

CIRTESU

Centre d'Investigació en
Robòtica i Tecnologies
Subaquàtiques

INFORME DE BONES PRÀCTIQUES

Gener 2018 - Setembre 2021



CIRTESU Centre d'Investigació en Robòtica i Tecnologies

Subaquàtiques: Informe de bones pràctiques.

Gener 2018 - Setembre 2021

Castelló de la Plana, setembre 2021

CRÈDITS

Universitat Jaume I

Coordinació:

Vicerectorat d'Investigació i Transferència

Realització:

Centre d'Investigació en Robòtica i Tecnologies Subaquàtiques i Oficina de Cooperació en Investigació i Desenvolupament Tecnològic

Col·laboració:

Biblioteca, Càtedra FACSA d'Innovació en el Cicle Integral de l'Aigua, Gabinet de Rectorat, Oficina Tècnica d'Obres i Projectes, Projecte de Cultura Científica i Ciència Ciutadana, Servei de Comunicació i Publicacions i Servei de Llengües i Terminologia

Disseny i maquetació:

Centre d'Investigació en Robòtica i Tecnologies Subaquàtiques y Format G10

Fotografies:

Portada, contraportada i pàgs. 6, 8, 12, 14, 25, 30 i 35: Servei de Comunicació i Publicacions

Pàg 20: Centre d'Investigació en Robòtica i Tecnologies Subaquàtiques

DOI: <http://dx.doi.org/10.6035/idifeder.2018.013.2021>

Document disponible en accés obert des del Repositori Institucional de la Universitat Jaume I: <http://repositori.uji.es/>



Aquest document està publicat sota una llicència
Reconeixement – No Comercial

Actuació cofinançada per la Unió Europea a través del Programa Operatiu del Fons Europeu de Desenvolupament Regional (FEDER) de la Comunitat Valenciana 2014-2020.



Continguts

Presentació	6
Resum executiu	7
Entrevista amb el coordinador del CIRTESU	8
Descripció del projecte	11

Criteris de bones pràctiques

1. Difusió	14
2. Innovació	17
3. Resultats	20
4. Resolució de problemes	23
5. Grau de cobertura	25
6. Criteris horitzontals	28
7. Sinergies amb altres actuacions	31

El CIRTESU en xifres	36
Agraïments	37
Referències	38



Presentació

Des de la seua fundació fa ara 30 anys, la Universitat Jaume I té com a força motriu la contribució al desenvolupament sostenible del territori a través de la generació i transferència de coneixements compromesos amb l'avanç social, econòmic i medi ambiental.

I és aquesta perspectiva, transversal al nostre recorregut científic, la que ens permet una estreta alineació amb les prioritats i objectius del Fons Europeu de Desenvolupament Regional (FEDER), que busca impulsar la innovació per a enfortir la cohesió socioeconòmica de la Unió Europea.

La concordança de les línies d'investigació de la Universitat Jaume I amb la visió i missió de FEDER té com a reflex la nostra activa participació en el Pla Operatiu FEDER Comunitat Valenciana 2014-2020, impulsat per la Conselleria d'Innovació, Universitats, Ciència i Societat Digital de la Generalitat Valenciana.

Entre les noves iniciatives que s'han promogut en aquest pla, es troba el recentment inaugurat Centre d'Investigació en Robòtica i Tecnologies Subaquàtiques (CIRTESU), l'informe de bones pràctiques 2018-2021 del qual presentem a continuació.

Com es reflecteix en aquest document, la posada en marxa del CIRTESU és el punt de partida d'una nova i decisiva etapa per a aconseguir

l'excel·lència, fet que permet aportar solucions innovadores a problemes de l'entorn subaquàtic (robòtica submarina, cycle integral de l'aigua, aqüicultura...).

CIRTESU no és únicament una instal·lació científica d'alt impacte, sinó que se sustenta en un equip humà nascut de l'associació de diferents grups d'investigació de trajectòria reconeguda en àrees complementàries.

A l'elevada projecció del CIRTESU contribueix el seu alt potencial de transferència, ja que els resultats de la investigació seran extrapolables a sectors tan variats com l'electromedicina o la tecnologia nuclear i això catalitzarà noves col·laboracions amb empreses, centres d'investigació i administracions públiques. Tanque aquesta presentació amb unes merescudes paraules d'agraïment al coratge i esforç que ha posat tot l'equip humà, personal investigador i d'administració i serveis, que han fet realitat aquest fantàstic projecte.

Jesús Lancis Sáez
Vicerector d'Investigació y Transferència
Universitat Jaume I



Resum executiu

Propòsit i descripció del projecte

El Centre d'Investigació en Robòtica i Tecnologies Subaquàtiques (CIRTESU) de la Universitat Jaume I sorgeix davant la necessitat de donar un impuls definitiu a la I+D+i de la Comunitat Valenciana i generar noves sinergies entre tres àmbits interrelacionats: robòtica subaquàtica, aqüicultura i cicle integral de l'aigua.

Així, entre 2018 i 2021, s'ha creat un centre d'alt nivell situat en una nau industrial construïda ex professo que alberga un tanc d'aigua de 480 m³ en el qual se simulen condicions reals. Al seu torn, s'ha adquirit un vehicle subaquàtic G500, al qual se li ha adaptat un braç robòtic.

Per a això, s'ha comptat amb una inversió de més de 750.000 €, procedents del Fons Europeu per al Desenvolupament Regional (FEDER), la Generalitat Valenciana i la Universitat Jaume I.

Bones pràctiques

En el marc de la investigació i innovació responsable, la cooperació entre diferents actors ha fet possible que el CIRTESU s'alinee amb els criteris de bones pràctiques identificats en el Programa Operatiu FEDER.

1. Difusió

S'han realitzat més de trenta activitats diferents destinades a comunitat científica, empreses i públic en general.

2. Innovació

El CIRTESU és el primer centre de la seua índole a la Comunitat Valenciana, la qual cosa permet el desenvolupament d'aplicacions d'avantguarda relacionades amb la tecnologia subaquàtica.

3. Resultats

Els objectius plantejats inicialment han sigut coberts, i s'han augmentat les capacitats per a la validació d'hipòtesis en escenaris que simulen la realitat.

4. Resolució de problemes

El CIRTESU ha contribuït a millorar la situació inicial i ha proporcionat un espai idoni per a l'experimentació científica i tecnològica.

5. Grau de cobertura

La comunitat científica i les empreses dels sectors implicats en l'àmbit subaquàtic disposen ara d'un centre d'I+D+i especialitzat.

6. Criteris horitzontals

El CIRTESU promou la igualtat de gènere en ciència i tecnologia, així com la sostenibilitat ambiental en l'edifici, l'equipament i les actuacions.

7. Sinergies

Es creen sinergies en eixos clau del quefer universitari: projectes d'I+D+i, formació (grau, màster i doctorat) i alineament amb polítiques i estratègies.

Perspectives futures

El CIRTESU està cridat a convertir-se en un centre de referència en el seu àmbit. En els tres anys de vida del projecte s'ha captat més d'un 80 % de la inversió inicial.

Juntament amb les línies inicials d'investigació, ja s'estan abordant noves aplicacions relacionades amb la protecció de radiacions en aplicacions mèdiques, la revisió de canonades en instal·lacions nuclears i la detecció d'amenaces aquàtiques per al Ministeri de Defensa.

Entrevista amb el coordinador del CIRTESU

Pedro José Sanz Valero

Entre gener de 2018 i setembre de 2021, l'investigador Pedro José Sanz Valero ha coordinat les diferents fases del cicle del projecte CIRTESU - Centre d'Investigació en Robòtica i Tecnologies Subaquàtiques de la Universitat Jaume I.

Pedro José Sanz Valero és catedràtic de la Universitat Jaume I i està adscrit al Departament d'Enginyeria i Ciència dels Computadors. Coordina el grup d'investigació IRS Lab-Sistemes Interactius i Robòtics, que ha obtingut la qualificació de Grup d'Alt Rendiment per aquesta universitat. Autor de més d'un centenar de publicacions internacionals, ha coordinat diversos projectes d'àmbit autonòmic, nacional i europeu i ha estat involucrat en diferents càrrecs d'organismes internacionals, com ara l'Institute of Electrical and Electronics Engineers Systems Council.

A continuació es mostra el punt de vista de l'investigador sobre les experiències i resultats més significatius del CIRTESU.

Quins són els orígens del CIRTESU?

L'equip d'investigació que, en 2009, constituïm el grup IRS-Lab entrem en el món de la robòtica subaquàtica partint de la nostra dilatada experiència en els sistemes d'interacció humà-màquina i la manipulació robòtica multipropòsit. L'aliança amb el Centre d'Investigació en Robòtica Submarina de la Universitat de Girona i la Universitat de les Illes Balears ens va permetre obtenir una sèrie de projectes a la frontera de la tecnologia, estatals i europeus, coordinats tots des de l'IRS-Lab.

Atès que, al principi, només la Universitat de Girona disposava de les instal·lacions per a la validació experimental (úniques a Espanya en aquells dies), progressivament vam anar establint l'embrió del CIRTESU a la Universitat Jaume I. Per a això par-



tim d'un laboratori proveït d'un xicotet tanc d'aigua i posteriorment es va produir la cessió de la parcel·la en la qual hui se situa el Centre.

En 2018 es produeix un punt d'inflexió en la nostra trajectòria en aprofitar aquest impuls i crear el CIRTESU a través d'un consorci entre la Universitat Jaume I i l'Institut d'Aqüicultura de Torre de la Sal (centre CSIC), al qual, juntament amb l'IRS-Lab, es van adherir dos grups d'investigació de l'UJI, Enginyeria del Disseny i Fluids Multifàsics. L'objectiu d'aquesta unió era poder disposar d'una estructura comuna amb recursos compartits per a l'experimentació en tots els vessants de l'àmbit subaquàtic.

Aquesta potent associació va sumar una significativa experiència en projectes europeus, va augmentar la massa crítica de l'entitat i va ampliar enormement les aplicacions de la investigació en l'àmbit subaquàtic.

Quin valor afegit ha aportat a la teua carrera investigadora el suport del Fons Europeu de Desenvolupament Regional (FEDER)?

Ateses les característiques del projecte i les dificultats sorgides arran de la pandèmia COVID 19, tant en l'obra civil com en la mobilitat del personal investigador, encara no hem tingut recorregut suficient per a quantificar l'impacte dels nous mitjans des de la recent posada en marxa del CIRTESU (inaugurat al desembre de 2020).

El que ja, en aquest moment, constatem, és un important assoliment, perquè el suport de FEDER ens està donant una major visibilitat nacional i internacional. Aquest fet està sent corroborat per col·legues que són referents en robòtica i tecnologies subaquàtiques i que ens consideren candidats idonis per a propostes conjuntes d'alt nivell, ja que, juntament amb la nostra experiència, tenim el suport d'unes instal·lacions i equips singulars.

I la possibilitat d'aquesta cooperació es veurà augmentada quan, en breu termini, disposem d'un planter d'investigadors i investigadores que rebran ensinistrament en les instal·lacions del CIRTESU, en el marc del màster interuniversitari Erasmus Mundus en Robòtica Intel·ligent Marina i Marítima¹ i del futur grau de l'UJI en Intel·ligència Robòtica.

Quines són les teues principals prioritats en la coordinació del CIRTESU?

