

# Programación Concurrente

## Tema 1 Introducción

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

- **Bibliografía básica**

- Palma, J.T. y otros. *Programación Concurrente*. Editorial Thomson, 2006
- Yela, A.; Arroyo, F.; Fernandez, L. *Teoría y Práctica del Módulo de Programación Concurrente de la Asignatura de Programación II*. Departamento de Publicaciones de la E.U.I. de la Universidad Politécnica de Madrid, 1997

The logo for 'Cartagena99' features the text 'Cartagena99' in a stylized, green, serif font. The '99' is larger and more prominent. The text is set against a light blue and orange gradient background.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

# Programación concurrente

¿Qué es?

¿Dónde se usa?

¿Para qué se usa?

The logo for 'Cartagena99' features the text 'Cartagena99' in a green, serif font. The '99' is significantly larger and more stylized than the rest of the text. The logo is set against a light blue and orange background with a wavy, brushstroke-like effect.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

# PROGRAMACIÓN CONCURRENTE



**Cartagena99**

**CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TECNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70**

---

**ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70**

- ¿Qué es la programación concurrente?
- ¿Dónde se usa la programación concurrente?
- ¿Para qué se usa la programación concurrente?
- ¿Cómo se programa concurrentemente?
- Conclusiones

The logo for 'Cartagena99' features the text 'Cartagena99' in a stylized, green, serif font. The '99' is larger and more prominent. The text is set against a light blue and orange background with a wavy, brushstroke-like effect.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

- **Concurrencia**

- **RAE:**

- 3. f. Coincidencia, concurso simultáneo de varias circunstancias.

- **Wikcionario:**

- 2. Acaecimiento o concurso de diversos sucesos o cosas en un mismo tiempo.

- 7. Acción simultánea de dos ó mas.

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

# ¿Qué es la programación concurrente?

- La **programación concurrente** se ocupa del estudio y desarrollo de programas que puedan realizar varias tareas “al mismo tiempo”
- La disciplina surge en los **años 60** cuando los **sistemas operativos**, gracias a mejoras hardware, comienzan a aprovechar el procesador ejecutando varios procesos de forma concurrente:
  - Ofrecer un entorno interactivo a **múltiples usuarios**
  - Aprovechar el procesador cuando un **proceso espera por una**

Cartagena99

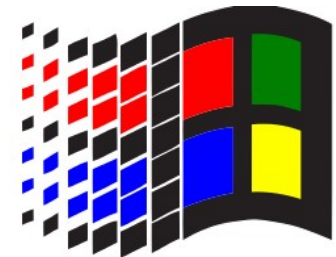
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

## ¿Qué es la programación concurrente?

- Ejecución de varios programas a la vez en ordenadores personales (**multitarea**)
  - **MS-DOS** no permitía la ejecución de varios programas de forma concurrente
  - **Windows 1.0 (1985)** permitió la ejecución de varios programas a la vez pero de forma poco robusta (**mutitarea cooperativa**)
  - **Windows NT 3.1 (1993)** ofrece la primera ejecución simultánea de programas de forma segura (**multitarea preferente o preemptive**)
  - **Linux (1991)** permite la ejecución simultánea de varios programas (como WinNT) y el acceso de varios usuarios



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



# ¿Qué es la programación concurrente?

- **Inicialmente** la concurrencia sólo la usaba el **sistema operativo** para la ejecución de varios programas de forma simultánea, pero internamente **los programas no podían** realizar varias tareas concurrentemente
- Los **lenguajes de programación y sus librerías** evolucionaron para que los desarrolladores pudieran implementar **programas concurrentes** (que realizan varias tareas simultáneamente)
- Algunos lenguajes de programación que **permiten el desarrollo de programas concurrentes** (casi todos los

Cartagena99

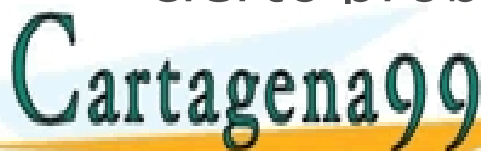
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

- **Programa Secuencial**

- Conjunto de declaraciones de datos e **instrucciones ejecutables**, escrito en un lenguaje de programación
- Estas instrucciones deben ejecutarse una a continuación de otra, siguiendo una **secuencia** determinada por un algoritmo, para resolver un cierto problema

