

El Método Científico

por Mario Storti

**Centro Internacional de Métodos Computacionales
en Ingeniería - CIMEC**

INTEC, (CONICET-UNL), Santa Fe, Argentina

mario.storti@gmail.com

<http://www.cimec.org.ar/mstorti>

Introducción: Ciencia vs. Método Científico

La **ciencia** es el cuerpo de conocimientos que organiza el conocimiento humano en forma de **explicaciones comprobables** y **predicciones verificables** sobre el mundo natural, por contraposición con otra formas de conocimiento como la religión, creencias, o pseudo-ciencias. Con el tiempo se ha llegado a la conclusión que el punto fundamental es el método por el cual se genera este conocimiento, es decir el **Método Científico**.



Minerva, la diosa romana de la ciencia y la sabiduría

El Método Científico

Hoy se acepta que el Método Científico es un *objetivo a ser alcanzado*, tratando de

- Eliminar el *pensamiento sesgado*.
- *Archivar y compartir* los datos de las observaciones.
- Permitir que estos datos sean *revisados* por el resto de la comunidad científica.
- Facilitar la *reproducción* de las observaciones o experimentos.
- A estos elementos se le llama *política de la divulgación completa (full disclosure policy)* y hacen a la *reproducibilidad*.
- Otros conceptos relacionados son: la *falsabilidad*, los *sesgos*, *incerteza*, *medición*, *magnitudes y unidades*.



[The Conjurer, 1475-1480, por Hieronymus Bosch] La magia es lo opuesto al método científico, se basa en no revelar la forma en que se realizan los actos y distraer la atención del asunto principal.

Descripción del MC. Modelo hipotético-deductivo

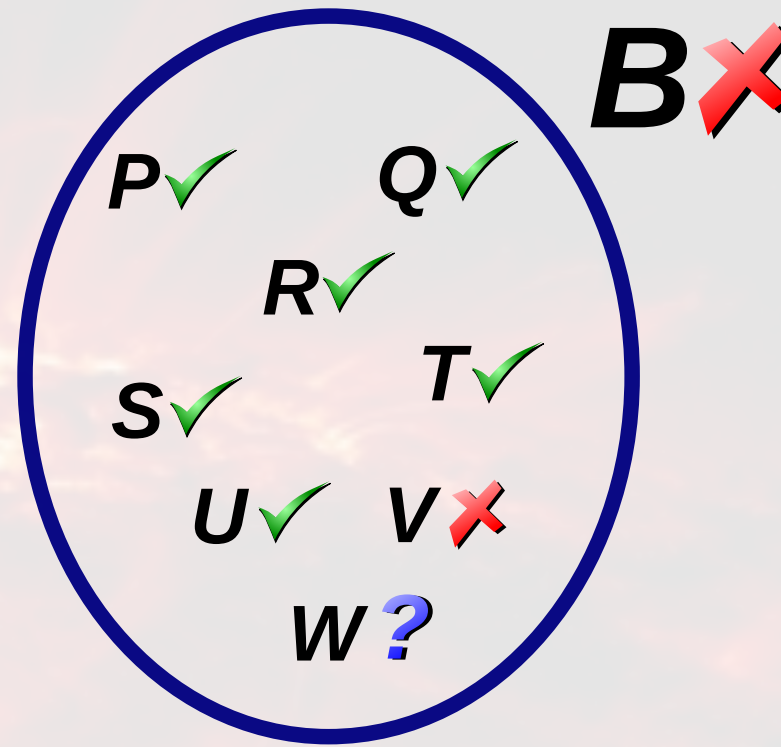
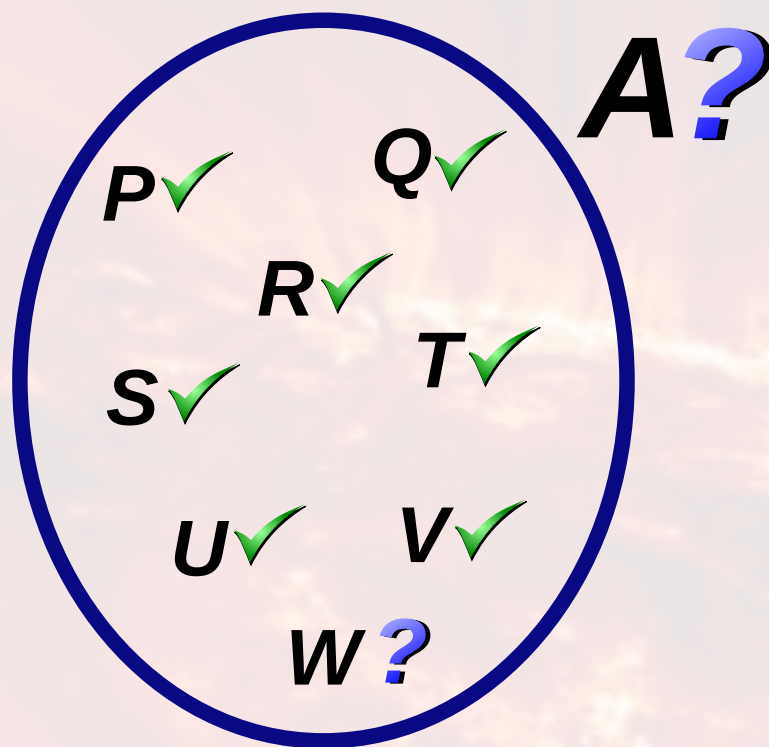
Dado un problema a investigar, el MC se basa en los siguientes pasos:

- 1) **Observar:** Juntar información sobre el problema. Buscar explicaciones previas. Documentar las observaciones.
- 2) **Formular hipótesis:** Trate de proponer una o más explicaciones A , B , C , ... de una manera formal, a otra persona, o en forma escrita en su libro de notas. Debemos ahora deducir cual (o cuales) de ellas es la verdadera.
- 3) **Deducir:** Si la hipótesis A propuesta en 2) es verdad: ¿Que otros fenómenos o consecuencias se pueden predecir? Lo mismo para la B , etc...
- 4) **Falsear/Refutar:** Trate de encontrar una predicción P tal que A predice **que debe ocurrir** y B predice que **NO debe ocurrir**. Si se realiza el experimento correspondiente y P resulta ser cierto, entonces B es una hipótesis falsa, caso contrario A es falsa.

Validar o invalidar teorías

Teoría A: no ha sido invalidada

Teoría B: invalidada por el experimento V



Validar o invalidar teorías

"Los hombres son mortales" ?

Galileo ✓

Newton ✓

Einstein ✓

Hawking ?

"Los metales son sólidos" ✗

Hierro ✓

Aluminio ✓

Plata ✓ **Oro** ✓

Platino ✓

Mercurio ✗

Validar o invalidar teorías (cont.)

Notar que es un error muy común proceder a la inversa, es decir pensar que si se comprueba que *P es verdadero, entonces A es verdadero* (es una *falacia* muy común llamada *afirmación por el consecuente*). Lo único que nos permiten los experimentos es *descartar* las hipótesis inválidas, haciendo cada vez más reducido el conjunto de teorías válidas.

Ejemplo 1:

- Si tengo gripe, entonces me duele la garganta.
- Me duele la garganta.
- Entonces, tengo gripe.

Ejemplo 2:

- Todos los hombres son mortales
- Mi perro es mortal.
- Entonces, mi perro es un hombre.

"Tengo Gripe"

Dolor de garganta ✓

Fiebre ?

Cansancio ?

■ ■ ■ ■

Proponer y rechazar teorías

| | Teoría A | Teoría B | Teoría C | Teoría D |
|---------------|----------|----------|----------|----------|
| Experimento P | ✓ | ✗ | ✓ | ✓ |
| Experimento Q | ✓ | | ✓ | ✗ |
| Experimento R | ✗ | | ✓ | |
| Experimento S | | | ✓ | |
| | ✗ | ✗ | ? | ✗ |


"La teoría C es la más aceptada hasta el momento"

Por lo tanto es bueno generar muchas hipótesis y teorías (*brain-storming*), pero después hay que proponer experimentos para ir eliminando los inválidos y quedar con la teoría más apropiada.


Analogía entre MC y resolver un crimen


Teorías (Sospechosos)

Fenómeno a investigar



Inv. científico



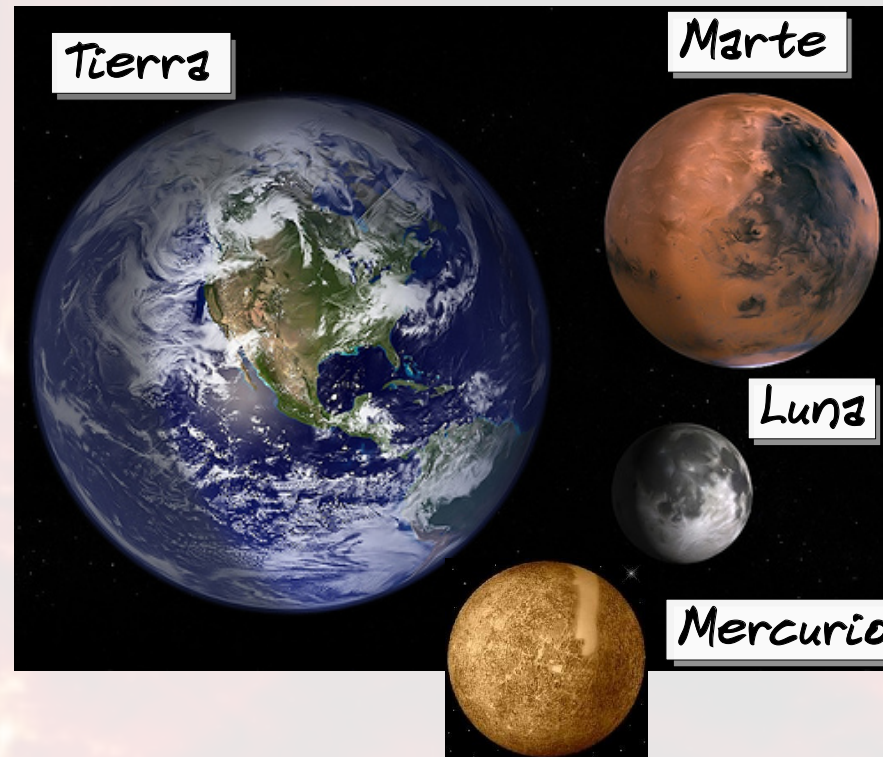


| | | | | |
|------------------|---|---|---|---|
| Tiene un motivo? | ✗ | ✓ | ✗ | ✓ |
| Tiene medios? | ✗ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Pudo hacerlo? | ✓ | ✓ | ✓ | ✗ |
| Culpable? | | | | |

Ejemplo: Formación del sistema Tierra-Luna

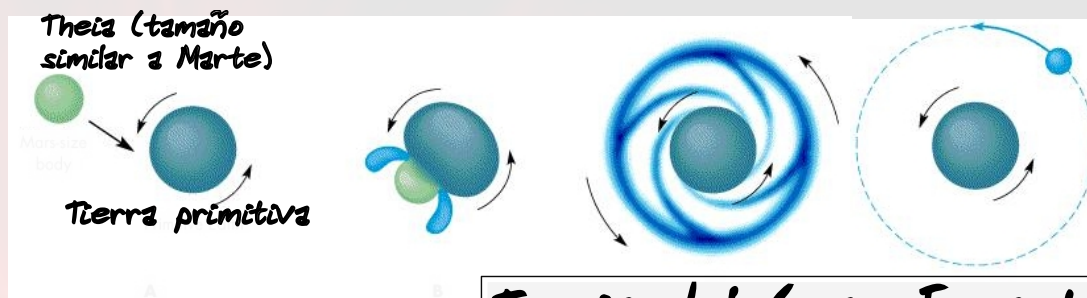
El sistema Tierra-Luna es bastante particular en el sistema solar.

- Es prácticamente un **sistema binario**, es decir las masas de ambos cuerpos es relativamente similar.
- La **velocidad de rotación del sistema** (cantidad de momento angular) es alta.



Formación del sistema Tierra-Luna. Teorías.

- **(A) Co-acreción:** La luna se formo junto a la tierra en el mismo *disco de acreción*.
- **(B) Expulsión** de la Tierra por fuerza centrífuga.
- **(C) Captura** gravitacional.
- **(D) Impacto** por parte de un tercer cuerpo.

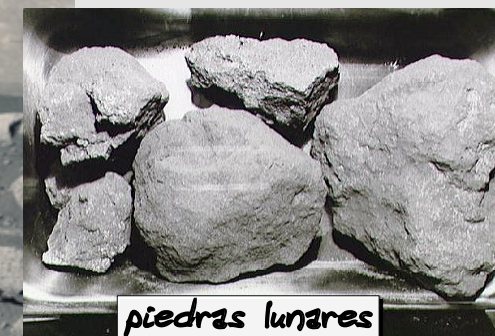


Teoria del Gran Impacto



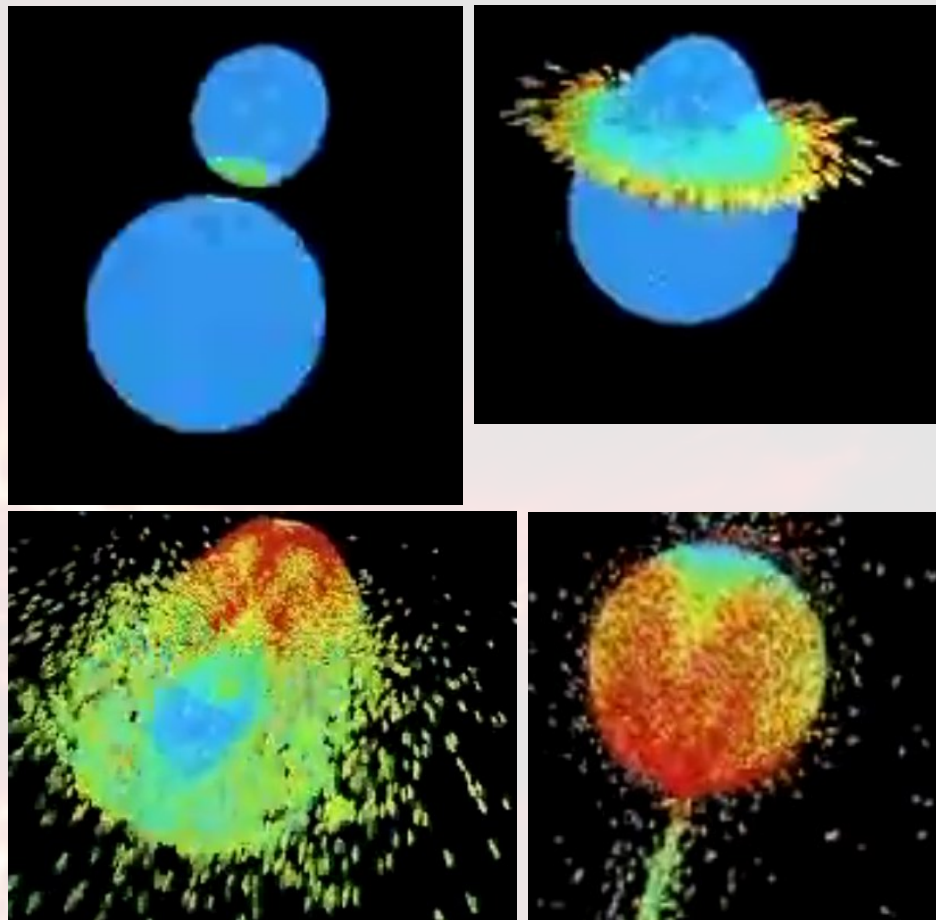
Formación del sistema Tierra-Luna. Teorías. (cont.)

- **Concentraciones isotópicas de O_2** sugiere que el material lunar es muy similar al manto terrestre. (invalida (C)).
- El **contenido de agua** en las rocas lunares es muy bajo y hay evidencias de **grandes mares de magma**, producto de una gran liberación de energía (invalida (A) y (B)).
- La teoría de expulsión (B) necesita una **velocidad de rotación** demasiado grande.
- Reflector mide alejamiento de la Luna (invalida (A), (B), y (C)).



Formación del sistema Tierra-Luna. Teorías. (cont.)

