

Boletín electrónico de SēMA

**BOLETÍN NÚMERO 1**

**Marzo 2011**

## SUMARIO

Matemáticas e Industria .....	5
<i>Forward Look sobre Matemáticas e Industria</i> , por M. Lezaun .....	5
Resúmenes de tesis doctorales .....	9
Resúmenes de libros .....	13

# Boletín Electrónico de la Sociedad Española de Matemática Aplicada SĒMA

## Grupo Editor

S. Amat Plata (U. Politécnica de Cartagena)  
C. Angosto Hernández (U. Politécnica de Cartagena)  
S. Busquier Sáez (U. Politécnica de Cartagena)  
M. Moncayo Hormigo (U. Politécnica de Cartagena)  
J. A. Murillo Hernández (U. Politécnica de Cartagena)

## Responsables de secciones

Boletín electrónico: I. Higuera Sanz (U. Pública de Navarra)  
Matemáticas e Industria: M. Lezaun Iturralde (U. del País Vasco)  
Educación Matemática: R. Rodríguez del Río (U. Complutense de Madrid)  
Historia Matemática: J.M. Vegas Montaner (U. Complutense de Madrid)  
Anuncios y Resúmenes: F.J. Sayas González (U. of Delaware)

## Página web de SĒMA

<http://www.sema.org.es/>

## e-mail

[info@sema.org.es](mailto:info@sema.org.es)

---

Dirección Editorial: Dpto. de Matemática Aplicada y Estadística. Universidad Politécnica de Cartagena. Campus Muralla del Mar. Doctor Fleming s/n. 30202 Cartagena. Murcia. [sema.journal@upct.es](mailto:sema.journal@upct.es)

ISSN 1575-9822.

Depósito Legal: AS-1442-2002.

Consejo Ejecutivo de la Sociedad Española de Matemática Aplicada  
SĒMA

**Presidente**

Pablo Pedregal Tercero

**Vicepresidente**

Rosa María Donat Beneito

**Secretario**

Julio Moro Carreño

**Vocales**

Lluís Alsedà i Soler

Sergio Amat Plata

Rafael Bru García

Inmaculada Higuera Sanz

Carlos Parés Madroñal

Luis Vega González



## FORWARD LOOK SOBRE MATEMÁTICAS E INDUSTRIA

MIKEL LEZAUN

Departamento de Matemática Aplicada Estadística e  
Investigación Operativa  
Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea  
mikel.lezaun@ehu.es

### Resumen

En este documento se presenta el Informe final del Forward Look sobre Matemáticas e Industria realizado por la comunidad matemática europea en los dos últimos años. En particular se recoge el resumen ejecutivo de este estudio prospectivo, el cual contiene los objetivos y propuestas para alcanzarlos, así como las recomendaciones a los responsables políticos y financiadores, al mundo académico y a la industria. Junto con el Informe final, se publicó un folleto que contiene ejemplos exitosos de aplicaciones matemáticas del mundo académico en la industria. Al final del artículo se recogen las propuestas de los grupos universitarios españoles. Toda la información sobre el Forward Look, incluidos el Informe final y los ejemplos de éxito se pueden encontrar en la página web <http://www.ceremade.dauphine.fr/FLMI/>

### 1 Introducción

La Fundación Europea de la Ciencia (European Science Foundation, ESF), creada en 1974, es una asociación independiente, no gubernamental, cuyos miembros son 79 organismos financiadores de I+D nacionales, agencias de investigación, academias o sociedades científicas de 30 países: todos los de la Unión Europea (excepto Letonia y Malta), junto con Noruega, Suiza, Islandia, Croacia y Turquía.

En España, dos organizaciones forman parte de la ESF:

- El Ministerio de Ciencia e Innovación, a través de la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología (CICYT).
- El Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC).

Los Forward Looks son el buque insignia de las armas estratégicas de la ESF. Los Forward Looks son acciones que permiten a la comunidad científica europea, en interacción con los responsables políticos, desarrollar análisis prospectivos a medio y largo plazo de la evolución futura de la investigación, con el objetivo de definir programas de investigación tanto a nivel nacional como europeo. Los Forward Look se llevan a cabo por organizaciones miembro de la ESF y, por extensión, por la comunidad investigadora europea. Desde que comenzaron en 2002, la ESF ha realizado o está realizando 24 Forward Looks.

El Forward Look sobre Matemáticas e Industria arrancó bajo el paraguas de la Sociedad Matemática Europea (European Mathematical Society, EMS) en la reunión de lanzamiento de Roma los días 16 y 17 de Abril de 2009. En los días 26 y 27 de Abril de 2010

tuvo lugar en Madrid la Conferencia de Consenso, en la que en sesiones abiertas, los asistentes discutieron y enmendaron el borrador propuesto por los tres grupos de trabajo. El 2 de diciembre de 2010 se celebró en Bruselas la Conferencia Final.