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

- **Proceso**

- Es la **ejecución** de un programa secuencial en un sistema informático
- Algunos programas pueden iniciarse por **segunda vez** antes de haber finalizado la ejecución previa
- Esto hace que existan **varios procesos** de un **mismo programa secuencial** ejecutándose a la misma vez en un momento dado

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

- **Programa Secuencial**

- Representado en el disco duro como un fichero ejecutable (.exe en Windows)

- **Proceso**

- Representado como un proceso en el **Administrador de tareas** (windows) o el **Monitor del sistema** (linux) cuando se arranca un fichero

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

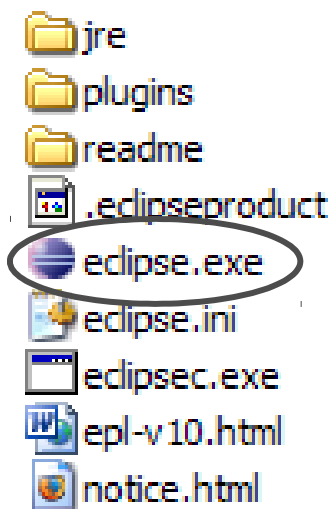
---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

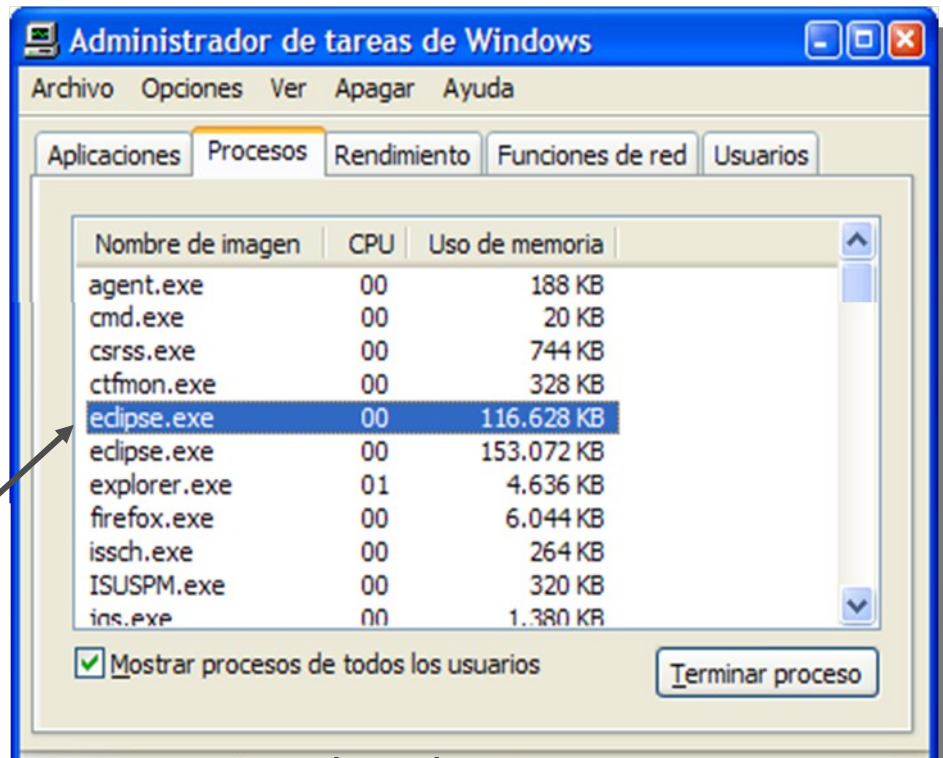
¿QUÉ ES LA PROGRAMACIÓN CONCURRENTE?

# Programa Secuencial y Proceso

Programa Secuencial



Proceso



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

¿QUÉ ES LA PROGRAMACIÓN CONCURRENTE?