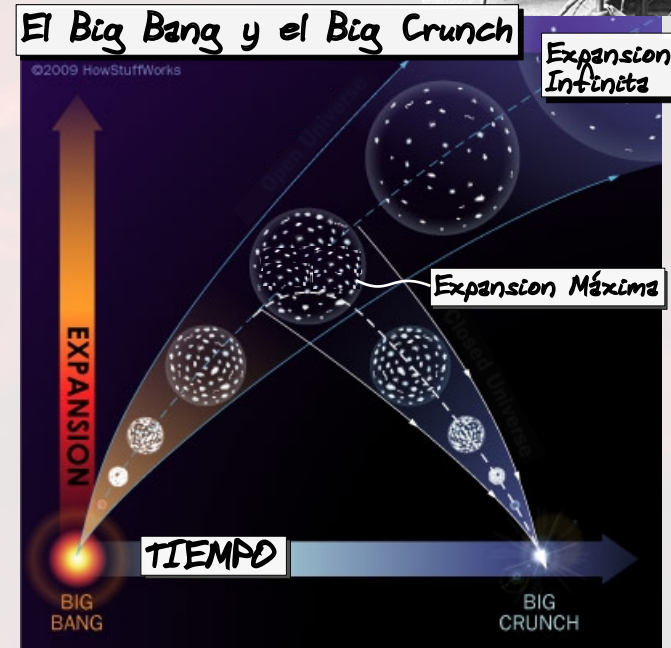
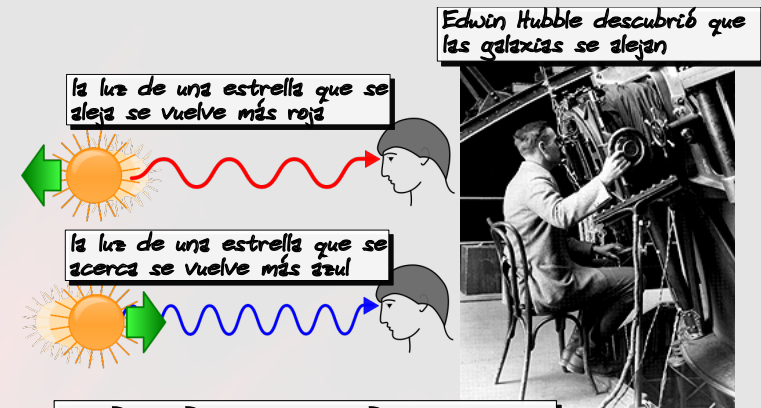
- La teoría de captura (C) necesitaría una *atmósfera de la Tierra primitiva muy densa y extendida* para disipar la energía de la Luna.
- La teoría del impacto (D) es compatible con *simulaciones computacionales*
- Sin embargo las otras teorías pueden ser válidas para otros satélites del sistema solar (satélites *Galileanos* de Júpiter por co-acreción, Tritón (Neptuno) por captura).



(video giant impact)

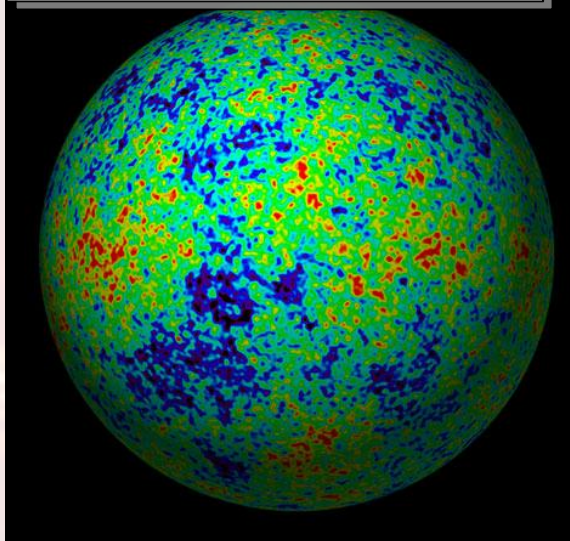
Ejemplo: Nacimiento del universo

- La rama de la física/astronomía que estudia el origen y evolución del universo es la **cosmología**.
- La cosmología moderna comienza con **Albert Einstein** y la **Teoría de la Relatividad**.
- Inicialmente se pensaba que el universo era infinito, y estacionario.
- Las mediciones de **Edwin Hubble** del desplazamiento hacia el rojo de la luz de las galaxias demostró que **el Universo se está expandiendo**.
- Pero si se está expandiendo, quiere decir que yendo hacia atrás en el tiempo su volumen **fue cada vez menor**, de manera que en algún punto fue un punto, de aquí nació la **teoría del Big Bang**.



Evidencia que confirma la Teoría del Big Bang

La Radiación Cósmica de Fondo de Microondas es una foto del universo primordial

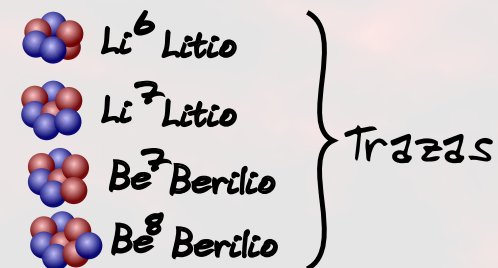
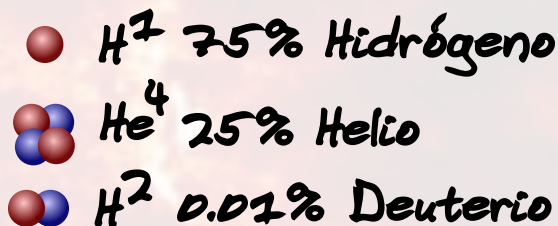


Antena en desuso utilizada para medir la CMB



- La expansión del Universo (Edwin Hubble).
- La *Radiación de Fondo Cósmica* de microondas.
- La distribución isotópica de los elementos.

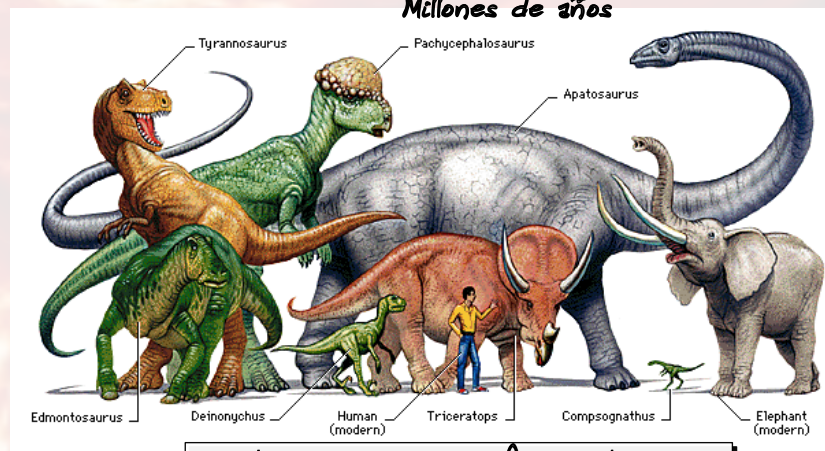
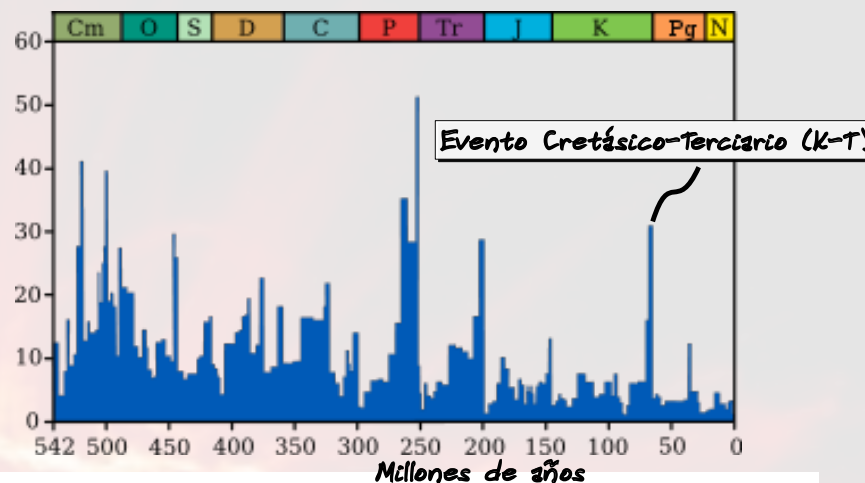
Abundancia relativa de los elementos



La extinción de los dinosaurios. (Evento K-T)

- Los registros fósiles indican que hace 65 millones de años se produjo una **extinción masiva de especies** incluyendo la mayoría de los **dinosaurios**.
- Teorías:
 - **Eventos geológicos** (mesetas del Deccan en la India)
 - Descenso del **nivel del mar**
 - Impacto de asteroide.

Tasa de extinción de especies



Los dinosaurios eran la familia dominante en el momento del evento K-T

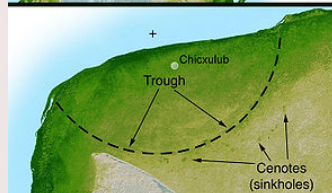
La extinción de los dinosaurios. (Evento K-T) (cont.)

- La teoría del asteroide predice un lapso muy corto para la extinción.
- Concentración alta de **iridio** en la capa K-T (100 veces más de lo normal). El iridio es un elemento común en los asteorides.
- El cráter de **Chixculub** revela una formación geológica apropiada para el evento y la datación corresponde a la fecha.
- Abundancia de **cuarzo impactado**.
- Registro de **invierno nuclear** en anillos de árboles.
- **(video KT-event1) (video KT-event2)**

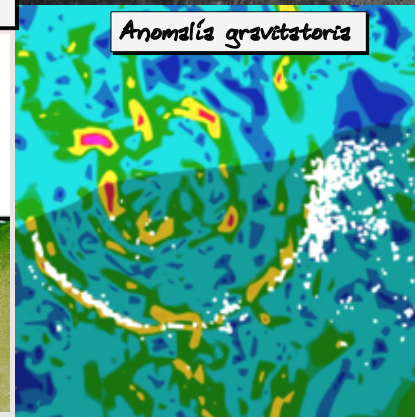
Impacto de asteroide



Península de Yucatán (Mexico)



Anomalía gravitatoria



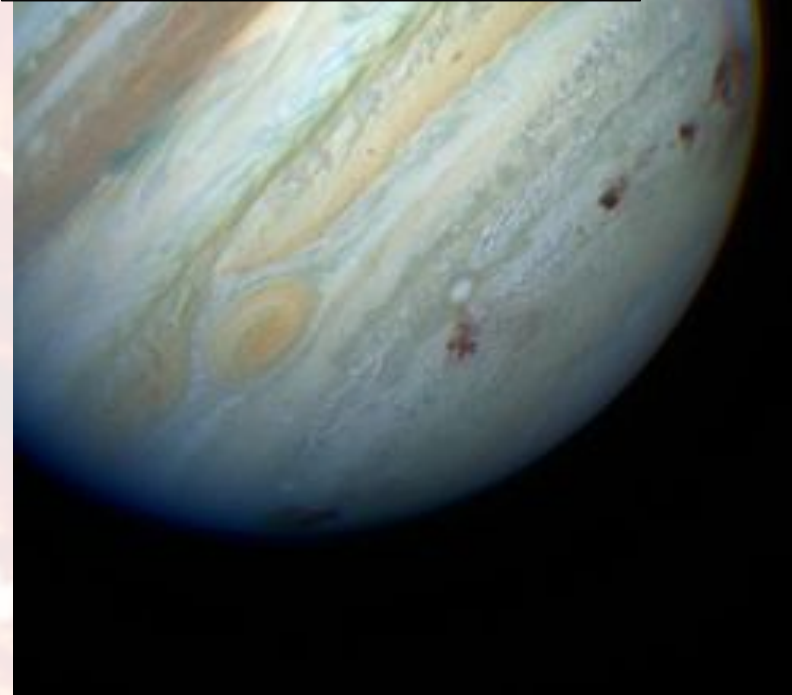
La extinción de los dinosaurios. (Evento K-T) (cont.)

- En 1994 el *cometa Shoemaker-Levy 9* (en realidad un grupo de cuerpos proveniente de la fracturación del mismo) impactó contra Júpiter.
- Los fragmentos tenían hasta *2km de diámetro*.
- La *energía liberada* por el fragmento más grande estuvo en los 6 millones de megatones de TNT (25 ZJ) . (La del evento K-T se estima en 100 millones de megatones (420 ZJ), es decir *16 veces más*). (*video asteroid-impacts-jupiter*)

Fragmentos del asteroide Shoemaker-Levy 9



Marcas del impacto en Júpiter

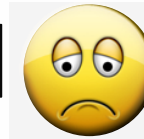


La “Ley de Leloir”

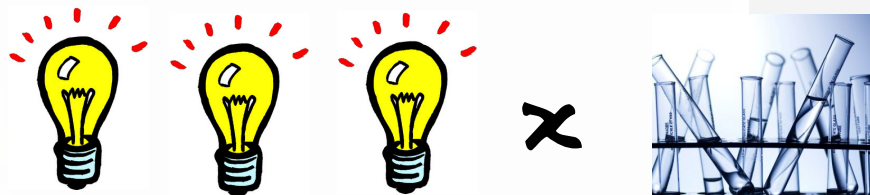
- La clave de un buen científico es llegar a la verdad con el **mínimo número de experimentos** (en general **menor cantidad de recursos**).
- Primera **Ley de Leloir**:

$$\text{ideas} \times \text{tubos de ensayo} = \text{constante}$$

Pocas ideas, muchos experimentos



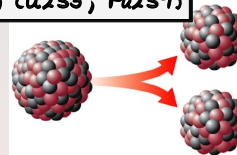
Buenas ideas, pocos experimentos



Más sobre el MC: reproducibilidad

- Cada vez que se aporta evidencia a favor o en contra de una teoría el investigador debe aportar todos los elementos como para reproducir el experimento (*política de la divulgación completa* o *full disclosure policy*).
- Ejemplo: *fiasco de la fusión en frío*. La fusión es un tipo de reacción nuclear donde dos núcleos livianos (H, D, Li) se unen para formar uno más pesado, liberando energía.

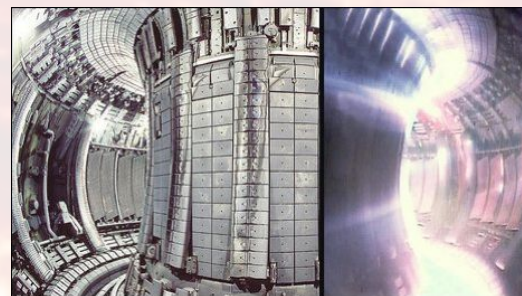
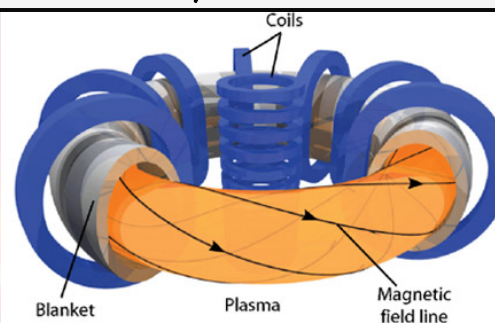
Fisión (U_{235} , Pu_{239})



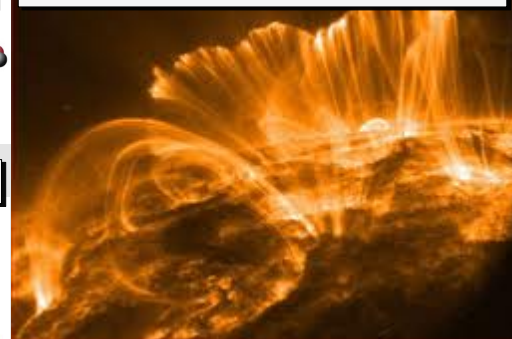
Fusión (H,D,Li)



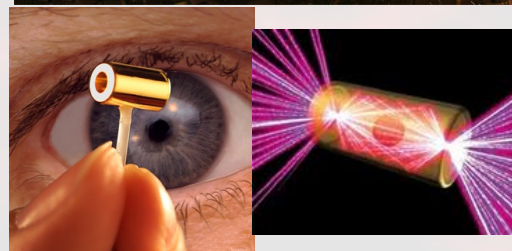
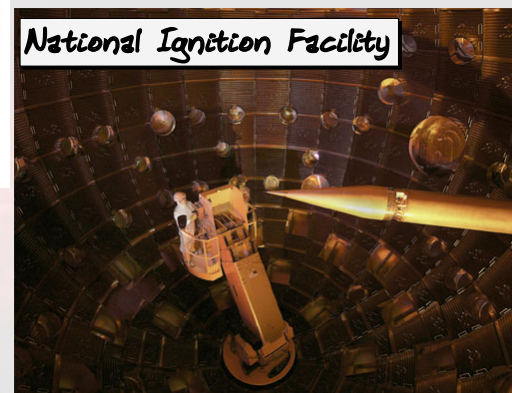
y reactores experimentales Tokamak...



La fusión se da en las estrellas...

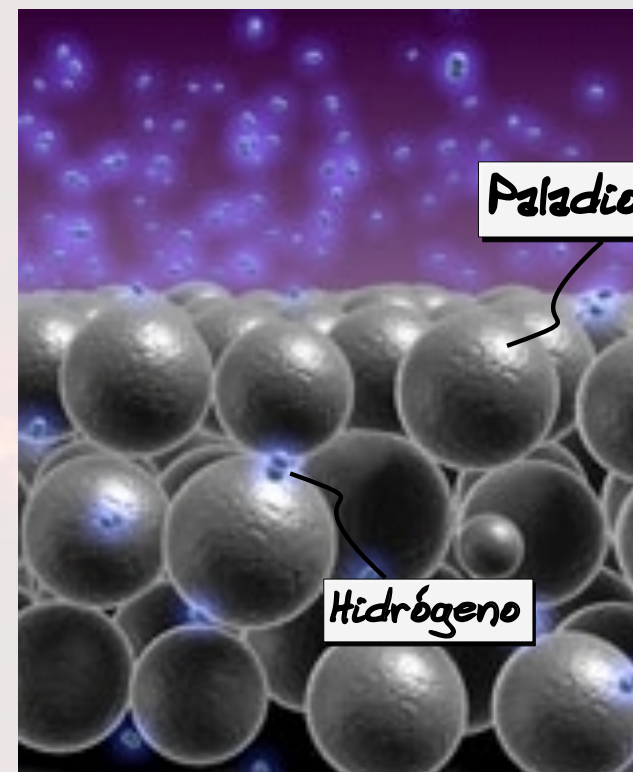


National Ignition Facility



Más sobre el MC: reproducibilidad (cont.)