Disposem d'una infraestructura que ens permet abordar tots els vessants d'interès en l'àmbit subaquàtic (oceanografia, piscifactories, contaminació marina, defensa, arqueologia submarina, indústria offshore, ports marítims, cicle integral de l'aigua...) i per això, la meua major prioritat és buscar sinergies amb entitats intervinents en aquests camps, en alguns dels quals ja estem treballant en l'actualitat (com en el projecte SIMBAAD patrocinat pel Ministeri de Defensa).

Una altra de les meues prioritats és el reforç dels nostres recursos humans, de manera que s'obtinga

el màxim rendiment en l'ús de l'equipament i instal·lacions del Centre. Finalment, com a objectiu més complex i a més llarg termini, aspirem que es dote el CIRTESU d'un estatus en la línia dels instituts universitaris o instituts mixtos d'investigació, la qual cosa donaria un recolzament definitiu a l'entitat.

Com visualitzes el futur del CIRTESU tenint en compte la seua projecció local i global?

El CIRTESU és un projecte de futur que ja ha començat a donar els seus primers fruits. En l'actualitat, i en l'àmbit autonòmic, som el cap visible de la Comunitat Valenciana en la robòtica submarina d'intervenció, i un referent en les línies d'investigació que concerneixen als restants grups que l'integren, amb un extens recorregut en aqüicultura i cicle integral de l'aigua.

A partir d'ara, i a escala estatal, pretenem ocupar un lloc destacat en totes aquestes disciplines gràcies a les nostres instal·lacions singulars que fan possible la validació d'hipòtesis científiques en un tanc d'aigua equipat amb sistemes de ventilació i de generació de corrents. Aquests mecanismes permeten modelitzar situacions com les que ens trobarem en la mar o en les instal·lacions depuradores d'aigües residuals, superant les limitacions dels dipòsits estàtics habitualment utilitzats en l'experimentació.

Aquestes consideracions són extrapolables al context internacional, en el qual hem incrementat les nostres relacions amb diversos països europeus, el Japó, Austràlia i els EUA, facilitant que els nostres estudiants de doctorat tinguen la possibilitat d'elaborar tesis internacionals dirigides conjuntament, alhora que col·laborem en diferents projectes europeus.

En aquest marc cal destacar que des de 2018 tenim un conveni de cooperació amb l'Organització Europea per a la Investigació Nuclear (CERN) a Suïssa, el centre més important del món en la matèria. Actualment ja estem col·laborant amb aques-

¹<https://www.master-mir.eu/>

ta organització en un projecte europeu quadriennal, El-Peacetolero, amb el qual entrarem de ple en una via de gran interès: la robòtica d'intervenció en els entorns amb radioactivitat.

Per a finalitzar, vull subratllar la transcendència que, per a la nostra trajectòria immediata, han suposat les col·laboracions amb els citats grups d'investigació, referents internacionals en el seu àmbit. Aquesta cooperació ha reforçat les sinergies entre disciplines interrelacionades, en una simbiosi que, sens dubte, contribuirà al nostre avanç cap a l'excel·lència.

« El CIRTESU ens permet aplicar els resultats de la investigació que hem estat cultivant durant més de deu anys, i es converteix en una plataforma idònia cap a l'excel·lència.»

Pedro José Sanz Valero, coordinador del
CIRTESU i catedràtic de la Universitat
Jaume I.

Descripció del projecte

Fitxa identificativa

Títol del projecte	Centre d'Investigació en Robòtica i Tecnologies Subaquàtiques
Acrònim	CIRTESU
Localització	Parc Científic i Tecnològic, parcel·la E Campus del Riu Sec de la Universitat Jaume I (Castelló de la Plana)
Organisme convocant	Conselleria d'Innovació, Universitats, Ciència i Societat Digital de la Generalitat Valenciana
Convocatòria	Subvencions per a infraestructures i equipament d'I+D+i per al període 2018-2020 (PO FEDER Comunitat Valenciana 2014-2020). Convocatòria 2018
Període	De l'1 de gener de 2018 al 30 de setembre de 2021
Investigador principal	Pedro José Sanz Valero
Entitats	Universitat Jaume I i Institut d'Aqüicultura Torre de la Sal - CSIC
Import concedit	564.101,25 €
Pressupost total	751.617,01 €
Pàgina web	http://www.irs.uji.es/cirtesu/
Vídeo resum	https://youtu.be/vy8PxqIXrDQ

Resum del projecte

Per què és necessari?

En l'àmbit de la tecnologia subaquàtica, la creació de robots capaços de treballar sota l'aigua és un dels majors desafiaments als quals s'enfronta la comunitat científica, especialment si aquests són autònoms (sense connexió per cable umbilical a embarcacions de superfície a les naus o plataformes nodrisses) i hi han d'actuar coordinadament. El seu desenvolupament obri les portes a múltiples oportunitats per a resoldre necessitats existents en àrees molt diverses, com ara arqueologia, biologia marina, oceanografia, aqüicultura, explotacions de gas i plataformes petrolíferes submarines, etc.

A més, les complexes condicions del mitjà subaquàtic plantegen exigències similars a les que es presenten en altres entorns hostils, com són centrals nuclears, instal·lacions sanitàries amb el risc de radiacions o contextos aeroespacials). En aquests entorns, el risc per a la integritat del perso-

nal científicotècnic es minimitza utilitzant plataformes robòtiques de control remot adaptades al mitjà, dissenyades a partir de l'experiència obtinguda amb els robots subaquàtics.

No obstant això, perquè la ciència avance en aquest camp, és imprescindible que el personal investigador dispose de recursos específics que no sempre estan al seu abast, com ara piscines convenientment equipades perquè els robots i els seus sistemes de comunicació es proven en condicions reals. Com a avantatge afegit, aquestes piscines permeten l'experimentació en línies d'investigació relacionades amb el cicle integral de l'aigua, com són el tractament i l'emmagatzematge d'aigua potable i la depuració i reutilització de les aigües residuals.

Com es dona resposta a les necessitats detectades?

A fi de contribuir a la cerca de solucions en aquest àmbit, el projecte CIRTESU de la Universitat Jaume I té com a objectiu general crear un centre d'inves-

estigació d'alt nivell que permeta resoldre problemes complexos relacionats amb les tecnologies subaquàtiques. Per a això, la inversió realitzada s'ha estructurat en tres grans blocs:

1 Adquisició i millora del robot G500, que permet la integració d'un braç manipulador, sensors i eines, així com la seua interconnexió de xarxa amb els robots i sensors ja disponibles. Aquest robot és vital per a avançar en el disseny d'aplicacions cooperatives d'intervenció, com aquelles que s'han de realitzar en depòsits d'aigua potable, depuradores d'aigües residuals i piscifactories en la mar.



Robot G500 con braç articulat

2 Construcció de la infraestructura, formada per una nau industrial de 611,78 m² de superfície construïda i 8,35 m d'altura, l'element central de la qual és un tanc d'aigua de 480 m³ (la meitat de la capacitat d'una piscina olímpica) dissenyat per a experimentar amb tecnologia subaquàtica.



Construcció de la nau industrial

3 Dispositius per a la generació de corrents i l'estudi de l'oxigen en la depuració eficient d'aigua, necessaris per a simular entorns de gestió i depuració d'aigua directament relacionats amb les aplicacions aquàtiques, científiques i industrials del cicle integral de l'aigua i la robòtica subaquàtica.



Sala de control

« L'avançat disseny del tanc de ventilació i generació de corrents permet l'experimentació en tecnologia subaquàtica en condicions pròximes a la realitat i amb resultats molt fiables. »

Rosario Vidal, investigadora del CIRTESU, directora del Grup Green Investigation and Development i catedràtica de la Universitat Jaume I.

Qui ho han fet possible?

Davant la complexitat i projecció de l'actuació, es va constituir un equip de treball interdisciplinari que integra els següents grups d'investigació de la Universitat Jaume I:

- **Laboratori de Sistemes Robòtics i Interactius**, coordinador del projecte. El treball del grup se centra en la interacció persona-màquina i el desenvolupament de solucions (programari/maquinari) per a aplicacions de robòtica en escenaris reals, especialment en l'àmbit subaquàtic i en altres entorns hostils.
- **Grup Green Investigation and Development**, les línies del qual són la sostenibilitat mediambiental i social, l'avaluació del cycle de vida, l'ecodisseny i la qualitat mediambiental de l'aigua potable en les estacions de tractament, depòsits d'emmagatzematge i xarxes de distribució.
- **Grup de Fluids Multifàsics**, que té entre les seues línies d'investigació el coneixement de materials, la nanotecnologia, la modelització i simulació d'estacions depuradores d'aigües residuals (processos bioquímics, neutralització de l'olor i els nitrats...) i la gestió i reutilització de les aigües depurades.

Juntament amb aquests grups d'investigació i com a membre del CIRTESU des dels seus orígens, es compta amb la participació de l'Institut d'Aqüicultura Torre de la Sal, centre pertanyent al Consell Superior d'Investigacions Científiques (CSIC), que contribueix a ampliar les oportunitats que el projecte ofereix en l'optimització de l'aqüicultura marina i d'aigua dolça.

El caràcter integrador és una de les forteses del CIRTESU, i s'han inclòs en el projecte usuaris finals, com ara l'empresa Foment Agrícola Castellonenc (FACSA) especialitzada en l'operació i manteniment de

plantes de tractament d'aigües i dessaladores.

Generant noves oportunitats...

El CIRTESU afavorirà significatius avanços tant en l'àmbit subaquàtic com en altres entorns de difícil accés. Mostra d'això és que durant l'execució del projecte s'han establert les primeres aliances estratègiques, que ja han començat a donar els seus fruits:

- Col·laboracions amb l'Organització Europea per a la Investigació Nuclear (CERN), gràcies a les similituds entre el **medi radioactiu** i el subaquàtic. Com a activitats en marxa podem citar el desenvolupament de robots adequats a tècniques millorades de radiació per a **aplicacions mèdiques** i per a avaluació i manteniment de **canonades en instal·lacions nuclears**.
- Noves vies d'investigació per a la gestió dels **cultius marins**, especialment aquells que es realitzen mitjançant dispositius de gàbies, en aconseguir condicions òptimes de treball.
- Disseny de xicotets robots subaquàtics per a presa de mostres d'**oxigen en les depuradores**, en col·laboració amb la Càtedra FACSA-UJI.
- Cooperació amb el Ministeri de Defensa per a dissenyar i implementar un sistema integrat de **monitoratge i cerca d'amenaces aquàtiques** en superfície i profunditat, que utilitza un vehicle subaquàtic autònom AUV comunicat sense cables.

Actuacions com les citades se sumen a la notable experiència acumulada per l'equip del CIRTESU en projectes d'investigació, la qual cosa impulsa la Universitat Jaume I com a referent en activitats d'I+D+i en l'àmbit de la robòtica i altra tecnologia subaquàtica.

«El CIRTESU és un pont que uneix la investigació subaquàtica amb múltiples aplicacions en diverses àrees del coneixement, com la salut o l'enginyeria.»

Raúl Marín, investigador del CIRTESU i professor titular d'Universitat del Departament d'Enginyeria i Ciència dels Computadors de la Universitat Jaume I.

Criteris de bones pràctiques

Amb la voluntat que els resultats aconseguits pel CIRTESU puguen ser transferits a altres entitats, a continuació es descriu la seua adequació als criteris de bones pràctiques identificats en l'Estratègia de Comunicació dels Programes Operatius FEDER de la Comunitat Valenciana 2014 2020.

