



**Centre International de
MÈTODES NUMÈRICS
A L'ENGINYERIA**

INFORME ANUAL 2024

CIMNE^R

RECERCA EN ENGINYERIA COMPUTACIONAL
PER A UN MÓN SOSTENIBLE



CENTRE **CERCA**

Memòria Anual 2024

CIMNE[®]

RECERCA EN ENGINYERIA COMPUTACIONAL
PER A UN MÓN SOSTENIBLE

Índex

1. Som CIMNE	6
2. Recerca	14
3. CIMNE en xifres	24
4. Impacte de la recerca	28
5. Càtedra UNESCO de Mètodes Numèrics a l'Enginyeria	32
6. Notícies corporatives	33
7. Notícies de recerca i transferència de tecnologia	40
8. Publicacions	53
9. Tesis doctorals	54
10. Laboratoris CIMNE	55
11. Oficina de Congressos del CIMNE	56
12. Gestió d'associacions científiques	57
13. Premis	58
14. Difusió	60

Som CIMNE

El Centre Internacional de Mètodes Numèrics a l'Enginyeria és un centre d'R+D+I creat el 1987 i centrat en la recerca, la transferència de tecnologia i la difusió de l'enginyeria computacional i els mètodes numèrics a l'enginyeria.

Les nostres oficines

BARCELONA

Edifici CIMNE C1

C/ Gran Capità, S/N
08034 Barcelona (Espanya)
Tel.: +34 93 401 74 95

TERRASSA

Edifici GAIA (TR14)

C/ Rambla Sant Nebridi, 22
08222 Terrassa (Barcelona)
Espanya
Tel.: +34 93 739 85 75

LLEIDA

Parc Agrobiotech Lleida

Turó de Gardeny, edifici H3, 1a planta,
ala A, despatx 11
25003 Lleida (Espanya)
Tel.: +34 694 484 777

MADRID

Calle General Oraá, n.º 70, 6ª
izquierda
28006 Madrid (Espanya)
Tel.: +34 93 401 74 95

El CIMNE es va crear l'any 1987 gràcies a la col·laboració entre la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC), la Generalitat de Catalunya i la UNESCO. Amb seu a Barcelona i part de la xarxa CERCA dels centres de recerca catalans, el CIMNE s'ha convertit en una institució de recerca líder en mecànica computacional i enginyeria. Al llarg de dècades, ha avançat en els camps de l'enginyeria civil, mecànica, ambiental, biomèdica i interdisciplinària, així com en la física computacional. Amb un gran equip internacional d'investigadors, el CIMNE fomenta l'intercanvi acadèmic a través d'una xarxa de laboratoris CIMNE vinculats a universitats (Aules CIMNE) a Espanya i Amèrica Llatina. Ha participat en milers de projectes de recerca i tecnologia en col·laboració amb empreses, universitats i institucions d'arreu del món.

Equilibrant l'educació i la innovació, el CIMNE ofereix programes de màster, seminaris i formació doctoral amb socis acadèmics de tot el món. El seu Departament de Publicacions divulga els resultats de la recerca a través de diversos treballs acadèmics, mentre que la seva activa organització de conferències internacionals fa de pont entre l'acadèmia i la indústria. Com a pioner en transferència de tecnologia, el CIMNE també ha llançat diverses empreses derivades per tal de comercialitzar els seus desenvolupaments innovadors.

Un Consorci de:



Generalitat
de Catalunya



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH



En col·laboració amb:

CARTA DEL DIRECTOR

Javier Bonet // Director General del CIMNE



Enfortir fonaments, Expandir horitzons

El Centre Internacional de Mètodes Numèrics a l'Enginyeria (CIMNE) es va crear l'abril del 1987. Després del meu nomenament com a director a mitjan 2022, el Consell de Govern del CIMNE va aprovar el 2023 la nova estratègia quinquennal del Centre. El 2024, el Centre ha tirat endavant la implementació d'aquesta estratègia, aplicant les accions acordades en el pla amb l'objectiu de preparar el Centre per afrontar els reptes i els objectius de recerca que ens hem plantejat. Això ha requerit l'ajut i el suport de l'equip directiu i de tot el personal del CIMNE, als quals estic enormement agraït. A continuació es detallen les principals accions i els canvis adoptats el 2024 dins de cadascun dels 5 apartats de l'estratègia.

1. Desenvolupar una estratègia i estructura de recerca adequades per a la següent fase del CIMNE.

El CIMNE ha continuat centrant la seva recerca en 5 temes clau i 4 tecnologies habilitadores. Els temes clau d'aplicació responen als Objectius de Desenvolupament Sostenible de l'ONU i a les prioritats governamentals a escala de la UE, Espanya i Catalunya. Aquests són:

- Adaptació al canvi climàtic
- Mobilitat, ciutats i territori
- Energia i medi ambient
- Processos industrials
- Salut

Les metodologies habilitadores clau són:

- Tècniques de discretització
- Models físics i matemàtics
- Tecnologies basades en dades
- Models computacionals d'alt rendiment

A partir d'aquests temes i metodologies, el

CIMNE ha consolidat la seva estructura en 9 clústers de recerca i 3 unitats d'innovació. Els clústers de recerca s'encarreguen de liderar el desenvolupament de la recerca als més alts nivells d'excel·lència internacional, mentre que les unitats d'innovació se centren en la recerca aplicada i la seva aplicació per tal de crear l'excel·lència a través de l'impacte en la societat. El treball del Centre es presenta ara d'acord amb aquesta estructura de recerca revisada.

Cinc dels clústers de recerca estan estretament alineats amb els temes d'aplicació i són:

- **Geomecànica i hidrogeologia:** alineat amb temes de territori, mobilitat i adaptació al canvi climàtic.
- **Aprenentatge automàtic i models en enginyeria hidroambiental:** alineat amb temes de medi ambient i adaptació al canvi climàtic.
- **Enginyeria aeronàutica, d'automoció, marina i energètica:** alineat amb temes de mobilitat.
- **Simulació de sòlids i fluids en processos industrials:** alineat amb el tema d'aplicació dels processos industrials.
- **Mecànica computacional en enginyeria mèdica i matèria viva:** estretament alineat amb el tema de la salut.

Els quatre clústers de recerca estan alineats amb les metodologies habilitadores i són:

- **Mecànica de materials i metamaterials avançats:** alineat amb models físics i matemàtics.
- **Models creïbles d'alta fidelitat i basats en dades:** alineats amb tecnologies basades en dades.
- **Mecànica estructural i de partícules:** alineat

amb les tècniques de discretització.

- **Kratos multiphysics:** alineat amb les tècniques de discretització i la computació d'alt rendiment.

Les tres Unitats d'Innovació són:

- **CENIT:** Centre d'Innovació en el Transport; fortament alineat amb els temes de mobilitat, ciutats i territori.
- **Grup Bee:** Grup de Construcció, Energia i Medi Ambient; estretament alineat amb els temes d'energia i medi ambient i adaptació al canvi climàtic.
- **DIGIT:** Serveis digitals per a la recerca i l'enginyeria. Aquesta unitat proporciona suport i desenvolupament de programari industrial clau com ara GiD i altres tecnologies digitals.

Cada clúster o unitat inclou una sèrie de líders acadèmics que són els investigadors principals (IP) responsables de definir les seves línies de recerca, identificar projectes específics i obtenir recursos financers.

La visita del Consell Assessor Científic va tenir lloc al novembre i, a més de reunir-se amb l'alta direcció del Centre, el Consell va mantenir debats en profunditat amb 4 dels nous clústers. L'objectiu és que en un període de dos anys el Consell tingui l'oportunitat de reunir-se amb cada clúster de recerca i comentar els seus desenvolupaments i el seu nivell d'excel·lència internacional. Es va presentar un informe resumit del Consell Científic als òrgans de govern del CIMNE.

2. Aprofundir les relacions amb els nostres patrocinadors i socis internacionals.

El contracte de quatre anys entre el CIMNE i la Generalitat de Catalunya per proporcionar finançament bàsic va finalitzar el 2023. Per tal d'ampliar el finançament, es va acordar un pla d'acció provisional d'un any per al 2024 amb el Departament de Territori. Mentrestant, s'ha discutit i acordat amb el nou govern una versió revisada del contracte de quatre anys i del programa de treball associat que inclou compromisos específics per millorar la col·laboració

amb les seccions del Departament, inclosa la incorporació de personal del CIMNE a les ofícines dels departaments del govern. El suport global del govern al CIMNE encara representa menys del 20 % del seu finançament total, però aporta una contribució molt valorada per tal de garantir l'estabilitat financera del Centre.

El CIMNE ha continuat treballant estretament amb la UPC, atès que un nombre important dels nostres principals investigadors i líders acadèmics també són professors a la universitat. Finalment, el 2024 es va arribar a un acord signat en relació amb qüestions complexes com ara les instal·lacions al campus de Castelldefels i la renovació del memoràndum d'acord que regula les relacions formals entre les dues institucions.

3. Atreure, retenir i desenvolupar els millors investigadors, innovadors i personal de suport professional internacionals.

El CIMNE ha incorporat un nombre d'investigadors sèniors distingits que són figures internacionals en el nostre àmbit i que s'han retirat recentment dels seus càrrecs principals, però que mantenen forts vincles amb el Centre. El 2024, figures com Carmen Andrade, Jordi Coromines i Michael Ortiz han estat nomenats per a aquest càrrec. En concret, Michael Ortiz també és el nou titular de la Càtedra UNESCO de Mètodes Numèrics a l'Enginyeria i s'incorporarà al Centre el 2025. El professor Ortiz és una figura líder internacional en l'àrea de la mecànica computacional i està obrint nous camps com ara l'ús d'ordinadors quàntics per a mètodes numèrics a l'enginyeria. La seva incorporació al CIMNE situarà el centre a l'avantguarda d'aquests apassionants avenços tecnològics.

Els investigadors del CIMNE han continuat distintint-se a escala nacional i internacional. Per exemple, el director fundador, professor Eugenio Oñate, va rebre el Premi Nacional d'Investigació 2024 i va ser nomenat president de l'òrgan de govern de l'Institut de Materials IMDEA. El Prof. Pedro Díez, director científic del CIMNE, va ser nomenat president de l'Associació Es-



panyola d'Enginyeria Mecànica i Computacional (SEMNI) i el Prof. Javier Bonet va rebre el Gran Premi de la Societat Japonesa d'Enginyeria i Ciències Computacionals el 2024.

4. Garantir que la nostra recerca tingui el màxim impacte en la societat.

Durant el 2024, la unitat d'Impacte, Innovació i Transferència de Tecnologia ha desenvolupat una sèrie d'estudis de casos d'impacte específics per presentar-los a iCERCA. En concret, es van presentar dos casos d'èxit: la col·laboració amb ANAV en la certificació de la seguretat d'edificis de contenció nuclear mitjançant modelització numèrica avançada; i l'empresa derivada Buildair que va permetre el desplegament d'estructures de membranes inflables mitjançant simulació numèrica.

Un esforç important durant l'any ha estat l'execució d'un extens exercici de full de ruta en col·laboració amb l'Institute of Manufacturing de la Universitat de Cambridge. El component de taller de l'exercici va tenir lloc el gener de 2024. Més de 110 delegats van participar en el taller, de la indústria, el govern i altres entitats que utilitzen la nostra tecnologia. El taller va identificar 247 tendències i impulsors industrials, 176 reptes de recerca i 138 vies de transferència de tecnologia. Aquesta anàlisi exhaustiva va portar al desenvolupament de 18 propostes de projectes de recerca en temes com ara processos sostenibles o nous materials. El resultat de l'exercici de full de ruta s'està processant internament durant el 2025.

ENFOCAMENT, RESULTATS I ASSOLIMENTS DE LA RECERCA

Durant el 2024, la recerca al CIMNE s'ha centrat en el desenvolupament de MN d'interès per als següents camps científics: mecànica estructural, geomecànica, dinàmica de fluids, ciències dels materials, optimització, processos multifísics relacionats amb la biomecànica i la computació d'alt rendiment. Les aplicacions inclouen problemes de l'enginyeria civil, mecànica, aeronàutica, naval/marina,

biomèdica i ambiental, eficiència energètica i tecnologia de fusió, entre d'altres.

La descripció de les diferents activitats que es duen a terme al CIMNE es pot consultar a la pàgina web del CIMNE

El 2024 els investigadors del CIMNE van publicar al voltant de 200 articles a revistes JCR, dels quals 152 es van publicar en revistes del primer quartil, i han rebut prop de 6.500 cites dels seus treballs, segons Scopus. Els científics del CIMNE són editors en cap o editors associats de **6 revistes JCR** i membres del consell editorial d'**11 revistes JCR**. El 2024, els investigadors del CIMNE han participat en **97 projectes d'RTD** finançats per entitats internacionals (**31 projectes**) i espanyoles (**66 projectes**) que han suposat un finançament de **3,9 M€** per al CIMNE. En el mateix període, CIMNE va tenir **121 contractes d'RTD** amb empreses i entitats privades, per un import d'uns **4,4 M€ de facturació**. El CIMNE ha implementat un model financer autosostenible amb un finançament públic anual limitat. Això ha estat possible combinant el finançament llavor públic (principalment de la Generalitat de Catalunya) amb els ingressos de projectes d'RTD patrocinats per entitats públiques i privades, activitats de difusió, ingressos de les empreses derivades del CIMNE i una estructura de gestió eficient. L'any 2024, els ingressos autogenerats pel CIMNE van representar, de mitjana, al voltant del **85 %** del seu pressupost total anual. Els detalls de les fonts de finançament del CIMNE el 2024 i en els darrers anys es poden veure a la **pàgina 25**.

Agraeixo al personal del CIMNE i als seus nombrosos socis i amics de les universitats, centres de recerca i la indústria d'arreu del món la seva cooperació que contribueix a fer del CIMNE un centre de referència en el seu àmbit.

Prof. Javier Bonet
Director General

Consell Científic Assessor del CIMNE

El Consell Científic Assessor (SAC) del CIMNE està format per reconeguts investigadors internacionals en l'àmbit dels mètodes numèrics a l'enginyeria. Aquests experts multidisciplinaris assessoren el Consell Executiu i de Govern sobre la política científica i les prioritats de recerca del centre.



Prof. Peter Wriggers
Universitat de Leibniz
Hannover (Alemanya)
President del SAC



Prof. Francisco Chinesta
ENSAM
París (França)



Prof. Laura De Lorenzis
ETH
Zúric (Suïssa)



Prof. Josef Eberhardsteiner
Universität Wien
Viena (Àustria)



Prof. Pär Jonsen
Luleå University
Luleå (Suècia)



Prof. Michal Kleiber
Polish Academy of Sciences
Polònia



Prof. Rainald Lohner
George Mason University
Fairfax, VA (EUA)



Prof. Manolis Papadrakakis
National Technical University
Atenes (Grècia)



Prof. Estefanía Peña
University of Zaragoza
Saragossa (Espanya)



Prof. Umberto Perego
Politecnico di Milano
Milà (Itàlia)



Prof. Simona Perotto
Politecnico di Milano
Milà (Itàlia)



Prof. Ekkehard Ramm
Stuttgart University
Stuttgart (Alemanya)



Prof. Bernard Schrefler
Pavoda University
Pàdua (Itàlia)



Prof. Spencer Sherwin
Imperial College
Londres (Regne Unit)



Prof. Karen Veroy
Eindhoven University
Eindhoven (Països
Baixos)



Prof. Karen Willcox
Oden Institute
Austin, TX (EUA)



Prof. Roland Wuchner
Technical University of
Braunschweig
Braunschweig (Alemanya)



Investigadors sèniors distingits

El CIMNE té l'honor de comptar amb 11 prestigiosos professors com a membres sèniors de la seva comunitat de recerca. Aquests acadèmics distingits aporten una reputació intel·lectual excepcional així com un reconeixement internacional en camps rellevants per al

CIMNE, garantint l'excel·lència en la recerca i la transferència de coneixement intergeneracional. Aquests càrrecs honorífics reforcen el lideratge científic del CIMNE i milloren la col·laboració amb altres institucions líders.