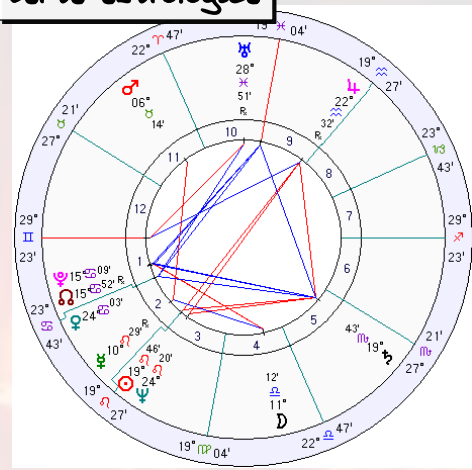
- En 1989 Martin Fleischmann de la University de Southampton (UK) y Stanley Pons de la University de Utah (USA) revelaron que habían obtenido fusión en frío. Esto nunca pudo ser *reproducido*.
- Es considerado hoy *ciencia patológica*, es decir ciencia donde el investigador se autoengaña hacia resultados falsos por efectos subjetivos, y pensamiento ilusorio. Otros



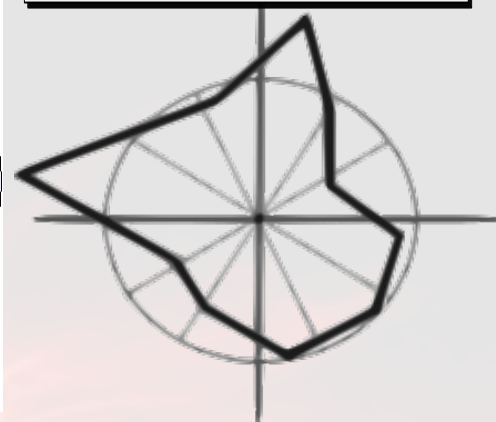
Pseudo-ciencia

- **Pseudociencia:** Es una creencia que se presenta a sí misma como científica, pero que no adhiere a los estándares del método científico (reproducibilidad, divulgación total...)
- **La Astrología:** Ejemplo de procedimiento complejo que no necesariamente es ciencia.
- **Efecto Marte:** presentado como comprobación, fue ampliamente refutado.
- Invalidado por la **precesión del eje terrestre**. No existen explicación para las **fuerzas actuantes**.

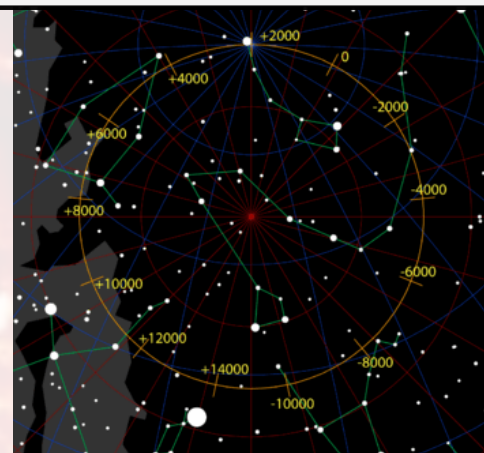
Carta astrológica



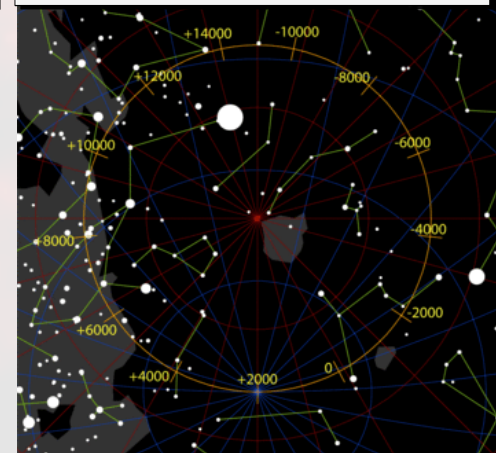
Influencia de "Marte" en el nacimiento de deportistas



Precesión del polo norte estelar

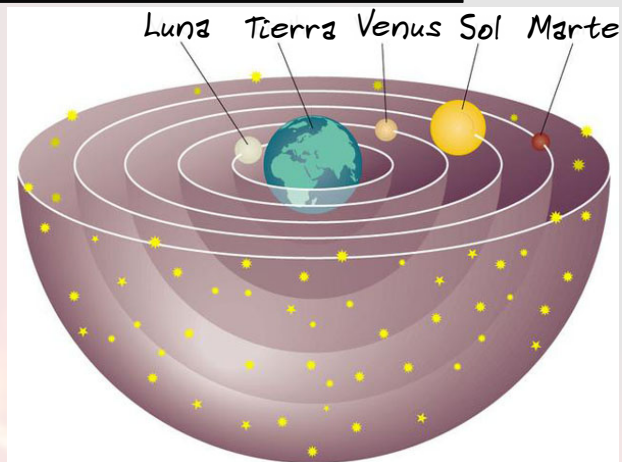


Precesión del polo sur estelar



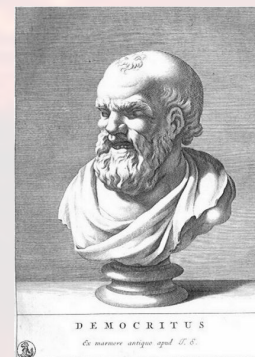
Errores comunes

Sistema geocéntrico de Ptolomeo



- **Definición circular:** Ejemplo el *flogisto*.
- **Navaja de Ockham:** (*Ockham's razor*). Ej: Sistema heliocéntrico vs. geocéntrico. Ej: "la mesa baila".
- **Predicción aleatoria:** Atomismo, origen y fin del universo.

Flogisto es la "sustancia" que contendrían los cuerpos combustibles



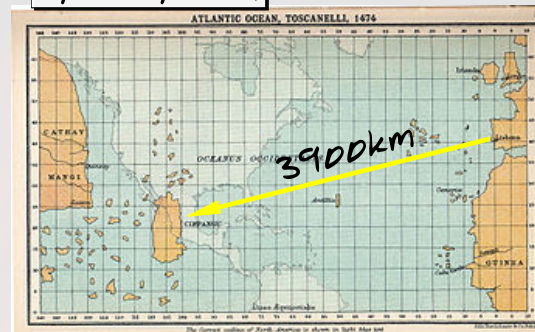
Demócrito, propuso el atomismo

MC y medición

- Para que las observaciones sean **objetivas** normalmente se deben definir **magnitudes**, y especificar sus **unidades**, y como se realiza su **medición**.
- ¿Hace frío o hace calor?
- **El viaje de Colón**: Tenía una estimación incorrecta del diámetro de la tierra por un error de unidades (**millas arábicas** vs. **millas italianas**).
- Uso del **Sistema Internacional de Medidas**.
- Definir magnitudes: la **sensación térmica**.

$$ST = 13.12 + 0.6215T - 11.37V^{0.16} + 0.3965TV^{0.16}$$

Mapa usado por Colón



Viaje real y proyectado por Colón



Tierra: diám. 12.600km

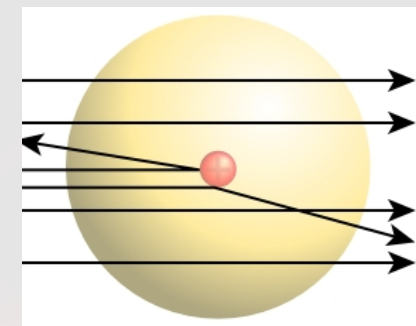
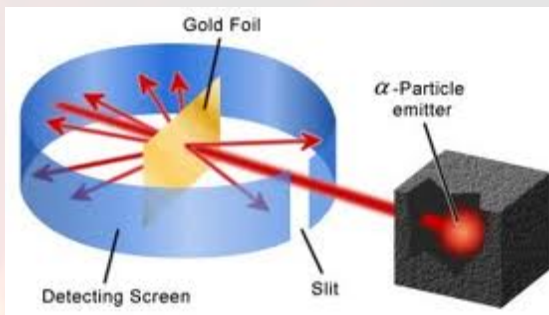


Según Colón: diám. 7.900km

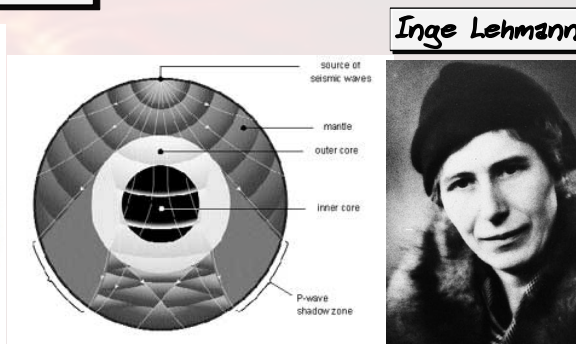
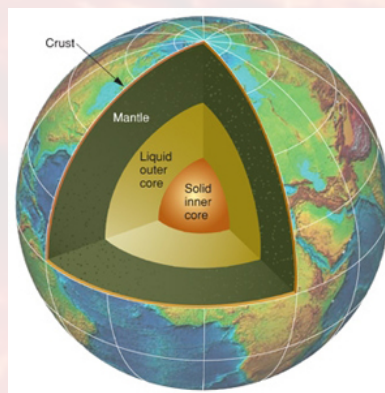
Muchas formas de “ver” (observar)

- Las personas tienden a creer mucho en lo que “*ven*” con sus propios ojos.
- Hoy conocemos muchas cosas no *observación indirecta*.
- *Ejemplo:* El experimento de Rutherford nos permite *ver* adentro del átomo la estructura del núcleo.
- *Ejemplo:* Los terremotos nos permiten *ver* la estructura interna de la Tierra.

El experimento de Rutherford permite medir el tamaño del núcleo



Los terremotos nos permiten “ver” el centro de la Tierra



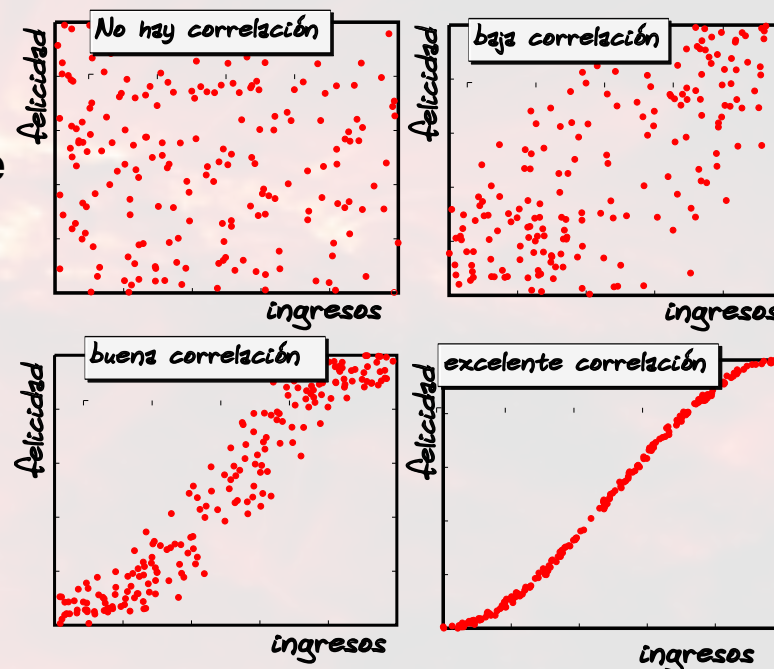
Inge Lehmann



Correlación

- Supongamos que proponemos la siguiente hipótesis: *“El dinero no hace la felicidad”*.
- Debemos primero determinar como se puede *medir* la felicidad. Llamémoslo *índice de felicidad*.
- Hacer estadística de un conjunto de la población y determinar su nivel de ingresos e *índice de felicidad*.

- Pueden ocurrir varias alternativas
 - La felicidad esta completamente determinada por el nivel de ingresos.
 - La felicidad no tiene ninguna relación con el nivel de ingresos.
 - La felicidad tiene una cierta *correlación* con el nivel de ingresos.



Investigación sobre el Método Científico. Epistemología

- La **Epistemología** o **Teoría del Conocimiento** es la rama de la Filosofía que estudia como conocemos el Universo que nos rodea, y por lo tanto la Ciencia.
- **Mario Bunge** es un reconocido físico e investigador argentino (actualmente en Canadá) en el área.



Supercomputadoras, para que sirven?

De vez en cuando aparecen en los periódicos noticias acerca de que se ha estrenado una **supercomputadora**.

- ¿Que es una super-computadora?
- ¿Para que sirve?
- ¿Son costosas?



La supercomputadora más potente

Actualmente la más poderosa supercomputadora es *Jaguar*. Construida por la firma CRAY, Está ubicada en Oak Ridge National Laboratory. Su potencia de cálculo es *2.3 Petaflops* y está construida en base a 224.256 procesadores *Opteron* y utiliza el *Sistema Operativo Linux*.



Otras supercomputadoras



Roadrunner
constructor IBM, para Los Alamos NL,
(New Mexico). 1.026Petaflops.
Puesto #1 en top500 hasta Dic 2009.
12.960 procesadores IBM PowerXCell
+ 6,480 procs AMD Opteron dual-core



Copyright 2005. Barcelona Supercomputing Center - BSC

Mare-Nostrum, construida por IBM,
para el gobierno español.
70 Teraflops.
10.240 procs (2560 x 2 dual-core
IBM 64-bit PowerPC 970MP)

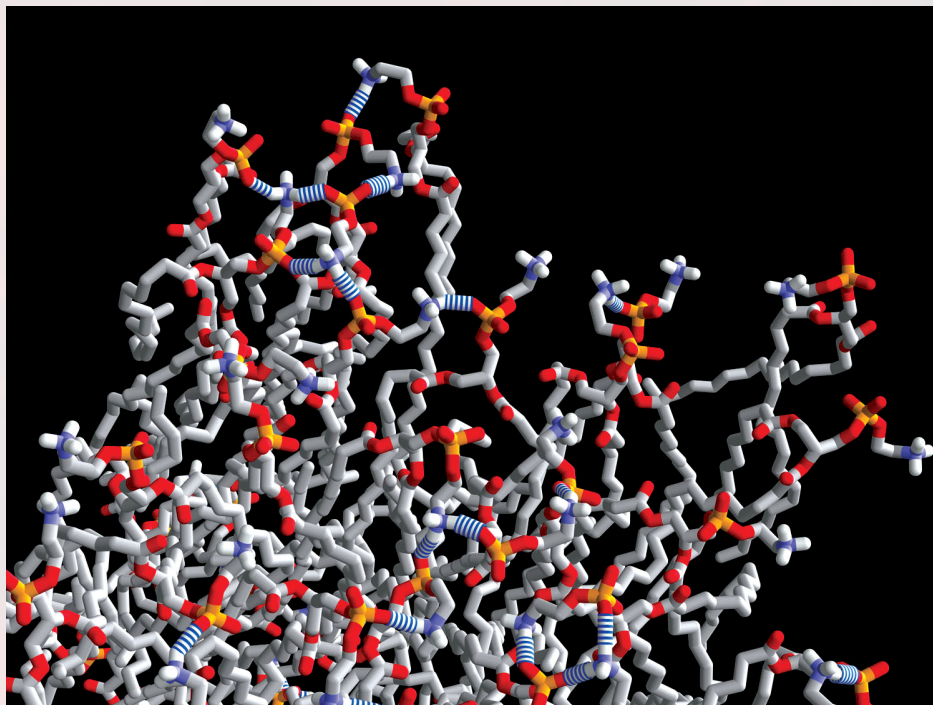
¿Como se mide la velocidad de las supercomputadoras?

La unidad es el **flops**: una operación de punto flotante (números con 10-15 decimales aprox) por segundo, puede ser multiplicación o suma. Se usa con multiplicadores del SI.