En las diferentes etapas de esta iniciativa, han participado directamente todas las sociedades matemáticas nacionales europeas, destacando la gran implicación del Comité de Matemática Aplicada de la EMS. Del mismo modo, esta iniciativa ha involucrado a representantes de todos los dominios de la matemática europea. Además, se lanzó una encuesta “on line” entre los matemáticos del mundo académico y los investigadores que trabajan en empresas, de la cual se recogieron cerca de 500 respuestas. Los resultados vienen reflejados en el Informe final.

El Informe final del Forward Look tiene como introducción un resumen ejecutivo y consta de cuatro capítulos más un apéndice. El primer capítulo trata de las matemáticas y su relación con la industria, de las matemáticas como una herramienta innovadora para la industria, de los distintos medios de interacción de las matemáticas con la industria y del contexto internacional y europeo. El segundo está dedicado a los retos clave para las matemáticas industriales y a las oportunidades para Europa. El tercero se centra en la falta de relación estratégica entre matemáticas e industria, en como construir, desarrollar y fortalecer una comunidad dedicada o interesada en matemáticas e industria. El último contiene toda una serie de recomendaciones tanto a los políticos y financiadores, como al mundo académico y a la industria. En el apéndice se da un ejemplo de modelo de Master en matemática industrial.

En este arte artículo recogemos el resumen ejecutivo

## Forward Look sobre Matemáticas e Industria

del Informe final. Para terminar, se muestra la lista de los casos exitosos propuestos por grupos universitarios españoles, incluidos en el estudio europeo sobre ejemplos ilustrativos de aportaciones matemáticas en la industria.

### 2 Objetivo del Forward Look

El conocimiento se ha convertido en el principal activo de las naciones, las empresas y las personas. Por ello, la inversión en investigación, innovación y educación es ahora la clave para impulsar la competitividad y la prosperidad en Europa. En los fundamentos y en el núcleo de este desafío, las matemáticas juegan un papel crucial, ya que proporcionan a la industria un marco coherente y un lenguaje universal para el análisis, la simulación, la optimización y el control de los procesos industriales. Las matemáticas son un factor esencial en la creación industrial de valor y una fuerza motriz para la innovación, pero a menudo, sus contribuciones son invisibles en los productos industriales finales. La utilización de técnicas matemáticas da a las empresas una ventaja competitiva, sugiriendo innovadores enfoques interdisciplinarios. En este contexto, el objetivo del presente Forward Look ha sido explorar vías para estimular e intensificar la colaboración entre las matemáticas y la industria. Las comunidades científicas europeas e industriales, en una estrecha interacción con los responsables políticos, han analizado y desarrollado perspectivas a medio y largo plazo de los problemas, las dificultades comunes y las “buenas prácticas” en matemáticas e industria, con el fin de contemplar estrategias para una mayor interacción de los matemáticos con grandes y medianas empresas, destinadas a avances tecnológicos.

### 3 El contexto europeo

Aunque existe una clara necesidad en todas las áreas de la industria europea de utilizar tecnologías basadas en el conocimiento para desarrollar y mejorar los productos y servicios, también claramente se observa que se tiene que incrementar el nivel de cooperación entre la academia y la industria, y que ésta no está igualmente establecida a lo largo de todo Europa. Se necesitan grandes esfuerzos para corregir esto y alumbrar colaboraciones de gran valor en toda Europa.

### 4 Objetivos estratégicos

La competitividad de Europa se tiene que lograr en un contexto internacional multilateral a través de una estrategia común europea para las matemáticas industriales, mediante la consecución de los siguientes objetivos estratégicos.

#### 4.1 Objetivos estratégicos para construir la comunidad:

- Fomentar una Red europea en Matemática Aplicada dirigida a una economía inteligente

(*smart economy*).

- Permitir a los estados miembros crear una estrategia común para las matemáticas europeas.
- Establecer las matemáticas como una componente necesaria de la innovación europea.

#### 4.2 Objetivos estratégicos para desarrollar la comunidad:

- Superar la fragmentación geográfica y científica.
- Extender y armonizar a nivel europeo los programas educativos para estudiantes y profesores de matemáticas.
- Facilitar la movilidad entre la industria y la universidad.

#### 4.3 Objetivos estratégicos para fortalecer la comunidad:

- Armonizar los planes de estudios y programas educativos en matemática industrial.
- Fomentar el intercambio de conocimientos e información entre la academia y la industria.
- Promover y mejorar la carrera profesional en matemática industrial.

## 5 Recomendaciones

### 5.1 Recomendaciones a los responsables políticos y financiadores

Los responsables políticos y los organismos de financiación deben unir sus esfuerzos para financiar las actividades de las matemáticas a través de un Instituto Europeo de Matemáticas para la Innovación, vía la coordinación de una infraestructura virtual de investigación.

