cuadrante inferior derecho representa los temas de gran atractivo pero con un índice de posición de España inferior a la media, reflejando una debilidad relativa a pesar del interés que suscitan estas tecnologías. Las tecnologías que quedan en este cuadrante suponen apuestas estratégicas sobre las que se deberá decidir en torno a la oportunidad de su reforzamiento o de su abandono.

En todo caso, el elevado valor medio del índice de atractivo autoriza a desplazar la línea vertical hacia la izquierda del gráfico, lo que hace que prácticamente todas las tecnologías puedan ser incluidas en una de estas dos categorías.

## 2.5. Valoración de los temas en función del potencial de desarrollo de la tecnología o aplicación

La tabla 5 muestra el grado de desarrollo previsto en las tecnologías del cuestionario considerando las respuestas agregadas de todos los paneles de expertos (salvo en el tema 24 que, como ya se ha comentado, ha sido eliminado).

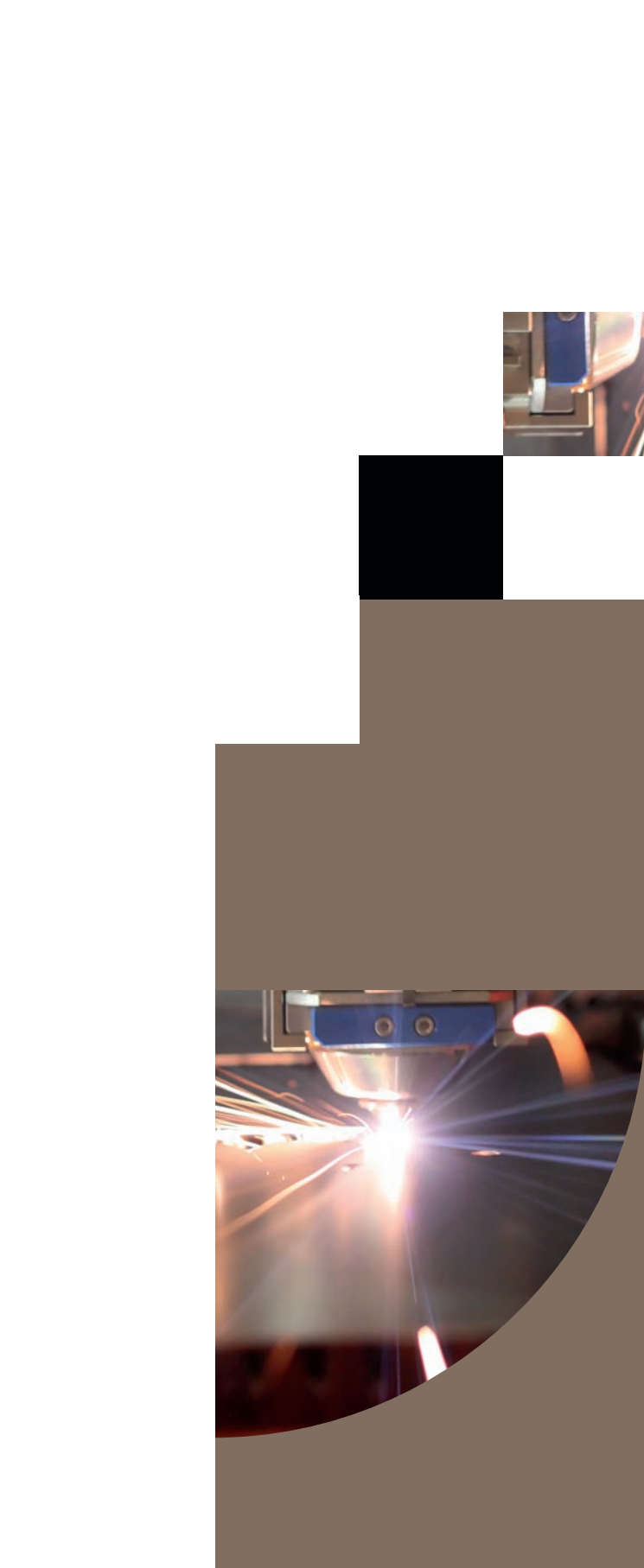
La Tabla ha sido elaborada considerando la respuesta modal de los expertos. Los recuadros con una trama bicolor representan la existencia de una respuesta bimodal para el periodo considerado.

TABLA 5. GRADO DE DESARROLLO DE LAS TECNOLOGÍAS DE UNIÓN DEL CUESTIONARIO

ÁREA	TEMA	GRADO DE DESARROLLO													
		2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
ARCO ELÉCTRICO	2. Arco Eléctrico protegido con gas MIG/MAG	TME								TMR					
	5. Arco sumergido de alta productividad	TME		TM											
	6. Soldadura automatizada TIG de alta productividad	TME													
	7. Soldeo MIG-MAG de alta productividad	TME								TM					
	8. Métodos de recargue	TME								TM					
	9. FCAW (flux cored arc welding)	TME								TM					
	10. Plasma	TME								TM					
FSW	14. FSW (Friction Stir Welding)	TE		TC				TME							
LASER	16. Soldadura láser Macro	TE		TC				TM							
	17. Soldeo por láser Micro	TE		TC				TM							
RESISTENCIA	19. Resistencia	TM								TM-SIS					
ULTRASONIDOS	20. Soldadura por ultrasonido	TC								TME					
PROC. HÍBRIDOS	22. Uniones híbridas basadas en arco / láser	TE		TC				TC-BR							
U. ADHESIVA	25. Unión Adhesiva	TE		TC-HES				TME-HE							
CONTROL DEL PROCESO	26. Técnicas de control inteligente de proceso	TE		TC				TME							
	27. Tecnologías de teleoperación, telemantenimiento y telediagnos	TE		TC											
	28. Unidades de control multipuesto	TE-HE		TM											
	29. Control de seguimiento de juntas de soldadura (seam tracking)	TE		TC				TC-HE							
	30. Supervisión y monitorización de proceso mediante equipos integrados en máquina (temperatura, plasma, radiación, etc.)	TE		TC				TC-OC							
CONTROL DE LA UNIÓN	31. Sistema de reconocimiento de la unión	TE		TC											
	32. Ultrasonidos	TME								TM					
	33. Radiografía	TM								TMR					
	36. Corrientes inducidas	TME								TM					
SIMULACIÓN	37. Simulación transferencia de calor (heat transfer analysis)	TE		TE-IÓ				TC							
	38. Simulación de transformaciones metalúrgicas (metallurgical transformation models)	TE		TC											
	39. Simulación comportamiento mecánico (mechanical analysis)	TE-IÓ		TC				TM							
	40. Simulación de uniones adhesivas (adhesive joints models)	TE		TC				TME							
AUTOMATIZACIÓN	41. Programación off-line de robots para aplicaciones de unión	TC		TC-MUL				TM							
	42. Nuevos interfaces de comunicación con robots	TE		TC				TME							
	43. Robots cognitivos para aplicaciones de unión	TE								TME					

■ T. Emergente     
 ■ T. en Crecimiento     
 ■ T. Madura     
 ■ T. Madura en Evolución     
 ■ T. Madura en Recesión





### 3. Resultados de los Paneles Consultivos

Siguiendo la metodología establecida para el estudio, las tecnologías críticas propuestas por el primer panel de expertos fueron contrastadas con las opiniones de expertos de los cuatro sectores analizados: Bienes de Equipo, Naval, Automoción y Aero-náutica.

Los Paneles Consultivos, formados por expertos de reconocido prestigio procedentes de industrias representativas del sector, seleccionaron en primer lugar aquellas tecnologías que consideraron más importantes desde la perspectiva de la actividad sectorial de entre las del segundo bloque de la tabla 3, para a continuación valorar el conjunto de tecnologías resultante (tabla 6.A más tabla 6.B).

Además, los miembros de los Paneles Consultivos procedieron a consensuar los principales retos a los que, en su opinión, se enfrenta del sector.

En el presente capítulo se muestran los principales resultados obtenidos en los paneles consultivos, al aplicar el cuestionario a este conjunto de tecnologías.



TABLA 6.A. TECNOLOGÍAS DE UNIÓN A VALORAR EN TODOS LOS PANELES CONSULTIVOS SECTORIALES.

ÁREA	REF	TECNOLOGÍA
<b>ARCO ELÉCTRICO</b>	5	Arco sumergido de alta productividad
	7	Soldeo MIG-MAG de alta productividad
<b>LASER</b>	16	Soldadura láser Macro
	17	Soldeo por láser Micro
<b>U. ADHESIVA</b>	25	Unión Adhesiva
<b>CONTROL DEL PROCESO</b>	26	Técnicas de control inteligente de proceso
	27	Tecnologías de teleoperación, telemantenimiento y telediagnos
	29	Control de seguimiento de juntas de soldadura (seam tracking)
<b>CONTROL DE LA UNIÓN</b>	31	Sistema de reconocimiento de la unión
	32	Ultrasonidos
	33	Radiografía
<b>SIMULACIÓN</b>	37	Simulación transferencia de calor (heat transfer analysis)
	38	Simulación de transformaciones metalúrgicas (metallurgical transformation models)
	39	Simulación comportamiento mecánico (mechanical analysis)
	40	Simulación de uniones adhesivas (adhesive joints models)
<b>AUTOMATIZACIÓN</b>	42	Nuevos interfaces de comunicación con robots
	43	Robots cognitivos para aplicaciones de unión



TABLA 6.B. TECNOLOGÍAS DE UNIÓN SELECCIONADAS EN CADA UNO DE LOS PANELES CONSULTIVOS SECTORIALES PARA SU VALORACIÓN JUNTO A LAS DE LA TABLA ANTERIOR.

ÁREA	REF	TECNOLOGÍA	BIENES DE EQUIPO	NAVAL	AUTOMOCIÓN	AERONÁUTICA
<b>ARCO ELÉCTRICO</b>	2	Arco Eléctrico protegido con gas MIG/MAG				
	6	Soldadura automatizada TIG de alta productividad				
	8	Métodos de recargue				
	9	FCAW (flux cored arc welding)				
	10	Plasma				
<b>FSW</b>	14	FSW (Friction Stir Welding)				
<b>RESISTENCIA</b>	19	Resistencia				
<b>ULTRASONIDOS</b>	20	Soldadura por ultrasonido				
<b>PROC. HÍBRIDOS</b>	22	Uniones híbridas basadas en arco / láser				
<b>CONTROL DEL PROCESO</b>	28	Unidades de control multipuesto				
	30	Supervisión y monitorización de proceso mediante equipos integrados en máquina (temperatura, plasma, radiación, etc.)				
<b>C. DE LA UNIÓN</b>	36	Corrientes inducidas				
<b>AUTOMATIZACIÓN</b>	41	Programación off-line de robots para aplicaciones de unión				

### 3.1. Relevancia de las tecnologías en cada sector

El criterio básico seguido para la comparación de los temas del estudio es el Índice Grado de Importancia (IGI). Los temas mejor valorados en cada Panel Consultivo representan para los expertos las principales inquietudes de futuro en relación con la aplicación sectorial de las tecnologías de unión. La figura 10 presenta gráficamente los valores del IGI obtenidos por las tecnologías de unión en cada uno de los paneles consultivos.

Esta información se complementa con la información aportada por los gráficos de Posición-Atractivo de España de la figura 11, en las que las tecnologías de la tabla 6.b se diferencian de las de la tabla 6.a señalándolas mediante un círculo, a fin de facilitar su visualización y posterior comparación.

A tenor de los resultados obtenidos en los Paneles Consultivos, se aprecia que salvo las tecnologías nº 2, 14 y 20, todas las demás tecnologías son importantes para uno u otro sector.

En relación con la figura 11 de posición-attractivo, en general, todas las tecnologías tienen un gran atractivo (>~2,5 sobre 4) para uno u otro sector y sólo al singularizar los sectores éste atractivo merma en el caso de unas pocas tecnologías como las nº 7, 32 y 33 para el sector naval, la nº 5 para automoción y las nº 5, 7, 8, 19 y 42 para el sector aeronáutico.

En consecuencia, se podría concluir que todas las tecnologías de unión propuestas a los paneles sectoriales son relevantes para el conjunto de los mismos, salvo tal vez las tecnologías nº 2, 14 y 20.

