

IMT2112 - Algoritmos Paralelos en Computación Científica

Introducción al curso IMT2112

Elwin van 't Wout
6 Agosto 2019



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CHILE

Facultad de Matemáticas • Escuela de Ingeniería

imc.uc.cl

Agenda

- Programa del curso
- Introducción a la computación de alto rendimiento

Programa IMT2112

- Profesor: Elwin van 't Wout
- Doctorado en Matemáticas Aplicadas del Delft University of Technology, Holanda
- Postdoc en University College London
- Profesor asistente en el Instituto de Ingeniería Matemática y Computacional UC
- Contacto: e.wout@uc.cl



Programa IMT2112

- El curso se dictará en castellano
 - en los años anteriores era inglés
 - curso mínimo del título en IMC
- Cátedras
 - Clases expositivas
 - M-J:2 en sala H1
- Aydantías
 - Ayudante es Rudyard Jerez
 - Teoría y práctica
 - Lleva tu computador
 - V:2 en sala A6

Programa IMT2112

- El curso usa SIDING
 - anuncios
 - materiales de clase
 - notas
- Libro de guía
 - Victor Eijkhout, “Introduction to High Performance Scientific Computing.” University of Texas, second edition, 2016.
 - Open-source:
<http://www.tacc.utexas.edu/~eijkhout/istc/istc.html>

Programa IMT2112

- Evaluación
 - Tres interrogaciones
 - sólo lapiz permitido
 - nota ponderada por 20%
 - Cuatro tareas
 - tareas de programación
 - entrega individual
 - nota ponderada por 10%
 - Bono de 0,2 para responder al menos 80% de la encuesta semanal de carga académica
 - gestionado por Ingeniería UC

Programa IMT2112

- Contenido del curso
 - Arquitectura de computadores
 - ¿Cómo funciona una computador?
 - Algoritmos paralelos
 - ¿Cómo diseñar un algoritmo eficiente?
 - Programación paralela
 - ¿Cómo programar un algoritmo paralelo?

Computación científica

“The efficient computation of constructive methods in applied mathematics.”

- Matemáticas aplicadas
 - los modelos para fenómenos observados
- Análisis numérico
 - pensamiento algorítmico
- Ingeniería computacional
 - obtener los resultados

Eficiencia computacional

- La eficiencia es un *trade-off* entre
 - la precisión de los resultados numéricos
 - la huella en los recursos computacionales
- Mejoramiento de eficiencia por
 - algoritmos mas inteligentes
 - dispositivos de computación mas rápido
 - más dispositivos de computación

Computación en paralela

Paralelismo es el uso simultáneo de distintos dispositivos de computación

Una historia corta de computación

Las primeras *computadoras* fueron humanos



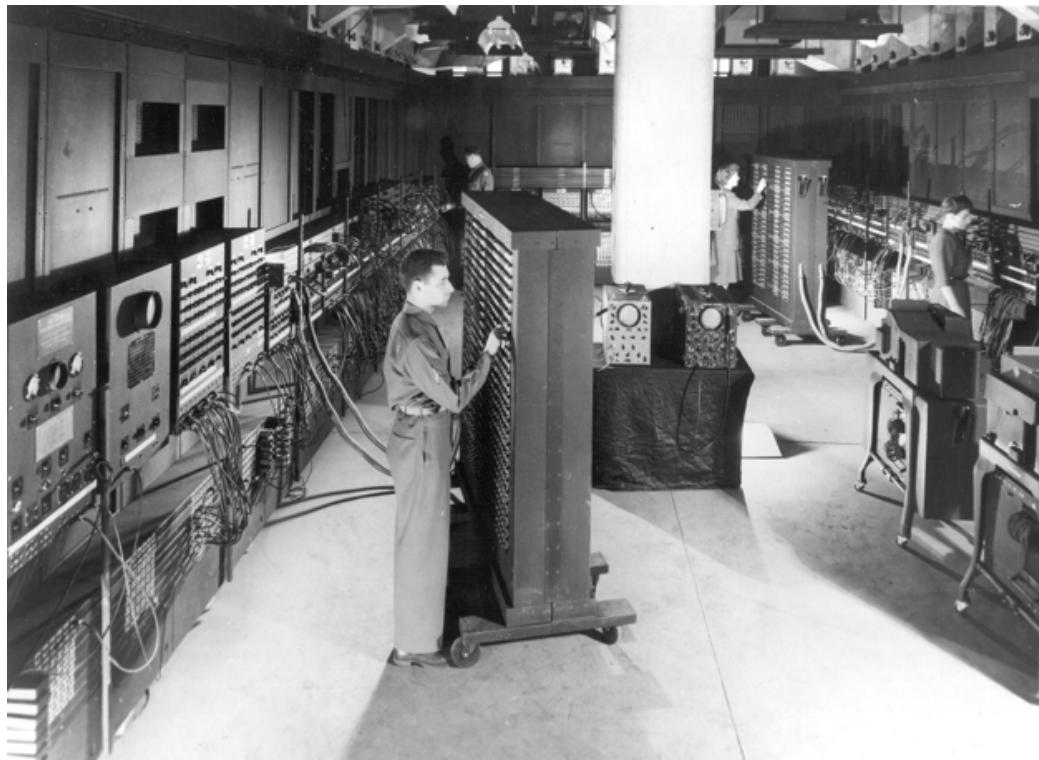
El pronóstico del clima

El sueño de Lewis Fry Richardson en 1922:
Weather Prediction by Numerical Process



Computadores electrónicas

Electronic Numerical Integrator and Computer (1964)



Computadores personales

Apple I kit computer (1976)

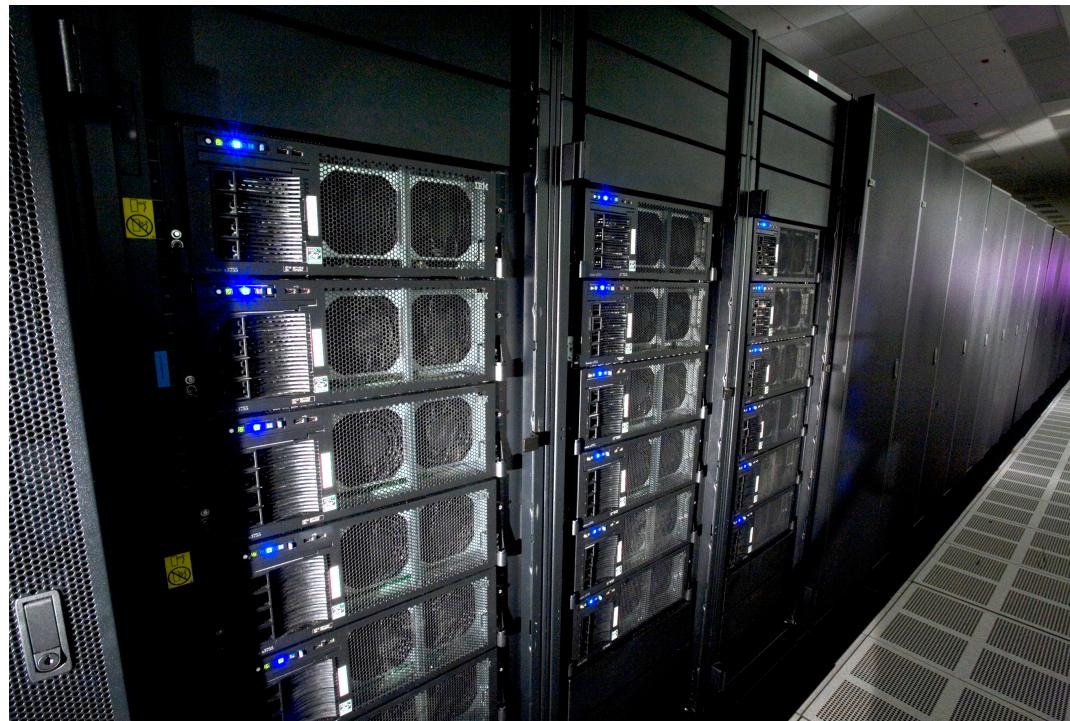


Uso cotidiano



Supercomputadores

La *IBM Roadrunner* logró *petaflops* computación en 2008



La supercomputador mas grande del mundo

La *Sunway TaihuLight* en Chine tiene 10.649.600 núcleos y un rendimiento de 93 petaflops



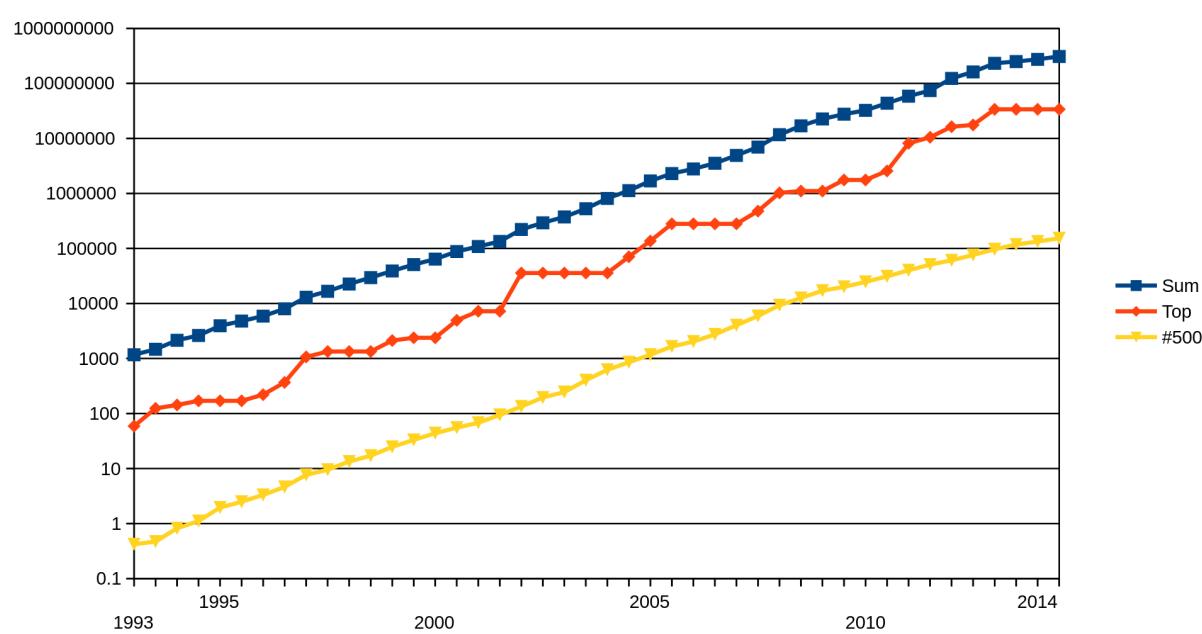
La supercomputador mas rápida del mundo

La *Summit* en los EE.UU. tiene 2.414.592 núcleos y un rendimiento de 148,6 petaflops



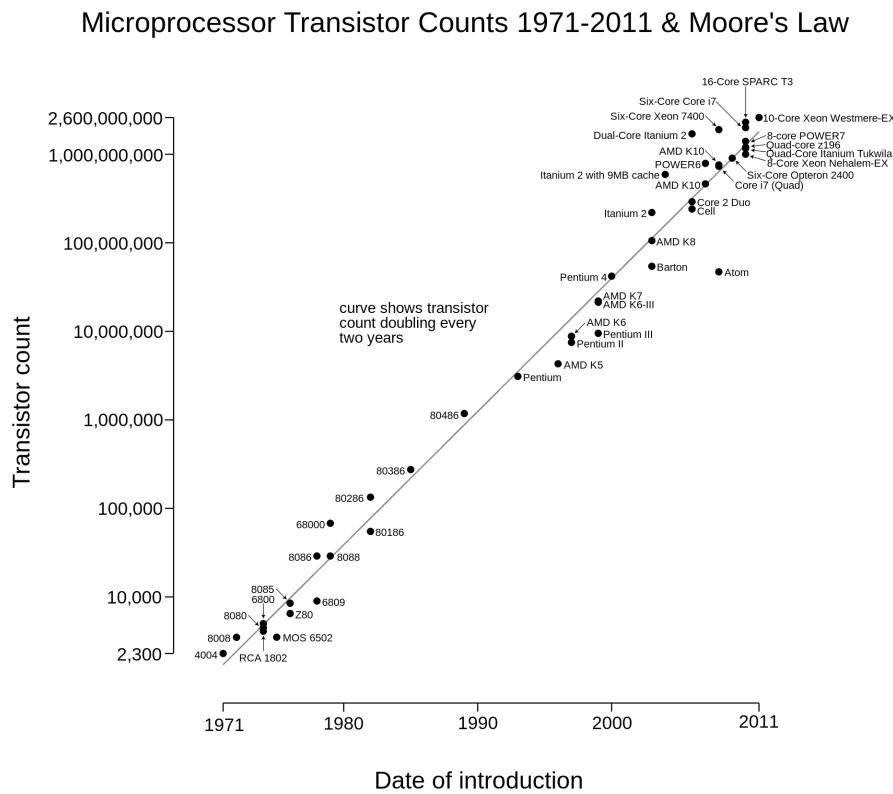
La lista *TOP500*

La lista *TOP500* es una clasificación de las supercomputadores. El rendimiento es medido por un *benchmark* basado en *Linpack*.

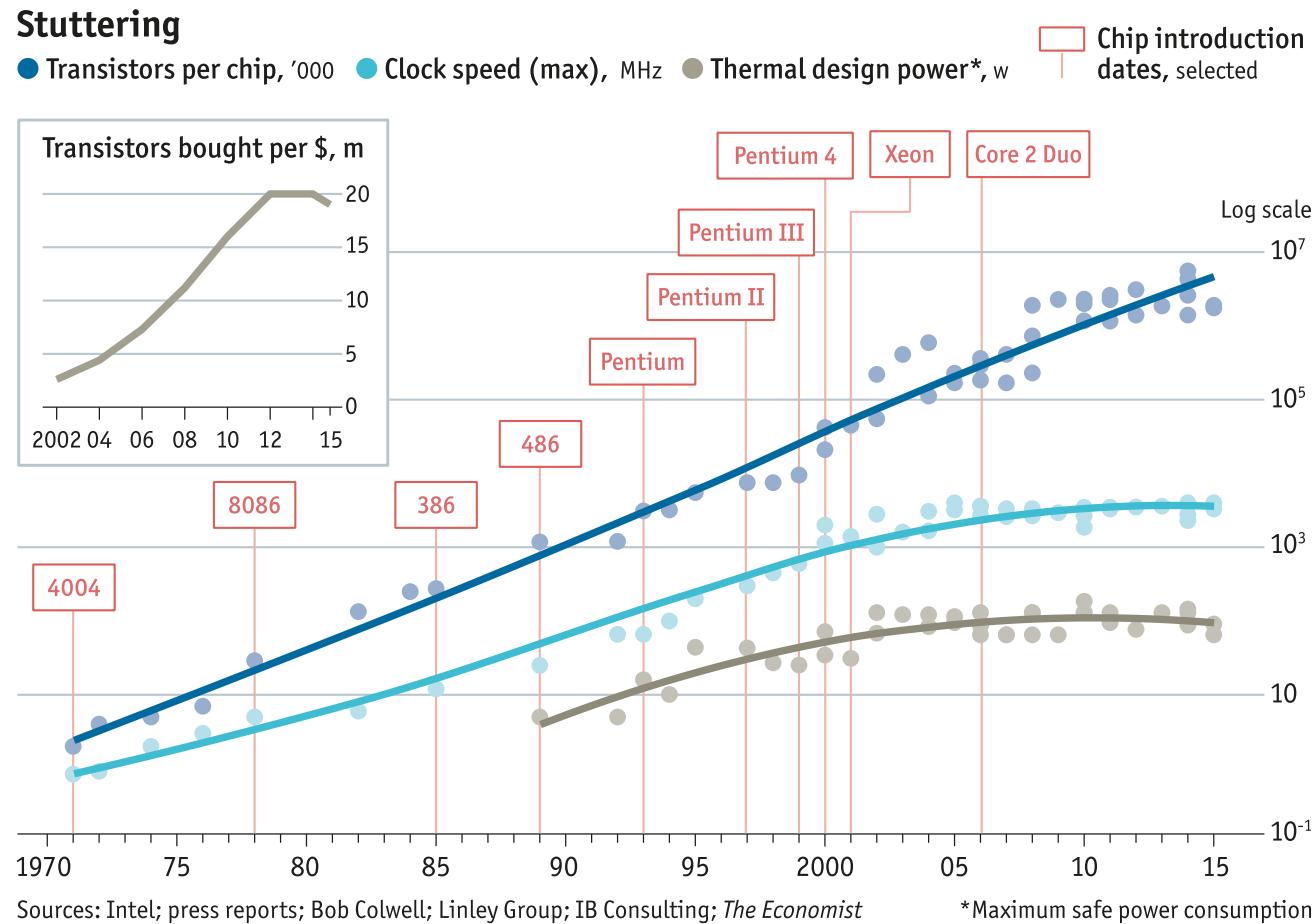


La ley de Moore

“The number of transistors on a chip doubles every 18 months.” Después revisado a 2 años.



La ley de Moore



La ley de Moore

- El rendimiento de computadores crece exponencialmente
- Un solo procesador es un millón (10^6) veces más rápido que hace 50 años mientras computadores son un trillón (10^{12}) veces mas rápidas
- Posible por computación en paralela
 - TaihuLight: 10.649.600 núcleos
 - Clúster de Ingeniería UC: 336 núcleos
 - MacBook: 2 núcleos

Futuras tendencias

- Equipamiento
 - computación paralela másiva
 - sistemas heterogéneos
 - máquinas *purpose built*
 - ¿computación cuántica?
- Ciencia interdisciplinaria
 - matemáticas aplicadas
 - ciencia de computación
 - ciencias de aplicación (ingeniería, física, economía, sociología, etc.)

Observaciones

- Nosotros no podemos usar las supercomputadoras
 - concursos para su uso
 - seguridad muy restrictiva
- El progreso es rápido
 - lo que fuera la vanguardia hace pocos años es común hoy en día
 - todos los nuevos computadores tienen múltiples núcleos

La importancia de algoritmos paralelos en computación científica

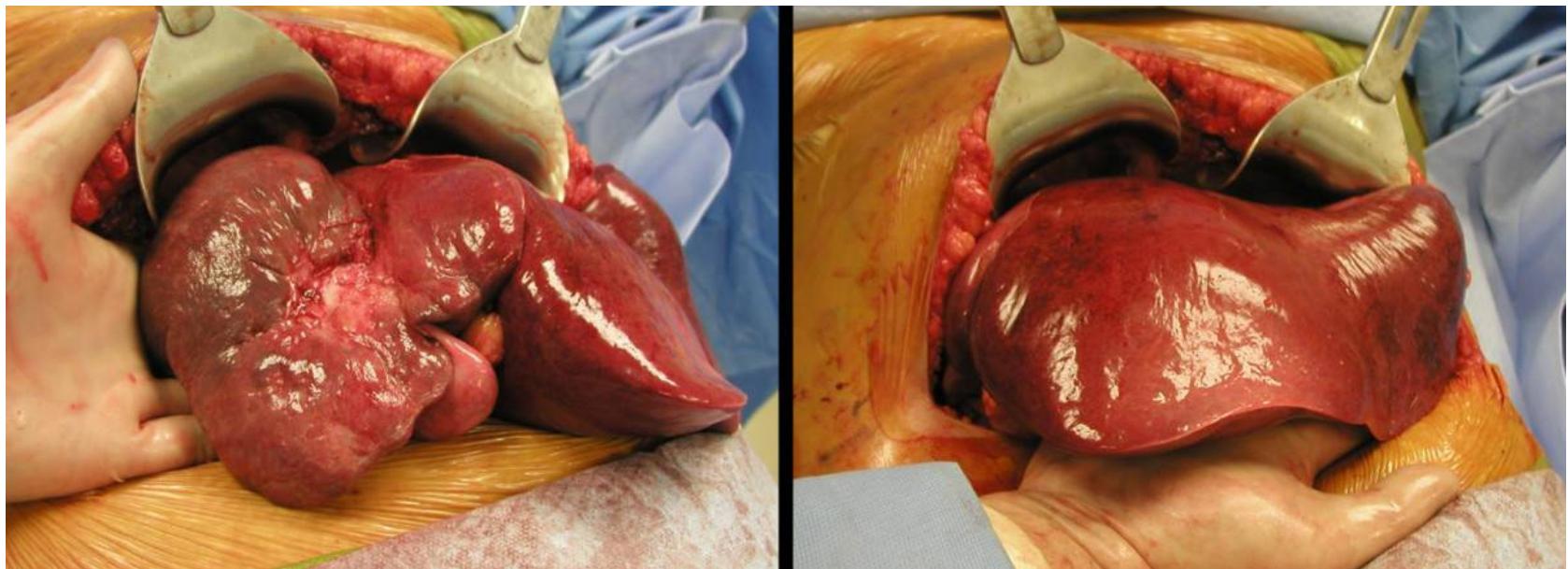
- Razón 1: la arquitectura paralela es el futuro
 - hay una tendencia de usar cada vez mas procesadores en el mismo dispositivo
- Razón 2: la arquitectura paralela ya es disponible
 - usar todo el poder disponible el los dispositivos

Un ejemplo de computación científica

High-intensity focused ultrasound (HIFU)

Tratamiento del cáncer de hígado

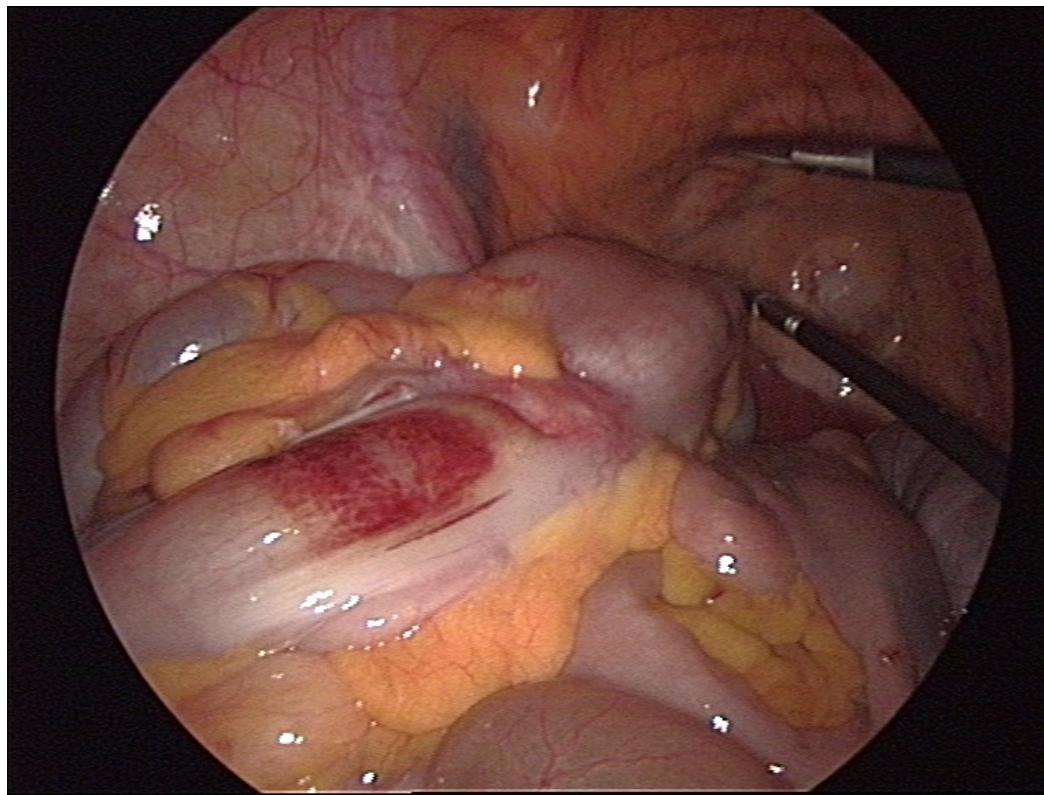
Resección quirúrgica



S. A. Gulec, K. Pennington et al., World journal of surgical oncology. Vol. 7, 2009, pp.6.

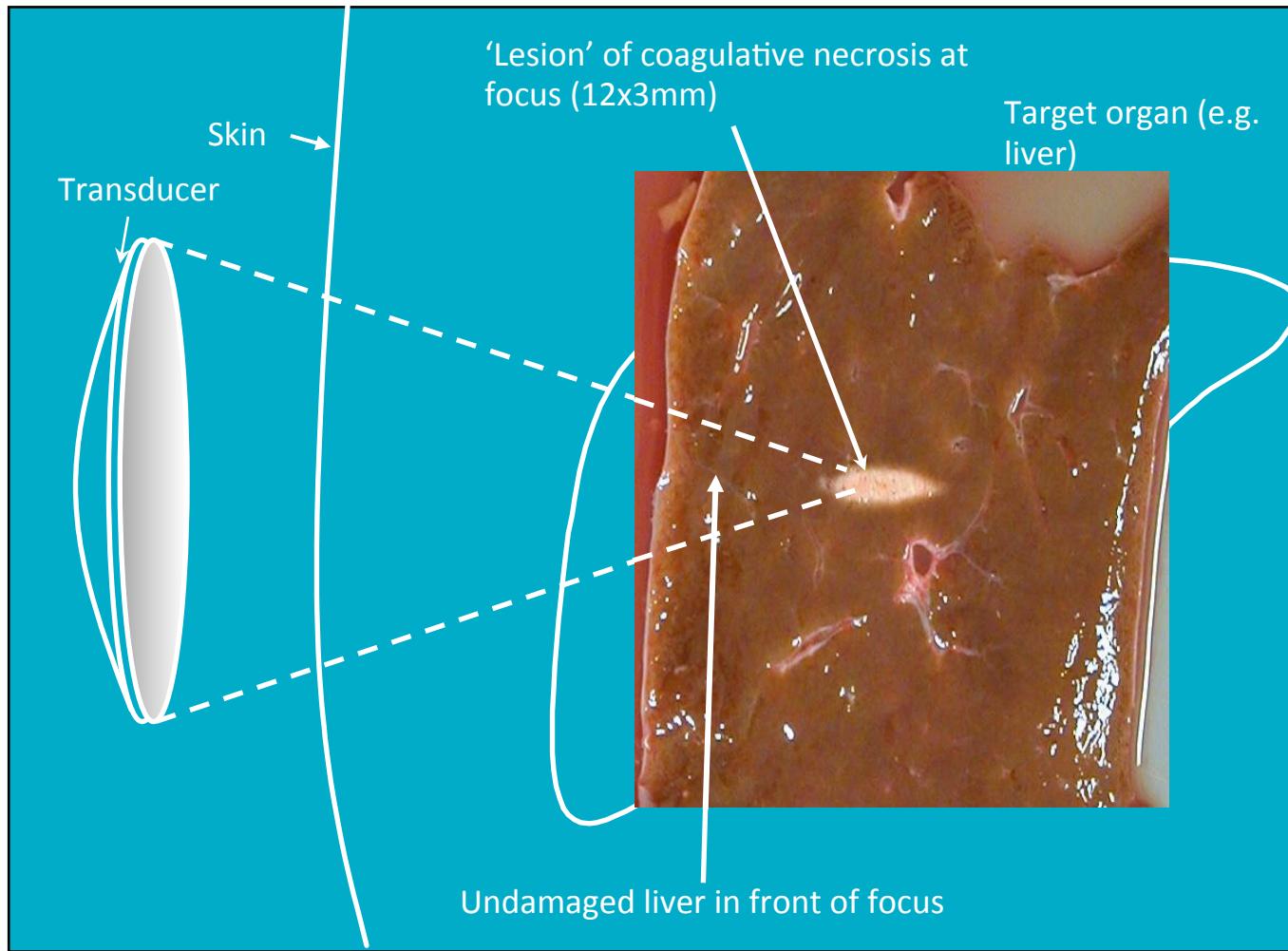
Tratamiento del cáncer de hígado

Cirugía laparoscópica

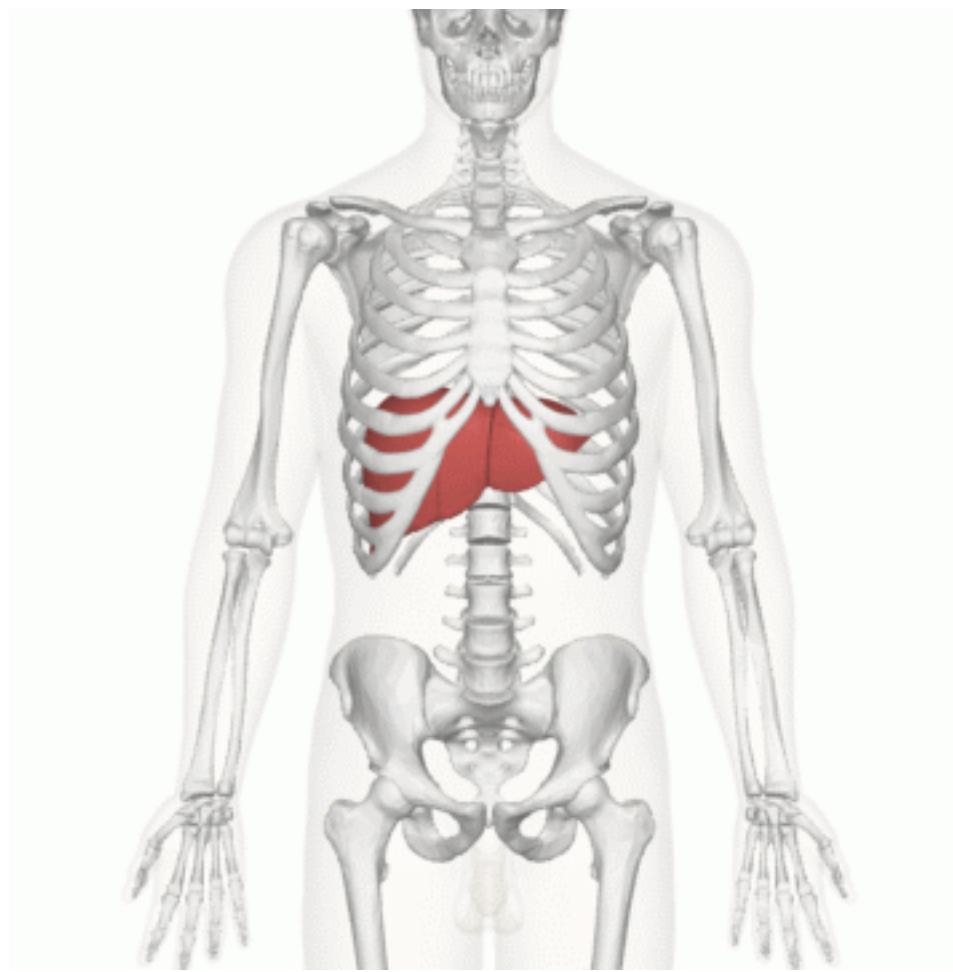


Tratamiento del cáncer de hígado

Ablación no-invasiva con ultrasonido

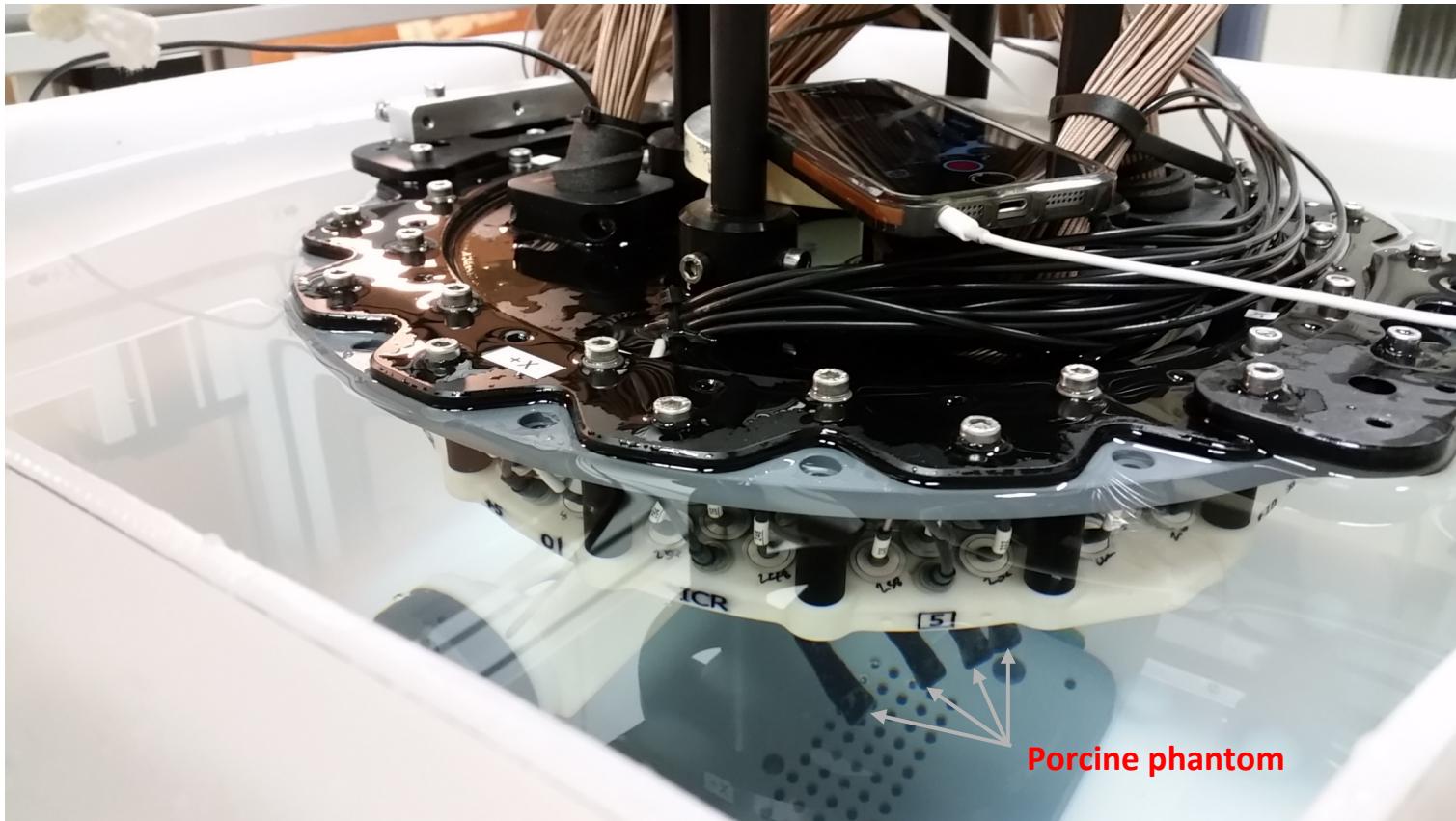


Tratamiento de ultrasonido para el hígado



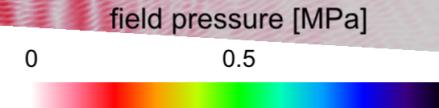
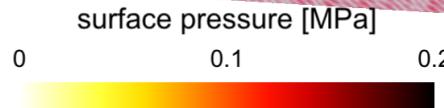
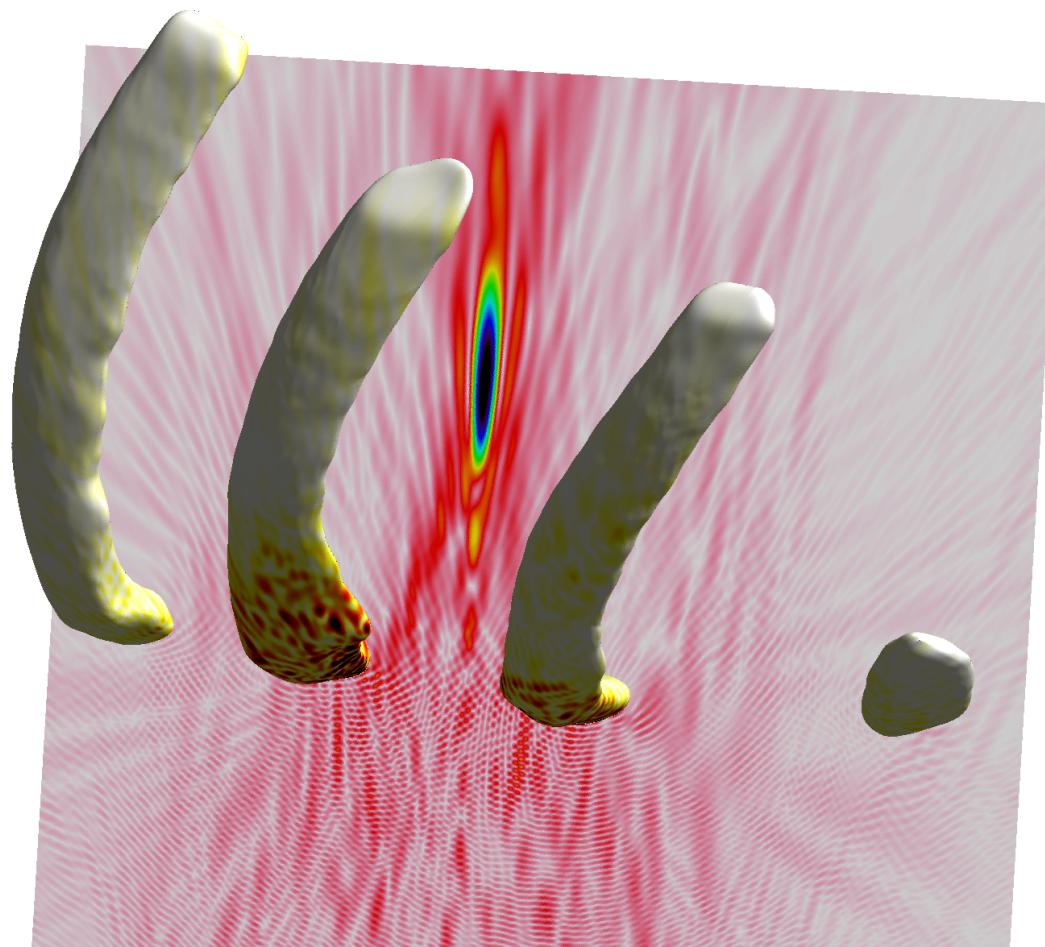
BodyParts3D, The Database Center for Life Science

Experimentos físicos de ultrasonido



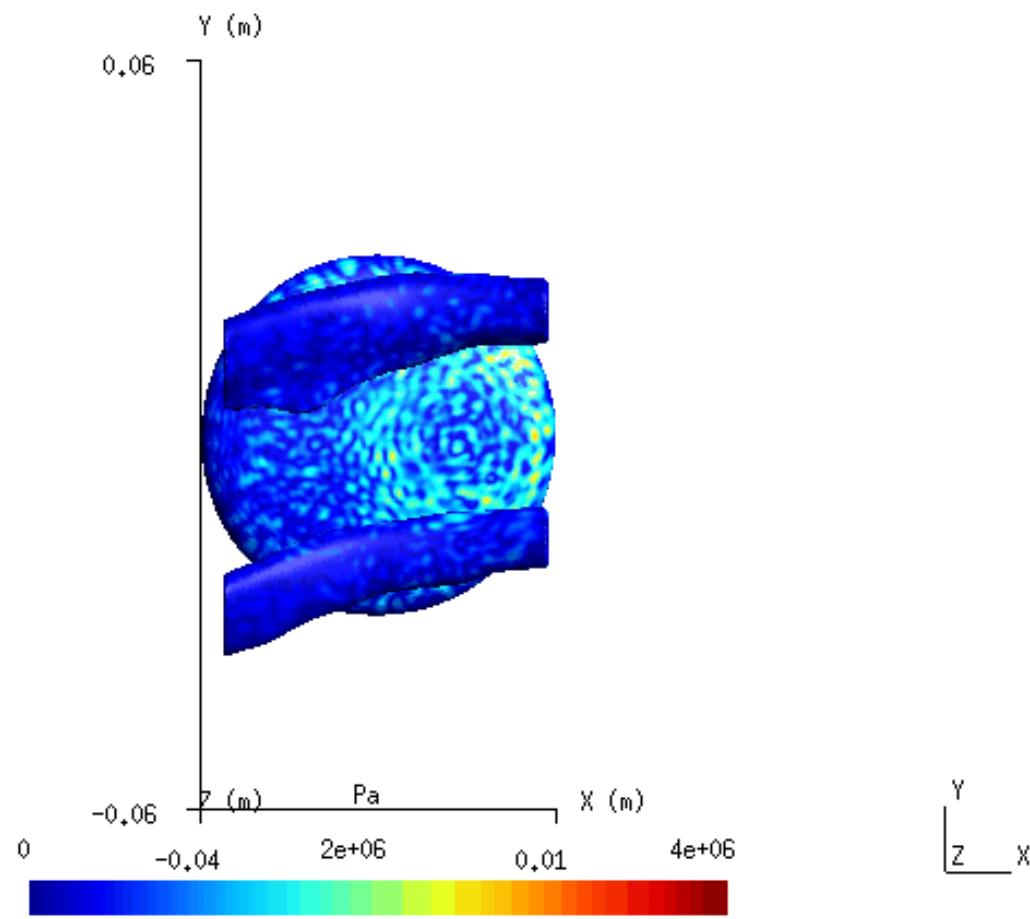
P. Gélat, R. Symonds-Tayler, D. Sinden, I. Rivens, J. Civale, G. ter Haar, and N. Saffari (UCL, CRUK, and NPL)

Experimentos computacionales de ultrasonido



Z
Y
X

Experimentos computacionales de ultrasonido



Computación de alto rendimiento

- Hay una necesidad de computación de alto rendimiento
 - HPC: high-performance computing
- Experimentos computacionales
 - llevan pocos costos (dinero, equipamiento, horas hombres, etc.)
 - tienen pocos problemas éticos
 - entregan predicciones precisas

Computación de alto rendimiento

- Recuerda que la eficiencia es un *trade-off* entre la precisión del modelo y la huella en recursos computacionales
- Dos tipos de restricciones de eficiencia
 - Dado un límite inferior de precisión, hacer el cálculo lo más rápido posible
 - Dado un límite superior de tiempo, hacer el cálculo la más precisa posible

Problemas en computación paralela

“Premature optimization is the root of all evil.” (Donald Knuth)

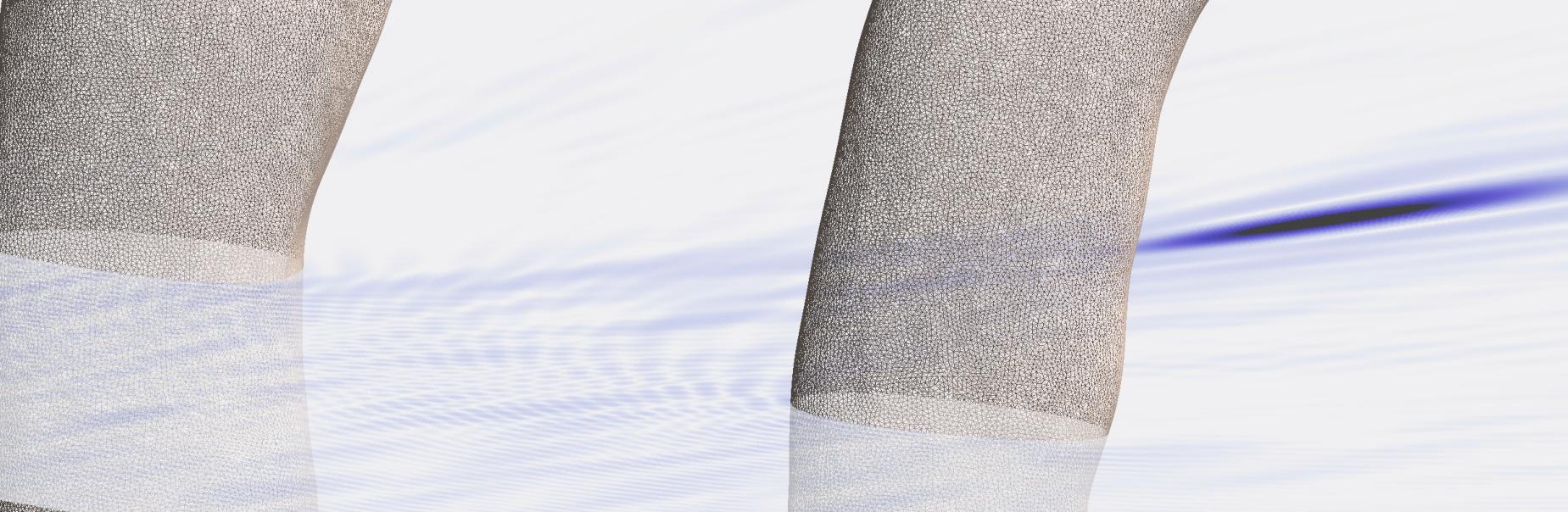
- Enfocar el esfuerzo en el parte clave del código
- Evitar paralelización cuando
 - el código serial no está bien hecho
 - no hay conocimiento del algoritmo
 - demora mas de programar que correr
- Esto **no** es una excusa de abstenerse de optimizar o paralelizar

Computación paralela y algoritmos paralelos

- Computación paralela
 - programar código que distribuye el trabajo en distintos núcleos de cómputo
- Algoritmos paralelos
 - diseñar métodos numéricos que distribuyen el trabajo en distintos procesos

La importancia de algoritmos paralelos en computación científica

- Razón 1: la arquitectura paralela es el futuro
 - hay una tendencia de usar cada vez mas procesadores en el mismo dispositivo
- Razón 2: la arquitectura paralela ya es disponible
 - usar todo el poder disponible el los dispositivos



IMT2112 - Algoritmos Paralelos en Computación Científica

Introducción al curso IMT2112

Elwin van 't Wout
6 Agosto 2019



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CHILE

Facultad de Matemáticas • Escuela de Ingeniería

imc.uc.cl