

2. JUSTIFICACIÓN.

2.1. Justificación del Título propuesto, argumentando el interés académico, científico o profesional del mismo.

La robótica ocupa un lugar cada vez más importante en nuestra sociedad. Numerosos avances tecnológicos recientes están ligados a la automatización llevada a cabo por medio de la robótica y de la mecatrónica, junto con el desarrollo de sistemas de control autónomos e inteligentes. En materia económica, la robótica equivale a progreso y desarrollo, ya sea en el ámbito de la industria, la agricultura, la medicina o las comunicaciones. Los países y las empresas que apuestan por la robótica consiguen mejorar sus niveles de competitividad y productividad.

Pero la promoción de este ámbito no puede estar únicamente ligada a la inversión en I+D+i en el sector privado. Una fuerte inversión sin un acompañamiento razonado en materia educativa implicaría un desarrollo incompleto de la innovación, y convertiría a nuestro país en un receptor de novedades, antes que en un país pionero y productor de innovación tecnológica. El Libro Blanco de la Robótica (2011)¹ apunta más allá al apostar por una imbricación de la formación en contenidos relacionados con la robótica en todos los niveles educativos, con mayor incidencia en las áreas técnicas. En esta dirección apuntaba también el documento de trabajo de la UNESCO, Perspectivas de la Educación en el Siglo XXI (1998)², así como su más reciente documento, Rethinking Education (2015)³. Si la robótica o la automatización son sinónimos de modernidad en el ámbito industrial o médico, actualmente lo son también en el ámbito educativo. En cuanto a su aplicación al medio rural, la Declaración de Cork 2.0 (2016)⁴, ratificada por la Comisión Europea, da buena cuenta de la necesidad creciente de un impulso digital para el medio rural en todas sus especificidades. En el caso de Galicia, se encuentra ya numerosas iniciativas de actualización a la era digital, en las que la robótica jugará un papel clave tanto para el sector industrial como para el agrícola o rural, como la Estrategia de Especialización Inteligente de Galicia RIS3⁵, entre otras, y que son ya conocidas en el Campus Terra.

En el ámbito de los estudios superiores, el profesional que, hace treinta años, quería formarse en contenidos relacionados con la robótica, tenía que optar por estudiar alguna ingeniería relacionada con la robótica en un sentido muy amplio (industrial, informática, eléctrica), en las que apenas encontraría alguna asignatura optativa específica. Una vez finalizada la licenciatura o el grado, quizás podría optar a especializarse en robótica por medio de un máster o en estudios de doctorado. Afortunadamente, esta situación ha cambiado y actualmente nuestro país cuenta, desde hace ya casi diez años, con algunos estudios superiores de especialización en robótica, mecatrónica o automatización y control, en menor número en recorridos formativos de grados adaptados al EEES, y especialmente en másteres en las universidades públicas y privadas más prestigiosas, así como algunos programas de doctorado.

¹ Desarrollado por el Comité Español de Automática, acceso en: http://www.ceautomatica.es/sites/default/files/upload/10/files/LIBRO%20BLANCO%20DE%20LA%20ROBOTICA%20_v1.pdf.

² Recogido en la Conferencia Mundial sobre la Educación Superior, acceso en: <http://unesdoc.unesco.org/images/0011/001163/116345s.pdf>

³ UNESCO Publishing, acceso en: <http://unesdoc.unesco.org/images/0023/002325/232555e.pdf>

⁴ Unión Europea, oficina de publicaciones, acceso en: https://enrd.ec.europa.eu/sites/enrd/files/cork-declaration_es.pdf

⁵ RIS3 Galicia, acceso a la documentación en: http://www.ris3galicia.es/?page_id=269&lang=es

Destacar la implantación, ya en su 3º curso, del Grado en Ingeniería Robótica por la Universidad de Alicante y del Grado en Ingeniería de Robótica Software por la Universidad Rey Juan Carlos, que comenzó a impartirse el curso 2018/19, únicos en el Sistema Universitario Español coincidentes con el título propuesto en esta memoria. Aunque existen otros grados donde puede abordarse algunos contenidos de robótica, todos ellos responden a títulos de ingeniería industrial que no corresponden con los objetivos de un grado no habilitante y que agrupa competencias diferentes.

Oferta de estudios superiores en Robótica o áreas afines	
Grado en Ingeniería robótica (UAL)	Grado en Ingeniería Electrónica, Robótica y Mecatrónica (UMAL y US)
Grado en Ingeniería de Robótica Software (URJC)	Máster en Robótica (UMH)
Máster en Automática y Robótica (UPM)	Máster en Automática y Robótica (UPC)
Máster en Automática y Robótica (UAL)	Máster en Automática, Robótica y Telemática (US)
Máster en Ingeniería de Control, Automatización y Robótica (UPV)	Máster en Robótica y Automatización (UC3M)
Máster en Robótica avanzada (UJ1)	Programa de Doctorado en Automática y Robótica (UV)
Programa de Doctorado en Automática y Robótica (UPM)	Programa de Doctorado en Ingeniería de Control, Automática y Robótica (UPV)

Además, como puede verse en los siguientes cuadros comparativos, los indicadores educativos de calidad señalados por la ANECA muestran, en todos estos estudios, resultados muy favorables. Esto puede explicarse no solo por el buen diseño de estos grados y másteres, sino por su correcta adecuación con el ámbito de influencia de esos títulos, y por la numerosa demanda con la que cuentan ya desde sus primeros años de aplicación.

Grado en Ingeniería Robótica (U Alicante)	
Curso	16/17
Tasa de éxito	N/D
Tasa de rendimiento	71
Tasa de abandono	N/D
Tasa de graduación	N/D
Tasa de eficiencia	N/D
Satisfacción con la docencia recibida	6,8
Tasa de matrícula	100
Duración media	N/D

	Curso	Tasa de éxito	Tasa de rendimiento	Tasa de abandono	Tasa de graduación	Tasa de eficiencia	Satisfacción con la docencia recibida	Tasa de matrícula
Máster en Automática y Robótica (UPC)	15/16	93,2	91,9	30,8	57,7	97,1	N/D	N/D
Máster en Robótica (UMH)	16/17	N/D	85,9	N/D	N/D	100	82,2	80
Máster en Ingeniería de Control, Automatización y Robótica (UPV)	15/16	98,5	88,9	N/D	N/D	96,2	N/D	52,5
Máster Universitario Erasmus Mundos en Robótica Avanzada (UJI)	16/17	N/D	100	N/D	N/D	97,9	N/D	53,3
Máster en Robótica y Automatización (UC3M)	16/17	N/D	N/D	N/D	53	N/D	3,7	165
Máster en Ingeniería Electrónica, Robótica y Automática - US	16/17	98,6	71,6	N/D	N/D	94,7	4,1	76,6
Máster en Automática y Robótica - UAL	15/16	N/D	92	N/D	N/D	95	N/D	97
Grado en Ingeniería Electrónica, Robótica y Mecatrónica - Umal y US	14/15	75,8	60,1	N/D	N/D	N/D	3,7	100

En el plano académico, más allá de los registros de patentes asociados a la robótica, la producción científica es de gran relevancia y existen numerosas revistas relacionadas: en el JCR se incluyen hasta 19 revistas dentro del grupo Robotics y 58 dentro del grupo Automation and Control Systems. La robótica es, además, una de las áreas prioritarias de los programas de investigación de los países desarrollados. En España, dentro de la iniciativa pública, da buena cuenta de ello el Centro de Automática y Robótica del CSIC, que agrupa iniciativas públicas y privadas, así como los más de 42 centros de investigación (entre universidades y el propio CSIC), dedicados a la investigación en robótica.

Dentro de este mismo ámbito destaca también el Instituto de Robótica e Informática Industrial, desarrollado en conjunto entre la Universidad Politécnica de Catalunya y el CSIC, que cuenta con 3 patentes, más de 100 tesis doctorales y más de 350 artículos. En el marco de la robótica aplicada al sector agrícola, hay que destacar el grupo de investigación en agricultura de precisión (GRAP), de la Universidad de Lérida; el grupo de investigación desarrollado en la Universidad de Sevilla AGR-278 Smart Biosystems Laboratory y, por último, el Laboratorio de Robótica Agrícola de la Universidad Politécnica de Valencia, con quien, además, hemos contado como asesores durante el desarrollo de esta propuesta.

En el ámbito específicamente gallego encontramos iniciativas pioneras en el noroeste de la península y que se desarrollan, además, en el Campus Terra con el apoyo de Gradient, como es el Polo de Innovación Digital para el sector agroalimentario de Galicia, en el que cuestiones como el Smart Farming y la digitalización del rural están ya asentadas. Estos grupos dan buena cuenta de la madurez académica de la robótica agrícola o digital en España, y sus investigaciones confirman la necesidad de desarrollar estudios superiores en esta materia, ya que resultarán claves para la adaptación al siglo XXI del sector agroalimentario gallego, y que

suponen la mejor manera de aprovechar las fuertes inversiones anunciadas desde la Xunta de Galicia para los próximos años.

Atendiendo a estas evidencias, cabe afirmar, sin género de dudas, que la robótica es un área de estudio bien asentada en términos de oferta y resultado en los estudios superiores españoles (a la espera de una mayor imbricación de estas especialidades en los estudios previos y de acceso). Ello no solo es una buena noticia para el mundo académico nacional, que se encuentra por fin a la par con la oferta académica que encontramos en la mayor parte de los países de la Unión Europea, sino que indica cuál es el siguiente paso a seguir por esta disciplina, y es que todo apunta a que, una vez asentada la oferta, es momento de fomentar y fortalecer los ámbitos especializados en los que una intervención en automatización robótica puede optimizar los resultados, así como reducir significativamente los riesgos laborales de profesiones que, pronto, serán parte del pasado.

La robótica, o la ingeniería robótica, se predice como la formación del ámbito STEM que mejor cubre la demanda laboral actual y la futura. En este sentido, los expertos españoles dedicados al reclutamiento de personal, así como los directivos de las grandes empresas tecnológicas hacen patente su preocupación por la falta de talento tecnológico en España y la necesidad de este para cubrir la demanda laboral y desarrollar las profesiones del futuro (Randstad Research). La falta de mano de obra especializada en ingeniería, tecnología o robótica también hace peligrar que España pueda mantener un perfil competitivo en la industria internacional y no aumentar la brecha productiva y de conocimiento que nos aleje de las grandes potencias.