1. Difusió

A fi d'establir activitats adaptades als diferents col·lectius, el primer pas de l'estratègia de comunicació ha sigut definir un mapa de públics en el qual s'han identificat als grups reflectits en la següent figura.



Seguidament, s'han definit els objectius i canals de comunicació més apropiats per a cada grup, que ha donat lloc a les accions assenyalades a continuació.

Inauguració oficial del CIRTESU, amb la participació d'alts representants dels àmbits polític i educatiu (3 de desembre de 2020).



1.1. Activitats i actes públics

Les principals activitats i actes públics en els quals s'ha fet difusió del projecte es resumeixen en la següent taula.

ACTIVITAT	PÚBLIC	ANY	BREU DESCRIPCIÓ
Roda de premsa	Mitjans de comunicació	2019	Organitzada amb motiu de l'arribada del robot subaquàtic G500 a la Universitat Jaume I.
Innovació educativa	Estudiantat universitari	2019	Participació en la iniciativa Good Game per a inspirar la creació de videojocs.
Realització d'experiments	Comunitat científica	2019 2020	Experiments en el marc de projectes com El-Peacetolero (Comissió Europea) i TWINBOT (Ministeri de Ciència i Innovació).
Visites al CIRTESU	Administració pública Comunitat científica	2019 2020 2021	Les instal·lacions han sigut visitades en diverses ocasions per representants polítics i personal investigador, com les Jornades d'Automàtica 2021.
Presentacions en congressos internacionals	Comunitat científica	2020 2021	El projecte s'ha donat a conèixer en espais com el Fòrum Europeu de Robòtica i el Congrés Mundial de la International Federation of Automatic Control.
Nit Europea de les Investigadores	Públic en general	2020	Presentació del projecte i la seua vinculació amb la igualtat de gènere en la secció «Veus expertes».
Inauguració oficial	Administració pública Comunitat científica Empreses tecnològiques	2020	Acte celebrat a la Universitat Jaume I en el qual representants polítics i educatius han inaugurat i visitat les instal·lacions.

1.2. Difusió en mitjans de comunicació

Durant tot el cicle de vida del projecte s'han dut a terme accions de difusió dirigides tant a la comunitat universitària com al públic en general, segons es detalla en la taula següent.

ACCIÓ	NOMBRE	BREU DESCRIPCIÓ
Nota de premsa	2	Notes de premsa del Servei de Comunicació i Publicacions de la Universitat Jaume I enviades als mitjans de comunicació.
Notícia de premsa	18	Notícies publicades en periòdics i revistes, en suport paper i digital (ex. Europapress, El Mundo, Levante, Mediterráneo, Castellón Diario, Castellón Plaza, Valencia Plaza...).
Emissions en ràdio	3	Entrevistes i notícies difoses en emissores com ara Ràdio Nacional d'Espanya, À Punt Ràdio i Onda Cero.
Vídeos de divulgació científica	3	Vídeos publicats en el Portal Ciència de la Universitat Jaume I i en YouTube.
Insercions en xarxes socials	3	Informació difosa a través dels canals de Twitter, LinkedIn i Facebook de la Universitat Jaume I, RUVID (Xarxa d'Universitats Valencianes) i IRS Lab.

1.3. Publicacions externes

Considerant la idoneïtat de les publicacions per a compartir els resultats del projecte amb la comunitat investigadora, l'equip del projecte ha començat a plasmar els seus avanços en una sèrie d'articles científics² el nombre i impacte dels quals són de tendència creixent. Juntament amb la participació de personal amb una àmplia trajectòria, destaca la incorporació d'investigadors i investigadores en formació, per als qui el projecte ha generat noves oportunitats.

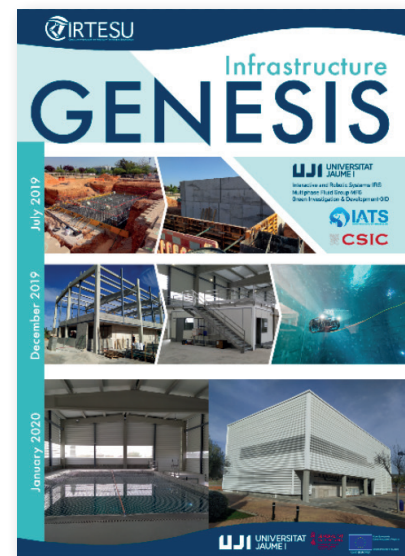
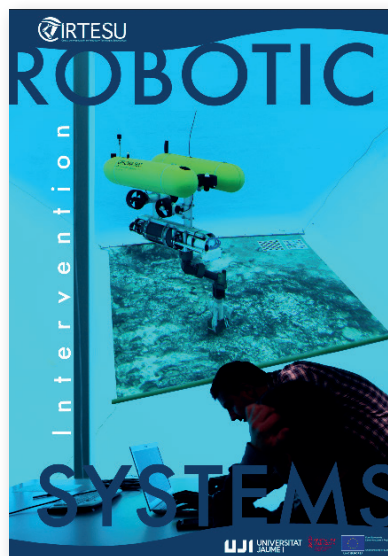
Complementàriament, s'ha elaborat el present informe divulgatiu de bones pràctiques, d'accés obert i orientat a acostar la ciència a la ciutadania, en línia amb l'Estratègia d'Especialització Intel·ligent en Investigació i Innovació a la Comunitat Valenciana (RIS3-CV).

1.4. Informació en pàgines web

Reflectint la importància de l'actuació, s'ha creat una pàgina web específica del projecte, allotjada en el servidor de la Universitat Jaume I i s'ha publicat una entrada específica en Wikipèdia. A més, en diferents seccions de la pàgina web de la Universitat Jaume I es visibilitza el CIRTESU, com el Portal Ciència, el Videoblog Ciència TV i els arxius de notícies i fotonotícies, la qual cosa facilita l'accés a la informació al públic en general.

1.5. Suports publicitaris

S'han elaborat diversos recursos gràfics que reforcen la visibilitat del projecte, com ara un cartell informatiu, pòsters explicatius, un bàner enrotllable i adhesius per als equips i la zona d'accés a l'edifici.



Recursos gràfics que reforcen la visibilitat del CIRTESU

²Articles publicats durant la realització del projecte:

- de la Cruz, M.; Casañ, G.; Sanz, P.; Marín, R. Preliminary Work on a Virtual Reality Interface for the Guidance of Underwater Robots. *Robotics* 2020, 9, 81. <https://doi.org/10.3390/robotics9040081>
- de la Cruz, M.; Casañ, G.; Sanz, P.; Marín, R. A New Virtual Reality Interface for Underwater Intervention Missions. *Proceedings of 2020 IFAC Conference*.
- Pérez, J.; Bryson, M.; Williams, S.B.; Sanz, P.J. Recovering Depth from Still Images for Underwater Dehazing Using Deep Learning. *Sensors* 2020, 20, 4580. <https://doi.org/10.3390/s20164580>
- R. Pi, P. Cieślak, P. Ridao and P. J. Sanz, "TWINBOT: Autonomous Underwater Cooperative Transportation," in *IEEE Access*, vol. 9, pp. 37668-37684, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3063669.

2. Innovació

El caràcter innovador és un dels trets d'identitat del projecte del CIRTESU, que abasta tota la cadena de valor, des de la generació i utilització del coneixement fins a l'obtenció de resultats que donen resposta a les necessitats existents.

2.1. Infraestructura i equipament

La trajectòria de l'equip investigador participant en el CIRTESU, especialitzat en àmbits com la robòtica subaquàtica, ha permès detectar les limitacions associades a la falta d'infraestructures i equipament adequats per a dur a terme avanços científics en aquest àmbit i tindre un profund coneixement sobre les característiques que havia de reunir l'edifici que alberga al CIRTESU.

En la nau industrial de 30 x 15 x 8,35 metres construïda ex professo, al costat del tanc d'aigua i els dispositius per a la simulació de situacions reals, s'han situat les zones de llançament i recuperació de robots, la sala de control, la grua pòrtic i el taller de disseny i construcció de tecnologia subaquàtica. Cal destacar que la visualització de l'interior del tanc és possible a través d'un ampli finestral de vidre blindat disposat en un dels seus paraments verticals.

Al seu torn, el tanc d'aigua compta amb agitadors submergibles i una unitat bufadora d'aire que alimenta graelles extraïbles amb difusors, situades en el seu interior. Aquest conjunt modular permet reproduir els fenòmens hidrodinàmics i el procés de ventilació dels reactors biològics utilitzats en les estacions depuradores d'aigües residuals a escala real, i són també de gran utilitat en l'experimentació amb robots subaquàtics.

En el camp de la robòtica subaquàtica és destacable l'adquisició d'un robot autònom amb possibilitat d'intervenció, adaptat sobre la base del robot G500 i proveït d'un braç manipulador i una càmera estereo, la qual cosa permet múltiples aplicacions, com ara l'exploració del fons marins o la cerca i recuperació d'objectes, com la caixa negra d'una aeronau. Això és possible perquè el robot pot submergir-se fins a

una profunditat de 500 metres i les seues bateries d'ió-liti li proporcionen una autonomia de sis hores aproximadament.

A més, pel fet de no requerir un cable umbilical que comuniqui el robot amb la plataforma de superfície o la nau d'abastament, s'elimina el risc d'embolics i trencament del cable, la qual cosa pot comportar la pèrdua de l'equip. En una altra escala d'intervenció, també es preveu el desenvolupament de robots submergibles de xicoteta grandària i baix cost per a treballs en instal·lacions de menors dimensions, com ara depuradores.

En les actuacions de robòtica subaquàtica del CIRTESU s'utilitza com a suport bàsic el programa de simulació UWSim, desenvolupat i actualitzat pel grup d'investigació IRS Lab. Aquesta eina de codi obert, accessible des de la pàgina web de la Universitat Jaume I, permet visualitzar la reconstrucció d'una intervenció real i simular actuacions subaquàtiques, i hi és possible incorporar en la pantalla del simulador components com ara vehicles subaquàtics, embarcacions de superfície, manipuladors robòtics i sensors. Creat a través de projectes previs, el CIRTESU en potenciarà la utilització i propiciarà nous avanços.

«L'estudi a escala real dels processos hidrodinàmics a l'interior dels reactors biològics de les estacions depuradores d'aigües residuals permetrà grans avanços en l'optimització dels processos de depuració.»

Sergio Chiva, investigador del CIRTESU, director del Grup de Fluids Multifàsics i catedràtic de la Universitat Jaume I.

2.2. Línies d'investigació i aplicacions

El nexa entre la generació del coneixement i la seua transferència és un dels eixos transversals del CIRTESU. Tenint en compte la varietat d'entorns

de difícil accés, el projecte amplia les possibilitats en múltiples àmbits del coneixement vinculats a la robòtica intel·ligent i al cicle integral de l'aigua, algunes de les quals es resumeixen a continuació.

Principals línies d'investigació

Robòtica subaquàtica i en altres entorns hostils aplicada a escenaris reals, incloent-hi el desenvolupament de programari per a la simulació, programació i control d'equips autònoms i coordinats.

Processos amb **fluids multifàsics** (aire-aigua) utilitzats en les **estacions depuradores d'aigües residuals** per a la degradació de la matèria orgànica per mitjà de microorganismes aerobis en **reactors biològics**.

Enginyeria del disseny de productes, instal·lacions i equips per a **sostenibilitat ambiental** i el mesurament i millora de la **qualitat de l'aigua potable**.

Exemples d'aplicació

Avaluació i manteniment de canonades de poliamida en **centrals nuclears**.

