





**SERGIO AMAT PLATA**

**EL ROL DE LA MATEMÁTICA  
APLICADA**

LECCIÓN INAUGURAL  
DEL CURSO ACADÉMICO 2013-2014  
EN LAS UNIVERSIDADES PÚBLICAS  
DE LA REGIÓN DE MURCIA

UNIVERSIDADES PÚBLICAS DE LA REGIÓN DE MURCIA  
CARTAGENA, 2013



SERGIO AMAT PLATA  
Catedrático de Matemática Aplicada  
Departamento de Matemática Aplicada y Estadística  
Escuela Técnica Superior de Ingeniería Naval y Oceánica  
Universidad Politécnica de Cartagena

# EL ROL DE LA MATEMÁTICA APLICADA

LECCIÓN INAUGURAL  
DEL CURSO ACADÉMICO 2013-2014  
EN LAS UNIVERSIDADES PÚBLICAS  
DE LA REGIÓN DE MURCIA

UNIVERSIDADES PÚBLICAS DE LA REGIÓN DE MURCIA  
CARTAGENA, 2013

© Sergio Amat Plata  
Universidad Politécnica de Cartagena, 2013

Depósito Legal: MU – 930 – 2013

Imprime: Servicio de Publicaciones. Universidad de Murcia

# **EL ROL DE LA MATEMÁTICA APLICADA**





*Excmo. Sr. Presidente de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia,*

*Sres. Rectores Magníficos de las Universidades Públicas de la Región de Murcia,*

*Excmas. e Ilmas. Autoridades,*

*Queridos amigos y compañeros de la Comunidad Universitaria,*

*Señoras y Señores:*

## **1. Introducción**

Permítanme comenzar con unas palabras sobre mi **profesión**. Las **matemáticas** son uno de los logros culturales más antiguos de la humanidad, como la literatura, el arte o la música. Las matemáticas deben ser entendidas como una actividad humana, un fenómeno social, que forma parte de la cultura, de su evolución histórica, e inteligible sólo en un contexto social. De hecho, las matemáticas siempre han sido desarrolladas **en combinación con otros campos**.

Veamos algunos ejemplos **significativos** de este tipo de matemáticos:

**Pitágoras** (582-505 a.C.). Sus enseñanzas basadas en las disciplinas del saber científico de la época (aritmética, astronomía, geometría y música) no las concebía separadas unas de otras, sino como un sistema de saber interdisciplinar.



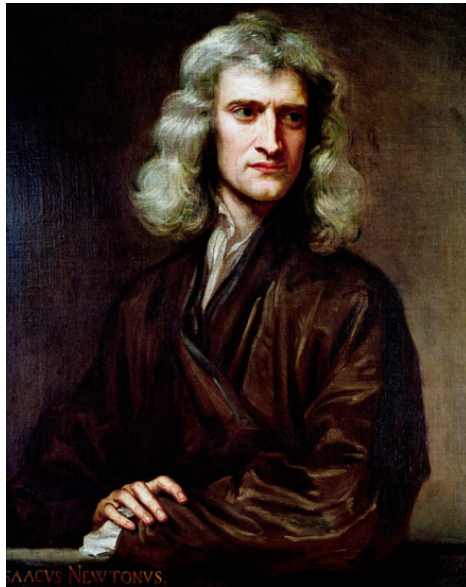
**Pitágoras**

**Arquímedes** (287-212 a.C.) Aunque el principio de Arquímedes fue introducido como principio (Eureka), de hecho puede considerarse un teorema demostrable a partir de las ecuaciones de Navier-Stokes para un fluido en reposo, mediante el teorema de Stokes.



**Arquímedes**

**I. Newton** (1643-1727) Newton, una de las mentes más importantes de la historia, comparte con Leibniz el crédito por el desarrollo del cálculo integral y diferencial, que utilizó para formular sus leyes de la física.



**Newton**

**G. Leibniz** (1646-1716) Se le reconoce como "El último genio universal".



**Leibniz**

**C.F. Gauss** (1777-1855) *El príncipe de los matemáticos*, junto a Arquímedes y Newton ocuparía el podium de los grandes genios de las matemáticas a lo largo de la Historia.