- Clúster de recerca
- Grup de recerca



Prof. Eduardo Alonso
Geomecànica i
Hidrogeologia
Geomecànica



Prof. Mª del Carmen Andrade
Mecànica Estructural
Mecànica Estructural i de
Partícules



Prof. H. Alejandro Barbat
Mecànica Estructural i de
Partícules
Grup de Risc de Desastres i
Resiliència



Prof. Jordi Corominas
Geomecànica i
Hidrogeologia
Grup de Geomecànica



Prof. Antonio Gens
Geomecànica
i Hidrogeologia
Geomecànica



Prof. Sergio R. Idelsohn
Simulació de sòlids i
fluids per a processos
industrials
Mecànica de fluids



Prof. Juan Miquel
Mecànica Estructural
i de Partícules
Enginyeria Civil i Ambiental



Prof. Fco. Javier Oliver
Mecànica de Materials i
Metamaterials Avançats
Disseny Computacional i
Anàlisi de Metamaterials
d'Enginyeria



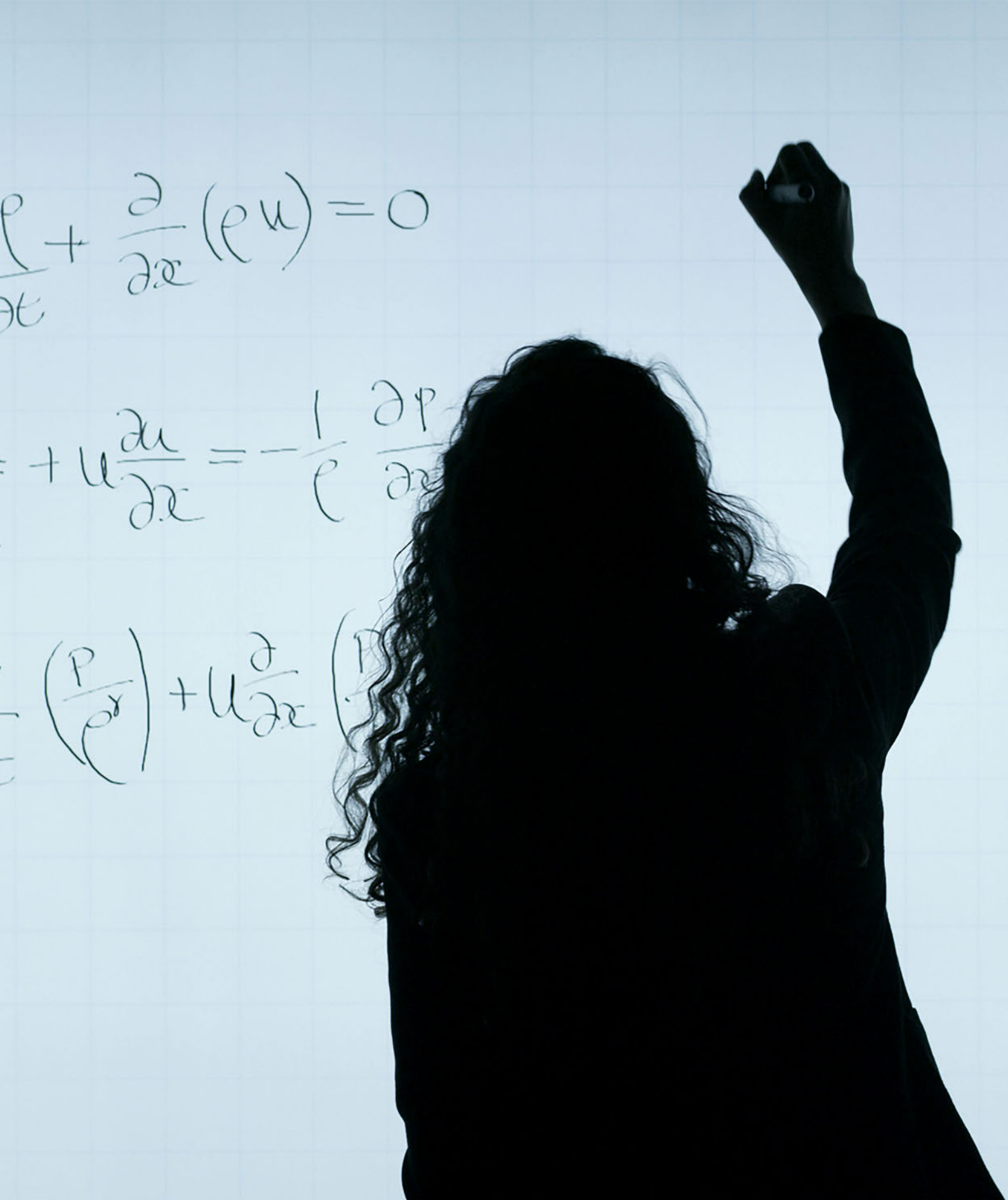
Prof. Sergio H. Oller
Mecànica Estructural i de
Partícules
Enginyeria Civil i
Ambiental



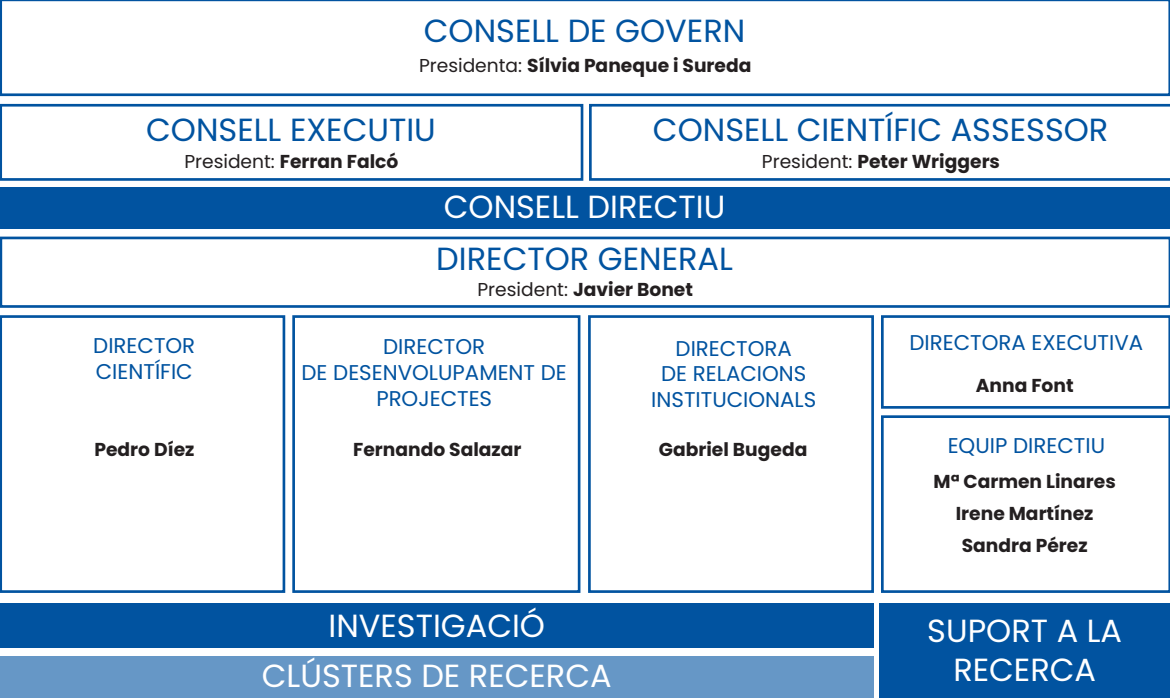
Prof. Eugenio Oñate
Mecànica Estructural i de
Partícules
Mecànica Estructural



Prof. Jaques F. Periaux
Enginyeria Aeronàutica,
Marina,
d'Automoció i Energètica
Aeronàutica



Organigrama



Geomecànica i Hidrogeologia

Contacte: Sebastià Olivella

Aprenentatge Automàtic i models en Enginyeria Hidroambiental

Contacte: Fernando Salazar

Enginyeria Aeronàutica, Marina, d'Automoció i Energètica

Contacte: Xavier Martínez

Simulació de Sòlids i Fluids per a Processos Industrials

Contacte: Ramon Codina

Mecànica Computacional en Enginyeria Mèdica i Matèria Viva

Contacte: Eduardo Soudah

Mecànica Estructural i de Partícules

Contacte: Javier Bonet

Mecànica de Materials i Metamaterials Avançats

Contacte: Irene Arias

Models Creïbles d'Alta Fidelitat i Basats en Dades

Contacte: Pedro Díez

Computacions Multifísiques a Gran Escala

Contacte: Riccardo Rossi

UNITATS D'INNOVACIÓ

Unitat d'Innovació en Transport (CENIT)

Contacte: Sergi Saurí

Unitat d'Innovació en Construcció, Energia i Medi Ambient (Grup Bee)

Contacte: Jordi Cipriano

Unitat d'Innovació en Tecnologies Pre, Post i Digitals

Contacte: Abel Coll

CÀTEDRA UNESCO

Càtedra UNESCO de Mètodes Numèrics a l'Enginyeria (CIMNE - UPC)

Michael Ortiz

DESENVOLUPAMENT TECNOLÒGIC

Transferència tecnològica i innovació

Jordi Jiménez

Proposta de desenvolupament

Fernando Salazar

CIMNE Tecnologia

Javier Marcipar

Comunicació

Josep A Palacios

Oficina de Congressos

María del Mar Santiago

Finances

M^a Carmen Linares

Recursos Humans

Irene Martínez

Direcció de Projectes

Francisco José de la Rosa

Serveis Generals

Assistent: Berta Claramunt

Desenvolupament TI:

Javier Tous

Serveis TI: Miguel Alonso

Publicacions: María Jesús

Samper

Qualitat: Ignacio Valero

Recepcionista: Jordi López



Recerca

Els nostres reptes de recerca

Al CIMNE, hem identificat cinc temes que guien i informen els nostres esforços de recerca, basats en les prioritats locals i globals, i les necessitats socials urgents. Treballem juntam-

ent amb experts i institucions transversals per desenvolupar un programa de recerca científica capdavanter per a un futur sostenible i equitatiu.



Les nostres prioritats

Adaptació al canvi climàtic

- Avaluació dels danys induïts i el risc d'esdeveniments extrems.
- Protecció de les costes contra inundacions i sequeres.
- Avaluació i adaptació d'infraestructures.
- Gestió sostenible i resilient del territori.

Mobilitat, ciutats i territori

- Transport i infraestructures civils
 - Ciutats i mobilitat urbana.
- Sistemes de transport i logística.
- Mobilitat aeroespacial i vertical.
 - Transport marítim.
 - Transport automòbil.
- Gestió sostenible i resilient del territori.



Energia i medi ambient

- Energies renovables.
- Materials per a l'energia.
- Fusió, tractament de residus nuclears.
- Tecnologies de conversió d'energia.
- Eficiència energètica i distribució.
- Producció, emmagatzematge, tractament i distribució d'aigua.
- Contaminació de l'aire, l'aigua i el sòl.



Processos industrials

- Fabricació avançada i innovadora
- Automatització i optimització de processos industrials
- Materials emergents: metamaterials
 - Construcció intel·ligent

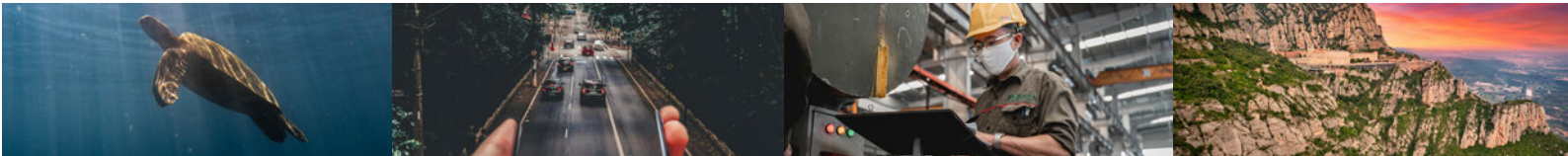


Salut

- Modelització de biosistemes i biomaterials.
- Enfocaments centrats en el pacient per detectar i predir malalties.
- Dispositius mèdics.
- Sistemes biològics.
- Mekanobiologia.

La nostra motivació

Les prioritats de recerca del CIMNE estan dirigides per múltiples impulsos externs.



17 Objectius de Desenvolupament Sostenible de l'ONU

5 Missions de la UE

Línies estratègiques del govern espanyol

Temes d'R+D del Govern català

Les nostres metodologies de recerca

Utilitzem tecnologies transversals d'avantguarda en l'àmbit dels mètodes numèrics i

la modelització computacional per abordar problemes socials urgents.

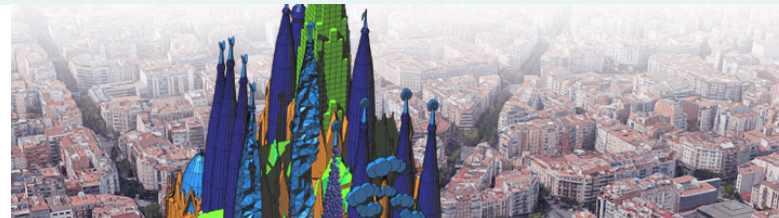
Tècniques de discretització



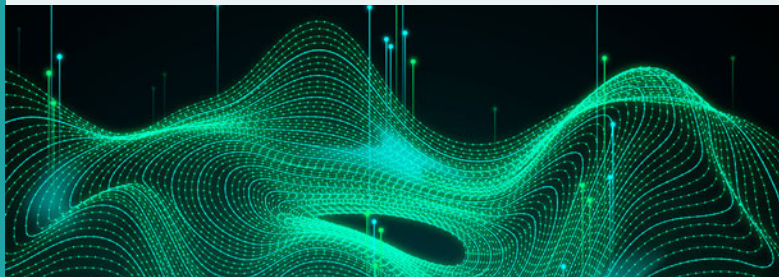
- Enfocaments innovadors en mètodes de malla.
- Mètodes lliures de partícules i malles.
- Mètodes no adaptats.
- Tècniques per a problemes acoblats.
- Avaluació d'errors i adaptabilitat.
- Representació de geometria i simulació.

Models físics i matemàtics

- Formulacions constitutives.
- Models de materials per a fenòmens multiescala.
- Formulacions variacionals innovadores.
- Optimització.
- Models basats en agents o subjectes.



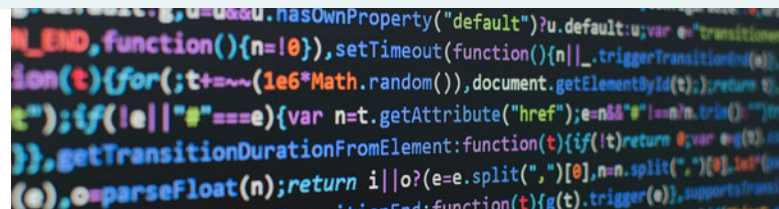
Models basats en dades



- Aprenentatge automàtic i intel·ligència artificial basats en la ciència.
- Modelització d'ordre reduït.
- Mètodes inversos.
- Gestió de big data.
- Quantificació de la incertesa.
- Bessons digitals.
- Geometria i representació de simulació.

Models computacionals d'alt rendiment

- Descomposició i preconditionament de dominis
- Arquitectures emergents (per exemple, computació quàntica)
- Nous paradigmes de codificació



Recerca i Innovació

El CIMNE està organitzat en nou clústers de recerca i tres unitats d'innovació. Els clústers fomenten la recerca d'avantguarda en àrees d'interès per al CIMNE. Les unitats d'innovació

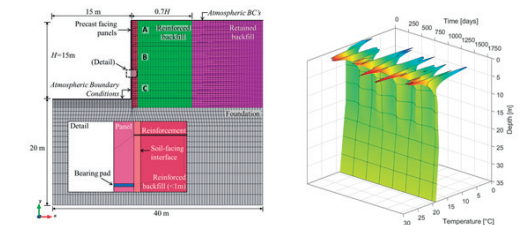
se centren en la recerca aplicada, combinant els descobriments d'avantguarda amb solucions de transferència de tecnologia.

Clústers de recerca

Geomecànica i Hidrogeologia

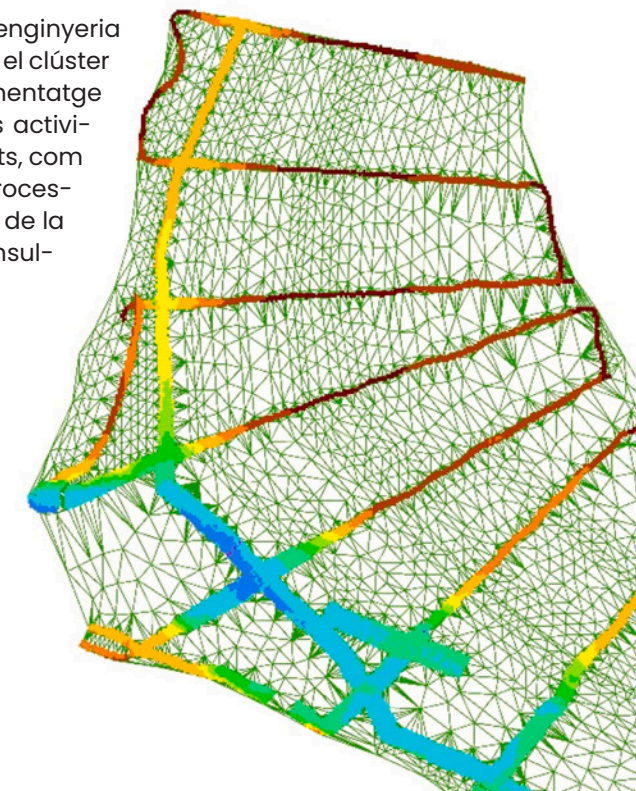
El Clúster de Recerca en Geomecànica i Hidrogeologia del CIMNE avança en la comprensió fonamental i la modelització computacional del comportament del sòl i les roques, centrant-se en processos tèrmics, hidràulics, mecànics i químics acoblats (THMC) en medis porosos. El clúster desenvolupa eines numèriques d'avantguarda i mètodes experimentals per donar suport al disseny i l'anàlisi d'estructures subterrànies, preses d'escullera i els reptes de la interacció entre fluids i l'estructura del sòl. La seva experiència s'estén a apli-

cacions com la gestió d'aigües subterrànies, estudis d'aqüífers, eliminació de residus nuclears i projectes d'enginyeria geotècnica a gran escala, contribuint tant a la innovació científica com a solucions pràctiques d'enginyeria.