# Programa Secuencial y Proceso

Nombre	Estado	3% CPU	50% Memoria	1% Disco	0% Red
<b>Aplicaciones (3)</b>					
Administrador de tareas		0%	6,0 MB	0 MB/s	0 Mbps
Explorador de Windows		0%	15,5 MB	0 MB/s	0 Mbps
Microsoft PowerPoint (2)		0%	124,1 MB	0 MB/s	0 Mbps
<b>Procesos en segundo plano (21)</b>					
Adobe Acrobat Update Service		0%	0,9 MB	0 MB/s	0 Mbps
Aislamiento de gráficos de disp...		0%	3,1 MB	0 MB/s	0 Mbps
Aplicación de subsistema de cola		0%	2,4 MB	0 MB/s	0 Mbps
Application Frame Host		0%	2,3 MB	0 MB/s	0 Mbps
Cortana		0%	0,3 MB	0 MB/s	0 Mbps
Device Association Framework ...		0%	2,9 MB	0 MB/s	0 Mbps
Indizador de Microsoft Window...		0%	4,6 MB	0 MB/s	0 Mbps
Instalador de módulos de Wind...		0%	0,8 MB	0 MB/s	0 Mbps
Java Update Scheduler		0%	1,6 MB	0 MB/s	0 Mbps

Carga media para los últimos 1, 5 y 15 minutos: 1,48, 1,52, 1,49

Nombre del proceso	% CPU	Usuario	ID	Memoria	Prioridad
dio/sda1	0	root	1422	N/D	Muy alta
dnsmasq	0	nobody	2357	652,0 KiB	Normal
dropbox	0	mica	2920	37,5 MiB	Normal
eclipse	0	mica	3904	1,4 MiB	Normal
ecryptfs-kthrea	0	root	61	N/D	Normal
epmd	0	rabbitmq	1448	32,0 KiB	Normal
evince	0	mica	2789	40,8 MiB	Normal
evince	0	mica	2586	37,4 MiB	Normal
evince	0	mica	2425	36,0 MiB	Normal
evince	0	mica	2433	464,0 KiB	Normal
evolution-calendar-factory	0	mica	2863	916,0 KiB	Normal
evolution-source-registry	0	mica	2795	648,0 KiB	Normal
ext4-rsv-conver	0	root	176	N/D	Muy alta
fsnotify_mark	0	root	60	N/D	Normal
gconfd-2	0	mica	2943	236,0 KiB	Normal
gedit	0	mica	4421	14,5 MiB	Normal

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

- **Procesos**

- Cada proceso tiene su propio **espacio de memoria** y su propia **pila de ejecución** (*stack*)
- Los procesos se pueden **comunicar entre sí**, pero son unidades **autónomas e independientes** (un fallo en un proceso no afecta a los demás procesos)

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

- **Programas concurrentes implementados con procesos del sistema operativo**
  - Los **primeros programas concurrentes** estaban formados por varios **procesos colaborando entre sí**
  - En **linux** es habitual que los procesos se comuniquen usando ***pipes*** (tuberías)
  - Se consideró que no era tan importante que los procesos fueran **independientes**, se prefería que **consumieran menos recursos**, que fuera más ligeros

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



- Hilos (*Threads*)

- Para el desarrollo de programas concurrentes se diseñaron unos **procesos ligeros** llamados **hilos** (*threads*)
- Todos los **threads** de un programa se ejecutan en el mismo espacio de memoria (comparten toda la memoria)

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

- **Hilos (*Threads*)**

- Consumen **menos recursos** que los procesos “pesados” del sistema operativo (menos memoria y menor tiempo de creación)
- Son **menos robustos** que los procesos pesados, ya que un fallo en un **thread** afecta a todo el programa y puede llegar provocar