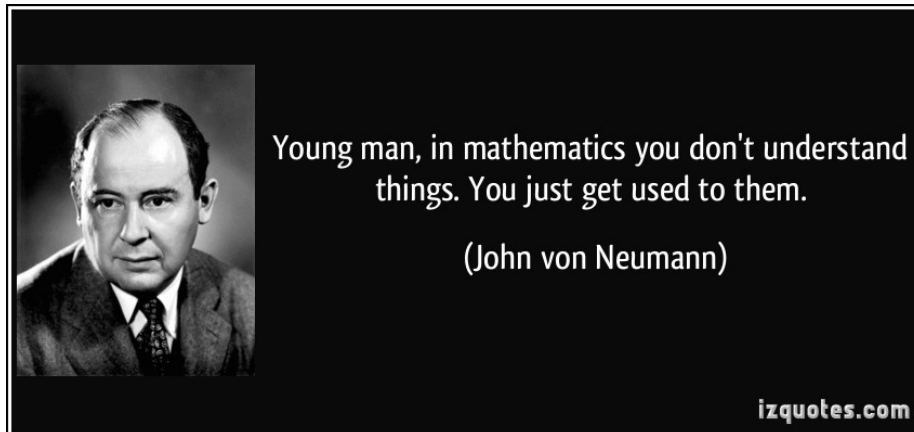
**Gauss**

**S. Kowalewskaya** (1850-1891) Fue la primera mujer Catedrática en el norte de Europa y la primera en ser editora de una revista científica.



**S. Kowalewskaya**

**J. von Neumann** (1903-1957) Es considerado como uno de los más importantes matemáticos de la historia moderna.



La matemática como una **profesión** en sí misma no tiene más de 150 años. Y la distinción entre **matemáticos puros y aplicados** es aún más joven, aunque esta distinción, hoy en día, parece bastante artificial. La **Matemática Aplicada** pueden ser vista como la parte de las matemáticas que trabaja con modelos relacionados con problemas de la vida real.

En básicamente **todos los campos de la ingeniería**, la computación y simulación científica son indispensables. Algunos ejemplos son: tomografía por ordenador, diseño geométrico, reconstrucción y visualización, dispersión de los campos electromagnéticos y acústico, mecánica de sólidos, mecánica de fluidos, procesamiento de señales, procesos químicos, etc.

Hoy en día, la industria utiliza, a menudo, matemáticas directamente. El Jefe de Exxon, en un informe expresaba: *"Al parecer, muy pocas personas reconocen que la alta tecnología que se utiliza hoy en día es esencialmente de carácter matemático... Las matemáticas están, o deberían estar, jugando un papel integral en la industria de los Estados Unidos para acercarse a sus desafíos, aquí y en el extranjero"*.

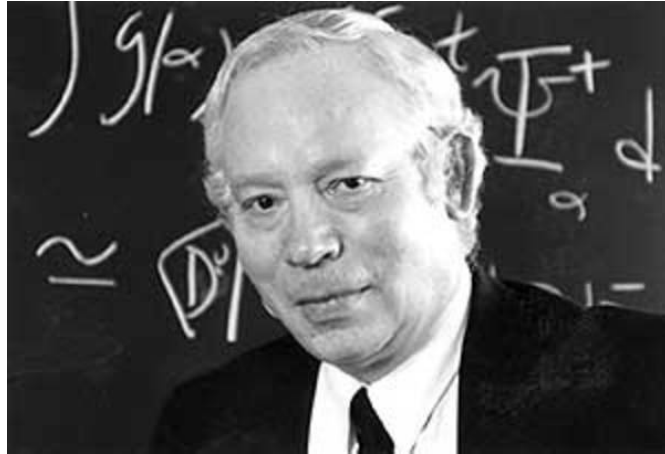
De hecho, las matemáticas parece ser la tecnología clave de nuestro futuro y también el **"lenguaje de los ingenieros"**.

Entonces porque podemos escuchar...