Plan de implementación:

- Las agencias financiadoras nacionales y de la Unión Europea deben coordinar grupos de excelencia en matemática industrial y crear un Instituto Europeo de Matemáticas para la Innovación (European Institute of Mathematics for Innovation, EIMI) dirigido a matemáticos y usuarios de las matemáticas.
- Los gobiernos europeos y la Unión Europea deben establecer un Grupo de Trabajo Estratégico para la Innovación y Matemáticas (Strategy Taskforce for Innovation and Mathematics, STIM) con el fin de desarrollar una estrategia europea para las matemáticas.
- Los responsables políticos deben poner en marcha una Ley sobre Pequeñas Empresas Matemáticas (Small Business Act en Matemáticas, SBAM), para propiciar empresas spin-off que explícitamente utilicen las matemáticas.

## Forward Look sobre Matemáticas e Industria

- La Unión Europea debe identificar las matemáticas aplicadas e industriales como una prioridad transversal independiente en el VIII Programa Marco de Investigación y Desarrollo.

### 5.2 Recomendaciones a ambos, academia e industria

Con el fin de superar la fragmentación geográfica y científica, las instituciones académicas y la industria deben compartir y difundir en toda Europa las mejores prácticas y disciplinas vía redes y medios digitales.

Plan de implementación:

- Los investigadores en la academia y la industria deben adaptar su mentalidad a las diferentes matemáticas y dominios científicos que interactúan con ellas y difundir las mejores prácticas.
- La comunidad matemática en colaboración con la industria debe crear una revista dedicada a las matemáticas industriales y contribuir a una Biblioteca Digital Europea de Matemáticas.
- Las instituciones académicas y la industria deben facilitar la movilidad laboral entre la universidad y la empresa.
- La comunidad matemática y la industria deben ir juntas en posibles concursos de temática aplicada.

### 5.3 Recomendaciones a la academia

Las Sociedades Matemáticas y las instituciones académicas deben crear planes de estudios y programas educativos de matemáticas a nivel europeo, teniendo en cuenta la experiencia y la especificidad local.

Plan de implementación:

- El mundo académico debe crear un plan de estudios europeo para las matemáticas industriales y crear una plantilla de ingenieros de matemática industrial.
- El mundo académico debe desarrollar nuevos criterios para evaluar y reconocer las carreras profesionales en matemática industrial.

## 6 Conclusión

El mensaje básico de este informe es que si Europa quiere alcanzar su objetivo de convertirse en el líder mundial de la economía basada en el conocimiento, las matemáticas tienen que desempeñar un papel vital. En muchos sectores industriales ya está demostrado el valor de las matemáticas, en otros su contribución potencial a la competitividad es cada vez más evidente. Los beneficios resultantes de la existencia de una comunidad matemática dinámica interactuando activamente con la industria y el comercio son considerables y es seguro que superan a los costos más bien modestos necesarios para apoyar esa comunidad. Sin embargo, tales beneficios no se materializarán a menos que se tomen medidas

para desarrollar las matemáticas y una comunidad coordinada de matemáticos aplicados e industriales, necesarias para el éxito futuro y la competitividad global de la economía y la prosperidad de Europa.

## 7 Ejemplos exitosos españoles

Paralelamente al Informe final, el Forward Look sobre Matemáticas e Industria ha publicado un folleto en el que muestra a través de 124 ejemplos la contribución esencial de las matemáticas a la creación industrial de valor y la posición clave de las matemáticas en el manejo de sistemas complejos, ampliando el campo de la innovación. A continuación hemos entresacado la lista de los casos propuestos por grupos universitarios españoles.

- *Numerical simulation for the aluminium industry.* **Alcoa Inespal S.A.** y Universidade de Santiago de Compostela (Departamento de Matemática Aplicada).

- *Numerical simulation of metallurgical processes in silicon production.* **FerroAtlántica I+D** y Universidade de Santiago de Compostela (Departamento de Matemática Aplicada).

- *Low cost Airborne Laser Fly* **STEREOCARTO S.L.**, Universidad Complutense de Madrid (Facultad de Matemáticas) y Universitat Autònoma de Barcelona.

- *Modeling coal combustion.* **Endesa Generación** y Universidade de Santiago de Compostela (Departamento de Matemática Aplicada).

- *SmartGrid.gc: Intelligent agent based modeling and simulation of electrical grids.* Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (Instituto Universitario de Sistemas Inteligentes y Aplicaciones Numéricas en Ingeniería, SIANI).

- *Numerical simulation for environmental prediction.* Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (Instituto Universitario de Sistemas Inteligentes y Aplicaciones Numéricas en Ingeniería, SIANI).

- *Stepping in Sherlock Holmes's shoes: where is the underground water? Is it still drinkable.* Universidad de Oviedo (Departamento de Matemáticas).

- *Modeling and simulation of environmental problems.* **Xunta de Galicia** y Universidade de Santiago de Compostela (Departamento de Matemática Aplicada).

- *Generation of assignments of products to consumers* **Product Sensory Consulting group** y Universitat Autònoma de Barcelona (Mathematical Consulting Service).

- *PLATEA 4D: A decision support platform.* Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (Instituto Universitario de Sistemas Inteligentes y Aplicaciones Numéricas en Ingeniería, SIANI).