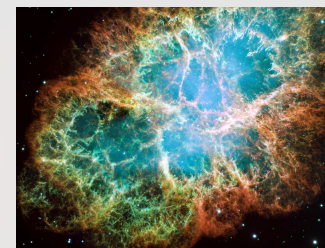
- Humano con papel y lápiz: 0.01 flops
- Regla de cálculo (precisión??): 0.1 flops
- Calculadora: 1 flops
- Eniac: primera computadora electrónica 0.5 Kflops (=500 flops)
- Intel i486: 20 Mflops (20.000.000 flops)
- Intel Dual core: 5 Gflops (5.000.000.000 flops)
- Cluster con 100 procs: 0.5 Tflops (500.000.000.000 flops)
- MareNostrum: 70 Tflops (70.000.000.000.000 flops)
- Jaguar: 2.3 Pflops (2.300.000.000.000.000 flops)



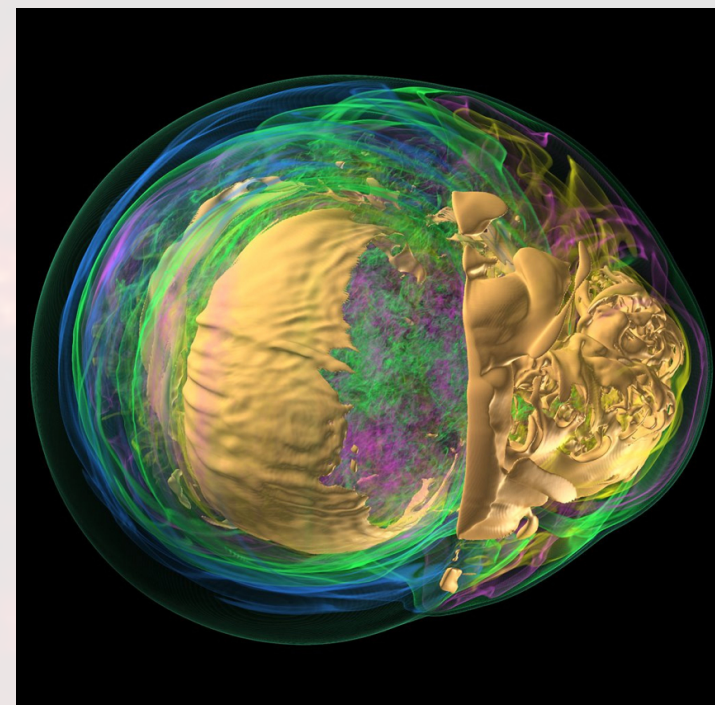
Aplicaciones científicas de las supercomputadoras



Modelo detallado de una molécula de lípido

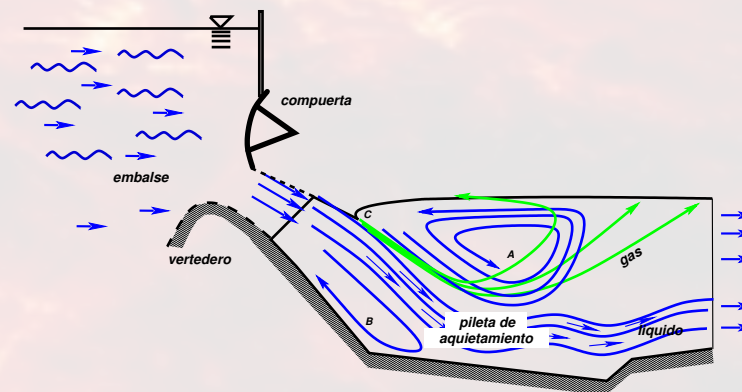


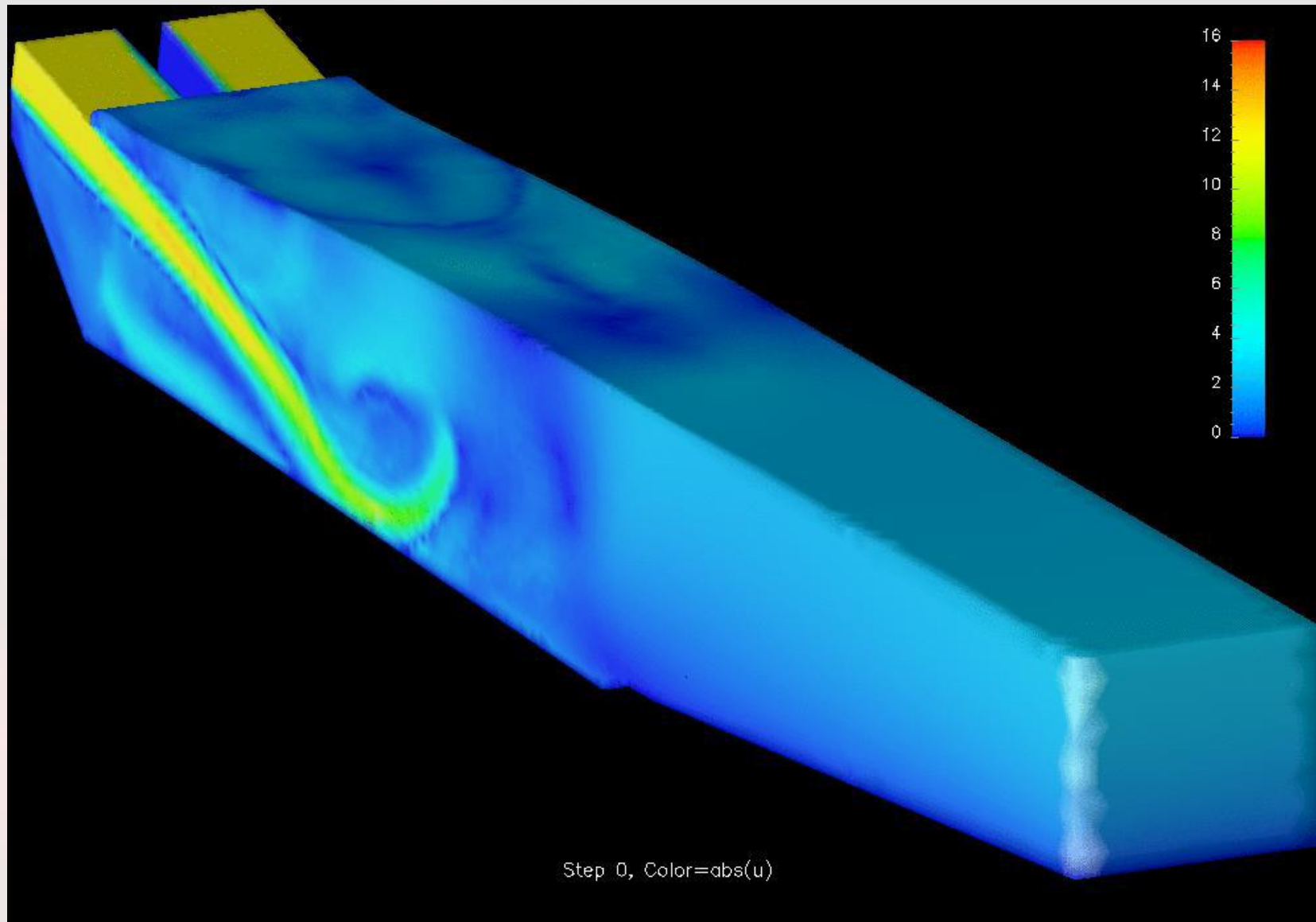
Modelo de la explosión de una supernova

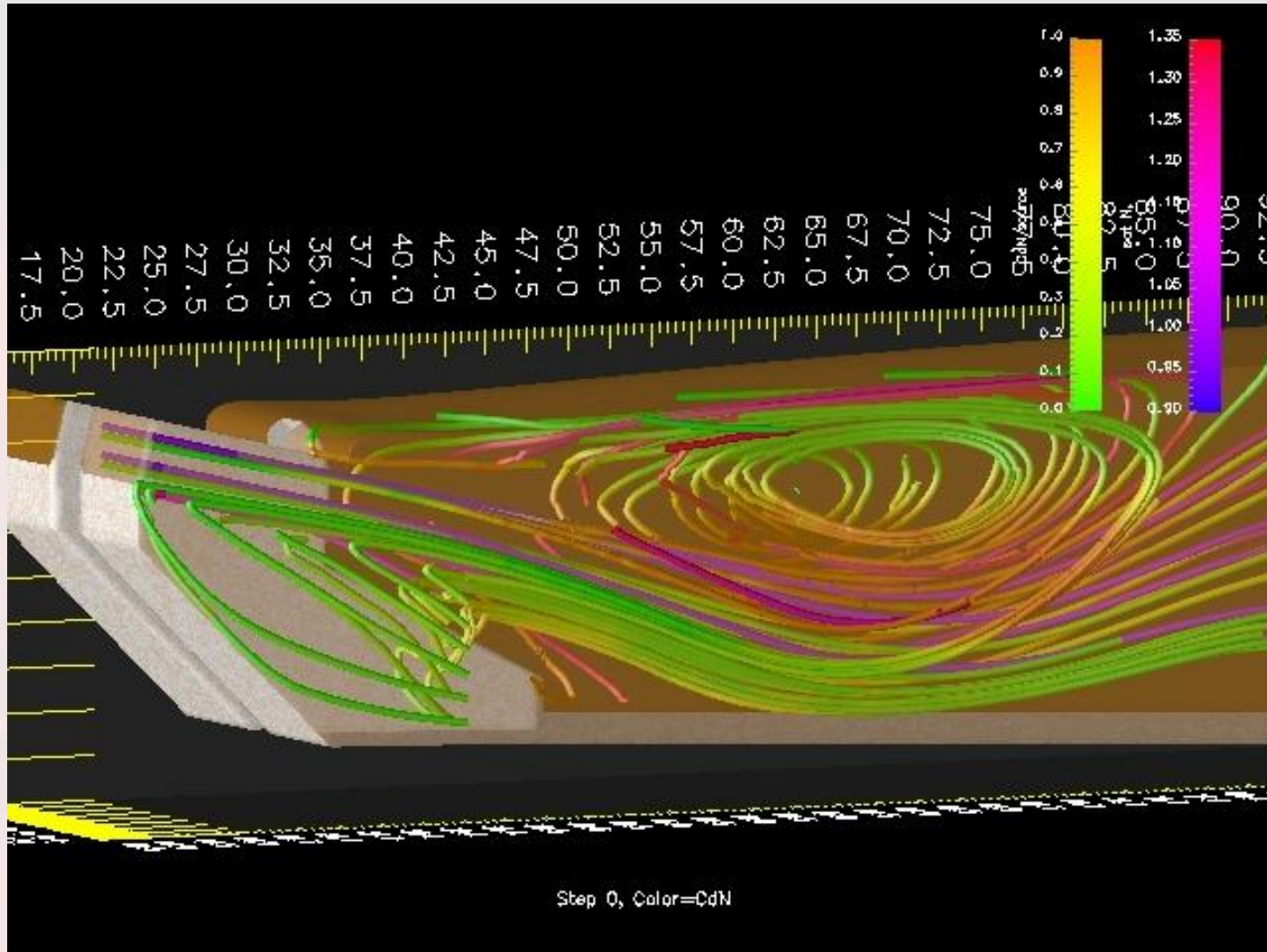


Mecánica de fluidos con reacción y transporte

- **COMITENTE: Ente Binacional Yacyretá**
- El chorro de agua que pega sobre la pileta de quietamiento produce un alto contenido de burbujas (espuma). El jet arrastra las burbujas al fondo de la pileta. Las altas presiones promueve la disolución de O₂/N₂ de la fase gaseosa a la fase líquida y puede producir la sobresaturación.



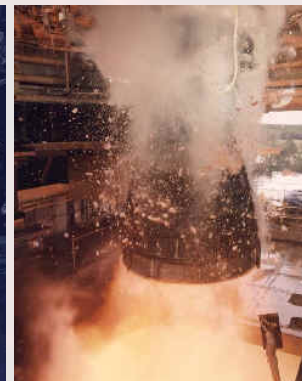




(video spillwgc)

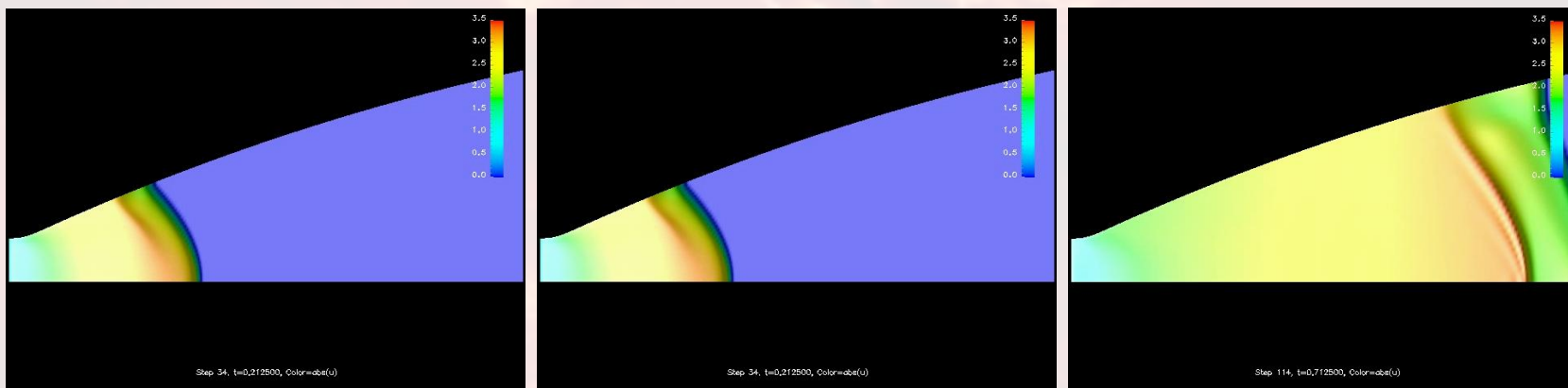
Encendido de una tobera divergente

COMITENTE: ESTEC/ESA (European Space Research and Technology Centre-European Space Agency, Noordwijk, Holanda), and Open Engineering (Liege, Belgium).



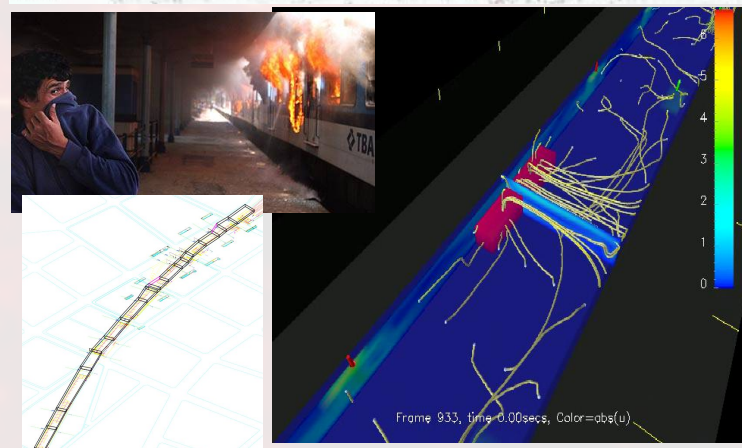
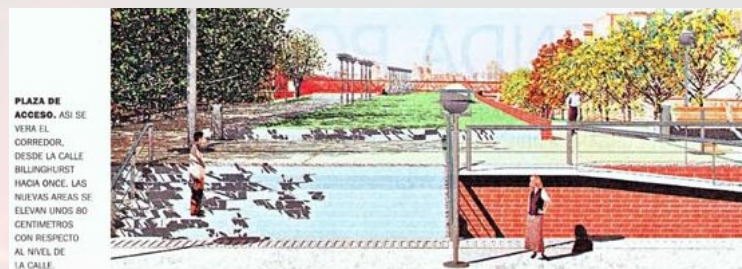
Encendido de una tobera divergente (cont.)

Se calcula la ignición de un la tobera divergente de un lanzador en una atmósfera de baja presión. El fluido está inicialmente en reposo a 143 Pa, 262 ° K. En el momento de encendido la presión en la tobera sube a 6×10^5 Pa, 4170 ° K. Una onda de choque muy intensa ($p_1/p_2 > 1000$) se propaga desde la garganta de la tobera hacia la salida. El objetivo de la simulación es determinar el tiempo que se necesita para llenar la cámara (< 1 msec) y el flujo estacionario final.