**Eugene Wigner**

El físico Eugene Wigner dijo: *el milagro de la adecuación del lenguaje de las matemáticas para la formulación de las leyes de la física es un regalo maravilloso que ni entendemos ni merecemos.*



**Steven Weinberg**

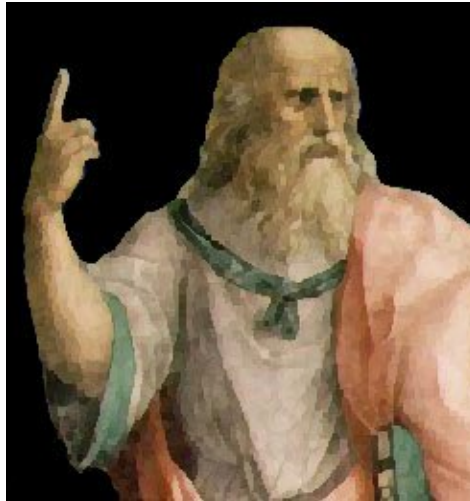
Steven Weinberg es otro físico que encuentra la aplicación de matemáticas desconcertantes: *Es muy extraño que los matemáticos sean guiados por su sentido de la belleza matemática para desarrollar estructuras formales que los físicos sólo encuentran útiles más adelante. Es como si Neil Armstrong en 1969, cuando puso el primer pie en la superficie de la Luna se hubiera encontrado huellas de los pasos de Julio Verne.*

Yo creo que el motivo es que la Matemática se volvió pura.

## **2. Las matemáticas se volvieron puras: Siglos XVII y XIX**

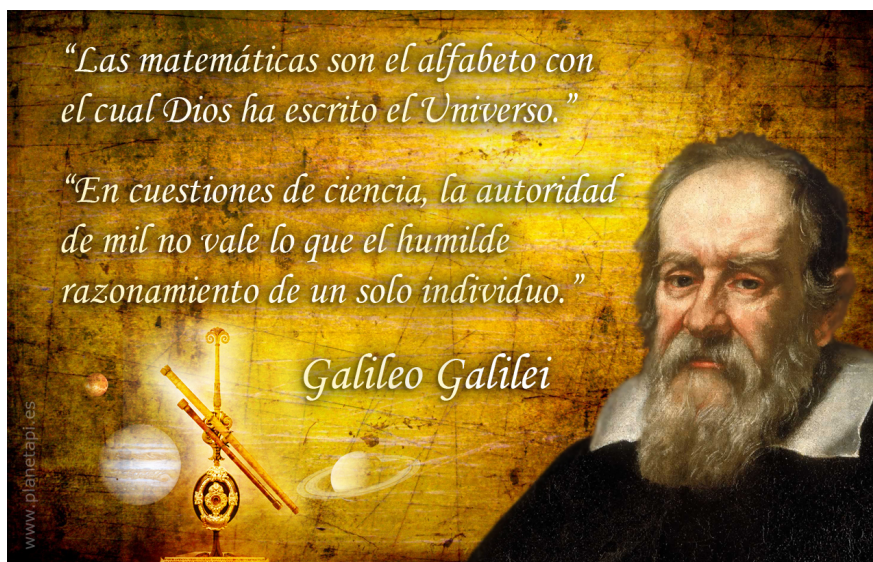
En un principio, es decir, en **Platón**, el conocimiento matemático se distinguió considerablemente de la creencia perceptual común sobre el mundo.





**Platón**

La Ciencia, para los griegos no era lo que llamamos "ciencia" hoy en día, entre los antiguos y nosotros se cierne la **revolución científica**, el comienzo de las ciencias experimentales.

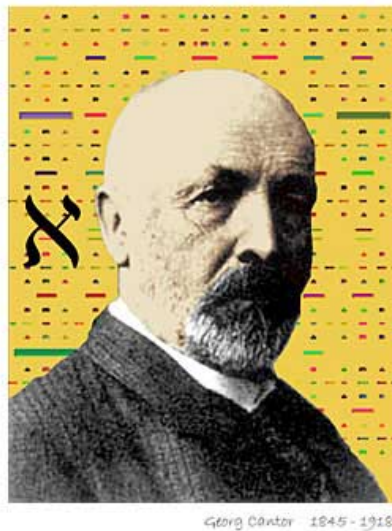


Los pioneros de la nueva ciencia, como **Galileo**, pusieron a las matemáticas en un lugar central en el diseño del universo de Dios. Los grandes pensadores de la época - desde Descartes y Galileo a



Huygens y Newton – hicieron **matemáticas como ciencia y ciencia como matemáticas** sin ningún esfuerzo para separar las dos.

