Plantilla memoria xustificativa de Programa de Doctorado en Física, Computación y Ciencia Aeroespacial

Universidade Vigo

Número total de páxinas (aproximado): 10-12 páxinas

1 Xustificación de interese socioeconómico para a Comunidade Autónoma

1.1 Estudo sobre a incidencia e beneficios xerais e económicos derivados da nova ensinanza (xustificación da oportunidade da titulación)

A física avanzada, a computación científica e a tecnoloxía aeroespacial forman un triángulo de coñecemento que impulsa algunhas das transformacións tecnolóxicas máis relevantes da nosa época. A súa interacción xera innovacións que afectan a sectores tan diversos como a observación da Terra, a enerxía, a defensa, a medicina, as telecomunicacións ou a exploración do universo.

A física avanzada, que abrangue ámbitos como as tecnoloxías cuánticas, a física de plasmas ou a fotónica, fornece os principios fundamentais para comprender fenómenos extremos e desenvolver tecnoloxías de nova xeración. A investigación nestes campos permite, por exemplo: (i) deseñar sensores cuánticos, reloxos atómicos avanzados e sistemas de navegación ultraprecisos; (ii) desenvolver novos sistemas de propulsión espacial baseados en plasmas, ións ou outros conceptos avanzados; (iii) optimizar a xestión enerxética mediante dispositivos como os superconductores; (iv) impulsar novos ámbitos de computación baseados na cuántica.

A ciencia aeroespacial contemporánea abrangue tanto tecnoloxías espaciais como o desenvolvemento de vehículos aéreos capaces de operar en contornos complexos. Este ámbito integra aviación, drons, aeronaves de despegue vertical, satélites e vehículos espaciais, conformando un ecosistema tecnolóxico esencial para a mobilidade, a seguridade, a observación e a investigación.

A complexidade dos sistemas físicos e aeroespaciais actuais esixe capacidades de cálculo que só a computación avanzada pode ofrecer. Este alicerce inclúe: (i) supercomputación (HPC), para simular turbulencias, órbitas, procesos cuánticos ou o deseño de materiais; (ii) computación cuántica, clave para optimizar traxectorias orbitais, procesar datos satelitarios e resolver problemas de gran escala; (iii) intelixencia artificial e aprendizaxe profunda, cada vez máis empregadas en dinámica de fluídos, control de aeronaves autónomas, interpretación de datos de sistemas de observación e mantemento preditivo de sistemas aeroespaciais.

A interacción entre física avanzada, computación e ciencia aeroespacial é hoxe máis intensa ca nunca e lévanos a un ecosistema tecnolóxico que necesita integrar os tres vectores para o seu correcto desenvolvemento.

O Programa de Doutoramento en Física, Computación e Ciencia Aeroespacial, debido á súa interdisciplinariedade intrínseca, aportaría vantaxes estratéxicas a Galicia tanto en termos económicos coma tecnolóxicos, industriais e sociais. A continuación detállanse os impactos máis relevantes que se agardan:

Impulso directo ao crecemento económico

O investimento en ciencia, tecnoloxía e innovación está amplamente asociado ao crecemento económico sostible. As economías que apostan por estes campos

experimentan melloras en produtividade, ingresos e desenvolvemento social. A creación deste Programa de Doutoramento en Galicia multiplicaría este efecto ao formar persoal altamente cualificado en áreas de alta demanda global, contribuír á atracción de investimentos en I+D, xerar proxectos europeos competitivos e fomentar novas empresas tecnolóxicas.

Creación de emprego cualificado e atracción de talento

A física avanzada, a computación e a industria aeroespacial son recoñecidas como motores de emprego de alta cualificación, con forte demanda de perfís en ciencia e enxeñaría. Un doutoramento destas características en Galicia evitaría a fuga de talento científico, atraería estudantes nacionais e internacionais, impulsaría a contratación de persoal cualificado por parte de centros tecnolóxicos e empresas e reforzaría sectores emerxentes como a aviación non tripulada, a tecnoloxía espacial, o desenvolvemento de software científico, a intelixencia artificial, os sensores avanzados e a computación cuántica.

