

# Centre Internacional de Mètodes Numèrics en Enginyeria

## 1. Objectius i àmbits d'actuació

### 1.1 Introducció

El Centre Internacional de Mètodes Numèrics en Enginyeria (CIMNE) va ser creat el mes de març de 1987 per Decret de la Generalitat de Catalunya, DOGC núm. 841, del 20.5.1987, sota els auspicis de la UNESCO. El CIMNE té personalitat jurídica pròpia com a consorci entre la Generalitat de Catalunya i la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC). La seu central de CIMNE és al Campus Nord de la UPC. El CIMNE és un centre autònom de recerca i desenvolupament que compta actualment amb uns 150 científics de 25 països de tot el món.

Els objectius del CIMNE, un dels primers organismes autònoms de recerca i desenvolupament creats pel Govern de Catalunya, són concrets: impulsar els avenços en el desenvolupament i les aplicacions dels mètodes de càlcul per ordinador per millorar els processos de disseny i de producció en enginyeria, entesa en un ampli sentit, i sempre dins d'un context d'actuació a escala internacional.

El CIMNE participa activament en projectes d'R+D+i en diferents camps d'enginyeria, en col·laboració amb altres universitats, centres de recerca i empreses de tot el món. També organitza cursos, seminaris, i congressos en l'àmbit dels mètodes numèrics i les seves aplicacions en enginyeria, i publica llibres, monografies, treballs de recerca i programari relacionat amb diferents àrees d'enginyeria computacional. A més, el CIMNE és la seu de diversos organismes nacionals i internacionals en l'àmbit dels mètodes numèrics.

El CIMNE compta amb un total de 27 línies de recerca, d'entre les quals en destaquen quatre:

#### **a) Anàlisi d'estructures**

Es tracta del desenvolupament de mètodes de càlcul i programes d'ordinador per a l'anàlisi i el disseny d'estructures pel mètode dels elements finits.

#### **b) Mecànica de fluids**

Investiga entorn del desenvolupament de mètodes numèrics per a l'anàlisi de problemes de fluids compressibles i incompressibles.

#### **c) Processos de fabricació**

Tracta del desenvolupament i aplicacions de mètodes numèrics per a la simulació de processos d'estampació de xapa, fossa, forja, compactació i laminació.

#### **d) Ensenyament assistit per ordinador**

Per últim, el CIMNE destaca pels seus importants desenvolupaments de tècniques d'ensenyament assistit per ordinador per a la formació bàsica i avançada a l'enginyeria utilitzant programes educatius i Internet.

Les activitats d'R+D de CIMNE es realitzen habitualment en cooperació amb altres organitzacions, universitats i centres de recerca d'Europa. El treball d'R+D és finançat per mitjà de les ofertes dels programes de la CE i el Plan nacional de investigació d'Espanya, o directament pels fons proporcionats per la indústria. El CIMNE ha participat des de 1987 en uns 160 projectes finançats per la CE, d'un total d'uns 500 projectes d'R+D. El CIMNE té actualment 70 projectes d'R+D en curs.

## 2. Activitats

### 2.1 Formació

El CIMNE organitza regularment cursos, seminaris i jornades en temes avançats relacionats amb el desenvolupament dels mètodes numèrics en enginyeria. Normalment s'organitzen anualment 5 cursos curts, 15-20 seminaris i 4-5 jornades en diverses àrees de la mecànica estructural i de la dinàmica de fluids. El CIMNE és el

Secretariat Tècnic des del 1989 del curs de màster sobre Mètodes Numèrics en Enginyeria. El títol de màster és concedit per la UPC.

Durant l'any 2004 s'han impartit els cursos següents:

— Curs de màster “Métodos numéricos para cálculo y diseño en ingeniería”: 1 versió presencial i 2 versions a distància. XV edició, Barcelona, 12 de gener de 2004 i juny de 2004. Nombre d'assistents: 30. Ingressos generats: 90.000 €.