Sin embargo, a lo largo de los siglos XVIII y XIX, la imagen cambió drásticamente: poco a poco y sin darse mucha cuenta, los matemáticos comenzaron a introducir conceptos que tenían poco o ningún **significado físico** directo. Este sentimiento aparece en el pensamiento de muchos de los matemáticos más innovadores de finales del siglo XIX, hoy en día, sigue siendo la ortodoxia estándar para algunos.



**Cantor**

La nueva visión embriagadora de las matemáticas que acompañó este cambio está quizás mejor expresada por **Cantor**: *Las matemáticas son totalmente libres en su desarrollo. La esencia de las matemáticas reside en su libertad.*

Una justificación usual es la diferencia entre el descubrimiento del **cálculo** por parte de Newton y de Leibniz. **Newton** no pretendía que sus técnicas matemáticas constituyesen una teoría o método general en lugar de diseñar algoritmos para todo uso, él se '**limitó**' a resolver un problema individual tras otro. La cuestión fue que el enfoque simbólico algebraico de **Leibniz** demostró ser mucho **más flexible y eficaz** que el geométrico de Newton.

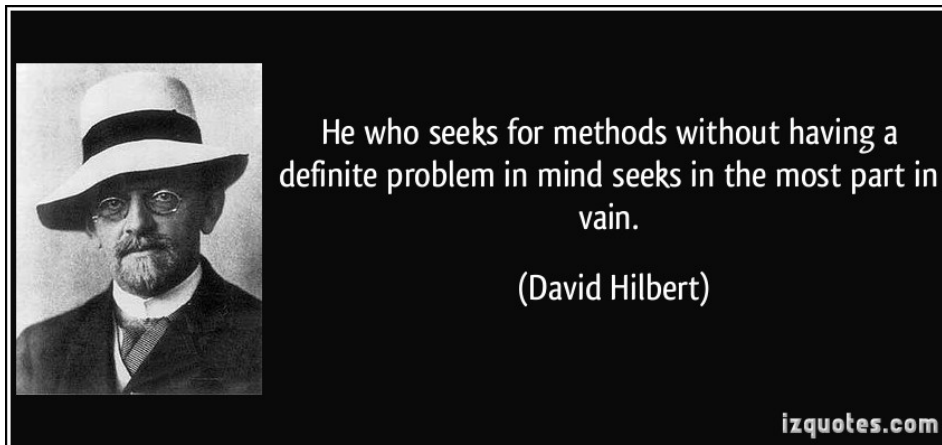


**Fourier**

No obstante, nunca se ha perdido la convicción que las teorías **matemáticas** representan verdaderamente la estructura subyacente del **mundo** y la aprobación de estas teorías como la descripción de los **fenómenos**. Quizás el ejemplo más claro en el siglo XIX fue el innovador trabajo de **Fourier** (1768-1830) sobre la dinámica del calor.

### 3. El impacto de las matemáticas en otras ciencias: Siglo XX

Los matemáticos pasaron años de aprendizaje en **un sistema completo de la abstracción** antes de hacer su propio pensamiento. El siglo XX hizo un replanteamiento de los fundamentos de las matemáticas, se caracteriza por un nuevo enfoque de las matemáticas, impulsado por el famoso juego de **David Hilbert** (1862-1943) "problemas matemáticos" en el Congreso Internacional de Matemáticos de 1900.



En el período de 1950 a 1970 los matemáticos se concentraron en torno a problemas de la topología algebraica, geometría algebraica y análisis complejo y desarrollaron nuevos conceptos y nuevos métodos. Como consecuencia del nuevo enfoque de las matemáticas, los matemáticos puros **se alejaron de las aplicaciones** y no se veía la necesidad de colaborar con otros científicos. Las matemáticas se convirtieron más en sí, y la distinción entre **pura y matemática aplicada** se hizo mucho más pronunciada.