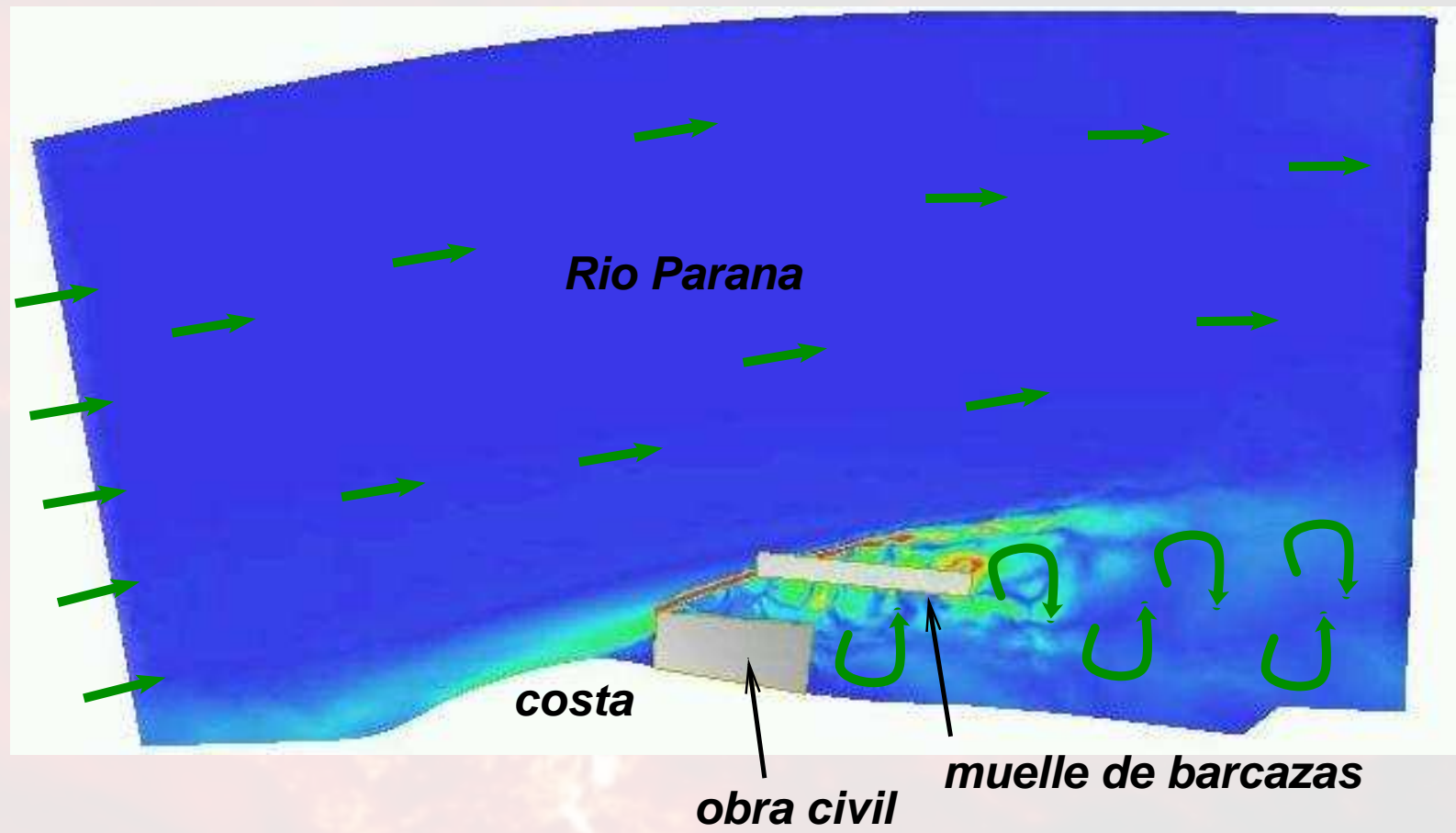
Protección contra incendios

- **COMITENTE: Vialmani S.A., HP-IC S.A., KB Engineering, para la Ciudad Autónoma de Buenos Aires**
- **La CABA planea techar el corredor del ferrocarrila Sarmiento por unos 800 m empezando en la estación de Once.**
- **Para un análisis de seguridad entre otras cosas se calcula el TAE (“Time Available for Escape”) y el TNE (for “Time Needed for Escape”). Para el primero se simula el encendido de un vagón (1.7 MW, 1500 C, 6 % CO, 1e9 solid part/m3, 10 micra) para determinar el TAE.**



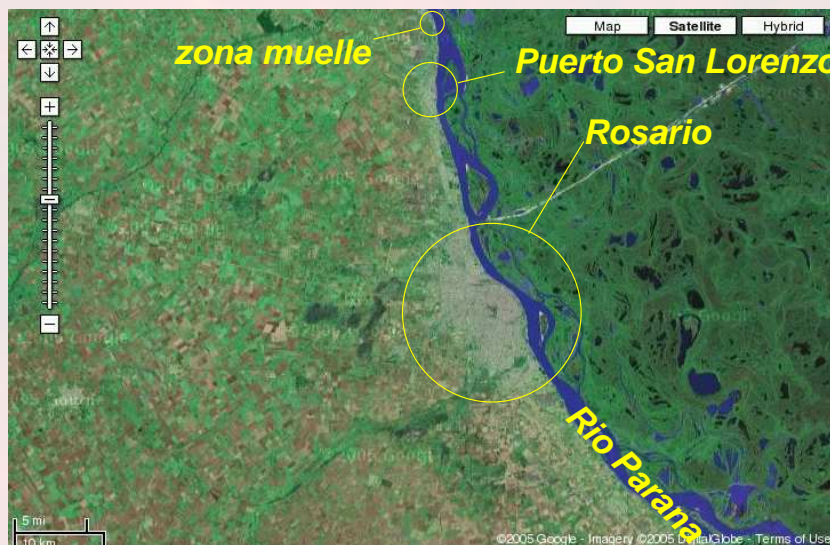
Estudio de maniobrabilidad en un muelle

COMITENTE: Orenge y C. Ingeniería (Rosario)

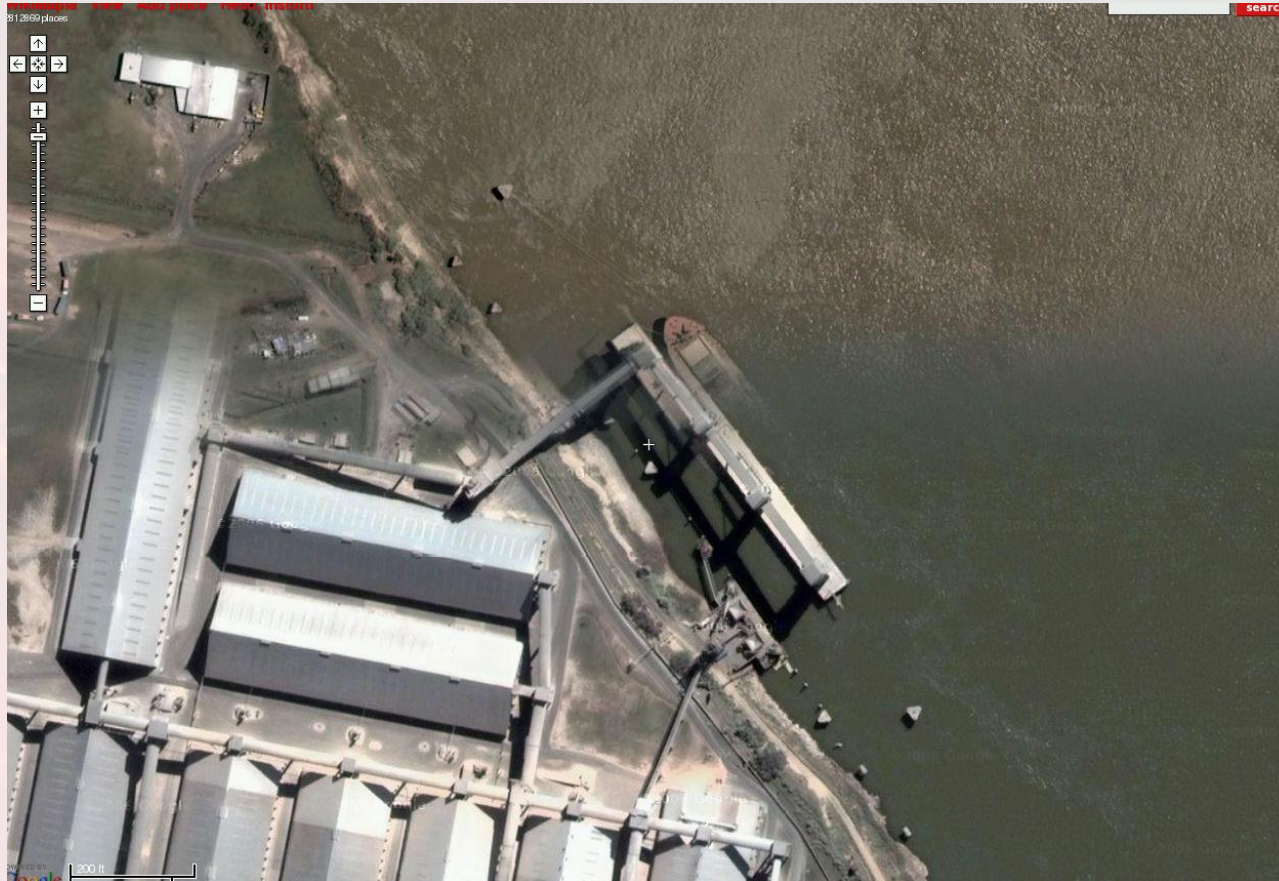


Estudio de maniobrabilidad en un muelle (cont.)

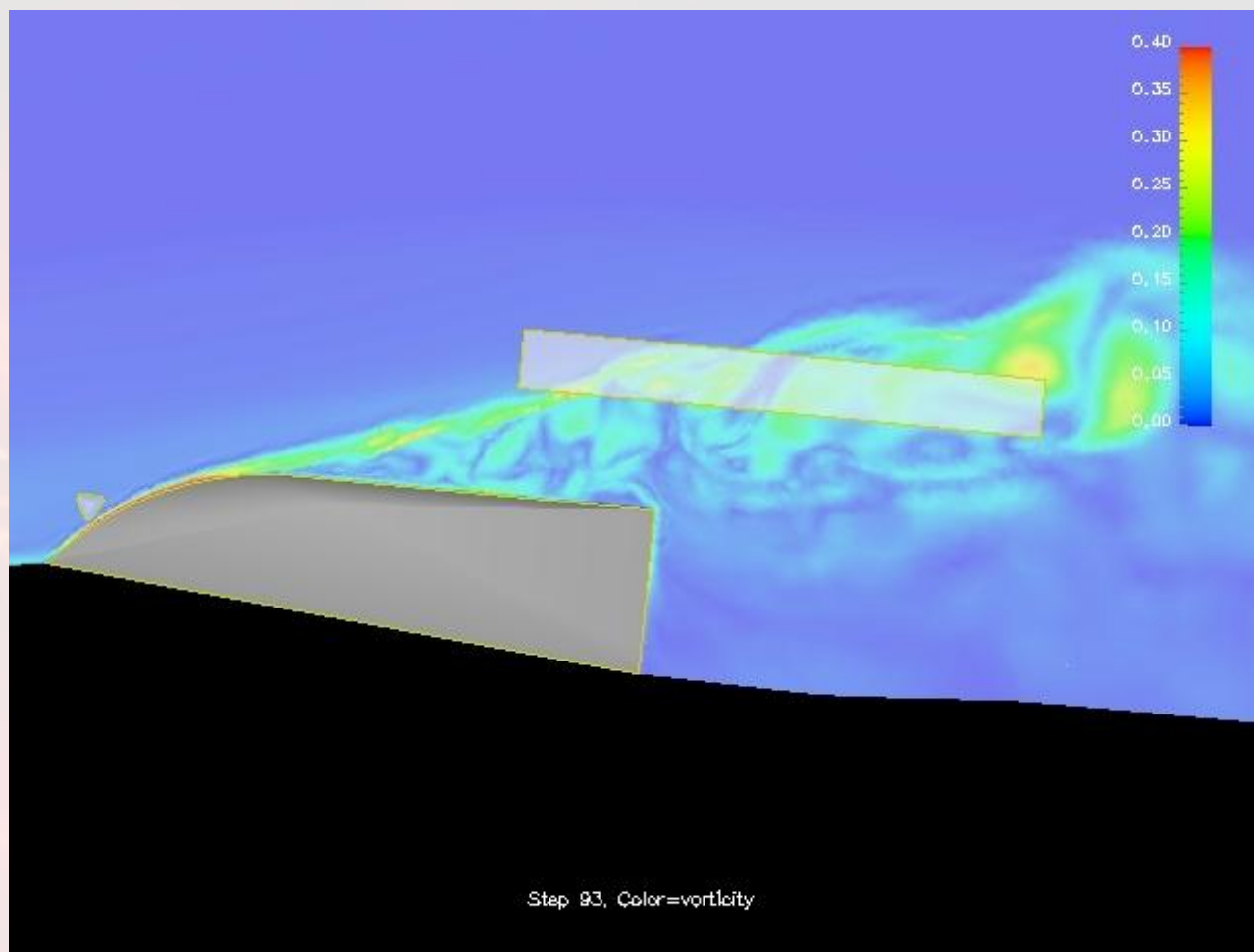
- **Objetivo:** Calcular la intensidad de la turbulencia producida por una construcción civil cerca de un muelle.



Estudio de maniobrabilidad en un muelle (cont.)



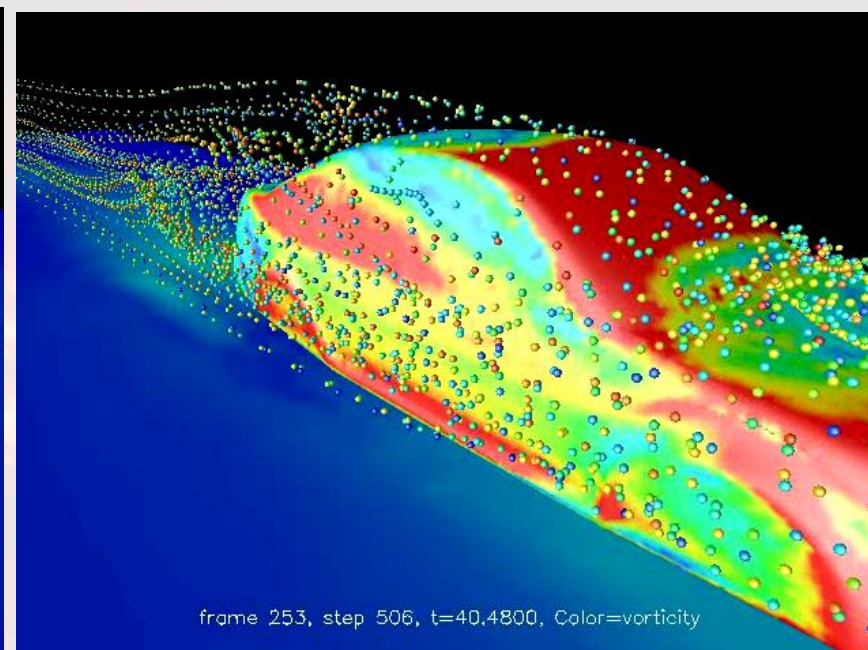
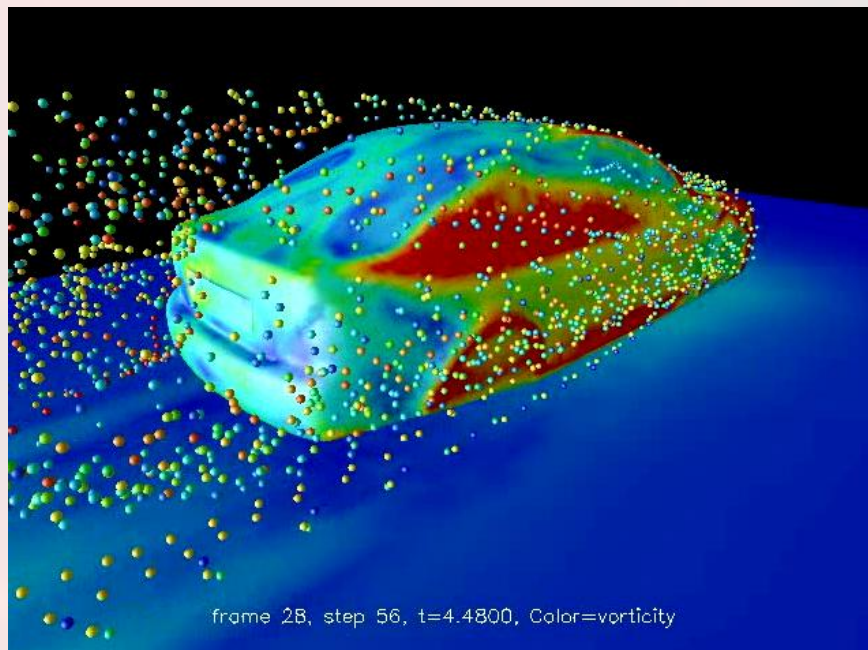
Estudio de maniobrabilidad en un muelle (cont.)



