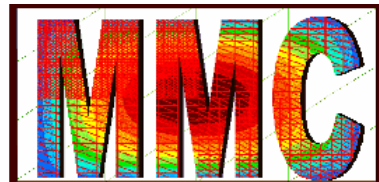




Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ciencias

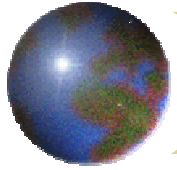
Modelación Matemática y Computacional en Ciencias e Ingenierías

Presenta:
Antonio Carrillo Ledesma



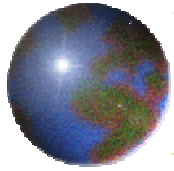
Modelación Matemática y Computacional

Octubre de 2019

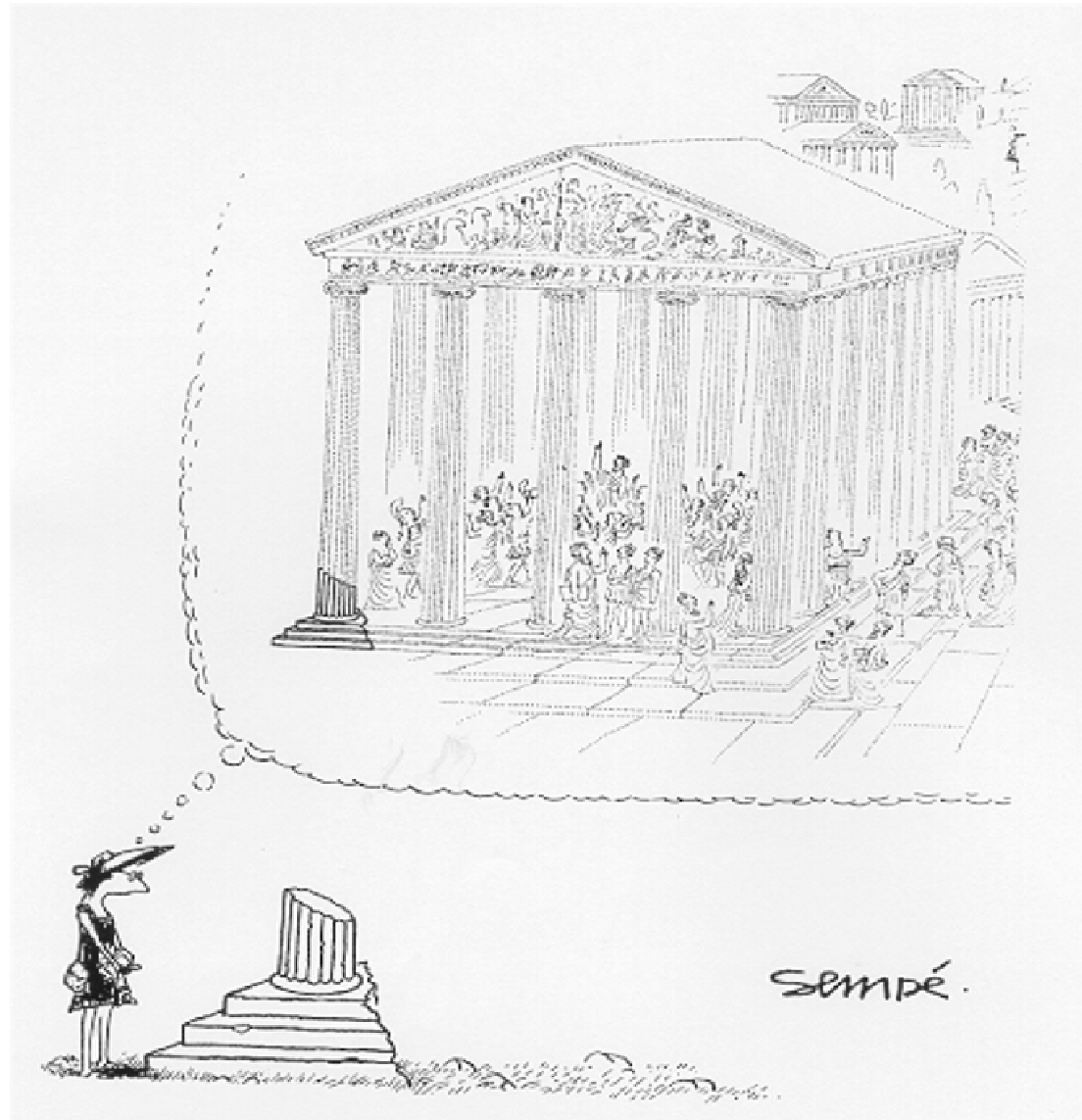


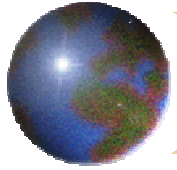
Contenido

- ⊕ Motivación
- ⊕ La Ingeniería Avanzada
- ⊕ La Modelación
- ⊕ Cómputo de Alto Rendimiento
- ⊕ Conclusiones



Motivación

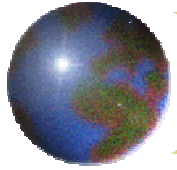




Motivación

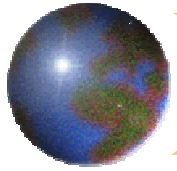
Predecir la Naturaleza es un Anheló Humano
Ancestral

- ✿ Los humanos han construido a la ciencia motivados, en gran medida, por este propósito
- ✿ Porque la “predicción científica” requiere de conocimientos profundos de los fenómenos naturales



Motivación ...