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

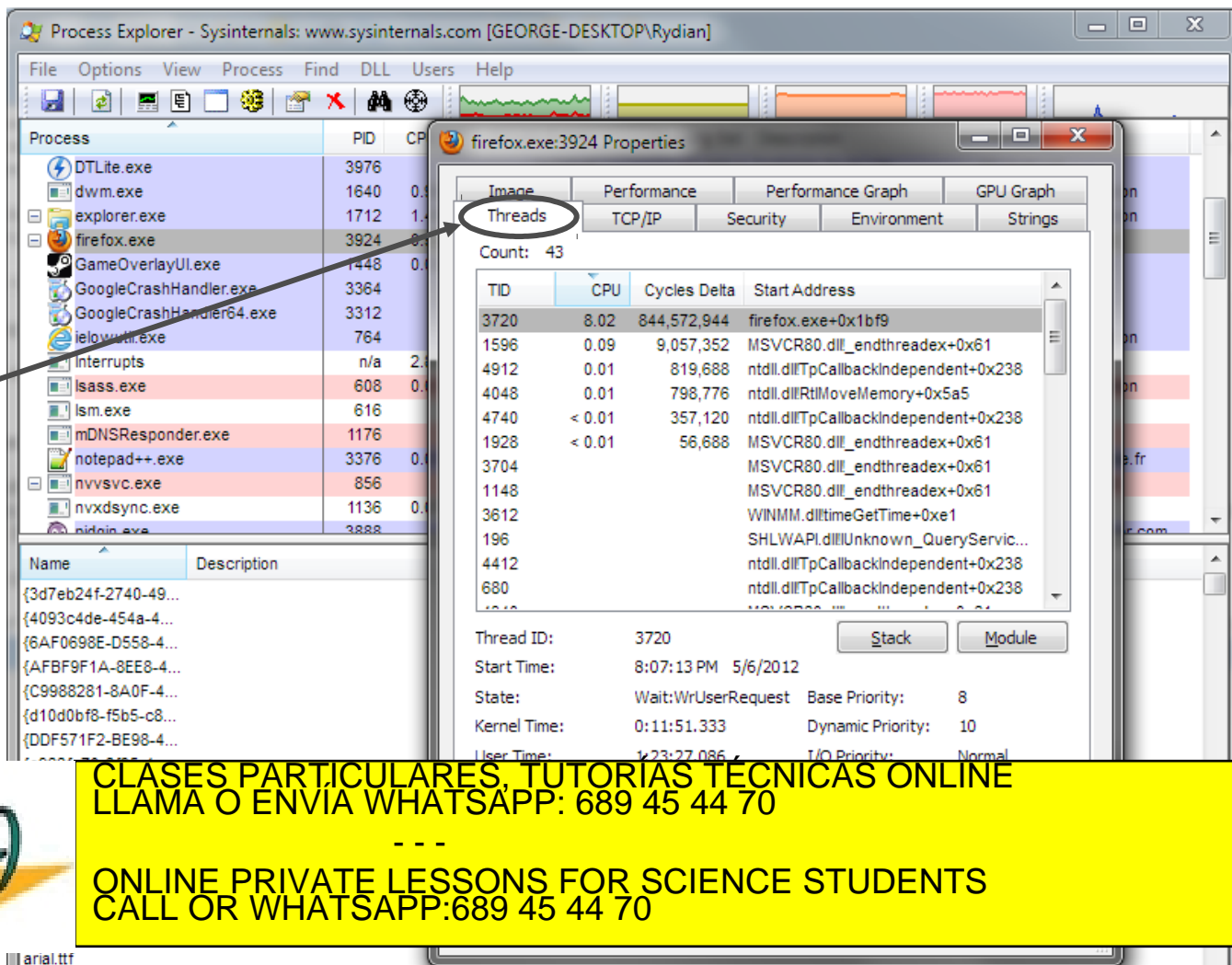
---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

¿QUÉ ES LA PROGRAMACIÓN CONCURRENTE?

# Programa Secuencial y Proceso

- Explorador de procesos en Windows con visualización de los threads de cada proceso



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

# Programa Secuencial y Proceso

- Puede darse concurrencia a dos niveles
  - A nivel de **Sistema Operativo**
    - **Programa Secuencial:** Fichero ejecutable
    - **Proceso:** Proceso que aparece en el sistema cuando se ejecuta un fichero ejecutable
    - **Todos los sistemas operativos actuales** permiten la concurrencia de procesos
  - A nivel de **Programa**
    - **Programa Secuencial:** Fragmento de código de un programa
    - **Proceso:** Ejecución independiente de un fragmento de código

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

- **Concurrencia a nivel de Programa**
  - **Programa Secuencial**
    - Un conjunto de sentencias y declaración de variables
    - Normalmente está representado como las sentencias de un **método** con llamadas a otros métodos
  - **Proceso ligero o hilo de ejecución (*thread*)**
    - La **ejecución independiente** de un método (que pueden tener llamadas a otros métodos)
    - Existen programas que al ejecutarse sólo tienen un **hilo (secuencial)** y otros programas que tienen varios hilos

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TECNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

## Tipos de procesos dependiendo de su nivel

	Sistema Operativo	Programa
Programa Secuencial	Un fichero ejecutable (.exe en Windows)	Conjunto de sentencias (Método)
Proceso	Ejecución de un .exe Tiene memoria propia <b>Proceso pesado</b>	Ejecución de las sentencias de un método <b>Proceso ligero</b> <b>Hilo de ejecución</b> <i>Thread</i>