Desde el comienzo de la década de los años 70, hubo un retorno a los **temas más clásicos**, pero en un nuevo nivel. La aplicación de las matemáticas abstractas han permitido realizar algunos de los avances más sorprendentes del siglo XX en Física, en ciencias de la vida y en tecnología. Las nuevas herramientas matemáticas y los desarrollos en la tecnología informática, en algoritmos, en modelos matemáticos y en la informática científica han dado lugar a **notables descubrimientos**.

Hacia el final del siglo XX, se ve la necesidad de reducir las líneas de división dentro de las matemáticas, para abrirse hasta otras disciplinas y fomentar la línea de **investigación interdisciplinar**.

La opinión actual es que esta interacción se está **fortaleciendo** aún más en el siglo XXI. Se están realizando esfuerzos para facilitar la colaboración en la investigación y obtener una nueva generación de matemáticos y científicos interdisciplinarios.

Durante los últimos 50 años, la evolución de las matemáticas, la informática y las comunicaciones han hecho posible la mayor parte de los impresionantes descubrimientos en las ciencias básicas, las tremendas innovaciones e invenciones en ciencias de la ingeniería y la tecnología y los grandes logros y avances en economía y ciencias de la vida.

Cada rama de las matemáticas tiene un potencial de aplicación tanto en otros campos de las matemáticas como en otras disciplinas.

#### 4. Las matemáticas son el futuro

Citaremos algunas posibles aplicaciones donde las matemáticas son y van a ser fundamentales.

**Creatividad y eficiencia:** Cada vez más empresas utilizan a los matemáticos para la búsqueda de soluciones asociadas a la más amplia gama de cuestiones.



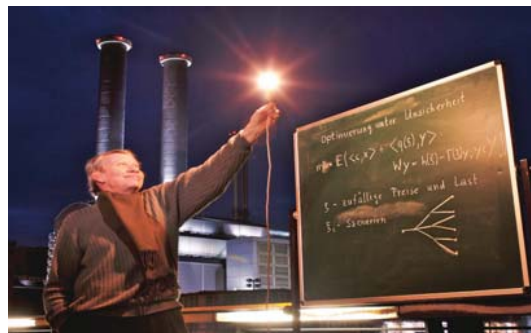
**Como cura:** Las matemáticas ha asumido un papel importante en muchas ramas de las ciencias de la vida, como en el desarrollo de nuevos medicamentos, terapias y curas.



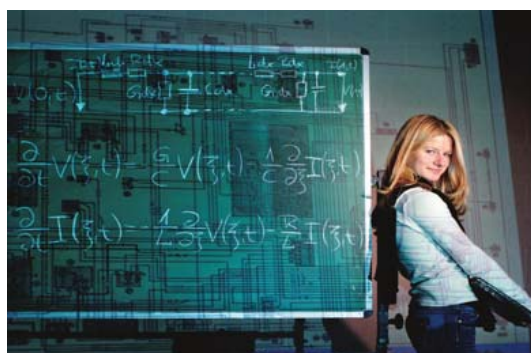
**Redes para un mundo organizado:** Sin gran capacidad de redes de comunicación y transferencia de datos, sería imposible navegar por Internet o incluso hacer una llamada telefónica.



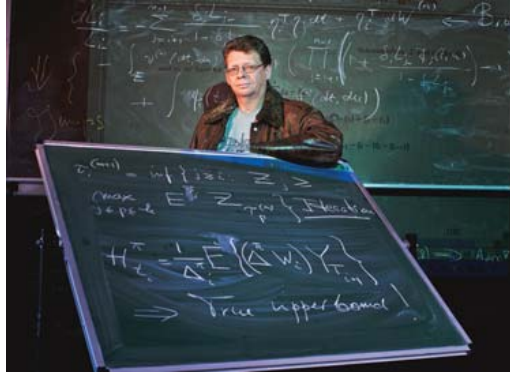
**Producción eficiente:** Una importante contribución a los retos que plantea el desarrollo, la producción y el procesamiento ha sido realizada por el modelado, la simulación y la optimización.