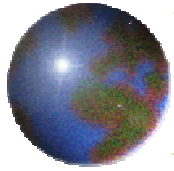
- ❖ Sin embargo, los conocimientos científicos y tecnológicos, por sí solos, no bastan para predecir el comportamiento de la naturaleza
- ❖ La modelación computacional es el elemento integrador indispensable para realizar la predicción científica



Motivación ...

Capacidad Actual de la MMC

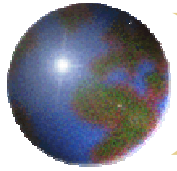
- ✚ La modelación computacional es ciencia transversal que ha llegado a los rincones más recónditos y diversos
- ✚ Continuamente aborda nuevos temas cuyos modelos es necesario implementar



Motivación ...

La Diversidad de los Sistemas de Interés es Enorme

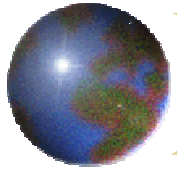
- ✚ Geociencias
- ✚ Ciencias de Materiales
- ✚ Ciencias del Mar
- ✚ Física
- ✚ Ambientales
- ✚ Ingeniería Sísmica
- ✚ Obras Civiles
- ✚ Suelos y Cimentaciones
- ✚ Biología
- ✚ Biomédicas
- ✚ Atmosféricas
- ✚ Químicos
- ✚ Explotación de Yacimientos Petroleros
- ✚ Geotérmicos
- ✚ Clima
- ✚ Eléctricos



Motivación ...

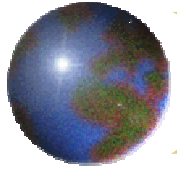
Paradigmas del Pensamiento Matemático

- ✚ En todos estos sistemas de interés el desarrollo de los paradigmas del pensamiento matemático; generalidad, claridad y sencillez, han sido de gran valor
- ✚ Este conocimiento se integra en modelos matemáticos-numéricos-computacionales
- ✚ Para su implementación se requieren generar modelos computacionales que permitan implementarlos en una o múltiples computadoras



Motivación ...

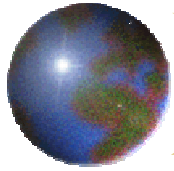
- ❖ La capacidad de predecir es fundamental en la Ciencia y la Ingeniería
- ❖ Predecir el comportamiento de los sistemas de interés en la Ingeniería y la Tecnología, es indispensable para controlarlos



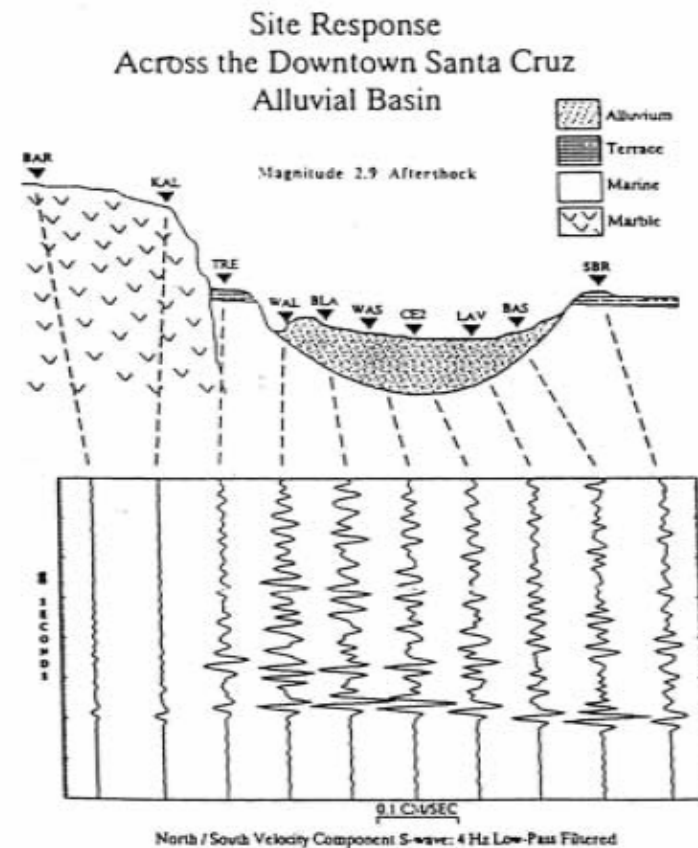
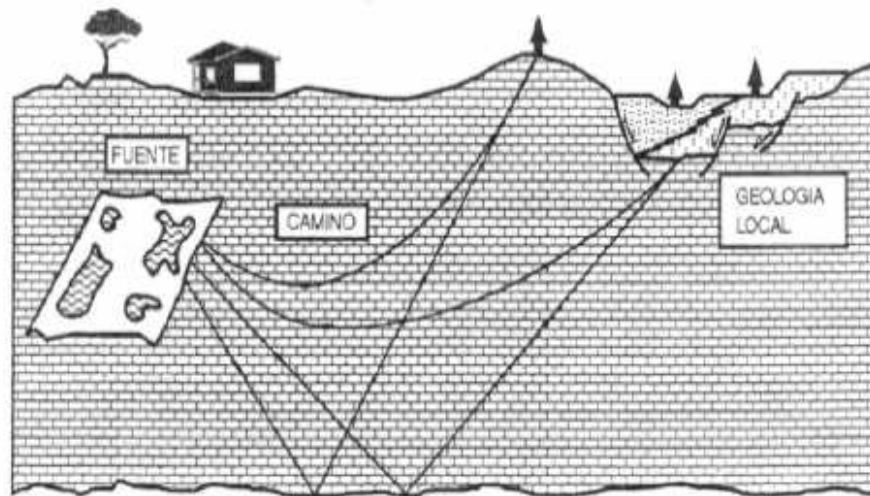
Motivación ...