Accés de robots a **instal·lacions sanitàries** amb el risc de radiacions.

Monitoratge de **cultius subaquàtics** en gàbies (autoneteja de tancs, oxigenació...).

Recopilació d'informació per a **cartografia submarina**.

Suport a la investigació del **patrimoni cultural subaquàtic** mitjançant l'estudi d'elements submergits en el medi.

Monitoratge i cerca d'**amenaces aquàtiques** (mines submarines...) per al Ministeri de Defensa.

Revisió i manteniment d'instal·lacions en **ports marítims**.

Experimentació d'un **reactor biològic** en **estació depuradora d'aigües residuals** a escala real (fenòmens hidrodinàmics, ventilació i mescla, modelització i simulació computacional...).

Proveïment d'aigua amb **optimització dels recursos hídrics** mitjançant sistemes d'informació geogràfica.

Desenvolupament i validació de **models de qualitat de l'aigua potable** per a xarxes d'emmagatzematge i distribució.

«La participació de l' Institut d'Aqüicultura de Torre la Sal (CSIC) en el CIRTESU obri noves vies per a millorar la gestió dels cultius marins i poder avançar cap a una aqüicultura més sostenible.»

Ariadna Sitjà, directora de l'Institut d'Aqüicultura de Torre la Sal (centre del CSIC)

2.3. Innovació respecte al territori i al públic objectiu

La infraestructura del CIRTESU és única a la Comunitat Valenciana, la qual cosa suposa un notable avanç en el posicionament del territori com a pol d'investigació en tecnologia subaquàtica, i és del màxim interès per a la Universitat Jaume I, la província de Castelló i la Comunitat Valenciana.

La singularitat de la instal·lació obri múltiples possibilitats de col·laboració científicotecnològica amb noves aportacions per al públic al qual va dirigit el projecte. En la següent figura se n'ofereix un resum.

Mostra de les innovacions que aporta el CIRTESU respecte al públic objectiu



Personal investigador

Espai pioner per a l'experimentació subaquàtica simulant condicions reals d'intervenció.



Estudiantat

Aprenentatge rellevant i pràctiques experimentals d'alt nivell en robòtica subaquàtica.



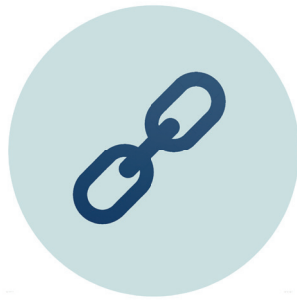
Centres d'I+D+i

Aplicació del coneixement per a nous desenvolupaments aplicables a diversos entorns hostils.



Empreses

Noves oportunitats de col·laboració publicoprivada en l'àmbit de la intel·ligència artificial.



Administració pública

Contribució a polítiques de desenvolupament sostenible basades en la I+D+i.



Ciutadania

Participació en el progrés científic i en la generació d'una societat basada en el coneixement.

3. Resultats

Segons es descriu a continuació, els resultats aconseguits en el projecte CIRTESU han permès aconseguir els objectius definits en la sol·licitud inicial, i se n'ha constatat el valor afegit obtingut gràcies al cofinançament de FEDER.

Objectiu 1.- Robòtica cooperativa, amb capacitat de supervisió i intervenció amb equips de sensors i robots manipuladors mòbils heterogenis, aplicable en l'àmbit aquàtic i industrial (Internet de les Coses i indústria *offshore*).

Objectiu aconseguit a través de l'adquisició d'un robot tipus AUV (sigles en anglès de vehicle subaquàtic autònom) al qual se li ha adaptat un braç manipulador articulad proveït d'un prensor que permet la utilització d'eines. Juntament amb això, s'ha avançat en el disseny de xicotets robots mòbils amb capacitat de manipulació i baix cost, i s'han dut a terme proves d'inspecció cooperativa en el CIRTESU.

Objectiu 2.- Experimentació en escenaris pròxims a la realitat, en presència de corrents i situacions imprevistes.

La simulació de contextos reals en el tanc d'aigua del CIRTESU s'ha vist potenciada pel disseny i posada en marxa d'una sèrie de dispositius de control hidràulic i generació de corrents, així com l'adaptació del programa simulador de robòtica submarina UWSim. Així, ja s'han realitzat els primers experiments que han permès, per exemple, que un robot recupere la caixa negra d'una aeronau (maqueta a escala real) en el fons del tanc d'aigua.

Objectiu 3.- Aplicacions de l'àmbit aquàtic: vigilància i optimització del sistema d'aigües potables, inspecció i millora de la gestió de l'aigua en depuradores, optimització de regants per a l'ús eficient de l'aigua, manteniment de piscifactories i d'instal·lacions estratègiques subaquàtiques.

La integració en el CIRTESU dels grups d'investigació Green Investigation and Development i Fluids Multifàsics, especialitzats en l'avaluació mediambiental, el tractament i la depuració d'aigües, ha permès al Centre disposar dels elements necessaris perquè l'experimentació generada pugui convertir-se en innovacions d'utilitat per a empreses i entitats del sector públic i privat vinculades a la gestió integral del cicle de l'aigua.

«Les instal·lacions experimentals del CIRTESU són per a nosaltres una oportunitat única on poder avançar a entendre amb detall els processos de tractaments d'aigües amb els quals treballem en el nostre dia a dia.»

José Guillermo Berlanga Clavijo, director I+D+I i Millora Contínua de FACSA.



Objectiu 4.- Aplicacions de l'àmbit industrial: cooperació de robots industrials en l'àmbit de la Indústria 4.0, xarxes de sensors (IoT), simulacions i interfícies de control cooperatiu de robots industrials.

El disseny de robots ha contribuït perquè la investigació sobre intel·ligència artificial convergisca amb l'experiència de la Universitat Jaume I en la innovació i transferència cap al sector manufacturer, i ha obert possibilitats perquè les empreses milloren la seua competitivitat a través de l'alta tecnologia. Exemples de les aportacions del CIRTESU a la robòtica industrial són les tècniques de segellament per a l'ús en ambients polsosos i el control remot d'equips amb comunicació reduïda, com succeeix en els túnels.

Objectiu 5.- Aplicacions de l'àmbit científic: disseny de tecnologia per a la salvaguarda del patrimoni arqueològic submarí de la Comunitat Valenciana, control remot de sistemes d'intervenció robòtica en escenaris perillosos (ex. foc, radiació i aigua), investigacions en enginyeria de fluids i millora dels sistemes de construcció de les instal·lacions del cycle de l'aigua, així com avanços en determinades tècniques d'aqüicultura i eficiència en piscifactories.

Una vegada identificat l'interès del públic objectiu, el CIRTESU ha mantingut contactes amb diferents entitats per a facilitar que els avanços en I+D+I siguen utilitzats per a donar solució a necessitats concretes. La relació amb empreses, centres d'investigació i administracions públiques ha portat a iniciar l'experimentació en àmbits com els sistemes de control avançat de reg, l'arqueologia subaquàtica, la depuració i emmagatzematge d'aigua potable o l'atenció hospitalària en zones amb el risc de radiació.

Objectiu 6.- Objectiu transversal: seguint les directrius internacionals de les bones pràctiques en ètica robòtica (Robot ethics) i enginyeria, s'investigarà i dissenyarà tecnologia amb l'objectiu de servir a les persones, per a la millora de la qualitat de vida, el foment de l'ocupació i la pau.

Alineant-se amb la investigació i innovació responsables (RRI per les seues sigles en anglès), la labor del CIRTESU cerca contribuir als valors de la societat. Accions concretes per a això han sigut promoure l'educació científica amb activitats com la Nit Europea de les Investigadores, impulsar l'accés obert a la informació i sumar-se a l'Estratègia d'Excel·lència de Recursos Humans per a Investigadors de la Universitat Jaume I.

La robòtica subaquàtica té un gran potencial per a facilitar i potenciar les intervencions d'arqueologia submarina.



Foto: Juha Flinkman, SubZone OY, CC BY-SA 4.0 <<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>> via Wikimedia Commons

Per a arribar a aquests resultats s'ha seguit el pla de treball plantejat en la memòria del projecte i, al llarg del seu cicle de vida, s'han anat aconseguint les metes previstes en totes les seues fases. Els assoliments més significatius són els següents:

Fase 1. Simulació d'intervencions robòtiques en corrents

Metes:

- Disseny dels plans del sistema automatitzat de corrents d'aigua.
- Adaptació del programa simulador de robòtica submarina UWSim.
- Avaluació empírica en simulació amb robots.

Fase 2. Experiments de mecànica de fluids i disseny de tanc de corrents

Metes:

- Anàlisi de resultats de l'avaluació empírica.
- Adaptació del projecte de l'edifici a la configuració final del sistema de corrents, així com de les zones de llançament i recuperació de robots, sala de control, grua pòrtic i taller de disseny i construcció de tecnologia subaquàtica.

Fase 3. Inspecció cooperativa

Metes:

- Adquisició d'un robot subaquàtic tipus AUV model G500.
- Adaptació del sistema de manipulació del robot G500 amb la implantació d'un braç articulat proveït d'un sensor que permetrà l'ús d'eines en piscifactories, pous, etc.
- Avanç en el disseny de xicotets robots mòbils amb capacitat de manipulació i baix cost per a instal·lacions subaquàtiques de menors dimensions.
- Proves d'inspecció cooperativa en les instal·lacions provisionals del projecte (CIRS Girona).

Fase 4. Experiments en el tanc de corrents amb robot

Metes:

- Verificació del correcte funcionament de les instal·lacions.
- Proves preliminars de robots en el tanc de generació de corrents.

Fase 5. Experiments d'intervenció cooperativa en tanc de corrents. Final del projecte

Metes:

- Monitoratge i intervenció robòtica cooperativa, en condicions pròximes a la realitat, per al transport de canonades subaquàtiques.
- Transferència del programari desenvolupat per a la cooperació eficient en xarxa per a la seua utilització en altres àmbits de la robòtica cooperativa.

Fase transversal

Meta:

- Elaboració d'un marc integrador de les línies d'investigació del CIRTESU amb l'Estratègia d'Especialització Intel·ligent per a la Investigació i Innovació a la Comunitat Valenciana, els Objectius de Desenvolupament Sostenible de l'Agenda 2030 i les directrius internacionals de les bones pràctiques en ètica robòtica i enginyeria.

4. Resolució de problemes

La contribució del CIRTESU a la resolució de problemes o febleses detectats en l'àmbit d'execució, parteix de la realització d'una anàlisi detallada de la situació inicial de la investigació en tecnologia subaquàtica i robòtica cooperativa a la Comunitat Valenciana. Aquesta conjuntura s'ha sintetitzat a través de la matriu DAFO que es presenta a continuació, en la qual s'analitzen les seues debilitats,

amenaces, fortaleeses i oportunitats i que es presenta a continuació.

La matriu facilita la visualització de les principals dificultats i possibilitats associades al projecte en els nivell intern i extern i s'ha inspirat en l'Estratègia d'Especialització Intel·ligent per a la Investigació i Innovació a la Comunitat Valenciana (Generalitat Valenciana, 2016) i, més concretament, en el DAFO inclòs en aquesta Estratègia.