- *Aircraft icing.* Centre de Recerca Matemàtica.

- *Crew rostering at EuskoTren.* **Eusko Trenbideak** y Universidad del País Vasco-Euskal Herriko Unibertsitatea (Departamento de Matemática Aplicada y Estadística e Investigación Operativa).

- *Financial derivatives pricing.* **Caixa Galicia** y Universidade da Coruña, Universidade de Santiago de Compostela, Universidade de Vigo.

## Forward Look sobre Matemáticas e Industria

- *Solution and model appraisal in reservoir inverse problems using global optimization methods.* Universidad de Oviedo (Departamento de Matemáticas).
- *Uncertainty assessment in high-dimensional nonlinear inverse problems.* Universidad de Oviedo (Departamento de Matemáticas).



<b>Título:</b>	MODELOS DE ECUACIONES EN DERIVADAS PARCIALES EN GEODINÁMICA Y GEOTECNIA. APLICACIONES AL VULCANISMO.
<b>Doctorando:</b>	Alicia Arjona Almodóvar.
<b>Director/es:</b>	Jesús Ildefonso Díaz Díaz (Depto. de Mat. Aplicada, UCM) y José Fernández Torres (Instituto mixto de Astronomía y Geodesia, CSIC-UCM).
<b>Defensa:</b>	22 de Junio de 2010, Universidad Complutense de Madrid.
<b>Calificación:</b>	Sobresaliente cum Laude.

**Resumen:**

En esta tesis se analiza el tratamiento matemático de varios modelos que han sido introducidos en el estudio de procesos naturales que tienen lugar en el interior de la Tierra y que principalmente tiene ciertas conexiones con erupciones volcánicas. En la primera parte de esta tesis hemos tratado dos modelos de acoplamiento elástico y viscoelástico / gravitatorio para un modelo de Tierra compuesto por estratos de distintas propiedades constitutivas. Se han analizado los modelos de evolución, estacionario y la estabilización de las soluciones del sistema de evolución hacia las del problema estacionario. Hemos probado la existencia y unicidad de soluciones de los modelos estacionario y de evolución que representan una Tierra plana estratificada. De esta manera hemos completado una parte del trabajo comenzado por otros autores en los años ochenta y noventa (trabajos de J.B. Rundle y J. Fernández entre otros tras las aportaciones pioneras de A.E.H. Love en 1911 y años siguientes) pero ahora para dominios espaciales generales y bajo condiciones de transmisión entre los estratos formuladas con una mayor precisión en términos de adecuados balances de los esfuerzos elásticos y de continuidad del flujo del potencial gravitatorio entre estratos. Hemos aplicado algunas técnicas de las soluciones débiles de la teoría de las ecuaciones en derivadas parciales con el objetivo de dar una prueba rigurosa de que esta formulación constituye un “problema bien planteado” en el sentido de Hadamard. Mostramos, en particular, que se tiene la dependencia continua respecto de los datos en adecuados espacios funcionales. Entre los datos se ha incorporado la formulación matemática de posibles impulsos magmáticos representados por términos a la derecha de las ecuaciones, que se suponen conocidos a priori, que pueden alterar de manera fundamental la regularidad espacial de las soluciones. Se ha dado una prueba constructiva de la existencia de soluciones en ambos capítulos mediante la introducción de adecuados espacios de energía que contienen la información mínima que se puede concluir independientemente de la regularidad adicional de los datos del problema. La definición detallada de estos espacios funcionales de energía no había sido realizada anteriormente en la literatura. Se han propuesto aquí unos esquemas iterativos que pueden servir también para el cálculo numérico de efectos de gravedad y deformaciones producidas por posibles fuentes que se encuentran en la Tierra (i.e. intrusiones magmáticas, fallas,...). Por primera vez en la literatura sobre este tipo de sistemas, hemos podido tratar los términos de transporte que otros autores estaban obligados a despreciar por limitaciones de sus métodos de estudio, para lo cual hemos introducido un argumento de re-escalamiento espacial seguido de una adecuada descomposición de dualidad en las aproximaciones realizadas y cuya razón de convergencia hemos podido estimar en términos de la razón de convergencia de una cierta progresión geométrica de infinitos términos. En suma, hemos puesto de manifiesto la aparición de adecuadas escalas espaciales, que dependen única y exclusivamente de las constantes constitutivas de los estratos, en las que los modelos admiten un tratamiento matemático correcto incluso en su formulación más general que incluye el delicado equilibrio entre segundos y primeros términos en la ecuación de los desplazamientos viscoelásticos. Además hemos mostrado, por primera vez en la literatura existente para este tipo de sistemas, la estabilización de las soluciones del sistema de evolución hacia las del problema estacionario cuando el tiempo converge a infinito. Bajo condiciones adicionales adecuadas sobre los datos, hemos probado que la diferencia de las respectivas soluciones tiende a cero cuando el tiempo tiende a infinito en un espacio funcional construido en términos de los espacios de energía utilizados para la existencia de soluciones. Nuestra prueba usa una reformulación del sistema hiperbólico/elíptico como un sistema dinámico a valores vectoriales, en términos de un sistema hiperbólico no local que evita la aparición explícita de las ecuaciones estacionarias para el potencial gravitatorio. Esto nos permite aplicar el Principio de Invarianza de La Salle para una función de Lyapounov, que construimos con la ayuda de términos no locales, para la que mostramos que se cumplen las condiciones suficientes para la aplicabilidad de resultados generales de estabilización en el marco de sistemas dinámicos abstractos en espacios de Hilbert.