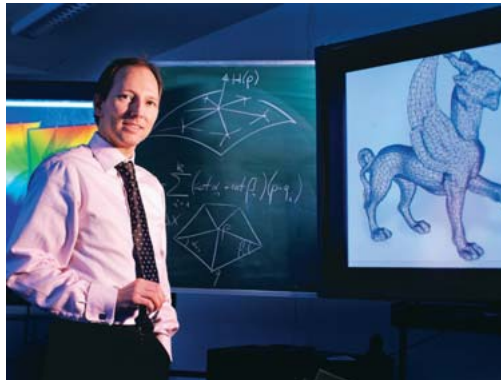
**Matemáticas para los chips del Mañana:** Durante muchos años, la modelización matemática y la simulación numérica se han empleado con éxito en los desarrollos de la tecnología eléctrica.



**Riesgos financieros:** Métodos basados en la teoría de la probabilidad y la estadística, se utilizan a menudo para analizar los riesgos financieros en sus diversas formas.



**Imagen virtual:** Los datos se convierten en accesibles sólo una vez que se han procesado y filtrado con eficientes algoritmos.



**Matemáticas como la madre de la invención:** el enfoque matemático permite entender mejor los problemas, reconocer lo que es esencial, poder hacer predicciones en situaciones difíciles y para tomar mejores decisiones.



**Por lo tanto, es imprescindible enseñar bien las matemáticas...**

La experiencia en la enseñanza de las matemáticas numéricas es muy **modesta** en comparación con, por ejemplo, el cálculo, la geometría o el álgebra elemental. Se puede distinguir aquí entre dos etapas: la primera etapa (pre-ordenador), a principios de 1960 - finales de 1980, cuando las **herramientas computacionales** eficientes no estaban disponibles y la educación se centró en cuestiones teóricas, y la segunda etapa, que comenzó quizá en el inicio de la década de 1990. El sistema educativo basado en las ideas de la matemática pura y aplicada en los **niveles de iniciación** se ha desarrollado durante las dos últimas décadas.

En cuanto a la enseñanza de los métodos numéricos y las matemáticas aplicadas se refiere, debemos distinguir entre **dos tipos de niveles** introductorios: para estudiantes con menor conocimiento de las matemáticas fundamentales y para estudiantes que ya ha completado los cursos básicos de cálculo, álgebra, etc. El estudio de temas matemáticos mediante el uso de los **ordenadores** permite obtener aproximaciones numéricas a problemas de interés y nos permite acercarnos a las aplicaciones reales (modelos). Esta matemática práctica permite sacar **conclusiones teóricas** muy valiosas para entender los algoritmos usados.





*Las clases prácticas son de capital importancia.* El objetivo debe ser inducir a los alumnos al **estudio activo de las matemáticas** y fomentar la **actividad científica interdisciplinar**.

## **5. Matemáticas del planeta Tierra 2013**

La iniciativa internacional **Matemáticas en el Planeta Tierra** pretende reclamar la atención de los investigadores sobre los grandes retos que afronta nuestro mundo y mostrar al público la potencia de la **herramienta matemática** para tratar este tipo de problemas, que abarcan desde el **cambio climático hasta el estudio de enfermedades infecciosas**.

Según el análisis de los datos registrados antes y durante el temblor de **Lorca** por un equipo internacional, la explotación de los acuíferos de la vega lorquina alteró el estado de fuerzas bajo la super-

ficie terrestre, controlando las características del terremoto, como pudo comprobarse con **modelos matemáticos**.

**La matemática española** está en muy buena forma pero tiene un cierto déficit en líneas que sean realmente interdisciplinarias y en las que haya una colaboración real entre matemáticos y experimentalistas.

La **difusión pública** de los resultados de la investigación, de forma entendible, didáctica e impactante es muy importante. No se espera que un desarrollo de investigación matemática ayude a entender los **cánceres** o permita avanzar en la obtención de **energías renovables**, y sin embargo, tal y como muestran diversas experiencias de éxito, así es.