DAFO sobre la investigació en tecnologia subaquàtica i robòtica cooperativa a la Comunitat Valenciana

ANÀLISI INTERNA

DEBILITATS

1. Escassetat d'instal·lacions apropiades per a realitzar experiments en els quals se simulen entorns reals.
2. Alt cost dels equips i infraestructures requerits per a la investigació aplicada.
3. Desequilibri en l'accés de dones i homes a estudis sobre àrees afins al CIRTESU (intel·ligència artificial, tecnologia en entorns hostils).
4. Dificultat per a trobar personal tècnic especialitzat en el maneig dels dispositius del CIRTESU.
5. Universitat de mitjana grandària amb recursos limitats per a invertir en el pla propi d'investigació.
6. Restriccions a la mobilitat del personal investigador accentuada per la situació generada durant la pandèmia COVID 19.

FORTALESES

1. Equip humà amb àmplia trajectòria investigadora en sistemes robòtics i interactius, emmagatzematge i depuració d'aigua i aqüicultura.
2. Estreta col·laboració entre grups d'investigació complementaris (ex. grups Fluids Multifàsics i Green Investigation and Development).
3. Elevat suport institucional en la realització i promoció del CIRTESU com a centre de referència en el seu àmbit.
4. Gran capacitat d'atracció per a personal investigador en formació.
5. Sòlida xarxa de contactes amb centres europeus i internacionals amb els qui s'ha forjat una relació de confiança.
6. En la universitat s'imparteixen estudis de grau i postgrau vinculats al projecte, la qual cosa permet comptar amb persones capacitades per a participar en el CIRTESU.
7. Producció pròpia del maquinari i programari (UWSim) necessaris per a la simulació i la programació i el control dels robots subaquàtics.

ANÀLISI EXTERNA

AMENACES

1. Reduït teixit empresarial a la província de Castelló especialitzat en tecnologia subaquàtica.
2. Dificil accés a ajudes exteriors per a cofinançar la inversió requerida en mitjans humans i materials.
3. Baixa inversió en I+D+i en l'àmbit del projecte en comparació a altres regions i països europeus.
4. Complexa consolidació de la carrera del personal investigador, que porta a l'emigració de persones altament qualificades que han sigut formades en centres de la Comunitat Valenciana.
5. Crisi econòmica arran de les conseqüències de la pandèmia COVID-19.

OPORTUNITATS

1. Interès mostrat en la robòtica subaquàtica per empreses de diversos sectors.
2. Sorgiment de noves aplicacions de la tecnologia robòtica en entorns de difícil accés, com ara la vigilància i control en entorns radioactius.
3. Centres d'I+D de prestigi internacional han mostrat interès per col·laborar amb el CIRTESU, com ara l'Institut Superior Tècnic de Lisboa.
4. Les polítiques d'àmbit autonòmic, estatal, europeu i internacional promouen la investigació i innovació responsable.
5. El territori en què se situa la universitat té tradició en innovació i cultura emprendedora.
6. Estreta connexió amb l'eix mediterrani, amb anàlegs interessos i preocupacions, la qual cosa facilita l'extensió del CIRTESU a contextos similars.
7. Necessitat d'optimitzar la construcció i gestió d'instal·lacions de depuració i emmagatzematge d'aigua potable mitjançant l'experimentació i el disseny.

Encara que al llarg de l'informe es fa referència a com el projecte ha abordat els diferents aspectes de l'anàlisi DAFO, es considera d'interès oferir una visió global que sintetitze les principals relacions entre els seus resultats i el CIRTESU.



Contribuir a solucionar les febleses

La construcció de la nau on es troba el tanc de generació de corrents d'aigua, juntament amb els dispositius per a simular entorns reals i l'adquisició i adaptació del robot subaquàtic G500, permet la realització de tota mena d'experiments en l'àmbit del projecte, la qual cosa evita complexos i costosos desplaçaments a centres de característiques similars situats fora de la Comunitat Valenciana.

En relació a l'equitat de gènere, el CIRTESU manifesta la seua total alineació amb les estratègies i directrius de l'UJI, especialment amb les propugnades en el II Pla d'Igualtat de la Universitat Jaume I 2016-2020 i l'acreditació europea de qualitat HR Excellence in Research (Excel·lència dels Recursos Humans en la Investigació). Per a més detall sobre aquest punt ens remetem a l'apartat 6.1. d'aquest informe «Criteris horitzontals: Igualtat».



Potenciar les fortaleses

La posada en marxa del projecte no hauria sigut possible sense una estreta col·laboració entre els grups d'investigació que l'integren. Gràcies al treball interdisciplinari s'han generat espais per al coneixement mutu i la col·laboració i han sorgit nous projectes, alguns dels quals ja han començat a funcionar. Les possibilitats que ofereix el CIRTESU per a la investigació han atret la incorporació de joves investigadors i investigadores que s'han unit a l'equip i han vist impulsat l'inici de la seua carrera científica.

D'altra banda, i amb vista a potenciar la capacitat per a l'ús i manteniment de les instal·lacions del CIRTESU, a la Universitat Jaume I s'han impartit continguts específics en els estudis de grau i post-grau relacionats amb les temàtiques del projecte.

Com a exemple d'aplicació, destaca l'interès que desperta el projecte per a l'arqueologia, amb interessants possibilitats de col·laboració amb instàn-

cies com el Centre d'Estudis de Dret i Relacions Internacionals, grup d'investigació de la Universitat Jaume I amb un ampli bagatge en la defensa del patrimoni cultural submarí.



Reduir el risc d'amenaques

S'han identificat empreses de diversos sectors per a ampliar les possibilitats d'aplicació de la investigació realitzada en el CIRTESU. Per a això s'ha treballat a escala local, regional i europea amb entitats de diferent tipologia que han manifestat el seu potencial interès en aquesta qüestió.

En relació amb la sostenibilitat econòmica, s'ha realitzat un mapatge de possibles convocatòries d'ajudes, en què destaca especialment el nou programa marc de la Unió Europea 2021-2027, Horitzó Europa, per la seua capacitat i prioritats en el finançament de l'I+D+i.



Alinear-se amb les oportunitats

Amb la finalitat d'ampliar les potencialitats del projecte, s'han localitzat entorns de difícil accés similars al mitjà subaquàtic, en els quals hi ha moltes possibilitats de transferir els resultats obtinguts en la investigació d'aplicacions robòtiques en contextos hostils.

Entre aquests, s'ha iniciat l'experimentació en el tanc de generació de corrents a fi de validar o contrastar hipòtesis científiques per a millorar la construcció i gestió d'instal·lacions de depuració i emmagatzematge d'aigua potable. Així mateix, la iniciativa WATER UJI, consistent en un hub tecnològic en el sector de l'aigua, creat en l'UJI a la fi de 2020 gràcies a un projecte finançat per l'Agència Valenciana de la Innovació, permetrà l'enfortiment de sinergies amb altres grups d'investigació i empreses.

D'altra banda s'ha començat la col·laboració amb el Ministeri de Defensa a través d'un projecte que té per objecte el disseny d'un sistema integrat per al monitoratge i cerca d'amenaques aquàtiques utilitzant vehicles autònoms submarins.

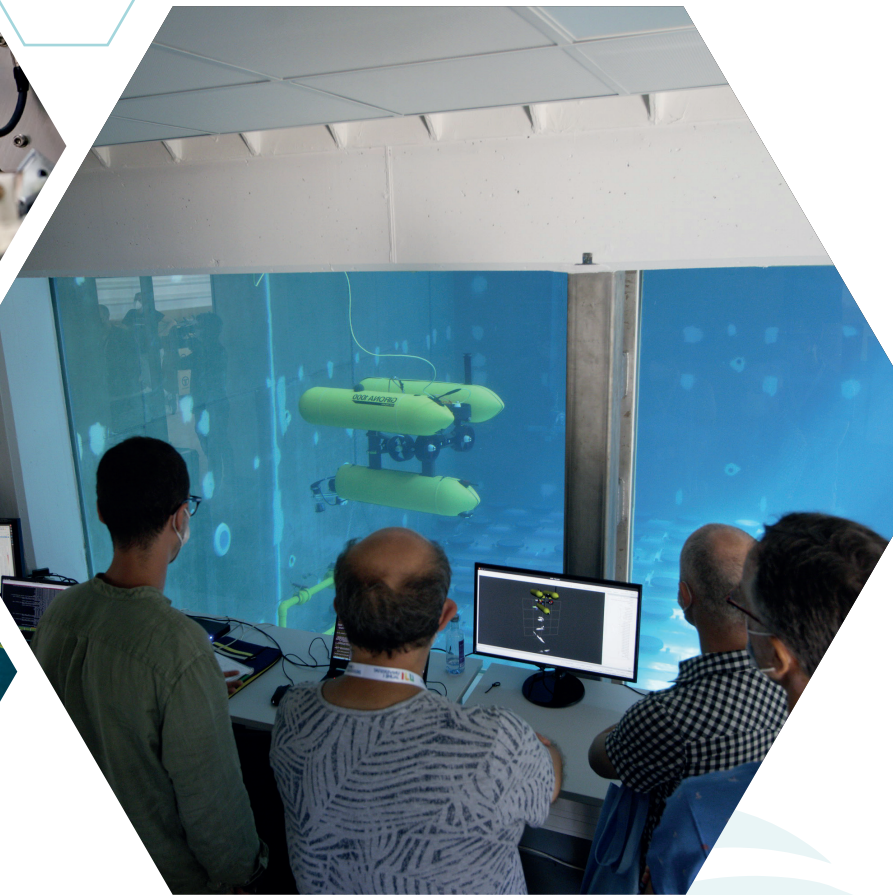
5. Grau de cobertura

En l'anàlisi del grau de cobertura del CIRTESU sobre la població a la qual es dirigeix, esmentarem l'abast sobre la comunitat investigadora de la Comunitat Valenciana i sobre les empreses dels principals sectors que poden veure's beneficiats pel projecte.

5.1. Cobertura entre la comunitat investigadora

Dins del panorama de les estructures d'investigació universitària valenciana, l'impacte del

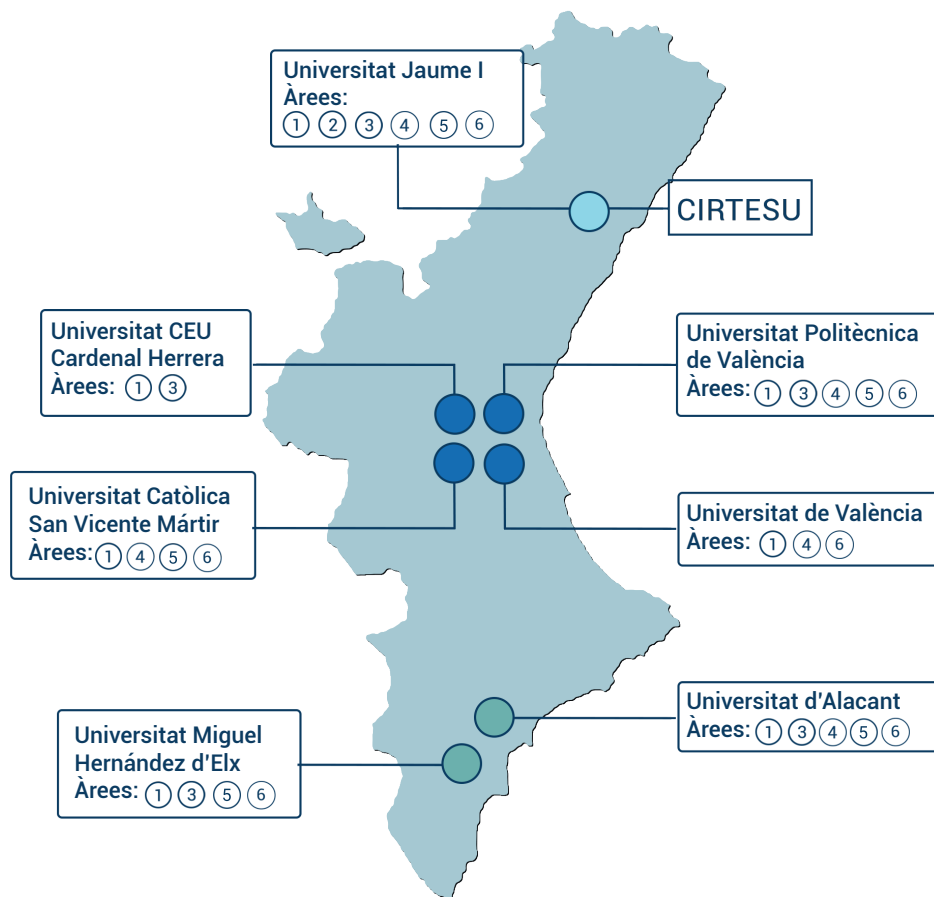
CIRTESU pot ser considerable a causa de la singularitat de les seues instal·lacions i equips. Gràcies a la seua existència serà possible que altres universitats del territori, amb projectes propis en línies de treball afins, duguen a terme experiments que els permeten avançar en la seua trajectòria d'I+D+i.