— “Cálculo de estructuras por el método de elementos finitos a distancia por Internet.” Inici de classes: 25 de març i 26 d'octubre de 2004. Nombre d'assistents: 79. Ingressos generats: 15.400 €.

— “Gestión integral de riesgos y desastres a distancia por Internet.” Inici de classes: 11 de maig de 2004 i 14 de setembre de 2004. Nombre d'assistents: 40. Ingressos generats: 22.700 €.

— “Introducción al análisis matricial de estructuras a distancia por Internet.” Inici de classes: 20 d'abril de 2004 i 26 d'octubre de 2004. Nombre d'assistents: 20. Ingressos generats: 4.800 €.

— “Cálculo y diseño de instalación solares térmicas.” Inici de classes: 23 de març de 2004 i 26 d'octubre de 2004. Nombre d'assistents: 26. Ingressos generats: 7.900 €.

CIMNE també ha col·laborat en els cursos:

— “La Siniestralidad en las obras y su cobertura por las compañías de seguros”. Inici de classes: 03/11/2004 - 30/11/2004. Nombre d'assistents: 36. Ingressos generats: 21.450 €.

- “Curso sobre modernización de regadíos “. Inici de classes: 20/10/2004 - 20/12/2004. Nombre d'assistents: 55. Ingressos generats: 31.200 €.

Pel que fa als seminaris, durant el 2004 el CIMNE ha organitzat els que es detallen a continuació:

— Seminari Enginyeria Costanera  
Robert Nicholls, Middlesex University, UK  
22 de març de 2004

— Hormigones autocompactables  
Claudia de la Cruz, Laboratorio de Tecnología de Estructuras, Colorado, USA  
13 de febrer de 2004

— Coupling of the Navier Stokes Equation with Protein Molecular Dynamics and Its Applications to Thrombus Deposition in Human Cardiovascular System  
Wing Kam Liu  
Mechanical Engineering at Northwestern University  
31 de març de 2004

— Computational Design and Manufacturing with Multiscale Materials  
Wing Kam Liu  
Professor of Mechanical Engineering at Northwestern University  
1 d'abril de 2004

— Advances in Multiobjective and Multidisciplinary Design Optimisation in Aeronautics using Robust Evolutionary Techniques  
Luis Felipe González  
University of Sidney, Australia  
27 d'abril de 2004

— Advances in the modeling of turbulence using the multiscale subgrid method  
 T.J.R. Hughes  
 Institute for Computational Engineering and Sciences (ICES), University of Texas at Austin, USA  
 13 de juliol de 2004

— Concept and possibilities of computational geometry  
 T.J.R. Hughes  
 Institute for Computational Engineering and Sciences (ICES), University of Texas at Austin, USA  
 14 de juliol de 2004

— Round Table on “New directions in computational mechanics”  
 J. Bonet, T. Hughes, R. Lohner, J. Peraire and C. Taylor  
 Moderadors: *E. Oñate and A. Huerta*  
 14 de juliol de 2004

— Computational modelling and simulation of vascular surgery problems. Possibilities and perspectives  
 C. Taylor, Stanford University, Mechanical Engineering, Surgery and Pediatrics Dtp., Stanford, California, USA  
 15 de juliol de 2004

— Advances in embedded Grid methods for large scale problems in computational fluid and solid mechanics  
 R. Löhner  
 The George Mason University  
 Institute for Computational Sciences and Informatics, USA  
 5 de juliol de 2004

— Goal Oriented Adaptivity. Una Introducció  
 Juan José Ródenas García  
 Dept. de Ingeniería Mecánica y Materiales  
 Universidad Politécnica de Valencia  
 28 de setembre de 2004

— Prediction of Flutter and Forced response by a fully-coupled fluid/structure dynamics method  
 Feng Liu, University of California, USA  
 14 d'octubre de 2004

## **2.2 Organització de congressos**

El CIMNE s'ha especialitzat en l'organització de conferències internacionals en temes avançats de l'enginyeria computacional. Des de 1987 se n'han organitzat 56. Durant el 2004, el CIMNE va organitzar els congressos següents:

— 2nd Conference on Advances and Applications of GiD. 18, 19 i 20 de febrer de 2004, Barcelona. Nombre d'assistents: 30. Ingressos generats: 4.800 €.