Aprenentatge automàtic i models en enginyeria hidroambiental

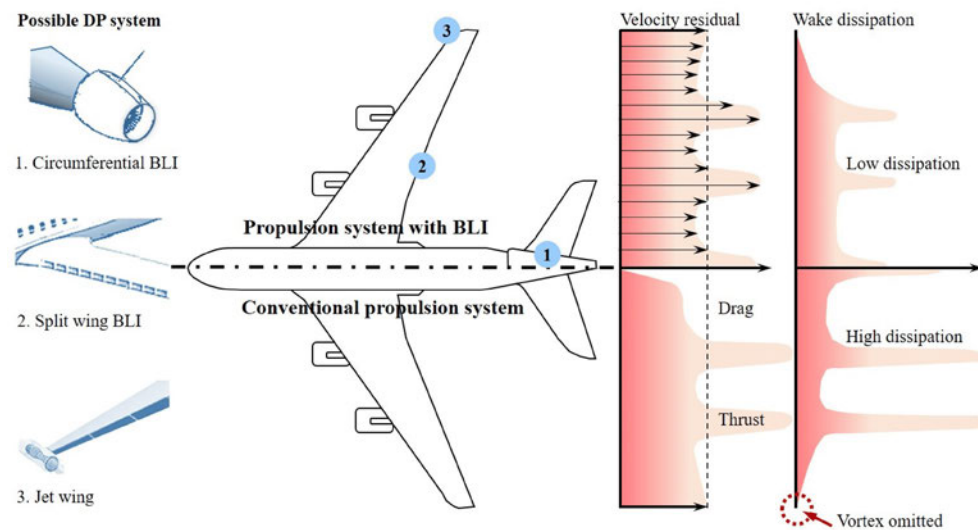
L'activitat principal d'aquest clúster està relacionada amb l'enginyeria hidràulica i hidrològica. Per tal de resoldre problemes pràctics, el clúster combina models numèrics basats en la física, models d'aprenentatge automàtic basats en dades i proves de laboratori. Les seves activitats també inclouen la participació en projectes d'altres àmbits, com ara el balast ferroviari, les esllavissades, l'optimització de processos avançats de desinfecció d'aigües residuals o la predicció de la qualitat de l'aire. Les seves activitats inclouen investigació, consultoria, formació i transferència de tecnologia.



Enginyeria Aeronàutica, Marina, d'Automoció i Energètica

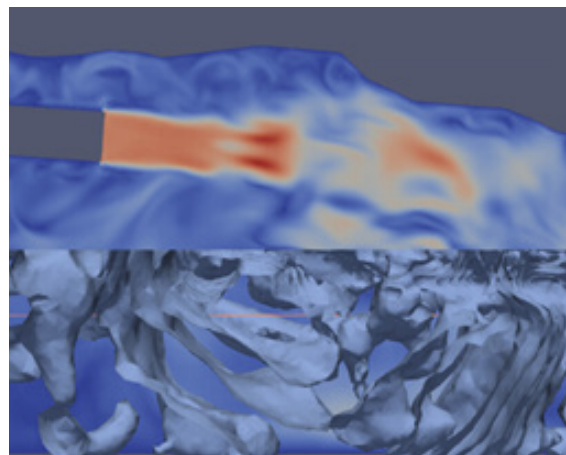
El clúster se centra en el desenvolupament de models numèrics per abordar problemes en els camps de l'enginyeria aeroespacial, oceànica i marina, d'automoció i energètica. Aquests problemes poden implicar anàlisi estructural, interacció fluid-estructura i/o optimització del comportament i el rendiment. Els desenvolupaments recents del grup inclouen la creació de models digitals per a convertidors

d'energia oceànica, el desenvolupament de formulacions per simular materials compòsits, l'optimització topològica, la creació d'algorismes de simulació de fatiga per a materials i el desenvolupament d'algorismes d'optimització per ajudar a la presa de decisions en la gestió del trànsit aeri.



Simulació de sòlids i fluids per a processos industrials

El clúster se centra en la modelització de processos industrials, inclosa la simulació de mecànica de fluids i la simulació termomecànica. En la mecànica de fluids, el grup estudia fluxos d'alta velocitat, turbulències, medis porosos, aeroacústica i problemes acoblats com ara la magnetohidrodinàmica, utilitzant mètodes numèrics avançats com ara els elements finits estabilitzats, els models reduïts i la computació paral·lela. En termomecànica, el grup desenvolupa eines d'anàlisi no lineal amb diverses formulacions d'elements i lleis constitutives, aplicades a la fabricació additiva, la soldadura per fricció i la impressió de formigó en 3D.



Mecànica Computacional en Enginyeria Mèdica i Matèria Viva

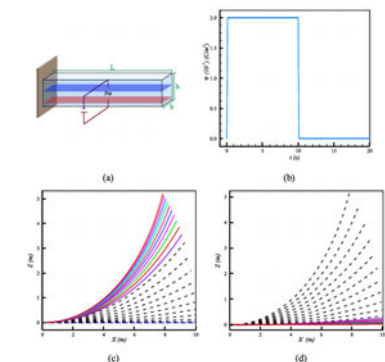


Aquest clúster desenvolupa mètodes computacionals avançats per modelar, predir i analitzar el comportament mecànic d'estructures biològiques. Els seus objectius inclouen la comprensió de l'evolució del sistema biològic, la simulació de tractaments patològics i l'optimització del disseny de dispositius mèdics. Les principals àrees d'enfocament del clúster són: 1) Modelització biomecànica de teixits/òrgans, 2) Investigació patològica i desenvolupament terapèutic, 3) Anàlisi de biològics/biomaterials per a enginyeria mèdica, i 4) Disseny de dispositius mèdics més segurs i eficients. Els investigadors d'aquest clúster creen models teòrics i computacionals per estudiar les interfícies biològiques (per exemple, mecanobiologia, cèl·lules, teixits). Aquestes eines permeten conèixer quantitativament els sistemes biològics, la manipulació racional de materials vius actius i el disseny de materials biònics innovadors per a aplicacions biomèdiques.

Mecànica estructural i de partícules

El Clúster de Mecànica Estructural i de Partícules del CIMNE s'especialitza en mètodes computacionals avançats per resoldre reptes mecànics i estructurals multidisciplinaris complexos. El clúster desenvolupa tecnologies predictives per analitzar sistemes estructurals en condicions dinàmiques i interaccions multifísiques mitjançant una varietat de tècniques innovadores que combinen mètodes d'elements finits (FEM) amb tècniques basades en partícules, com ara el mètode d'elements discrets (DEM), el mètode d'elements finits de partícules (PFEM), la hidrodinàmica de partícules lises (SPH) i altres. La seva investigació abasta diversos dominis d'enginyeria, incloses les infraestructures civils, aeroespacials, marines, de transport i d'energia. El clúster se centra en enfocaments computacionals sofisticats que integren informació de sensors, intel·ligència artificial (IA) i simulació en temps real per modelar fenòmens complexos com ara l'acoblament termomecànic, la interacció fluid-estructura i els efectes del contacte de fricció. Les direccions de recerca emergents

inclouen l'extensió de mètodes computacionals per a la mecànica electroactiva i magnetoactiva estructural no lineal, el desenvolupament de noves formulacions de conservació i la creació de models dinàmics avançats de fractura. Aprofitant les tecnologies de modelització digital i les tècniques computacionals emergents, el clúster té com a objectiu millorar les prediccions de seguretat estructural, optimitzar les solucions de disseny i garantir la integritat estructural sostenible en múltiples sectors d'enginyeria.



Unitats d'innovació

Transport (CENIT)

La Unitat d'Innovació en Transport (CENIT) té com a objectiu ajudar a trobar solucions sostenibles i innovadores per al transport i la mobilitat. La unitat té una àmplia experiència en projectes de recerca, desenvolupament i transferència de tecnologia, tant a escala local com global. Les seves principals línies de recerca són: la mobilitat urbana, la logística i el transport marítim, i la gestió i finançament d'infraestructures de transport. L'equip multi-

disciplinari del CENIT té una àmplia experiència en modelització de sistemes i desenvolupament metodològic basat en els fonaments de la recerca operativa i el comportament econòmic. A més de les activitats d'R+D, el CENIT també organitza cursos i seminaris dirigits a professionals que busquen actualitzar els seus coneixements tècnics específics i conèixer les últimes novetats del sector del transport.



Construcció, energia i medi ambient (Grup BEE)

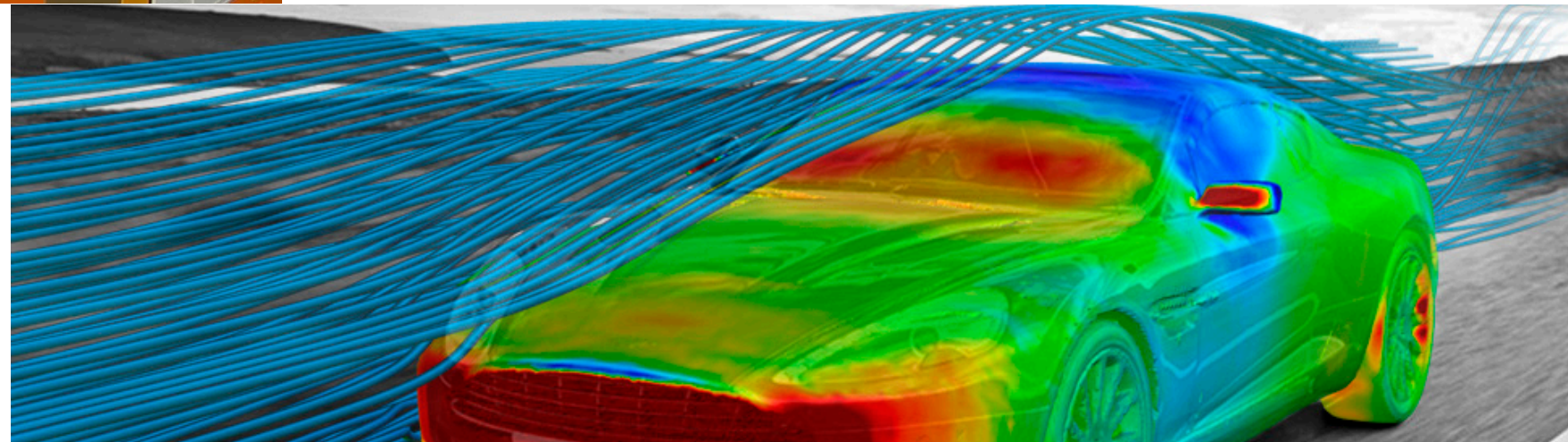
La Unitat d'Innovació en Construcció, Energia i Medi Ambient del CIMNE (Grup BEE) és un equip de més de 20 investigadors amb seu a Terrassa i Lleida, dedicat a avançar en la descarbonització, l'eficiència energètica i la transformació digital del sector de la construcció. El grup ha liderat 22 projectes europeus i ha col·laborat en més de 60, desenvolupant tecnologies intel·ligents de gestió energètica per a edificis i ciutats. Les seves línies de recerca inclouen l'anàlisi de big data per a l'eficiència

energètica en edificis, estratègies de resposta a la demanda per millorar la flexibilitat de la xarxa, l'empoderament energètic i el comportament dels usuaris, el desenvolupament de biodigestors adaptats a climes freds i la promoció de comunitats energètiques i districtes d'energia positiva. Amb una forta aposta per la transferència de tecnologia, el Grup BEE converteix la recerca en solucions innovadores per a un futur més sostenible.

Tecnologies pre, post i digitals

La Unitat d'Innovació en Tecnologies Pre, Post i Digitals del CIMNE és pionera en la simulació avançada i la integració digital. Desenvolupa mètodes d'avantguarda per a la generació eficient de dades i visualització de resultats computacionals, ancorats per l'experiència en un entorn universal de pre i postprocessament per a simulacions numèriques. La unitat combina perfectament aquesta base tècnica amb eines

digitals d'última generació com la intel·ligència artificial, les plataformes IoT, GIS, cadena de blocs i les modernes tecnologies web. Aprofitant les tècniques d'aprenentatge profund i visió per computador, transforma dades complexes i d'alta dimensió del món real en coneixements accionables, impulsant sistemes innovadors de suport a la presa de decisions i fomentant avenços en diverses disciplines d'enginyeria.



El CIMNE en xifres (2024)

Recerca

202

publicacions

El 62% de les quals en accés obert
L'11 % de les quals amb socis de la indústria

12

premis

Transferència de tecnologia

11

Patents vigents

121

Contractes amb la indústria

8

Empreses derivades i emergents
amb CIMNE Tecnologia

Ingressos de €3.75 M
de productes elaborats al CIMNE

Formació

25

Tesis doctorals defensades el 2024

3

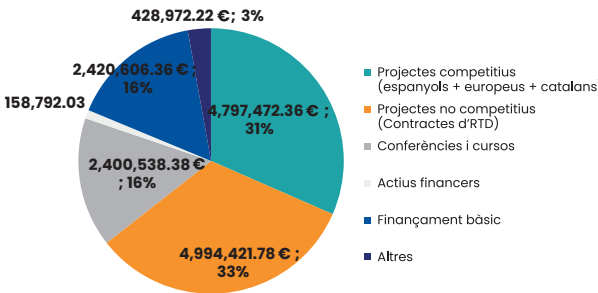
Estudis de postgrau oferts el 2024
amb la UPC

- Màster en Mètodes Numèrics a l'Enginyeria
- Doctorat en Enginyeria Civil
- Doctorat en Anàlisi Estructural

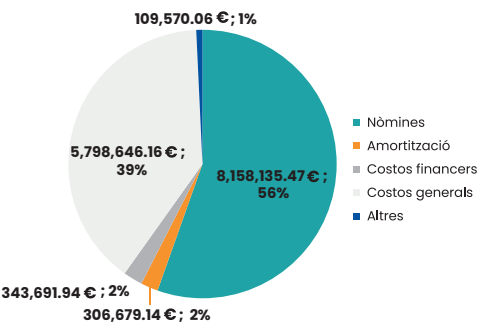


Recursos

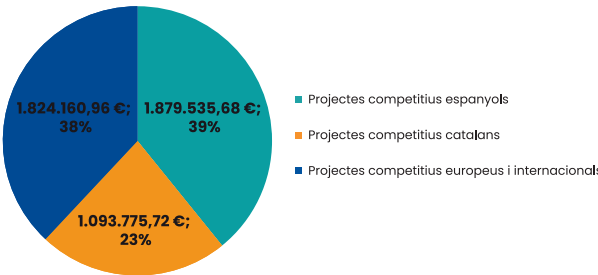
Ingressos



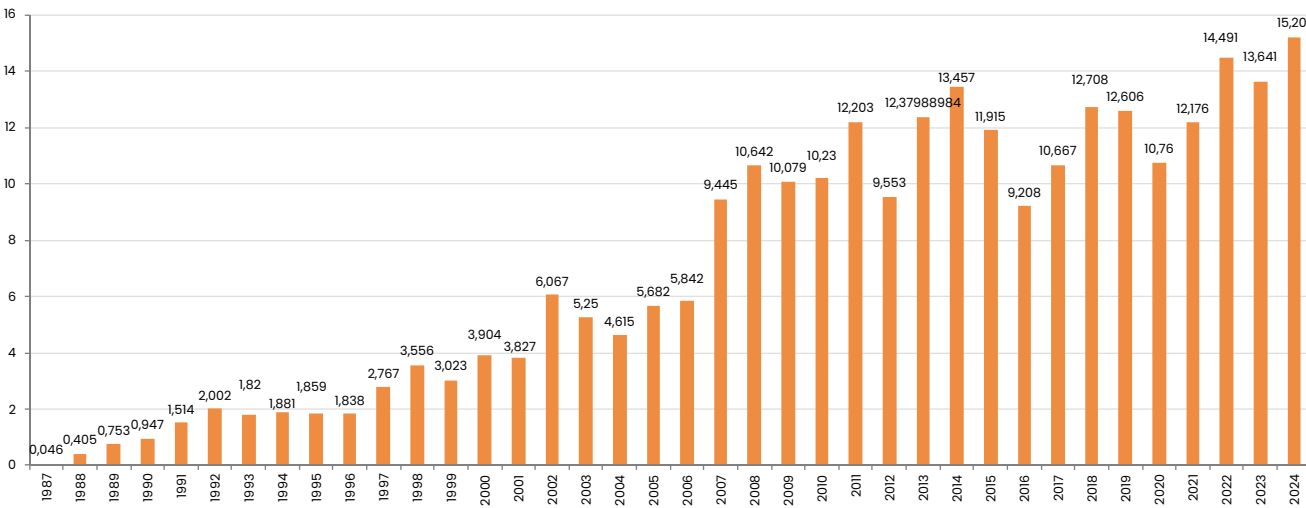
Expenses



Competitive Projects



Evolució dels ingressos anuals





Talent

248
Persones

a 31 de desembre de 2024

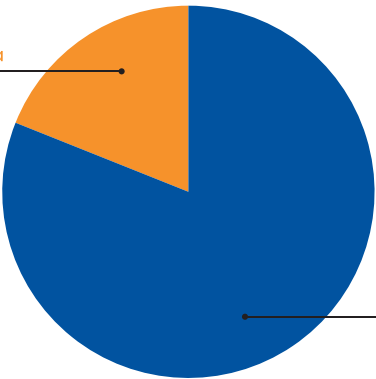
89

Llocs de treball oferts el 2024

incloent-hi personal administratiu, llocs de recerca i oportunitats per a estudiants