Una característica común, y quizás la mayor potencialidad, de los estudios de robótica que encontramos actualmente en España, es su imbricación con el tejido industrial de la zona de influencia de estos títulos. En general, se apunta a ofrecer, para estas industrias ya asentadas o nacientes, oportunidades de automatización altamente especializadas, ya sea ex novo y en una remodelación del proceso productivo implicado, o en mejoras puntuales para procesos específicos. Frente a la maquinaria robótica de exportación de carácter generalista y que implica una adaptación del proceso a la maquinaria, el/la profesional graduado/a en robótica puede ofrecer y desarrollar una automatización específica para las necesidades de la empresa. Ello implica, también, que la relación laboral del titulado/a que ofrece estos servicios para la optimización industrial es, necesariamente, de larga duración, puesto que el mantenimiento de esta maquinaria, altamente especializada, solo puede realizarlo quien lo haya diseñado.

Parece evidente la necesidad de un grado generalista en Robótica con aplicación en todos los ámbitos económicos, adaptando los planes de estudio a las características propias de cada universidad con el fin de aprovechar al máximo las sinergias docentes e investigadoras y estructura económica y productiva de cada ámbito geográfico.

Si atendemos a la zona de influencia y aplicación del grado que proponemos, el Campus Terra ofrece una inmejorable oportunidad para el desarrollo de la robótica agrícola o agroforestal. Como señalan Antonio Barrientos y Jaime del Cerro (2016)⁶, ambos investigadores del Centro de Automática y Robótica (iniciativa conjunta de la Universidad Politécnica de Madrid y del CSIC), el uso de robots en tareas agrícolas constituye el siguiente campo de entrada de la robótica, en el que la comercialización está alcanzando su madurez de desarrollo. Galicia cuenta ya con planes de impulso a la introducción de estas innovaciones, como el ya citado Polo de

⁶ Antonio Barrientos y Jaime del Cerro, "El uso de robots en tareas agrícolas", artículo accesible en: <http://www.interempresas.net/Horticola/Articulos/151745-El-uso-de-robots-en-tareas-agricolas.html>

Innovación Digital para el Sector Agroalimentario en Galicia, o la Estrategia de Especialización Inteligente de Galicia RIS3, ambas ya asentadas en los desarrollos y colaboraciones académicas del Campus Terra. Si atendemos a la tendencia general en los estudios de robótica y *Smart Farming*, la perspectiva de un Grado en Robótica en nuestra comunidad puede suponer una ventaja muy significativa frente a la maquinaria de corte generalista que puede encontrar el agricultor medio disponible a nivel comercial. Un/a graduado/a en Robótica del Campus Terra, si opta por la especialización en AgroRobótica, debe poder ofrecer una solución de optimización altamente especializada, que supere en potencialidades a la maquinaria de corte general que se encuentra en el mercado, así como proponer y dirigir proyectos de implantación y de uso de robots en múltiples sectores, desde el ámbito industrial al de servicios, con especial atención a su entorno provincial y comunitario.

En cuanto al encaje de un Grado en Robótica en el Sistema Universitario Gallego, éste supondría una oferta única y de alta especialización, que aprovecharía la ya dilatada experiencia del SUG en materia de ingeniería industrial e informática, pero que lo distingue de este tipo de estudios al ofrecer un recorrido formativo centrado en la robótica de forma exclusiva. Además, la posibilidad de desarrollar una especialización en AgroRobótica, como ya venimos destacando, supondría una novedad dentro de la oferta de estudios superiores española, orientada siempre a una integración en el sector industrial o de servicios, algo que, igualmente, también está contemplado dentro del recorrido de robótica general que incluye este Grado.

2.1.1. Datos y estudios acerca de la demanda potencial del Título y su interés para la sociedad.

El uso industrial de la robótica era, hace tan solo unas décadas, una novedad destacable, mientras que hoy en día podemos hablar, con total seguridad, de un campo de la innovación tecnológica maduro y asentado. Según el informe ejecutivo de la edición de 2017 de la World Robotics⁷ llevado a cabo por la Federación Internacional de Robótica (IFR), las ventas de robots se han incrementado un 16%, fundamentalmente debido al impulso de la robótica aplicada a la industria electrónica y alimentaria. Alemania lidera estas estadísticas para el ámbito europeo, si bien este último se mantiene aún muy lejos de las marcas que alcanza el continente asiático. Las tendencias estimadas para los próximos años por los expertos de la IFR señalan a España como uno de los países de Europa que más aumentará su compra e instalación de robots.

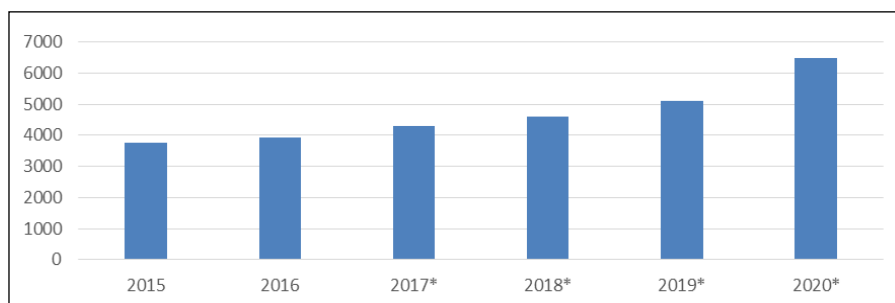


Figura 1.1. Compras anuales en robótica y estimaciones para España en nº de unidades (IFR 2017)

⁷ International Federation of Robotics, acceso al informe ejecutivo en: https://ifr.org/downloads/press/Executive_Summary_WR_2017_Industrial_Robots.pdf

Country	2015	2016	2017*	2018*	2019*	2020*	2017/2016	CAGR 2018 - 2020
America	38,134	41,295	48,000	50,900	58,200	73,300	16%	15%
North America	36,444	39,671	46,000	48,500	55,000	69,000	16%	14%
- United States	27,504	31,404	36,000	38,000	45,000	55,000	15%	15%
- Canada	3,474	2,334	3,500	4,500	3,000	5,000	50%	13%
- Mexico	5,466	5,933	6,500	6,000	7,000	9,000	10%	11%
Brazil	1,407	1,207	1,500	1,800	2,500	3,500	24%	33%
Rest of South America	283	417	500	600	700	800	20%	17%
Asia/Australia	160,558	190,542	230,300	256,550	296,000	354,400	21%	15%
China	68,556	87,000	115,000	140,000	170,000	210,000	32%	22%
India	2,065	2,627	3,000	3,500	5,000	6,000	14%	26%
Japan	35,023	38,586	42,000	44,000	45,000	48,000	9%	5%
Republic of Korea	38,285	41,373	43,500	42,000	44,000	50,000	5%	5%
Taiwan	7,200	7,569	9,000	9,500	12,000	14,000	19%	16%
Thailand	2,556	2,646	3,000	3,500	4,000	5,000	13%	19%
other Asia/Australia	6,873	10,741	14,800	14,050	16,000	21,400	38%	13%
Europe	50,073	56,043	61,200	63,950	70,750	82,600	9%	11%
Central/Eastern Europe	6,136	7,758	9,900	11,750	13,900	17,500	28%	21%
France	3,045	4,232	4,700	4,500	5,000	6,000	11%	8%
Germany	19,945	20,039	21,000	21,500	23,500	25,000	5%	6%
Italy	6,657	6,465	7,100	7,000	7,500	8,500	10%	6%
Spain	3,766	3,919	4,300	4,600	5,100	6,500	10%	15%
United Kingdom	1,645	1,787	1,900	2,000	2,300	2,500	6%	10%
other Europe	8,879	11,843	12,300	12,600	13,450	16,600	4%	11%
Africa	348	879	800	850	950	1,200	-9%	14%
not specified by countries**	4,635	5,553	6,500	7,000	8,000	9,400	17%	13%
TOTAL	253,748	294,312	346,800	379,250	433,900	520,900	18%	15%

Figura 1.2. Compras anuales en robótica y estimaciones en nº de unidades (IFR 2017)

El informe Robotics 208, de la Alianza para la Robótica en Europa (SPARC), destaca un área específica para este ámbito de la robótica agrícola, y lo señala como uno de los campos de especialización a desarrollar en el horizonte marcado para el año 2020. El mercado de la maquinaria agrícola alcanzó en 2013 un valor estimado de 96 billones de euros, de los cuales Europa ocuparía un 30% de su cuota de mercado. Se estima, según este mismo informe, que la introducción de la robótica en este mismo sector podría llegar a suponer un aumento de hasta 30 billones en este mercado. Las cifras de España en estos aspectos están aún muy lejanas de las que pueden alcanzar países como Alemania o los Países Bajos, pero no cabe duda de que el complemento más acertado para salvar esa diferencia es una apuesta fuerte por la innovación desde la educación superior, una necesidad en la que insiste el citado informe en todas las áreas de aplicación de la robótica. Además, si tenemos en cuenta que la tendencia actual en el campo de la robótica es la especialización y aplicación a la práctica totalidad de sectores productivos, una oferta de especialización en AgroRobótica, ante estas perspectivas de inversión europea, supone una oportunidad laboral y económica inmejorable, ya que este tipo de especializaciones solo se encuentran, a nivel europeo, como una opción de formación que el interesado debe desarrollar conjuntando varios estudios, pero nunca de forma exclusiva.

World production agricultural machines (VDMA, 2013 estimated)	€96bn
Investment €/ha Germany 2012	324 €/ha
Investment €/ha Netherlands 2012	599 €/ha
Investment €/ha Spain 2012	36 €/ha
Investment €/ha EU 2012	150 €/ha
Agricultural area ha EU	170 m.ha

⁸ Partnership for Robotics in Europe, acceso al informe en: https://www.eu-robotics.net/cms/upload/topic_groups/H2020_Robotics_Multi-Annual_Roadmap ICT-2017B.pdf

En materia laboral, los/as profesionales técnicos en robótica tienden a encontrar empleo, como venimos señalando, en el desarrollo de una robotización altamente especializada de los procesos productivos en el ámbito industrial y de servicios. Sin embargo, si bien es un ámbito del empleo que mantiene una alta demanda (según el último informe Infoempleo 2016, de Adecco⁹), se trata de un sector que requiere de una mejor definición, puesto que la labor que puede abarcar el/la profesional de la robótica es superior y de mayor especialización que aquellas tareas que tradicionalmente se asignaban a un/a ingeniero/a titulado en informática o industria, si bien nunca con el grado de especialización que puede ofrecer un/a titulado/a formado exclusivamente en robótica.

Otro aspecto de indudable relevancia es la oferta educativa de la Consellería de Cultura, Educación e Ordenación Universitaria con la materia de libre configuración autonómica de elección para los centros docentes en las etapas de educación secundaria obligatoria y bachillerato de "Robótica" y con la puesta en marcha en Formación Profesional del Ciclo Superior de "Automatización y robótica industrial" (CSELE03).