En la segunda parte de esta tesis se ha tratado un modelo asociado a la formación de volcanes que engloba una ecuación parabólica degenerada no lineal escalar obtenida mediante desarrollos asintóticos singulares. Las

técnicas de modelización que se han empleado en este caso tienen ahora su origen en la mecánica de fluidos y no en la teoría de la elasticidad en la que se desarrollaba la primera parte de esta tesis. Se ha generalizado el modelo de partida (debido a A. Lacey, J.R. Ockendon y D.L. Turcotte (1981) y C.L. Angevine, D.L. Turcotte y J.R. Ockendon (1984) pese a que ya se contaba con otros modelos desde los artículos pioneros de J. Milne (1878, 1879)) a formas geométricas de dimensión tres para lo cual ha sido preciso la revisión cuidadosa de los pasos al límite en los términos singulares de los desarrollos asintóticos, razonando de una manera alternativa a como se hacía en los trabajos de partida cuando se utilizaba la aproximación de Demailly y que requería condiciones más restrictivas para su aplicación. Además se ha presentado el modelo con la adición de un término corrector de transporte que, pese a que mostramos que es pequeño en amplitud, logra modificar el comportamiento de la condición de frontera libre definida como la base del volcán en cada instante del tiempo. Proponemos también un nuevo modelo que permite el estudio de la forma geométrica del volcán incluso cuando el flujo magmático sale fuera del edificio volcánico poroso preexistente y para el que no tiene validez, en sentido estricto, la ley de Darcy. Este caso no había sido considerado en referencias anteriores. Mediante la consideración de los términos de transporte antes mencionados se ha probado, en el último capítulo de la segunda parte, que la base del volcán no puede desarrollarse sin limitación alguna cuando el tiempo tiende a infinito, como mostramos que se podría deducir de los modelos anteriores en la literatura. Esta conclusión nos conduce a una mejor comparación entre los perfiles batimétricos y teóricos de muchos volcanes, especialmente los ubicados sobre islas.

<b>Título:</b>	CHARACTERIZATION OF THE MARTIAN PLANETARY BOUNDARY LAYER.
<b>Doctorando:</b>	Germán Martínez Martínez.
<b>Director/es:</b>	Francisco Valero Rodríguez y Luis Vázquez Martínez.
<b>Defensa:</b>	11 de Junio de 2010, Universidad Complutense de Madrid.
<b>Calificación:</b>	Sobresaliente cum Laude (Tesis europea).

**Resumen:** The Planetary Boundary Layer (PBL) can be defined as that part of the atmosphere that is directly influenced by the presence of the planet surface, and responds to surface forcings with a time scale of 1 hr or less. The PBL is permanently turbulent, and so are the high non linear equations describing its thermodynamic behaviour.

Belonging to the PBL, the Surface Layer (SL) is the region at the bottom of the PBL where the sharpest variations in meteorological magnitudes take place. Consequently, so do the most significant exchanges of momentum, heat, and mass with the regolith. On the other hand, the Convective Mixed Layer (CML) is one of the three layers into which the convective PBL can be divided, with the SL and the Entrainment Zone lying respectively beneath and above it. It is characterized by an intense vertical mixing that tends to maintain variables such as potential temperature and humidity nearly constant with height.

Through the main bulk of this dissertation, we have carried out a comprehensive thermodynamic characterization of the entire Martian PBL for specific selected Sols of Pathfinder and Viking missions. Numerical modeling of the non linear equations ruling the thermodynamics of the PBL, and some in situ ground-based meteorological data, such as temperature and horizontal wind speed constitute the starting point for the study of the PBL. With regards to the SL, the authors have estimated the diurnal evolution of the Monin-Obukhov length, friction velocity, temperature scale, surface heat flux, eddy-transfer coefficients for momentum and heat, turbulent viscous dissipation rate, and standard deviation of the vertical velocity. With regards to the CML, the authors have estimated the PBL height, convective velocity scale, convective temperature scale, mean temperature standard deviation, mean horizontal and vertical velocity standard deviations, and mean turbulent viscous dissipation rate during the strongest convective hours.

The remaining part of the dissertation is devoted to simulate the ultraviolet (UV) radiative environment to be found at surface by Mars MetNet Precursor Mission. Included in the payload of this mission is the Solar Irradiance Sensor (MetSIS). Its scientific design is currently being developed. So far, we have established the objectives that should be covered by MetSIS, the UV channels (wavelengths bands) with which some of the objectives should be fulfilled, and the ranges and resolutions for the proposed UV channels.