En totes les universitats de la Comunitat Valenciana hi ha estructures d'investigació que fan treballs relacionats amb el CIRTESU.

A fi de sintetitzar les possibilitats existents, el següent gràfic ofereix una mostra de les àrees d'experimentació de les universitats valencianes concurrents amb el CIRTESU.

Principals àrees d'experimentació en les universitats valencianes concurrents amb el CIRTESU



- | | |
|--|---|
| ① Intel·ligència artificial | ④ Aqüicultura |
| ② Robòtica subaquàtica i en altres entorns hostils | ⑤ Depuració i emmagatzematge d'aigua potable |
| ③ Robòtica per a la Indústria 4.0. | ⑥ Telecomunicacions subaquàtiques sense fils per a transferència de dades |

Juntament amb la comunitat científica que desenvolupa la seua labor en les universitats, la Comunitat Valenciana també allotja altres rellevants centres d'I+D+i en els quals es treballa en línies anàlogues a les del CIRTESU. Per la seua estreta relació amb el projecte s'esmenten:

- Institut d'Aqüicultura Torre de la Sal, del Consell

Superior d'Investigacions Científiques (CSIC) i membre actiu del CIRTESU.

- Institut Tecnològic de la Informació i les Comunicacions.

- Institut Valencià d'Investigacions Agràries.

- Institut Cartogràfic Valencià.

5.2. Cobertura entre empreses de sectors vinculats

A tall d'exemple, en aquest apartat es mostra una aproximació a dos sectors rellevants en el territori i especialment units al CIRTESU: l'aqüicultura i l'aigua. Això, sense oblidar que existeixen més escenaris amb projecció de futur a curt termini com la vigilància i manteniment d'instal·lacions portuàries.

col·laboració del CITERUSU i de l'Institut d'Aqüicultura de Torre la Sal (centre CSIC), poden contribuir a la millora d'aquesta situació. Aquest avanç redundaria en el progrés econòmic del territori, especialment en la zona costanera.



Photo: Gordon Leggett / Wikimedia Commons / CC BY-SA 4.0

La utilització de robots subaquàtics contribuirà a la millora de la producció en el sector de la aquicultura.

En relació a l'aqüicultura, la producció mundial va arribar en 2017 als 112 milions de tones, xifra superior a l'obtinguda per la pesca extractiva (IVACE, 2019). Segons el Comitè Econòmic i Social (2020), la Comunitat Valenciana, amb més de 500 quilòmetres de costa, és la primera productora a Espanya de peixos de cria de mar. Així, l'any 2019, es van autoritzar 28 granges marines amb la següent ubicació: 16 a Alacant, 8 a València i 4 a Castelló, a més de 22 clotxineres i 2 de cria d'ostres. Entre totes van produir un total de 16.667 tones per un import de 87,57 milions d'euros, corresponent la major producció a l'orada (6.528 tones), el llobarro (4.561 tones), la corbina (4.125 tones) i altres espècies (1.453 tones).

Fins i tot amb aquest posicionament, i en contradicció amb l'elevat potencial de la zona per la seua situació privilegiada, es considera que el saldo comercial en el territori ha de ser reforçat. Juntament amb l'adopció d'altres mesures necessàries de caràcter administratiu, la conjunció de les línies d'investigació en robòtica subaquàtica amb les pròpies de l'aqüicultura, facilitades per la

Quant al sector empresarial de l'aigua a la Comunitat Valenciana, destaca el seu caràcter atomitzat, amb un clar predomini de les xicotetes i mitjanes empreses. Amb una població pròxima als cinc milions de persones, la Comunitat Valenciana es troba en un fràgil equilibri quantitatiu entre els seus recursos i demandes hídriques, amb un augment del risc pels efectes del canvi climàtic (Cabezas, 2008). En relació a la qualitat de l'aigua, manifestament millorable, existeixen problemes puntuals, sobretot a la província d'Alacant, per la sobreexplotació i salinització d'aqüífers per intrusió marina, la contaminació per activitats agràries i abocaments, la insuficiència de depuració i l'escassa reutilització de les aigües residuals.

Segons un estudi de la Universitat Politècnica de València (2019) la necessària innovació en el sector de l'aigua a la Comunitat Valenciana es du a terme a través de 24 Institucions i empreses públiques (algunes de les quals són mixtes), 40 empreses privades i 47 unitats d'investigació, incloses les de les diferents universitats valencianes. En aquest encaix, el CIRTESU pot contribuir a través de l'experimenta-

ció en el seu tanc de generació de corrents i a la reproducció del comportament de les estacions de depuració d'aigües residuals a escala real, gràcies al sistema de graelles submergibles i el sistema d'agitadors, units a la implementació d'un sistema d'instrumentació exhaustiu (Climent et al., 2018). Exemple d'això és la investigació, ja en marxa, sobre la reducció de la formació de trihalometans³ en les estacions de depuració d'aigua potable.

6. Criteris horitzontals

El CIRTESU ha suposat una oportunitat per a la integració de la perspectiva de gènere i la sostenibilitat ambiental en la investigació i innovació sobre robòtica i tecnologia subaquàtica, i respon a les prioritats de la investigació i innovació responsable (RRI), a la qual tant l'equip que implementa el projecte com la Universitat Jaume I s'adhereixen.

6.1. Igualtat

Si bé és cert que en els últims anys s'han constatat avanços en la participació de les dones i en la realització d'investigacions amb perspectiva de gènere, encara és necessari un major impuls perquè aques-

ta igualtat siga efectiva en els àmbits de la ciència, la tecnologia, l'enginyeria i les matemàtiques, considerant que les dones representen menys del 30 % del personal investigador en aquestes àrees (UNESCO, 2019).

Aquesta xifra està lluny del 40 % de participació, lliniar proposat per a aconseguir l'equilibri de gènere en el Programa Horitzó 2020 de la Comissió Europea. En el cas del CIRTESU, la composició conjunta dels grups d'investigació que integren el projecte (Universitat Jaume I i Institut d'Aqüicultura de Torre la Sal-CSIC), està conformat per un 39,5 % de dones i un 60,5 % d'homes, percentatge notablement pròxim a aquesta xifra.

A fi de consolidar la igualtat en els equips d'investigació i integrar la dimensió de gènere en la investigació i innovació, l'equip del CIRTESU s'ha fet partícip de les directrius, estratègies i accions dutes a terme des de la Universitat Jaume I.

En primer lloc, el CIRTESU s'adhereix plenament al II Pla d'Igualtat de la Universitat Jaume I 2016-2020. Entre altres accions, en el Pla es ratifica la no discriminació per motius de sexe, raça, religió,

MED NIGHT 2020
NOCHE MEDITERRÁNEA DE LAS INVESTIGADORAS
27 DE NOVIEMBRE DE 2020

El CIRTESU participa en la Nit Mediterrània de les Investigadores, mostra dels avanços de la ciència en l'entorn més pròxim.

³Els trihalometans són el resultat de les reaccions entre la matèria orgànica que porta l'aigua abans de desinfectar-se i el clor que la desinfecta. L'Organització Mundial de la Salut considera que la desinfecció amb clor porta molts més beneficis que el risc addicional que comporten els trihalometans (OMS, 2006).

creences o orientació sexual. Al seu torn, es propugna la utilització d'un llenguatge oral i escrit inclosiu en totes les comunicacions, tant en les que s'efectuen a l'interior de la Universitat com en aquelles que es presenten en l'exterior d'aquesta. També s'estableix que les imatges difoses a través dels mitjans de comunicació no han de representar rols estereotipats, a més de mantindre un equilibri entre el nombre d'homes i dones que hi apareguen.

Un altre referent essencial per al CIRTESU és l'acreditació de qualitat **HR Excellence in Research** (Excel·lència dels Recursos Humans en la Investigació), que la Comissió Europea va concedir a la Universitat Jaume I en 2020. Amb aquesta distinció es reconeix l'alineació de la política de recursos humans amb els principis de la Carta Europea de l'Investigador i el Codi de Conducta per a la contractació d'investigadors i investigadores. En la pràctica, l'acreditació porta implícita la implementació d'un Pla d'Acció que inclou compromisos concrets, com ara la promoció de l'equilibri de gènere en la composició dels comitès de selecció de personal, la garantia d'accés a les convocatòries i la no discriminació del personal investigador a través de la Unitat d'Igualtat de la Universitat.

«En el camí cap a la igualtat en la ciència estem aconseguint una societat més justa, però també una acció investigadora més rica, completa i eficaç, en incorporar la perspectiva de gènere.»

Lluís Martínez León, responsable del Projecte de Cultura Científica i Ciència Ciutadana (PC⁴) de la Universitat Jaume I.

El tercer eix amb el qual col·labora l'equip del CIRTESU és el **Projecte de Cultura Científica i Ciència Ciutadana** de la Universitat Jaume I, que té entre les seues línies de treball la divulgació científica, la difusió dels resultats de la investigació i el foment d'accions de ciència ciutadana. Per la seua relació directa amb la igualtat, assenyalam accions de divulgació com el Dia de la Dona i la Xiqueta en la Ciència (11 de febrer) i la MEDNIGHT⁴ - Nit Mediterrània de les Investigadores.

Amb les anteriors, i tenint en compte que la bretxa és més elevada en la investigació científicotecnològica, el CIRTESU també participa en esdeveniments en què es realitzen activitats específiques en l'àmbit de la robòtica, com el taller **Girls in Control**, dut a terme en el 21 Congrés Mundial de la IFAC (Federació Internacional del Control Automàtic), celebrat al juliol de 2020. El taller, pioner en aquesta mena de congressos, es va centrar a atraure l'atenció de xiquetes d'entre 10 i 15 anys a les carreres de ciència, tecnologia, enginyeria i matemàtiques.

Un altre exemple serien les **Jornades d'Automàtica** que es van albergar a la Universitat Jaume I (setembre de 2021), en les quals va tindre lloc una taula redona sobre la dona en el sector professional de l'automàtica.

⁴El projecte MEDNIGHT és un esdeveniment associat a la iniciativa Nit Europea d'Investigadors de la Unió Europea, finançada per les accions Marie Skłodowska-Curie.