FIGURA 10

VALORACIÓN DEL ÍNDICE GRADO DE IMPORTANCIA DE LOS DIFERENTES PANELES CONSULTIVOS

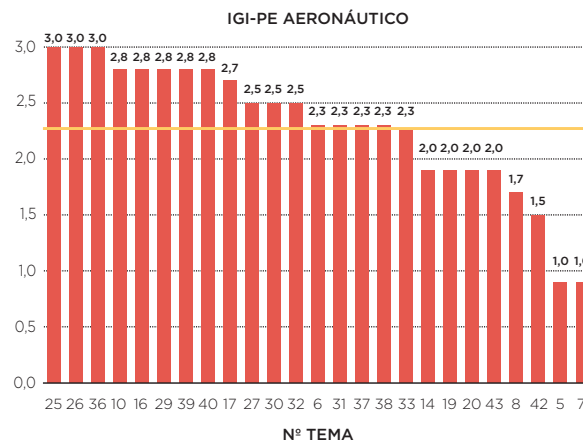
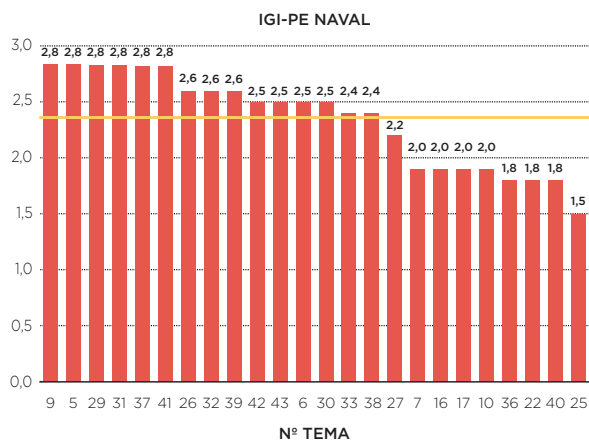
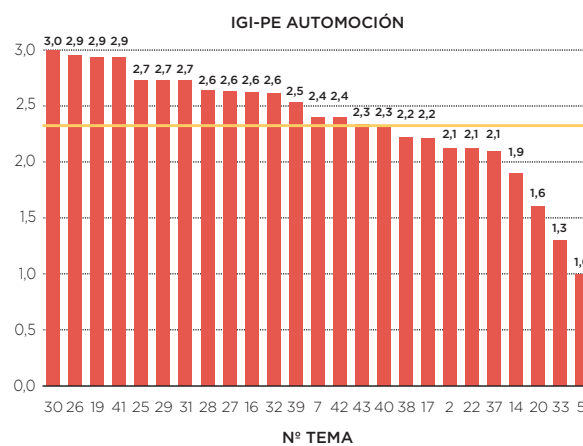
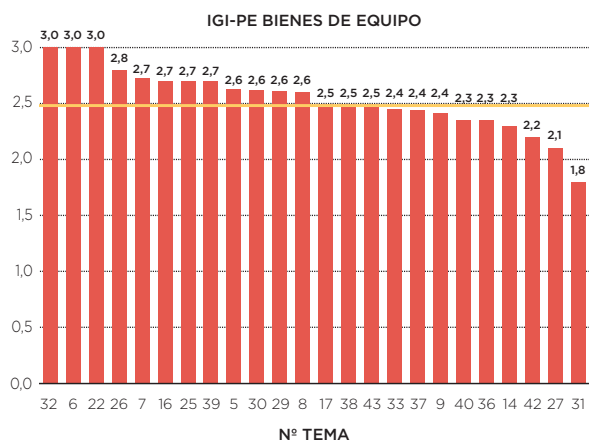
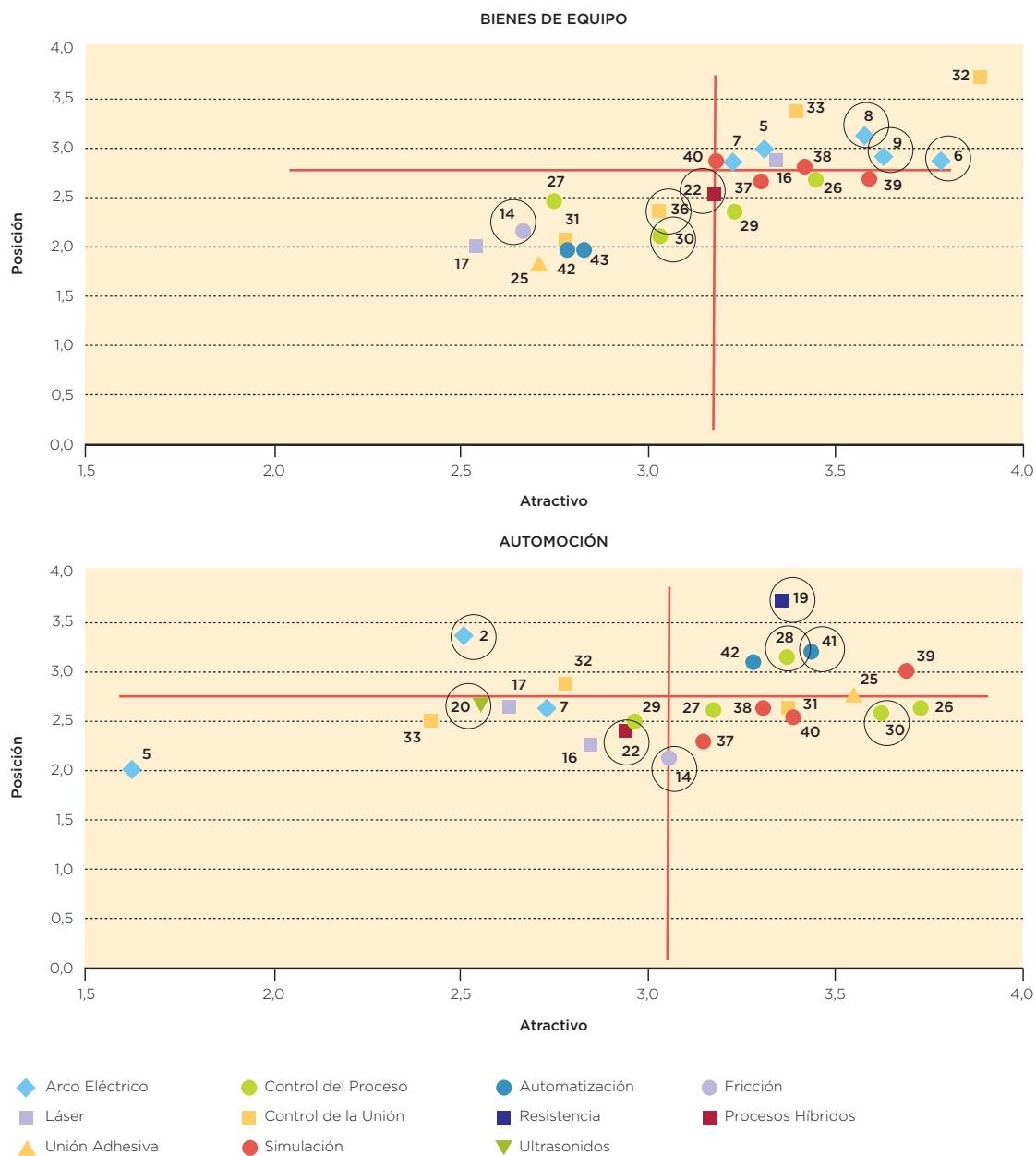


FIGURA 11.A

GRÁFICOS DE POSICIÓN-ATRACTIVO OBTENIDOS EN LOS DIFERENTES PANELES CONSULTIVOS. LOS CÍRCULOS SEÑALAN A LAS TECNOLOGÍAS DE LA TABLA 6.B





## 3.2. Principales retos de futuro

Los Paneles Consultivos de expertos sectoriales debatieron -antes de proceder a valorar los cuestionarios- sobre los principales retos de las tecnologías de unión procedentes del entorno, del sistema productivo, del proceso de unión, de los materiales, el diseño, la calidad, etc.

El debate abordó aspectos relacionados con los desafíos que se deben resolver, los factores críticos y los obstáculos a superar, los impactos potenciales y los acontecimientos críticos que podrían afectar a los desarrollos futuros, etc.

En total, se registraron veintidós retos de futuro para las tecnologías de unión y su aplicación en los sectores contemplados, tal como se indica en la tabla 7.

Básicamente, los retos consignados en los Paneles Consultivos están ligados a los aspectos siguientes:

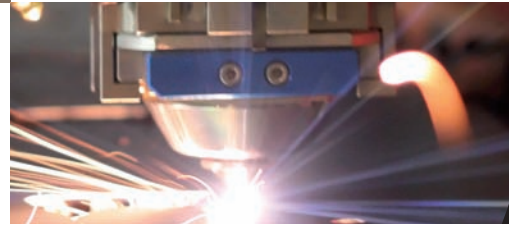
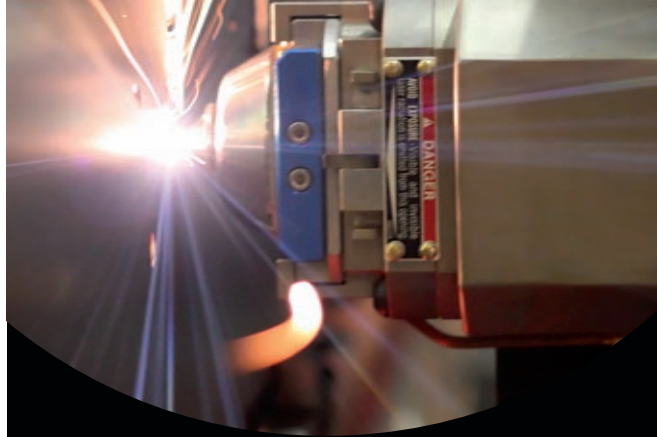
- La unión de nuevos materiales —readaptando las tecnologías de unión—, y de materiales disimilares, así como el desarrollo de nuevos recubrimientos de protección que faciliten la soldadura, el respeto al medio ambiente y la salubridad del proceso.
- El control de procesos y la automatización para reducir costes, mejorar la calidad y la productividad y repetitividad, y rebajar los requerimientos de inspección.
- El ecodiseño, considerando la unión-desunión cara al reciclado.
- El desarrollo de uniones híbridas, uniones mecánicas y de nuevos procesos de unión inocuos para la salud y/o que generen mínima distorsión.
- El desarrollo de las tecnologías de simulación numérica para facilitar y acelerar la homologación de procesos y productos.
- La pérdida de “expertise” y la integración de tecnologías desarrolladas en otros sectores (transferencia tecnológica).

TABLA 7. RETOS DE FUTURO IDENTIFICADOS EN LOS PANELES CONSULTIVOS SECTORIALES.

RETOS DE FUTURO	
BIENES DE EQUIPO	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Automatización de procesos (control y soldeo):               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mayor implantación cámaras de visión en proceso</li> <li>- Mayor utilización de técnicas de radiografía digital y ultrasonidos</li> </ul> </li> <li>• Unión de nuevos materiales</li> </ul>
NAVAL	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Automatización de procesos tanto en los trabajos de taller como en los trabajos de campo (reducir costes aumentando calidad, productividad y repetitividad)</li> <li>• Pérdida de “expertise” y gestión del conocimiento</li> <li>• Que no haya “retrabajo”. Aplicación de procesos productivos que generen mínima distorsión</li> <li>• Transferencia tecnológica. Integración en el sector de tecnologías que ya están desarrolladas en otros sectores, como por ejemplo la simulación, la gestión tecnológica y organizativa, etc.</li> </ul>
AUTOMOCIÓN	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Control de procesos en tiempo real, asegurando la calidad y rebajando los requerimientos de inspección</li> <li>• Unión-desunión para reciclabilidad de materiales</li> <li>• Desarrollo de uniones híbridas mecánicas</li> <li>• Desarrollo de procesos que superen el actual marco de protección de la salud hasta el logro de la inocuidad total.</li> <li>• Desarrollo de nuevos recubrimientos de protección que faciliten la soldadura, el respeto al medio ambiente y la salubridad del proceso (inocuidad para las personas).</li> <li>• Readaptación de las tecnologías de unión a nuevos materiales. Aceros, Aleaciones de Mg, Compuestos poliméricos con materiales renovables y reciclables</li> <li>• Desarrollo de tecnologías de simulación para facilitar y acelerar la homologación de procesos/productos</li> </ul>
AERONÁUTICA	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollo de uniones mecánicas que autoricen la eliminación de las uniones soldadas. Desarrollo de uniones mecánicas tipo “velcro”</li> <li>• Soldadura de materiales termoplásticos resistentes al fuego y conformables ‘in situ’.</li> <li>• Desarrollo de métodos para la automatización de uniones remachadas</li> <li>• Tecnologías de unión de materiales compuestos, por remaches y por adhesivos, en combinación con tecnologías de consolidación ‘in situ’ para aplicaciones en estructuras.</li> <li>• Desarrollo de uniones híbridas</li> <li>• Unión de materiales disimilares</li> <li>• Tecnologías para minimizar las distorsiones en la unión (modelización de las distorsiones de las técnicas de unión)</li> <li>• Estrategias y técnicas para asegurar la calidad en el proceso minimizando/eliminando la inspección.</li> <li>• Ecodiseño. Desunión de materiales cara a reciclado, en especial en relación con composites y termoplásticos</li> </ul>







## 4. Temas más Relevantes y Tendencias Destacadas

Partiendo de los resultados generales del estudio y de los resultados obtenidos en los paneles consultivos, el Panel de Expertos realizó los análisis y valoraciones que se citan a continuación, para la identificación de las tecnologías de unión críticas y/o claves y de las tendencias asociadas, a fin de impulsar su investigación y desarrollo, y facilitar su incorporación en empresas de los sectores productivos.