Impulso a sectores estratéxicos galegos

Galicia dispón xa de fortalezas naturais e empresariais que se beneficiarían directamente do programa, como o sector aeroespacial (Consorcio Aeroespacial Galego, Polo Aeroespacial Galego, Centro de Investigación Aeroportada de Rozas), o sector enerxético (eólica mariña e almacenamento enerxético), a xestión do medio natural (observación da Terra aplicada á xestión forestal, agrícola e mariña) e a computación avanzada (Centro de Supercomputación de Galicia, Polo de Tecnoloxías Cuánticas de Galicia, clúster TIC).

Innovación tecnolóxica con impacto transversal

Os avances en Física Avanzada, Computación e Ciencia Aeroespacial transfírense rapidamente a múltiples sectores; por exemplo, as innovacións en materiais, sensores ou navegación derivan en melloras en áreas como o transporte, a loxística, a saúde, a agricultura ou a enerxía.

1.2 Carácter esencial ou estratéxico: resposta a necesidades prácticas e científicas do SUG

O Programa de Doutoramento en Física, Computación e Ciencia Aeroespacial resulta estratéxico para o SUG porque responde directamente á necesidade de formar persoal investigador capaz de abordar os desafíos tecnolóxicos que impulsan o desenvolvemento económico e científico contemporáneo. A física avanzada, a industria aeroespacial e a computación constitúen motores clave de innovación e crecemento, cunha alta demanda de perfís avanzados en STEM e un forte impacto tractor sobre múltiples sectores produtivos. Así mesmo, os investimentos en ciencia, tecnoloxía e innovación son recoñecidos como esenciais para o progreso social e económico, xerando melloras en produtividade, benestar e competitividade rexional. Ademais, este programa susténtase na contribución da computación de altas prestacións, das técnicas

baseadas en intelixencia artificial e da computación cuántica para resolver problemas complexos nos ámbitos da física e do aeroespacial.

Neste contexto, un programa interdisciplinar que integra os ámbitos da física, da computación e da tecnoloxía aeroespacial permite ao SUG fortalecer a súa capacidade investigadora, apoiar sectores estratéxicos xa presentes en Galicia e situar a comunidade autónoma en cadeas de valor internacionais altamente tecnolóxicas. Un exemplo disto é o proxecto Sparc, que será a primeira fábrica de chips fotónicos de España e que se desenvolverá en Vigo.

1.3 Equilibrio territorial do SUG: xustificación do campus elixido para a implantación da ensinanza en relación coa súa especialidade

A implantación do programa desenvolverase no Campus de Ourense, tomando como base a Escola de Enxeñaría Aeronáutica e do Espazo (EEAE) e a Escola Superior de Enxeñaría Informática (ESEI). Este programa tamén se apoia nas capacidades científicas do Instituto de Investigación en Física, Computación e Ciencia Aeroespacial (IFCAE), situado no propio Campus de Ourense, que conta na actualidade con 60 investigadores. A implantación no Campus de Ourense responde a un criterio de capacidade instalada e masa crítica, e contribúe ao equilibrio territorial do SUG reforzando unha especialización coherente coas liñas do programa. O deseño do programa prevé colaboracións e codireccións con grupos doutros campus/centros cando exista afinidade científica.

2 Mercado laboral

2.1 Estudo das necesidades do mercado laboral en relación coa titulación proposta

A análise das necesidades do mercado laboral amosa unha demanda crecente de perfís altamente cualificados en física aplicada, computación avanzada e enxeñaría aeroespacial, impulsada pola expansión global das industrias tecnolóxicas e aeroespaciais. A industria aeroespacial, en particular, caracterízase por ser un sector estratéxico e tractor, capaz de xerar emprego de alta cualificación e de estimular o investimento en formación STEM debido ao seu papel central na innovación e no desenvolvemento de novas tecnoloxías materiais, electrónicas e de deseño avanzado.

Se nos centramos no sector aeroespacial, este chega a 2026 cunha demanda laboral en máximos históricos combinada cunha escaseza crítica de perfís científicos e técnicos, incluíndo doutores con altos coñecementos en temáticas como aviónica, intelixencia artificial e aviación non tripulada. Esta escaseza converteuse nun factor limitante directo para a capacidade operativa do sector.