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

- ¿Qué es mejor: procesos o hilos?
  - Los **procesos** consumen más **recursos** que los **hilos** (memoria y CPU)
  - Los **procesos** tardan más **tiempo** en iniciarse que los **hilos**
  - Los **procesos** son más **robustos** que los **hilos**: Si un proceso falla, el resto de procesos siguen su ejecución, pero si un hilo falla de forma no controlada, puede finalizar la ejecución del

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

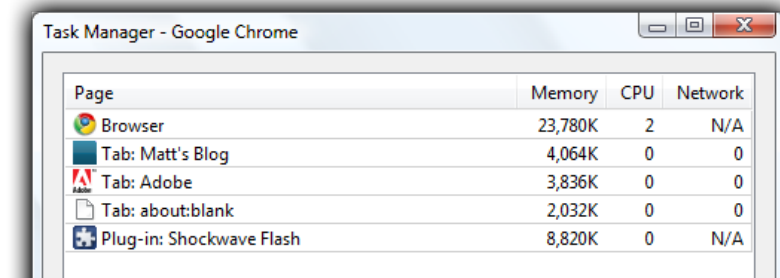
# Programa Secuencial y Proceso

- Hilos y procesos en los navegadores web



- **Google Chrome:** Un proceso por cada pestaña. Si una pestaña falla, no afecta a las demás

- **Mozilla Firefox:** Un único proceso para todas las pestañas (con varios hilos de ejecución). Si una pestaña falla, afecta a todas las demás



Page	Memory	CPU	Network
Browser	23,780K	2	N/A
Tab: Matt's Blog	4,064K	0	0
Tab: Adobe	3,836K	0	0
Tab: about:blank	2,032K	0	0
Plug-in: Shockwave Flash	8,820K	0	N/A

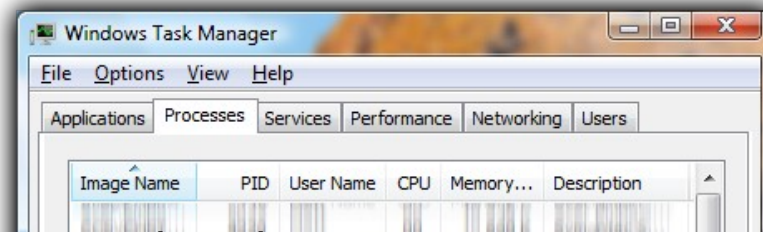


Image Name	PID	User Name	CPU	Memory...	Description
...	...	...	...	...	...



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



- **Fibras**

- Tanto los **procesos** como los **hilos** son gestionados por el **sistema operativo** con ayuda del **procesador**
- Los **lenguajes concurrentes** que usan hilos delegan en el SO su **creación y administración**
- Aunque los hilos son más ligeros que los procesos, **todavía siguen siendo bastante costosos**

- Además su número está **limitado a unos 10.000 en un**

Cartagena99


CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TECNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

- **Fibras**

- Las fibras son **procesos ligeros** gestionados completamente por el **lenguaje de programación** (sin soporte del sistema operativo)
- Son **mucho más ligeras que los hilos**:
  - **No tardan prácticamente nada en crearse**
  - **Puede haber cientos de miles en un servidor estándar**

Cartagena99


CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---  
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

- **Fibras**

- Se han puesto de moda en los últimos años debido al **lenguaje Go** diseñado por **Google** (en Go las fibras se llaman **gorutinas**)
- **Java** no ofrece fibras de forma nativa, pero se pueden usar mediante librerías (Quasar de Parallel Universe)

▪ Más información sobre Fibras

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

- En el curso estudiaremos la **programación concurrente** a nivel de programa, usando **hilos de ejecución**
  - Es la **más usada** en el desarrollo de programas concurrentes
  - Está más **integrada** en los lenguajes de programación y las librerías
  - Es más **independiente** del Sistema Operativo, por tanto es más **portable**

Cartagena99

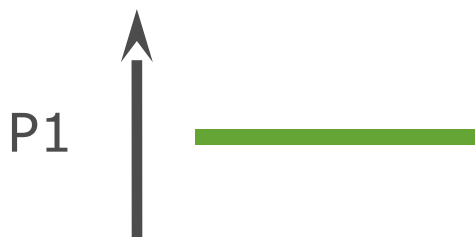
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

- **Procesos Concurrentes**

- P<sub>1</sub> y P<sub>2</sub> se dice que son dos procesos concurrentes si la primera instrucción de uno de ellos se ejecuta entre la primera y la última instrucción del otro