En primer lugar y puesto que a lo largo del estudio se ha utilizado el valor del Índice Grado de Importancia como criterio de relevancia para la identificación de los temas más importantes, se consideró el valor medio del IGI para establecer una frontera entre los temas más importantes y los que no lo son tanto en cada sector (véase tabla 8).

La comparación de los resultados obtenidos en los Paneles Consultivos permite constatar los aspectos siguientes:

- a) Las tecnologías nº 26, 29, 30, 32 y 39, son importantes para los cuatro sectores considerados.
- b) Las tecnologías nº 6, 16, 25, 31, 38 y 43 son importantes para tres de los cuatro sectores
- c) Las tecnologías nº 5, 7, 17, 27, 33, 37, 40, 41, 42, son importantes para al menos dos sectores
- d) Sólo uno de los sectores considera importantes las tecnologías nº 8, 9, 10, 19, 22, 28 y 36
- e) Ningún sector ha considerado importantes las tecnologías nº 2, 14 y 20



TABLA 8. IDENTIFICACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS DE UNIÓN CUYO IGI ES MAYOR O MENOR QUE EL VALOR MEDIO DE ESTE ÍNDICE EN CADA PANEL CONSULTIVO. COMPARACIÓN DE RESULTADOS.

REF	IGI > VALOR MEDIO				IGI < VALOR MEDIO			
	Bienes equipo	Naval	Automoción	Aeronáutica	Bienes equipo	Naval	Automoción	Aeronáutica
<b>Tecnologías Valoradas por Todos los Paneles Consultivos</b>								
5	5	5					5	5
7	7		7			7		7
16	16		16	16		16		
17	17			17		17	17	
25	25		25	25		25		
26	26	26	26	26				
27			27	27	27	27		
29	29	29	29	29				
31		31	31	31	31			
32	32	32	32	32				
33		33		33	33		33	
37		37		37	37		37	
38	38	38		38			38	
39	39	39	39	39				
40			40	40	40	40		
42		42	42		42			42
43	43	43	43					43
<b>Tecnologías Seleccionadas en cada Panel Consultivo para su Valoración</b>								
2	-	-		-	-	-	2	-
6	6	6	-	6			-	
8	8	-	-			-	-	8
9		9	-	-	9		-	-
10	-		-	10	-	10	-	
14		-			14	-	14	14
19	-	-	19		-	-		19
20	-	-			-	-	20	20
22	22			-		22	22	-
28	-	-	28	-	-	-		-
30	30	30	30	30				
36			-	36	36	36	-	
41	-	41	41	-	-			-

A raíz de estos resultados se aceptaron como tecnologías de unión relevantes las de los puntos a), b) y c) por considerar que son las que mayor interés suscitan en la mayoría de los expertos. Paralelamente, las tecnologías de los puntos d) y e), peor valoradas que las anteriores, fueron analizadas una a una para decidir su inclusión o exclusión del grupo de tecnologías relevantes. Se constata que estas últimas corresponden al grupo de tecnologías que debían ser seleccionadas opcionalmente por cada Panel Consultivo (Tabla 6.b).

El Panel de Expertos entendió que debían eliminarse del listado de tecnologías críticas las referencias nº 2 (Arco eléctrico protegido con gas MIG/MAG), nº 19 (Resistencia) y nº 20 (Soldadura por ultrasonidos) por tratarse de tecnologías muy maduras y con poco potencial de innovación. En todo caso, la eliminación del tema nº 20 junto a la nº 24 anteriormente eliminada por falta de respuestas, podrían ser representativas del sesgo “metálico” de los sectores contemplados, con ausencia de representantes de empresas del plástico en detrimento de la valoración de estas dos tecnologías.

Igualmente, se considera que la referencia nº 8 (métodos de recargue), corresponde a un concepto muy amplio que, sin embargo, no es propiamente una tecnología de unión, por lo que se acuerda eliminar también dicha referencia del listado final de tecnologías críticas.

A contrario, el Panel de Expertos entendió que debían mantenerse las referencias nº 9, 10, 14, 22, 28 y 36.

La referencia nº 9 (FCAW, Flux Cored Arc Welding) por su interés para el sector Naval al tratarse de una tecnología de alta productividad y que puede ser utilizada en exteriores, a pesar de que dicha tecnología podría madurar rápidamente.

La referencia nº 10 (Plasma) y la nº 36 (Corrientes inducidas) por su importancia en el sector aeronáutico para la unión de aleaciones diversas en el primer caso y para el control de la unión en el segundo.

A pesar de la escasa importancia otorgada por los consultados al tema nº 14 (FSW, Friction Stir Welding), se entendió que no debe eliminarse por, entre otros argumentos, la destacada actividad de la comunidad científica a escala mundial en este tema. Se trata de una tecnología innovadora de la que no se conoce aún todo su potencial. Se sabe que es una tecnología bien adaptada para soldar aluminios de hasta 1-80 milímetros de espesor, para reparación, etc., en la que se avanza en las técnicas de control no destructivo y en la que, en general, existe una fuerte inversión a nivel mundial para su desarrollo, por lo que parece arriesgado sugerir que España no invierta en la misma. Se propone mejorar la redacción del tema refiriéndose al mismo como “Friction Stir Welding and Processing”.

En el caso de la referencia nº 22 (Uniones híbridas basadas en arco/láser) sorprende que no fuera mejor valorada por los expertos de los sectores de automoción y naval, por lo que su inclusión se justifica por el gran potencial de desarrollo que se estima a esta tecnología.

En fin, también se incluye la nº 28 (Unidades de control multipuesto) que hace referencia al control de máquina y al control del proceso de unión por un único controlador sobre diferentes máquinas y que tal vez pudo interpretarse diferentemente en alguno de los sectores consultados.

El análisis detallado de las temáticas abordadas por las tecnologías relevantes que resultan de éstas observaciones, condujo al Panel de Expertos a determinar cinco grandes bloques o tendencias tecnológicas.

1. **Procesos de soldadura (alta productividad y/o alta calidad):** ref. nº 5, 6, 7, 9, 10, 14, 16, 17, 22
2. **Control no destructivo:** ref. nº 32, 33, 36
3. **Simulación:** ref. nº 37, 38, 39
4. **Robots, automatización y control:** ref. nº 26, 27, 28, 29, 30, 31, 41, 42, 43
5. **Adhesivos:** ref. nº 25, 40

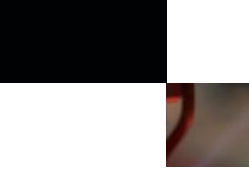
#### 4.1. Procesos de soldadura (alta productividad y/o alta calidad)

Hoy en día los procesos de fabricación se enfrentan a un mercado globalizado que exige la fabricación de alta productividad y con altos niveles de calidad. En consecuencia, se tiende a incrementar los ratios productivos en base a privilegiar el desarrollo de tecnologías que permitan alcanzar estos objetivos y reduzcan costes en la línea de fabricación.

TABLA 8. TECNOLOGÍAS DE UNIÓN RELEVANTES EN RELACIÓN CON ‘PROCESOS DE SOLDADURA’

TEMA	IGI	TECNOLOGÍA	2010	2015	2020	>2020
5. Arco sumergido de alta productividad	2,2	Integrabilidad en Sist.de Fab., Desarrollo Normativo/Certificación				
6. Soldadura automatizada TIG de alta productividad	2,7	Integrabilidad en Sist.de Fab., Disponibilidad de RRHH				
7. Soldeo MIG-MAG de alta productividad	2,5	Integrabilidad en Sist.de Fab., Desarrollo Normativo/Certificación				
9. FCAW (flux cored arc welding)	2,5	Integrabilidad en Sist.de Fab., Disponibilidad de RRHH, Desarrollo Normativo/Certificación				
10. Plasma	2,3	Desarrollo Normativo/Certificación, Disponibilidad de RRHH, Integrabilidad en Sist. de Fab.				
14. FSW (Friction Stir Welding)	2,0	Desarrollo de Conocimiento C-T, Integrabilidad en Sist.de Fab.				
16. Soldadura láser Macro	2,6	Integrabilidad en Sist.de Fab., Desarrollo de Conocimiento C-T, Desarrollo Normativo/Certificación				
17. Soldeo por láser Micro	2,3	Integrabilidad en Sist.de Fab., Desarrollo de Conocimiento C-T, Desarrollo Normativo/Certificación				
22. Uniones híbridas basadas en arco / láser	2,2	Integrabilidad en Sist.de Fab., Desarrollo de Conocimiento C-T				

■ T. Emergente     
 ■ T. en Crecimiento     
 ■ T. Madura     
 ■ T. Madura en Evolución     
 ■ T. Madura en Recesión



Las necesidades tecnológicas en relación con los procesos de soldadura varían de un sector a otro, como lo demuestran las valoraciones efectuadas por los expertos consultados, pero en todos ellos se concede una mayor importancia al desarrollo de aquéllos procesos orientados al logro de una alta productividad y/o una alta calidad de la unión, esto es, el logro de uniones soldadas con el mínimo impacto sobre los materiales que pretenden unir, reduciendo al mínimo las distorsiones, las transformaciones de la zona afectada por el calor, las propiedades mecánico-físicas de la unión, etc.

Entre las tecnologías contempladas en esta tendencia destacan, por un lado, las tecnologías de unión por arco eléctrico (SAW, TIG, MIG/MAG, FCAW, Plasma) que a pesar de su madurez continuarán evolucionando en la próxima década con mejoras en apartados concretos de los procesos (gases, aportes, técnica operativa, etc.) para proporcionar mayores cotas de calidad al tiempo que propician su robotización y automatización para aumentar la productividad.

Por otra parte, se observa que los expertos encuestados otorgan a los procesos 'no-arco eléctrico' un carácter más emergente en todos los sectores. Es el caso de los procesos de unión por fricción (FSW), láser (macro y micro) y procesos híbridos (arco/láser) que, en opinión de los consultados, continuarán desarrollándose hasta 2015 por lo menos.

En el primer caso (FSW) se persigue el logro de desarrollos que autoricen los procesos de unión de elementos de responsabilidad en aceros de alto límite elástico, aceros inoxidables, aleaciones ligeras y/o la unión entre materiales disimilares, beneficiándose de la alta calidad, integridad y baja distorsión de las uniones

realizadas por esta vía. En el caso de los procesos de unión por láser se trata de sacar partido de la gran cantidad de ventajas que presenta el láser frente a los procesos clásicos de unión y que permite uniones de alta calidad, con alta productividad y gran adaptabilidad a aplicaciones, geometrías y materiales diversos. En fin, los procesos híbridos que combinan haces de alta energía y soldaduras al arco en la misma zona de proceso persiguen el incremento de la velocidad de soldeo y, también, la mejora de las propiedades metalúrgicas y la reducción de las distorsiones, mejorando la calidad de las uniones.

En relación con las tecnologías de esta tendencia la posición de España es, en opinión de los expertos, superior a la media de los países de su entorno salvo en la tecnología nº 14 relativa a la unión por fricción y en las tecnologías de soldadura láser, nº 16 y 17, en las que estaríamos a su nivel. En cuanto a su atractivo, los expertos no dudan en calificar a todas estas tecnologías con un importante grado de atractivo por las expectativas que generan de alcanzar en España avances científico-tecnológicos y por su explotabilidad en los mercados.

En fin, el principal factor crítico a superar en la mayoría de las tecnologías de esta tendencia es la integrabilidad de la tecnología en los sistemas de fabricación, a fin de incluirlas en unidades y líneas de producción donde, además, los temas relacionados con el diseño, la calidad, las homologaciones, etc., pueden resultar fundamentales. Como excepción, las tecnologías de unión por fricción (nº 14) y de unión por plasma (nº 10) claman, correlativamente, por el desarrollo de conocimiento científico-tecnológico y por un mayor desarrollo normativo/certificación.

## 4.2. Control no-destructivo

Es bien sabido que la zona de unión de dos o más componentes por soldadura, unión adhesiva o mecánica, supone un lugar preferente para la aparición de discontinuidades que, eventualmente, pueden ser consideradas como defectos si se sitúan por encima del umbral de admisibilidad y, como consecuencia de ello, las técnicas de control no-destructivo constituyen un campo de aplicación de gran importancia práctica en el mundo de las tecnologías de unión. No obstante y a pesar de que la detección y caracterización precisa de defectos ocultos siga sin ser infalible, se considera que se trata de un ámbito tecnológico muy maduro, tal como se desprende de los resultados obtenidos en el presente estudio.

Muchos de los esfuerzos actuales en el campo del control no-destructivo se dirigen hacia la integración de varios métodos para formar sistemas de control multimodo, de forma que la confluencia de las capacidades complementarias de cada uno de ellos proporcione una funcionalidad aumentada y una mayor fiabilidad. Por otra parte, el recurso a los modelos analíticos y a los métodos numéricos de propagación de ondas, junto con los avances de las tecnologías complementarias -miniaturización de la electrónica, sensores y actuadores, robótica, comunicaciones inalámbricas, etc- serán fuente de importantes desarrollos en este campo

La posición de España en las tecnologías nº 32 (ultrasonidos) y 33 (radiografía) es muy elevada tanto en cuanto a capacidad científico-tecnológica como a aplicabilidad industrial de estos temas, trasladando con ello la percepción de los expertos de la existencia de un gran dominio tecnológico en estas áreas. Sin embargo, a nivel sectorial su atractivo es, salvo en el sector de bienes de equipo, inferior al atractivo medio de las tecnologías valoradas en la encuesta.