Estas tendencias están recollidas de maneira recorrente en informes sectoriais e estatísticas públicas (p.ex. organismos europeos e internacionais e informes anuais da industria), que sinalan unha presión sostida da demanda de perfís técnicos e científicos avanzados en ámbitos aeroespaciais, HPC e IA aplicada.

Por outra banda, a industria aeroespacial e de defensa está a experimentar unha vaga mundial de contratación motivada polo aumento dos pedidos, a modernización tecnolóxica e o crecemento do gasto en defensa. Non obstante, persiste unha brecha estrutural entre a oferta e a demanda de talento, o que xera tensións significativas nas empresas á hora de cubrir postos de alta especialización. Este déficit afecta a perfís STEM avanzados en enxeñaría, computación científica, sistemas autónomos e intelixencia artificial.

Se nos centramos nos datos de paro, as titulacións de Enxeñaría Física, Enxeñaría Aeroespacial, Enxeñaría Informática e Intelixencia Artificial sitúanse como profesións altamente demandadas e amosan unha empregabilidade practicamente plena nos primeiros anos tras a titulación, algo que se extrapola tamén aos doutores nestes ámbitos.

Por outra banda, trátase de sectores en franco crecemento; por exemplo, o sector da aeronáutica, defensa e espazo está a medrar a máis dun 15 % anual. Isto fai que a necesidade de doutores e especialistas avanzados se manteña nos próximos anos.

A dixitalización e a adopción da intelixencia artificial en numerosos procesos fan necesaria a creación de novos perfís híbridos e interdisciplinares, que actualmente non están cubertos pola formación existente e que xeran unha brecha global de talento. Esta brecha pode contribuír a ser mitigada mediante o Programa de Doutoramento en Física, Computación e Ciencia Aeroespacial.

2.2 Incorporación de perfís profesionais no título vinculados aos sectores estratéxicos de Galicia

A incorporación de perfís profesionais vinculados aos sectores estratéxicos de Galicia resulta fundamental para garantir a pertinencia e o impacto do Programa de Doutoramento. No ámbito aeroespacial, a consolidación de iniciativas como o Centro de Investigación Aeroportada de Rozas, o Consorcio Aeroespacial Galego e o Polo Aeroespacial sitúan a comunidade nunha posición privilexiada e demandan persoal altamente cualificado en aviónica, sistemas autónomos, sensorización avanzada e análise de datos. De maneira complementaria, o desenvolvemento das tecnoloxías cuánticas e o impulso do *cluster* TIC galego requiren especialistas en computación científica, ciberseguridade, fotónica integrada e algoritmos cuánticos. Así mesmo, o sector enerxético—particularmente a eólica mariña, o almacenamento enerxético e a optimización de sistemas eléctricos intelixentes—está a experimentar unha transformación tecnolóxica que require perfís capaces de integrar física aplicada, modelización computacional avanzada e sistemas de control de alta precisión. Ademais, sectores tradicionais de grande relevancia económica como a automoción ou o naval están inmersos en procesos de dixitalización, automatización e incorporación de tecnoloxías intelixentes, polo que precisan perfís híbridos que combinen enxeñaría avanzada, física aplicada e capacidades computacionais. Neste contexto, o programa responde de maneira directa ás necesidades reais do tecido produtivo galego,

contribuíndo a fortalecer a competitividade e a transformación tecnolóxica da comunidade.

A relevancia destes sectores estratéxicos reflíctese tamén no amplo ecosistema empresarial e tecnolóxico galego que opera neles. No ámbito aeroespacial destacan compañías como Aernnova, Indra, Babcock e Tecnobit-Grupo Oesía, con presenza directa no Polo Aeroespacial de Galicia e participación en programas de sistemas non tripulados, aviónica avanzada e tecnoloxías de mando e control. No sector TIC e cuántico, empresas como Optare Solutions, Plexus, Imatia ou Sixtema lideran o desenvolvemento de software crítico, análise de datos, comunicacións avanzadas e solucións de intelixencia artificial. No sector enerxético, Galicia conta con actores clave como Reganosa, EDP Renováveis, Naturgy ou Iberdrola, involucrados en proxectos de eólica mariña, redes eléctricas intelixentes e almacenamento enerxético. A isto súmanse sectores industriais tractores como a automoción, con Stellantis-Vigo e a súa extensa rede de provedores, ou o naval, con empresas de referencia como Navantia ou Hijos de J. Barreras, inmersas en procesos de dixitalización, automatización e integración de tecnoloxías avanzadas.