Rol

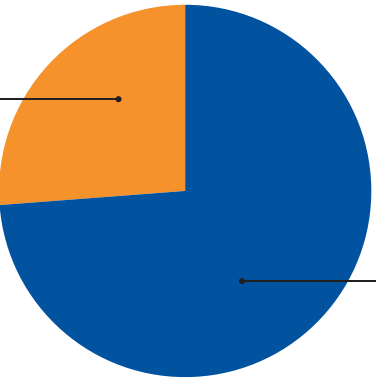
Suport a la recerca
19,0 %



Investigadors
81,0 %

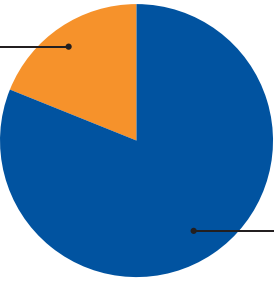
Gènere

Dones
26,2 %



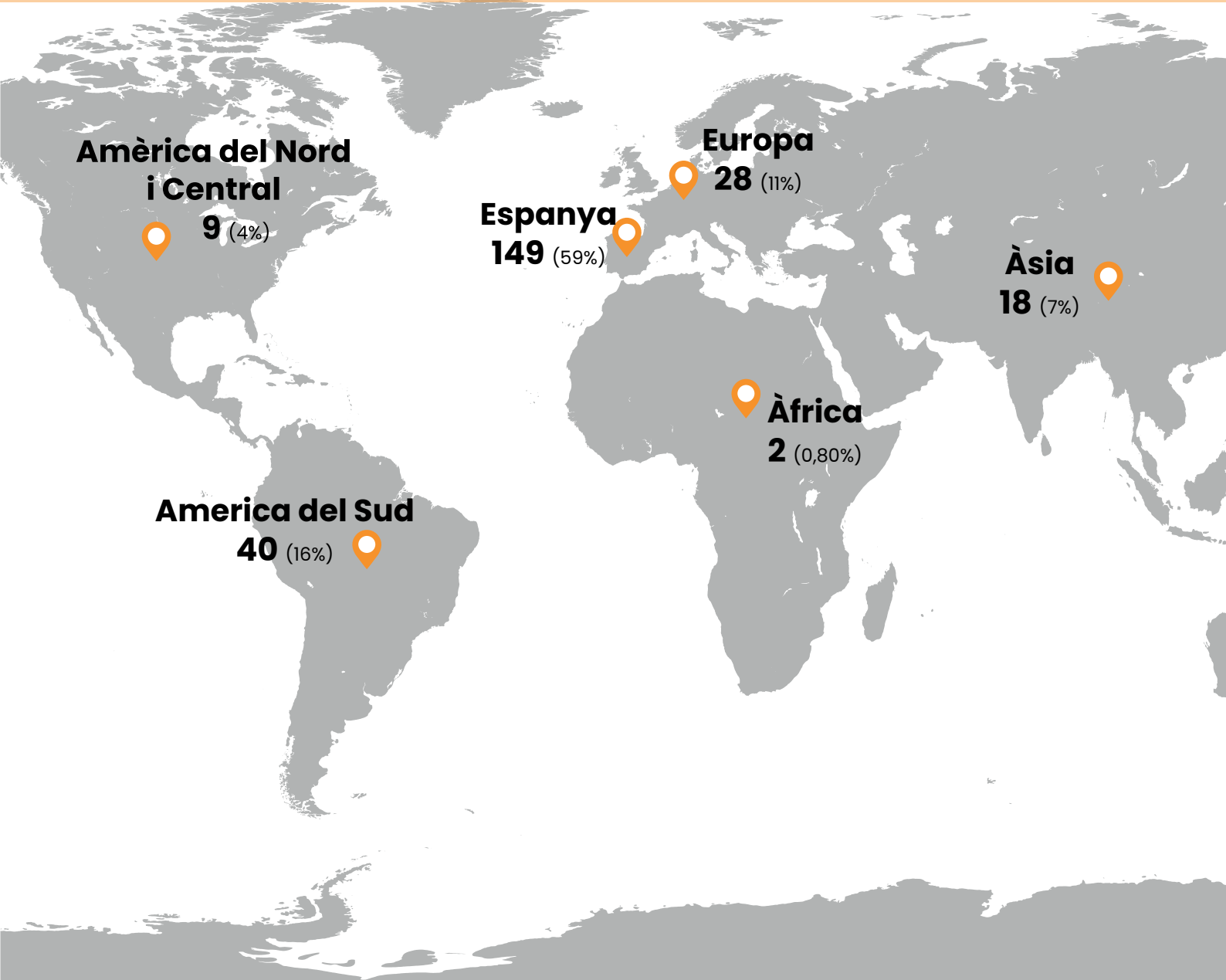
Dones
18,9 %

Investigadors



Homes
73,8 %

Homes
81,1 %





Impacte de la recerca

Un any d'innovació transformadora

El full de ruta estratègic del CIMNE estimula el futur de la innovació

El gener de 2024, el CIMNE va dur a terme un exercici de full de ruta transversal per guiar les seves prioritats de recerca per als pròxims anys. L'acte, pioner en un centre de recerca a Catalunya, va reunir 110 delegats representants del sector industrial públic i privat, institucions de la Generalitat de Catalunya, centres de recerca CERCA i personal del CIMNE. El taller va comptar amb el suport de CERCA (Centres de Recerca de Catalunya) i l'IfM Engage de la Universitat de Cambridge.

Els participants, en un taller de dos dies, van emprar una metodologia que incloïa escanejar el panorama estratègic per trobar tendències i impulsors, prioritzant els reptes de recerca i explorant alternatives de transferència de tecnologia en àrees temàtiques clau alineades amb els Objectius de Desenvolupament Sostenible

de les Nacions Unides. Aquestes àrees inclouen les prioritats estratègiques del CIMNE en Adaptació al Canvi Climàtic, Mobilitat, Ciutats i Territori, Energia i Medi Ambient, Processos Industrials i Salut. En última instància, l'activitat del full de ruta estratègic va portar a la **proposta de 18 projectes de recerca, la identificació de 176 reptes de recerca, 247 tendències i impulsors industrials i 138 alternatives de transferència de tecnologia.**

Els resultats de l'exercici del full de ruta, liderat per la Unitat de Transferència de Tecnologia i Innovació del CIMNE, informaran el pla estratègic del CIMNE. Això centrarà els esforços de recerca en àrees on el CIMNE pot aportar un valor significatiu i reforçar la seva posició internacional com a centre líder en tecnologies de modelització computacional.



Casos d'èxit

Estructures inflables: De la recerca a l'impacte global

La recerca del CIMNE sobre estructures inflables ha produït importants beneficis econòmics i ambientals a través de la seva empresa derivada Buildair. Fundada el 2001, Buildair s'especialitza en estructures inflables a gran escala, especialment per al sector aeronàutic, amb clients com Airbus, Lufthansa i Saudia Aerospace.

L'empresa ha crescut fins a donar feina a **50 persones i ha creat 15 llocs de treball indirectes, generant 11,5 milions d'euros d'ingressos entre el 2018 i el 2021.** Aquest creixement prové dels mètodes computacionals pioners del CIMNE que optimitzen el disseny i la integritat estructural de les estructures inflables.

Les innovacions de Buildair ofereixen avantatges ambientals substancials. Les seves estructures **redueixen el pes del material més de 20 vegades en comparació amb els equivalents d'acer**, disminuint la petjada de carboni en

més d'un 75 %. Les característiques d'eficiència energètica com ara els panells solars i les parets d'eficiència tèrmica milloren encara més la sostenibilitat.

Més enllà de les aplicacions comercials, aquestes estructures inflables han proporcionat refugis de desplegament ràpid per a crisis humanitàries, amb les col·laboracions amb UNICEF que demostren el seu valor social.

La recerca darrere d'aquests desenvolupaments continua a través de la Conferència biennal del CIMNE sobre Compòsits Tèxtils i Estructures Inflables, que ha atret més de 1.200 participants des de la seva creació el 2003. Els avenços recents inclouen el desenvolupament, el 2021, del programari del túnel de vent per analitzar els impactes del vent sobre les estructures, cosa que va permetre a Buildair crear hangars de mida rècord per a la indústria de l'aviació.





Salvaguarda de la infraestructura nuclear mitjançant simulació avançada

Les tres dècades de col·laboració del CIMNE amb l'Associació Nuclear Ascó-Vandellós (ANAV) han donat resultats significatius per a la seguretat nuclear i la sostenibilitat ambiental a Catalunya i Espanya.

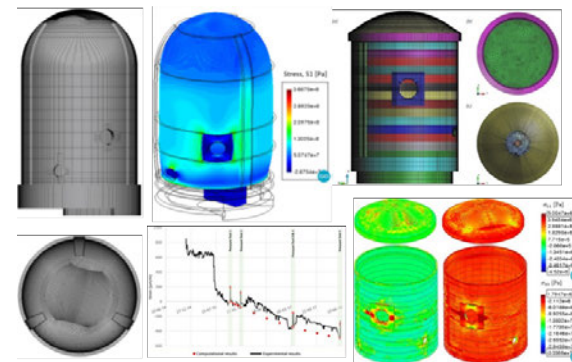
Mitjançant tècniques avançades de modelització numèrica, el CIMNE ha proporcionat avaluacions crítiques que han permès ampliar la **vida útil operativa dels reactors nuclears d'ANAV del 2020 al 2030**. Aquest assoliment va requerir una anàlisi d'avantguarda del mètode d'elements finits (FEM) per avaluar la integritat estructural, amb un enfocament concret en la reologia del formigó i la resiliència sísmica.

La investigació va contribuir directament a l'entrada d'Ascó I a l'Operació a Llarg Termini (LTO) el 2023, amb Ascó II i Vandellós II programats per al 2025 i el 2027, respectivament. Aquestes extensions, verificades pel Consell de Seguretat Nuclear i l'Agència Internacional de l'Energia Atòmica, tenen implicacions ambientals significatives.

En mantenir les operacions durant el període 2020-2023, **ANAV va evitar aproximadament 44 milions de tones d'emissions de CO2, que representen el 34 % del total d'emissions de CO2 d'Espanya, emissions procedents de la generació elèctrica**. Les centrals han proporcionat el 56 % de l'energia de Catalunya i el 10 % de l'energia lliure d'emissions d'Espanya durant aquest període.

El projecte en curs SPECTRA, iniciat el 2023, representa l'última fase d'aquesta col·laboració i analitza les respostes sísmiques de 15 edificis principals de Vandellós II mitjançant mètodes probabilístics i deterministes per garantir la integritat estructural en diversos escenaris sísmics.

Aquesta investigació també ha **preservat 920 llocs de treball a ANAV i ha generat contractes superiors a 2,4 milions d'euros per al CIMNE**, demostrant com la recerca en enginyeria computacional ofereix beneficis tangibles per a la seguretat, la sostenibilitat i el desenvolupament econòmic.



Jorge Franganillo/Wikimedia Commons





Càtedra UNESCO

El CIMNE reforça la seva Càtedra UNESCO en Mètodes Numèrics a l'Enginyeria nomenant el professor Michael Ortiz

La Càtedra UNESCO de Mètodes Numèrics a l'Enginyeria del CIMNE i de la Universitat Politècnica de Catalunya-Barcelona Tech (UPC) es va constituir l'any 1989 com la primera Càtedra UNESCO del món dedicada a l'avanç dels mètodes numèrics a l'enginyeria. La seva missió és fomentar la recerca, l'educació i la transferència de tecnologia internacionals per abordar reptes complexos d'enginyeria, beneficiant especialment els països de renda baixa mitjançant la difusió del coneixement i el desenvolupament de capacitats.

El 2024, el CIMNE va reforçar el seu compromís amb l'excel·lència en mecànica computacional nomenant el professor Michael Ortiz com a nou cap de la càtedra, amb efecte a partir de l'1 de gener de 2025. El professor Ortiz és àmpliament reconegut com a pioner en mecànica computacional, amb nombroses aportacions a la modelització de materials, l'anàlisi d'elements finits i la modelització multiescala. El seu lideratge marca una fita important en la història de la Càtedra, seguint el llegat d'estimats predecessors, inclosos el Prof. O.C. Zienkiewicz i el Dr. Jacques Périaux.

Com a titular de la càtedra, el professor Ortiz se centrarà en la recerca d'avantguarda en mecànica quàntica computacional i simulació millorada per dades, dues àrees estratègiques destinades a ampliar les capacitats i l'impacte global del CIMNE. A més del seu paper al CIMNE, continuarà el seu compromís acadèmic com

a professor emèrit a l'Institut de Tecnologia de Califòrnia (Caltech).

La Càtedra UNESCO del CIMNE continua servint com a centre global de col·laboració a través de la seva extensa xarxa de laboratoris del CIMNE (*Aules CIMNE*), fomentant la col·laboració amb universitats i institucions de recerca de tot Amèrica Llatina i d'Europa. La Càtedra continua dedicada a promoure projectes conjunts de recerca i formació, aprofitant el finançament competitiu internacional i fomentant els vincles amb les comunitats científiques d'arreu del món.

Amb el lideratge del professor Ortiz, el CIMNE reforça la seva posició a l'avantguarda dels mètodes numèrics a l'enginyeria, reafirmant el seu compromís amb l'excel·lència científica i l'intercanvi de coneixement global.

*"El professor Ortiz és el nou
director de la Càtedra UNESCO de
Mètodes Numèrics, amb efecte
d'1 de gener de 2025"*



Notícies corporatives

El fundador i investigador sènior del CIMNE, professor Eugenio Oñate, rep el Premi Nacional d'Investigació 2024

El professor Eugenio Oñate, fundador del Centre Internacional de Mètodes Numèrics a l'Enginyeria (CIMNE) i investigador sènior distingit del centre, ha estat guardonat amb el prestigiós Premi Nacional d'Investigació 2024 en la categoria Leonardo Torres Quevedo. Aquest reconeixement és un dels màxims honors a la recerca científica d'Espanya, atorgat pel Ministeri de Ciència, Innovació i Universitats.

Els Premis Nacionals d'Investigació d'Espanya celebren l'excel·lència científica dels investigadors que contribueixen al progrés de la societat i a l'enfortiment d'Espanya com a líder mundial en avenços científics. El Premi Leonardo Torres Quevedo, en particular, destaca les persones que han fet aportacions significatives en l'àmbit de l'enginyeria.

El professor Oñate ha estat reconegut per les seves aportacions excepcionals a la mecànica computacional i els mètodes numèrics. El seu treball pioner en el desenvolupament de tècniques computacionals per a aplicacions d'enginyeria ha tingut un impacte transformador en aquest àmbit i ha influït en indústries de tot el món.

Nascut a València (Espanya) el 1953, la recerca del Dr. Oñate s'ha centrat en el desenvolupament de mètodes numèrics en el camp de la dinàmica estructural i de fluids i situacions acoblades en ciències de l'enginyeria. Ha publicat 467 articles en revistes d'àmbit JCR i té més de 14.000 citacions.

El director general del CIMNE, professor Javier Bonet, va felicitar el Dr. Oñate i la resta de guardonats per les seves contribucions a l'avenç de la ciència i l'enginyeria, destacant el compromís del professor Oñate amb "l'excel·lència en la recerca". En paraules del Dr. Bonet, aquesta distinció "no només dona fe de l'excel·lent trajectòria científica del professor Oñate, sinó també del notable impacte que ha tingut en el talent científic jove".