— Engineering Education and Sustainable Development. 27-29 d'octubre de 2004, Barcelona. Nombre d'assistents: 200. Ingressos generats: 31.500 €.

- Conference on use of the Recycled Materials in Building and Structures-RILEM2004. 9, 10 i 11 de novembre de 2004, Barcelona. Nombre d'assistents: 130. Ingressos generats: 67.500 €
- 4th International Conference on Arch Bridges, 17-19 de novembre de 2004, Barcelona. Nombre d'assistents: 100. Ingressos generats: 36.600 €

### 2.3 Publicacions

El CIMNE té una política activa per a la publicació i la difusió de resultats derivats de les activitats de recerca. A part de la publicació d'articles en revistes científiques estàndards i en actes de congressos, el CIMNE té el seu propi departament de publicacions. Des de 1987, aquest departament ha publicat 74 llibres, 120 monografies, 242 informes de recerca i 419 informes tècnics. Es pot accedir i comprar les publicacions del CIMNE en la botiga virtual del centre, que es troba al web [www.cimne.com](http://www.cimne.com).

Durant l'any 2004 s'han publicat els articles següents:

- Perazzo F., Miquel J. i Oñate E.  
“El método de puntos finitos para problemas de la dinámica de sólidos”  
Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería.  
Vol. 20, 3, 235 - 246, 2004.
- Agüero A., J. R. Atienza i Oñate E.  
“Método aproximado para estimar el estado límite último en entramados metálicos esbeltos”.  
Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería.  
Vol. 20, 3, 277 - 295, 2004.
- Agüero A. i Oñate E.  
“Estudio de la inestabilidad inicial de paneles con elementos BST”.  
Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería.  
Vol. 20, 4, 2004.
- Oñate E.  
Possibilities of finite calculus in computational mechanics.  
Int. Journal for Numerical Methods in Engineering.  
Vol. 60, pp. 255-281, 2004.
- Hurtado J., Zárate F. and Oñate E.  
Reliability estimation of the sheet stamping process using support vector machines.  
International Journal of Vehicle Design.  
Accepted for publication, March 2004.
- García Espinosa J., Oñate E., Helmers J.B. y Chakkor M.R.  
Análisis CFD del movimiento de balance de un portacontenedores.  
Revista de Ingeniería Naval.  
Acceptat per a publicar, novembre 2004.
- Oñate E., Rojek J., Taylor R.L. and Zienkiewicz O.C.  
Finite calculus formulation for incompressible solids using linear triangles and tetrahedra.  
Int. Journal for Numerical Methods in Engineering.  
Vol. 59, pp. 1473-1500, 2004.

— Oñate E. and Rojek J.

Combination of discrete element and finite element methods for dynamic analysis of geomechanics problems.

Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering.

Vol. 193, Issues 27-29, pp. 3087-3128, 2004.

— Oñate E., Idelsohn S.R., Del Pin F. and Aubry R.

The particle finite element method. An overview

International Journal of Computational Methods.

Vol. 1, No. 2, pp. 267 - 307, September 2004.

## 2.4 Recerca i desenvolupament

Les línies de recerca del CIMNE són les següents: conformació de pólvores metàl·liques i ceràmiques; anàlisi d'estructures amb materials compostos; ensenyament assistit per ordinador; simulació de la injecció de plàstics; solidificació de peces foses; anàlisi de problemes acoblats a l'enginyeria; simulació numèrica del conformat de metalls; simulació numèrica de l'embotició de planxes metàl·liques; anàlisi d'estructures a l'enginyeria civil; anàlisis de peces mecàniques; optimització de formes a l'enginyeria; aerodinàmica de cotxes i de vehicles industrials; problemes de xoc i d'impacte; aerodinàmica d'avions i vehicles espacials; anàlisi de preses; anàlisi estàtica i dinàmica de vehicles; anàlisi de problemes d'enginyeria geotècnica i hidrologia subterrània; tractament de geometria i dades; visualització gràfica; generació de malles; hidrodinàmica de vaixells; anàlisi de la capacitat resistent d'estructures; electromagnetisme; anàlisi de materials granulars; simulació i optimització de processos a la indústria dels aliments; simulació social i institucional; sistemes de suport a la decisió.