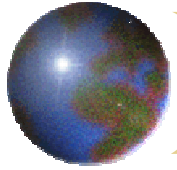
Función de la Predicción

- ✚ Diseño racional
- ✚ Operación óptima
- ✚ Prever el comportamiento de los sistemas naturales
- ✚ Planear las actividades
- ✚ Administración científica
- ✚ etcétera



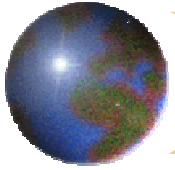
La Ingeniería Avanzada





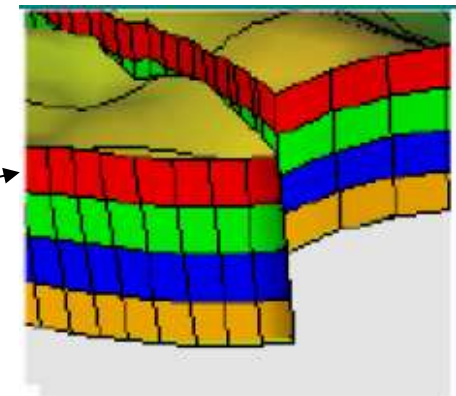
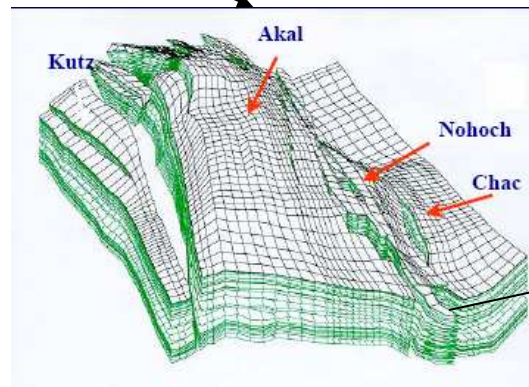
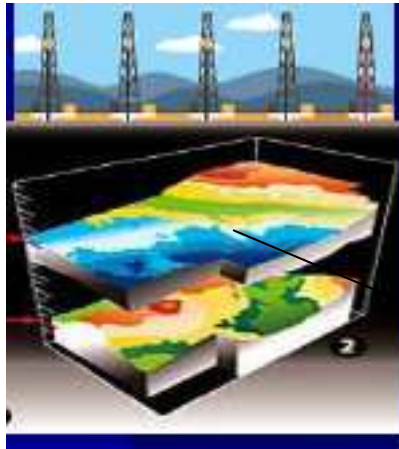
La Ingeniería Avanzada ...

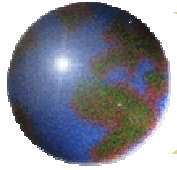
La predicción numérico-computacional
es la columna vertebral de la ingeniería
avanzada hoy en día



La Ingeniería Avanzada ...

PETRÓLEO





La Ingeniería Avanzada ...

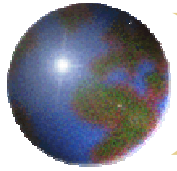
PETRÓLEO

La Exploración

- ✚ Indagación de la estructura interna
 - ▣ Modelación de ondas elásticas
 - ▣ Modelación de campos eléctricos y magnéticos

La Explotación

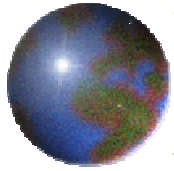
- ✚ Predicción del comportamiento de los fluidos en el yacimiento
 - ▣ Flujo y transporte en medios porosos



La Ingeniería Avanzada ...