## **6. Algunas aplicaciones en Ingeniería Naval y Oceánica**

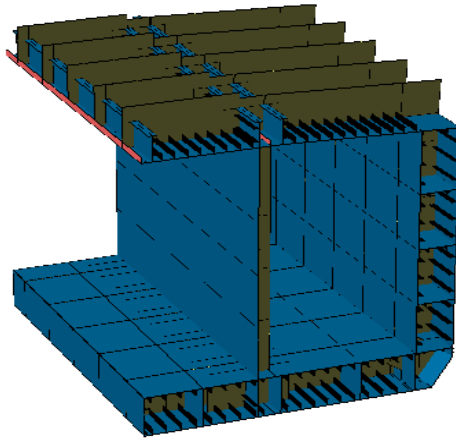
Son muchas las aplicaciones que la Matemática Aplicada tiene relacionada con la Ingeniería Naval y Oceánica. Aquí simplemente mencionaremos algunas con las que nuestro grupo de investigación está relacionado.

Una herramienta fundamental en el diseño naval son las superficies NURBS. Son muy eficientes para la construcción del mismo pero no tanto para el análisis dinámico del mismo. El problema es que el movimiento de estas superficies genera artefactos en el diseño. Pa-

ra paliar este problema existen otras formas de generar mallas como los esquemas de subdivisión, los cuales tienen muchas aplicaciones en diseño asistido por computador y procesado de imágenes. La construcción y análisis de estos esquemas son una parte fundamental de la investigación de nuestro grupo.

Cuando lo que deseamos es optimizar el diseño de un barco y obtener nuevos diseños que mejoren alguna característica del barco, la modelización matemática es de gran ayuda. Esta es otra de las ramas de nuestro grupo. Aquí mencionaremos simplemente un par de ejemplos de este tipo de aplicaciones que dieron lugar a dos proyectos fin de carrera.

- 1) Optimización de la estructura de un quimiquero teniendo como función objetivo **reducir el peso**: Los objetivos fueron conseguir una estructura óptima sobre la base de una cifra de mérito seleccionada, mejorar las prestaciones del buque gracias a un software de modelización y diseño, y finalmente estudiar los criterios matemáticos de optimización. La reducción de peso obtenida en este diseño, gracias a un acierto de la elección de variables de diseño, así como de sus restricciones, fue del 16,35% del peso total de la estructura. Así podemos decir que estas herramientas matemáticas nos ayudan a poder realizar buques más competitivos, reduciendo el coste tanto de adquisición como de vida operativa.



- 2) Modelización de la **maniobrabilidad** de un buque a baja velocidad: La identificación de parámetros para el movimiento no lineal mediante el control adaptativo de maniobra y mediante los ensayos oportunos en el modelo del buque dieron valores bastante reales. Los ensayos para la identificación de parámetros fueron realizados por el Marine Cybernetics Laboratory en Trondheim, Noruega. A través de los ensayos realizados con el modelo del buque se pudieron obtener valores de los parámetros que le proporcionan al CyberShip II una maniobrabilidad muy completa. Se cree que los valores obtenidos en los ensayos están muy cerca de los valores reales. Además, demostró que realiza la maniobra deseada a lo largo de la ruta y en presencia de oleaje y viento.



## 7. Conclusión final

En definitiva la **Matemática Aplicada** es fundamental para el avance de la **Ciencia**. Y los problemas de la **Ciencia** motivan el avance de la **Matemática Aplicada**. La **unión** de los científicos nos hará más fuertes y nos permitirá ir resolviendo los problemas tan importantes que quedan pendientes...

El reto es complejo pero **el viaje va a ser fascinante.**





Esta charla está dedicada a:

A Sonia por tantas y tantas cosas.

A Roberto y Lidia por dar sentido a mi vida.

A mi madre por darme todo desde que nací.

A Pedro por hacer feliz a mamá.

A Manolo y Carmen por ser un ejemplo de dedicación.

A mis familiares y amigos (muchos de ellos de esta casa).

A la Educación Pública que me ha permitido ser lo que soy.

A los que me quisieron y que ya sólo están en mi corazón.

Y muy especialmente a ti papá, por quererme tanto.

Gracias a todos