Les activitats d'R+D del CIMNE es realitzen habitualment en cooperació amb altres organitzacions, universitats i centres de recerca d'Europa. El treball d'R+D és finançat per mitjà de l'oferta pública de programes del govern català, estatal o europeu o bé directament pels fons proporcionats pel teixit empresarial. El CIMNE té actualment 70 projectes d'R+D en curs.

### 2.4.1 Contractes amb empreses per a la realització de projectes d'R+D

A continuació es relacionen els contractes que el CIMNE ha signat amb empreses durant el 2004 per a la realització de tasques de recerca, així com també els contractes signats amb anterioritat, però que tenen una repercussió pressupostària en l'any 2004:

— Títol del projecte: gmt-Code Bright-Modelling.

Nom de l'empresa: NAGRA.

Import del conveni (plurianual): 48.000,00 €

Import facturat el 2004: 35.625,00 €

— Títol del projecte: Adaptation de Gid\_CEM à la simulation des structures aeronautiques (tranche 1).

Nom de l'empresa: MIDIVAL.

Import del conveni: 15.000,00 €

Import facturat el 2004: 15.000,00 €

— Títol del projecte: Diseño de un cajón multicelular para el Puerto de Barcelona

Nom de l'empresa: Autoritat Portuària de Barcelona.

Import del conveni: 10.500,00 €

Import facturat el 2004: 10.500,00 €

— Títol del projecte: Desarrollo y validación de las versiones 6.0, 7.0, y 8.0 del entorno POWCOM a partir de la versión 5.0, para la simulación numérica de procesos de compactación en la pulvimetalurgia.

Nom de l'empresa: AMES, SA / SIMO, SA.

Import del conveni (plurianual): 76.362,00 €

Import facturat el 2004: 36.362,00 €

— Títol del projecte: Elaboració d'un CD demo del programari SIE.

Nom de l'empresa: Gassó Gestió Local.

Import del conveni: 1.400,00 €

Import facturat el 2004: 1.400,00 €

— Títol del projecte: Desarrollo conjunto de una metodología para la estimación de la vulnerabilidad sísmica de las construcciones de importancia especial.

Nom de l'empresa: CEDEX.

Import del conveni: 20.689,66 €

Import facturat el 2004: 20.689,66 €

— Títol del projecte: Conveni específic per a la realització de l'Atlas de radiació solar a Catalunya.

Nom de l'empresa: Ins. Català d'Energia (ICAEN).

Import del conveni: 11.034,48 €

Import facturat el 2004: 11.034,48 €

#### **2.4.2 Contractes amb la Comissió Europea per a la realització de projectes d'R+D**

En aquests moments el CIMNE compta amb 70 projectes de recerca en curs (contractats per la Comissió Europea, institucions espanyoles i/o catalanes). Per aquest motiu, només es detallen els projectes que s'han iniciat l'any 2004. S'entén que n'hi ha molts d'altres que van iniciar-se amb anterioritat i que continuaven en curs durant l'any 2004.

— LESSLOSS: Risk mitigation for earthquakes and landslides (NoEx).

Data d'inici: 01/06/2004.

Data final: 31/05/2007.

Centre coordinador/responsable: Univ. Studi Pavia.

Pressupost amb què el CIMNE hi participa: 230.400,00 €

— PROHIPP: New design and manufacturing processes for high pressure fluid power products (IP).

Data d'inici: 01/06/2004.

Data final: 31/05/2008.

Centre coordinador/responsable: Pedro Roquet, SA.

Pressupost amb què el CIMNE hi participa: 856.689,00 €

— TUNCONSTRUCT: Technology innovation in underground construction.

Data d'inici: 01/11/2004.

Data final: 31/10/2008.