En el caso del control de la unión por corrientes inducidas (nº 36), cuya importancia potencial para aplicaciones de control en tiempo real de la unión de materiales termoplásticos fue expresamente señalada por los expertos del sector aeronáutico, la posición y el atractivo para España es superior a la de los países de su entorno.

Entre los principales factores críticos a superar en relación con estas tres tecnologías se citan la integrabilidad en los sistemas de fabricación y la disponibilidad de recursos humanos en el caso de los ultrasonidos (nº 32), y el desarrollo normativo/certificación seguido de la integrabilidad en los sistemas de fabricación en las tecnologías de control por corrientes inducidas (nº 36). En el control por radiografía (nº 33) la principal preocupación se centra en las regulaciones de seguridad e higiene y medioambientales.

TABLA 10. TECNOLOGÍAS DE UNIÓN RELEVANTES EN RELACIÓN CON ‘CONTROL-NO-DESTRUCTIVO’

TEMA	IGI	TECNOLOGÍA	2010	2015	2020	>2020
32. Ultrasonidos	2,7	Integrabilidad en Sist.de Fab., Disponibilidad de RRHH	T. Madura en Evolución	T. Madura en Evolución	T. Madura	T. Madura
33. Radiografía	2,2	Regulación Seguridad e Higiene; Regulación Medioambiental	T. Madura	T. Madura	T. Madura en Recesión	T. Madura en Recesión
36. Corrientes inducidas	2,3	Desarrollo Normativo/Certificación, Integrabilidad en Sist.de Fab.	T. Madura en Evolución	T. Madura en Evolución	T. Madura	T. Madura

■ T. Emergente     
 ■ T. en Crecimiento     
 ■ T. Madura     
 ■ T. Madura en Evolución     
 ■ T. Madura en Recesión

### 4.3. Simulación

La predicción de las propiedades y del comportamiento de los materiales, así como la simulación de procesos mediante técnicas de modelización y cálculo numérico es una disciplina transversal que no deja de crecer. El actual despegue de las capacidades de cálculo y de las tecnologías de la información y de las comunicaciones en general, facilita su aplicación a los nuevos desarrollos, al análisis y a la toma de decisión, reduciendo significativamente los ensayos experimentales, los tiempos de desarrollo y los costes, y mejorando la calidad y las prestaciones de productos y procesos, entre otros.

En las tecnologías de unión, los beneficios esperados de la simulación numérica están relacionados no sólo con la validación del proceso de unión en sí mismo, sino también con la predicción de la influencia de las técnicas de unión en el comportamiento de los componentes a lo largo de todo su ciclo de vida.

Tanto en los procesos de soldeo como en las uniones adhesivas, la simulación se extiende a las tres áreas de: transmisión del calor, transformaciones microestructurales y comportamiento mecánico (temas nº 37, 38 y 39); si bien hay diferencias obvias en el objeto de la modelización entre unos y otros procesos de unión.

El calor generado y el consecuente gradiente térmico propio de los procesos de soldeo, inducen transformaciones microestructurales, deformaciones y tensiones residuales que juegan un importante papel tanto en el comportamiento en servicio de los componentes como sobre la propia operación de soldadura.

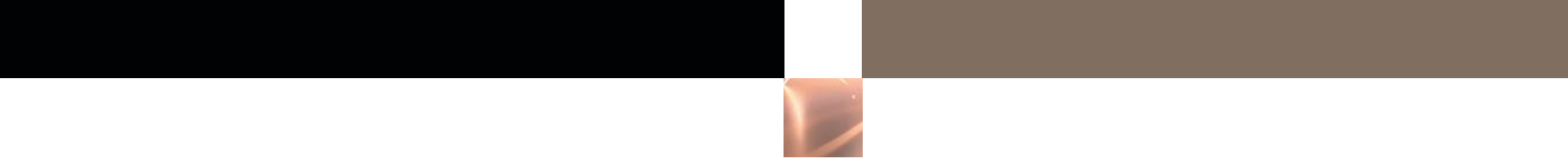
En las uniones adhesivas el aporte calorífico no es comparable con los valores típicos alcanzados en la soldadura aunque, no obstante, las consideraciones sobre la transmisión de calor siguen siendo importantes pues tienen una influencia directa sobre la cinética del curado del adhesivo, la aparición de defectos y de tensiones residuales y, en consecuencia, sobre el comportamiento en servicio de la unión.

**TABLA 11. TECNOLOGÍAS DE UNIÓN RELEVANTES EN RELACIÓN CON LA ‘SIMULACIÓN’**

TEMA	IGI	TECNOLOGÍA	2010	2015	2020	>2020
37. Simulación transferencia de calor (heat transfer analysis)	2,4	Desarrollo de Conocimiento C-T, Disponibilidad de RRHH		TE-TC		
38. Simulación de transformaciones metalúrgicas (metallurgical transformation models)	2,4	Desarrollo de Conocimiento C-T, Disponibilidad de RRHH				
39. Simulación comportamiento mecánico (mechanical analysis)	2,6	Desarrollo de Conocimiento C-T, Disponibilidad de RRHH	TE-TC			

■ T. Emergente     
 ■ T. en Crecimiento     
 ■ T. Madura     
 ■ T. Madura en Evolución     
 ■ T. Madura en Recesión





La gran variedad de fenómenos físicos vinculados a los ámbitos simulados, así como la multitud de combinaciones posibles de material-proceso-aplicación-ciclo de vida, requieren un conocimiento exhaustivo de las características y propiedades de los materiales, los procesos, las cinéticas de transformación microestructural, etc.; por lo que, en la práctica, la disponibilidad de datos fiables y precisos resulta, con frecuencia, un aspecto crítico para la aplicación precisa de las técnicas de modelización y simulación numérica.

La aplicación a las tecnologías de unión de las técnicas de simulación citadas en el presente capítulo es considerada por los expertos como un ámbito claramente emergente que continuará creciendo a lo largo de la próxima década. La posición de España en cuanto a capacidad científico-tecnológica es percibida como inferior a la de los países de su entorno en el campo de la transferencia de calor y de las transformaciones metalúrgicas; si bien cabe destacar que el atractivo de todos los temas de simulación es muy superior a éstos tanto en ciencia y tecnología como en mercado.

En coherencia con lo anterior, los expertos consideran que el principal factor crítico es el desarrollo de conocimiento científico-tecnológico seguido de la disponibilidad de recursos humanos especializados en estas disciplinas.

#### 4.4. Robots, automatización y control

Uno de los grandes retos en el campo de la soldadura, pasa por la minimización o desaparición de procesos de soldadura manual mediante la automatización de los procesos existentes o la adopción de nuevos desarrollos automatizados que aumenten la productividad y mejoren la calidad de las uniones al tiempo que reduzcan los costes de las mismas.

En este contexto, la robótica constituye una forma de automatización industrial que permite altos grados de flexibilidad en relación con otros procesos automatizados, por lo que es profusamente utilizada para operaciones de soldadura en sectores como el de automoción.

Aunque la robótica se viene utilizando desde hace décadas, su evolución hasta hoy en día se ha centrado sobre todo en la mejora de prestaciones ya existentes sin que se hayan dado saltos importantes en cuanto a nuevas funcionalidades o prestaciones innovadoras. En consecuencia, esta evolución se ha orientado hacia la obtención de robots más fiables y precisos, mecánicamente más robustos, con menos peso, menores costes de fabricación y con electrónica y software de control de mayores prestaciones.

En el futuro, los grandes retos de la robótica en el campo de las tecnologías de unión apuntan, a juzgar por los resultados obtenidos, hacia la programación off-line de robots (tema nº 41), los nuevos interfaces de comunicación (tema nº 42), y los robots cognitivos (tema nº 43).

En el primer caso (nº 41), la programación de robots se realizaría sin detener la línea de producción y sin necesidad de tener que dedicar un operario cualificado para la programación manual punto a punto. En el segundo (nº 42), las posibilidades de comunicación con el robot, máquinas de soldadura y dispositivos crecerán de forma exponencial, facilitando

**TABLA 12. TECNOLOGÍAS DE UNIÓN RELEVANTES EN RELACIÓN CON ‘ROBOTS, AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL’**

TEMA	IGI	TECNOLOGÍA	2010	2015	2020	>2020
26. Técnicas de control inteligente de proceso	2,8	Integrabilidad en Sist.de Fab., Desarrollo de Conocimiento C-T				
27. Tecnologías de teleoperación, telemantenimiento y telediagnos	2,4	Integrabilidad en Sist.de Fab., Desarrollo de Conocimiento C-T				
28. Unidades de control multipuesto	2,6	Integrabilidad en Sist.de Fab., Desarrollo de Conocimiento C-T	TE-TC			
29. Control de seguimiento de juntas de soldadura (seam tracking)	2,7	Integrabilidad en Sist.de Fab., Desarrollo de Conocimiento C-T			TC-TM	
30. Supervisión y monitorización de proceso mediante equipos integrados en máquina (temperatura, plasma, radiación, etc.)	2,7	Integrabilidad en Sist.de Fab., Desarrollo de Conocimiento C-T			TC-TM	
31. Sistema de reconocimiento de la unión	2,5	Integrabilidad en Sist.de Fab., Desarrollo de Conocimiento C-T				
41. Programación off-line de robots para aplicaciones de unión	2,9	Integrabilidad en Sist.de Fab., Desarrollo de Conocimiento C-T		TC-TME		
42. Nuevos interfaces de comunicación con robots	2,3	Integrabilidad en Sist.de Fab., Desarrollo de Conocimiento C-T				
43. Robots cognitivos para aplicaciones de unión	2,4	Integrabilidad en Sist.de Fab., Desarrollo de Conocimiento C-T				

■ T. Emergente     
 ■ T. en Crecimiento     
 ■ T. Madura     
 ■ T. Madura en Evolución     
 ■ T. Madura en Recesión

las comunicaciones operario-máquina y de las máquinas entre sí. En fin, la capacidad cognitiva de los robots (nº 43) dependerá de su aptitud para percibir el entorno, aprender, decidir, comunicar y actuar de una forma no sistemática ni programada, es decir, adaptando su comportamiento en función de las condiciones cambiantes del proceso.

Obviamente, además de las consideraciones sobre el incremento de la productividad, la automatización de los procesos debe orientar sus desarrollos futuros hacia el logro de mejoras importantes de la calidad obtenida en los procesos de unión.

Uno de los principales retos para garantizar la bondad de las uniones en los procesos automatizados es el desarrollo de nuevos y mejores dispositivos de supervisión, monitorización y control tanto para la regulación en lazo cerrado del propio proceso de unión, como para la detección de posibles anomalías o de defectos generados en el mismo.

Seis de las nueve tecnologías consideradas por los expertos como importantes en esta tendencia corresponden a sistemas de control (temas nº 26, 27, 28, 29, 30 y 31). En concreto se hace referencia a las técnicas de control inteligente (nº 26) que minimizarán la intervención de los operarios y en las que se prevé un fuerte desarrollo en los próximos años; las tecnologías de teleoperación, telemantenimiento y telediagnos

(nº 27) que permitirán el control y actuación de forma remota; las unidades de control multipuesto (nº 28) con las que será posible gobernar varias máquinas simultáneamente; los dispositivos de control de trayectorias de robots para el seguimiento de juntas (nº 29); la integración de los sistemas de supervisión y control en las propias máquinas (nº 30) que dispondrán de sensores inteligentes con capacidad de procesamiento y reconocimiento del entorno; y las tecnologías de reconocimiento de la unión (nº 31) con alta velocidad de procesamiento de datos y buena relación entre transferencia de datos, velocidad de soldadura y precisión en la detección de la unión.

Las tecnologías de esta tendencia se encuentran en fase emergente y seguirán desarrollándose hasta alcanzar la fase de madurez a partir del 2020, salvo en el caso de las tecnologías nº 28 y nº 41 que lo harán mucho antes. Los expertos consideran que el atractivo para España de estas tecnologías es muy superior al de su entorno y que, en general, se está en una posición superior tanto en ciencia y tecnología (salvo para la nº 30 y la nº 43) como en cuanto a aplicabilidad industrial.

En fin, los encuestados muestran una coincidencia total al señalar como principales factores críticos en todas las tecnologías de esta tendencia su integrabilidad en los sistemas de fabricación y, en segundo lugar, la necesidad de desarrollar nuevo conocimiento científico-tecnológico.

## 4.5. Adhesivos

Tal como ya se ha comentado previamente, hoy en día los procesos de fabricación se enfrentan a un mercado globalizado que exige la fabricación de alta productividad con altos niveles de calidad. En consecuencia, se tiende a incrementar los ratios productivos en base a desarrollar nuevos materiales y nuevas tecnologías que permitan el procesado a altas velocidades y la reducción de costes en la línea de fabricación.