Aportaciones de la Modelación Computacional

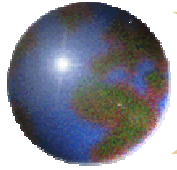
- ✚ Ampliación de las reservas mundiales
- ✚ Exploración a mayor profundidad y con mayor detalle
- ✚ Mejor aprovechamiento de los yacimientos después de su localización



La Ingeniería Avanzada ...

EL AGUA



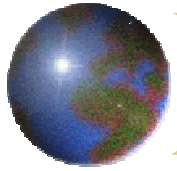


La Ingeniería Avanzada ...

EL AGUA

Hidrología subterránea:

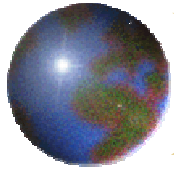
- Predicción del flujo
 - Acuíferos confinados
 - Acuíferos semiconfinados
 - Acuíferos Libres
- Predicción de la contaminación
 - Con difusión
 - De varias fases
 - Con reacción química
- Control del hundimiento del terreno
 - Predicción del hundimiento frente a diferentes alternativas de explotación



La Ingeniería Avanzada ...

Aportaciones de la Modelación Computacional

- ✚ Ampliación de los volúmenes disponibles para suministro
- ✚ Protección y seguridad para la población y la producción
- ✚ Capacidad para restaurar sistemas hidrológicos
- ✚ Protección de las obras civiles
- ✚ Administración científica del agua subterránea

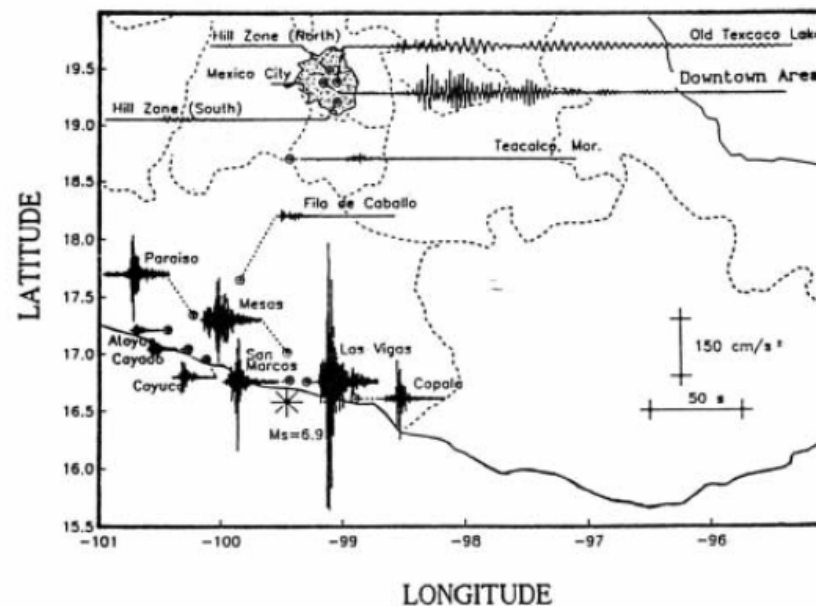
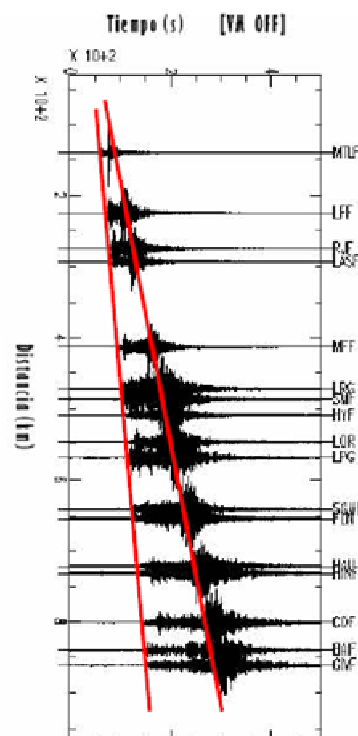


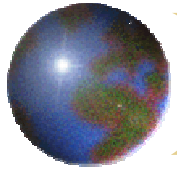
La Ingeniería Avanzada ...

SISMOLOGÍA

Michoacán (México) Earthquake $M_s = 8.1$

September 19, 1985

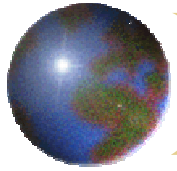




La Ingeniería Avanzada ...

SISMOLOGÍA

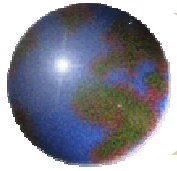
- ✚ Instrumentación para detección de ondas sísmicas
- ✚ Estudio del impacto de las ondas sísmicas en la sociedad y sus construcciones
- ✚ Sistema de alerta sísmica
- ✚ Generación de mapas de riesgo sísmico
- ✚ Reglamentación de construcción



La Ingeniería Avanzada ...