Centre coordinador/responsable: Technische Universität Graz.

Pressupost amb què el CIMNE hi participa: 466.226,00 €

— REMFI: Rear empennage and fuselage flow investigation.

Data d'inici: 01/03/2004.

Data final: 28/02/2007.

Centre coordinador/responsable: Airbus España.

Pressupost amb què el CIMNE hi participa: 258.552,40 €

— POLYCOAT: Economical exploitation of polymer coated steel sheet in large-scale production of new can types by the European can industry.

Data d'inici: 01/01/2004.

Data final: 31/12/2006.

Centre coordinador/responsable: Rockfield Software, Ltd.

Pressupost amb què el CIMNE hi participa: 360.675,00 €

— ViF: Virtual Intelligent Forging (CA).

Data d'inici: 01/07/2004.

Data final: 31/07/2008.

Centre coordinador/responsable: Armines.

Pressupost amb què el CIMNE hi participa: 54.900,00 €

— DISHEART: Grid based decision support system for clinical diagnosis and interventions in cardiovascular problems.

Data d'inici: 01/11/2004.

Data final: 31/10/2006.

Centre coordinador/responsable: CIMNE.

Pressupost amb què el CIMNE hi participa: 345.500,00 €

— AMI-SME: Analysis of Marketing Information for Small and Medium sized enterprises (CRAFT).

Data d'inici: 01/11/2004.

Data final: 31/10/2006.

Centre coordinador/responsable: Fraunhofer-Gesellschaft.

Pressupost amb què el CIMNE hi participa: 126.000,00 €

— FLUISTCOM: Fluid-structure interaction for the combustion systems.

Data d'inici: 01/01/2004.

Data final: 31/12/2007.

Centre coordinador/responsable: Cerfacs.

Pressupost amb què el CIMNE hi participa: 319.588,72 €

— HAVL Argile - Modélisation HM d'un scellement en argile gonflante avec saignées minces.

Data d'inici: 01/01/2004.

Data final: 31/12/2004.

Centre coordinador/responsable: CIMNE.

Pressupost amb què el CIMNE hi participa: 59.660,00 €

— NF-PRO: Understanding and physical and numerical modelling of the key processes in the near-field and their coupling, for different most nocks and repository strategies.

Data d'inici: 01/01/2004.

Data final: 31/12/2006.

Centre coordinador/responsable: SCK-CEN.

Pressupost amb què el CIMNE hi participa: 208.000,00 €

### 2.4.3 Contractes amb ministeris de l'Estat espanyol per a la realització de projectes d'R+D

— VIRTUALPRESS: Desarrollo de una prensa virtual para procesos de conformado en la pulvimetalurgia.

Data d'inici: 01/01/2004.

Data final: 31/12/2006.

Centre coordinador/responsable: CIMNE.

Pressupost amb què el CIMNE hi participa: 134.060,00 €

— STRUCT-LNG: Desarrollo de herramientas de diseño para el cálculo estructural en el transporte de gas licuado.

Data d'inici: 01/01/2004.

Data final: 31/12/2004.

Centre coordinador/responsable: IZAR Const. Navales.

Pressupost amb què el CIMNE hi participa: 107.979,00 €

— MIDAS.MN: Modelos de inmunidad electromagnética distribuida en automóviles. Simulación numérica.

Data d'inici: 01/01/2004.

Data final: 31/12/2006.

Centre coordinador/responsable: CIMNE.

Pressupost amb què el CIMNE hi participa: 145.165,00 €

— MEDAS: Desarrollo e implementación de un sistema de apoyo a la decisión para la evaluación y mantenimiento de edificios.

Data d'inici: 01/01/2004.

Data final: 31/12/2005.

Centre coordinador/responsable: CIMNE.

Pressupost amb què el CIMNE hi participa: 178.825,00 €

— URBAQUA: Desarrollo de un sistema de apoyo a la decisión para prevención y gestión del riesgo de inundaciones en zonas urbanas.

Data d'inici: 01/01/2004.

Data final: 31/12/2006.