6.2. Sostenibilitat ambiental

Iniciem l'anàlisi a partir de l'edifici en el qual s'allotja el CIRTESU. Tal com es resumeix en la següent taula, la construcció de la nau que allotja el tanc de generació de corrents i les seues corresponents

instal·lacions i annexos, realitzada sota la direcció facultativa de l'Oficina Tècnica d'Obres i Projectes de la Universitat Jaume I, ha seguit criteris d'eficiència energètica i sostenibilitat ambiental.

LA SOSTENIBILITAT AMBIENTAL DE L'EDIFICI DEL CIRTESU

1. La nau disposa d'**aïllament tèrmic** en coberta per a evitar l'excés de temperatura a l'interior a l'estiu.
2. Les façanes microperforades permeten la **ventilació i il·luminació natural** de la nau.
3. El tanc d'aigua s'ha fet amb **formigó hidròfug** per a reduir les despeses i no utilitzar més materials que impermeabilitzen i protegeixen la impermeabilització, amb un acabat més resistent per a suportar els impactes que produirà l'ús.
4. La **il·luminació interior és del tipus LED** per a reduir el consum.
5. El sistema de **climatització està basat en tecnologia INVERTER DC**, que permet ajustar el rendiment del compressor als canvis de temperatura detectats en el local, la qual cosa redueix en una major eficiència, estalvi energètic i confort.
6. S'ha instal·lat un sistema de **cloració salina**, substituint el clor per sal, la qual cosa fa que es treballi amb productes més saludables que el clor.
7. El quadre elèctric de l'edifici ix directament de l'edifici Espaitec 2, que disposa en coberta d'una **instal·lació solar fotovoltaica** que cobreix de manera parcial la demanda de tots dos edificis.
8. L'edifici està connectat a través de la galeria de serveis a la xarxa separativa del campus on es disposa de **xarxes diferenciades per aigües fecals i pluvials**.
9. La mateixa galeria de serveis permet **ampliar la connectivitat** amb altres instal·lacions de l'edifici sense haver de realitzar altres obres.
10. L'edifici està connectat al **sistema de gestió integral del campus**, la qual cosa permet portar un control a distància a més de monitorar tots els consums energètics.



Respecte a l'equipament i instal·lacions es recalca el fet que s'utilitza exclusivament l'energia elèctrica i que, a més, tots els robots disponibles funcionen amb bateries elèctriques d'alt rendiment d'ió-liti. Per tant, no s'emeten gasos d'efecte d'hivernacle, per la qual cosa la contaminació ambiental és pràcticament nul·la, fins i tot la indirecta, ja que l'energia elèctrica per a la recàrrega de les bateries dels robots pot provindre de l'energia fotovoltaica procedent dels panells instal·lats en la coberta de l'edifici de l'Espai-tec 2 de la Universitat Jaume I.

Quant a la sostenibilitat de les actuacions, hem de subratllar que les zones costaneres com l'afectada pel projecte posseeixen una considerable riquesa natural que es veurà potenciada pels avanços previstos en la conjunció robòtica subaquàtica-aqüicultura. A més, es pot esperar que existisca un balanç molt positiu per a la investigació en l'àrea de salut i qualitat de vida a conseqüència de les actuacions en la millora de l'aigua potable.

Com a aportació complementària, i en un sentit altament favorable, volem fer constar la possibilitat de reduir el risc de contaminació marítima mitjançant la utilització de robots subaquàtics per al control d'estructures submarines, com les terminals de descàrrega de cru o les instal·lacions portuàries. Amb això es donen suport als objectius de la Llei 6/2014, de 25 de juliol, de la Generalitat Valenciana, de prevenció, qualitat i control ambiental d'activitats a la Comunitat Valenciana, inspirada en les directives europees en les quals la prevenció de la contaminació ha vingut configurant-se com a primordial per a la construcció de la normativa europea.

7. Sinergies amb altres actuacions

L'impacte del CIRTESU s'ha vist clarament reforçat gràcies a la generació de sinergies amb les principals funcions de la Universitat. Ha propiciat un efecte multiplicador en els projectes d'investigació finançats amb diversos fons (locals, regionals, nacionals, europeus), ha potenciat la docència en diferents àrees de coneixement i contribuït a altres polítiques i estratègies d'intervenció pública.

7.1. Sinergies amb projectes d'investigació

Amb una trajectòria que s'inicia en els anys noranta, l'equip investigador de l'actual CIRTESU s'ha especialitzat en l'estudi i experimentació dels entorns subaquàtics (robòtica, cycle integral de l'aigua...), la qual cosa al seu torn ha donat lloc al sorgiment de nous projectes en medis hostils (radioactivitat, forts camps magnètics...) per les seues similituds amb la robòtica subaquàtica, sobretot en les tècniques de segellament i control remot per a equips amb comunicació reduïda.

En la línia del temps que s'observa a continuació, s'inclou una mostra dels projectes més rellevants. Aquells considerats com a antecedents del CIRTESU es van desenvolupar abans del 2018, previs a la implementació d'aquest marc, al qual van servir com a base. En el trienni següent (2018-2021), es va simultaniejar el disseny i construcció del Centre amb la posada en marxa de nous projectes en línies d'investigació complementàries, els resultats dels quals poden representar un considerable avançament científic i tecnològic.

Amb la inauguració oficial de la infraestructura física al desembre de 2020, s'inicia una etapa de continuïtat i progrés en la I+D+i, i s'estableix un punt de partida per a la consolidació del CIRTESU com a pol d'atracció de talent.

La coherència i el manteniment del treball dut a terme al llarg del temps han afavorit que les iniciatives de l'equip compten amb el suport dels ja citats fons, la qual cosa facilita la sostenibilitat del Centre a mitjà i llarg termini.

Principals projectes vinculats al CIRTESU amb finançament extern

2021

SIMBAAD - Sistema Integrat de Monitoratge i Cerca d'Amenaces Aquàtiques per a Defensa. Desenvolupament d'un prototip capaç de detectar i reconèixer amenaces submarines de manera autònoma amb vehicles no tripulats.

Finança : Ministeri de Defensa

VIRAL - Desenvolupament del reactor virtual en estacions de depuració d'aigües residuals. Ús de la intel·ligència artificial i modelització amb programes de dinàmica de fluids computacional per a gestió i control en línia.

Finança: FACSA

EL-PEACETOLERO - Solucions electròniques integrades per a eines d'escaneig innovadores de polímers que utilitzen dispositius emissors de llum per a rutines de diagnòstic.

Finança: Comissió Europea

CERN-MEDICIS - Investigació sobre robots adequats a tècniques millorades de radiació per a aplicacions mèdiques.

Finança: Organització Europea per a la Investigació Nuclear (CERN)

ROBOT FOR ACCELERATORS - Camp de control humà-supervisor d'equips de robots per a telemanipulació en el Gran Col·lisionador d'Hadrons (LHC) i altres acceleradors del CERN.

Finança: Organització Europea per a la Investigació Nuclear (CERN)

2018

CIRTESU - Centre d'Investigació en Robòtica i Tecnologies Subaquàtiques

Finança: Generalitat Valenciana i Fons Europeu de Desenvolupament Regional

TWINBOT - Robots bessons per a missions d'intervenció subaquàtica cooperativa.

Finança: Ministeri d'Economia i Competitivitat

ROBÒTICA MARINA - Robòtica marina d'intervenció: manipulació, localització, comunicacions i HRI (Interacció Humà-Robot).

Finança: Generalitat Valenciana

ROBOTS COOPERATIUS - Robots cooperatius marins multifuncionals per a dominis d'Intervenció.

Finança: Ministeri d'Economia i Competitivitat

QUALITAT AIGUA - Disseny d'eina d'ajuda a la presa de decisions per a l'optimització de la qualitat de l'aigua en la xarxa de proveïment i distribució.

Finança: Grup Wasser

TRITON - Intervenció submarina mitjançant robots marins cooperatius i percepció multisensorial.

Finança: Generalitat Valenciana

TRIDENT - Robots marins i manipulació destra per a habilitar missions autònomes d'intervenció submarina multipropòsit.

Finança: Unió Europea

RAUVI - Disseny, implementació i execució d'experiments de validació en el projecte coordinat Rauvi sobre intervenció autònoma submarina.

Finança : Ministeri de Ciència i Innovació

2008

INICI DE LA TRAJECTÒRIA INVESTIGADORA EN ROBÒTICA SUBMARINA



Foto: CERN

«La col·laboració amb el CIRTESU ens permet abordar nous reptes, com ara el control remot d'equips en entorns perillosos, de gran utilitat per a operacions robòtiques de l'accelerador de partícules per a manteniment remot.»

Mario Di Castro, director de la secció de Mecatrònica, Robòtica i Operacions de l'Organització Europea per a la Investigació Nuclear (CERN-MRO).

L'aplicabilitat de la investigació del CIRTESU a entorns radioactius ha portat a l'experimentació en el Gran Col·lisionador d'Hadrons del CERN.

7.2. Sinergies amb l'educació universitària

La Comissió Europea ha definit una sèrie d'alineaments per aconseguir, en 2025, un espai europeu d'educació que enllace la formació amb la creació d'ocupació, el creixement econòmic i la cohesió social. Segons recull en la seua Comunicació sobre l'Espai Europeu d'Educació (CE, 2020), s'estableix com a prioritat de l'educació superior el desenvolupament de talent en disciplines científiques i tecnològiques avançades (com són les relacionades amb la intel·ligència artificial) i es ressalta la necessitat d'augmentar el nombre de persones expertes en aquests camps.

En aquest marc, no hi ha cap dubte que la possibilitat que l'alumnat universitari conega i realitze pràctiques en unes instal·lacions avantguardistes com les del CIRTESU representa una important innovació educativa en matèria de robòtica i altres tecnologies subaquàtiques, i que s'establisquen sinergies amb noves titulacions de la Universitat Jaume I que es troben en procés d'implantació. Titulacions que, al marge de la seua autonomia, permeten habilitar un itinerari formatiu d'especialització d'alt nivell estructurat en dues etapes. A saber:

1. Formació inicial polivalent a través del grau en Intel·ligència Robòtica, amb un total de 240 crèdits ECTS (European Credit Transfer System) distribuïts en quatre anys. Aquests estudis tenen un caràcter generalista i inclouen continguts sobre robòtica

cooperativa, vehicles autònoms (terrestres, marins i submarins), drons, robots domèstics, etc.

2. Especialització en robòtica aplicada per a missions d'intervenció submarina, mitjançant el màster interuniversitari Erasmus Mundus en Robòtica Intel·ligent Marina i Marítima, de 120 crèdits ECTS impartits en quatre semestres. Amb la Universitat Jaume I de Castelló, en el màster participen com a socis la Universitat Noruega de Ciència i Tecnologia, la Universitat de Lisboa i la Universitat de Toló, que coordina. A més, compta amb la implicació de 25 institucions acadèmiques i socis industrials de 21 països.

Les sinergies obtingudes són extensives als graus i màsters ja consolidats en l'UJI en els quals investigadors i investigadores del CIRTESU imparteixen docència. En concret:

- Graus en Enginyeria Informàtica, Matemàtica Computacional, Disseny i Desenvolupament de Videojocs i Enginyeria en Tecnologies Industrials.

- Màsters universitaris en Sistemes Intel·ligents, Enginyeria Industrial i Eficiència Energètica i Sostenibilitat.