En conclusión, la demanda económica y laboral derivada de la automatización y la robótica es constante y sostenida desde hace décadas, pero su asentamiento como sector económico y la tendencia a aplicar estos procesos a la práctica totalidad de los sectores productivos ponen de manifiesto la necesidad de una mayor especialización que ya no puede ser abarcada desde el enfoque generalista que ofrecen los estudios en ingeniería. Ante la consolidación de la aplicación de la robótica en la economía española, el siguiente paso que deben ofrecer los estudios en esta área debe ser una orientación hacia la especialización, que pueda desarrollar los trabajos del futuro y asentar a la región en un sector que requiere innovación y cuya oferta académica sigue estando hoy limitada a los centros de investigación.

2.1.2. Relación de la propuesta con las características socioeconómicas de la zona de influencia del Título.

La tendencia general en los estudios de robótica que encontramos en España apunta hacia una integración con el tejido industrial y empresarial de su zona de influencia. En los grados especializados que encontramos en Alicante o Málaga y Sevilla, esta integración ha funcionado por medio de estrategias conjuntas entre las universidades y el sector privado, que han favorecido la innovación tecnológica de las empresas de la zona. Así, a partir de la oportunidad de un grado generalista en Robótica con aplicación en todos los ámbitos económicos, se incide en la oportunidad de la orientación o especialización de los diferentes ámbitos económicos.

Para el caso del Campus Terra, la orientación de estos estudios debe incluir la posibilidad de aprovechar las potencialidades del entorno, lo que implica tomar en consideración no solo el tejido industrial gallego, sino el peso específico de la economía agroforestal de nuestra comunidad, así como todos los sectores de nuestra economía que son susceptibles de beneficiarse de la optimización asociada a la robótica.

⁹ Infoempleo y Adecco, acceso al documento en la web de Infoempleo en: <https://www.infoempleo.com/informe-infoempleo-adecco/>

Sectores característicos de la economía gallega. Base 2010 - Unidad: (%), puestos de trabajo y miles de euros. Precios corrientes	
Año	2015
Peso en el PIB (%)	
Cadena forestal-madera	1,8
Fabricación de vehículos y componentes	2,3
Sector pesquero	1,9
Ramas características del sector cultural	2,2
Sector del transporte y la logística	4,0
Empleo (puestos de trabajo)	
Cadena forestal-madera	22.150
Fabricación de vehículos y componentes	15.779
Sector pesquero	33.503
Ramas características del sector cultural	35.080
Sector del transporte y la logística	48.590
Valor añadido bruto	
Cadena forestal-madera	1.010.195
Fabricación de vehículos y componentes	1.323.645
Sector pesquero	1.097.557
Ramas características del sector cultural	1.252.472
Sector del transporte y la logística	2.276.709

Fuente: Contas económicas de Galicia. Base 2010

En el cuadro anterior podemos ver una radiografía muy breve de los sectores más destacados de la economía gallega. La tendencia general que muestran todos ellos es una consolidación de la recuperación tras la crisis económica, no obstante, todos estos sectores son de funcionamiento estable y de resistencia ante la inestabilidad económica. Esta estabilidad y resistencia, por otra parte, está ligada a la capacidad de mejora de los resultados económicos que solo puede garantizar la innovación y optimización constante. Es en este último punto donde la introducción de la robótica jugará un papel fundamental para los próximos años, y debe tenerse en cuenta que los sectores destacados ocupan casi un 10% del PIB gallego, y todos ellos son susceptibles de introducir procesos de automatización y robótica, ya sea por medio de consultorías o en desarrollos altamente especializados.

El programa H2020 de la Comisión Europea planea una cuantía de 500 Millones de € para la formación de Digital Innovation Hubs (DIH) que permitan la transformación digital de regiones y ciudades. En esta línea, el desarrollo de incubadoras de experimentación que contribuyan a la formación de Comunidades de innovación y conocimiento. Este es el marco para la germinación y desarrollo del polo de innovación digital en el sector agroalimentario (DIH) gallego, integrado por el Campus Terra de la USC y por el Centro Tecnológico de Telecomunicaciones de Galicia (Gradient) para aunar fuerzas y apostar por la digitalización de los procesos productivos e incluye a todos los sectores.

La digitalización se refiere a tecnologías como el Internet de los objetos, el Big Data, la Manufactura avanzada, la Robótica y la automatización de procesos, la Impresión 3D, las tecnologías Blockchain, la Inteligencia Artificial, las plataformas de integración de datos, la toma e integración de datos multiespectrales (LIDAR, etc.), etc., con el fin de sistematizar y mejorar la eficiencia de los procesos, adaptados a la escala diferenciada que se precise en cada situación de la cadena de valor. Es decir, permitirá personalizar la solución más adecuada a cada necesidad y cada sistema productivo (bien sea de producción animal, agrícola, alimentario,

forestal...), a la medida de sus necesidades (tanto geográficas como climáticas...). En el ámbito rural debe prestarse especial atención, de modo que el H2020 destaca la necesidad de democratizar las tecnologías digitales en la agricultura, con un enfoque de Smart Farming y Food Security. En este contexto, el Campus Terra puede proporcionar un entorno formativo excepcional para el cumplimiento de estos objetivos en lo que actualmente existe una carencia de una de las tecnologías facilitadoras más importante, la robótica.

La robótica está ligada con la investigación actual del Campus Terra donde se desarrollan líneas de investigación relacionada con la agricultura de precisión, monitorización ambiental, mecanización de explotaciones ganaderas, fotogrametría, drones, sensórica aérea y espacial, escaneado y modelado 3D. Se pretende que estas líneas experimenten un gran avance favorecido por la Agrupación Estratégica BioReDEs recientemente fundada. BioReDes, formada por 8 grupos de investigación de Referencia Competitiva y 7 de Potencial de Crecimiento, pretende consolidar la posición de la USC como universidad investigadora de referencia en producción primaria sostenible promoviendo la excelencia científica y la competencia tecnológica a través de la interdisciplinariedad y la especialización para generar impacto en el medio. Presenta como área transversal la Innovación Digital en la que se incluye la robótica.

Por todo esto, el Campus Terra, con sus titulaciones, tejido investigador, ciudad, ámbito rural constituye un marco incomparable para la implantación del Grado en Robótica.

En cuanto a la evolución del empleo en los últimos años, el sector industrial es el único que mantiene un crecimiento estable junto con el sector servicios (el empleo en agricultura y pesca, si bien de un volumen comparativamente menor, también muestra tendencias de crecimiento). Todos los expertos indican, como recoge el Libro blanco de la robótica, que las ventajas de la optimización en automatización no son exclusivas del sector industrial, sino que pueden ser aplicables a todos los sectores. El sector servicios, de gran peso en la economía gallega, es otro de los ámbitos de gran potencial de cara a la implantación de procesos de automatización, y por ello fuente de empleo para los/as titulados/as de este grado, que podrán aplicar sus conocimientos de cara a la optimización del tercer sector.

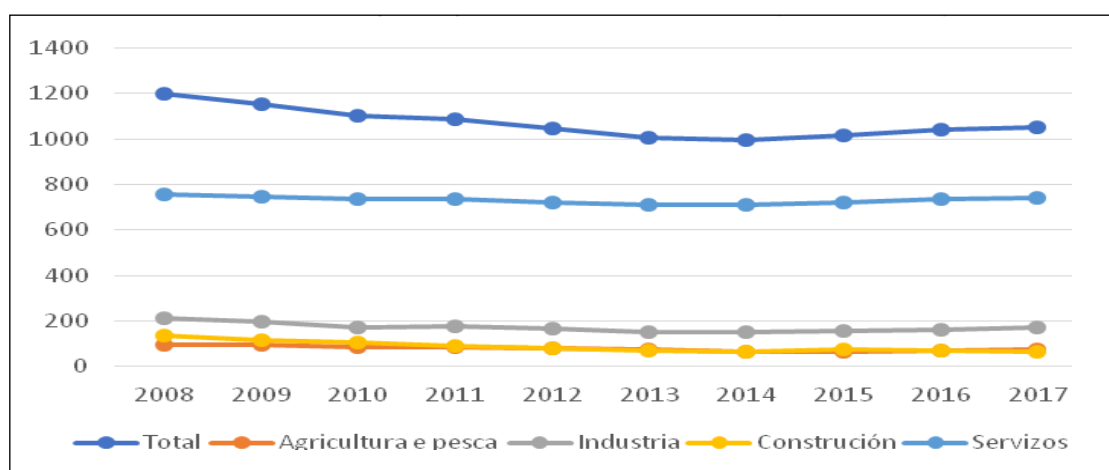


Figura 1.3. Población ocupada por sector económico (CNAE, 2009)

El tejido empresarial gallego está intrínsecamente ligado a las Pequeñas y Medianas Empresas. Según el IGE más del 99% del volumen de empresas gallegas entran dentro de esta categoría. En la siguiente tabla se exponen los datos de la distribución de las empresas gallegas según su tamaño empresarial y sector de actividad.

Empresas con actividad en Galicia según actividad principal (CNAE 2009) y tamaño empresarial

	Agricultura y pesca	Industria, incluida a energía	Construcción	Servicios	Total Galicia
Todos	42.195	14.749	31.854	157.492	246.290
de 0 a 2 asalariados	40.834	10.130	28.798	134.590	214.352
de 3 a 19 asalariados	1.277	3.566	2.792	20.603	34.286
de 20 a 99 asalariados	77	910	247	1.980	7.246
100 o más asalariados	7	143	17	319	4.518

Fuente: Elaboración propia a partir de IGE, 2016.

De estos datos se extrae el peso mayoritario que acumulan las microempresas en nuestra comunidad. No obstante, su reducido tamaño de asalariados, esto no las exime de ser uno de los polos principales de recepción en materia de innovación. Pequeñas empresas de diversos sectores, de 5 o menos asalariados, podrían implementar innovaciones tecnológicas gracias a la labor técnica de los titulados en robótica o, principalmente, en calidad de consultoría. En ambos casos, el beneficio en términos de optimización de la producción y la mejora consiguiente de los resultados pone de manifiesto flexibilidad en la capacidad de integración en el mercado empresarial de un titulado en robótica como el que estamos planteando en estos estudios.

Uno de los focos de mayor recepción de las iniciativas innovadoras, así como de la inversión en I+D+i, son precisamente las PYMES que, como se ven, forman la base del empleo y de la riqueza de nuestra comunidad. La intervención en materia de mejora tecnológica o de consultoría que podrán llevar a cabo los titulados en el Grado en Robótica encontrará, en este sentido, un ecosistema favorable, y podrán contribuir a mejorar los principales indicadores de innovación. La economía gallega, además, se encuentra altamente especializada, y uno de los sectores que más destaca en este mismo informe es el agroforestal, sector de los más accesibles en la implementación de procesos de optimización ligados a la robótica o la automatización. En el siguiente gráfico se exponen los sectores de especialización de la economía gallega según su aporte al porcentaje total de cada uno de esos sectores al PIB español en el año 2015, corresponde al Informe Ardán 2016¹⁰.