En esta línea, los materiales poliméricos, los materiales compuestos y las soluciones de materiales disimilares están adquiriendo una importancia creciente, llegando a sustituir al acero en numerosas aplicaciones. Cada vez se desarrollan más materiales poliméricos “a medida”, en función de las necesidades técnicas, estéticas y funcionales de las piezas, dificultando enormemente la aplicación de tecnologías de unión, ante la gran variedad de materiales, fibras, pigmentos y aditivos empleados.

Por lo tanto, uno de los grandes retos de futuro en este vasto campo de aplicación es el desarrollo de tecnologías de unión por adhesivos (tema nº 25) acordes a las exigencias de las piezas y las aplicaciones abordadas.

La unión con adhesivos presenta importantes ventajas con respecto a otro tipo de uniones, pues se trata de una tecnología sencilla y flexible, que proporciona una unión continua sin tensiones localizadas y, además, no requiere de importantes inversiones.

Sin embargo, la unión por adhesivos se enfrenta a importantes desafíos, como la baja energía superficial de algunos materiales (como el polietileno y el polipropileno que son los plásticos más empleados por su relación prestaciones/costo/facilidad de procesado), que requieren el desarrollo de tecnologías de activación superficial, sobre todo en uniones estructurales con altas exigencias de calidad. Otros desafíos son el desarrollo de técnicas de análisis no destructivo ante la falta de medios de inspección fiables para detectar defectos de unión (kissing bonds, etc.) y determinar la calidad de la misma; el desarrollo de métodos de estudio de la durabilidad de la unión en condiciones de servicio; y el desarrollo de técnicas para la aplicación automatizada del adhesivo y el ensamblado robotizado de piezas.

En relación a la segunda tecnología relevante de esta tendencia, la simulación de uniones adhesivas (tema nº 40) aborda los mismos ámbitos (transmisión de calor, transformaciones estructurales y comportamiento

TABLA 13. TECNOLOGÍAS DE UNIÓN RELEVANTES EN RELACIÓN CON ‘ADHESIVOS’

TEMA	IGI	TECNOLOGÍA	2010	2015	2020	>2020
25. Unión Adhesiva	2,6	Integrabilidad en Sist.de Fab., Desarrollo de Conocimiento C-T, Regulación Seguridad e Higiene, Desarrollo Normativo/Certificación		TC-TME	TME-TM	
40. Simulación de uniones adhesivas (adhesive joints models)	2,4	Desarrollo de Conocimiento C-T, Disponibilidad de RRHH				

■ T. Emergente

■ T. en Crecimiento

■ T. Madura

■ T. Madura en Evolución

■ T. Madura en Recesión



mecánico) que se citaban previamente al tratar de la tendencia de simulación en el párrafo 4.3.

La modelización de la transmisión del calor en el conjunto pegado puede ayudar a localizar zonas donde el adhesivo no alcanza la temperatura de curado, o la alcanza a destiempo, dando lugar a defectos de fabricación importantes. Las transformaciones debidas a los procesos de reticulación de las cadenas poliméricas inducen cambios en la viscosidad del polímero que han de ser tenidos en cuenta para garantizar un relleno perfecto de la unión, dejando escapar los volátiles y evitando la formación de poros y huecos en la línea de pegado, sobre todo en uniones estructurales de responsabilidad y, en especial, en piezas de gran tamaño. En fin, la modelización del comportamiento mecánico de la unión adhesiva se enfrenta tanto al conocimiento de las propiedades mecánicas de los adherentes y del adhesivo para los espesores considerados, como al comportamiento de la intercara de unión, sobre los que habitualmente se carece de datos por la dificultad que supone extraer experimentalmente dicha información.

En opinión de los expertos, tanto el tema nº 25 como el tema nº 40 se encuentran en fase emergente, y si

bien la primera podrá madurar para el 2015, la segunda no lo hará hasta más allá del 2020. En cuanto a la posición de España, ésta es superior a la de los países de su entorno en el caso de las uniones adhesivas (nº 25) y ligeramente inferior a los mismos en relación con la capacidad científico-tecnológica en las tecnologías de simulación (nº 40). Por otra parte, los expertos califican a ambas tecnologías con un elevado atractivo dadas las expectativas que generan para alcanzar en España importantes avances científico-tecnológicos y por su explotabilidad en los mercados.

El principal obstáculo o factor crítico a superar para el pleno desarrollo de las uniones adhesivas (tema nº 25) es, a tenor de los resultados obtenidos, la integrabilidad de esta tecnología en los sistemas de fabricación y, en segundo lugar, con la misma valoración, el desarrollo de conocimiento científico-técnico, la regulación en seguridad e higiene y el desarrollo normativo/certificación.

En el caso de la simulación de las uniones adhesivas (tema nº 40) se considera que los factores críticos son el desarrollo de conocimiento científico-técnico y la disponibilidad de recursos humanos capacitados para su correcta aplicación.

# 5. Conclusiones



La unión de piezas y materiales es una cuestión crítica para la actividad productiva de numerosos sectores ya que gracias a ella son viables numerosos diseños y soluciones industriales orientados al aligeramiento, a la factibilidad de estructuras complejas, la simplicidad de montaje, la reducción de los tiempos de desarrollo, el abaratamiento de los productos, la optimización de los procesos de fabricación, etc.

En consecuencia, las tecnologías de unión están en continua evolución, impulsadas por la necesidad de proporcionar soluciones adecuadas a los retos que se les plantean a la hora de reducir costes, aumentar la productividad, mejorar la calidad y fiabilidad de las uniones, o adaptarse a los requerimientos de los nuevos materiales y sistemas de materiales, etc.

El presente “Estudio de Prospectiva sobre Tecnologías de Unión” fue formulado para interrogar a los expertos del país sobre los principales desafíos de futuro en el desarrollo de las tecnologías de unión en

relación con su aplicación en los sectores de bienes de equipo, naval, automoción y aeronáutica.

Los resultados obtenidos proporcionan una visión de los intereses que, presumiblemente, guiarán los futuros desarrollos en este ámbito. El análisis de estos resultados ha permitido identificar un conjunto de 26 tecnologías críticas para el conjunto de los sectores analizados, que definen cinco tendencias para las tecnologías de unión: Procesos de soldadura (alta productividad y/o alta calidad); Control no destructivo; Simulación; Robots, automatización y control; y Adhesivos.

En fin, la información generada podrá servir de base para el desarrollo de estrategias de I+D+i, así como para guiar las políticas de ciencia y tecnología en relación con las tecnologías de unión, a fin de disponer de los conocimientos y capacidades necesarios para un mejor aprovechamiento de oportunidades con proyección de futuro.





# Anexo I

## Relación de expertos en cada uno de los paneles

### Panel de Expertos

D. Joaquín Vázquez	AIMEN
D. Ramón Ameneiro	AIMEN
D. Jesús Sampedro	AIDO
D. Vicente Climent	AIMME
D. Ferrán Martí Ferré	AIMPLAS
D. José María Amo	CENIM
D. Víctor García	CTM
D. Toni Lara	CTM
D. Ricardo Álvarez	ITMA
D. Juan María Etayo	ROBOTIKER TECNALIA
D. Juan Carlos Suárez	UPM
Dña. Luisa Quintino	IST
D. Manuel Reina	UPM







## Paneles Consultivos

### BIENES DE EQUIPO

D. Joaquín Vázquez	AIMEN
D. Pedro Verón	ENSA
D. Eduardo López	VICINAY CADENAS
D. José Ángel Díaz	REPSOL YPF
Dña. M <sup>a</sup> José Yanes	REPSOL YPF
D. Ricardo Hernández	TECNICAS REUNIDAS
D. Darío Capas	GANDARA CENSA
D. José Galiño	DINAK
D. Antonio Esteban	SENER
D. Ambroise Vandewynckèle	AIMEN
D. Juan Carlos Suárez	UPM
D. Jesús Gálvez	Ingeniería y Montaje RIAS BAJAS

### NAVAL

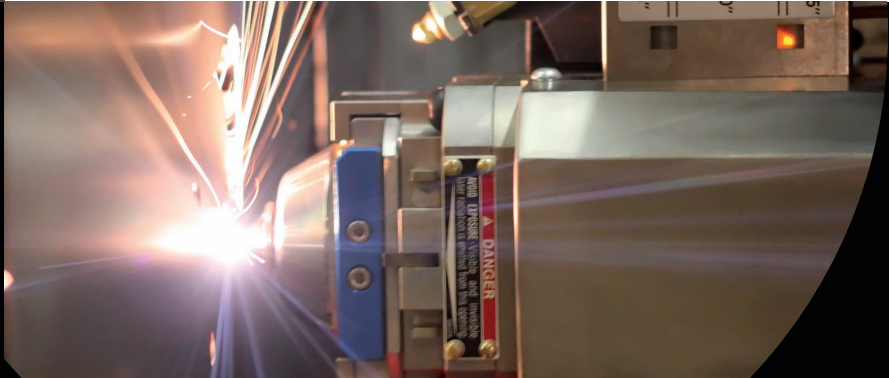
D. Joaquín Vázquez	AIMEN
D. Francisco Pita	HIJOS J. BARRERAS, S.A.
D. Luis De la Muela	NAVANTIA FERROL
D. Alfonso España	MONESA
D. Carlos Nogueiras	MONESA
D. Andrés Chacón	ASTILLEROS ARMÓN
Dña. María Pérez- Lama	FACTORIAS VULCANO, S.A.
D. Juan Carlos Suárez	UPM
D. Alejandro Conde	AIMEN

### AUTOMOCIÓN

D. Joaquín Vázquez	AIMEN
D. Isaac Elorza	CIE AUTOMOTIVE
D. Juan José Areal	Peugeot Citroën España - PSA
D. Fernando Fernández	Peugeot Citroën España - PSA
D. Jesús Cuadrado	RENAULT
D. Ricard Yuba	SEAT
D. Alberto Blanco	DYTECH-ENSA
D. Juan Carlos Suárez	UPM
D. Juan Martí Tudela	SEAT
Dña. Rosa Cruz Pedrol	SEAT
Dña. M <sup>a</sup> Luisa Soria	SERNAUTO
D. Javier Azcona	CITEAN
Dña. Cristina Jiménez	TECNALIA

### AERONÁUTICA

D. Joaquín Vázquez	AIMEN
D. Alejandro González	AIRGROUP
D. José Manuel Luna	EADS España
D. Raúl Muñoz	ITP
D. José Luis Bengoa	TECNICHAPA WEC
D. Juan Carlos Suárez	UPM
D. Ambroise Vandewynckèle	AIMEN



# Anexo II

## Cuestionario con los Resultados del Estudio

1. Tecnologías de Unión: Valores medios (todos los Paneles agregados)
2. Paneles Consultivos:
  - Bienes de Equipo
  - Naval
  - Automoción
  - Aeronáutico

### LEYENDA COMÚN PARA TODOS LOS PANELES

<b>TE:</b>	Tecnología Emergente
<b>TC:</b>	Tecnología Creciente
<b>TME:</b>	Tecnología Madura en Evolución
<b>TMR:</b>	Tecnología Madura en Recesión
<b>TM:</b>	Tecnología Madura
<b>(1):</b>	Valorar su impacto de 1 a 4
<b>(2):</b>	Valorar su impacto de 1 a 5 (1 = Bajo 5 = Alto)

TECNOLOGÍAS DE UNIÓN valores medios  (todos los paneles agregados)	Referencia	Nº Respuestas	Grado de Importancia (1 a 3)	Potencial de Desarrollo de la Tecnología/aplicación				Posición de España (1)		Atractivo para España (1)		Factores Críticos (2)						Nivel de impacto			
				2010	2015	2020	> 2020	Capacidad C-T	Aplicación Industrial	Ciencia y Tecnología	Mercado	Desarrollo de Conocimiento C-T	Regulación Medioambiental	Regulación Seguridad e Higiene	Integrabilidad en Sistemas de Fabricación	Desarrollo Normativo/Certificación	Disponibilidad de RRHH	Coste	Mercado	Calidad	Energía/ Medio Ambiente
<b>ARCO ELÉCTRICO</b>																					
Arco sumergido de alta productividad	5	30	2,2	TME	TM	TM	TM	2,63	2,69	2,72	2,86	2,7	2,1	2,2	3,5	3,1	2,3	3,0	3,0	3,4	2,7
Soldeo MIG-MAG de alta productividad	7	33	2,5	TME	TME	TM	TM	2,61	2,69	2,94	2,9	2,8	2,3	2,5	3,6	3,1	2,8	3,1	3,2	3,3	2,8
<b>LASER</b>																					
Soldadura láser Macro	16	28	2,6	TE	TC	TM	TM	2,18	2,5	3,29	3,18	3,4	2,4	3,2	3,7	3,4	2,7	3,9	3,6	4,0	3,1
Soldeo por láser Micro	17	21	2,3	TE	TC	TM	TM	2,14	2,14	3,24	2,9	3,3	2,6	3,1	3,5	3,3	2,4	3,5	3,2	3,8	3,0
<b>UNIÓN ADHESIVA</b>																					
Unión Adhesiva	25	28	2,6	TE	TC-TME	TME-TM	TME-TM	2,5	2,73	3,52	3,3	3,6	3,2	3,6	3,8	3,6	2,9	3,2	3,4	3,5	3,1
<b>CONTROL DEL PROCESO</b>																					
Técnicas de control inteligente de proceso	26	30	2,8	TE	TC	TME	TM	2,2	2,7	3,67	3,5	3,9	2,0	2,0	4,2	2,8	2,6	3,8	3,4	4,2	2,4
Tecnologías de teleoperación, telemantenimiento y telediagnos	27	26	2,4	TE	TC	TC	TME	2,15	2,5	2,96	3,12	3,6	1,9	2,1	3,8	2,5	2,5	3,7	3,1	3,8	2,3
Control de seguimiento de juntas de soldadura (seam tracking)	29	28	2,7	TE	TC	TC-TM	TM	2	2,71	3,14	3,18	3,6	1,8	1,8	3,8	2,6	2,5	3,6	3,2	4,1	2,3
<b>CONTROL DE LA UNIÓN</b>																					
Sistema de reconocimiento de la unión	31	28	2,5	TE	TC	TC	TM	2,18	2,61	3,25	3,25	3,6	1,7	1,9	3,8	2,7	2,5	3,5	3,1	4,0	2,0
Ultrasonidos	32	35	2,7	TME	TME	TM	TM	3	3,47	3,03	3,18	3,1	1,7	1,9	3,5	3,0	3,3	3,2	3,3	3,8	1,9
Radiografía	33	30	2,2	TM	TM	TMR	TMR	3,1	3,21	2,62	2,79	2,8	3,5	3,8	3,3	3,1	3,0	3,3	2,7	3,8	2,9