Prof. Oñate

El Dr. Javier Bonet, director general del CIMNE, ha estat guardonat amb el prestigiós Gran Premi de la Societat Japonesa d'Enginyeria i Ciència Computacional

El Dr. Javier Bonet, director general del CIMNE, ha estat guardonat amb el prestigiós Gran Premi 2023 de la Societat Japonesa d'Enginyeria i Ciència Computacional (JSCES). Aquest guardó reconeix les destacades aportacions del Dr. Bonet als mètodes computacionals i numèrics, particularment en mecànica de sòlids no lineals. La cerimònia de lliurament de premis va tenir lloc al Centre Internacional de Conferències de Kobe durant la 29a Conferència d'Enginyeria i Ciència Computacional del JSCES a finals de maig de 2024. El Dr. Bonet va impartir una conferència sobre els últims avenços en dinàmica de sòlids, destacant el seu treball sobre formulacions basades en la conservació.

Amb més de 110 publicacions i més de 6.000 citacions, el Dr. Bonet és una figura líder en l'àmbit dels mètodes computacionals. Es va incorporar al CIMNE com a director el 2022, després d'una distingida carrera a la Universitat de Greenwich i a la Universitat de Swansea.



Prof. Bonet

CIMNE traça el rumb futur mitjançant un exercici de full de ruta estratègic

El CIMNE va fer un pas proactiu per donar forma a la seva direcció de recerca i amplificar el seu impacte social mitjançant un exercici de full de ruta estratègic celebrat el gener de 2024. Aquest esdeveniment col·laboratiu, el primer per als Centres de Recerca de Catalunya (CERCA), va reunir 110 delegats dels sectors industrials públics i privats, institucions de la Generalitat de Catalunya, centres de recerca CERCA i personal del CIMNE.

L'esdeveniment, de dos dies de durada, celebrat al Campus Nord de la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC) de Barcelona, va ser conduït pel director del CIMNE, Dr. Javier Bonet. Es va dissenyar per alinear la recerca a mitjà termini del CIMNE amb les necessitats canviants de la indústria i la societat. El Dr. Bonet va

emfatitzar la importància d'establir un camí de "comunicació bidireccional" amb la indústria per millorar l'impacte social de la recerca del CIMNE i identificar vies per a la seva aplicació en benefici de la societat.

L'exercici de full de ruta va seguir la metodologia de l'Institute for Manufacturing de la Universitat de Cambridge, emfatitzant la comunicació, l'alineació i el diàleg estratègic, utilitzant un marc visual estructurat per tal de convertir idees multidisciplinàries en plans accionables. Els participants van entaular debats plenaris i en grup sobre les tendències i els motors de la investigació, i van proposar fulls de ruta específics per a temes de recerca que se sumaran a les prioritats de recerca establertes pel centre.



Lluís Rovira, director de CERCA, va destacar la importància de la implicació de la indústria en solucions de recerca i va emfatitzar la transferència de tecnologia com a prioritat per a tots els centres de recerca catalans. "La recerca ja no es tracta d'escriure articles", va afirmar, "hem d'involucrar totes les parts interessades des del principi".

Els resultats de l'exercici de full de ruta, incloses les recomanacions sobre àrees d'aplicació de la recerca i idees a llarg termini, guiaran les prioritats de lideratge del CIMNE per millorar l'impacte social de la recerca duta a terme al centre, tal com s'indica en el pla estratègic de l'organització. El pla estratègic quinquennal del CIMNE esbossa una estratègia de recerca de

tot el centre basada en els Objectius de Desenvolupament Sostenible de l'ONU, amb un èmfasi especial en l'adaptació al canvi climàtic, la mobilitat i les ciutats, l'energia i el medi ambient, els processos industrials i la salut.

L'exercici va generar coneixements significatius, incloent-hi 247 tendències i impulsors industrials, 176 reptes de recerca, 138 alternatives de transferència de tecnologia i diverses propostes de projectes de recerca. Aquests resultats s'integraran en els objectius estratègics del CIMNE, centrant els esforços de recerca en àrees d'alt impacte alineades amb els reptes socials i les necessitats del mercat, i reforçant el paper del CIMNE com a centre líder en tecnologies de modelització computacional.



El CIMNE reforça els llaços amb el líder aeroespacial xinès

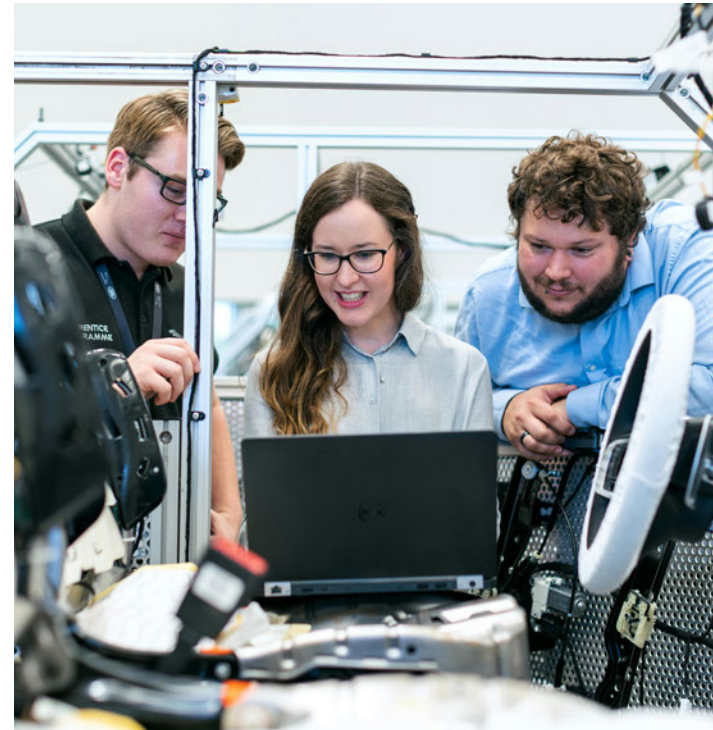
El CIMNE va rebre una delegació de Shenyang Aircraft Corporation (SAC), el fabricant d'avió més antic de la Xina, per explorar oportunitats de col·laboració. Els 15 membres de la delegació del SAC, formada per experts en disseny d'aeronaus, aerodinàmica i més, es van entrevistar amb el director general del CIMNE, professor Javier Bonet, i amb investigadors transversals. Les presentacions van destacar

l'experiència del CIMNE en àrees com els materials avançats, la modelització numèrica i la mecànica de fluids, presentades pel Dr. Àlex Ferrer, la Dra. Lucía Gratiela Barbu, el Dr. Ramon Codina i el Dr. Michele Chiumenti. Jordi Jiménez, responsable de Transferència de Tecnologia, i el Dr. Gabriel Bugeda, director de relacions institucionals, també van participar en l'esdeveniment de col·laboració.



El CIMNE col·labora amb SEAT per al doctorat de Recerca en Enginyeria d'Automoció

El CIMNE i SEAT han unit forces en una col·laboració pionera per oferir una innovadora oportunitat de recerca doctoral centrada en la subestructuració i els models modulars d'ordre reduït per a la mecànica i la dinàmica estructurals de l'automoció. El projecte, iniciat a finals de 2024, té com a objectiu revolucionar el procés de disseny d'automòbils mitjançant el desenvolupament de models d'ordre reduït (ROM) eficients per a estructures complexes de vehicles. Aquesta associació explorarà el concepte de subestructuració per a simulacions d'automoció, dividint els vehicles en diferents mòduls i representant cadascun amb ROM no intrusius adequats. S'espera que la investigació redueixi significativament els costos computacionals i millori l'anàlisi de la incertesa en estructures complexes sota càrregues extremes.



El CIMNE inaugura noves instal·lacions de recerca a Lleida

El CIMNE va inaugurar oficialment les seves noves instal·lacions de recerca al parc de recerca Agrobiotech, a Lleida, el 28 de maig de 2024. L'espai, que va començar a funcionar el 2022, acull la Unitat d'Innovació en Construcció, Energia i Medi Ambient (Grup BEE) de CIMNE, un equip especialitzat centrat en solucions de big data i IA per reduir el consum energètic dels edificis.

La cerimònia inaugural va comptar amb la presència de l'alcalde de Lleida, Sr. Fèlix Larrosa, el director del CIMNE, Dr. Javier Bonet, la directora general Anna Font, i el líder del Grup BEE, Dr. Jordi Cipriano, juntament amb altres responsables locals. El Dr. Bonet va destacar que les noves instal·lacions milloraran la capacitat del Grup BEE per desenvolupar "solucions tangibles" per abordar els reptes de la transició energètica a través de la IA i la gestió de l'energia.

El Grup BEE, fundat el 2001, està format per 20 experts multidisciplinaris que treballen en diversos aspectes de l'eficiència energètica, incloses solucions de resposta a la demanda, eines de comportament dels usuaris i gestió de la comunitat energètica. Aquesta ampliació reforça l'aposta del CIMNE per la recerca innovadora i la seva posició estratègica en la creixent comunitat científica de Lleida.



El CIMNE assisteix a la trobada de treball de gestors de recerca a Catalunya

L'equip de l'Oficina de Projectes del CIMNE va participar en la 12a Trobada de Gestors de Recerca de Catalunya el 6 de juny de 2024 a la Universitat de Lleida. Organitzat per l'AGAUR, l'esdeveniment es va centrar en "Els reptes de la gestió de la recerca" i va proporcionar una plataforma per compartir les millors pràctiques entre els gestors de projectes de recerca. La trobada va posar èmfasi en l'adaptació als canvis en les polítiques de recerca orientades a un major impacte social. Les sessions van tractar el desenvolupament professional, el benestar emocional, els reptes de gestió previs i posteriors a l'adjudicació i el valor de la gestió de la recerca. L'esdeveniment va destacar el paper crucial de les oficines de projectes en la gestió de la recerca competitiva finançada amb fons públics i en el foment de la innovació en aquest àmbit.



El CIMNE acull joves professionals en la iniciativa d'atracció de talent

L'octubre de 2024, el Centre Internacional de Mètodes Numèrics a l'Enginyeria (CIMNE) va donar la benvinguda a 20 joves professionals a les seves instal·lacions del Parc Tecnològic Mediterrani de Castelldefels, prop de Barcelona. La visita s'emmarcava en la *Iniciativa Innobus*, liderada per *Innobaix*, destinada a connectar estudiants amb entitats innovadores de l'àrea metropolitana de Barcelona.

Durant l'acte, el personal del CIMNE va mostrar les oportunitats de recerca i carrera en el centre. Jazmín Ríos, responsable de transferència tecnològica, va destacar el paper del CIMNE en la transformació de la tecnologia avançada en solucions pràctiques. Representants de Recursos Humans i de Direcció de Projectes van presentar les perspectives de desenvolupament professional dins l'entorn multidisciplinari del centre.

Investigadors de diversos grups, incloent-hi Mecànica Estructural i Materials Compòsits i Avançats, van compartir idees sobre projectes i reptes en curs. Javier Piazzese, director de l'empresa derivada del CIMNE *Compass Inge-*

neria y Sistemas, també va participar en les presentacions.

Aquest esdeveniment s'alinea amb l'estratègia del CIMNE de promoure la seva recerca, potenciar la transferència tecnològica i atraure talent jove, tot reforçant el compromís del centre amb la innovació i l'avenç social a través de solucions d'enginyeria d'avantguarda.



El CIMNE s'uneix a altres centres CERCA per reforçar la transferència tecnològica a l'Argentina

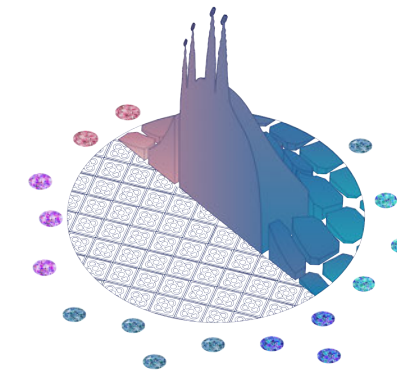


Representants de l'Oficina de Transferència de Tecnologia del CIMNE, juntament amb altres especialistes en transferència de tecnologia dels centres del sistema CERCA, van fer una visita estratègica a Buenos Aires i Santa Fe (Argentina), el desembre de 2024. La missió, amb el director de Tech Transfer del CIMNE, Sr. Jordi Jiménez, i el director de CIMNE *Tecnologia*, Sr. Javier Marcipar, tenia com a objectiu fomentar les relacions internacionals i la transferència de coneixement entre l'Amèrica Llatina i Catalunya. Es van celebrar reunions amb institucions com la Universitat Nacional del Litoral (UNL), el CONICET i la Universitat Nacional Tecnològica (UTN), explorant col·laboracions en IA, bioeconomia i sostenibilitat. La iniciativa, amb el suport de la beca CERCA VES-HI KTT, busca ampliar l'abast internacional dels centres CERCA.



Conferència magistral del director general del CIMNE a SPHERIC 2025

El director general del CIMNE, professor Javier Bonet, va pronunciar una conferència magistral a la Conferència Mundial SPHERIC a Barcelona (17-19 de juny de 2025). La presentació, titulada *Stabilised SPH formulations in large strain solid mechanics*, es va centrar en mètodes computacionals avançats per simular el comportament del material en condicions extremes. SPHERIC és un fòrum internacional clau per a experts en hidrodinàmica de partícules suavitzades (SPH). La conferència del professor Bonet va destacar els avenços recents en SPH i les seves aplicacions potencials en diversos reptes d'enginyeria.



El CIMNE i Saudi Aramco Technologies Company forgen una associació

El CIMNE ha signat un acord de desenvolupament amb Saudi Aramco Technologies Company (SATC) per avançar en el camp de les barres de polímer reforçades amb fibra (FRP). El projecte, liderat pel Dr. Xavier Martínez del Clúster de Recerca en Enginyeria Aeronàutica, Marina, d'Automoció i Energia del CIMNE, té com a objectiu desenvolupar i provar prototips de barres reforçades FRP parcialment o totalment compostes de materials a base d'hidrocarburs.

El projecte té el potencial de mantenir els materials de construcció, combinant la destresa investigadora del CIMNE amb el lideratge de la indústria de SATC en solucions d'energia, transport i materials. Aquesta associació demostrarà l'aplicació pràctica de la recerca d'avantguarda del CIMNE en escenaris del món real.

Aquesta col·laboració segueix el compromís de CIMNE d'aplicar la seva experiència directament a les necessitats de la indústria. L'acord inclou recerca addicional sobre les propietats d'una barra reforçada seleccionada, la producció de barres reforçades i el disseny estructural d'una passarel·la per a la futura instal·lació i monitoratge a les instal·lacions de SATC.



Notícies de transferència científica i tecnològica

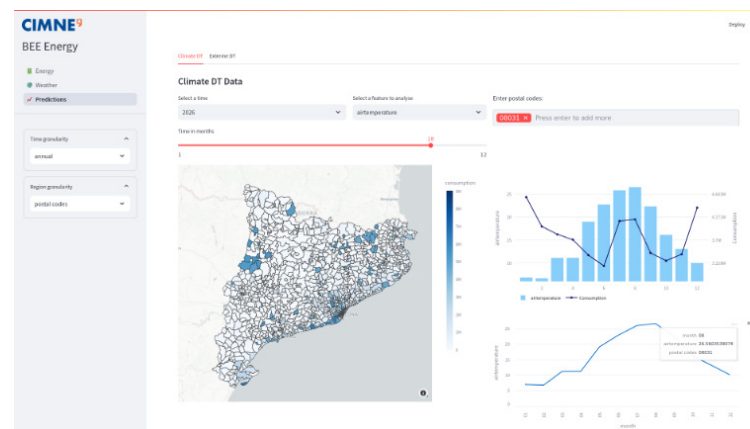
El CIMNE avança en la previsió energètica amb un model innovador d'aprenentatge automàtic

El CIMNE ha llançat un model avançat d'aprenentatge automàtic per predir la demanda d'electricitat a Catalunya. Aquesta eina aborda els reptes del canvi climàtic i l'electrificació dins la iniciativa Destinació Terra de la UE, un ambiciós projecte que té com a objectiu crear un bessó digital de la Terra. Amb les llars contribuint amb un 27,4 % al consum d'energia de la UE el 2021 i els edificis amb gairebé un 70 %, juntament amb un creixement anual del 61 % en les vendes de vehicles elèctrics entre el 2016 i el 2021, aquest model ofereix millors solucions per a una previsió energètica precisa. Això és especialment crític a Catalunya, on les autoritats tenen previst canviar a un sistema d'energia descentralitzat i renovable a causa de l'augment dels fenòmens meteorològics extrems.