El peso más significativo lo acumula la sumatoria de los sectores de agricultura, la ganadería, la silvicultura o la pesca¹¹, todos ellos de interés ineludible para la mención de especialización del grado en robótica, sin embargo, no son estos sectores exclusivos para la implementación de esta especialidad, sino que sectores como los servicios, las industrias en general o incluso en materia de construcción pueden mejorar sus resultados a través de la innovación en robótica o automática.

¹⁰ Departamento de servicios avanzados de la Zona Franca de Vigo, acceso al informe en: <http://www.ardan.es/ardan/media/ejemplos/informeardangalicia2016.pdf>

¹¹ El 17,1% de las empresas con actividad en Galicia pertenecen al sector agrícola, pesquero o forestal, lo cual da una idea de su importante peso en la Comunidad (IGE. Explotación do directorio de empresas e unidades locais. 2016)

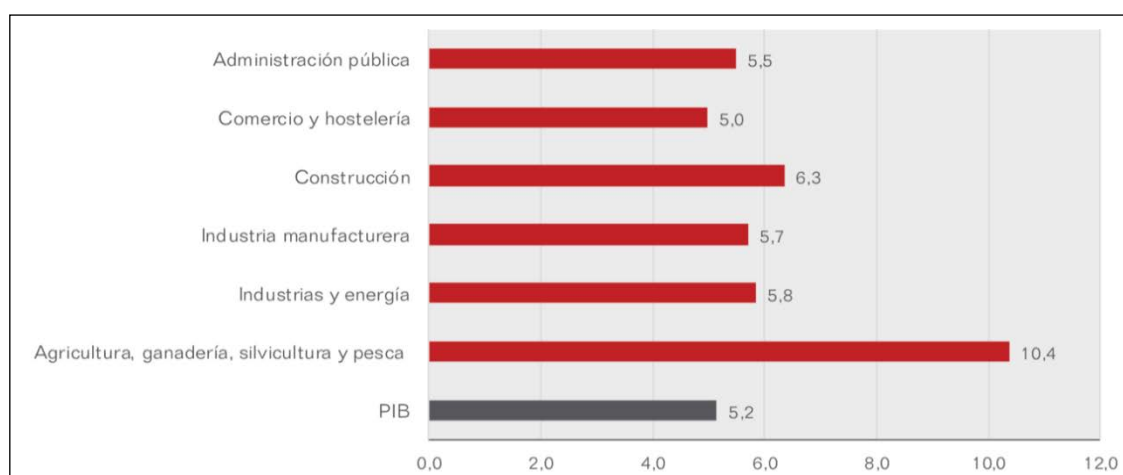


Figura 1.4. Especialización sectorial de Galicia (% PIB español 2015) (Informe Ardán, 2016)

No obstante, la situación del I+D+i en Galicia dista de ser la más deseable. En los indicadores de innovación considerados por el Instituto Gallego de Estadística, se observa una diferencia muy significativa con respecto a las cifras del total español, así como un leve descenso en los últimos años. La mejora en estos datos para los próximos años no solo está ligada al impulso en materia de financiación, sino que es necesaria una población formada en campos innovadores que sea capaz de responder a las necesidades del tejido empresarial industrial y agroalimentario gallego y acercarlo a la transformación digital. En el siguiente cuadro ofrecemos un resumen de algunos de los indicadores analizados por el IGE en materia de innovación en las PYMES gallegas.

Resumen de los indicadores de Innovación e I+D de Galicia, evolución 2012-2015.						
Año		2012	2013	2014	2015	2016
Gasto en I+D en relación al PIB	Galicia	N/D	0,87	0,88	0,88	0,86
	España	N/D	1,27	1,24	1,22	1,19
PyMEs con innovación interna (%)	Galicia	13,2	15,9	13,8	12,2	N/D
	España	22,1	22,1	22,1	15,5	N/D
PyMEs innovadoras en producto o proceso (%)	Galicia	19,5	20,4	18,5	16,1	N/D
	España	27,5	25,3	25,3	18,4	N/D

Fuente: Elaboración propia a partir de IGE, indicadores de innovación, 2012-2015

Si bien distan de ser favorables en términos de una valoración general, cabe interpretarlos en clave positiva, ya que muestran la necesidad de llevar a cabo nuestros procesos de innovación ligados al I+D+i que puedan responder a las necesidades de actualización a la transformación digital de la economía gallega. En este sentido, debe verse en la figura del graduado/a en robótica no solo a un especialista en una determinada maquinaria sino como a un catalizador y promotor de la innovación. El titulado en robótica debe mantenerse actualizado en materia tecnológica y en todos aquellos aspectos en los que una intervención en términos de nuevas aplicaciones o tecnologías puedan suponer una ventaja económica en un mercado en

continuo movimiento. Juega también un papel clave en términos de consultoría especializada (éste es, de hecho, uno de los servicios que ofrecen algunas de las empresas pioneras en robótica en Galicia), pero también es un agente de modernización de la sociedad, siendo éste un aspecto clave en la divulgación de las ventajas de la implantación de la robótica en cualquier aspecto del proceso productivo. Tal es así que la Xunta de Galicia ha activado un plan por valor de 10 millones de euros para la digitalización y modernización de las Pymes, favoreciendo la inversión y la especialización en ámbitos como la propia robótica, vehículos autónomos, Big Data¹².

Esta capacidad con la que contarán los graduados en robótica no solo cumple con los objetivos del propio Campus Terra, en materia de promoción del autoempleo o de las iniciativas innovadoras, sino que supone una oportunidad para el desarrollo de diversas sinergias entre las titulaciones que oferta el Campus, favoreciendo potencialmente el intercambio entre las distintas ramas de la USC o entre los departamentos y proyectos de investigación.

En cuanto al recorrido formativo especializado en AgroRobótica y agroforestal, las personas tituladas de este Grado podrán aprovechar la potencialidad laboral y empresarial de la economía gallega, en la que el peso económico de los sectores asociados mantiene su estabilidad y consolida su crecimiento. Como ya señalábamos, y al hilo del estudio de Barrientos y Del Cerro para el CSIC y la UPM, la aplicación de la robótica agrícola (y también podríamos agregar aquí las innovaciones en materia de pesca, minería, etc.) será el siguiente paso en innovación de la producción agrícola. Sin embargo, la oferta comercial de maquinaria disponible actualmente no contempla las posibilidades de desarrollo especializado que puede ofrecer un/a titulado/a especializado en AgroRobótica. Es ahí donde nuestros titulados/as encuentran su mayor potencialidad laboral, ya que el diseño adaptado a las especificidades del agro gallego supondrá una ventaja de optimización frente a la maquinaria generalista disponible, pero también una inserción laboral de larga duración debido a las exigencias de mantenimiento técnico de este tipo de maquinaria.

La intervención de la AgroRobótica abarca todos los ámbitos del sector, desde la ganadería, ya establecida prácticamente en el sector lácteo, hasta la agricultura y, más recientemente, en la acuicultura. Todos ellos son sectores en los que Galicia destaca a nivel nacional o incluso, en cuanto al procesado de productos marítimos, supone una diferenciación clara con respecto al resto de la industria alimentaria española. A continuación, planteamos algunos de los datos que permiten argumentar la influencia positiva que tendría el título que estamos proponiendo en su mención específica en AgroRobótica, ya sea en dirección a aprovechar la buena situación de base que muestran estos sectores, o en línea con estrategias de mejora de la actual situación.

En materia de ganado, Galicia muestra, en los últimos cinco años una evolución estable de las principales especies productivas. El número de efectivos ha crecido significativamente, como muestran los datos del siguiente cuadro.

Año	Efectivos de Ganado en Galicia				
	2012	2013	2014	2015	2016
Bovino	933.333	936.037	939.370	951.868	953.339
Porcino	1.055.059	1.071.006	1.130.659	1.082.035	1.078.554

¹² <https://www.xunta.gal/notas-de-prensa/-/nova/27211/xunta-activa-plan-para-dixitalizacion-100-pemes-que-xunto-programa-formacion>

Ovino y Caprino	239.346	230.588	229.558	219.223	226.867
Total	2.227.738	2.237.631	2.299.587	2.253.126	2.258.760

Fuente: Encuestas Ganaderas. MAPAMA, 2012-2016.

Si bien la intervención de la robótica en materia de optimización puede aplicarse a todos los procesos productivos asociados a la ganadería, de entre todos ellos destaca especialmente el sector lácteo por su potencial de cara a una aplicación más inmediata de los procesos de optimización asociados a la robótica.

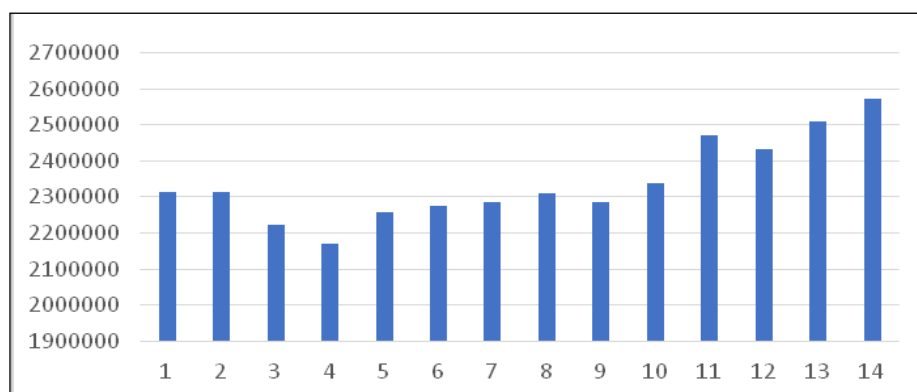


Figura 1.5. Evolución de la producción láctea en Galicia 2001-2014 (Elaboración propia a partir de IGE, Consellería do Medio Rural. Anuario de Estatística Agraria.)

Además, actualmente, este sector ya se encuentra en proceso de automatización y constituye una oportunidad para los próximos titulados del grado en robótica. En el siguiente gráfico, presentamos la evolución de los últimos años en materia de producción láctea en Galicia, un sector que, como se ve, muestra una evolución muy favorable y de gran resistencia ante la inestabilidad económica.

Si tomamos en consideración algunos de los cultivos que los expertos consultados en el Agricultural Robotics Laboratory de la Universidad Politécnica de Valencia destacan como más susceptibles de automatización gracias a la robótica, vemos que el peso que ocupa Galicia en el cultivo a nivel estatal no es menor. Por ejemplo, el cultivo de tubérculos agrupa hasta el 10% de la producción nacional (hemos destacado específicamente el de patatas por su importancia para Galicia y su peso respecto al total nacional -18%-), y los cultivos forrajeros hasta el 21%.