TECNOLOGÍAS DE UNIÓN valores medios  (todos los paneles agregados)	Referencia	Nº Respuestas	Grado de Importancia (1 a 3)	Potencial de Desarrollo de la Tecnología/aplicación				Posición de España (1)		Atractivo para España (1)		Factores Críticos (2)						Nivel de impacto			
				2010	2015	2020	> 2020	Capacidad C-T	Aplicación Industrial	Ciencia y Tecnología	Mercado	Desarrollo de Conocimiento C-T	Regulación Medioambiental	Regulación Seguridad e Higiene	Integrabilidad en Sistemas de Fabricación	Desarrollo Normativo/Certificación	Disponibilidad de RRHH	Coste	Mercado	Calidad	Energía/ Medio Ambiente
				TE	TE-TC	TC	TM	1,89	2,44	3,46	3,04	3,8	1,5	1,5	2,6	2,4	3,1	3,3	3,2	3,8	2,0
<b>SIMULACIÓN</b>																					
Simulación transferencia de calor (heat transfer analysis)	37	29	2,4	TE	TE-TC	TC	TM	1,89	2,44	3,46	3,04	3,8	1,5	1,5	2,6	2,4	3,1	3,3	3,2	3,8	2,0
Simulación de transformaciones metalúrgicas (metallurgical transformation models)	38	28	2,4	TE	TC	TC	TM	1,93	2,42	3,59	3,11	3,9	1,4	1,5	2,5	2,4	2,9	3,4	2,9	3,8	2,0
Simulación de comportamiento mecánico (mechanical analysis)	39	31	2,6	TE-TC	TC	TM	TM	2,43	2,87	3,47	3,37	3,7	1,4	1,5	2,4	2,6	3,1	3,4	3,3	3,8	2,0
Simulación de uniones adhesivas (adhesive joints models)	40	24	2,4	TE	TC	TME	TM	1,91	2,5	3,39	2,96	3,4	1,6	1,7	2,5	2,5	3,0	3,2	3,0	3,5	2,0
<b>AUTOMATIZACIÓN</b>																					
Nuevos interfaces de comunicación con robots	42	21	2,3	TE	TC	TME	TM	2,24	2,62	2,95	3,14	3,4	1,6	1,9	4,2	2,2	2,9	3,8	3,2	3,3	2,2
Robots cognitivos para aplicaciones de unión	43	18	2,4	TE	TE	TC	TM	1,78	2,56	3,17	3,28	3,6	1,6	2,2	4,4	2,4	3,0	4,2	3,4	3,9	2,2
<b>ARCO ELÉCTRICO</b>																					
Arco Eléctrico protegido con gas MIG/MAG	2	15	2,4	TME	TME	TMR	TMR	2,93	3,53	2,67	2,93	2,7	2,9	3,5	3,7	2,7	2,7	3,2	3,4	3,4	2,9
Soldadura automatizada TIG de alta productividad	6	26	2,7	TME	TME	TME	TM	2,62	2,72	3	3,13	3,0	2,1	2,4	3,6	2,8	3,1	3,4	3,5	4,0	2,8
Métodos de recargue	8	16	2,3	TME	TME	TM	TM	2,56	3	3,07	3,13	3,0	2,5	2,6	3,3	2,9	2,8	3,2	2,9	3,6	2,8
FCAW (flux cored arc welding)	9	20	2,5	TME	TME	TM	TM	3	3,42	3,11	3,26	2,9	2,5	2,6	3,3	3,0	3,0	3,0	3,3	3,3	2,5
Plasma	10	15	2,3	TME	TME	TM	TM	2,53	2,47	2,93	2,53	3,1	2,2	2,7	3,2	3,5	3,2	3,5	2,7	3,5	3,3
<b>FRICCIÓN</b>																					
FSW (Friction Stir Welding)	14	22	2,0	TE	TC	TME	TM	2,05	1,9	3,29	2,95	4,2	2,3	2,3	4,0	3,3	2,9	3,7	3,4	4,0	3,1



TECNOLOGÍAS DE UNIÓN valores medios  (todos los paneles agregados)	Referencia	Nº Respuestas	Grado de Importancia (1 a 3)	Potencial de Desarrollo de la Tecnología/aplicación				Posición de España (1)		Atractivo para España (1)		Factores Críticos (2)						Nivel de impacto			
				2010	2015	2020	> 2020	Capacidad C-T	Aplicación Industrial	Ciencia y Tecnología	Mercado	Desarrollo de Conocimiento C-T	Regulación Medioambiental	Regulación Seguridad e Higiene	Integrabilidad en Sistemas de Fabricación	Desarrollo Normativo/Certificación	Disponibilidad de RRHH	Coste	Mercado	Calidad	Energía/ Medio Ambiente
<b>RESISTENCIA</b>																					
Resistencia	19	20	2,5	TM	TM	TM-TMR	TMR	3,37	3,68	2,63	3,16	2,5	2,4	2,7	3,3	2,4	2,2	2,5	3,4	3,5	2,9
<b>ULTRASONIDOS</b>																					
Soldadura por ultrasonido	20	13	2,0	TC	TC	TME	TME-TM	2,53	2,87	2,47	2,93	2,5	1,5	1,8	2,4	2,2	1,7	2,5	2,2	2,8	2,7
<b>PROCESOS HÍBRIDOS</b>																					
Uniones híbridas basadas en arco / láser	22	22	2,2	TE	TC	TC-TM	TM	2,14	2,33	3,05	3,05	3,5	2,5	2,7	3,8	3,0	3,0	4,1	3,0	3,5	3,2
<b>OTROS</b>																					
Soldadura por placa caliente	24	3	3,0	...	...	...	...	2	3	3	3	2,0	3,0	4,0	3,0	3,0	2,0	2,0	2,0	3,0	2,5
<b>CONTROL DEL PROCESO</b>																					
Unidades de control multipuesto	28	10	2,6	TE-TC	TM	TM	TM	2,5	3	3,2	3,5	3,4	1,8	1,8	4,0	2,5	2,7	4,0	3,4	4,2	2,7
Supervisión y monitorización de proceso mediante equipos inte- grados en máquina (temperatu- ra, plasma, radiación, etc.)	30	29	2,7	TE	TC	TC-TM	TM	1,89	2,32	3,32	3,25	3,9	1,6	1,6	3,9	2,8	2,8	3,8	3,4	4,2	2,5
<b>CONTROL DE LA UNIÓN</b>																					
Corrientes inducidas	36	19	2,3	TME	TME	TM	TM	2,28	2,61	3,22	2,83	3,1	2,2	2,5	3,3	3,5	3,2	3,2	2,9	3,8	2,1
<b>AUTOMATIZACIÓN</b>																					
Programación off-line de robots para aplicaciones de unión	41	14	2,9	TC	TC-TME	TM	TM	2,43	2,79	3,29	3,14	3,3	1,8	2,3	3,5	2,8	3,2	3,8	3,8	3,9	2,3

PANEL CONSULTIVO	Referencia	Nº Respuestas	Grado de Importancia (alto, medio, bajo)	Potencial de Desarrollo de la Tecnología/aplicación				Posición de España (1)		Atractivo para España (1)		Factores Críticos (2)						Nivel de impacto			
				2010	2015	2020	> 2020	Capacidad C-T	Aplicación Industrial	Ciencia y Tecnología	Mercado	Desarrollo de Conocimiento C-T	Regulación Medioambiental	Regulación Seguridad e Higiene	Integrabilidad en Sistemas de Fabricación	Desarrollo Normativo/Certificación	Disponibilidad de RRHH	Coste	Mercado	Calidad	Energía/ Medio Ambiente
<b>BIENES DE EQUIPO</b>																					
<b>ARCO ELÉCTRICO</b>																					
Arco sumergido de alta productividad	5	10	2,6	TME	TME	TM	TM-TMR	2,7	3,2	3	3,6	2,8	2,0	2,1	3,9	3,2	3,1	3,6	3,3	3,7	3,0
Soldeo MIG-MAG de alta productividad	7	10	2,7	TC	TME	TME-TM	TM-TMR	2,5	3,1	3,1	3,3	3,2	2,2	2,2	4,0	3,5	3,5	3,8	3,5	3,7	3,2
<b>LASER</b>																					
Soldadura láser Macro	16	3	2,7	TC	TE-TC-TMR	TM	TMR	3	2,67	3,33	3,33	3,3	1,7	2,7	3,7	3,7	2,0	3,7	3,7	4,0	3,0
Soldeo por láser Micro	17	2	2,5	TE-TC	TE-TC	TM	TMR	2,5	1,5	3	2	3,0	1,5	3,0	3,5	3,5	2,0	3,5	3,5	4,0	2,5
<b>UNIÓN ADHESIVA</b>																					
Unión Adhesiva	25	3	2,7	TME	TME	TME	TM	2	1,67	3	2,33	2,7	2,0	2,0	2,7	2,3	1,7	3,5	2,0	3,0	2,7
<b>CONTROL DEL PROCESO</b>																					
Técnicas de control inteligente de proceso	26	8	2,8	TE	TE-TC	TC	TM	2,25	3,13	3,38	3,5	3,8	1,1	1,5	4,0	2,0	2,3	4,0	3,6	4,0	2,0
Tecnologías de teleoperación, telemantenimiento y telediagnóstico	27	7	2,1	TE	TE	TE-TC	TME	2	2,86	2,57	2,86	4,0	1,6	2,0	3,4	1,9	2,6	4,0	3,3	3,4	2,3
Control de seguimiento de juntas de soldadura (seam tracking)	29	7	2,6	TE	TC	TC	TC-TM	2	2,71	3,14	3,29	3,3	1,1	1,6	3,6	2,0	2,1	3,4	3,1	3,9	1,9
<b>CONTROL DE LA UNIÓN</b>																					
Sistema de reconocimiento de la unión	31	6	1,8	TE	TE	TC	TC	2	2,17	2,83	2,67	2,8	1,2	1,5	3,5	2,0	2,2	2,8	3,0	3,3	1,5
Ultrasonidos	32	10	3,0	TME	TME	TME	TM	3,5	3,8	3,9	3,9	3,2	1,8	2,2	3,5	3,6	3,6	3,1	3,4	4,0	1,9
Radiografía	33	9	2,4	TME-TMR	TMR	TMR	TMR	3,33	3,33	3,33	3,44	2,8	3,0	3,1	3,1	3,3	3,2	2,8	2,7	3,3	2,8
<b>SIMULACIÓN</b>																					
Simulación transferencia de calor (heat transfer analysis)	37	7	2,4	TE	TE-TC	TC	TC	2,14	3,14	3,43	3,14	3,9	1,0	1,1	2,6	1,9	3,0	2,7	3,0	3,6	1,4
Simulación de transformaciones metalúrgicas (metallurgical transformation models)	38	6	2,5	TE	TC	TC	TME	2,33	3,17	3,5	3,33	3,7	1,0	1,2	2,2	1,8	2,8	2,8	2,8	3,5	1,3