(video muelle planta) (video muelle 3D)

Aerodinámica de un auto de competición

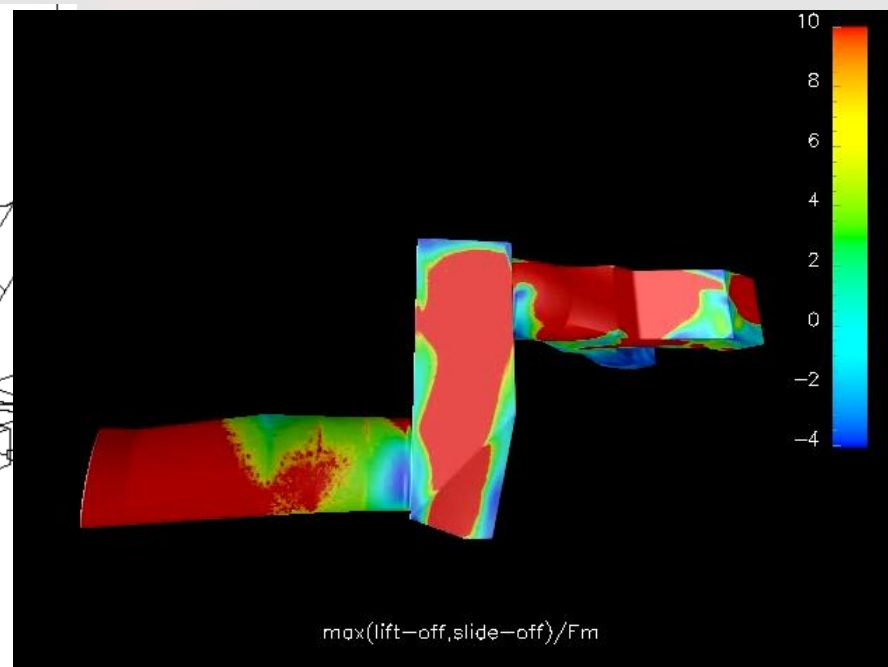
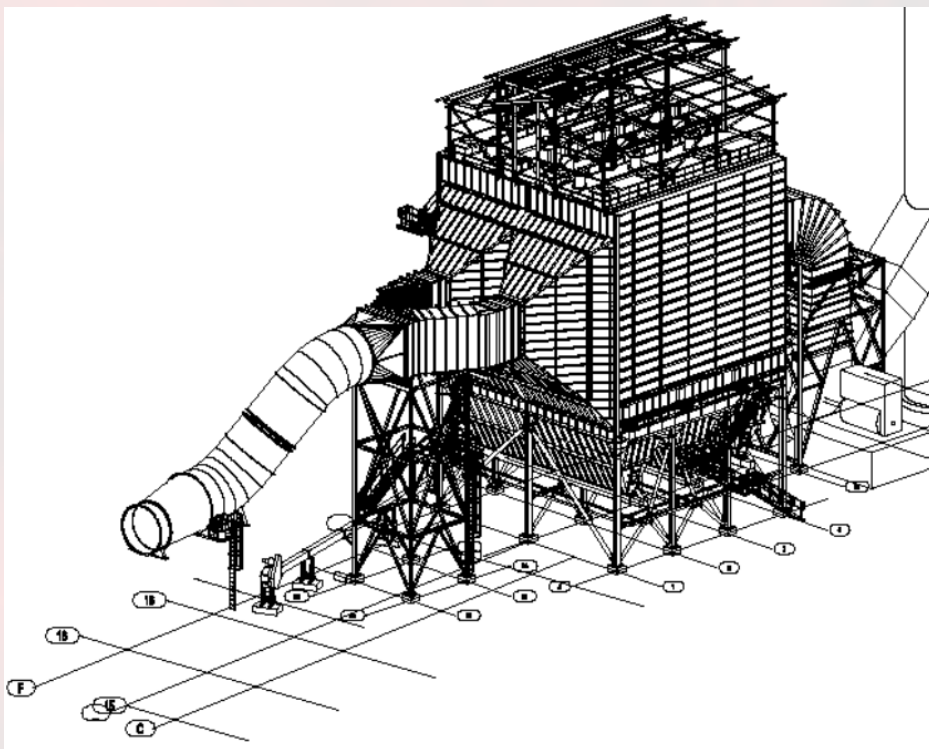
COMITENTE: SportTeam Competición S.A. (9 de Julio, BA)



(video bora)

Sedimentación de partículas en un ducto de aspiración

COMITENTE: TERNIUM-SIDERAR (San Nicolás, BA)

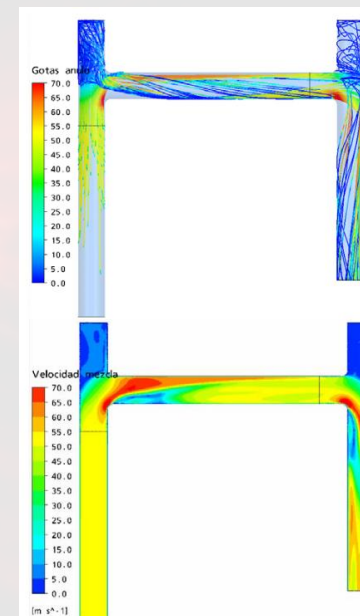
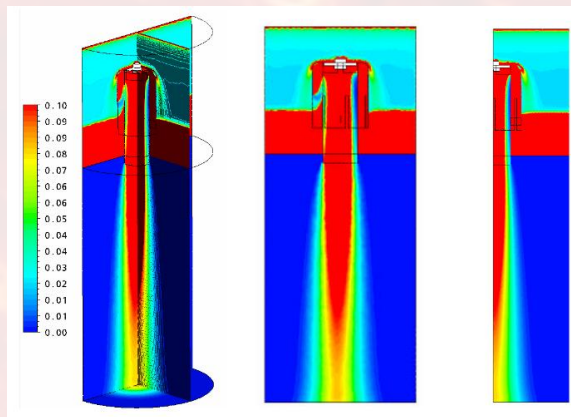
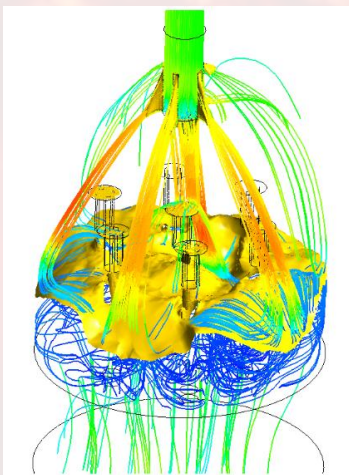


Central Nuclear Atucha II



Repsol-YPF

- Las líneas de transferencia del horno BA-101 ubicado en CILP.
- Deposición de barras en un recipiente de oxo-alcoholes.
- Transporte de fases líquido/gas en plato distribuidor en un reactor de HDS.
- Distribución líquido/gas en reactor de gas buteno.
- Flujo trifásico de líquido/gas/sólido catalizador en reactor de PIB.
- Aireación del standpipe de una planta de cracking catalítico (FCC).



Otros comitentes

- **INTA (Argeninta e INTEA S.A.)** *Análisis aerodinámico de un generador de pulsos para la cosecha de frutos (Patente INPI en trámite P070103318).*
- **Interfaces S.A. (Buenos Aires)** *Implementación de un resolvedor eficiente.*
- **Instituto Universitario Aeronáutico, Comisión Nacional de Investigaciones Espaciales (CNIE).** *Estudio fluidodinámico de un tanque de combustible de un cohete en rotación.*
- **Unilever.** *Estudio de refrigeración en molde para fabricación de jabón.*

Modelo de un brassiere

Oasys
LS-DYNA ENVIRONMENT

Home Software FE-Models Training Downloads Events

Home → Software → LS-DYNA → Applications → Other Analysis

Applications - Other Analysis

Bra analysis

The search for a bra with a perfect fit has been made by many women over the years. However, until recently there has been little application of engineering to bra design despite an early patent brought by an aeronautical engineer. In fact, the basic design has not changed dramatically since its appearance in 1885. In the past year there has been an emergence of interest in designing the perfect bra.

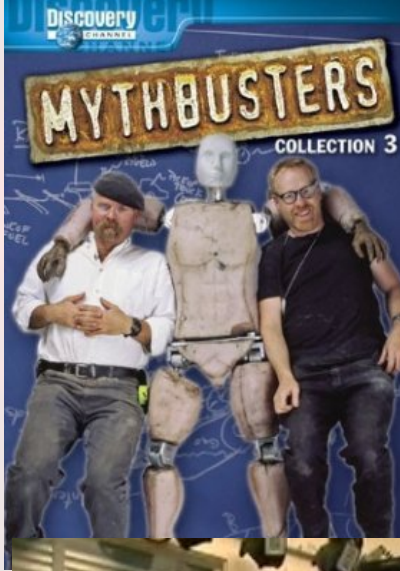
Most recently it became the subject of a program broadcast on UK TV Channel 4 on the 24 June 1998. 'Designs on Your Bra' followed London based industrial designers, Dick Powell and Richard Seymour, as they attempted a radical redesign of the bra.

They were assisted during the project by the consulting engineers, Arup's Advanced Technology Group, who were able to give an insight into the engineering performance of the bra using advanced computer techniques.

VON_MISES_STRESS (Mid surface)
0.00
100.00
200.00
300.00
400.00
500.00
600.00
x 1.0E-03

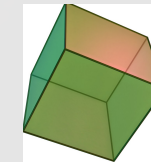
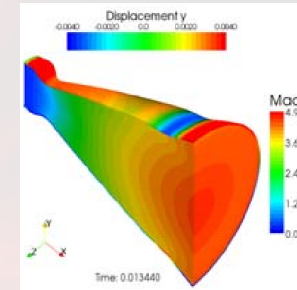
(video brassiere)

Mec. Comp. visita a los Cazadores de Mitos

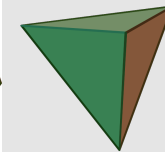


¿Como funciona la mecánica computacional?

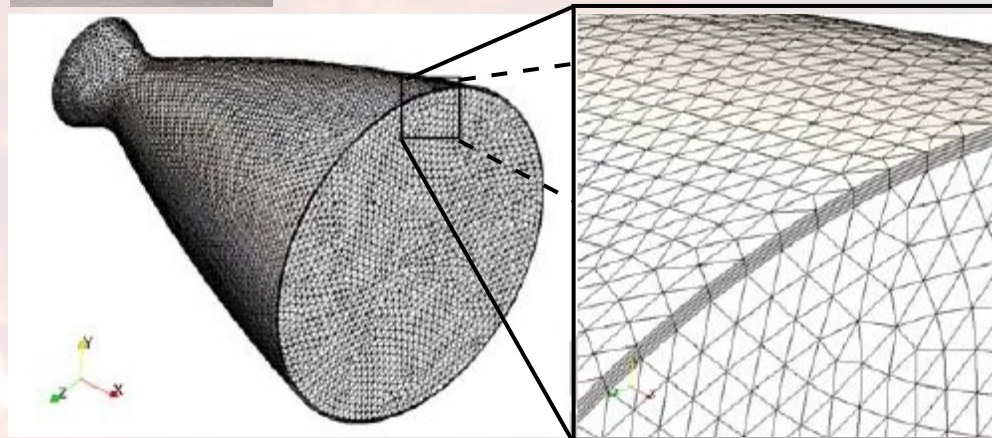
- Básicamente consiste en dividir las regiones ocupadas por el cuerpo o los fluidos a estudiar en dominios más pequeños y simples, (llamados celdas o elementos) como hexaedros (cubos) o tetrahedros (pirámides de base triangular) cubos.
- En cada celda las variables (presión, velocidad, temperatura) tiene un comportamiento muy simple (por ej. se asume que es constante).



hexaedro
(cubo)



tetraedro
(pirámide de
base triangular)



¿Como funciona la mecánica computacional? (cont.)

De esta forma se llegan a **sistemas de ecuaciones** en las cantidades para cada celda.

$$2x + 3y - z = 5$$

$$3x - y + z = 4$$

$$x + y - 2z = 1$$

En los modelos por mecánica computacional, se resuelven sistemas con **millones** de ecuaciones. Este es el punto que necesita más **tiempo de cálculo**.

Típicamente para un problema con 1 millón de incógnitas se necesitan realizar 100 Gflop (1Gflop= 1000.000.000 de operaciones). En una PC de escritorio normal (5 Gflops), esto tardaría unos 20 segundos, pero esto hay que a su vez realizarlo miles de veces (por cada **cuadro del video**), de manera que estos cálculos tardan desde horas hasta semanas.

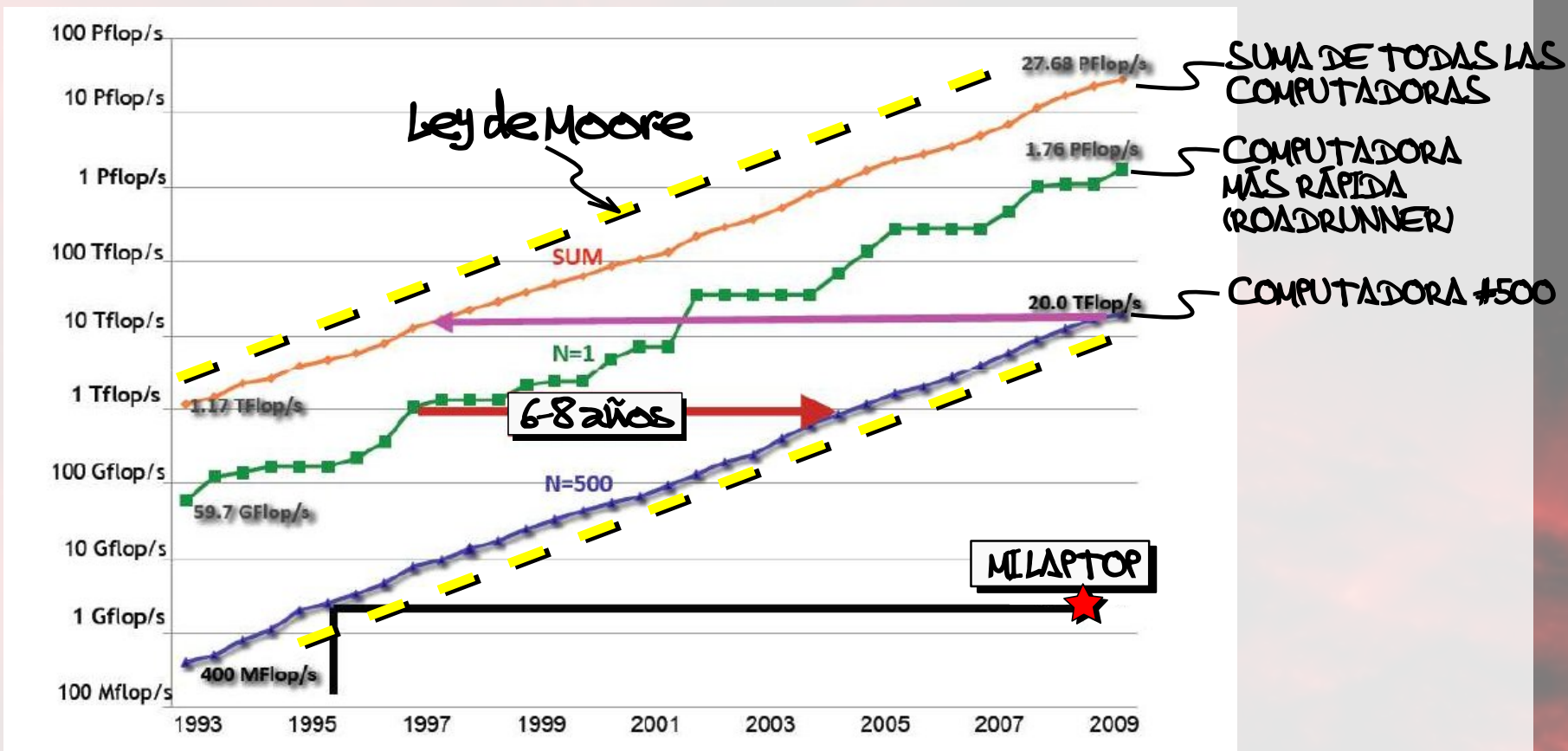


Ingredientes de la Mecánica Computacional

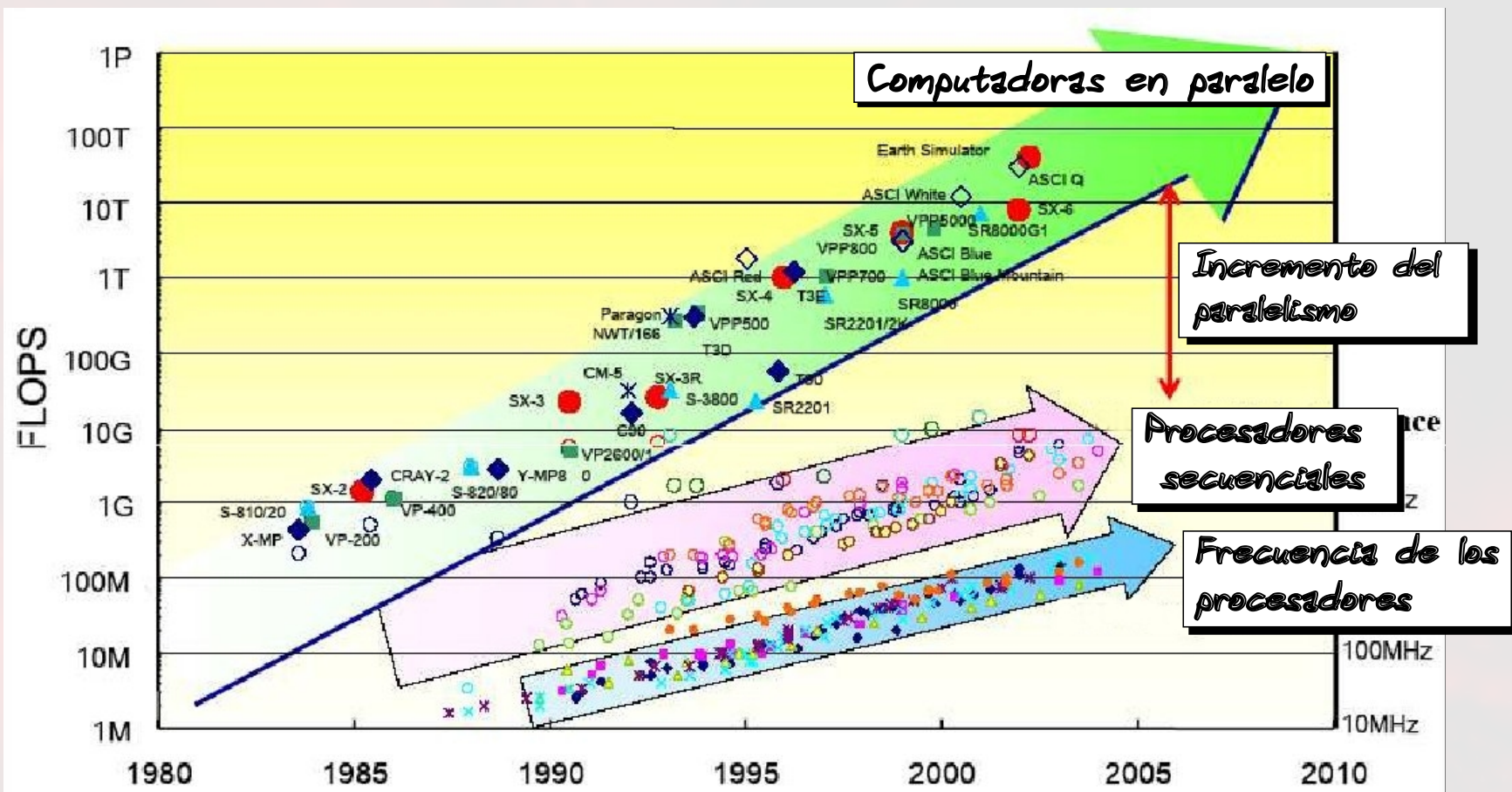


Evolución de las supercomputadoras

Ley de Moore: la potencia de las computadoras se *duplica* cada año.