Resultados provisionales de cultivos para el año 2016 – MAPAMA

	España		Galicia			
	Sup. en ha (a 15/07)	Prod. en t al 15 de julio	Sup. en ha (a 15/07)	% del total nacional	Prod. en t (a 15/07)	% del total nacional
RAICES Y TUBERCULOS	115.095	5.487.158	25.946	22,5	567.235	10,3
Patatas	72.136	2.246.204	19.054	26,4	417.081	18,6
CULTIVOS FORRAJEROS	7.602.199	37.037.802	722.958	9,5	7.875.094	21,3

Fuente: Elaboración propia a partir de MAPAMA 2016.

En este sentido, el cultivo de la patata es un tipo de explotación de automatización o intervención robótica fácilmente asumibles, de bajo coste y de rápido rendimiento. En el siguiente gráfico presentamos una evolución de la producción de patatas entre los años 2001 y 2015 y, como podemos ver, se trata de un tipo de cultivo con un asentamiento claro en Galicia que puede servir como futuro nicho de trabajo para las personas graduadas en Robótica.

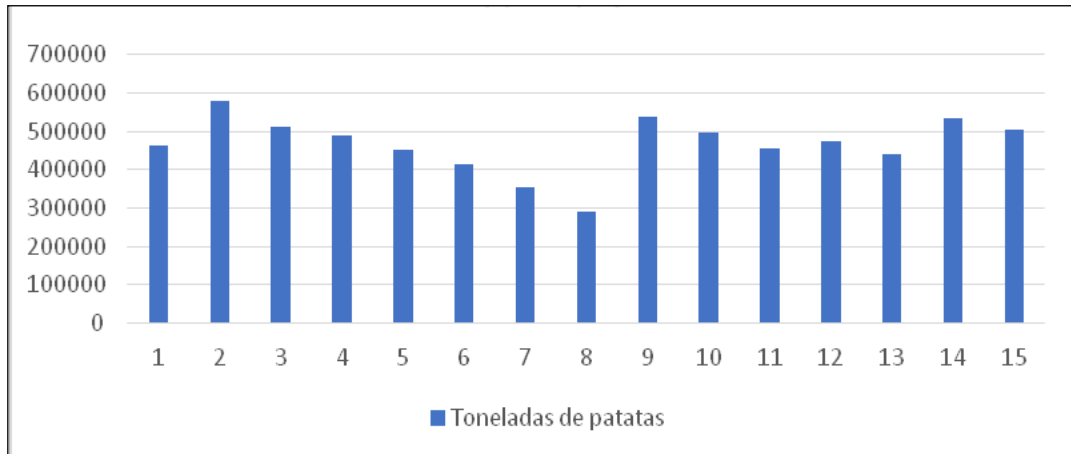


Figura 1.6. Evolución de patatas en Galicia 2001-2015 (Elaboración propia a partir de IGE, Consellería do Medio Rural. Anuario de Estatística Agraria.)

En esta misma línea, un cultivo como las forrajeras, en sus diversas variantes, requiere poca intervención humana y es muy susceptible de introducir mejoras por automatización. El peso que ocupa este cultivo en Galicia respecto al total nacional, junto con el de tubérculos, los convierte a ambos en sectores de interés para la introducción de la robótica agrícola, por su fácil adaptación y reducido coste, lo que supondría una mejora en sus resultados y aumentaría la productividad de las hectáreas destinadas a estos cultivos. Hemos destacado estos dos especialmente por su significativo valor comparativo respecto al total nacional, sin embargo, cabe pensar también en los buenos resultados que podrían obtenerse si se implementaran también optimizaciones por automatización en el resto de cultivos más susceptibles, como el tomate, la uva, el maíz o el trigo, todos ellos destacados por los expertos del ARL de Valencia.

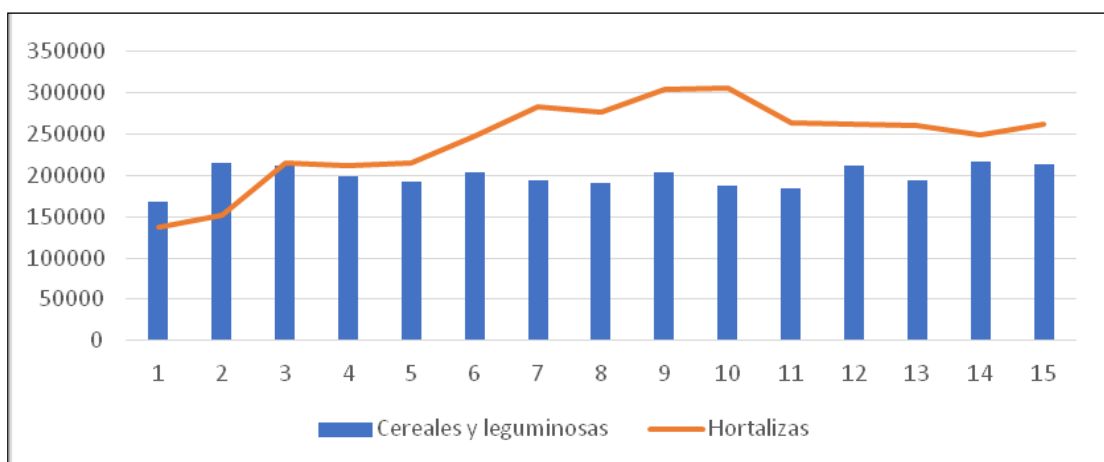


Figura 1.7. Evolución de la producción agrícola en Galicia 2001-2015 (Elaboración propia a partir de IGE, Consellería do Medio Rural. Anuario de Estatística Agraria.)

En cuanto al resto de cultivos, todos ellos con mayor o menor grado de dificultad, susceptibles de una implantación de proceso de automatización y robótica, muestran una evolución favorable en los años analizados. Como puede verse en el anterior gráfico, la evolución de la producción de cereales y leguminosas y hortalizas, muestran buenas tendencias y estabilidad creciente en su producción entre los años 2001 y 2015. La introducción de procesos de automatización, ligada a la informatización de la gestión de los cultivos, es el siguiente salto de innovación que espera a estos cultivos.

Los titulados/as en robótica tienen, pues, un campo de intervención muy amplio en el sector agrícola gallego, que va desde las mejoras en las maquinarias comúnmente asociadas (tractores, recolectoras, etc.), al desarrollo de nuevas maquinarias que permitan informatizar casi por completo el proceso de cultivo, cuidado y cosecha.

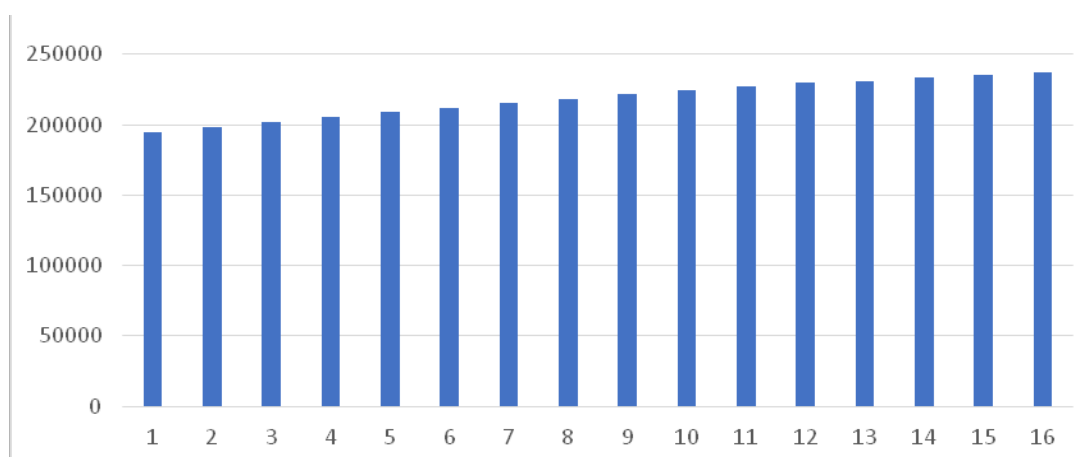


Figura 1.8. Evolución de las existencias de maquinaria agrícola en Galicia 2001-2015 (Elaboración propia a partir de IGE, Consellería do Medio Rural. Anuario de Estatística Agraria.)

En este sentido, la inversión es estable en Galicia, y los últimos anuncios en inversión en el sector agrícola por parte de la Xunta incluyen presupuestos específicos para la mejora y optimización de maquinaria¹³. Los sectores de maquinaria agrícola con los que contamos en Galicia son todos ellos susceptibles de implementar procesos de automatización ligados a la robótica.

La evolución de la maquinaria es, además, muy favorable a lo largo de los últimos años, donde acumula un crecimiento de más de un 20% en las existencias totales de todos los tipos de maquinaria agrícola. Se trata, no obstante, de un crecimiento que se está desacelerando en los últimos años, ya que estos mercados tienden a saturarse ante la falta de productos innovadores. En este sentido, la AgroRobótica encuentra aquí uno de sus mercados potenciales y uno de los puntos de intervención más directos, en dos sentidos al menos: por un lado, la actualización paulatina de la maquinaria existente mediante intervenciones ad-hoc, pero por otro, y es aquí donde el impulso a la investigación resulta crucial, en el desarrollo de nuevas soluciones de

¹³ Recogido en Economía Digital, marzo de 2017, acceso en: https://galicia.economiadigital.es/tecnologia-y-tendencias/agro-y-mar/la-xunta-pone-230-millones-revolucion-rural_401955_102.html. También, resultados según la Consellería de Medio Rural: http://mediorural.xunta.gal/nc/es/institucional/comunicacion/noticia/nx/nova_estandar28671.html/.

maquinaria robotizada y en línea con el concepto de Smart Farming, apuntando a un uso cada vez más eficiente de los recursos.

Por último, otro de los sectores clave en los que Galicia destaca frente al resto de la industria española lo encontramos en el sector alimentario y, específicamente, en el sector del procesado de alimentos derivados del pescado, moluscos o mariscos, sobre todo en el sector acuicultor. Como puede observarse en el siguiente gráfico, se trata de un sector que ha elevado tanto su volumen de producción como el valor del producto, mostrando una evolución muy favorable durante la última década.