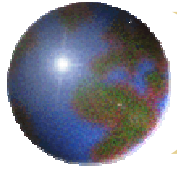
Aportaciones de la Modelación Computacional

- ✚ Promover el estudio científico de la tierra
- ✚ Instrumentación adecuada para la alerta sísmica
- ✚ Reglamentación para la construcción ante sismos
- ✚ Protección de las obras civiles



La modelación

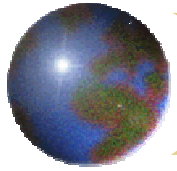




La modelación ...

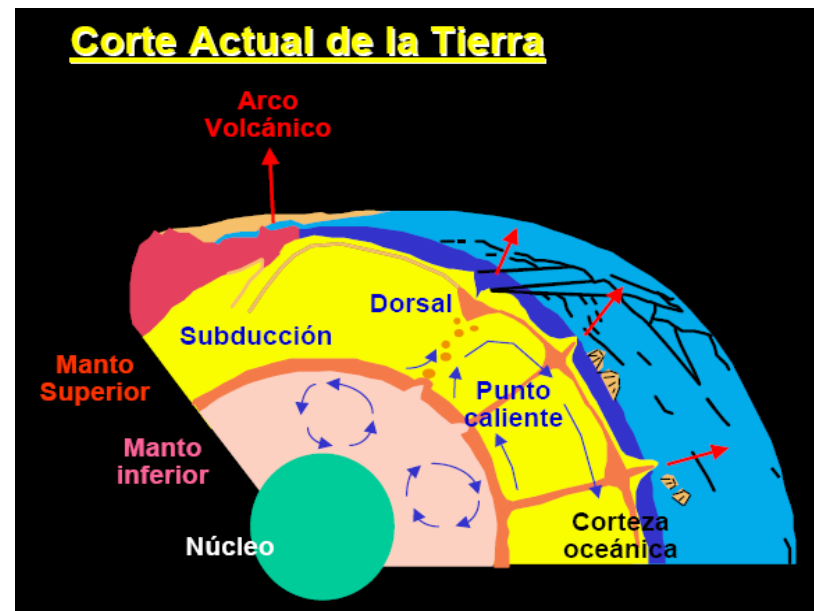
¿Qué Son los Modelos?

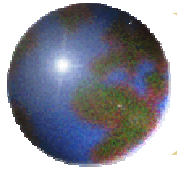
Sustituto del sistema cuyo comportamiento se desea
predecir



La modelación ...

¿Qué Son los Modelos?

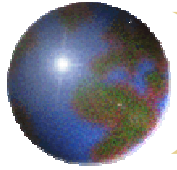




La modelación ...

¿Qué Son los Modelos Computacionales?

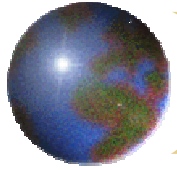
Es el conocimiento científico y tecnológico
que se integra en modelos matemáticos
que se transforman en programas de cómputo



La modelación ...

Los Grandes Retos

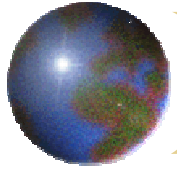
- ✚ Los sistemas de la Ciencia y la ingeniería son diversos
- ✚ Los sistemas de la Ciencia y la ingeniería son complejos
- ✚ Los sistemas de la Ciencia y la ingeniería tienen un gran número de grados de libertad



La modelación ...

Características de los Modelos

- ✚ Generalidad
- ✚ Sencillez
- ✚ Capacidad de enfrentar los grandes retos de la Ciencia y la Ingeniería

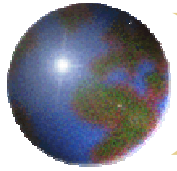


La modelación ...

Las Dos Físicas

- ✚ Física Macroscópica

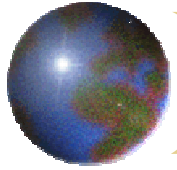
- ✚ Física Microscópica



La modelación ...

Los Sistema de la Física Macroscópica

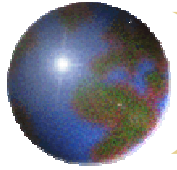
- ✚ La mayor parte de los sistemas de la ingeniería pertenecen a esta categoría
- ✚ Los modelo que los incluye a todos ellos es el de los sistemas continuos



La modelación ...

Características del Modelo de los Sistemas Continuos

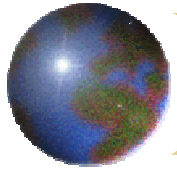
- ⊕ Generalidad
- ⊕ Sencillez
- ⊕ Claridad