Adicionalmente, o tecido tecnolóxico galego conta cunha rede consolidada de centros tecnolóxicos de alto nivel científico e tecnolóxico, integrados na Rede de Centros Tecnolóxicos de Galicia, que desempeñan un papel esencial na transferencia de coñecemento e na innovación empresarial. Entre eles destacan CESGA (Centro de Supercomputación de Galicia), GRADIANT (tecnoloxías da información e comunicacións), CTAG – Centro Tecnolóxico de Automoción de Galicia (mobilidade avanzada, sistemas intelixentes e materiais), EnergyLab - ITG (enerxía e eficiencia enerxética), AIMEN (materiais avanzados, fabricación aditiva e robótica) e CETIM (materiais sostibles e tecnoloxías industriais). Estes centros complementan e fortalecen a capacidade investigadora da universidade, e presentan unha elevada demanda de perfís doutorais especializados en física, computación e tecnoloxías aeroespaciais. Conxuntamente, o ecosistema empresarial e tecnolóxico galego evidencia a necesidade crecente de talento altamente especializado, unha demanda que o Programa de Doutoramento está plenamente chamado a cubrir

2.3 Interese particular e apoio por parte dalgún grupo de empresas (clúster/hub) que apoie a proposta

Na actualidade non existe un apoio formalizado nun documento específico dun clúster/hub. Con todo, a actividade investigadora do equipo promotor mantén colaboracións regulares con empresas e centros tecnolóxicos a través de contratos e proxectos de I+D, o que facilita a consolidación progresiva de convenios e accións conxuntas vinculadas ao programa. Ademais, a elevada empregabilidade dos ámbitos da Física Avanzada, da Computación e da Ciencia Aeroespacial favorecerá que unha parte significativa das persoas doutoras egresadas se integren no tecido empresarial e tecnolóxico.

3 Demanda

3.1 Previsións de matrícula tendo en conta a análise da demanda real dos estudos propostos por parte de potenciais estudantes e da sociedade

O programa ofrece 8 prazas de novo ingreso anuais. Esta cifra foi dimensionada coidadosamente para garantir:

- Calidade na supervisión: Axustándose á capacidade dos cinco grupos de investigación que sustentan o programa.
- Atractivo para graduados: Diríxese a egresados de enxeñarías, matemáticas e física, tanto nacionais como internacionais, grazas ao uso do inglés como lingua de traballo preferente.
- Internacionalización: O obxectivo é que o 30% das teses obteñan a mención internacional, fomentando a mobilidade e a atracción de estudantes estranxeiros.

4 Non duplicidade

4.1 Mención de ensinanzas afíns preexistentes nesta universidade

Este programa non pretende substituír nin duplicar os programas de doutoramento existentes na UVigo, senón ofrecer unha vía específica e interdisciplinar para perfís investigadores que actualmente deben distribuírse entre itinerarios disciplinares. A proposta reforza o ecosistema de doutoramento mediante codireccións, seminarios conxuntos e colaboración estruturada con programas afíns cando exista interese científico

A continuación se detalla os diferentes programas de doutoramento afíns existentes na Universidade de Vigo no ámbito tecnolóxico[1]:

- Eficiencia enerxética e sostibilidade en enxeñaría e arquitectura.
- Tecnoloxías e procesos avanzados na industria.
- Láser, fotónica e visión.
- Métodos matemáticos e simulación numérica en enxeñaría e ciencias aplicadas.
- Sistemas software intelixentes e adaptables.
- Tecnologías aeroespacial: enxeñarías electromagnética, electrónica, informática e mecánica.
- Xeotecnoloxías aplicadas a construción.

[1] Non se inclúe o Programa de Doutoramento en Física Aplicada que está ubicado no ámbito científico.

4.2 Acreditación de non coincidencia de obxectivos e contidos con outras titulacións existentes (coincidencia máxima do 50% dos créditos)

Eficiencia enerxética e sostibilidade en enxeñaría e arquitectura.