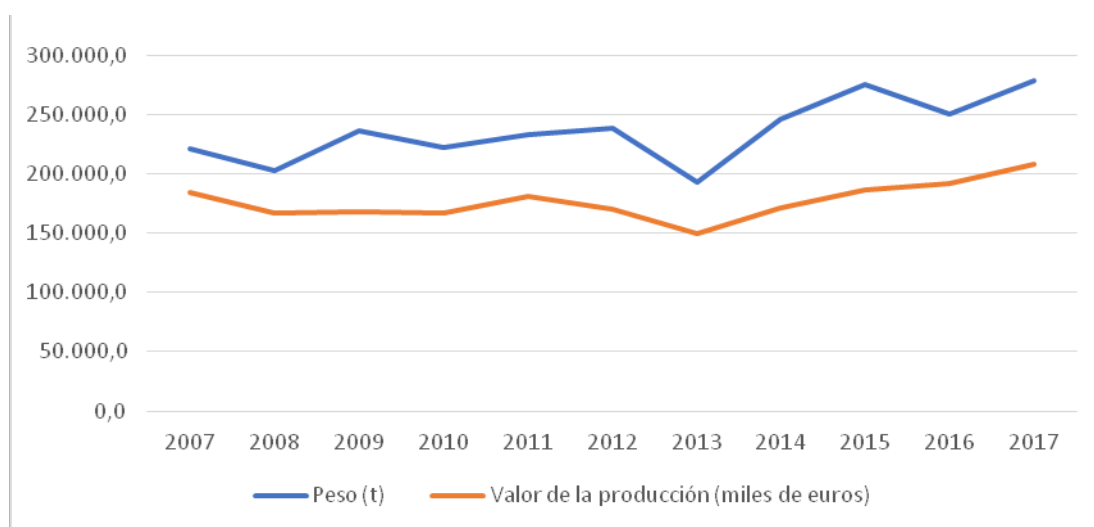


Figura 1.9. Producción de acuicultura marina en Galicia 2001-2015 (Elaboración propia a partir de IGE, Consellería do Medio Rural. Anuario de Estatística Agraria.)

El sector de la acuicultura se encuentra entre los más informatizados en términos de control del producto, y es también un sector en el que la robótica jugará un papel clave en la optimización de su eficiencia, reduciendo costes y riesgos laborales asociados. Directamente ligado a este sector productivo, el subsector del procesado de alimentos es otro de los nichos de mercado para los titulados en robótica, un sector en el que, además, Galicia supone un mercado claramente asentado y con una evolución estable en el que destaca sobre todo la producción de productos de panadería, pero también procesado de alimentos cárnicos y relacionados con la pesca y la acuicultura.

Se trata, pues, de un sector asentado en Galicia y en el que pueden enmarcarse muchas de las iniciativas y planes estratégicos en marcha en el Campus Terra. Además, podría motivar el desarrollo de sinergias e intercambios en materias transversales entre la oferta académica que se encuentra en el propio campus, y supone una más de las interacciones con el sector privado.

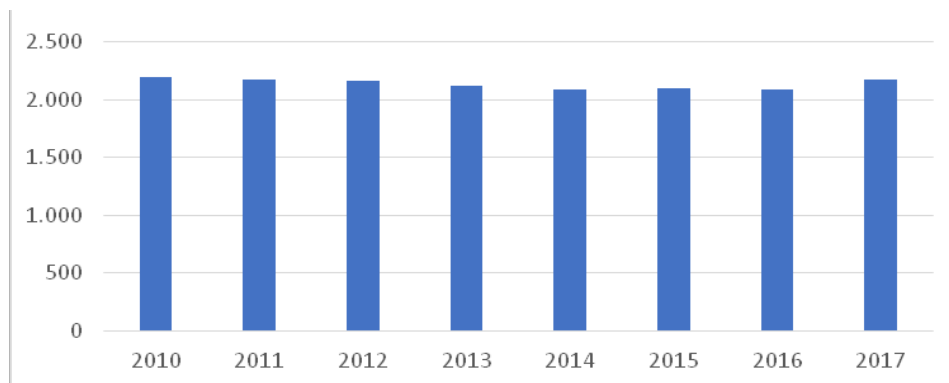


Figura 1.10. Nº de empresas (Industria de la Alimentación) en Galicia 2010-2017 (INE, DIRCE 2010-2017.)

En materia de financiación, Galicia cuenta ya con varios planes de impulso a la innovación, tanto en el sector industrial como en la transformación digital del medio rural. Los dos que hemos citado ya a lo largo de este informe destacan por su importancia para el Campus Terra, ya que o bien han motivado proyectos de colaboración entre la universidad y el sector privado, o forman parte integral del leitmotiv del Campus. Destacamos, entonces, la Estrategia de Especialización Inteligente de Galicia RIS3¹⁴, que incluye como prioridad 1.4 la “modernización de los sectores primarios gallegos (agricultura, pesca, ganadería y forestal) de cara a una mejora sostenible de los indicadores de eficiencia y rentabilidad de las explotaciones y la generación de productos y servicios innovadores”, y esta prioridad destaca la necesidad de “generar nuevos productos, procesos y servicios más intensivos en conocimiento y nuevas tecnologías”.

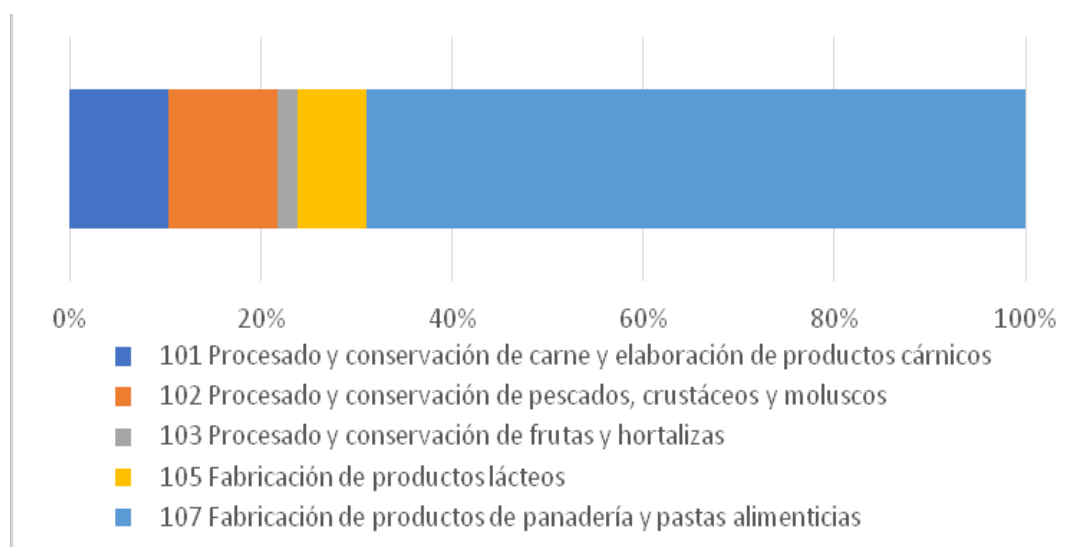


Figura 1.11 Industria de la Alimentación según tipo de actividad (%) (INE, DIRCE 2010-2017.)

También debe destacarse la creación en 2016 del Polo de Innovación Digital para el Sector Agroalimentario de Galicia¹⁵, un proyecto conjunto del Campus Terra y Gradient, y que busca establecer dinámicas que favorezcan la competitividad del sector agroalimentario gallego,

¹⁴ RIS3 Galicia, acceso a la documentación en: http://www.ris3galicia.es/?page_id=269&lang=es

¹⁵ Acceso a la web en: <http://polodeinnovaciondigital.org/>. También, la web propia del Campus Terra sobre el Polo de Innovación Digital en: <http://www.usc.es/campusterra/es/polo-de-innovaci%C3%B3n-digital>

y para el que la disponibilidad de titulados en robótica, sea en la mención específica que ofrece el grado en AgroRobótica, o en su mención genérica, servirá de impulso a una nueva generación de innovadores que fortalezcan estos sectores en nuestra Comunidad.

En conclusión, se trata de un campo en el que la optimización ligada a la automatización ofrece potencialidades tanto en materia laboral, económica o de desarrollo e innovación tecnológica. La oportunidad, para el entorno gallego del agroforestal, de contar con profesionales titulados que acerquen este sector al siglo XXI está ligada a una apuesta fuerte por la educación superior, como es el Grado que estamos planteando.

Actualmente, en el contexto del proceso de redacción de esta memoria y de cara a establecer convenios de colaboración para la realización de prácticas externas, se han iniciado conversaciones con significativas empresas y organismos del sector con presencia en el territorio gallego: AGASINT, AIMEN Centro Tecnológico, ALDABA, ALTIA, Axencia Galega de Innovación, CETAL, CTAG Centro Tecnológico de Automoción de Galicia, DeLaval, FESTO ESPAÑA, GEA, GRUPO EMENASA, EMETEL, IMATIA, INFAIMON GROUP, INSER ROBOTICA, Ledisson AIT, Lely España, Maderas Besteiro, SICK y SmartTeck.

2.1.3. Justificación de la existencia de referentes nacionales e internacionales que avalen la propuesta y su correspondencia con el Título propuesto.

Planes de estudios de universidades españolas, europeas, de otros países u otros referentes internacionales de calidad o interés contrastado.

Únicamente 2 centros ofertan titulaciones de grado en el ámbito específico de la Robótica en España en la actualidad, y las 2 de reciente implantación:

Grado en Ingeniería Robótica por la Universidad de Alicante¹⁶.

Grado en Ingeniería de Software Robótico por la Universidad Rey Juan Carlos¹⁷

Ambas titulaciones son no habilitantes y, aunque con enfoques diferenciados, abordan directamente la adquisición de competencias en Robótica.

A nivel europeo podríamos destacar los siguientes centros de referencia:

Austria	
Sc. Mechatronics/Robotics.	University of Applied Sciences Technikum Wien
Diplôme ingénieur spécialité robotique.	Université Pierre et Marie
International degree in Computer Vision and Robotics.	Université de Bourgogne
Reino Unido	
B Eng Robotics.	University West of England (UWE).
B Eng Mechatronics and Robotic Systems.	University of Liverpool.
B Eng Robotics Engineering.	University of Central Lancashire.
B Eng Robotics, Autonomous and Interactive Systems.	Heriot-Watt University
Países Bajos	
B.Eng. Mechatronics/Robotics.	Fontys University of Applied Sciences

¹⁶ <https://cvnet.cpd.ua.es/webcvnet/planestudio/planestudiond.aspx?plan=C211&lengua=C>

¹⁷ <https://www.urjc.es/estudios/grado/3099-ingenieria-de-robotica-software#acceso-y-matriculaci%C3%B3n>

Polonia	
Bachelor of Science in Automation and Robotics.	Warsaw University of Technology.
B.Sc. program in Automatic Control and Robotics	Politechnika Poznanska
Alemania	
Bachelor in Robotics and Automation.	Heilbronn University.
Rusia	
Bachelor - Mechatronics And Robotics.	Northern (Arctic) Federal University

2.1.4. Menciones.

El título de Grado propuesto contempla una única especialización, con la mención de "AgroRobótica". Para obtener la mención en "AgroRobótica" se define un itinerario formado por 30 ECTS de asignaturas relacionadas con la mención elegida incluidas en el módulo de optatividad correspondiente a este itinerario (36,0 ECTS). La única mención ofertada en este grado es "AgroRobótica" (*Graduado/a en Robótica con mención en "AgroRobótica"*).