PANEL CONSULTIVO	Referencia	Nº Respuestas	Grado de Importancia (alto, medio, bajo)	Potencial de Desarrollo de la Tecnología/aplicación				Posición de España (1)		Atractivo para España (1)		Factores Críticos (2)						Nivel de impacto					
				2010	2015	2020	> 2020	Capacidad C-T	Aplicación Industrial	Ciencia y Tecnología	Mercado	Desarrollo de Conocimiento C-T	Regulación Medioambiental	Regulación Seguridad e Higiene	Integrabilidad en Sistemas de Fabricación	Desarrollo Normativo/Certificación	Disponibilidad de RRHH	Coste	Mercado	Calidad	Energía/ Medio Ambiente		
BIENES DE EQUIPO																							
<b>SIMULACIÓN</b>																							
Simulación comportamiento mecánico (mechanical analysis)	39	6	2,7	TC	TC	TME	TM	2,5	2,83	3,67	3,5	3,7	1,0	1,2	2,5	2,2	3,0	2,5	3,2	3,7	1,5		
Simulación de uniones adhesivas (adhesive joints models)	40	3	2,3	TE	TC	TME	TM	2,67	3	3,67	2,67	2,7	1,0	1,0	2,7	1,7	3,0	2,7	2,7	3,0	1,0		
<b>AUTOMATIZACIÓN</b>																							
Nuevos interfaces de comunicación con robots	42	5	2,2	TE	TE-TC	TC	TC-TM	2	2	2,8	2,8	4,0	1,4	1,8	4,6	2,2	2,8	3,4	3,6	3,8	2,0		
Robots cognitivos para aplicaciones de unión	43	4	2,5	TE	TE	TC-TME	TC-TME	1,75	2,25	2,75	2,75	3,8	1,5	2,0	4,5	2,5	2,5	4,3	3,5	3,8	2,0		
<b>ARCO ELÉCTRICO</b>																							
Soldadura automatizada TIG de alta productividad	6	9	3,0	TME	TME	TME	TM	2,67	3	3,56	4	3,0	2,2	2,1	3,7	2,6	2,9	3,9	4,0	4,0	2,1		
Métodos de recargue	8	7	2,6	TME-TM	TM	TM	TM	2,57	3,57	3,43	3,71	3,0	2,4	2,9	2,9	3,0	3,0	2,9	2,4	3,3	2,1		
FCAW (flux cored arc welding)	9	8	2,4	TME	TME	TM	TM	2,63	3,13	3,63	3,63	3,3	2,9	2,8	3,6	3,3	3,3	3,8	3,4	3,0	2,4		
<b>FRICCIÓN</b>																							
FSW (Friction Stir Welding)	14	4	2,3	TE	TC	TC	TE-TC-TM	2,25	2	2,5	2,75	3,3	2,0	2,3	3,3	2,8	2,8	2,8	3,0	2,5	1,8		
<b>PROCESOS HÍBRIDOS</b>																							
Uniones híbridas basadas en arco / láser	22	3	3,0	TE	TC	TC	TC	2	3	3	3,33	3,3	2,7	2,3	3,7	3,3	3,7	3,0	3,0	3,0	2,3		
<b>CONTROL DEL PROCESO</b>																							
Supervisión y monitorización de proceso mediante equipos integrados en máquina (temperatura, plasma, radiación, etc.)	30	5	2,6	TE	TE	TC	TC	1,8	2,4	3	3	4,2	1,2	1,6	4,0	2,6	3,4	3,2	3,2	4,0	1,6		
<b>CONTROL DE LA UNIÓN</b>																							
Corrientes inducidas	36	6	2,3	TME	TME-TM	TM	TMR	2,33	2,33	3,33	2,67	3,0	2,2	2,3	3,0	3,5	3,5	2,8	2,7	3,3	1,8		



PANEL CONSULTIVO	Referencia	Nº Respuestas	Grado de Importancia (alto, medio, bajo)	Potencial de Desarrollo de la Tecnología/aplicación				Posición de España (1)		Atractivo para España (1)		Factores Críticos (2)						Nivel de impacto			
				2010	2015	2020	> 2020	Capacidad C-T	Aplicación Industrial	Ciencia y Tecnología	Mercado	Desarrollo de Conocimiento C-T	Regulación Medioambiental	Regulación Seguridad e Higiene	Integrabilidad en Sistemas de Fabricación	Desarrollo Normativo/Certificación	Disponibilidad de RRHH	Coste	Mercado	Calidad	Energía/ Medio Ambiente
<b>NAVAL</b>																					
<b>ARCO ELÉCTRICO</b>																					
Arco sumergido de alta productividad	5	5	2,8	TC-TM	TM	TM	TM	3,2	3,2	2,8	3	2,2	1,8	2,0	3,4	3,4	2,6	2,6	2,8	3,4	1,6
Soldeo MIG-MAG de alta productividad	7	5	2,0	TM	TM	TM	TM	3,2	2,4	2	2	1,6	1,6	2,4	2,8	2,8	2,4	2,0	2,4	2,6	1,4
<b>LASER</b>																					
Soldadura láser Macro	16	5	2,0	TE	TC	TC	TM	1,8	2,2	2,6	2,6	2,6	2,6	3,4	3,0	3,0	2,6	3,6	2,4	3,2	2,2
Soldeo por láser Micro	17	4	2,0	TE	TE-TC	TC	TE-TC-TM	2	2,25	2,75	2,75	2,8	2,8	3,3	3,3	2,8	2,3	3,5	2,8	3,0	2,5
<b>UNIÓN ADHESIVA</b>																					
Unión Adhesiva	25	4	1,5	TE	TE	TC	TE-TC-TM	2	2,67	3	2,25	3,3	2,8	3,8	3,8	3,5	3,0	2,3	3,0	3,3	2,5
<b>CONTROL DEL PROCESO</b>																					
Técnicas de control inteligente de proceso	26	5	2,6	TE	TE-TC	TC	TME	2	2,8	3,6	3,6	3,2	2,4	2,4	4,2	2,6	3,0	2,8	3,0	3,6	2,0
Tecnologías de teleoperación, telemantenimiento y telediagnos	27	5	2,2	TE	TC	TC	TC-TME	1,8	2,6	2,8	3	3,2	2,4	2,8	3,8	2,6	2,8	2,8	2,6	3,4	2,0
Control de seguimiento de juntas de soldadura (seam tracking)	29	5	2,8	TE-TC	TE	TC-TM	TM	2,2	3,4	3,2	3,4	3,0	1,8	2,0	4,0	2,4	2,4	2,6	2,8	3,6	1,8
<b>CONTROL DE LA UNIÓN</b>																					
Sistema de reconocimiento de la unión	31	5	2,8	TE	TE	TC	TME	2,6	2,8	3	3,4	3,2	2,0	2,2	3,6	2,4	2,4	3,0	2,6	3,2	1,8
Ultrasonidos	32	5	2,6	TM	TM	TM	TM	3,4	4	2	2,6	2,2	1,3	1,8	3,4	2,2	2,0	2,0	2,4	3,0	1,6
Radiografía	33	5	2,4	TM	TM	TM	TM	3,6	3,6	1,4	1,8	1,8	3,5	3,6	2,6	2,4	2,4	2,6	2,2	3,2	2,2
<b>SIMULACIÓN</b>																					
Simulación transferencia de calor (heat transfer analysis)	37	5	2,8	TE	TE	TC	TC-TM	1,8	2,4	3,4	3,2	3,2	1,5	1,8	2,8	2,4	3,2	3,6	3,0	4,2	2,2
Simulación de transformaciones metalúrgicas (metallurgical transformation models)	38	5	2,4	TE	TC	TC	TC-TM	1,6	2,2	3,4	3,2	3,2	1,5	1,8	2,8	2,4	3,2	3,4	3,0	4,2	2,2



PANEL CONSULTIVO	Referencia	Nº Respuestas	Grado de Importancia (alto, medio, bajo)	Potencial de Desarrollo de la Tecnología/aplicación				Posición de España (1)		Atractivo para España (1)		Factores Críticos (2)						Nivel de impacto			
				2010	2015	2020	> 2020	Capacidad C-T	Aplicación Industrial	Ciencia y Tecnología	Mercado	Desarrollo de Conocimiento C-T	Regulación Medioambiental	Regulación Seguridad e Higiene	Integrabilidad en Sistemas de Fabricación	Desarrollo Normativo/Certificación	Disponibilidad de RRHH	Coste	Mercado	Calidad	Energía/ Medio Ambiente
<b>NAVAL</b>																					
<b>SIMULACIÓN</b>																					
Simulación comportamiento mecánico (mechanical analysis)	39	5	2,6	TE-TM	TC-TM	TM	TM	2,4	2,6	2,8	3	3,0	1,8	1,8	2,8	2,4	3,2	3,4	3,2	4,0	2,0
Simulación de uniones adhesivas (adhesive joints models)	40	4	1,8	TE	TE-TC	TC	TC-TM	1,33	1,67	3	2,25	3,0	1,8	2,0	2,8	2,3	3,3	3,0	2,0	3,5	2,0
<b>AUTOMATIZACIÓN</b>																					
Nuevos interfaces de comunicación con robots	42	4	2,5	TE	TE-TC	TC	TM	1,5	2,5	3	3	2,5	1,5	1,8	4,3	2,5	2,3	4,0	3,0	3,8	2,3
Robots cognitivos para aplicaciones de unión	43	4	2,5	TE	TE	TE	TM	1,5	2,25	3	3	2,5	1,5	1,8	4,3	2,5	2,3	4,0	3,0	3,8	2,3
<b>ARCO ELÉCTRICO</b>																					
Soldadura automatizada TIG de alta productividad	6	6	2,5	TC-TM	TM	TM	TM	2,5	3,17	2,5	2,5	2,2	1,3	2,0	3,0	2,7	2,5	2,7	3,0	3,8	2,3
FCAW (flux cored arc welding)	9	6	2,8	TM	TM	TM	TM	3,5	4	2,83	3	2,3	1,3	1,8	2,2	2,3	2,2	1,7	3,0	3,3	1,8
Plasma	10	6	2,0	TE-TC	TC	TC	TC	2,33	2,5	2,67	2,5	2,5	2,2	2,5	2,7	3,8	3,0	3,3	2,3	3,3	2,3
<b>PROCESOS HÍBRIDOS</b>																					
Uniones híbridas basadas en arco / láser	22	6	1,8	TC-TM	TC	TC-TME-TM	TM	2	2,4	2,67	2,67	3,2	2,2	2,2	3,7	3,8	3,3	4,0	2,7	3,3	2,5
<b>CONTROL DEL PROCESO</b>																					
Supervisión y monitorización de proceso mediante equipos integrados en máquina (temperatura, plasma, radiación, etc.)	30	6	2,5	TE	TC	TC	TM	1,6	2,6	3,2	3,4	3,2	1,8	1,8	3,6	3,4	2,8	3,8	3,6	4,2	2,8
<b>CONTROL DE LA UNIÓN</b>																					
Corrientes inducidas	36	6	1,8	TC-TM	TC-TM	TM	TM	2	2,8	3	3,2	2,8	2,4	3,0	3,2	3,8	3,0	3,4	3,4	4,0	2,6
<b>AUTOMATIZACIÓN</b>																					
Programación off-line de robots para aplicaciones de unión	41	4	2,8	TE	TC	TC	TC-TME	1,75	2,25	3,25	2,75	3,3	2,3	2,8	3,3	4,3	3,3	3,8	4,3	4,5	3,0

PANEL CONSULTIVO	Referencia	Nº Respuestas	Grado de Importancia (media)	Potencial de Desarrollo de la Tecnología/aplicación				Posición de España (1)		Atractivo para España (1)		Factores Críticos (2)						Nivel de impacto			
				2010	2015	2020	> 2020	Capacidad C-T	Aplicación Industrial	Ciencia y Tecnología	Mercado	Desarrollo de Conocimiento C-T	Regulación Medioambiental	Regulación Seguridad e Higiene	Integrabilidad en Sistemas de Fabricación	Desarrollo Normativo/Certificación	Disponibilidad de RRHH	Coste	Mercado	Calidad	Energía/ Medio Ambiente
<b>AUTOMOCIÓN</b>																					
<b>ARCO ELÉCTRICO</b>																					
Arco sumergido de alta productividad	5	4	1,0	TE-TM	TE-TM	TM-TMR	TMR	2,3	1,8	1,5	1,5	2,0	2,0	2,5	3,3	2,8	1,7	2,8	2,0	2,8	2,8
Soldeo MIG-MAG de alta productividad	7	8	2,4	TME-TM	TME-TM	TMR	TMR	2,5	2,9	2,8	2,8	2,4	2,5	2,8	3,1	2,6	2,4	3,0	2,9	2,5	3,0
<b>LASER</b>																					
Soldadura láser Macro	16	9	2,6	TME	TME	TM	TM	2,1	2,6	2,8	2,9	3,4	2,2	3,2	4,0	3,3	3,1	3,9	3,5	3,9	3,6
Soldeo por láser Micro	17	6	2,2	TC	TC-TM	TM	TM	2,5	2,8	2,7	2,7	2,8	2,7	3,0	3,2	3,0	2,7	3,2	2,8	3,3	3,0
<b>UNIÓN ADHESIVA</b>																					
Unión Adhesiva	25	10	2,7	TE	TC-TM	TM	TM-TMR	2,4	3,0	3,4	3,6	3,3	3,3	3,7	4,1	3,8	2,7	3,2	3,4	3,4	3,8
<b>CONTROL DEL PROCESO</b>																					
Técnicas de control inteligente de proceso	26	11	2,9	TE	TC	TME	TM	2,4	2,8	3,8	3,5	4,1	2,4	2,3	4,4	3,2	2,8	3,9	3,6	4,5	2,7
Tecnologías de teleoperación, telemantenimiento y telediagnos	27	10	2,6	TE	TC	TME	TM	2,6	2,6	3,0	3,4	3,4	1,8	2,2	3,9	2,8	2,4	3,7	3,1	4,0	2,6
Control de seguimiento de juntas de soldadura (seam tracking)	29	10	2,7	TE	TC	TM	TM	2,2	2,7	2,9	3,0	3,8	2,1	2,0	3,6	2,9	2,6	3,8	3,1	4,3	2,4
<b>CONTROL DE LA UNIÓN</b>																					
Sistema de reconocimiento de la unión	31	10	2,7	TE	TC	TM	TM	2,2	3,0	3,4	3,4	4,0	1,9	2,3	4,3	2,8	3,1	3,8	3,6	4,4	2,3
Ultrasonidos	32	9	2,6	TME-TM	TM	TM	TM	2,6	3,0	2,7	2,9	2,9	1,9	1,9	3,0	2,6	3,1	3,7	3,0	3,7	2,0
Radiografía	33	6	1,3	TM	TM-TMR	TMR	TMR	2,3	2,7	2,2	2,7	3,2	3,2	3,5	4,0	2,8	2,5	4,2	2,6	4,3	3,0
<b>SIMULACIÓN</b>																					
Simulación transferencia de calor (heat transfer analysis)	37	9	2,1	TE	TC	TME	TM	2,0	2,7	3,2	3,1	3,8	2,0	1,9	2,7	2,2	2,9	3,4	3,2	3,6	2,1
Simulación de transformaciones metalúrgicas (metallurgical transformation models)	38	9	2,2	TE	TC-TM	TM	TM	2,2	3,0	3,4	3,2	3,9	1,9	1,8	2,7	2,2	2,9	3,4	2,9	3,4	2,1