*An Introduction to Fluid Mechanics and Transport Phenomena*

Guillermo Hauke

Editorial Springer

ISBN-10: 904817905X ISBN-13: 978-9048179053 (296 páginas) – 2010

(edición en rústica)

*Por Francisco Javier Sayas*

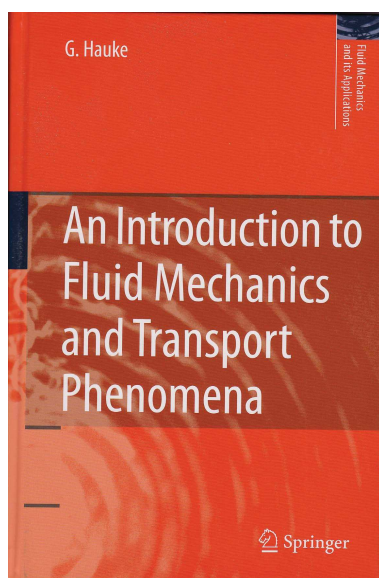
La mecánica de fluidos constituye el campo de actividad de un alto porcentaje de los matemáticos aplicados en España, ya sea en el estudio teórico de ecuaciones en derivadas parciales o en su simulación numérica. Para muchos de ellos (de nosotros), que proceden de una enseñanza matemática centrada en el rigor y con un énfasis en la construcción correcta del aparato matemático, el aprendizaje de las bases físicas en las que se desarrolla este trabajo es una tarea penosa que se realiza de forma dispersa en el período post-formativo. Entre las variadas razones de esta dificultad está la incomodidad que esta formación produce a la hora de leer tratados no presentados con rigor lógico o, incluso peor, con notaciones coherentes. Traigo este asunto a colación para introducir aquí un libro que sin duda pertenece a la literatura física (no espere el lector encontrar teoremas y demostraciones ni argumentos de existencia y unicidad de solución), pero que puede servir a muchos para acercarse a las ideas subyacentes a la mecánica de fluidos y a los fenómenos de transporte.

Guillermo Hauke, catedrático de Mecánica de Fluidos de la Universidad de Zaragoza, ha desarrollado un texto, pensado originalmente para estudiantes de un curso básico de Fenómenos de Transporte en Ingeniería, pero que está escrito con la precisión notacional a la que estamos acostumbrados los matemáticos. Por esta forma de presentación, por sus numerosas figuras y tablas, así como por la claridad de exposición, este texto es una herramienta ideal para aprender la física de los fluidos y para

abrir horizontes en la dirección de los *libros de física*, que muchos matemáticos tendemos a desdeñar, perdiendo con ello una fuente importante del desarrollo de la ciencia pasada y reciente.

El libro está dividido en doce capítulos, agrupados en cuatro partes. La primera parte trata de los conceptos fundamentales de la mecánica de fluidos: la conceptualización de un fluido como un medio continuo, la cinemática básica, la idea de fuerza en un fluido y la estática. La segunda parte, que ocupa la parte principal del texto, presenta los principios de conservación en forma integral y diferencial. Particularmente reseñable es el hecho de que todas las expresiones diferenciales se presentan en notación vectorial y tensorial. En una tercera sección se presentan las ideas fundamentales del análisis dimensional y el proceso de adimensionalización. La sección final trata de fenómenos de transporte en interfases, capas límite, etc. El libro está profusamente seccionado y separa muy nítidamente definiciones (axiomas) de deducciones.

Todos los capítulos contienen ejercicios relativamente simples, complementados por una sección de problemas de autoevaluación final. Nueve breves apéndices completan el texto, agrupando resultados y notaciones básicas de cálculo, colecciones de fórmulas o extendiendo resultados del texto a situaciones más complejas. Como ya he indicado, se trata de un libro que presenta ideas físicas muy básicas y precisamente por ello puede ser de utilidad para matemáticos que deseen adentrarse en el lenguaje de los fluidos y en aspectos de los modelos a los que no siempre se presta atención en la formación al uso (unidades, dimensiones, etc).



*Eddy Current Approximation of Maxwell Equations: Theory, Algorithms and Applications*

Ana Alonso Rodríguez y Alberto Valli

Editorial Springer

ISBN-10: 8847015057 ISBN-13: 978-8847015050 ISBN: 978-84-481-66021  
(350 páginas) – 2010

Por Pilar Salgado

Este libro se ha publicado en la serie MS & A (Modeling, Simulation and Applications) de Springer-Verlag; esta serie ofrece contribuciones de alto nivel que describen la interrelación de diferentes disciplinas como el análisis matemático, el análisis numérico y el cálculo científico, reflejando además la capacidad de la simulación numérica en el estudio de aplicaciones de la vida real. En este contexto, este libro se ocupa del análisis matemático y la aproximación numérica del llamado *modelo de eddy currents* en régimen armónico en dominios tridimensionales. Está escrito por dos especialistas en este campo y, de hecho, una buena parte de los resultados son fruto de su trabajo conjunto en los últimos años.