D'altra banda, l'estreta connexió entre el CIRTESU i els estudis de doctorat està permetent que personal investigador en formació realitze nous estudis ex-

perimentals i participe en xarxes científiques d'àmbit europeu. Mostra d'això és que, durant el cicle de vida del projecte, s'han estat duent a terme quatre tesis doctorals en les instal·lacions de l'Organització Europea per a la Investigació Nuclear (CERN), i s'ha presentat públicament a la Universitat Jaume I la primera d'elles⁵.

7.3. Sinergies amb altres polítiques i estratègies

Tal com s'ha vist en altres seccions del present informe, el CIRTESU s'alinea amb diverses polítiques, plans i estratègies en l'àmbit autonòmic, europeu i internacional. Això permet reforçar el seu impacte, i se suma a altres actors que treballen sota aquests alineaments i afavoreixen l'abast d'objectius específics, compromisos i metes, als quals ens referim a continuació.



Dins de l'Estratègia d'Especialització Intel·ligent per a la Investigació i Innovació a la Comunitat Valenciana

(RIS3-CV) el CIRTESU comparteix objectius específics amb els següents eixos:

EIX 1. Qualitat de vida

- **Alimentació:** aplicar la robòtica subaquàtica en l'aqüicultura com a suport a la producció d'aliments segurs i de qualitat, facilitant que es reduïsquen els recursos energètics i hídrics necessaris per a això. Desenvolupar sistemes de control avançat de reg agrícola, en el qual les TIC tenen un paper fonamental.

EIX 2. Producte innovador

- **Hàbitat:** millorar el disseny, construcció i gestió de depuradores i depòsits d'emmagatzematge d'aigua potable a partir de l'experimentació en el tanc de generació de corrents del CIRTESU.

EIX 3. Processos avançats de fabricació

- **Béns d'equip:** enfortir els desenvolupaments de sistemes de control amb la incorporació de noves funcionalitats TIC, aplicant-los essencialment al desenvolupament de la robòtica subaquàtica i altres entorns hostils.

En relació amb els Objectius de Desenvolupament Sostenible de les Nacions Unides, el CIRTESU contribueix a aconseguir diverses de les metes previstes per a 2030 a través de les seues línies d'investigació. En concret:



• **Objectiu 2. Fam zero:** transferir els resultats de la investigació del CIRTESU per a augmentar la rendibilitat de l'aqüicultura amb l'estalvi hídric i de pinso. Promoure l'agricultura sostenible, augmen-

tar la productivitat i la producció d'aliments amb la implantació de sistemes de control de reg utilitzant les TIC de baix cost.



• **Objectiu 6. Aigua neta i sanejament:** col·laborar en l'aplicació de noves tècniques de construcció i gestió d'instal·lacions de depuració i emmagatzematge d'aigua potable a partir de l'experimentació en el tanc de generació de corrents.



• **Objectiu 14. Vida submarina:** emprar la robòtica subaquàtica per a conèixer i utilitzar els recursos de la plataforma continental (gas, petroli...) i així com per a mantindre instal·lacions offshore (com les plataformes petrolíferes) i minimitzar el risc de contaminació marina.



• **Objectiu 17. Aliances per a aconseguir els objectius:** incrementar la cooperació regional i internacional en la I+D+i sobre robòtica subaquàtica i fomentar la constitució d'aliances en les esferes pública, publicoprivada i de la societat civil.

⁵ Lunghi, G., Marín, R., Sanz, P, di Castro, M. (2020). Multimodal Human-Robot Interface for Heterogeneous Robotic Systems Control in Harsh Environment (Tesi doctoral). Universitat Jaume I, Castelló.

«La posada en marxa del CIRTESU suposa una fita científica per a la Universitat Jaume I. Amb aquesta infraestructura, única a la Comunitat Valenciana i una de les poques que hi ha a Europa, ens convertirem en un pol científic d'abast internacional en robòtica subaquàtica.»

Eva Alcón, rectora de la Universitat Jaume I.



El CIRTESU en xifres



1º Centre d'investigació
en tecnologia subaquàtica de la
Comunitat Valenciana.



+ 480 m³ de capacitat
en el tanc d'aigua per a experimen-
tar amb tecnologia subaquàtica
(1/2 piscina olímpica).



+ 10 mesures ambientals
implementades per a garantir la
sostenibilitat de l'edifici.



+ 10 àmbits d'aplicació
en els quals pot emprar-se
la I+D+i realitzada en el CIRTESU.



+ 20 investigadors i investigadores
han participat en la seua
implementació.



+ 1.100 estudiants
han tingut accés a nous
coneixements sobre tecnologies
subaquàtiques.



+ 30 activitats de difusió
que inclouen actes públics,
notícies, publicacions i suports
publicitaris.



+ 15.800 persones
componen el públic objectiu de
les activitats de comunicació.



+ 750.000 € invertits
en la construcció del CIRTESU i
l'adquisició de l'equipament.



+ del 80 % de la inversió inicial
realitzada en el CIRTESU ja s'ha
captat en 3 anys.

Agraïments

L'impacte i la projecció del Centre d'Investigació en Robòtica i Tecnologies Subaquàtiques es veuen potenciats gràcies a la col·laboració de les següents entitats.

UNIVERSITATS I CENTRES D'I+D+I



Institut d'Aqüicultura Torre de la Sal



Institut Físic-Tècnic Ioffe Acadèmia Russa de les Ciències



Institut Tècnic de Lisboa



Sorbonne Université



Universitat de Girona



Universitat Noruega de Ciència i Tecnologia



Universitat de les Illes Balears



Université de Toulon

ADMINISTRACIONS PÚBLIQUES



Generalitat Valenciana



Ministeri de Ciència i Innovació



Ministeri de Defensa

EMPRESSES



Arttic



Blue Print Lab



Electricité de France



Facsa



Forschungszentrum Jülich GMBH



Ingesom



IQUA Robotics



Mirsense



Narwhal



Port de Castelló



Robotnik



UTEK

ORGANISMES EUROPEUS E INTERNACIONALS



Comissariat à l'Énergie Atomique et aux Énergies Alternatives



EU Robotics



Federació Internacional de Control Automàtic



Fons Europeu de Desenvolupament Regional



Fraunhofer Gesellschaft zur Foerderung der Angewandten Forschung E.V.



Institute of Electrical and Electronics Engineers-Section Robòtica y Automatizaci3n



Organitzaci3n Europea per a la Investigaci3n Nuclear



Programa Horitz3 2020 de la Comissi3 Europea

Referències

Cabezas Calvo-Rubio, F., Cabrera Marcet, E., Morell Evangelista, I. (2008). El agua: una cuestión de estado. Perspectiva desde la Comunidad Valenciana. Asociación Valenciana de Empresarios. Recuperat de <https://www.ave.org.es/publicaciones/el-agua-una-cuestion-de-estado-perspectiva-desde-la-comunidad-valenciana-2008/>

CERN (2020). Organización Europea para la Investigación Nuclear. *Recuperat de <https://home.cern/>*

Climent, J.; Basiero, L.; Martínez-Cuenca, R.; Julián-López, B.; Chiva, S. Biological reactor retrofitting using CFD-ASM modelling. *Chemical Engineering Journal* 2018, 348, pp. 1–14.

Comissió Europea (2020). Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. *Recuperat de https://ec.europa.eu/education/sites/education/files/document-library-docs/eea-communication-sept2020_en.pdf*

Comissió Europea (2010). Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones. Iniciativa emblemática de Europa 2020. Unión por la innovación. *Recuperat de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:52010DC0546&from=ES>*

Comissió Europea (2005). Carta europea del investigador y Código de conducta para la conducta para la contratación de investigadores. *Recuperat de https://cdn5.euraxess.org/sites/default/files/brochures/eur_21620_es-en.pdf*

Comité Económico i Social (2020). Memoria 2019. *Recuperat de <http://www.ces.gva.es/es/contenido/documentos/memorias-socioeconomicas>*

Dirección General de Fondos Europeos (s.f.). Guía Metodológica de seguimiento y evaluación de las Estrategias de Comunicación de los Programas Operativos del FEDER y del Fondo Social Europeo 2014-2020. *Recuperat de <https://www.dgfc.sepg.hacienda.gob.es/sitios/dgfc/es-es/ipr/fcp1420/c/se/paginas/inicio.aspx>*

Generalitat Valenciana (2016). RIS3-CV. Estrategia de Especialización Inteligente para la Investigación e Innovación en la Comunidad Valenciana. Generalitat Valenciana y Unión Europea FEDER. *Recuperat de <http://ris3cv.gva.es/documents/164540377/164725646/RIS3+Comunidad+Valenciana/8ccd3e26-c18c-447a-81f8-8b1cbc74cc16>*

Generalitat Valenciana (s.f.). Estrategia de Comunicación de los Programas Operativos FEDER y FSE de la Comunidad Valenciana 2014-2020. *Recuperat de <http://www.hisenda.gva.es/es/web/financiacion-y-fondos-europeos/economia-infogeneral-fondose-informacion>*

International Federation of Automatic Control (2020). Girls in Control. *Recuperat de <https://www.ifac-control.org/areas/girls-in-control-gic-workshop-and-material>*

Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades (2018). Científicas en cifras 2017. Recuperat de https://www.ciencia.gob.es/stfls/MICINN/Ministerio/FICHEROS/UMYC/Cientificas_cifras_2017.pdf

NACIONES UNIDAS (2015). Marco de indicadores mundiales para los Objetivos de Desarrollo

Sostenible y metas de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. Recuperat de https://unstats.un.org/sdgs/indicators/Global%20Indicator%20Framework_A.RES.71.313%20Annex.Spanish.pdf

OMS (2006). Guías para la calidad del agua potable. Recuperat de https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3rev/es/

UNESCO (2019). Descifrar el código: la educación de las niñas y las mujeres en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM). Recuperat de <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000366649>

Universidad Católica de Valencia "San vicente Mártir" (2020). Recuperat de <https://www.ucv.es/>

Universidad CEU Cardenal Herrera (2020). Recuperat de <https://www.uchceu.es/>

Universidad de Alicante (2020). Recuperat de <https://web.ua.es/>

Universidad Miguel Hernández de Elche (2020). Recuperat de <https://www.umh.es/>

Universitat de València (2020). Recuperat de <https://www.uv.es/>

Universitat Jaume I de Castelló (2020). Recuperat de <https://www.uji.es/serveis/ocit/base/grupsinvestigacio/>

Universitat Jame I de Castelló (2016). II Pla d'Igualtat de la Universitat Jaume I 2016-2020. Recuperat de https://documents.uji.es/alfresco/d/d/workspace/SpacesStore/9b6860c8-a787-4c2e-aac4-c7cf49896730/II+PLAN+IGUALDAD_VAL-3.+21.06.2016.pdf?quest=true

Universitat Politècnica de València (2020). <http://www.upv.es/>

Universitat Politècnica de Valencia (2019). Identificación y caracterización del ecosistema de innovación con actividad en agua en la Comunidad Valenciana. Recuperat de <http://www.iiama.upv.es/redAguaCV/comunicacion/documentos/>

Université de Toulon et al. (2020). MIR – Erasmus Mundus joint Master's Degree in Marine and Maritime Intelligent Robotics. Recuperat de <https://www.master-mir.eu/>



UJI UNIVERSITAT
JAUME I



 **GENERALITAT
VALENCIANA**
Conselleria d'Innovació,
Universitats, Ciència
i Societat Digital



Fons Europeu de
Desenvolupament Regional

Una manera de fer Europa

UNIÓ EUROPEA