Dirigit pel Dr. Gerard Mor del Grup BEE del CIMNE, el model utilitza l'algorisme XGBoost en un clúster Dask, i ofereix un enfocament escalable i unificat. Es basa en dades climàtiques terrestres ERA5, registres energètics de Datadis,

estadístiques socioeconòmiques de l'INE, preus d'Esios i dades d'edificis d'INSPIRE, incorporant graus dia de calefacció i refrigeració per a la precisió. El model proporciona previsions a curt termini per al clima extrem i projeccions per al 2026, amb el suport d'una plataforma de visualització Plotly-Streamlit per a les parts interessades. Aquest treball avança en un bessó digital de la xarxa energètica de Catalunya, ajudant a la seva transició renovable.

El CIMNE ha estat seleccionat com a soci de la iniciativa Destinació Terra, un programa de la Comissió Europea per desenvolupar un model digital d'alta precisió de la Terra a escala global per tal d'ajudar a la "transformació verda" d'Europa. Combinant observacions en temps real amb grups de dades anteriors, els experts estan desenvolupant una rèplica d'alta precisió de sistemes terrestres complexos, prestant especial atenció als fenòmens meteorològics extrems i als efectes del canvi climàtic.



El CIMNE presenta models de qualitat de l'aire i demanda d'energia per a Destinació Terra en un Taller d'Intercanvi d'Usuaris

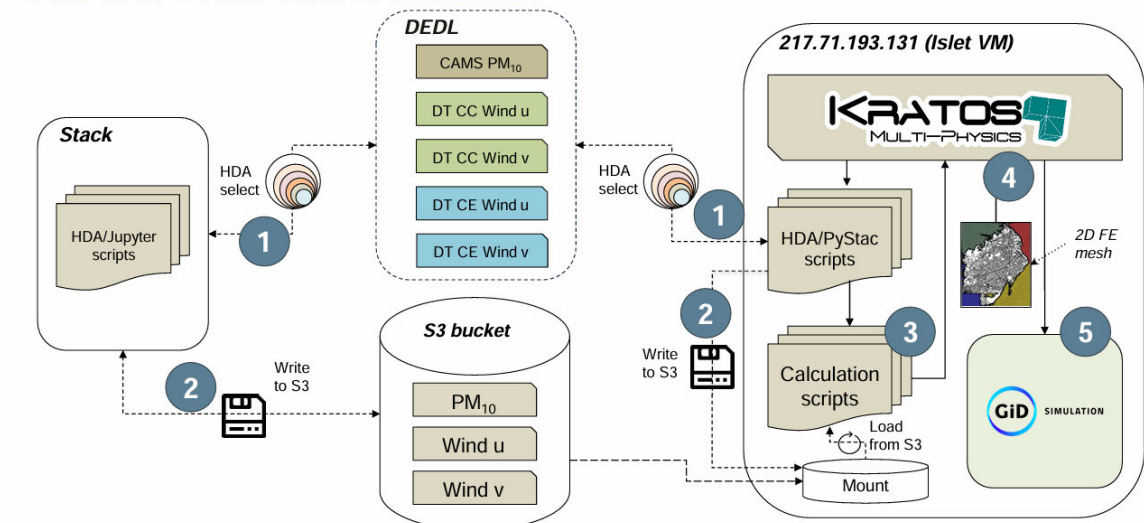
Els investigadors del CIMNE van mostrar dos models avançats de predicció al 3r Taller d'Intercanvi d'Usuaris de la iniciativa Destinació Terra, celebrat el 23 d'octubre de 2024 a Darmstadt (Alemanya). Organitzat per EUMETSAT, amb l'ESA i l'ECMWF com a coorganitzadors, l'esdeveniment va destacar el treball del CIMNE en el projecte finançat per la Comissió Europea per construir un bessó digital de la Terra.

El Dr. Ignasi de Pouplana i el Sr. Laurence Sigler van presentar un model de contaminació atmosfèrica a microescala per a Barcelona, utilitzant el "Data Lake" del projecte per monitorar la qualitat de l'aire a escala de carrer. Mitjançant la integració de dades federades, el model fa un seguiment de les partícules de pols de menys de 10 micres, utilitzant la plataforma Kratos Multiphysics i GiD del CIMNE per a resultats d'alta definició amb aplicacions de salut pública. Arrelada en el projecte PIKSEL, desenvolupat amb la Generalitat de Catalunya, aquesta eina ajuda a l'anàlisi ambiental.

En un segon cas, el Dr. Gerard Mor i la Sra. Miriam Méndez van introduir un model d'aprenentatge automàtic per predir la demanda màxima d'electricitat a Catalunya durant fenòmens climàtics extrems. Desenvolupat dins la unitat de Construcció, Energia i Medi Ambient del CIMNE, combina dades ambientals i socioeconòmiques per tal de preveure el consum per codi postal. Aquesta solució escalable, que també utilitza tecnologia de Kratos i GiD, dona suport a la planificació energètica i es pot estendre a altres regions.

Ambdós models demostren les capacitats computacionals del repositori de Destinació Terra, avançant en la "transformació verda" d'Europa. El paper del CIMNE en aquesta iniciativa subratlla la seva experiència en la modelització de sistemes terrestres, amb un enfocament en el canvi climàtic, combinant dades per a la precisió.

Overview of use case architecture



Els experts del CIMNE milloren la construcció naval amb tecnologies de compòsits avançats

El projecte FIBRE4YARDS, liderat pel Dr. Xavier Martínez, ha establert un nou referent en la indústria marítima amb la integració de tecnologies de compòsits d'avantguarda en la construcció naval. Aquesta ambiciosa iniciativa, finançada pel programa Horizon 2020 de la Unió Europea, va ser reconeguda amb el prestigiós *Premi JEC a la Innovació en Compòsits 2025* en la categoria de Transport Marítim i Construcció Naval, subratllant el seu impacte transformador.

Llançat el 2021, FIBRE4YARDS tenia com a objectiu modernitzar les drassanes europees mitjançant el concepte "Drassana 4.0". El projecte va desenvolupar processos de fabricació automatitzats i tècniques de construcció modular utilitzant polímers reforçats amb fibra (FRP). Tradicionalment limitats a vaixells petits, en l'actualitat els FRP s'estan adaptant per a vaixells més grans, gràcies a tecnologies innovadores com ara la fabricació additiva robòtica, la pultrusió curada amb UV i els motlles adaptables. Aquests avenços permeten una producció més eficient, costos reduïts i una major sostenibilitat ambiental.

Com a part del projecte FIBRE4YARDS, experts internacionals van crear un bessó digital d'una drassana, integrant dades en temps real de sensors avançats per optimitzar els processos de producció i manteniment. Aquesta digitalització millora l'assegurament de la qualitat alhora que minimitza els residus i escurça els cicles de desenvolupament.

El projecte va reunir 13 socis de sis països europeus sota l'àmbit del CIMNE, mostrant el poder de la col·laboració per abordar els reptes de la indústria. En reduir la dependència de mètodes semiartesans i introduir solucions escalables, FIBRE4YARDS ha reforçat la competitivitat d'Europa en la construcció naval alhora que promou pràctiques més verdes.

El *Premi a la Innovació JEC*, atorgat per l'organització líder mundial en Materials Compòsits, destaca l'èxit del projecte en la redefinició de la construcció naval. Com va assenyalar el Dr. Martínez, aquests èxits obren el camí per a un "futur més sostenible i tecnològicament avançat per a les drassanes" arreu del món.



El grup BEE del CIMNE avança en solucions energètiques basades en dades i en la comunitat

El Grup de Construcció, Energia i Medi Ambient (BEE) de CIMNE està aportant solucions energètiques sostenibles a Barcelona a través de dos projectes diferents centrats a minimitzar els efectes de la pobresa energètica i el canvi climàtic.

Una iniciativa clau és el projecte EKATE+, que fomenta el desenvolupament de comunitats d'energies renovables a la frontera entre Espanya, Andorra i França. En facilitar l'accés a fonts d'energia sostenibles i fomentar la propietat comunitària, EKATE+ pretén reduir la dependència de les xarxes energètiques tradicionals i reduir els costos energètics per als residents. Aquest projecte capacita les comunitats per generar i gestionar la seva pròpia energia neta, contribuint a un sistema energètic més resilient i equitatiu.

Complementant aquest esforç, el Grup BEE ha desenvolupat el Mapa de Vulnerabilitat Energètica en el marc de la iniciativa *Climate*

Ready Barcelona. Aquesta eina, dissenyada pel Dr. Gerard Mor, integra dades obertes, intel·ligència artificial i models de simulació per tal d'avaluar l'impacte de les onades de calor en els edificis a tota la ciutat. En identificar les zones més vulnerables al canvi climàtic i la pobresa energètica, el mapa informa les polítiques municipals orientades a l'adaptació i la mitigació. El mapa permet a la ciutat dirigir els recursos als més vulnerables, assegurant un suport específic per a millores d'eficiència energètica, refugis climàtics i altres serveis essencials.

A través d'EKATE+ i el Mapa de Vulnerabilitat Energètica, el Grup BEE del CIMNE està treballant en la creació de comunitats energètiques sostenibles i utilitzant enfocaments basats en dades per abordar la pobresa energètica i els reptes del canvi climàtic en entorns urbans.



La Unitat d'Innovació en Transport del CIMNE treballa amb les autoritats de Turquia i Fiji per a solucions de transport sostenible

La Unitat d'Innovació en Transport (CENIT) del CIMNE ha fet progressos significatius en la planificació urbana sostenible el 2024, liderant projectes transformadors tant a Ankara com a Fiji. Aquestes iniciatives estan encapçalades per l'experiència del CENIT en el desenvolupament i implementació de solucions de transport innovadores adaptades a diversos entorns urbans.

A Ankara, el CENIT va liderar el projecte "SMART Ankara", destinat a crear un sistema de transport sostenible i integrat per a la capital de Turquia. El projecte se centra a optimitzar les xarxes de transport públic, fomentar la mobilitat activa i reduir la congestió del trànsit mitjançant estratègies basades en dades i tecnologies avançades. Mitjançant l'anàlisi dels patrons de mobilitat i l'aprofitament dels conceptes de ciutat intel·ligent, el CENIT està ajudant Ankara a fer la transició cap a un entorn urbà més eficient, accessible i respectuós amb el medi ambient.

Simultàniament, el CIMNE ha estat fonamental a Fiji, realitzant un estudi sobre "Priorització de rutes per a la introducció gradual d'autobusos elèctrics". Aquest projecte, finançat pel Global

Green Growth Institute (GGGI), va identificar les rutes més adequades per a la implementació d'autobusos elèctrics. A través d'una meticulosa anàlisi multicriteri (MCA), els experts del CENIT van avaluar diversos factors, incloent-hi la viabilitat operativa, l'impacte ambiental i la viabilitat econòmica. L'estudi proporciona un full de ruta per a la transició de Fiji cap al transport públic elèctric, donant suport al compromís de la nació de reduir el consum de combustibles fòssils i assolir els seus objectius climàtics. El projecte també va explorar solucions innovadores, com ara l'adaptació dels autobusos existents per a rutes rurals, per abordar reptes únics dins del context de Fiji.

Aquests projectes formen part de la cartera i l'experiència del CENIT en el desenvolupament d'estratègies de planificació urbana sostenible. Els experts de la unitat combinen l'anàlisi de dades amb tecnologies innovadores i enfocaments col·laboratius per tal de capacitar les ciutats de tot el món per crear espais urbans més habitables, resilients i responsables amb el medi ambient.



Dos investigadors del CIMNE participen en un estudi per avaluar la salut òssia en dones amb remissió a llarg termini de la síndrome de Cushing

La Dra. Agustina Giuliodori i el Dr. Eduardo Soudah, del Clúster de Recerca en Mecànica Computacional en Enginyeria Mèdica i Matèria Viva del CIMNE, van ser coautors d'un nou estudi que proporciona informació valuosa sobre les propietats mecàniques relacionades amb els ossos en dones amb remissió a llarg termini de la síndrome de Cushing (SC). Publicada el 2024, la investigació va emprar models computacionals avançats per avaluar l'impacte persistent de l'hipercortisolisme en la resistència òssia i el risc de fractura.

Se sap que la síndrome de Cushing, un trastorn causat per l'exposició prolongada a nivells alts de cortisol, afecta significativament la salut òssia, augmentant el risc d'osteoporosi i fractures. Tot i que la remissió restaura moltes funcions fisiològiques, els seus efectes a llarg termini sobre les propietats mecàniques dels ossos segueixen estant poc explorats. L'estudi tenia com a objectiu superar aquesta bretxa de coneixement mitjançant la tomografia computada quantitativa (QCT) combinada amb l'anàlisi d'elements finits (FEA), una tècnica computacional que simula l'esforç i la deformació en estructures òssies.

La investigació va incloure 32 dones amb síndrome de Cushing en remissió a llarg termini, aparellades amb 32 controls sans d'edat, índex de massa corporal i estat menopàusic similars. L'equip va aplicar imatges QCT per analitzar la densitat mineral òssia volumètrica (vBMD), el gruix cortical i la relació de pandeig al coll femoral. Els models ossis reconstruïts en 3D es van sotmetre a simulacions FEA per avaluar les distribucions d'esforç i deformació en un escenari de caiguda estandarditzat.

Els descobriments clau indiquen que, malgrat la remissió, les dones amb antecedents

de síndrome de Cushing presenten propietats mecàniques òssies compromeses. Específicament, els seus colls femorals presenten valors més alts d'esforç i deformació, la qual cosa suggereix una major susceptibilitat a fractures en comparació amb els controls sans. A més, la vBMD trabecular va resultar significativament menor en el grup SC, mentre que l'estructura òssia cortical exhibia una major inestabilitat. Aquests descobriments posen de manifest que les mesures convencionals de densitat òssia, com l'absorciometria de raigs X de doble energia (DXA), poden subestimar el risc real de fractura en aquestes pacients.

L'estudi es va basar en tècniques avançades d'imatge i computació per avaluar la salut òssia més enllà de les avaluacions tradicionals, subratllant la importància d'aquestes tècniques. Els autors esperen que aquest estudi millori les eines de diagnosi i les intervencions dirigides a prevenir fractures en pacients amb SC, fins i tot anys després d'aconseguir la remissió.



La nova eina computacional millora la predicció de l'erosió per pluja a les pales dels aerogeneradors

El Dr. Sergio R. Idelsohn, del Clúster de Recerca en Simulació de Sòlids i Fluids per a Processos Industrials del CIMNE, i el Dr. Eugenio Oñate, del Clúster de Recerca en Mecànica Estructural i de Partícules, van presentar una nova eina computacional per a la predicció ràpida i precisa de l'erosió per pluja en les pales dels aerogeneradors. Publicada el 2024, aquesta recerca, coescrita amb el Dr. Juan M. Giménez, proporciona un gran avenç en la comprensió i mitigació dels efectes del desgast ambiental en les infraestructures d'energies renovables.

Les pales dels aerogeneradors són molt vulnerables a la degradació ambiental, especialment a l'erosió causada per la pluja, que n'afecta significativament l'eficiència i la durabilitat. Aquest problema és especialment crític per als parcs eòlics marins i les zones d'alta precipitació, on la contínua exposició a l'impacte de gotes condueix a la fatiga del material i al deteriorament de la superfície. Els mètodes tradicionals per avaluar l'erosió causada per la pluja es basen en simulacions intensives en temps o costoses configuracions experimentals, limitant la seva aplicació pràctica per al manteniment predictiu i l'optimització del disseny.

Per abordar aquest repte, l'estudi proposa una eina computacional que integra simulacions numèriques pseudodirectes (P-DNS) amb tècniques d'aprenentatge automàtic. Les P-DNS s'utilitzen per generar conjunts de dades d'alta fidelitat que capturen l'impacte de les gotes de pluja en les seccions de les pales de l'aerogenerador en diferents condicions operatives. Aquests conjunts de dades entrenen un model d'aprenentatge automàtic que prediu els patrons d'impacte i l'evolució dels danys basant-se en dades meteorològiques i

paràmetres d'operació dels aerogeneradors.

L'eficàcia de l'eina es va demostrar simulant el comportament d'erosió a llarg termini d'una pala d'aerogenerador de 5 MW. Mitjançant l'anàlisi de diferents escenaris ambientals —alta mar, costa i interior—, els investigadors van avaluar les variacions en les taxes de danys en funció de la ubicació, el material de recobriment i el gruix de la pala. El model va estimar amb èxit l'acumulació d'erosió durant anys d'operació en qüestió de minuts, oferint un avenç significatiu respecte a les tècniques de predicció convencionals.

Els descobriments clau revelen que l'erosió de les pales està molt influenciada per la composició del material i les condicions d'exposició. Els resultats van indicar que els recobriments amb major resistència a la fatiga allarguen significativament la vida útil de la pala, mentre que els recobriments més primis es deterioren ràpidament en condicions meteorològiques adverses. A més, es va veure que els aerogeneradors marins tenien un major risc d'erosió primerenca en comparació amb els d'entorns interiors a causa de pluges més intenses i velocitats del vent més altes. Aquest estudi utilitza el manteniment predictiu basat en dades del sector de l'energia eòlica.