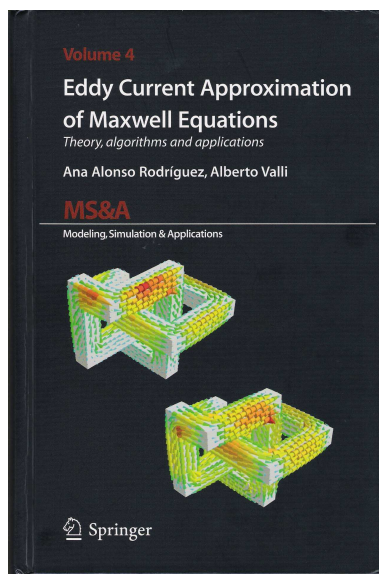
El modelo de *eddy currents* es un modelo electromagnético obtenido a partir de las ecuaciones de Maxwell despreciando el término de desplazamiento eléctrico, el cual permite simular numerosos problemas en física e ingeniería, tal y como los autores se han preocupado de ilustrar en el texto. Una característica relevante del modelo de *eddy currents* es que su análisis matemático y numérico depende en gran medida de las incógnitas físicas elegidas para establecer su formulación. Por ello, los autores realizan una revisión exhaustiva de un amplio número de formulaciones estudiadas en la bibliografía en términos de los campos magnético y eléctrico o combinando distintos potenciales escalares y vectoriales. Para cada formulación, presentan de manera rigurosa el análisis de existencia y unicidad de solución del problema así como la convergencia del método de

elementos finitos propuesto; además, prestan especial atención a la topología del dominio computacional, a la forma de imponer las fuentes de corriente y a las ventajas e inconvenientes de cada formulación. A continuación se realiza un resumen de los temas abordados en los distintos capítulos.

En el Capítulo 1, a partir de las ecuaciones de Maxwell se introduce el modelo de *eddy currents* en régimen transitorio y armónico; sin embargo, el libro se centra en el estudio del modelo en régimen armónico, es decir, bajo la hipótesis de que todos los datos y campos varían de forma sinusoidal respecto al tiempo. Se describe el contexto geométrico que se considerará en la mayoría de los capítulos, un dominio tridimensional acotado que incluye conductores y dieléctricos y se completa el modelo con tres conjuntos distintos de condiciones de contorno. La última parte del capítulo está destinada al estudio y caracterización de campos de vectores armónicos, relevantes para tratar la topología del dominio dieléctrico y probar existencia y unicidad de solución de los distintos problemas.

En el Capítulo 2 se analiza en que sentido el modelo de *eddy currents* es una aproximación adecuada del sistema de ecuaciones de Maxwell. Así, se analiza en términos del campo eléctrico la aproximación del modelo de *eddy currents* como límite del sistema de Maxwell cuando la frecuencia tiende a cero o cuando la permitividad eléctrica tiende a cero.

Los Capítulos 3, 4, 5 y 6 estudian el problema de *eddy currents* planteado en el primer capítulo con las distintas condiciones de contorno y suponiendo la fuente de excitación conocida en una parte del dominio. Así, el Capítulo 3 estudia la existencia y unicidad del problema utilizando para ello una formulación planteada únicamente en términos del campo magnético. El Capítulo 4 estudia formulaciones híbridas del problema, caracterizadas por la introducción de multiplicadores de Lagrange para imponer restricciones de divergencia o rotacional nulas. El Capítulo 5 estudia formulaciones que combinan el campo magnético o el campo eléctrico con potenciales escalares. Por último, el Capítulo 6 se centra en las formulaciones más clásicas utilizadas en ingeniería en términos de potenciales escalares y vectoriales. En este capítulo, cabe destacar además el análisis riguroso que se hace de las diferentes condiciones *Gauge* para garantizar la unicidad del vector potencial magnético. Los esquemas numéricos descritos en los distintos capítulos combinan elementos finitos de arista y elementos finitos nodales.



El Capítulo 7 se centra en el estudio del modelo de *eddy currents* en todo el espacio, es decir, en un dominio no acotado. La resolución numérica del problema se aborda combinando métodos de elementos finitos y métodos de elementos de contorno y utilizando distintas formulaciones en términos de campos y potenciales.

El Capítulo 8 retoma el modelo de *eddy currents* en dominios acotados, pero preocupándose de imponer las fuentes de corriente a partir de intensidades de corriente o diferencias de potencial mediante la definición de condiciones de contorno adecuadas. Este tipo de excitaciones son de gran importancia en aplicaciones reales donde es necesario acoplar el modelo de *eddy currents* con un modelo de circuitos eléctricos. En este capítulo, se estudian formulaciones basadas en campos y potenciales escalares y vectoriales destacando aquellos problemas que los autores consideran más interesantes desde el punto de vista de la implementación.