PANEL CONSULTIVO	Referencia	Nº Respuestas	Grado de Importancia (media)	Potencial de Desarrollo de la Tecnología/aplicación				Posición de España (1)		Atractivo para España (1)		Factores Críticos (2)						Nivel de impacto			
				2010	2015	2020	> 2020	Capacidad C-T	Aplicación Industrial	Ciencia y Tecnología	Mercado	Desarrollo de Conocimiento C-T	Regulación Medioambiental	Regulación Seguridad e Higiene	Integrabilidad en Sistemas de Fabricación	Desarrollo Normativo/Certificación	Disponibilidad de RRHH	Coste	Mercado	Calidad	Energía/ Medio Ambiente
<b>AUTOMOCIÓN</b>																					
<b>SIMULACIÓN</b>																					
Simulación comportamiento mecánico (mechanical analysis)	39	11	2,5	TC	TC-TME	TM	TM	2,6	3,4	3,6	3,6	3,9	1,7	1,8	2,4	2,4	3,1	3,6	3,3	3,6	2,3
Simulación de uniones adhesivas (adhesive joints models)	40	10	2,3	TE	TC	TM	TM	2,1	3,0	3,5	3,3	3,7	2,0	2,0	2,3	2,3	2,8	3,2	3,0	3,6	2,1
<b>AUTOMATIZACIÓN</b>																					
Nuevos interfaces de comunicación con robots	42	8	2,4	TME	TME	TM	TM	2,9	3,3	3,0	3,5	3,3	2,1	2,4	4,1	2,4	3,0	3,8	2,9	2,7	2,6
Robots cognitivos para aplicaciones de unión	43	6	2,3	TE	TE	TC	TME	2,2	3,5	3,2	3,5	3,7	2,0	2,2	4,3	2,5	3,7	4,2	3,2	4,2	2,7
<b>ARCO ELÉCTRICO</b>																					
Arco Eléctrico protegido con gas MIG/MAG	2	7	2,1	TM	TMR	TMR	TMR	3,1	3,6	2,1	2,9	2,3	3,0	3,6	4,0	2,6	2,3	3,7	3,3	3,0	3,2
<b>FRICCIÓN</b>																					
FSW (Friction Stir Welding)	14	8	1,9	TE	TE	TM	TM	2,3	2,0	3,0	3,1	3,7	3,1	2,9	4,4	3,0	3,0	4,0	3,2	4,0	3,4
<b>RESISTENCIA</b>																					
Resistencia	19	8	2,9	TM	TM	TMR	TMR	3,5	3,9	3,1	3,6	2,8	2,4	2,5	3,8	2,1	2,4	2,9	3,7	3,9	3,1
<b>ULTRASONIDO</b>																					
Soldadura por ultrasonido	20	5	1,6	TC	TC	TME	TM	2,4	3,0	2,4	2,8	3,2	2,8	3,0	3,4	2,6	2,4	3,8	2,8	3,5	3,4
<b>ULTRASONIDO</b>																					
Uniones híbridas basadas en arco / láser	22	7	2,1	TE	TC	TM	TM	2,1	2,6	2,9	3,0	3,0	2,3	2,9	3,7	2,4	3,0	4,3	2,7	3,6	3,9
<b>CONTROL DEL PROCESO</b>																					
Unidades de control multipuesto	28	8	2,6	TE-TC	TM	TM	TM	2,8	3,4	3,1	3,6	3,3	1,6	1,9	4,0	2,3	2,8	4,0	3,3	4,4	2,6
Supervisión y monitorización de proceso mediante equipos integrados en máquina (temperatura, plasma, radiación, etc.)	30	10	3,0	TE	TE-TC	TM	TM	2,3	2,8	3,4	3,7	3,7	1,9	1,7	4,1	2,3	2,4	3,8	3,3	4,3	2,3
<b>AUTOMATIZACIÓN</b>																					
Programación off-line de robots para aplicaciones de unión	41	8	2,9	TC	TC-TM	TM	TM	2,9	3,4	3,4	3,5	3,3	1,9	1,9	3,6	2,0	3,0	4,0	4,0	3,8	2,2

PANEL CONSULTIVO	Referencia	Nº Respuestas	Grado de Importancia (media)	Potencial de Desarrollo de la Tecnología/aplicación				Posición de España (1)		Atractivo para España (1)		Factores Críticos (2)						Nivel de impacto			
				2010	2015	2020	> 2020	Capacidad C-T	Aplicación Industrial	Ciencia y Tecnología	Mercado	Desarrollo de Conocimiento C-T	Regulación Medioambiental	Regulación Seguridad e Higiene	Integrabilidad en Sistemas de Fabricación	Desarrollo Normativo/Certificación	Disponibilidad de RRHH	Coste	Mercado	Calidad	Energía/ Medio Ambiente
<b>AERONÁUTICA</b>																					
<b>ARCO ELÉCTRICO</b>																					
Arco sumergido de alta productividad	5	3	1,0	TM	TM	TMR	TMR	2,33	2,33	2,33	1,67	2	3	2,67	1,67	3	1	2	2	3,67	2
Soldeo MIG-MAG de alta productividad	7	2	1,0	TM-TMR	TM-TMR	TM-TMR	TM-TMR	2,5	1,5	2	1,5	1,5	2	1,5	3,5	4	1	2	1	2,5	2
<b>LASER</b>																					
Soldadura láser Macro	16	4	2,8	TE	TC	TM	TM	1,5	2,25	3,75	3,75	3,75	2,75	3,5	3,5	4,5	2,5	3,75	3,75	4	3,5
Soldeo por láser Micro	17	3	2,7	TE	TE-TC	TM	TM	1,33	2	3,67	3,67	3,67	3	3,33	3,33	4,33	2	3,33	3,33	4	3,67
<b>UNIÓN ADHESIVA</b>																					
Unión Adhesiva	25	4	3,0	TME	TME	TME	TME-TM	3,25	3,25	3,5	3,25	4	4	3,75	4	4,5	3,75	4	4	3,25	3,5
<b>CONTROL DEL PROCESO</b>																					
Técnicas de control inteligente de proceso	26	4	3,0	TE	TE-TC	TM	TM	2,25	2	3,5	3,5	3,75	2,25	1,5	3,75	3	2,5	4,25	3,25	4,25	2,75
Tecnologías de teleoperación, telemantenimiento y telediagnos	27	2	2,5	TE-TC	TC-TME	TME-TM	TME-TM	2	1,5	3,5	3	4	2,5	1	4,5	2	2,5	4,5	3,5	5	2
Control de seguimiento de juntas de soldadura (seam tracking)	29	4	2,8	TE	TE-TC	TME	TM	1,5	2,25	3	3,25	3,75	2,5	1,75	4,25	3	2,75	4	3,25	4,5	3
<b>CONTROL DE LA UNIÓN</b>																					
Sistema de reconocimiento de la unión	31	3	2,3	TE	TC	TME	TM	1,67	3,33	3,33	3,67	3,67	2,33	2	4,33	2,67	1,33	3,33	2,67	4,33	2
Ultrasonidos	32	4	2,5	TM	TM	TM	TM	3	3,5	2,5	2,75	2,75	2	2	3,5	3,25	3,5	3	3,5	3,75	2,25
Radiografía	33	4	2,3	TM	TM	TMR	TM-TMR	3,5	3,25	2,5	2,25	2,5	4,5	4,75	3,5	3,25	2,5	3	2,75	4	3,75
<b>SIMULACIÓN</b>																					
Simulación transferencia de calor (heat transfer analysis)	37	3	2,3	TE-TC	TE-TC	TC-TM	TM	1,33	1,67	4	2,67	3,33	1,67	1	3,33	3,67	3,67	4	4	3,67	2,33
Simulación de transformaciones metalúrgicas (metallurgical transformation models)	38	3	2,3	TE	TE-TC	TC	TM	1,33	1,33	4	2,67	4	1	1	3,33	3,67	3,33	4	4	4	2,33

PANEL CONSULTIVO	Referencia	Nº Respuestas	Grado de Importancia (media)	Potencial de Desarrollo de la Tecnología/aplicación				Posición de España (1)		Atractivo para España (1)		Factores Críticos (2)						Nivel de impacto			
				2010	2015	2020	> 2020	Capacidad C-T	Aplicación Industrial	Ciencia y Tecnología	Mercado	Desarrollo de Conocimiento C-T	Regulación Medioambiental	Regulación Seguridad e Higiene	Integrabilidad en Sistemas de Fabricación	Desarrollo Normativo/Certificación	Disponibilidad de RRHH	Coste	Mercado	Calidad	Energía/ Medio Ambiente
<b>SIMULACIÓN</b>																					
	39	4	2,8	TE-TME	TC-TME-TM	TM	TM	2	2,25	3,25	3	3,25	1,25	1,25	3	3,75	3	4	4,25	3,75	2,25
	40	4	2,8	TE	TE-TC	TME	TM	1,25	1,75	2,75	2,5	3	1,25	1,25	3	3,75	3	4	4	3,5	2,5
<b>AUTOMATIZACIÓN</b>																					
	42	2	1,5	TC-TM	TC-TM	TM	TM-TMR	2,5	3,5	2	2,5	2,5	1	1	4	1	4	4,5	3,5	3,5	1,5
	43	2	2,0	TC-TM	TME	TME-TM	TM	1,5	2,5	3,5	4	3,5	1	1,5	4,5	1	3,5	4,5	4,5	4,5	2
<b>ARCO ELÉCTRICO</b>																					
	6	3	2,3	TM	TM	TMR	TMR	3,67	4	2,33	2,67	3	2,33	2,33	3,67	3,33	3	3,33	3,67	4,33	3
	8	3	1,7	TE-TM	TE-TM	TM	TM	2,33	3	2	2	2	2	1,67	2,67	2,67	2,67	3,33	2,33	3	2,67
	10	4	2,8	TE	TE-TC	TM	TM	1,75	2,75	2,5	2,25	2,75	1,75	1,75	3	3,5	3	4,25	2,25	2,75	3,75
<b>FRICCIÓN</b>																					
	14	3	2,0	TE	TC	TM	TM	1,67	2,67	3,67	3,33	4,33	2,67	2,67	4,33	4,67	4	3,67	4	4,67	4
<b>RESISTENCIA</b>																					
	19	4	2,0	TM	TM	TMR	TMR	3,5	3,5	1,75	2,25	2,25	2,25	2,75	2,5	2,75	2,75	2,25	2,5	3,75	3
<b>ULTRASONIDO</b>																					
	20	3	2,0	TE	TE	TM	TM	1,33	1	2,33	2,67	3,33	1,67	1,33	2,67	3	2	3	3,33	3,67	3,67
<b>CONTROL DEL PROCESO</b>																					
	30	4	2,5	TE	TE	TM	TM	1,25	1	3,25	2,5	3,75	1,25	1	3	3	3,5	4,5	3	3,5	3,75
<b>CONTROL DE LA UNIÓN</b>																					
	36	2	3,0	TE-TME	TE-TME	TM	TM	2	1,5	3	2,5	3	1,5	1,5	3,5	4	3	3,5	2,5	3,5	3