El monitoratge per satèl·lit amplia la comprensió de la interacció sòl-estructura en projectes de túnels

Un estudi elaborat per la Dra. Alessandra Di Mariano i el Dr. Antonio Gens, ambdós del Clúster de Recerca en Geomecànica i Hidrogeologia del CIMNE, aporta nous coneixements sobre la resposta dels edificis a la construcció subterrània. El manuscrit, publicat el 2024, se centra a estudiar el cas de l'ampliació del metro de Barcelona, comparant els mètodes convencionals de monitoratge de desplaçaments amb tècniques avançades basades en satèl·lits.

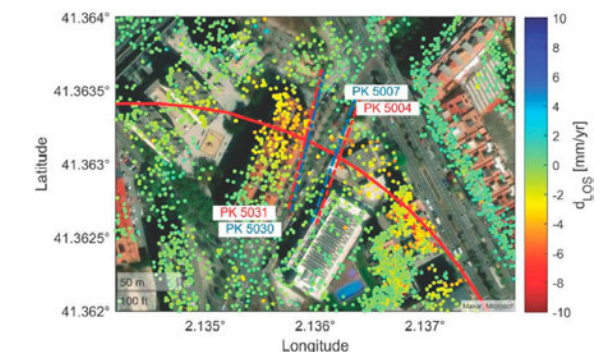
L'excavació de túnels en entorns urbans presenta reptes importants, especialment en zones amb condicions geològiques mixtes i infraestructures denses. La predicció de la interacció sòl-estructura (SSI) durant l'excavació del túnel continua sent una preocupació crítica per als enginyers, atès que influeix en l'estabilitat del sòl i la integritat dels edificis propers. Aquesta recerca va analitzar la construcció d'un túnel sota un complex residencial de Barcelona, avaluant com diferents tècniques de mesura capturen els moviments del sòl i estructurals.

L'estudi va comparar els mètodes tradicionals de prospecció òptica amb anàlisis multitemporals de radar d'obertura sintètica interferomètrica (MT-InSAR), derivades d'imatges de satèl·lit d'alta resolució. La tècnica MT-InSAR, que processa dades de satèl·lits de radar d'obertura sintètica (SAR), proporciona un conjunt de dades ampli i continu de desplaçaments de terres, complementant els mètodes de monitoratge terrestres.

Els descobriments clau van revelar que els resultats de MT-InSAR coincidien en gran manera

amb les dades de monitoratge convencionals, especialment per als patrons d'assentament al llarg de l'alineació del túnel i els desplaçaments dels edificis. No obstant això, es van observar discrepàncies menors, atribuïdes a errors de desenvolupament de fase en les dades del satèl·lit i a diferències en el posicionament dels punts en relació amb la línia central del túnel. Malgrat aquestes limitacions, MT-InSAR va demostrar ser una eina valuosa per millorar les estratègies de monitoratge, oferint un ampli conjunt de dades espacials i temporals que redueix la dependència d'estudis del terreny que requereixen molta mà d'obra.

Les tècniques basades en satèl·lits estan esdevenint habituals en l'enginyeria geotècnica. Aquestes eines permeten als enginyers millorar la precisió de les prediccions d'assentaments induïts per túnels, millorant la gestió de riscos i la seguretat dels projectes de túnels urbans. Els resultats d'aquest estudi internacional donen suport a l'adopció de MT-InSAR com a eina complementària en projectes d'infraestructures a gran escala, ajudant a salvaguardar els edificis existents i optimitzar els processos d'excavació.



Investigadors del CIMNE desenvolupen un model avançat per predir fallades en components impresos en 3D

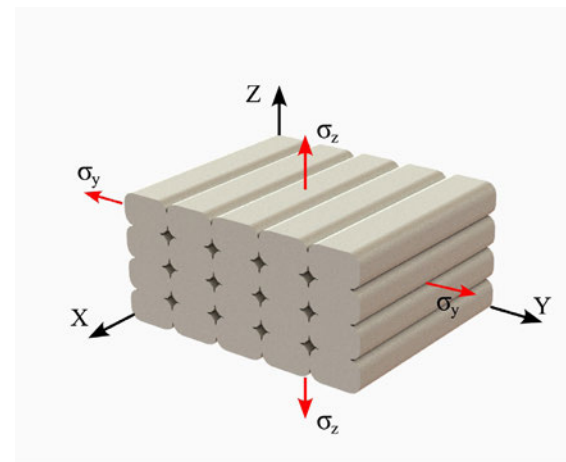
Investigadors del CIMNE han desenvolupat un nou model de danys en materials basat en mecanismes (MB) per predir la fallada de components produïts mitjançant fabricació amb filament fos (FFF), un avenç significatiu en la fabricació additiva. L'estudi, publicat a Composites Part B el 2024, aborda els reptes d'entendre el comportament mecànic i els mecanismes de fallada de les peces impreses en 3D, que s'utilitzen cada vegada més en indústries que van des de l'aeroespacial fins a la sanitat.

L'equip d'investigació, format pels doctors Iván Rivet, Narges Dialami, Miguel Cervera i Michele Chiumenti, es va centrar en les propietats ortotròpiques dels components FFF, materials que presenten diferents propietats mecàniques en direccions separades a causa de la seva estructura en capes. L'estudi introdueix un criteri de dany basat en mecanismes que distingeix entre diversos modes de fallada, com ara la ruptura del filament, la descohesió de la capa i la torsió de la fibra, que estan influenciats pels patrons d'impressió utilitzats durant el procés de fabricació.

Per tal de validar el seu model, l'equip va dur a terme proves experimentals, incloses proves de flexió de tres punts i de manetes de porta, en mostres impreses en 3D fetes de materials ABS i PLA. Els resultats van mostrar que el criteri MB no només va predir amb precisió les ubicacions de fallada, sinó que també coincidia més amb les corbes experimentals de força-desplaçament que el criteri TW. Això és especialment important per a les indústries on la fiabilitat de les peces impreses en 3D és fonamental.

L'estudi també va introduir un model de fissura basat en mecanismes que només requereix dos paràmetres per predir la fallada fràgil o dúctil dels components FFF. Aquest model es va calibrar amb èxit utilitzant dades experimentals, millorant encara més el seu potencial per a aplicacions pràctiques.

Els resultats d'aquesta investigació tenen implicacions importants per a la indústria de la fabricació additiva i ofereixen una eina més precisa per predir la fallada dels components impresos en 3D en condicions de càrrega complexes. Això podria conduir a una millora dels processos de disseny i fabricació i a millorar, en última instància, la fiabilitat i el rendiment de les peces impreses en 3D en aplicacions al món real.



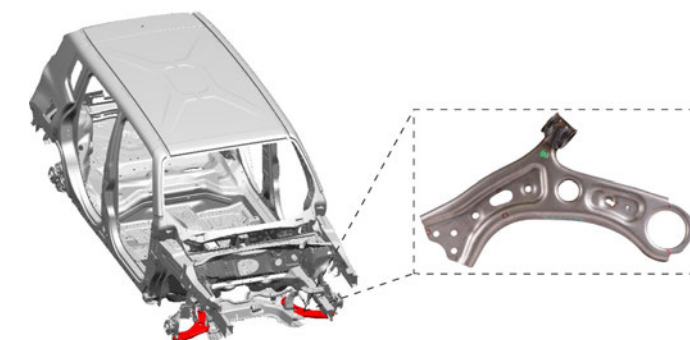
El marc numèric avançat millora les proves de fatiga virtual per a components d'automoció

Investigadors del CIMNE han desenvolupat un marc numèric d'avantguarda per a proves de fatiga virtual d'estructures metàl·liques, específicament dirigit a components d'automoció. L'estudi, publicat a *Engineering Structures* el 2024 com a part del projecte *Fatigue4light*, se centra en l'avaluació de la fatiga del braç de control inferior (LCA) d'un vehicle lleuger, un component crític del sistema de suspensió del vehicle. La investigació la van dur a terme L. A. Gonçalves Júnior, S. Jiménez, A. Cornejo i L.G. Barbu, tots ells afiliats al Clúster de Recerca en Enginyeria Aeronàutica, Marina, d'Automoció i Energètica del CIMNE.

El marc aprofita un model constitutiu de fatiga d'alt cicle (HCF) basat en danys isotròpics, combinat amb un algorisme avançat d'estratègia de temps per millorar l'eficiència computacional. Aquest enfocament permet realitzar simulacions d'alta fidelitat que prediuen amb precisió l'aparició i la propagació de fissures per fatiga en components metàl·lics, reduint significativament la necessitat de proves físiques extenses. El model es va validar mitjançant dues proves de durabilitat del LCA, demostrant la seva capacitat de replicar resultats experimentals amb alta precisió.

L'estudi introdueix una nova metodologia per calibrar els paràmetres del material, convertint les dades d'esforç mitjà de les corbes S-N en informació localitzada del punt del material. Això garanteix la coherència amb les mesures d'esforç del model, que es calculen a escala de punt de material. El marc es va aplicar per simular tant les càrregues operatives generals com les concentracions específiques d'esforç prop de les juntes de soldadura, i va predir amb precisió les ubicacions de les fissures i les morfologies observades en les proves experimentals.

Els resultats destaquen el potencial del marc per donar suport als processos de presa de decisions en l'enginyeria proporcionant eines fiables de proves de fatiga virtual. Aquest avenç és especialment valuós per a la indústria de l'automòbil, on el disseny lleuger i la durabilitat són fonamentals per complir les regulacions ambientals i millorar l'eficiència dels vehicles.



Una nova metodologia manté l'anàlisi de seguretat sísmica per a estructures nuclears

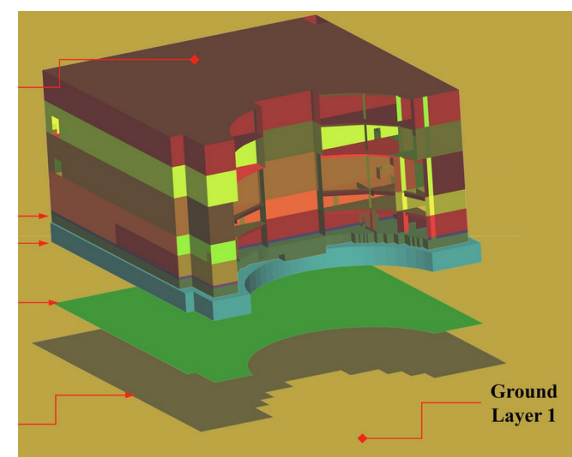
Investigadors del CIMNE han desenvolupat una metodologia avançada d'interacció sòl-estructura (SSI) no lineal per a l'anàlisi sísmica d'estructures nuclears. L'estudi, publicat al *Bulletin of Earthquake Engineering* el 2024, se centra en la resposta dinàmica d'una estructura de formigó armat nuclear sotmesa a terratrèmols més enllà de la base del disseny (BDBE). La recerca la van dur a terme J. M. González, A. H. Barbat, F. Rastellini, J. Ramírez i C. Escudero, tots ells afiliats al Clúster de Recerca en Mecànica Estructural i de Partícules del CIMNE, juntament amb Y. F. Vargas-Alzate i L. G. Pujades.

La metodologia proposada integra un model d'elements finits (FEM) 3D detallat, tant de l'estructura nuclear com del sòl subjacent, tenint en compte els efectes no lineals del lliscament i l'oscil·lació a la interfície sòl-estructura. L'estudi destaca la importància de modelar amb precisió aquestes interaccions, especialment per a les estructures nuclears relacionades amb la seguretat, on el comportament sísmic és crític. La investigació també introdueix un enfocament innovador per a l'ajust espectral, garantint que els moviments sísmics del sòl aplicats en l'àmbit del llit rocós produeixin respostes superficials precises en el model FEM.

El model numèric es va validar mitjançant una sèrie de simulacions, comparant tres hipòtesis diferents de contacte sòl-estructura: base fixa, contacte fix i contacte lliscant-oscil·lant. Els resultats demostren que la hipòtesi del contacte

lliscant-oscil·lant redueix significativament les acceleracions espectrals màximes (PSA) en l'àmbit de fonamentació i coberta, la qual cosa posa en relleu la importància de considerar les no-linealitats en l'anàlisi de SSI. L'estudi també incorpora un enfocament estadístic per tenir en compte les incerteses de les propietats del sòl, proporcionant una avaluació més sòlida de la resposta estructural sota càrrega sísmica.

Els resultats tenen implicacions importants per al disseny i l'avaluació de la seguretat de les estructures nuclears, especialment en regions propenses a forts terratrèmols. En capturar amb precisió els efectes de la interacció sòl-estructura, la metodologia proposada pot ajudar els enginyers a predir millor el comportament sísmic de les instal·lacions nuclears, millorant en última instància la seva seguretat i fiabilitat.



Investigadors del CIMNE publiquen una revisió crítica sobre l'XR i la seguretat en la construcció

Els investigadors Dr. Felipe Muñoz-La Rivera, Dr. Javier Mora-Serrano i Prof. Eugenio Oñate del Clúster de Recerca en Mecànica Estructural i de Partícules del CIMNE han publicat un nou article titulat *A Critical Review of How Extended Reality (XR) has Addressed Key Factors Influencing Safety on Construction Projects (fSCPs)* a la revista *Archives of Computational Methods in Engineering*.

Aquesta exhaustiva revisió examina el paper de les tecnologies de Realitat Estesa (RX) —que inclouen Realitat Virtual (RV), Realitat Augmentada (RA) i Realitat Mixta (RM)— en la millora dels resultats de seguretat a les obres de construcció.

L'estudi destaca com s'han utilitzat les eines d'XR per abordar els reptes crítics de seguretat en la construcció, com ara la identificació de perills, la formació dels treballadors i la gestió

de riscos en temps real. Sintetitzant els resultats de diverses aplicacions, els autors proporcionen una avaluació detallada de l'eficàcia de l'XR per mitigar riscos i millorar els protocols de seguretat. L'article també identifica llacunes en la investigació actual i ofereix recomanacions per a futurs desenvolupaments en tecnologia XR per tal d'integrar-la millor en les pràctiques de seguretat.

El Clúster de Recerca en Mecànica Estructural i de Partícules, on es troben els autors, està especialitzat en el desenvolupament de mètodes numèrics innovadors com el Mètode dels Elements Finitos (FEM) i les tècniques basades en partícules. Aquests mètodes s'apliquen en tots els sectors, inclosa l'enginyeria civil, per abordar problemes complexos com ara les interaccions multifísiques i la seguretat estructural.



(a)



(b)



(c)



(d)

Millora de les simulacions de semiconductors: Nous coneixements sobre formulacions i solucionadors

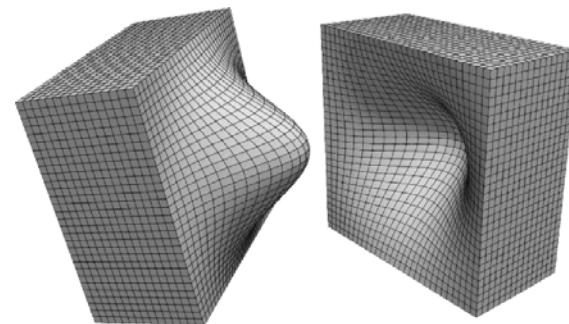
Un article titulat *A comparison of formulations and non-linear solvers for computational modeling of semiconductor devices* es va publicar a la revista *Computational Mechanics*, amb contribucions de la investigadora del CIMNE, Dra. Irene Arias. L'estudi, que va estar disponible en línia a principis de 2024, presenta una anàlisi exhaustiva de diverses formulacions i solucionadors no lineals utilitzats en la modelització de dispositius semiconductors.

L'equip de recerca, liderat pel Sr. Sergi Pérez-Escudero i format pel Sr. David Codony i les Sres. Irene Arias i Sonia Fernández-Méndez, es va centrar a comparar diferents enfocaments per resoldre les equacions complexes que regeixen el comportament dels semiconductors. El seu treball és especialment significatiu en el camp de la mecànica computacional, atès que té com a objectiu millorar l'eficiència i la precisió de les simulacions utilitzades en el disseny i l'optimització dels dispositius electrònics.

Per validar els seus mètodes, els autors van dur a terme experiments numèrics amb components semiconductors com ara unions p-n i dispositius MOSFET, que són fonamentals en l'electrònica moderna. Aquestes proves van demostrar com les tècniques proposades podrien millorar la precisió i l'eficiència de les simulacions de semiconductors, oferint beneficis potencials per al disseny i l'optimització dels dispositius.

La Dra. Irene Arias, afiliada al Clúster de Recerca en Mecànica de Materials i Metamaterials Avançats del CIMNE, va aportar la seva experiència en mètodes computacionals al projecte. S'espera que els resultats de l'estudi tinguin implicacions de gran abast per a la indústria dels semiconductors, podent conduir a processos de disseny més eficients i a un millor rendiment dels dispositius.