El Capítulo 9 describe diferentes aplicaciones cuya simulación numérica requiere la resolución del modelo de *eddy currents*. Así se describen dos problemas de la industria metalúrgica (electrodos metalúrgicos y hornos de inducción electromagnética), aplicaciones en bioelectromagnetismo (electroencefalografía y magnetoencefalografía), ejemplos de levitación magnética, transformadores eléctricos y técnicas de ensayos no destructivos. A lo largo del capítulo se pone de manifiesto la importancia del modelo de *eddy currents* tanto en régimen armónico como transitorio así como su acoplamiento con modelos térmicos, hidrodinámicos o estructurales. En cada aplicación se detalla el problema electromagnético a resolver y se proporciona una amplia bibliografía sobre el tema.

El libro finaliza con un Apéndice que incluye herramientas de análisis funcional utilizadas en el desarrollo de los capítulos, una introducción a los espacios de elementos finitos nodales y de arista y resultados de descomposiciones ortogonales.

Cabe señalar que se trata de un libro autocontenido y resulta muy adecuado tanto para matemáticos como para ingenieros interesados en el estudio y resolución numérica del modelo de *eddy currents* en dominios tridimensionales.





## Direcciones útiles

### Grupo Editor del Boletín electrónico de SēMA

**Sergio Amat Plata.** ([sergio.amat@upct.es](mailto:sergio.amat@upct.es))

Dpto. de Matemática Aplicada y Estadística. Univ. Politécnica de Cartagena. Paseo de Alfonso XIII, 52. 30203 Cartagena (Murcia). *Tel:* 968 325 694.

**Carlos Angosto Hernández.** ([carlos.angosto@upct.es](mailto:carlos.angosto@upct.es))

Dpto. de Matemática Aplicada y Estadística. Univ. Politécnica de Cartagena. Paseo de Alfonso XIII, 52. 30203 Cartagena (Murcia). *Tel:* 968 325 588.

**Sonia Busquier Sáez.** ([sonia.busquier@upct.es](mailto:sonia.busquier@upct.es)).

Dpto. de Matemática Aplicada y Estadística. Univ. Politécnica de Cartagena. Paseo de Alfonso XIII, 52. 30203 Cartagena (Murcia). *Tel:* 968 325 582.

**María Moncayo Hormigo.** ([maria.moncayo@upct.es](mailto:maria.moncayo@upct.es)).

Dpto. de Matemática Aplicada y Estadística. Univ. Politécnica de Cartagena. Doctor Fleming, s/n. 30202 Cartagena (Murcia). *Tel:* 968 338 887.

**José Alberto Murillo Hernández.** ([alberto.murillo@upct.es](mailto:alberto.murillo@upct.es)).

Dpto. de Matemática Aplicada y Estadística. Univ. Politécnica de Cartagena. Doctor Fleming, s/n. 30202 Cartagena (Murcia). *Tel:* 968 338 912.

### Responsables de secciones del Boletín electrónico de SēMA

#### Boletín Electrónico:

**Inmaculada Higuera Sanz.** ([higuera@unavarra.es](mailto:higuera@unavarra.es)).

Dpto de Matemática e Informática Univ. Pública de Navarra. Campus de Arrosadía, s/n. 31006 Pamplona. *Tel:* 948 169 526.

#### Matemáticas e Industria:

**Mikel Lezaun Iturralde.** ([mlepleitm@lg.ehu.es](mailto:mlepleitm@lg.ehu.es)).

Dpto. de Matemática Aplicada, Estadística e I. O. Fac. de Ciencias. Univ. del País Vasco. Aptdo. 644. 48080 Bilbao (Vizcaya). *Tel:* 944 647 700.

#### Educación Matemática:

**Roberto Rodríguez del Río.** ([rr\\_delrio@mat.ucm.es](mailto:rr_delrio@mat.ucm.es)).

Dpto. de Matemática Aplicada. Fac. de Químicas. Univ. Compl. de Madrid. Ciudad Universitaria. 28040 Madrid. *Tel:* 913 944 102.

#### Anuncios, Resúmenes de tesis doctorales y libros:

**Francisco Javier Sayas.** ([fjsayas@math.udel.edu](mailto:fjsayas@math.udel.edu)).

Department of Mathematical Sciences. University of Delaware. 501 Ewing Hall. Newark. DE 19716. USA.

### Responsables de otras secciones de SēMA

#### Gestión de Socios:

**Juan Belmonte Beitia.** ([juan.belmonte@uclm.es](mailto:juan.belmonte@uclm.es)).

Dpto. de Matemáticas. E.T.S.I. Industriales. Univ. de Castilla-La Mancha. Avda. de Camilo José Cela, s/n. 13071 Ciudad Real. *Tel:* 926 295 300 ext. 6376. *Fax:* 926 295 361.

**Página web:** [www.sema.org.es/](http://www.sema.org.es/):

**Julio Moro Carreño.** ([jmoro@math.uc3m.es](mailto:jmoro@math.uc3m.es)).

Dpto. de Matemáticas. Univ. Carlos III de Madrid. Avda. de la Universidad, 30. 28911 Madrid. *Tel:* 91 336 6766.