Este programa céntrase na eficiencia enerxética, a modelización térmica, os sistemas mecánicos e térmicos, enerxías renovables e tecnoloxías da edificación, incluíndo investigación en combustión, transferencia de calor e optimización enerxética en edificios e sistemas industriais. O ámbito deste doutoramento é enerxéticoconstrutivo, mentres que o PD en Física, Computación e Ciencia Aeroespacial aborda física avanzada (plasma, cuántica, fotónica), computación de altas prestacións e tecnoloxía aeroespacial, incluíndo aviación, drons e espazo, ámbitos e cun foco e obxectivos diferentes aos deste programa.

Tecnoloxías e procesos avanzados na industria.

Programa orientado á industria 4.0, novos procesos industriais, fabricación avanzada, materiais, optimización de procesos e tecnoloxías industriais transversais. É un programa industrial orientación ampla, que non ten como eixo principal a física avanzada, a computación científica ou a enxeñaría aeroespacial. A súa finalidade é formar especialistas en tecnoloxía industrial, non en sistemas aeroespaciais, navegación, sensores, misións de satélites ou vehículos aéreos autónomos.

Láser, fotónica e visión.

Céntrase exclusivamente na óptica, fotónica, visión por computador, tecnoloxía láser e comunicacións e procesado fotónico, incluíndo incluso investigación en fotónica cuántica e sensores ópticos avanzados. É un doutoramento profundamente disciplinar. O PF en Física, Computación e Ciencia Aeroespacial integraría a fotónica só como unha ferramenta máis, pero o corazón do novo programa é multidisciplinar, combinando física avanzada con computación científica e tecnoloxía aeroespacial. O programa existente non aborda vehículos aéreos, aviónica, dinámica de voo, control autónomo, misións espaciais nin computación HPC.

Métodos matemáticos e simulación numérica en enxeñaría e ciencias aplicadas.

Enfócase na modelización matemática, EDP/EDO, simulación numérica e análise matemática aplicada, cun carácter metodolóxico e transversal a múltiples enxeñarías e ciencias aplicadas. A súa orientación é matemáticacomputacional, pero non sectorial. PD en Física, Computación e Ciencia Aeroespacial aplica HPC, IA e simulación á física aplicada e aos sistemas aeroespaciais, integrando computación con física avanzada e tecnoloxía aeroespacial, .que non figura como eixo formativo estruturante neste programa.computacional, pero non sectorial.

Sistemas software intelixentes e adaptables.

Céntrase en intelixencia artificial, minería de datos, visión artificial, procesamento da linguaxe natural, enxeñaría do software e axentes intelixentes, con aplicacións moi diversas, maioritariamente no eido TIC e biomédico. O PD en Física, Computación e Ciencia Aeroespacial require IA, pero como parte dun ecosistema integrado con física e tecnoloxía aeroespacial. Además aporta novos vectores como a computación cuántica non presentes no programa existente.

Tecnologías aeroespacial: enxeñarías electromagnética, electrónica, informática e mecánica.

Este programa ten un enfoque en tecnoloxías aeroespaciais, integración de sistemas, electromagnetismo, mecánica, electrónica e informática, con forte énfase en nanosatélites e cargas útiles espaciais (Xatcobeo, HUMSAT-D, SERPENS, LUME-1). Non incorpora a física avanzada (plasmas, cuántica aplicada, simulación multifísica, materiais en condición extremas, etc) como eixe formativo. Non inclúe a computación científica/HPC/computación cuántica como piar estrutural. Non abrange vehículos aéreos non tripulados como parte esencial. Tampouco contempla a combinación da Física a Computación e o Aeroespacio nun enfoque unificado e transversal como si plantexa o novo programa de Doutoramento.

Xeotecnoloxías aplicadas a construción.

Este programa trata teledetección, LiDAR, fotogrametría, visión artificial, sensores, SIG, GPR, e utiliza UAVs principalmente como plataforma de captura de datos para construción, mobilidade, industria e enerxía. O uso de UAV é instrumental, non forma parte do desenvolvemento tecnolóxico aeroespacial nin dos sistemas de navegación, aviónica, control autónomo ou física do voo. Non integra computación HPC, física avanzada nin tecnoloxías aeronáuticas/espaciais como obxectivo formativo.