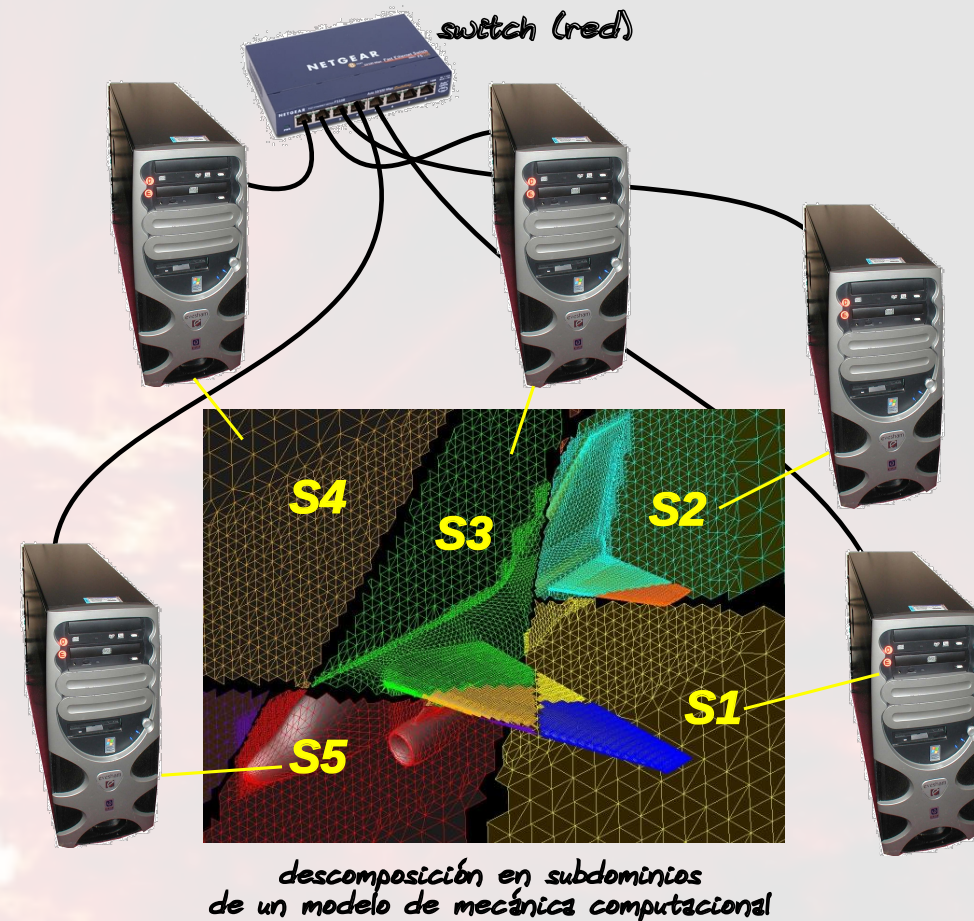


Necesidad de paralelismo



Paralelismo por descomposición de dominio

- Una forma de usar la potencia de varias computadoras para resolver más rápido un problema es dividir la región en *subdominios* más pequeños y procesar cada uno en una computadora.
- Las computadoras cuyos subdominios se tocan deben intercambiar información. Esto se hace a través del *hardware* (equipamiento) de red.



El proyecto Beowulf

- Las supercomputadoras eran equipamiento muy caro, utilizado sólo en los grandes laboratorios.
- El proyecto *Beowulf* del *Goddard Flight Space Center* de la NASA desarrolló el *know-how* necesario para contruir supercomputadoras con equipamiento de bajo costo (COTS). Los componentes principales son:
 - Equipamiento informático de bajo costo (COTS). PC's y red Ethernet (100 Mbs o 1 Gbs).
 - Sistemas operativos abiertos (Linux,BSD)
 - Librerías de paso de mensajes (PVM, MPI)



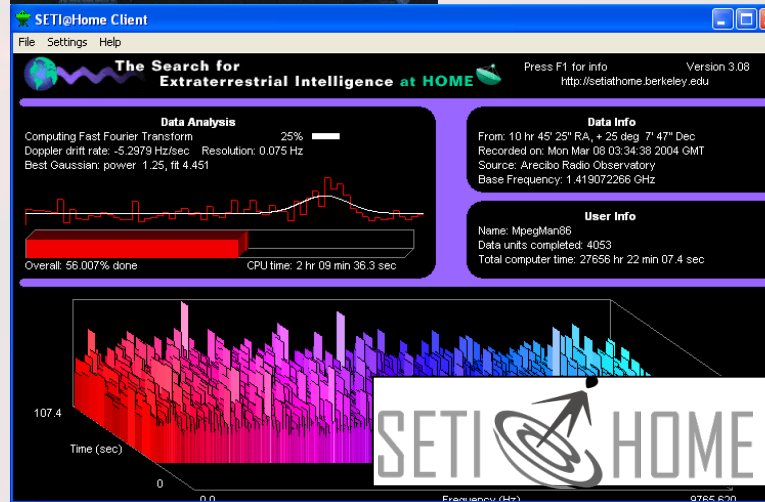
El héroe legendario Beowulf acabando con el monstruo Grendel



Primer cluster Beowulf construido en el laboratorio Goddard de la NASA

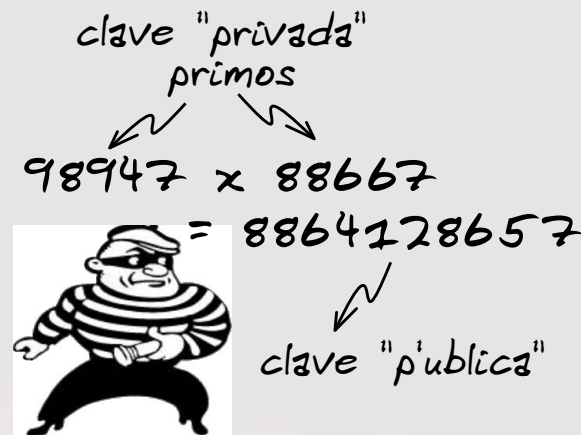
Procesamiento en paralelo masivo, SETI@HOME

- El proyecto *SETI (Search for Extra-Terrestrial Intelligence)* se basa en procesar ondas de radio con radio telescopios en la búsqueda de *civilizaciones extraterrestres*.
- El cuello de botella es el *procesamiento* de la señal, que demanda mucho tiempo de cómputo.
- *SETI@Home* permite que usuarios apoyen al proyecto corriendo en sus computadoras hogareñas una aplicación que utiliza la *potencia de cálculo ociosa* de la máquina para porcesar las señales.
- Es un ejemplo de *computación distribuida voluntaria*.



RSA Factoring Challenge

- La criptografía actual se basa en **claves privadas y públicas**. La privada es un par de **números primos** mientras que la pública es el **producto** de ellas.
- La clave pública de un banco es conocida por todos, pero si alguien logra descubrir cuales son los dos primos que la forman, entonces puede **desencriptar** toda la información.
- Pero se puede demostrar que el **tiempo de cálculo** necesario para hacer esa factorización **crece muchísimo** con el número de dígitos de la clave pública.
- El RSA propuso una serie de desafíos. el RSA-129 fue **crackeado** en 1994 por un equipo que hacía **computación distribuida voluntaria** en 1600 computadoras hogareñas.



RSA-129=

11438162575788886766923577
99761466120102182967212423
62562561842935706935245733
89783059712356395870505898
9075147599290026879543541

=

34905295108476509491478496
19903898133417764638493387
843990820577

x

32769132993266709549961988
19083446141317764296799294
2539798288533

Supercomputadoras en CIMEC

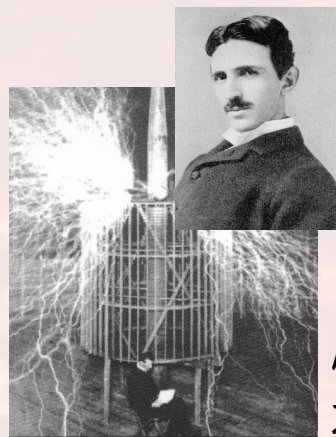
Todos:

- Sistema operativo: Red Hat Linux, Fedora Linux
- Sin disco duro (diskless) booteo por diskette o por PXE (Ware-Wulf/Perceus).
- Software instalado: MPI, PETSc, compiladores GNU, Intel, PETSc-FEM, Fluent, CFX.



GERONIMO. 1998
 10 x Pentium IV, 2.8 Ghz
 100 Mbs Ethernet
 10 Gflops

AQUILES, 2003
 PME 2003 ANPCYT.
 Consorcio de 5 grupos
 de INTEC y FICH-UNL.
 85xPentium IV, 3GHz,
 red Gigabit Ethernet



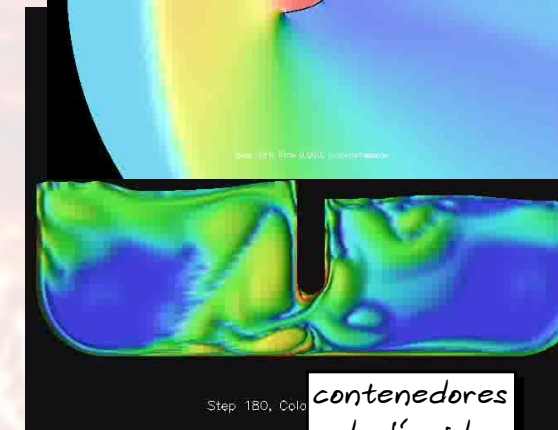
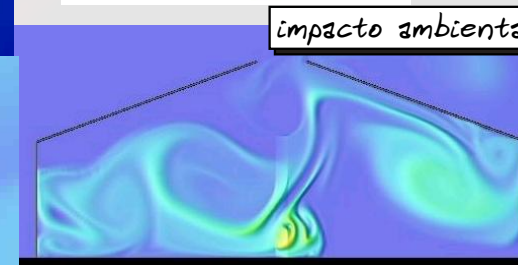
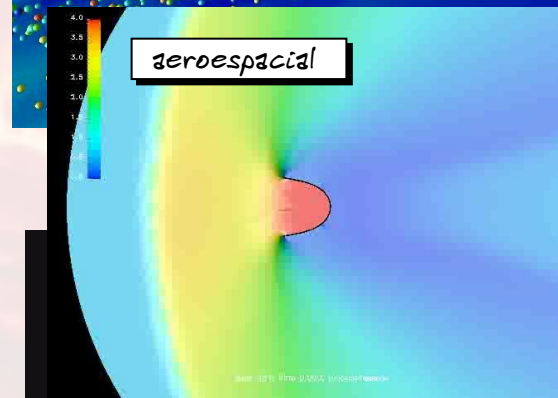
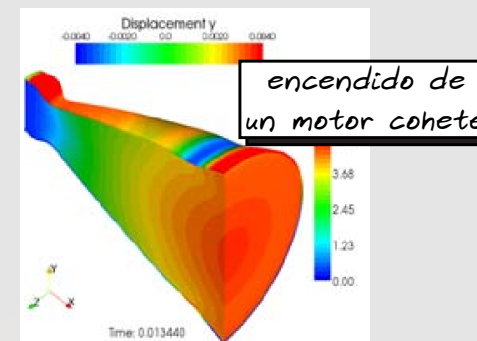
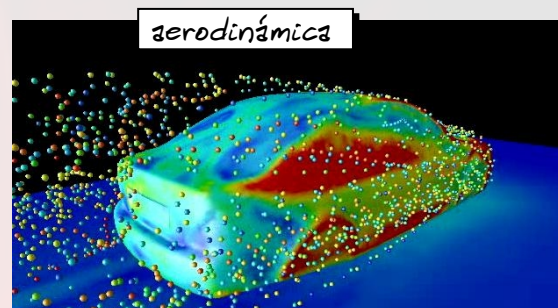
COYOTE, 2007, 8 nodos
 2 x Xeon E5420
 64 núcleos en total
 red Ethernet Gigabit



NIKOLA, 2010
 server Intel i7 950 @ 3.07GHz
 2 GPU's Nvidia Tesla C1060

PETSc-FEM

- Programa de Mecánica Computacional (Elementos Finitos) para resolver problemas de mecánica de fluidos.
- Desarrollado en el CIMEC.
- Usa procesamiento en paralelo (MPI/PETSc/OpenMP)
- Es software libre (<http://www.cimec.org.ar/petscfem>)



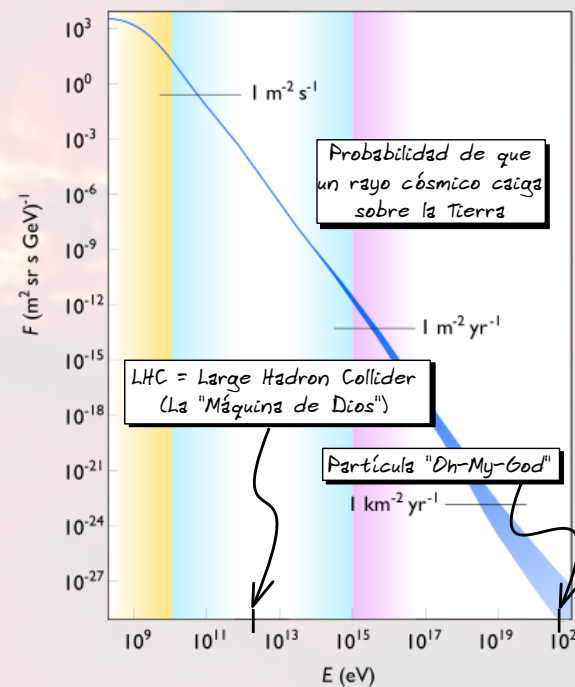
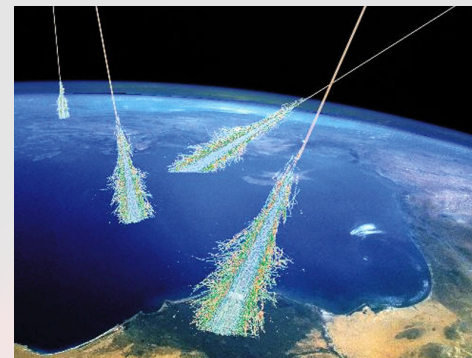
El problema térmico

- Un inconveniente importante en la operación de supercomputadoras es el *problema térmico*.
- Cada procesador puede disipar aprox. **100W**, esto puede hacer que haga falta *remover grandes cantidades de energía*.
- En el CIMEC: **potencia total de 30kW**. Tenemos instaladas **45.000 frigorías de refrigeración**. Sistema de **alarma** de temperatura con monitoreo. Sistema de **monitoreo por software** con notificación por e-mail.
- En general entre **250 y 750 Mflops/Watt**.
- PC de escritorio: 5 Gflops, 100W, **50 Mflops/Watt** (muy ineficiente).
- Jaguar: 7.5 MW (**250 Mflops/Watt**) (ineficiente)
- Forschungszentrum Juelich (FZj): posición 110 en **top500**, 42 Teraflops, 59kW, (**722 Mflops/Watt**) (muy eficiente térmicamente)



Confiabilidad

- Cuando una computadora procesa pueden producirse errores por *fallas de software y/o de hardware*.
- El *tiempo medio entre fallas (MTBF, Mean Time Between Failures)* por hardware para una computadora de escritorio puede estar en aprox. $MTBF=100$ días, es decir *una falla cada 100 días*.
- Una fuente de errores de hardware son los *rayos cósmicos*
- Cuando hay digamos $N=100$ computadoras, entonces el MTBF del conjunto *baja en un factor 100*, es decir que tendremos un MTBF del conjunto de *una falla por día*.