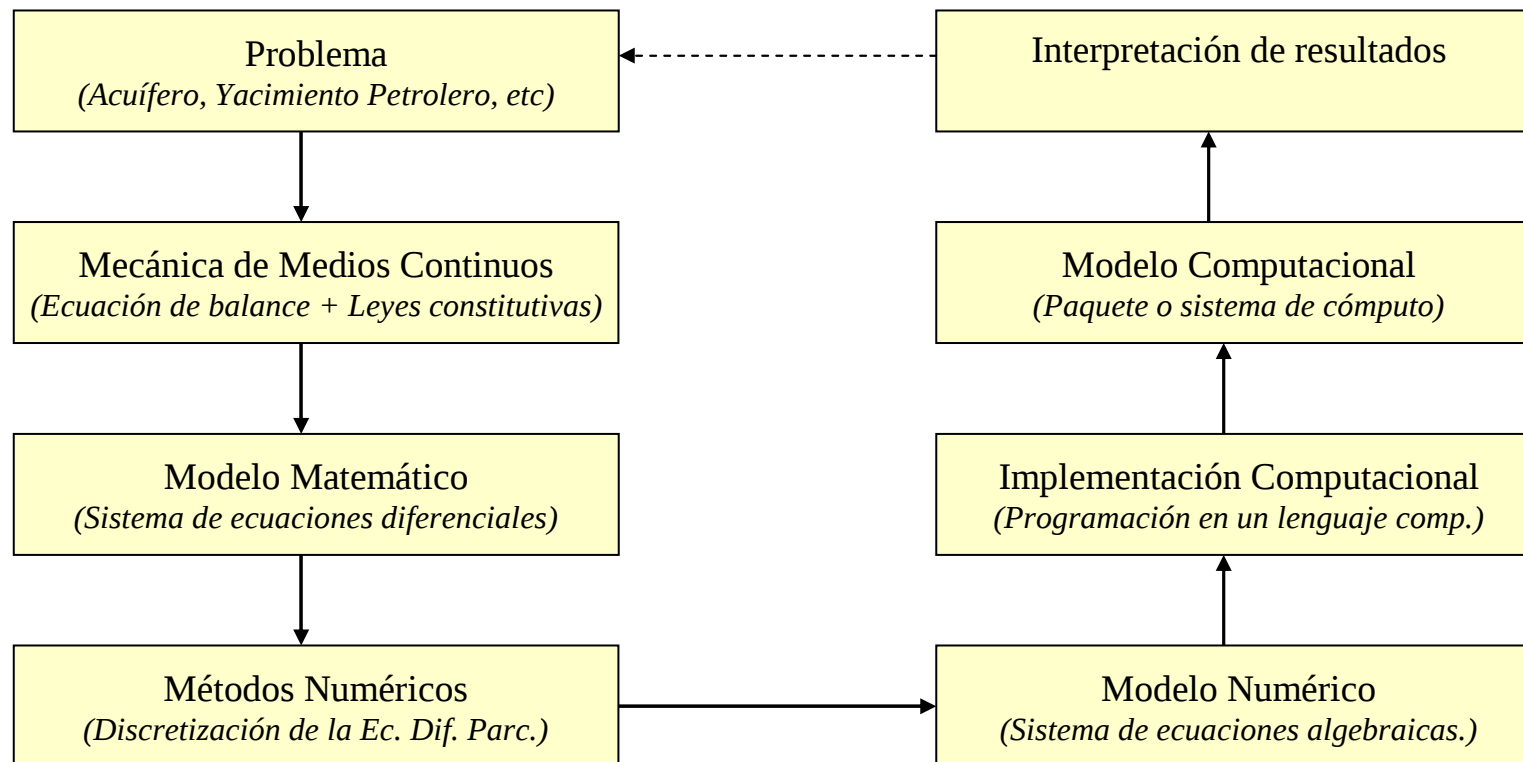
La modelación ...

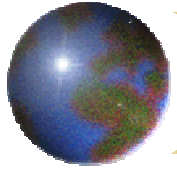
La Modelación Matemática de los Sistemas Continuos
son Ecuaciones Diferenciales
(Parciales)

- ❖ Las soluciones de estas ecuaciones son las que permiten predecir el comportamiento
- ❖ Hoy en día el camino más eficaz para obtenerlas son los métodos numéricos, que se implementa por medio de las computadoras
- ❖ Los modelos de la Ciencia y la Ingeniería son matemáticos-computacionales



La modelación ...

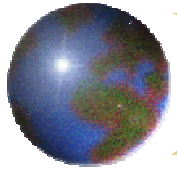




La modelación ...

Mecánica de Medios Continuos

- ✚ Una familia de propiedades extensivas
- ✚ Las ecuaciones diferenciales correspondientes de balance
- ✚ Relaciones que determinan a g_Σ y a τ en términos de la familia de propiedades intensivas del modelo (leyes constitutivas)

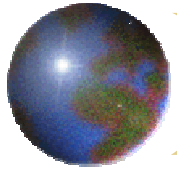


La modelación ...

Modelo Matemático

- ⊕ Geometría del dominio
- ⊕ Sistema de ecuaciones diferenciales

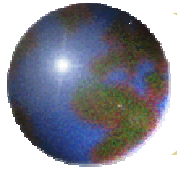
$$\frac{dE(t)}{dt} = \int_{B(t)} g(\mathbf{x}, t) d\mathbf{x} + \int_{\Sigma(t)} g_{\Sigma}(\mathbf{x}, t) d\mathbf{x} + \int_{\partial B(t)} \tau(\mathbf{x}, t) \cdot \mathbf{n} d\mathbf{x}.$$



La modelación ...