Els resultats de l'estudi ofereixen informació valuosa sobre l'eficàcia de diverses formulacions i solucionadors no lineals per a la modelització de dispositius semiconductors. Comparant diferents enfocaments, l'equip d'investigació va proporcionar una anàlisi exhaustiva que podria optimitzar el procés de simulació de dispositius semiconductors.



Publicacions

El 2024, els clústers de recerca i les unitats d'innovació del CIMNE van produir **202 publicacions** en àrees que van des de la seguretat eòlica marina fins a la prevenció de l'ozó

troposfèric. Més del **75%** van aparèixer en **revistes del 1T** i **més del 60%** van estar disponibles en **accés obert**.

Publicacions seleccionades

Empirical Interscale Finite Element Method (EIFEM) for modeling heterogeneous structures via localized hyperreduction

Hernandez J.A., Giuliadori A., Soudah E.
DOI: 10.1016/j.cma.2023.116492

A shifted boundary method based on extension operators

Zorrilla R., Rossi R., Scovazzi G., Canuto C., Rodriguez-Ferran A.
DOI: 10.1016/j.cma.2024.116782

Dynamic and modal analysis of nearly incompressible structures with stabilised displacement-volumetric strain formulations

Zorrilla R., Rossi R., Codina R.
DOI: 10.1016/j.cma.2024.117382

Finite-data nonparametric frequency response evaluation without leakage

Markovsky I., Ossareh H.
DOI: 10.1016/j.automatica.2023.111351

Sound transmission loss enhancement through triple-peak coupled resonances acoustic metamaterials

Sal-Anglada G., Yago D., Cante J., Oliver J., Roca D.
DOI: 10.1016/j.ijmecsci.2023.108951

Formulation and Implicit Numerical Integration of a Kinematic Hardening Model for Unsaturated Soils

Monforte L., Rouainia M.
DOI: 10.1002/nag.3878

Topology optimization of flexoelectric metamaterials with apparent piezoelectricity

Greco F., Codony D., Mohammadi H., Fernandez-Mendez S., Arias I.
DOI: 10.1016/j.jmps.2023.105477

An unfitted high-order HDG method for two-fluid Stokes flow with exact NURBS geometries

Piccardo S., Giacomini M., Huerta A.
DOI: 10.1016/j.jcp.2024.113143

Active interfacial degradation/deposition of an elastic matrix by a fluid inclusion: Theory and pattern formation

Cicconofri G., Blanco P., Vilanova G., Saez P., Arroyo M.
DOI: 10.1016/j.jmps.2024.105773

Modelling a gas injection experiment incorporating embedded fractures and heterogeneous material properties

Rodriguez-Dono A., Zhou Y., Olivella S., Gens A.
DOI: 10.1016/j.gete.2024.100552

A Review of Technologies and Challenges for Integrated Modeling Analysis

Sigler L., Ubach P.-A., Mora J., Onate E.
DOI: 10.1007/s11831-024-10187-3

Definition of a beam-like reduced order model element by means of a mixed dimensional coupling

Turon F., Otero F., Ferrer A., Martinez X.
DOI: 10.1016/j.compstruc.2024.107466

CECM: A continuous empirical cubature method with application to the dimensional hyperreduction of parameterized finite element models

Hernandez J.A., Bravo J.R., Ares de Parga S.
DOI: 10.1016/j.cma.2023.116552

Adjoint-based optimal control of contractile elastic bodies. Application to limbless locomotion on frictional substrates

Bijalwan A., Munoz J.J.
DOI: 10.1016/j.cma.2023.116697

Tesis doctorals

Dinou estudiants de doctorat van defensar amb èxit la seva tesi al CIMNE el 2024. Vam donar la benvinguda a nous doctors en tots els àmbits, amb temes de recerca que van des de

l'estudi del flux de fluids en geomaterials fins a la planificació del transport per a vehicles autònoms.

Tesis defensades el 2024

Constitutive models for unsaturated soils. A thermodynamic approach

Alcoverro, Jordi
Director: Gens, A.

A micromechanical investigation of pile set-up effect in sands

Lei, Jiangtao
Director: Arroyo, M.

Multi-scale hydro-mechanical and gas transport characterisation of granular bentonite

Zeng, Hao
Director: Gonzalez, L.

Multiphase fluid flow in heterogeneous / anisotropic deformable geomaterials

Zhou, Yunfeng
Director: Olivella, S.

Numerical modelling of non-Newtonian shallow flows

Sanz-Ramos, Marcos
Director: Blade, E.

Evaluation of potential hazard due to off-stream reservoir failure using Machine Learning techniques

Silva-Cancino, Nathalia
Directors: Blade, E., Salazar, F.

Development of a unified fatigue constitutive model: from high to low cycle regime

Jimenez, Sergio
Director: Oñate, E.

Numerical approximation of thin structures using stabilized mixed formulations for Infinitesimal and Finite Strain theories, including Fluid-Structure Interaction problem applications

Aguirre, Alejandro
Director: Codina, R.

Aerodynamic shape optimization under uncertainties using embedded methods and adjoint technique

Núñez, Marc
Director: Rossi, R.

Numerical optimisation of worm locomotion on frictional substrates

Bijalwan, Ashutosh
Director: Muñoz, J.

Continuous-discrete numerical modeling of the thermomechanical behavior of granular media supported by experimental campaign

Rangel, Rafael López
Director: Franci, A.

Computational analysis and design of metamaterial-based panels for high-performance acoustic applications

Sal Anglada, Gaston
Director: Oliver, X.

A novel computational homogenization theory for multilayered plates: the multiscale 2D+ approach

Wierna, Pablo
Director: Oliver, X.

Low-order face-based approaches for incompressible computational fluid dynamics

Malikoski Vieira, Luan
Directors: Huerta, A.; Giacomini, M.; Sevilla, R.

A face-centred finite volume solver for viscous laminar incompressible flows using OpenFOAM

Cortellessa, Davide
Directors: Huerta, A.; Giacomini, M.

Development of multiscale reduced-order models for the analysis of medical devices

Giuliodori, Agustina
Director: Soudah, E.

Aerodynamic shape optimization under uncertainties using embedded methods and adjoint techniques

Núñez, Marc
Director: Rossi, R.

Transport Planning Strategies in the Context of Autonomous Vehicles

Sarwar, Samra
Director: Saurí, S.

The Impacts of Main Trends on the Port Sector. Evolution towards a New Generation of Green and Digital Ports

Garrido, Francisco Javier
Director: Saurí, S.



Laboratoris CIMNE

La **Xarxa de Laboratoris CIMNE** (Xarxa d'Aules CIMNE) és una matriu de laboratoris de recerca internacionals d'avantguarda associats amb el CIMNE, que aprofita la cooperació en educació i recerca i desenvolupament tecnològic (RTD) en el camp dels mètodes numèrics a l'enginyeria. Cada laboratori es crea a través d'un

acord de col·laboració entre el CIMNE i una institució d'acollida, i és gestionat localment per prestigiosos professors en camps que van des de la ciència dels materials fins a la mecànica estructural. En l'actualitat hi ha 32 laboratoris CIMNE a 10 països.

5 Argentina	5 Espanya	5 Mèxic	5 Colòmbia	4 Brasil
3 Xile	1 Perú	2 Cuba	1 El Salvador	1 Guatemala

La Xarxa Internacional de Laboratoris CIMNE

La Xarxa Internacional de Laboratoris CIMNE és una organització no governamental sense ànim de lucre que reuneix els laboratoris CIMNE d'arreu del món. La xarxa fomenta la formació contínua, la col·laboració interdisciplinària i els programes d'intercanvi per a investigadors i estudiants. També dona suport al desenvolupament d'àrees de coneixement emergents, potenciant l'experiència global i posicionant-se com a referent en mètodes numèrics per a l'enginyeria.



Mirant cap al futur

Tot i que actualment l'activitat dels **Laboratoris CIMNE** està dividida entre Espanya i Amèrica Llatina, el centre aposta per replicar aquesta fórmula de col·laboració a tot Europa, ampliant les oportunitats d'innovació amb les millors institucions de recerca de tot el continent. Aquesta estratègia, esmentada en el Pla Es-

tratègic del CIMNE, reforçarà els esforços d'innovació i formació amb institucions amb les quals el CIMNE ja té estrets vincles, com la Universitat de Swansea (Gal·les), la Universitat de Pavia (Itàlia), la TU Braunschweig (Alemanya) o la Universitat Tècnica d'Atenes (Grècia).

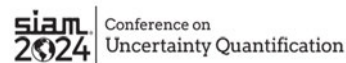


Oficina de Congressos del CIMNE

L'Oficina de Congressos del CIMNE és una entitat reconeguda a escala mundial especialitzada en la gestió de conferències, esdeveniments i associacions altament especialitzats. Amb dècades d'experiència, ofereix solucions a mida per a necessitats tècniques i administratives, garantint una execució perfecta dels

esdeveniments. Amb la confiança de les principals organitzacions mundials en mètodes numèrics i enginyeria computacional, combina un servei personalitzat amb eines innovadores per tal d'oferir resultats provats a un cost raonable.

Principals conferències del 2024



SIAM Conference on Uncertainty Quantification (UQ24)

27 de febrer – 1 de març | Trieste (Itàlia)



9th European Congress on Computational Methods in Applied Sciences and Engineering

3-7 juny | Lisboa (Portugal)



XIII Jornadas Españolas de Presas

17-20 de juny | Barcelona (Espanya)



7th International Conference on Geotechnical and Geophysical Site Characterization

18-21 de juny | Barcelona (Espanya)

El 2024 en xifres

9

conferències

4,986

assistents

4,118

contribucions

Alguns dels nostres clients

L'Oficina de Congressos del CIMNE col·labora des de fa temps amb algunes de les institucions més importants del món en el camp

dels mètodes numèrics i l'enginyeria computacional, entre elles:



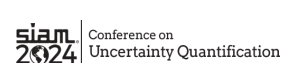
The European Community on Computational Methods in Applied Sciences



The International Association for Computational Mechanics



Spanish Society of Computational Mechanics and Engineering



Society for Industrial and Applied Mathematics

Gestió d'associacions científiques

Foment de l'excel·lència en enginyeria global

L'Oficina de Congressos del CIMNE s'ha consolidat com a líder mundial en la gestió d'associacions científiques en els camps dels mètodes numèrics i l'enginyeria computacional. Amb dècades d'experiència i un profund coneixement del panorama acadèmic, el CIMNE ha desenvolupat una experiència inigualable en l'organització de conferències científiques d'alt nivell, la gestió de xarxes internacionals complexes i la facilitació de l'intercanvi de coneixement entre investigadors de tot el món. En

l'actualitat, el CIMNE ocupa la secretaria permanent de diverses societats científiques de prestigi, un testimoni de la seva capacitat de proporcionar suport administratiu integral, orientació estratègica i solucions innovadores per a la comunitat científica i d'enginyeria mundial. Aquesta posició única permet al CIMNE fomentar la col·laboració, impulsar el progrés científic i mantenir el seu estatus com a actor clau en l'avenç de l'enginyeria computacional i les disciplines relacionades.

Associacions científiques gestionades pel CIMNE

International Association for Computational Mechanics (IACM)

L'IACM és una organització global que promou la mecànica computacional, fomentant la col·laboració i la innovació. Fortament vinculada al CIMNE des dels seus inicis el 1981, el CIMNE va ocupar la secretaria permanent de l'IACM del 1994 al 2016, reflectint el seu compromís compartit amb el creixement i l'excel·lència d'aquest camp.



European Community on Computational Methods in Applied Sciences (ECCOMAS)

ECCOMAS és una organització científica líder en mètodes numèrics fundada el 1993. Agrupa diferents associacions europees amb interessos en el desenvolupament i les aplicacions de mètodes computacionals en la ciència i la tecnologia, i fomenta esdeveniments líders mundials en aquest camp. El CIMNE ha dirigit la secretaria d'ECCOMAS des de la seva fundació.



Societat Espanyola de Mètodes Numèrics a l'Enginyeria (SEMNI)

El SEMNI va néixer el 1989 amb l'objectiu de reunir investigadors, professionals, empreses i institucions interessades en el desenvolupament i les aplicacions pràctiques dels mètodes numèrics. La societat organitza conferències i esdeveniments periòdics i promou premis que reconeixen el talent jove. El CIMNE ha dirigit la secretaria del SEMNI des dels seus inicis.



International Association of CIMNE Labs (AIAC)

El CIMNE gestiona la secretaria de l'AIAC, promovent espais d'intercanvi científic i reunint investigadors de primer nivell de més de 10 països i més de 30 institucions. La secretaria garanteix que l'AIAC pugui complir els seus objectius de recerca, educació, innovació i difusió. Xarxa Aules





Premis

Els 11 premis rebuts pels experts i els projectes del CIMNE amb la participació del centre el 2024 testimonien el talent científic de la nostra comunitat i el compromís del CIMNE per innovar en benefici de la societat.

Premis a les persones



Oñate, Eugenio

Premi Nacional
d'Investigació (Enginyeria i
Arquitectura)
Ministeri de Ciència
d'Espanya



Bonet, Javier

Gran Premi
Societat Japonesa
d'Enginyeria i Ciència
Computacional



Carreño, Martha Liliana

Premi a article transcendental
Societat Internacional per a la
Gestió Integrada del Risc de
Desastres, 2024



Martí, Jaime

Millor Presentació Oral
Conferència Mundial de
la IWA sobre Digestió
Anaeròbica



Asensio, Jaume

Millor tesi final en
modalitat CampusLab
UPC Sostenible



Gens, Antonio

Premi a científic estranger
Institució d'Enginyers Civils, Regne
Unit
Membre honorari
Societat Mexicana d'Enginyeria
Geotècnica



Otero, Fermín

Martínez, Xavier
Premi a la Qualitat Docent
Consell Social de la UPC



Markovsky, Ivan

Premi a article destacat
Revista Sistemes de
Control

Premis a projectes



Fibre4Yards

Premi JEC a la Innovació 2025
JEC Compòsits





Aspectes destacats de la comunicació el 2024

7

Xerrades de cafè

Esdeveniments informals per discutir la investigació en curs i exploratòria, les millors pràctiques i les revisions de l'estat de la tècnica relacionades amb les disciplines del CIMNE.

13

Seminaris

Presentacions sobre recerca innovadora i reptes científics d'alt impacte, especialment per part de col·laboradors externs.



Pràcticament totes les xerrades de cafè i seminaris estan disponibles en línia en obert

365+

Publicacions a les xarxes socials

A través de diferents plataformes, destacant les activitats, la recerca i l'impacte de CIMNE en la societat.

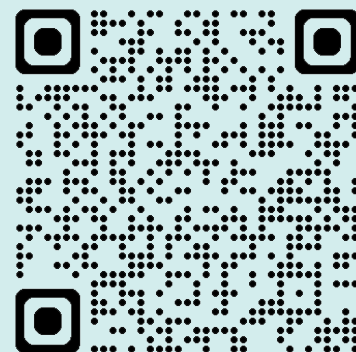


Nou perfil a BlueSky

El CIMNE va crear un compte Bluesky el 2024 per alinear-se amb les tendències de la indústria i interactuar amb públics diversos i emergents.

Divulgació

La divulgació de la ciència, la innovació i la transferència de tecnologia és el nucli del CIMNE. Aquests esforços no només atrauen el públic existent, sigui especialitzat o genèric, sinó que serveixen com a catalitzador per arribar a nous grups de talent jove i col·laboradors potencials, així com als líders de la indústria i de la comunitat, i als electors. El CIMNE creu en la comunicació com a garantia de transparència, una manera de destacar l'impacte social de la seva recerca i una via de diàleg obert i de confiança amb la societat.



Sistema d'Alertes del CIMNE

El 2024, el CIMNE va crear un "Sistema d'Alerta" per fomentar la transparència i la rendició de comptes. Oberta a tothom, aquesta plataforma permet compartir suggeriments, informar de problemes o expressar preocupacions de manera anònima o amb la seva identitat. El servei és accessible les 24 hores del dia, els 7 dies de la setmana a través de qualsevol dispositiu amb connexió a Internet, i admet anglès, català i castellà. El nou sistema d'alerta subratlla el compromís del CIMNE de fomentar un entorn segur i ètic proporcionant una manera senzilla de comunicar i abordar qualsevol mala conducta o irregularitat de manera eficaç.

El servei està disponible a:
<https://cimne.com/alert-system/>



**Centre Internacional
de Mètodes Numèrics a
l'Enginyeria**

www.cimne.com

Edifici C1, Campus Nord UPC
Gran Capità, s/n
08034 Barcelona (Espanya)
Tel.: +34 93 401 74 95
e-mail: cimne@cimne.upc.edu

Un consorci de:



**Generalitat
de Catalunya**



**UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH**

En cooperació amb:



unesco
Chair

Acreditat per:

