

# Computación de Alto Rendimiento

¿Qué es y para qué sirve?

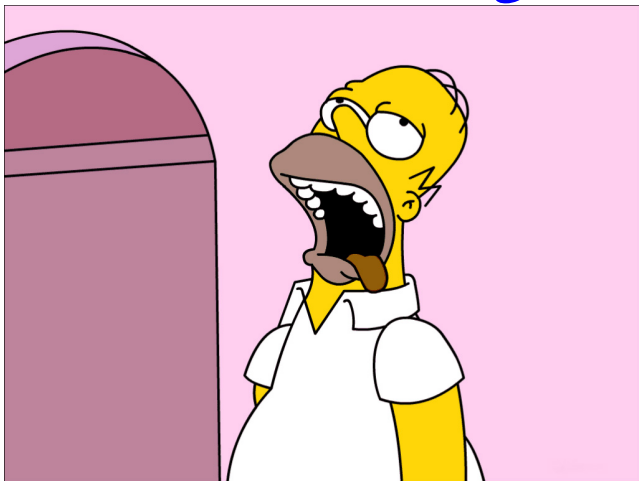
Centro de Simulación Computacional para Aplicaciones Tecnológicas  
CSC - CONICET

Departamento de Computación  
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales,  
Universidad de Buenos Aires



2/12/2016

# Suena aburrido, ¿no?



**¿A quién  
le gustan  
los juguitos?**

# Motores físicos de los videojuegos



# Animaciones en películas



## ¿Qué es un modelo? Para la ciencia.

- Un *Modelo* **representa** la realidad
- Un *Modelo* **no** es la realidad

## ¿Qué es un modelo? Para la ciencia.

- Un *Modelo* **representa** la realidad
- Un *Modelo* **no** es la realidad
- ¿Por qué no?

## ¿Qué es un modelo? Para la ciencia.

- Un *Modelo* **representa** la realidad
- Un *Modelo* **no** es la realidad
- ¿Por qué no?
  - ▶ La realidad es muy compleja
  - ▶ El modelo es una versión **simplificada** de la realidad



## ¿Qué es un modelo? Para la ciencia.

- Un *Modelo* **representa** la realidad
- Un *Modelo* **no** es la realidad
- ¿Por qué no?
  - ▶ La realidad es muy compleja
  - ▶ El modelo es una versión **simplificada** de la realidad
- ¿Cuán simplificada?

## ¿Qué es un modelo? Para la ciencia.

- Un *Modelo* **representa** la realidad
- Un *Modelo* **no** es la realidad
- ¿Por qué no?
  - ▶ La realidad es muy compleja
  - ▶ El modelo es una versión **simplificada** de la realidad
- ¿Cuán simplificada?
  - ▶ Depende de lo que uno quiera preguntarle al modelo

## Tipo de modelos

Realidad



Modelo Físico / Químico /  
Biológico / Social



Modelo Matemático



Modelo Computacional



# Tipo de modelos

Realidad



Modelo Físico / Químico /  
Biológico / Social



Modelo Matemático



Modelo Computacional



Ejemplo:  
Aerodinámica de Automóviles

Realidad



# Tipo de modelos

Realidad



Modelo Físico / Químico /  
Biológico / Social



Modelo Matemático



Modelo Computacional



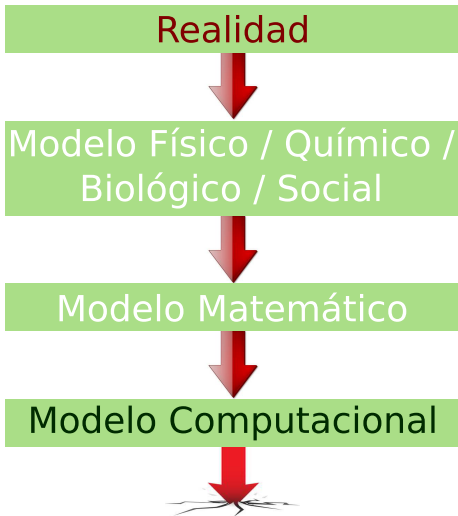
Ejemplo:  
Aerodinámica de Automóviles

Modelo Físico



Hipótesis

# Tipo de modelos



Ejemplo:

Aerodinámica de Automóviles

Modelo Matemático

$$\rho \left( \frac{\partial \mathbf{v}}{\partial t} + \mathbf{v} \cdot \nabla \mathbf{v} \right) = -\nabla p + \mu \nabla^2 \mathbf{v} + \mathbf{f}$$

$$\nabla \cdot \mathbf{v} = 0$$

Hipótesis

# Tipo de modelos

Realidad

Modelo Físico / Químico /  
Biológico / Social

Modelo Matemático

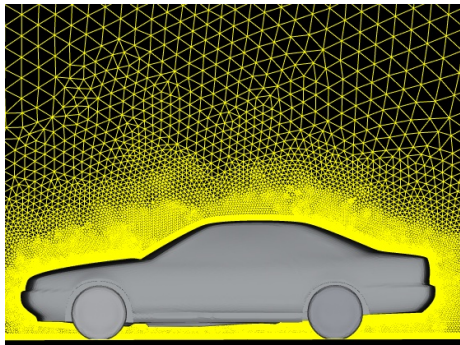
Modelo Computacional



Ejemplo:

Aerodinámica de Automóviles

Modelo Computacional



Hipótesis

# Tipo de modelos

Realidad



Modelo Físico / Químico /  
Biológico / Social



Modelo Matemático



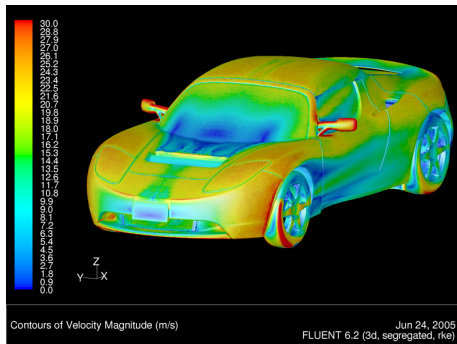
Modelo Computacional



Ejemplo:

Aerodinámica de Automóviles

Resultados de los modelos



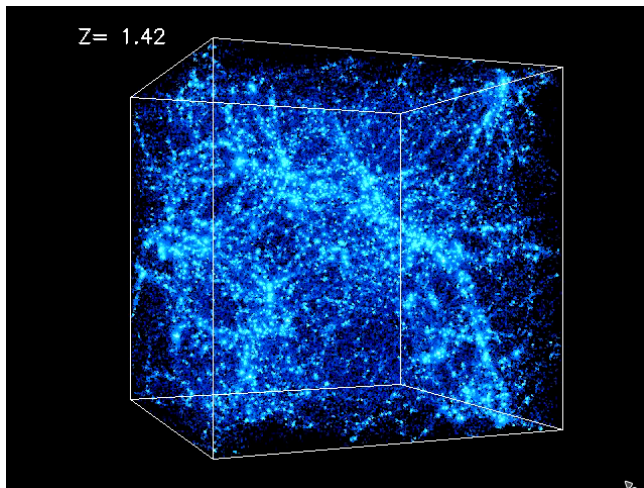
Muchas Hipótesis!!!



**¿Para qué y por qué  
modelar  
computacionalmente?**

# Problemas de escalas

Astrofísica: Formación de estructuras de gran escala en el Universo: Filamentos



La caja tiene 140 millones de años luz (43 *parsecs*) de lado.

La simulación empieza en el 1 % de la edad del universo (14 mil millones de años) hasta la actualidad.

# Problemas difíciles de estudiar de otra forma

## Comportamiento de multitudes



En este caso cada persona es simulada individualmente.

## Pero...¿Qué es HPC?

Una linda definición para llenar el ego de <http://www.etp4hpc.eu>:

HPC is the F1 of the computing industry



## Pero...¿Qué es HPC?

Una linda definición para llenar el ego de <http://www.etp4hpc.eu>:

HPC is the F1 of the computing industry



*High Performance Computing (HPC) is a holistic discipline that aggregates hardware, software and services to provide the high computing power necessary to solve large and complex problems in science, engineering and business*

## ¿Por qué HPC?

Las palabras claves: **large**, **complex** y **problems**:

*“We use HPC to solve problems that could not be solved in a reasonable amount of time using a single desktop computer.”*

## ¿Por qué HPC?

Las palabras claves: **large**, **complex** y **problems**:

*“We use HPC to solve problems that could not be solved in a reasonable amount of time using a single desktop computer.”*

- Toma mucho tiempo en resolverse

## ¿Por qué HPC?

Las palabras claves: **large**, **complex** y **problems**:

*“We use HPC to solve problems that could not be solved in a reasonable amount of time using a single desktop computer.”*

- Toma mucho tiempo en resolverse
- Necesita una gran cantidad de memoria (RAM)



## ¿Por qué HPC?

Las palabras claves: **large**, **complex** y **problems**:

*“We use HPC to solve problems that could not be solved in a reasonable amount of time using a single desktop computer.”*

- Toma mucho tiempo en resolverse
- Necesita una gran cantidad de memoria (RAM)
- Se tienen que realizar muchísimos experimentos parecidos (por ejemplo un millón de pruebas)

## ¿Por qué HPC?

Las palabras claves: **large**, **complex** y **problems**:

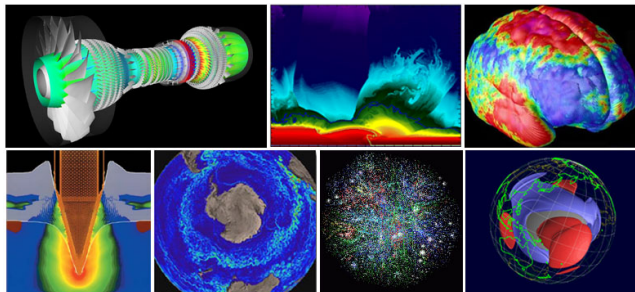
*"We use HPC to solve problems that could not be solved in a reasonable amount of time using a single desktop computer."*

- Toma mucho tiempo en resolverse
- Necesita una gran cantidad de memoria (RAM)
- Se tienen que realizar muchísimos experimentos parecidos (por ejemplo un millón de pruebas)
- Hay restricciones de tiempo para encontrar un resultado

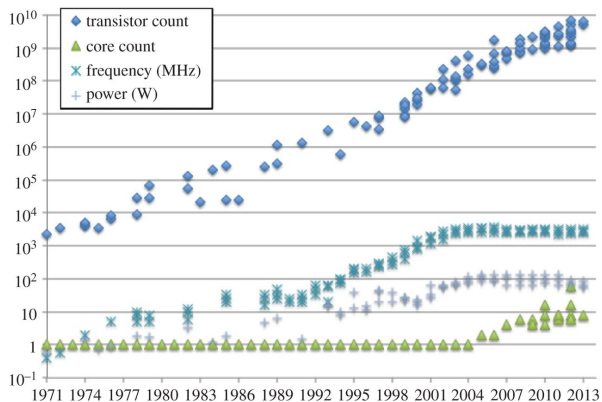
# ¿Por qué HPC?

Las palabras claves: **large**, **complex** y **problems**:

*"We use HPC to solve problems that could not be solved in a reasonable amount of time using a single desktop computer."*



# Evolución de los procesadores



source: reproduced from Giles & Riguli(2013)

## Moraleja

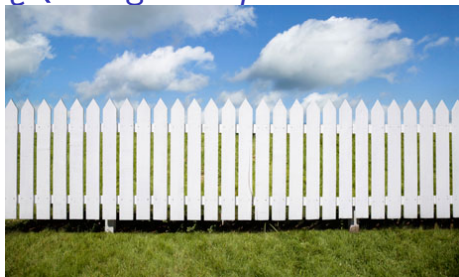
La cantidad de transistores sigue subiendo, pero la velocidad de los procesadores se ha detenido.

## ¿Qué significa *paralelismo*?



- Supongamos que tenemos que pintar esta cerca.

## ¿Qué significa *paralelismo*?



- Supongamos que tenemos que pintar esta cerca.
- Solo, tardaría 30 minutos por palito y son 28 (ojo que los conté),  $28 \times 30 = 840$  minutos (14 horas).

- Supongamos que tenemos amigos para pedirles ayuda.

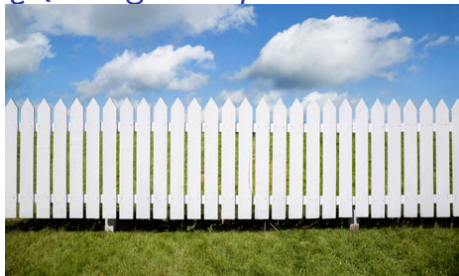
## ¿Qué significa *paralelismo*?



- Supongamos que tenemos que pintar esta cerca.
- Solo, tardaría 30 minutos por palito y son 28 (ojo que los conté),  $28 \times 30 = 840$  minutos (14 horas).

- Supongamos que tenemos amigos para pedirles ayuda.
- ¿Si llamo a uno y los dos pintamos al mismo ritmo, terminaríamos en 7 horas. ¿Si llamo a diez?

## ¿Qué significa *paralelismo*?



- Supongamos que tenemos que pintar esta cerca.
- Solo, tardaría 30 minutos por palito y son 28 (ojo que los conté),  $28 \times 30 = 840$  minutos (14 horas).

- Supongamos que tenemos amigos para pedirles ayuda.
- ¿Si llamo a uno y los dos pintamos al mismo ritmo, terminaríamos en 7 horas. ¿Si llamo a diez? 84 minutos.
- ¿Si llamo a cien?



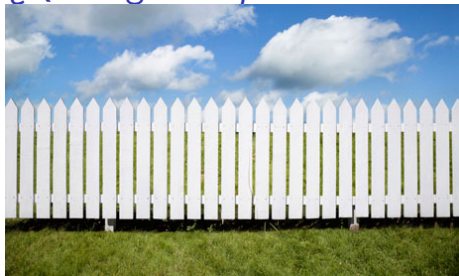
## ¿Qué significa *paralelismo*?



- Supongamos que tenemos que pintar esta cerca.
- Solo, tardaría 30 minutos por palito y son 28 (ojo que los conté),  $28 \times 30 = 840$  minutos (14 horas).

- Supongamos que tenemos amigos para pedirles ayuda.
- ¿Si llamo a uno y los dos pintamos al mismo ritmo, terminaríamos en 7 horas. ¿Si llamo a diez? 84 minutos.
- ¿Si llamo a cien? 8,4 minutos. ¿Qué pasa si uno de los cien es malísimo pintando y tarda 300 minutos por palito, cuánto tardamos?

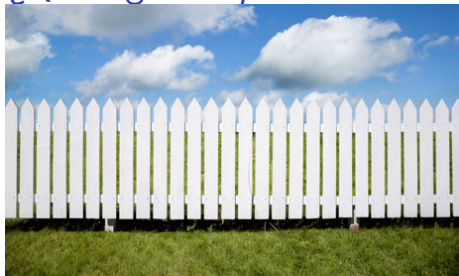
## ¿Qué significa *paralelismo*?



- Supongamos que tenemos que pintar esta cerca.
- Solo, tardaría 30 minutos por palito y son 28 (ojo que los conté),  $28 \times 30 = 840$  minutos (14 horas).

- Supongamos que tenemos amigos para pedirles ayuda.
- ¿Si llamo a uno y los dos pintamos al mismo ritmo, terminaríamos en 7 horas. ¿Si llamo a diez? 84 minutos.
- ¿Si llamo a cien? 8,4 minutos. ¿Qué pasa si uno de los cien es malísimo pintando y tarda 300 minutos por palito, cuánto tardamos?
- ¿Si llamo a mil?

## ¿Qué significa *paralelismo*?



- Supongamos que tenemos que pintar esta cerca.
- Solo, tardaría 30 minutos por palito y son 28 (ojo que los conté),  $28 \times 30 = 840$  minutos (14 horas).

- Supongamos que tenemos amigos para pedirles ayuda.
- ¿Si llamo a uno y los dos pintamos al mismo ritmo, terminaríamos en 7 horas. ¿Si llamo a diez? 84 minutos.
- ¿Si llamo a cien? 8,4 minutos. ¿Qué pasa si uno de los cien es malísimo pintando y tarda 300 minutos por palito, cuánto tardamos?
- ¿Si llamo a mil? 0,84 minutos... pero cómo hago para hacer que mil pintores colaboren pintando 28 palitos?
- Además, ¿Cómo organizamos las latas de pintura?

## ¿Qué significa *paralelismo*?



- Supongamos que tenemos que pintar esta cerca.
- Solo, tardaría 30 minutos por palito y son 28 (ojo que los conté),  $28 \times 30 = 840$  minutos (14 horas).

- Supongamos que tenemos amigos para pedirles ayuda.
- ¿Si llamo a uno y los dos pintamos al mismo ritmo, terminaríamos en 7 horas. ¿Si llamo a diez? 84 minutos.
- ¿Si llamo a cien? 8,4 minutos. ¿Qué pasa si uno de los cien es malísimo pintando y tarda 300 minutos por palito, cuánto tardamos?
- ¿Si llamo a mil? 0,84 minutos... pero cómo hago para hacer que mil pintores colaboren pintando 28 palitos?
- Además, ¿Cómo organizamos las latas de pintura? ¿Cuántas latas de pintura hay que abrir?

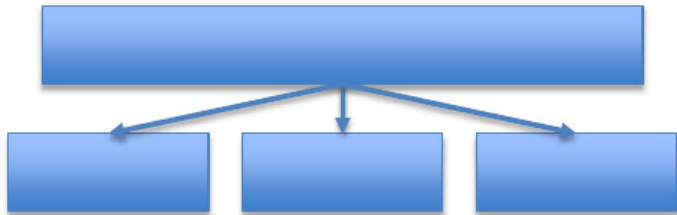
## ¿Qué significa *paralelismo*?



- Supongamos que tenemos que pintar esta cerca.
- Solo, tardaría 30 minutos por palito y son 28 (ojo que los conté),  $28 \times 30 = 840$  minutos (14 horas).

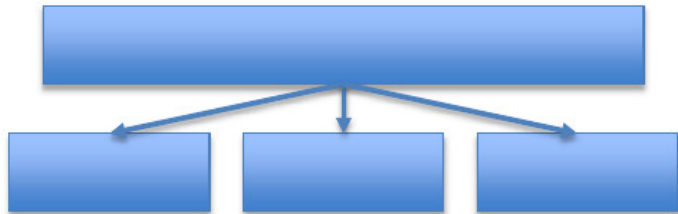
- Supongamos que tenemos amigos para pedirles ayuda.
- ¿Si llamo a uno y los dos pintamos al mismo ritmo, terminaríamos en 7 horas. ¿Si llamo a diez? 84 minutos.
- ¿Si llamo a cien? 8,4 minutos. ¿Qué pasa si uno de los cien es malísimo pintando y tarda 300 minutos por palito, cuánto tardamos?
- ¿Si llamo a mil? 0,84 minutos... pero cómo hago para hacer que mil pintores colaboren pintando 28 palitos?
- Además, ¿Cómo organizamos las latas de pintura? ¿Cuántas latas de pintura hay que abrir? ¿Cómo hacemos para que no se choquen los pintores cuando tienen que mojar el pincel?

¿Qué significa *paralelismo* dentro del mundo computacional?



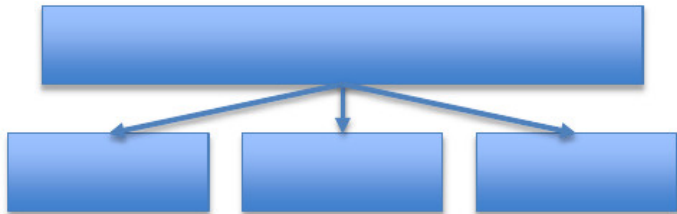
- Tomar un problema computacional *grande*.

## ¿Qué significa *paralelismo* dentro del mundo computacional?



- Tomar un problema computacional *grande*.
- Separarlo en pedazos más chicos.

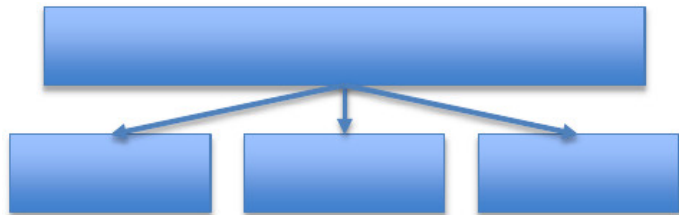
## ¿Qué significa *paralelismo* dentro del mundo computacional?



- Tomar un problema computacional *grande*.
- Separarlo en pedazos más chicos.
- Resolver las partes de manera **concurrente**.



## ¿Qué significa *paralelismo* dentro del mundo computacional?



- Tomar un problema computacional *grande*.
- Separarlo en pedazos más chicos.
- Resolver las partes de manera **concurrente**.
- A veces resulta necesario:
  - ▶ Comunicar resultados parciales durante el cómputo.
  - ▶ Repetir hasta que cierta condición se cumpla (convergencia).

## ¿Dónde está el problema?

Una aplicación *cualquiera* puede separarse en dos partes:

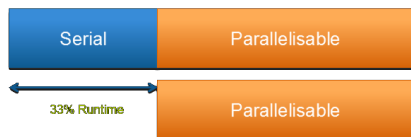


## ¿Dónde está el problema?

Una aplicación *cualquiera* puede separarse en dos partes:



Si ahora ponemos dos procesadores a trabajar:

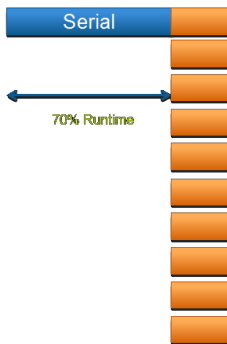


## ¿Dónde está el problema?

Una aplicación *cualquiera* puede separarse en dos partes:



Y si ponemos diez...



### Importante

La parte secuencial (no paralelizable) de la aplicación termina dominando el tiempo de cómputo. ¡Y esto sin importar cuántos recursos destine!

# ¿Cuáles son las máquinas más rápidas?



PRESENTED BY



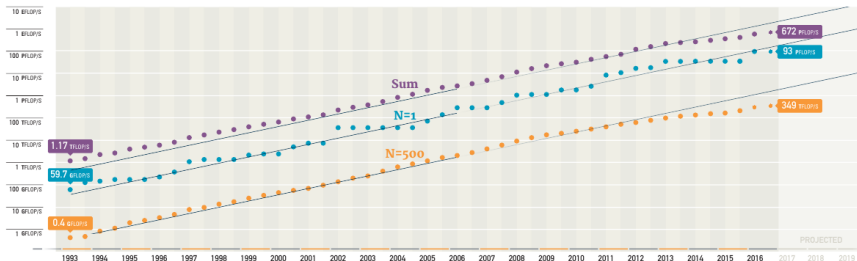
Lawrence Berkeley National Laboratory



FIND OUT MORE AT  
top500.org

NAME	SPECS	SITE	COUNTRY	CORES	R <sub>MAX</sub> PFLOPS	POWER MW
1 Sunway TaihuLight	Shenwei SW26010 (260C 1.45 GHz) Custom interconnect	NSCC in Wuxi	China	10,649,600	93.0	15.4
2 Tianhe-2 (Milkyway-2)	Intel Ivy Bridge (12C 2.2 GHz) & Xeon Phi (57C 1.1 GHz), Custom interconnect	NSCC in Guangzhou	China	3,120,000	33.9	17.8
3 Titan	Cray XK7, Opleron 6274 (16C 2.2 GHz) + Nvidia Kepler GPU, Custom interconnect	DOE/SC/ORNL	USA	560,640	17.6	8.2
4 Sequoia	IBM BlueGene/Q, Power BQC (16C 1.60 GHz), Custom interconnect	DOE/NNSA/LLNL	USA	1,572,864	17.2	7.9
5 Cori	Cray XC40, Intel Xeon Phi 7250 68C 1.4GHz, Aries interconnect	DOE/SC/LBNL	USA	622,336	14.0	

## PERFORMANCE DEVELOPMENT



## Sunway: TOP500 last winner (list was recently published)

- Rmax: 93 Petaflops
- Rpeak: 125,4 Petaflops



## Sunway: TOP500 last winner (list was recently published)



- Rmax: 93 Petaflops
- Rpeak: 125,4 Petaflops
- Processor: Sunway SW26010 1.4 GHz processor (not Intel, own design!)
- Cores per socket: 260
- Memory: 1,31 PB
- Instruction Set: RISC instruction set developed by Sunway
- Interconnect: their submission says “Sunway design” but Mellanox supplied the Host Channel Adapter (HCA) and switch chips. Sunway may not call it InfiniBand, but that is exactly what it is.

## Sunway: TOP500 last winner (list was recently published)



- Rmax: 93 Petaflops
- Rpeak: 125,4 Petaflops
- Processor: Sunway SW26010 1.4 GHz processor (not Intel, own design!)
- Cores per socket: 260
- Memory: 1,31 PB
- Instruction Set: RISC instruction set developed by Sunway
- Interconnect: their submission says “Sunway design” but Mellanox supplied the Host Channel Adapter (HCA) and switch chips. Sunway may not call it InfiniBand, but that is exactly what it is.
- Cabinets: 40 Water-cooled cabinets.
- Power consumption: 15,27 Megawatts



## Sunway: TOP500 last winner (list was recently published)



- Rmax: 93 Petaflops
- Rpeak: 125,4 Petaflops
- Processor: Sunway SW26010 1.4 GHz processor (not Intel, own design!)
- Cores per socket: 260
- Memory: 1,31 PB
- Instruction Set: RISC instruction set developed by Sunway
- Interconnect: their submission says “Sunway design” but Mellanox supplied the Host Channel Adapter (HCA) and switch chips. Sunway may not call it InfiniBand, but that is exactly what it is.
- Cabinets: 40 Water-cooled cabinets.
- Power consumption: 15,27 Megawatts
- Cores: 10649600 cores across the entire system
- **Cost:**

## Sunway: TOP500 last winner (list was recently published)



- Rmax: 93 Petaflops
- Rpeak: 125,4 Petaflops
- Processor: Sunway SW26010 1.4 GHz processor (not Intel, own design!)
- Cores per socket: 260
- Memory: 1,31 PB
- Instruction Set: RISC instruction set developed by Sunway
- Interconnect: their submission says “Sunway design” but Mellanox supplied the Host Channel Adapter (HCA) and switch chips. Sunway may not call it InfiniBand, but that is exactly what it is.
- Cabinets: 40 Water-cooled cabinets.
- Power consumption: 15,27 Megawatts
- Cores: 10649600 cores across the entire system
- **Cost: USD 273 million**

<http://insidehpc.com/2016/06/dont-panic-heres-what-we-know-about-the-worlds-fastest-supercomputer/>

# The Data is around since a long long time

- Companies have data about their business.

# The Data is around since a long long time

- Companies have data about their business.
- Every time we buy something in the supermarket, all the items are saved *somewhere*.

# The Data is around since a long long time

- Companies have data about their business.
- Every time we buy something in the supermarket, all the items are saved *somewhere*.
- The objective is using data to mine information and increase sales.

# The Data is around since a long long time

- Companies have data about their business.
- Every time we buy something in the supermarket, all the items are saved *somewhere*.
- The objective is using data to mine information and increase sales.
- Classic example:



# The Data is around since a long long time

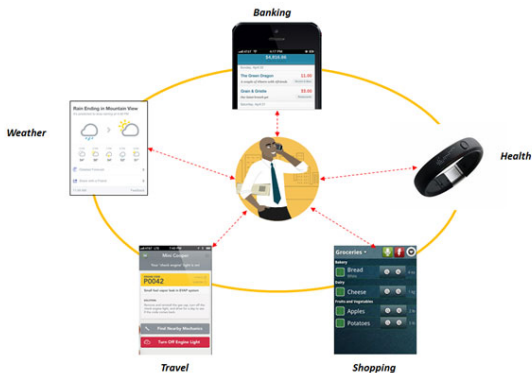
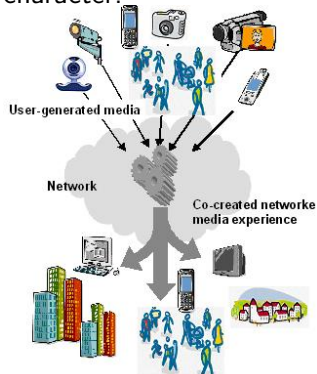
- Companies have data about their business.
- Every time we buy something in the supermarket, all the items are saved *somewhere*.
- The objective is using data to mine information and increase sales.
- Classic example:



# But then... What's up, Doc?

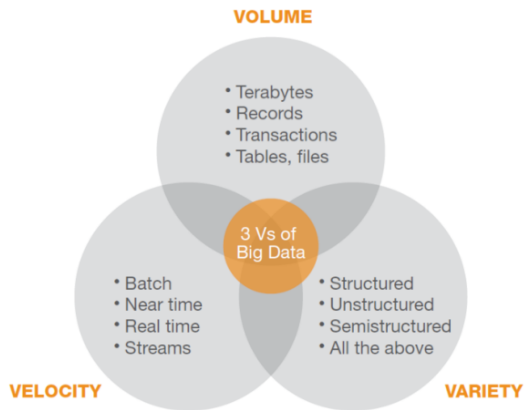
Companies have been generating and dealing with an increasing data volume.

But now, a new actor appeared in the play, and becoming the main character:





# Big Data Challenges



- Storing
- Searching
- Sharing
- Analysis

source: [blog.vitria.com](http://blog.vitria.com)

## One Way of Thinking...



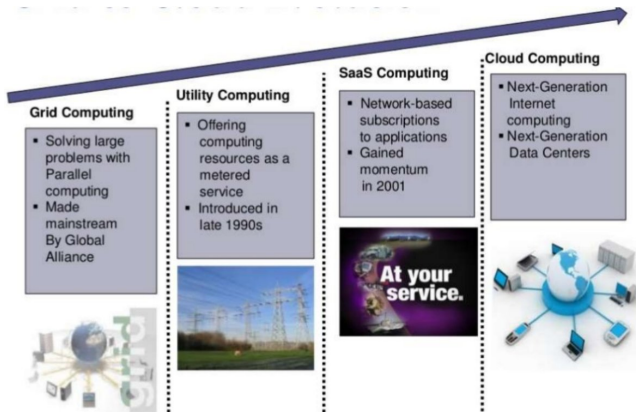
- You can think in Big Data as raw oil.
- You need to find, extract, transport (using a mega-transport), and carry it (using pipes).

## One Way of Thinking...



- You can think in Big Data as raw oil.
- You need to find, extract, transport (using a mega-transport), and carry it (using pipes).
- All these items present their own difficulties, but the key of the industry is in the refinement of oil to get all the valuable derivatives we use everyday.

# What is Cloud Computing?



# What is Cloud Computing?



- On demand service.
- Available worldwide, any moment, any device.
- Elasticity: more resources when needed.
- You only pay for what you use.

# Why?

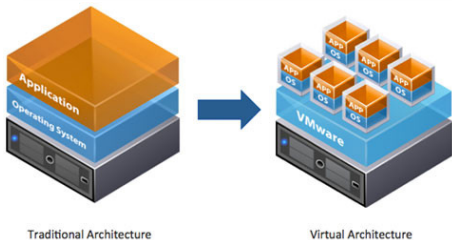
## Cloud

We want to analyze or process large data volumes, but using limited resources (money, human resources, etc).

# Why?

## Cloud

We want to analyze or process large data volumes, but using limited resources (money, human resources, etc).



- Virtualization: refers to create a new abstraction layer between the real hardware and the applications using it.

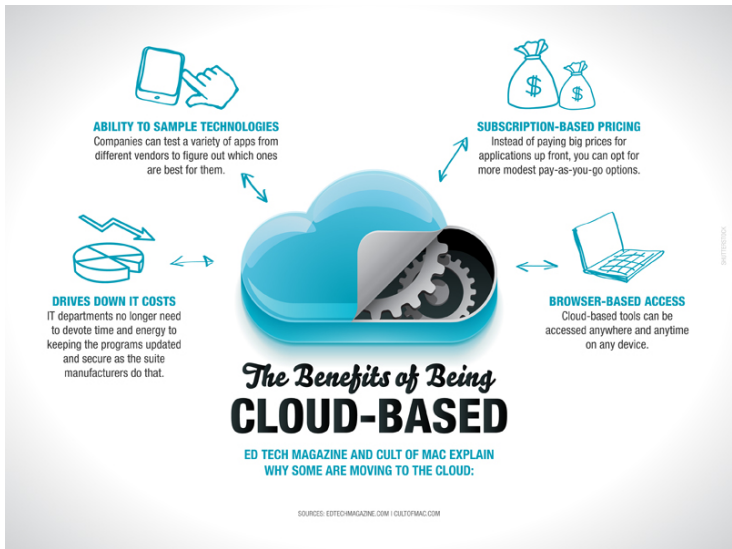
# Cloud Providers



Source: [shivkadrolli.blogspot.com](http://shivkadrolli.blogspot.com)



# Benefits



Quizás nos quede algo de tiempo para...

# ¡Gracias!