Métodos Numéricos

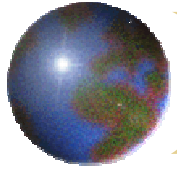
- ✚ Método de diferencias finitas
- ✚ Métodos de elementos finitos
- ✚ Métodos de volumen finito
- ✚ Métodos de descomposición de dominio
- ✚ Métodos híbridos



La modelación ...

Modelo Numérico

- ✚ Interpolación y aproximación
- ✚ Integración y diferenciación numérica
- ✚ Álgebra numérica
- ✚ Métodos numéricos para ecuaciones diferenciales

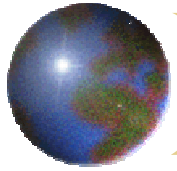


La modelación ...

Implementación Computacional

- ✚ Cómputo Secuencial
 - ▣ Programación estructurada
 - ▣ Programación orientada a objetos

- ✚ Cómputo Paralelo o Distribuido
 - ▣ Programación estructurada
 - ▣ Programación orientada a objetos

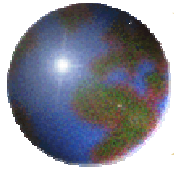


La modelación ...

Modelo Computacional

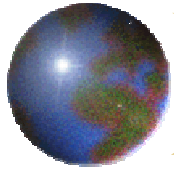
- ✚ Paquete o sistema de cómputo corriendo en
 - ⌘ Una computadora
 - ⌘ Un cluster
 - ⌘ Supercomputadora

- ✚ Posible uso de distintos sistemas operativos
 - ⌘ Windows, Linux, Unix...



Cómputo de Alto Rendimiento

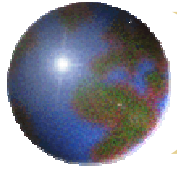




Cómputo de Alto Rendimiento ...

¿Qué es el Cómputo de Alto Rendimiento?

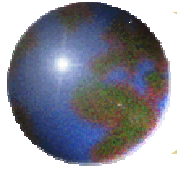
- ✚ Es un conjunto de computadoras de alto desempeño interactuando entre si, como si fuesen un sólo equipo de cómputo (HPC), al conjuntar una gran cantidad de almacenamiento llegando a ser muy rápida
- ✚ La potencia de cómputo de una supercomputadora supera en varios ordenes de magnitud a una computadora de escritorio de la misma época
- ✚ Permite hacer cálculos complejos y puede ser usada en una gran variedad de problemas



Cómputo de Alto Rendimiento ...

¿Para que nos Interesa?

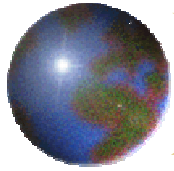
- ✚ Tamaño de almacenamiento .- Muchos problemas requieren hacer uso de una gran cantidad de almacenamiento (RAM o HD)
- ✚ Velocidad.- Muchos problemas requieren resolverse en un tiempo límite
- ✚ En la gran mayoría de los problemas que a la Ciencia e Ingeniería le interesan, requieren de un gran consumo de memoria como una creciente rapidez de procesamiento para entregar el resultado aproximado



Cómputo de Alto Rendimiento ...

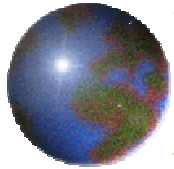
Supercomputadoras...

- ✚ Netbook Antonio: 1 core Intel a 1.6 GHz, 1 GB RAM, 120 GB HD
- ✚ Kanbalam: 1,368 cores a 2.6 GHz AMD, 3,000 GB RAM, 160 TB HD
- ✚ Roadrunner: 129,600 cores Opteron a 3.2 GHz (12.8 GFlops) total de 1,105,000 GFlops