El diseño del título permite, además, que con 240 ECTS cursados, se pueda obtener el grado sin intensificación o mención gracias a un amplio conjunto de posibilidades combinatorias de elección de materias optativas que no configuran ningún itinerario concreto (*Graduado/a en Robótica*).

2.2. Descripción de los procedimientos de consulta internos y externos utilizados para la elaboración del plan de estudios.

2.2.1. Procedimientos de consulta internos.

Conforme a lo establecido en el apartado 2.1 de Procedimiento para la tramitación de las Titulaciones de Grado de la USC, aprobado por el Consejo de Gobierno de la Universidad de Santiago de Compostela en su reunión del 17 de diciembre de 2015¹⁸, el borrador de la presente memoria ha sido elaborado sobre la base de los trabajos de una Comisión de Redacción nombrada por el Rector de la Universidad. La viabilidad de la propuesta del título del Grado en Robótica fue aprobada por el Consejo de Gobierno de la USC el 22 de febrero de 2018, previo informe favorable de la Comisión de Titulaciones y Programas de Estudio específica del Claustro en su reunión del 16 de febrero de 2018. La composición de la Comisión Redactora fue aprobada en la reunión de Junta de Centro de la EPS de Enxeñaría celebrada el 24 de enero de 2018 y posteriormente nombrada por el Consejo de Gobierno de la USC el 22 de febrero de 2018.

Dicha comisión estuvo integrada por el Director de la Escuela, que hizo las veces de Presidente de la Comisión, un profesor propuesto por la Dirección que actuó como Secretario, 7 profesores más propuestos por las áreas de conocimiento más relacionadas con esta propuesta (Ciencia de la Computación e Inteligencia Artificial; Expresión Gráfica de la Ingeniería; Física Aplicada; Ingeniería Agroforestal; Ingeniería Cartográfica, Geodésica y Fotogrametría; Lenguajes y Sistemas Informáticos; Matemática Aplicada y Proyectos de Ingeniería) y, en representación

¹⁸

http://www.usc.es/export9/sites/webinstitucional/gl/servizos/sxopra/descargas/2015_12_17_Procedemento_tramitacion_titulacions_grao_master_acordo_CG.pdf

del Personal de Administración y Servicios, la responsable de la Unidad de Apoyo a la Gestión de Centros y Departamentos de la Escuela Politécnica Superior de Ingeniería.

Durante su trabajo los diferentes miembros solicitaron permanentemente la opinión de sus respectivos sectores y áreas de conocimiento respecto de cada uno de los aspectos tratados en las reuniones de la Comisión. De esta forma, los 3 docentes de la comisión miembros del Departamento de Ingeniería Agroforestal informaron del curso de los trabajos a los representantes de las áreas de conocimiento de "Ingeniería Agroforestal", "Ingeniería Cartográfica, Geodésica y Fotogrametría", "Ingeniería Mecánica" y "Expresión Gráfica de la Ingeniería"; los 2 docentes de la comisión miembros del Departamento de Electrónica y Computación informaron del curso de los trabajos a los representantes de las áreas de conocimiento de "Arquitectura y Tecnología de Computadores", "Ciencia de la Computación e Inteligencia Artificial", "Electrónica" y "Lenguajes y Sistemas Informáticos"; los 2 docentes de la comisión miembros del Departamento de Producción Vegetal y Proyectos de Ingeniería informaron del curso de los trabajos a los representantes de las áreas de conocimiento de "Producción Vegetal" y "Proyectos de Ingeniería"; el docente de la comisión del área de conocimiento de "Matemática Aplicada" informó del curso de los trabajos a los representantes de las áreas de conocimiento de "Matemática Aplicada" y "Estadística e Investigación Operativa" y el secretario de la Comisión Redactora y miembro del área de conocimiento de "Física Aplicada" informó del curso de los trabajos a los representantes de las áreas de conocimiento de "Física Aplicada".

Las aportaciones de las diferentes áreas de conocimiento se expusieron en las reuniones de la Comisión Redactora de fechas 7 y 21 de marzo, 4 de abril y 16 de mayo de 2018. Estas aportaciones significaron cambios en los contenidos y estructura del plan de estudios.

El presidente de la Comisión Redactora sirvió de enlace con aquellas áreas de conocimiento que, como consecuencia del desarrollo de los trabajos, se consideró oportuno. Además, el presidente de la Comisión Redactora informó de la evolución y del estado del proyecto de memoria en las Juntas de Centro realizadas los días 4 de abril, 2 y 24 de mayo, 12 y 23 de junio de 2018.

El borrador de la memoria elaborada por la Comisión fue enviado a todos los Departamentos de la USC que se consideran relacionados con esta docencia (Economía Aplicada; Electrónica y Computación; Ingeniería Agroforestal; Estadística, Análisis Matemático y Optimización; Física Aplicada; Matemática Aplicada; Organización de Empresas y Comercialización; Producción Vegetal y Proyectos de Ingeniería) y al personal docente e investigador de la EPS de Enxeñaría para poder recibir sus alegaciones y comentarios.

La reunión ordinaria de la Xunta de Escola de la EPS de Enxeñaría aprobó el 2 de mayo de 2018 el borrador del "Proyecto de Memoria para la Verificación del Título Oficial de Grado en Robótica por la Universidad de Santiago de Compostela" y ese mismo día fue enviado al Servicio de Xestión da Oferta e Programación Académica siguiendo el calendario aprobado por la USC¹⁹.

Posteriormente, tras el análisis de las alegaciones recibidas por el profesorado de las titulaciones indicadas, el Centro envió la propuesta al Vicerrectorado de Oferta Docente e Innovación Educativa de la Universidad de Santiago de Compostela, quién a través del Servicio de Gestión de la Oferta y Programación Académica, se encargó de la exposición pública del

¹⁹ https://www.usc.es/export9/sites/webinstitucional/gl/servizos/sxopra/descargas/2019_20_Calendario-novas-propostas-e-modif-grao_master.pdf

borrador de proyecto de Grado a todos los miembros de la USC. El plazo de alegaciones ante el Director de la Escola Politécnica Superior de Enxeñaría fue de 10 días naturales.

Tras el análisis de las alegaciones recibidas con motivo de la exposición pública del borrador de proyecto de plan de estudios, la Comisión de Redacción elaboró el proyecto de memoria de plan de estudios. Este proyecto fue sometido a la consideración de la Junta de Centro de la Escola Politécnica Superior de Ingeniería, que lo aprobó en su reunión del 12 de junio de 2018. Posteriormente el proyecto fue informado favorablemente por la Comisión de Titulaciones y Programas de Estudios y por la Comisión de Organización Docente, ambas comisiones delegadas del Claustro de la USC.

2.2.2. Procedimientos de consulta externos.

Para la elaboración de esta memoria, se parte de las directrices contempladas en el Libro Blanco de la Robótica²⁰ elaborado por el Comité Español de Automática (Ministerio de Ciencia e Innovación) en 2011 y de los datos contenidos en el informe elaborado por la consultora Edesga²¹ acerca de la potencial demanda de egresados, del perfil profesional más adecuado y de las necesidades de los sectores productivos. Este informe fue realizado a petición de la Vicerrectoría de Coordinación del campus de Lugo (USC) de cara a la elaboración de esta memoria.

Además, la Comisión de Redacción ha mantenido contactos con agentes externos cuyas opiniones han servido para configurar el diseño del Plan de Estudios.

En abril de 2018 la Comisión de Redacción programó una sesión de trabajo con un miembro de la Comisión Redactora del Grado en Ingeniería Robótica por la Universidad de Alicante. Después de analizar y debatir sobre el borrador de la propuesta, se decide optar por un título de 240 ECTS, y no de 360 ECTS, se redefinen de un modo más claro los módulos de formación básica y se ve la oportunidad de ofertar una especialización ajustada a la realidad socioeconómica de Galicia. Así mismo se modifican los módulos que componen la planificación académica de materias obligatorias para recoger elementos de programación que no contemplan las ingenierías habilitantes y contenidos de mecánica que no contemplan las titulaciones de informática.

En el mismo mes de abril del 2018, la Comisión de Redacción decide incorporar nuevas modificaciones en el borrador de la memoria a raíz de las sugerencias de un miembro de la Comisión Redactora del Grado en Ingeniería de Software Robótico por la Universidad Rey Juan Carlos. En concreto, se modifica la distribución temporal de las materias obligatorias buscando una mejor progresión en la adquisición de conocimientos y se definen los contenidos y competencias de Proyectos Integrados de Robótica (I, II, III y IV). También se abordan las necesidades de infraestructuras en el ámbito específico de la robótica y las necesidades de las aulas.

El Informe elaborado por el Agricultural Robotics Laboratory (ARL)²² de la Universidad

²⁰

http://www.ceautomatica.es/sites/default/files/upload/10/files/LIBRO%20BLANCO%20DE%20LA%20ROBOTICA%20Q2_v1.pdf

²¹ <http://www.edesga.com/es/edesga-castellano/>

²² <https://robotagri-lab.webs.upv.es/>

Politécnica de Valencia, previo encargo de la Vicerrectorado de Coordinación del Campus de Lugo, acerca de la pertinencia, enfoque, características y necesidades materiales e infraestructura de este nuevo grado nos reafirma en la conveniencia de contemplar una especialización de AgroRobótica que responda a las necesidades socioeconómicas de Galicia y que valore las disponibilidades de la especialización del Campus de Lugo como Campus Terra.

Finalmente, el Informe elaborado por profesorado de los Ciclos Superiores de Formación Profesional relacionados con el ámbito de la robótica: Automatización y robótica industrial (CSELE03), Sistemas electrotécnicos y automatizados (CSELE01) y Sistemas de telecomunicaciones e informáticos (CSELE02) y Mantenimiento electrónico (CSELE04) permite a la Comisión introducir algunas competencias en diferentes módulos e incorporar las prácticas externas como créditos curriculares.

Además, se consultó este plan de estudios a diferentes organizaciones empresariales del sector y del ámbito de la Robótica y se recibieron aportaciones de un grupo significativo como son Agasint, Aldaba, Altia, el Centro Tecnológico Agroalimentario de Lugo, DeLaval, Emetel y Maderas Besteiro.