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



# Programa Concurrente

- Programa Concurrente
  - Conjunto de varios programas secuenciales, cuyos procesos pueden ejecutarse concurrentemente en un sistema informático
  - También llamado multi-hilo (*multi-threaded*)
  - En contraposición, a los programas que no son concurrentes se les denomina mono-hilo (*single-*

threaded)

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

- **Sistema Concurrente**
  - Sistema Informático (HW+SW) en el que es posible ejecutar varios procesos concurrentemente
  - Prácticamente la **totalidad** de los sistemas informáticos actuales son **sistemas concurrentes**
  - Ejemplos: Servidores, PCs, teléfonos móviles, tabletas, dispositivos empotrados...

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

- - -

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

- ¿Qué es la programación concurrente?
- **¿Dónde se usa la programación concurrente?**
- ¿Para qué se usa la programación concurrente?
- ¿Cómo se programa concurrentemente?
- Conclusiones

The logo for 'Cartagena99' features the text 'Cartagena99' in a green, serif font. The '99' is significantly larger and more stylized than the rest of the text. The logo is set against a light blue and orange gradient background.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



- **Arquitecturas de Sistemas Concurrentes**
  - **No** vamos a entrar en **detalles hardware** de implementación de arquitecturas
  - Pero vamos a dar una **visión general** de las diferentes **arquitecturas** de sistemas concurrentes
  - El objetivo es conocer los aspectos básicos para el **desarrollo de programas concurrentes**

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

- **Arquitecturas de Sistemas Concurrentes**
  - Sistemas monoprocesador
  - Sistemas multiprocesador
    - Muy acoplados
    - Poco acoplados
  - Sistemas híbridos

Cartagena99

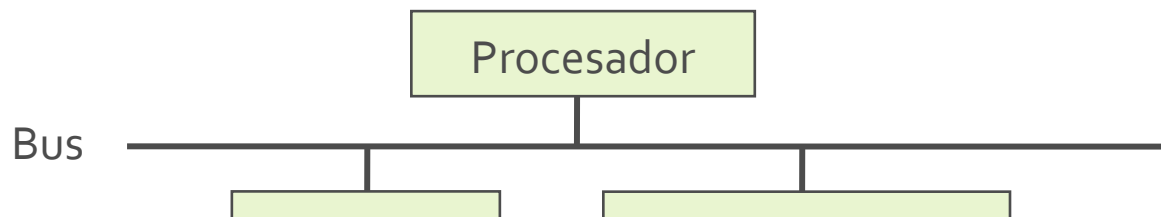
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

# Arquitecturas Físicas

- **Sistemas monoprocesador**
  - Sistemas con un único procesador
  - La arquitectura de los PCs hace algunos años



Cartagena99

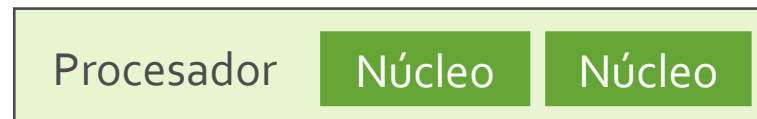
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

# Arquitecturas Físicas

- **Sistemas multiprocesador muy acoplados**
  - Actualmente se están integrando varios procesadores en un único chip
  - A los procesadores internos se les denomina *cores* o núcleos de ejecución
  - Al chip se le denomina **procesador multicore**
  - La mayoría de los procesadores actuales en PCs, *Smartphones*, tabletas, etc. tienen esta arquitectura