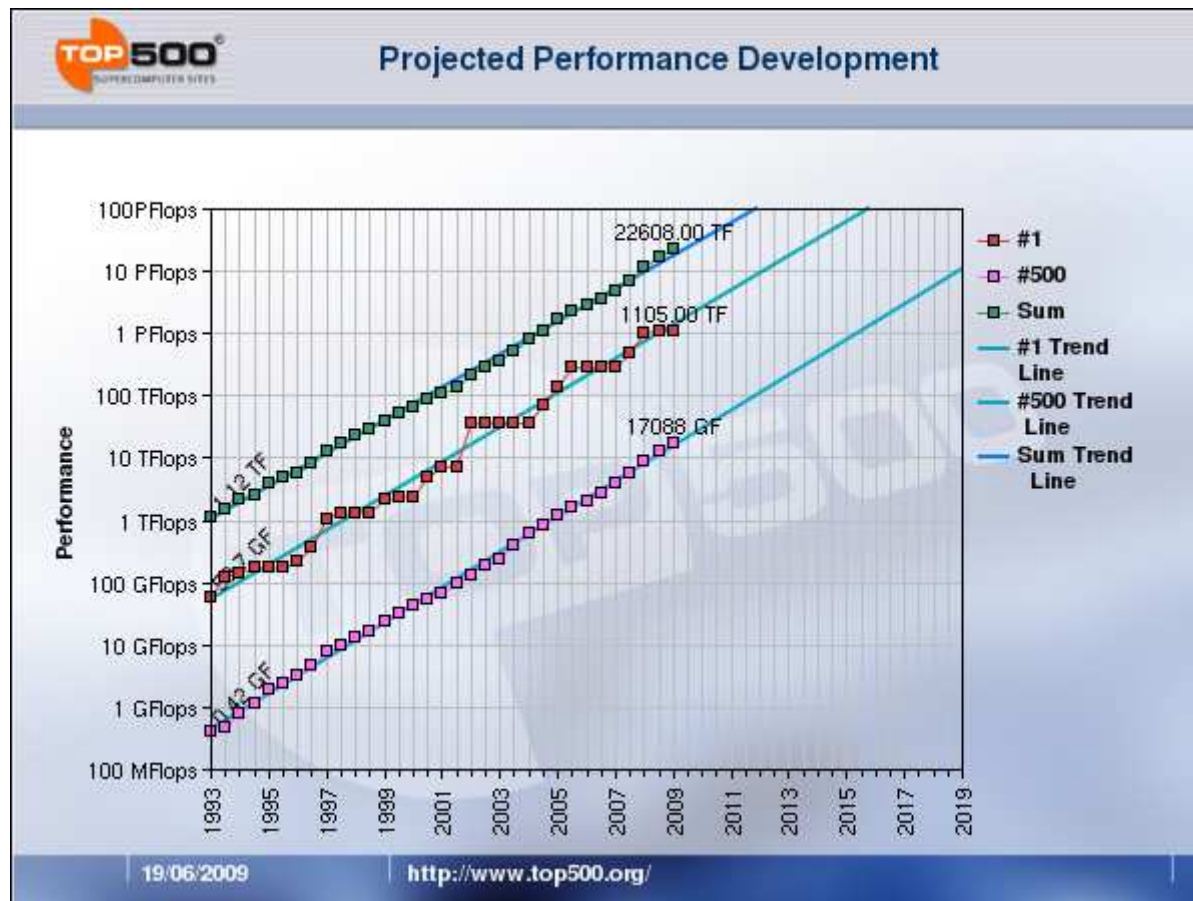


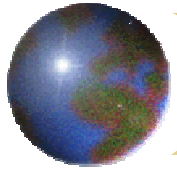
Cómputo de Alto Rendimiento ...



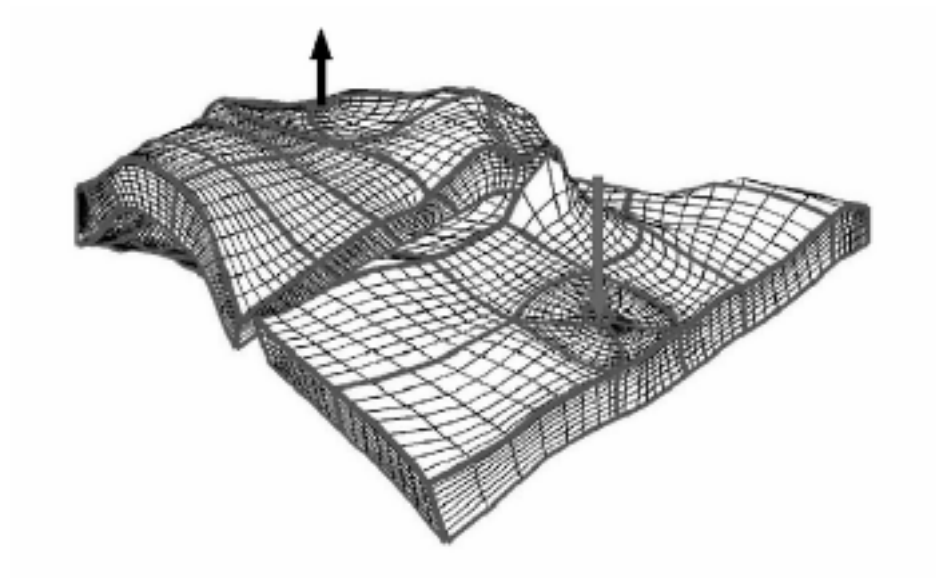


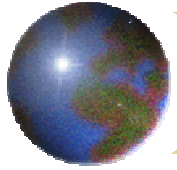
Cómputo de Alto Rendimiento ...





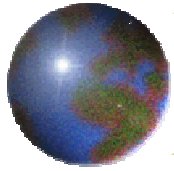
Conclusiones





Conclusiones ...

- ✚ La modelación matemática y computacional es el elemento integrador para realizar la predicción científica
- ✚ La modelación matemática y computacional es el pilar fundamental de las ciencias y la ingeniería
- ✚ Hoy en día, la predicción científica es la soberana del arte de predecir



Gracias ...

Grupo de Modelación Matemática y Computacional
Facultad de Ciencias e
Instituto de Geofísica
de la UNAM

<http://www.mmc.geofisica.unam.mx/>