En estas entrevistas se recoge la valoración positiva de esta propuesta de plan de estudios de grado en Robótica por la Universidad de Santiago de Compostela como una iniciativa adecuada como una profesión de futuro. Destacan a su vez, que la memoria recoge de forma equilibrada las distintas disciplinas para la correcta formación de un profesional en este ámbito (formación en materias básicas, así como en materias específicas de automática, mecanismos, programación y robótica). También parece interesante que, a partir de un grado generalista, se establezca la oferta de una formación específica orientada al sector agrario, ya sea en la agricultura, ganadería, el sector forestal o la agroindustria. Se recomienda optar por la denominación de "Robótica" frente a "Robótica Agroforestal" para focalizar bien la oferta formativa y emplear la denominación "AgroRobótica" para una intensificación o especialización. En este sentido, se manifiesta el interés de las empresas consultadas por los sistemas automatizados y robóticos orientados al sector industrial agroforestal y el interés por contar con profesionales con formación específica en este campo.

A raíz de estas entrevistas, se recomienda incrementar la carga transversal en programación en diferentes materias del ámbito de la robótica aplicada a todos los sectores productivos. Para ello se revisan y modifican las fichas de las materias implicadas.

Se propone, y se acepta por la Comisión, planificar las Prácticas Externas Obligatorias, con una mayor carga académica que la prevista inicialmente (6 ECTS) y dotarlas con una carga de 12 ECTS (300 horas)

2.3. Diferenciación de títulos dentro de la misma Universidad.

En la Universidad de Santiago de Compostela no se oferta ningún otro título de Grado que llegue a tener una coincidencia en competencias y contenidos con el propuesto que haga necesario una comparación en este epígrafe.

2.4. Diferenciación de títulos dentro del Sistema Gallego de Universidades.

El nuevo grado en Robótica por la Universidad de Santiago de Compostela pretende aportar a la sociedad profesionales preparados para realizar tareas de todas las fases del ciclo de vida de sistemas, aplicaciones y productos que estén relacionados con la robótica, aplicando el conocimiento científico y los métodos y técnicas propios de la ingeniería. Además, aporta una mención o especialización en el ámbito de la aplicación de la robótica al sector agroforestal y agroalimentario, vital para nuestra economía.

Independientemente de las posibles coincidencias relativas a la Formación Básica en las titulaciones de la rama de conocimiento de "Ingeniería y Arquitectura", el grado de coincidencia de la titulación de Grado en Robótica es siempre inferior al 50% con cualquiera de las otras titulaciones de grado o de máster existentes con las que puede algún existir algún contenido común.

En este estudio, tomaremos dos disciplinas como la Informática y la Ingeniería Industrial, por considerarlas como las más cercanas en cuanto a fundamentos de la robótica.

En primer lugar, realizamos un análisis considerando el grado de Ingeniería Electrónica Industrial y Automática por la Universidad de Vigo.

	Robótica	Ingeniería Electrónica Industrial y Automática por la Universidad de Vigo.
Materias de Formación Básica	60	60
Materias Obligatorias	126	136
Materias Optativas	30	42
Prácticas Externas	12	No hay
Trabajo Fin de Grado	12	12
Créditos totales	240	240

El reparto de créditos es muy semejante con la salvedad de que en el grado de Ingeniería Electrónica Industrial y Automática por la Universidad de Vigo no se contemplan Prácticas Externas obligatorias con carácter curricular. Este título permite tres menciones diferentes, constituidas a partir de créditos troncales.

En cuanto al grado de coincidencia por contenidos o materias podemos realizar un análisis por bloques o conjunto.

FORMACIÓN BÁSICA			
Robótica (USC)		Ingeniería Electrónica Industrial y Automática (Uvigo)	
<i>CAD. Expresión Gráfica Normalizada</i>	6	<i>Expresión Gráfica</i>	9
<i>Fundamentos de Programación</i>	6	<i>Informática para la Ingeniería</i>	6

<i>Algorítmica y Estructuras de Datos</i>	6		
<i>Física I</i>	6	<i>Física I</i>	6
<i>Física II</i>	6	<i>Física II</i>	6
<i>Electrónica Digital</i>	6		
<i>Matemáticas I</i>	6	<i>Algebra y Estadística</i>	9
<i>Estadística</i>	6		
<i>Matemáticas II</i>	6	<i>Cálculo I</i>	6
<i>Matemáticas III</i>	6	<i>Cálculo II y Ecuaciones Diferenciales</i>	6
		Introducción a la Gestión empresarial	6
		Química	6

En el cuadro anterior se observa una coincidencia de 48 ECTS sobre un total de 60 ECTS; es decir una coincidencia del 80% en lo referente a la Formación Básica, algo razonable al ser ambos títulos del área de "Ingeniería y Arquitectura".

FORMACIÓN OBLIGATORIA			
Robótica (USC)		Ingeniería Electrónica Industrial y Automática (Uvigo)	
<i>Automatización</i>	6	Fundamentos de la Automatización	6
<i>Fundamentos de Automática</i>	6		
<i>Teoría de Control</i>	6	<i>Ingeniería de Control I</i>	9
		<i>Fundamentos de Teoría de Circuitos y Máquinas Eléctricas</i>	6
<i>Tecnología Eléctrica</i>	6	<i>Teoría de Máquinas y Mecanismos</i>	6
<i>Mecanismos y Sensores</i>	6		
Redes y Comunicaciones	6	Ciencia y Tecnología de los Materiales	6
Plataformas Software en Robótica	6	Fundamentos de Sistemas y Tecnologías de Fabricación	6
Sistemas Empotrados	6	Termodinámica y Trasmisión de Calor	6
Agentes Inteligentes	6	Fundamentos de Organización de Empresas	6
Aprendizaje Automático	6	Mecánica de Fluidos	6
Robótica Adaptativa	6	Resistencia de Materiales	6
Computación Distribuida para Sistemas Multirrobot	6	Tecnología Medioambiental	6
Robótica aérea	6	Informática Industrial	6
Robótica de Servicios	6	Instalaciones Oleoneumáticas	6
Robótica Industrial	6	Matemáticas de la Especialidad	6
Robótica móvil	6	Oficina Técnica	6
Proyectos Integrados I, II, III	18	Fundamentos de Electrónica	6
Percepción y Procesado de Señales	6	Instrumentación Electrónica I	6
Visión Artificial	6	Sistemas Trifásicos y Máquinas Eléctricas	9
		Electrónica Digital y Microcontroladores	9

En el cuadro anterior se observa una coincidencia de 24 ECTS sobre un total de 126 ECTS; es decir una coincidencia cercana al 24 % en lo referente a la Formación Obligatoria.

Considerando que los resultados del aprendizaje, competencias y contenidos ligados a la opatividad son diferentes en los dos títulos, la coincidencia global entre ambos grados es del 34 % (no se contempla el TFG).

En las siguientes tablas se analiza la posible coincidencia entre el grado de Ingeniería Informática por la Universidad de A Coruña.

	Robótica	Ingeniería Informática por la Universidad de A Coruña
Materias de Formación Básica	60	60
Materias Obligatorias	126	150
Materias Optativas	30	18
Prácticas Externas	12	No hay
Trabajo Fin de Grado	12	12
Créditos totales	240	240

El reparto de créditos es muy semejante con la salvedad de que en el grado de Ingeniería Informática por la Universidad de A Coruña no se contemplan Prácticas Externas obligatorias con carácter curricular. Este título oferta 5 menciones partiendo de créditos obligatorios de mención.

En cuanto al grado de coincidencia por contenidos o materias podemos realizar un análisis por bloques o conjunto.

FORMACIÓN BÁSICA			
Robótica (USC)		Ingeniería Informática (UdC)	
<i>CAD. Expresión Gráfica Normalizada</i>	6		
<i>Fundamentos de Programación Algorítmica y Estructuras de Datos</i>	6	<i>Programación I</i>	6
	6	<i>Programación II</i>	6
<i>Física I</i>	6		
<i>Física II</i>	6		
<i>Electrónica Digital</i>	6	<i>Tecnología Electrónica</i>	6
<i>Matemáticas I</i>	6	<i>Estadística</i>	6
<i>Estadística</i>	6	<i>Álgebra</i>	6
<i>Matemáticas II</i>	6	<i>Cálculo</i>	6
<i>Matemáticas III</i>	6	<i>Matemática Discreta</i>	6
		Informática Básica	6
		Fundamentos de las Computadoras	6
		Administración y Gestión de Organizaciones	6

En el cuadro anterior se observa una coincidencia de 42 ECTS sobre un total de 60 ECTS; es decir una coincidencia del 70% en lo referente a la Formación Básica, algo razonable al ser ambos títulos del área de "Ingeniería y Arquitectura".

FORMACIÓN OBLIGATORIA			
Robótica (USC)		Ingeniería Informática (UdC)	
<i>Plataformas Software en Robótica</i>	6	<i>Diseño Software</i>	6
		<i>Proceso Software</i>	6
<i>Redes y Comunicaciones</i>	6	<i>Redes</i>	6
<i>Agentes Inteligentes</i>	6	<i>Sistemas Inteligentes</i>	6
<i>Proyectos Integrados III</i>	6	<i>Gestión de Proyectos</i>	6
<i>Computación Distribuida para Sistemas Multirrobot</i>	6	<i>Internet y Sistemas Distribuidos</i>	6

Aprendizaje Automático	6	Algoritmos	6
Automatización	6	Bases de Datos	6
Fundamentos de Automática	6	Concurrencia y Paralelismo	6
Mecanismos y Sensores	6	Estructura de Computadores	6
Percepción y Procesado de Señales	6	Gestión de Infraestructuras	6
Proyectos Integrados I, II	12	Interfaz persona máquina	6
Robótica Adaptativa	6	Legislación y Seguridad Informática	6
Robótica aérea	6	Paradigmas de Programación	6
Robótica de Servicios	6		
Robótica Industrial	6		
Robótica móvil	6		
Sistemas Empotrados	6		
Tecnología Eléctrica	6		
Teoría de Control	6		
Visión Artificial	6		

En el cuadro anterior se observa una coincidencia de 30 ECTS sobre un total de 126 ECTS; es decir una coincidencia cercana al 24 % en lo referente a la Formación Obligatoria. En el grado en Ingeniería Informática la oferta de menciones se complementa con créditos obligatorios que permiten la especialización en ámbitos no coincidentes con la Robótica (Ingeniería del Software, Ingeniería de Computadores, Computación, Sistemas de Información y Tecnologías de Información)

Considerando que los resultados del aprendizaje, competencias y contenidos ligados a la optatividad y a la especialización son diferentes en los dos títulos, la coincidencia global entre ambos grados es del 32 % (no se contempla el TFG).