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

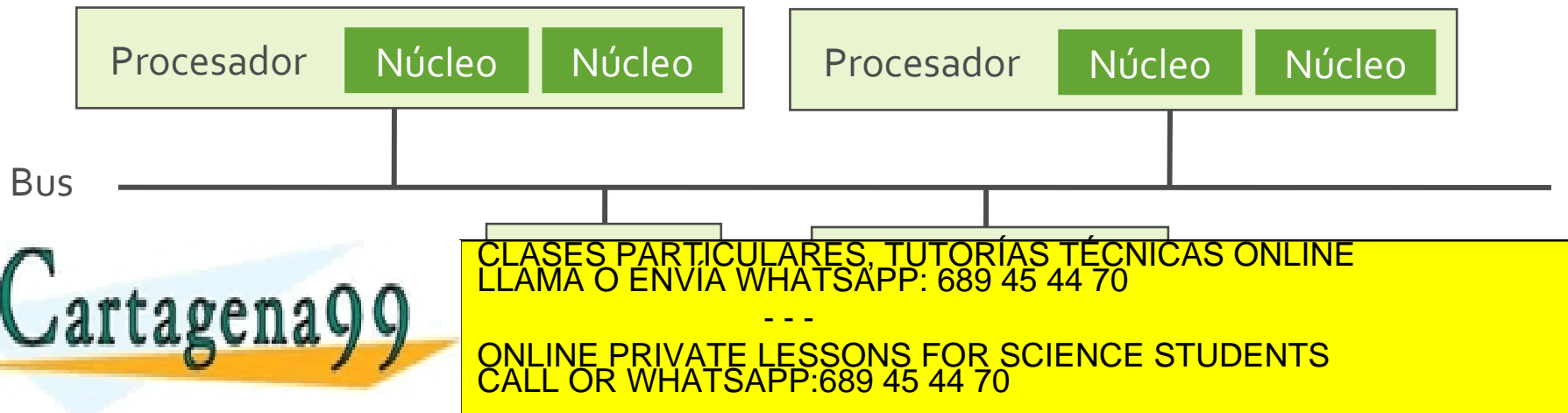
---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

# Arquitecturas Físicas

- **Sistemas multiprocesador muy acoplados**
  - Varios procesadores en la misma máquina
  - Usado en **servidores y estaciones de trabajo**
  - Conocidos como SMP (*Symmetric Multi-Processing*)



Cartagena99

# Arquitecturas Físicas

- **Sistemas multiprocesador muy acoplados**

Procesador Intel i7-5960x  
**8 cores**

Titan X650 - Quad CPUs Intel Xeon E5-4600 V2 Series HPC Super Workstation  
up to **48 cores**



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

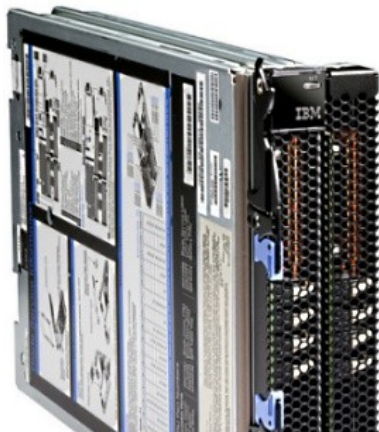
---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

# Arquitecturas Físicas

- Sistemas multiprocesador muy acoplados

IBM BladeCenter Express  
(Procesador 3.0 GHz 64-bit  
POWER7™ con **16 cores**)



Azul Compute Appliance Vega 3 Series  
7300 con 16 procesadores Vega 3 con  
54 cores cada uno. **864 cores** en total



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

# Arquitecturas Físicas

- Sistemas multiprocesador muy acoplados

HTC ONE X 3G  
Quad-core 1.5GHz (**4 cores**)

Playstation 4 con Procesador AMD Jaguar  
**8-core** + ATI Radeon GPU con 18 cores



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TECNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