Centre coordinador/responsable: CIMNE.

Pressupost amb què el CIMNE hi participa: 212.175,00 €

— FRPMAT: Desarrollo de una metodología para la evaluación y predicción numérica del fallo material de estructuras de construcción total o parcialmente constituidas o reforzadas por materiales compuestos.

Data d'inici: 01/01/2004.

Data final: 31/12/2005.

Centre coordinador/responsable: CIMNE.

Pressupost amb què el CIMNE hi participa: 137.737,00 €

— SIMCV: Simulación del comportamiento del corazón y periferia vascular en condiciones sanas y patológicas. Aplicación al diseño y evaluación de dispositivos intravasculares y válvulas cardíacas.

Data d'inici: 01/01/2004.

Data final: 31/12/2005.

Centre coordinador/responsable: CIMNE.

Pressupost amb què el CIMNE hi participa: 183.425,00 €

— MODISTER.NUM: Nuevos métodos para la modelización y diseño de procesos térmicos emergentes en tecnología de alimentos: métodos numéricos.

Data d'inici: 01/01/2004.

Data final: 31/12/2005.

Centre coordinador/responsable: CIMNE.

Pressupost amb què el CIMNE hi participa: 154.123,00 €

— TRACK: Calibración, validación y desarrollo de modelos numéricos para análisis estructural, diseño y rehabilitación de firmes.

Data d'inici: 01/01/2004.

Data final: 31/12/2005.

Centre coordinador/responsable: CIMNE.

Pressupost amb què el CIMNE hi participa: 6.900,00 €

## 2.5 Aules CIMNE

Les Aules CIMNE són espais de cooperació creats pel CIMNE conjuntament amb universitats de tot el món. Els objectius de les Aules CIMNE són fomentar activitats comunes en el camp de l'educació, de la investigació, la tecnologia i l'enginyeria computacional. El CIMNE té 17 Aules actives; 4 a Espanya, 3 a Argentina, 1 a Xile, 2 a Mèxic, 2 a Cuba, 2 a Colòmbia, 1 a Veneçuela, 1 a Brasil i 1 a Equador.

## 2.6 Transferència de tecnologia

Alguns dels resultats del treball de CIMNE són programaris. Aquests programaris resultants són explotats i venuts per diverses companyies a Espanya i a tot el món. Alguns dels codis més rellevants d'elements finits desenvolupats al CIMNE són els següents:

— GiD: pre-post processador per a la generació de dades i visualització de resultats de simulació per ordinador utilitzant el mètode dels elements finits.

— STAMPACK: anàlisi pel mètode dels elements finits de processos d'estampació.

— VULCAN: simulació pel mètode dels elements finits dels processos de fosa.

— RAM-SERIES: anàlisi de sòlids i d'estructures amb nous materials pel mètode dels elements finits.

— TDYN: anàlisi dels problemes d'aerodinàmica de fluids pel mètode dels elements finits.

— COMET: anàlisi termomecànica de sòlids i d'estructures.

— PFLOW: anàlisi de la interacció fluid-estructura utilitzant mètodes de partícula i d'elements finits.

— ED-ELAS 2.0 i ED-POISS: codis educatius per a la introducció al mètode dels elements finits en problemes d'elasticitat.

Per tal de fomentar l'explotació dels resultats de la seva recerca, el CIMNE ha promogut la creació de les companyies derivades següents:

— COMPASS Ingeniería y Sistemas, SA ([www.compassis.com](http://www.compassis.com)): desenvolupament i comercialització del programari per a l'anàlisi de problemes en enginyeria civil i marina.

— STRUCTURALIA, SA ([www.structuralia.com](http://www.structuralia.com)): serveis d'Internet per al sector de la construcció.

— INGENIA Ingeniería Aeronàutica, aie ([www.ingenia.aero](http://www.ingenia.aero)): serveis d'enginyeria per al sector aeronàutic.

El CIMNE té el 30% de COMPASS i de Structuralia i el 6% d'INGENIA. INGENIA és un grup d'interès econòmic format per 15 PIMES i CIMNE.