Calculando “en tiempo real”

EL PAÍS.com | Ciencia Jueves, 29/4/2010, 02:23 h

Inicio | Internacional | España | Deportes | Economía | Tecnología | Cultura | Gente y TV | **Sociedad** | Opinión | Blogs | Participa | Educación | Salud

Ciencia | El Viajero | El País semanal | Domingo

AVANCE Consulta en PDF la portada

de EL PAÍS, edición nacional, del jueves 29 de abril

ELPAIS.com > Sociedad > Ciencia

ENTREVISTA: SERGIO IDELSOHN Especialista en dinámica de fluidos

"Encaramos el gran reto de la ingeniería"

Sergio Idelsohn, especialista en mecánica de fluidos, desarrolla sistemas de simulación informática que pueden servir para comprobar cómo se comporta un avión en vuelo o cómo navega un petrolero

JOAN CARLES AMBROJO - Barcelona - 17/02/2010

Vota ☆☆☆☆☆ Resultado ★★★★★ 53 votos

Sergio Idelsohn, especialista en mecánica de fluidos, acaba de obtener una beca de tres millones de euros del Consejo Europeo de Investigación (ERC) para desarrollar sistemas de simulación informática que puedan realizar cálculos en tiempo real. Este investigador ICREA en el Centro Internacional de Métodos Numéricos en la Ingeniería (CIMNE) de la UPC en Barcelona, de origen argentino, maneja técnicas que sirven para comprobar cómo se comporta un avión en vuelo o cómo navega un petrolero. La Armada de Estados Unidos utiliza sus técnicas en uno de sus proyectos.

A los 62 años, Idelsohn nunca deja de pensar. Llega a la entrevista con una hoja rebosante de ecuaciones, fruto de la consulta de su jefe, Eugenio Oñate, con la almohada. Revisará el trabajo mientras pasea, su gran



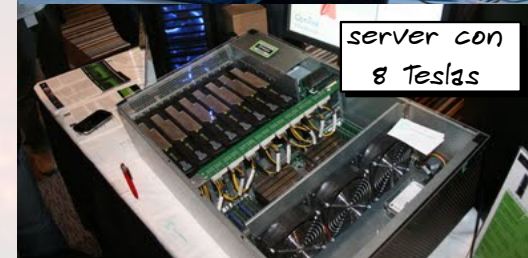
Sergio Idelsohn muestra una de sus simulaciones en el Centro Internacional de Métodos Numéricos en la Ingeniería (UPC).- CARMEN SECANELLA

La noticia en otros webs

- webs en español
- en otros idiomas

Uso de GPU's en Mecánica Computacional

- Para el procesamiento gráfico en juegos y servidores para diseño gráfico y otras aplicaciones demandantes se utilizan *tarjetas aceleradoras (GPU = Graphic Processing Unit)*. Por ej. Nvidia GeForce, ATI Radeon, ...
- Estas placas tienen *muchos procesadores* (más de 100) y *su propia memoria RAM* (desde 512MB hasta varios GB).
- Su potencia de cálculo se estima en *1 Teraflops* (aprox 200 PC's).
- Desde hace un tiempo se viene estudiando la posibilidad de utilizar estas tarjetas *para realizar cálculos de utilidad en ingeniería*.
- Nuestro plan es utilizar estas GPU's dentro del proyecto de cálculo en Real Time de Sergio Idelsohn.

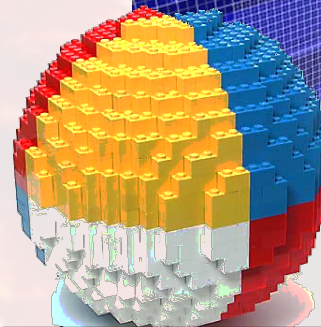
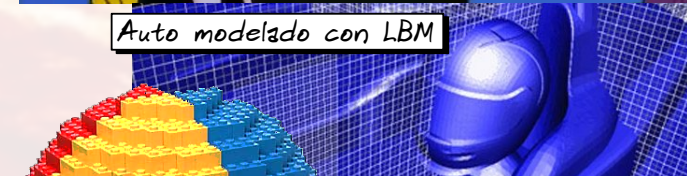


¿Rapidez o precisión?

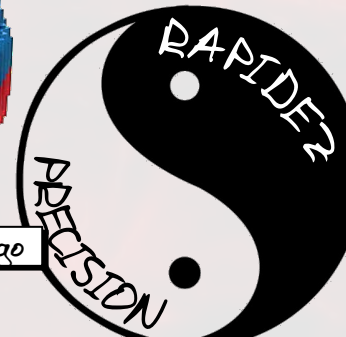
- Pero a veces querer obtener resultados **rápido** va en sentido contrario a la **precisión**.
- Por ejemplo los métodos que van muy rápido en GPU's se basan en usar mallas estructuradas, lo cual genera **superficies tipo Lego**.
- Estas superficies dan mucho error, por ejemplo al calcular la **resistencia al avance (drag)** de un vehículo aerodinámico, o el intercambio de calor.



Auto modelado con LBM

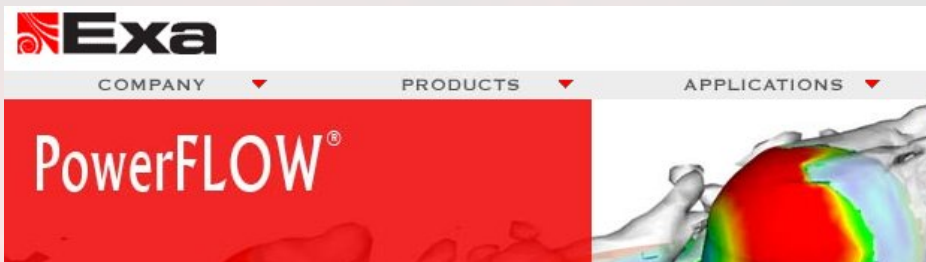


esfera hecha con Lego

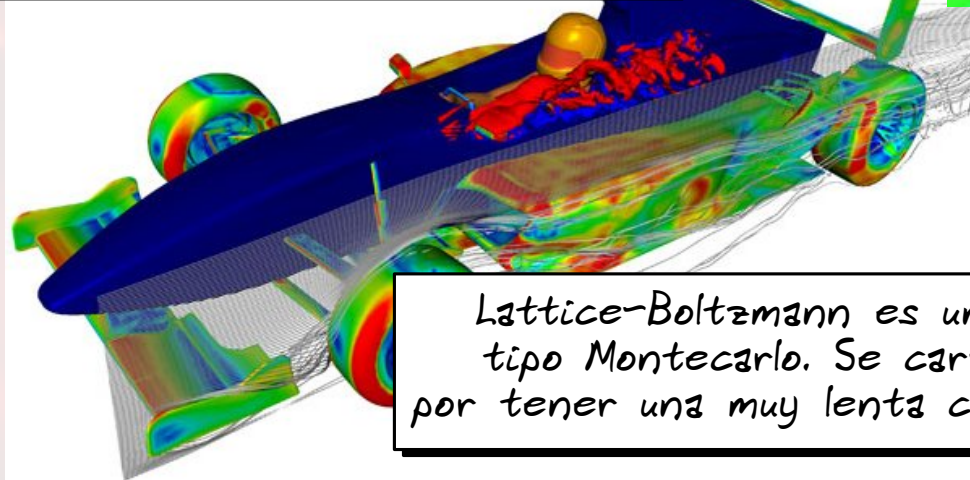
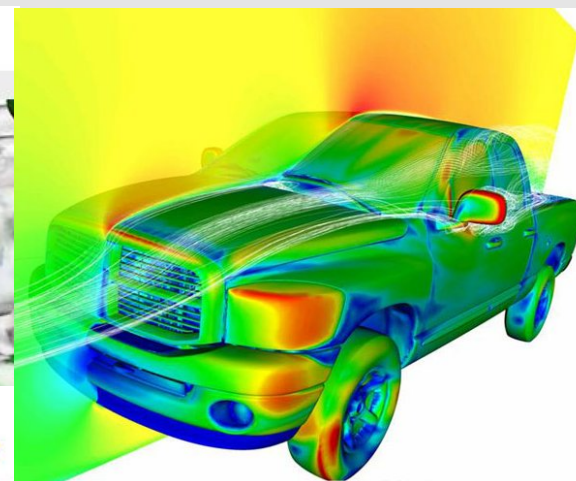
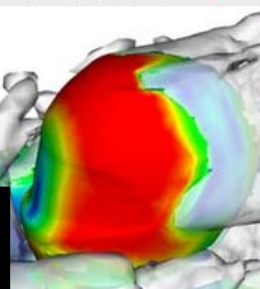


El Yin-Yang de la Mecánica Computacional

¿Rapidez o precisión? (cont.)



EXA-PowerFlow es un código comercial de CFD basado en el método de Lattice-Boltzmann



Lattice-Boltzmann es un método tipo Montecarlo. Se caracterizan por tener una muy lenta convergencia.

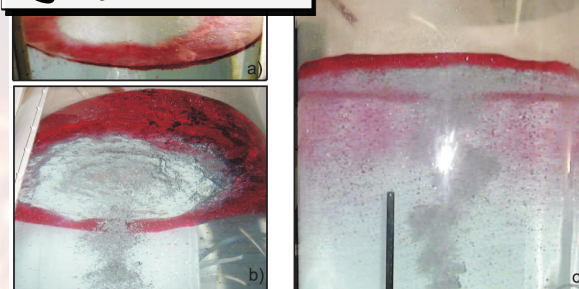
Uso de la Mecánica Computacional

- La Mecánica Computacional permite calcular** y predecir fenómenos en rangos donde es prácticamente imposible medir experimentalmente, por **peligrosidad** o incluso imposibilidad práctica. Por ejemplo en las industrias siderúrgica, nuclear, aeroespacial.
- Validar** contra experimentos y **extrapolar**.
- Validar** algunas cantidades y asumir que toda la simulación es correcta.

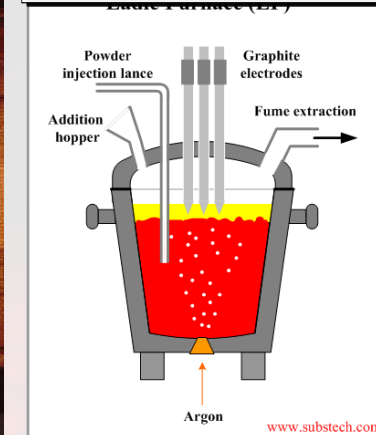
Cuchara metalúrgica en operación



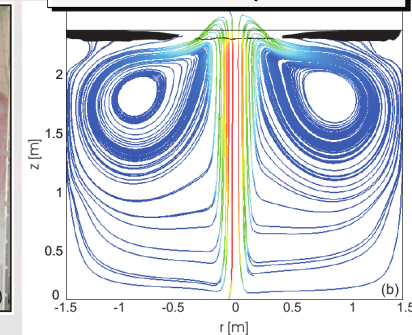
Modelo experimental (agua y kerosene)



Esquema de funcionamiento

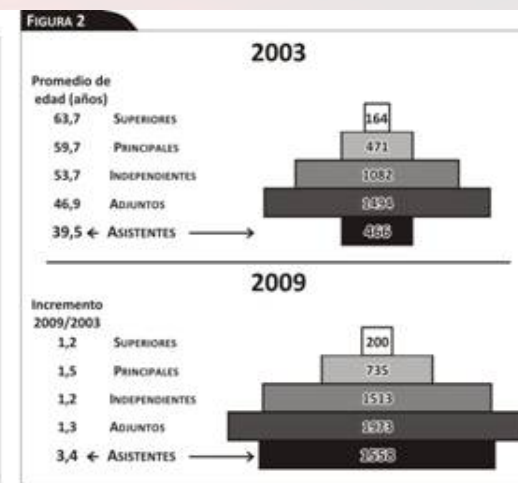
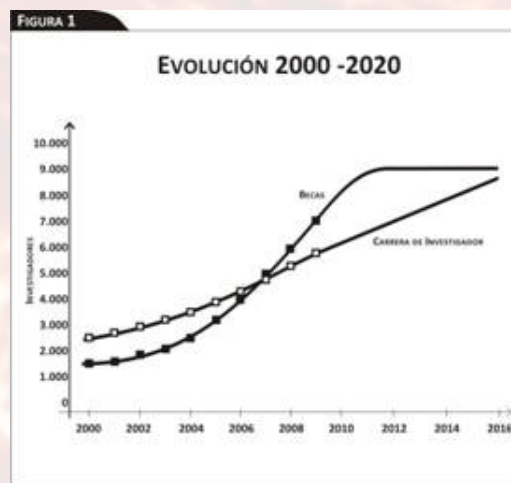


Mecánica computacional



¿Como funciona el sistema científico?

- Los *investigadores científicos* se organizan en laboratorios que a su vez son parte de institutos que funcionan en *Universidades* o *Centros de Investigación*.
- Por lo general los investigadores son *profesores* en la Universidades o pertenecen a alguna *institución dedicada a la ciencia* (CONICET, INTA, CNEA, INTI...).
- A veces la investigación también se realiza en *empresas*: Techint, YPF, NASA...
- El primer paso en la formación de un científico es la realización de un *Doctorado (Ph.D)*.
- En el caso de CONICET una vez finalizado el doctorado ingresa a la *Carrera de Investigador Científico*.



¿Como funciona el sistema científico? (cont.)

- Los investigadores publican sus resultados en artículos científicos (*papers*) y presentaciones en Congresos.
- El ambiente en los congresos es en general de debate y de discusión crítica de los resultados presentados.
- Los artículos son publicados en *publicaciones periódicas (journals)* con un sistema de *revisión por pares ciego* o *doble-ciego (blind o double-blind)*.
- Los investigadores ganan los fondos para financiar sus investigaciones a través de subsidios de organismos públicos (CONICET, ANPCyT, Universidades...), por medio de concursos.

La investigación en Santa Fe

- La ciudad de Santa Fe cuenta con una importante concentración de centros de investigación.
- Universidades: UN Litoral, UTN-FRSF, Universidad Católica.
- Centros de Investigación del CONICET: Centro Científico Tecnológico Santa Fe.
- Instituto de Desarrollo Tecnológico para la Industria Química
- Instituto de Matemática Aplicada del Litoral.
- Instituto de Investigaciones en Catálisis y Petroquímica.
- Instituto Nacional de Limnología.
- Instituto de Desarrollo y Diseño.
- Instituto de Lactología Industrial
- Instituto de Agrobiotecnología del Litoral



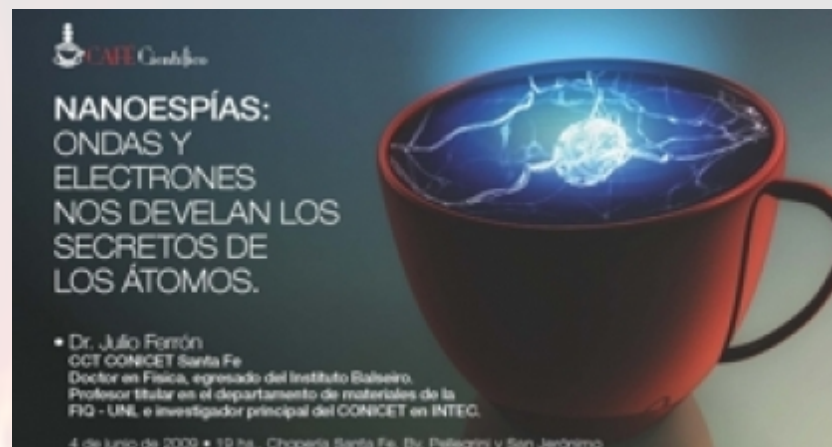
El Predio CONICET Santa Fe



La SECTel Santa Fe

- La *Secretaría de Estado de Ciencia, Tecnología e Innovación (SECTel)* es una iniciativa estratégica del Estado; un ámbito de *gestión, promoción y articulación* que se propone aportar al *desarrollo regional* y la inserción global de Santa Fe, asumiendo al conocimiento y a quienes lo construyen y utilizan como valores claves para el bienestar y la calidad de vida de las generaciones presentes y futuras.
- La SECTel proyecta posicionar a Santa Fe como un *Polo de Conocimiento e Innovación* movilizandando las capacidades científicas, tecnológicas y de innovación para dar *respuestas creativas a las problemáticas de los santafesinos*.

La SECTel Santa Fe (cont.)



Actividades desarrolladas

- Programa “Fortalecimiento de las capacidades de innovación del sistema productivo de la provincia de Santa Fe”.
- Cafés científicos.
- Foro de Capital para la Innovación.



Agradecimiento

Este trabajo ha recibido financiamiento de **Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas** (CONICET, Argentina, PIP 5271/05), **Universidad Nacional del Litoral** (UNL, Argentina, grants CAI+D 2005-10-64) y **Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica** (ANPCyT, Argentina, grants PICT PME 209/2003, PICT-1141/2007, PICT-1506/2006).

Hemos hecho uso de **Software Libre** (<http://www.gnu.org>) como GNU/Linux OS, MPI, PETSc, compiladores GCC/G++, Octave, Open-DX, VTK, Python, Git, entre otros. Además muchas ideas tomadas de estos paquetes nos han inspirado para escribir nuestras aplicaciones.