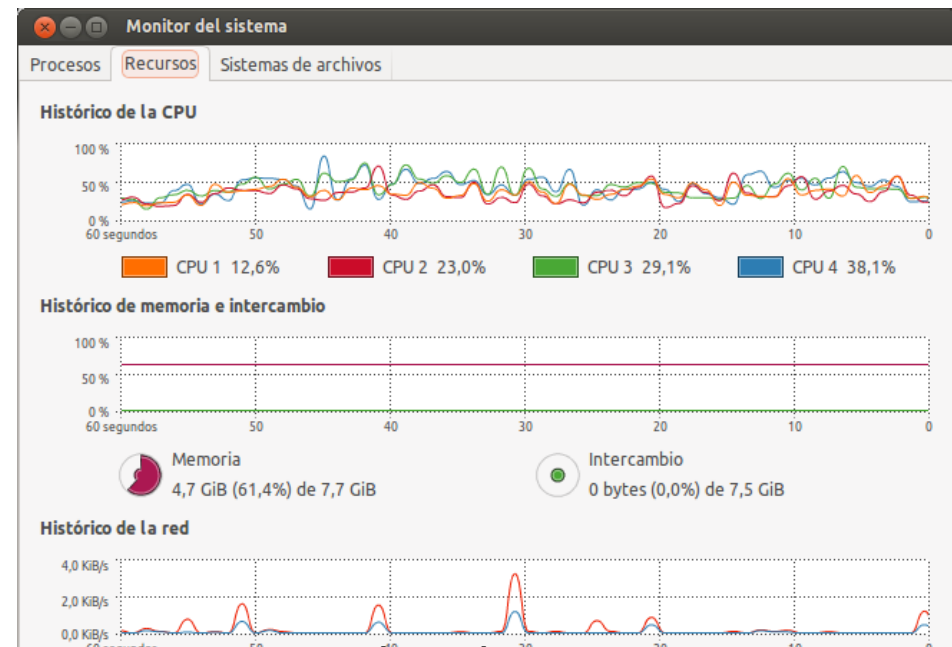
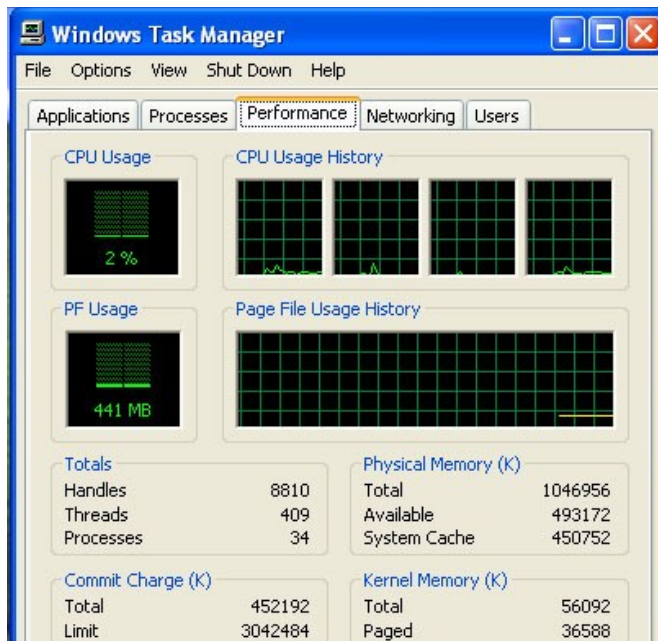
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



¿DÓNDE SE USA LA PROGRAMACIÓN CONCURRENTE?

# Arquitecturas Físicas

- Sistemas multiprocesador muy acoplados



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

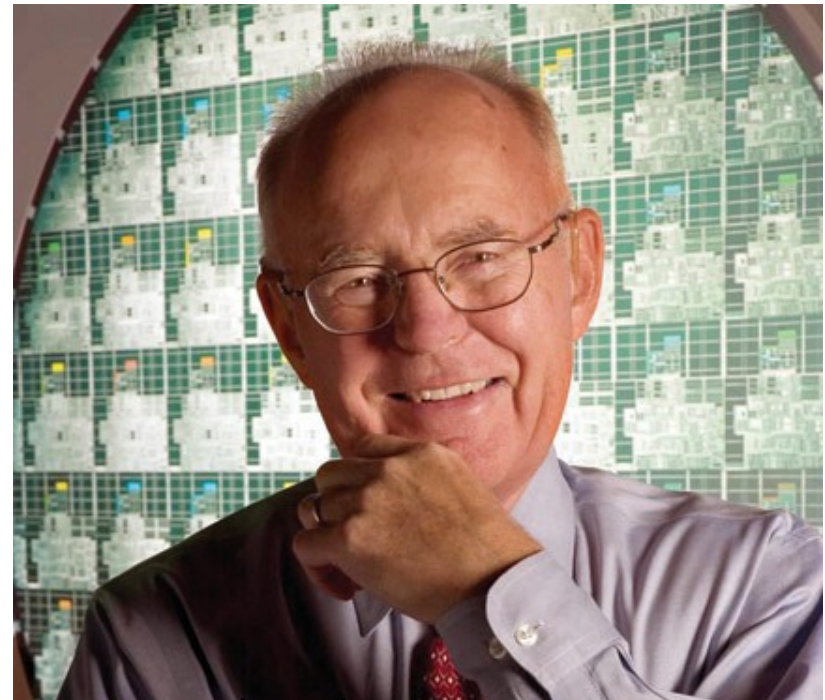
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

# Arquitecturas Físicas

- La Ley de Moore

Es una ley empírica que expresa que aproximadamente cada **dos años se duplica el número de transistores** en un circuito integrado

Formulada por el cofundador de Intel, **Gordon E. Moore**, el 19 de abril de 1965.



CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TECNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

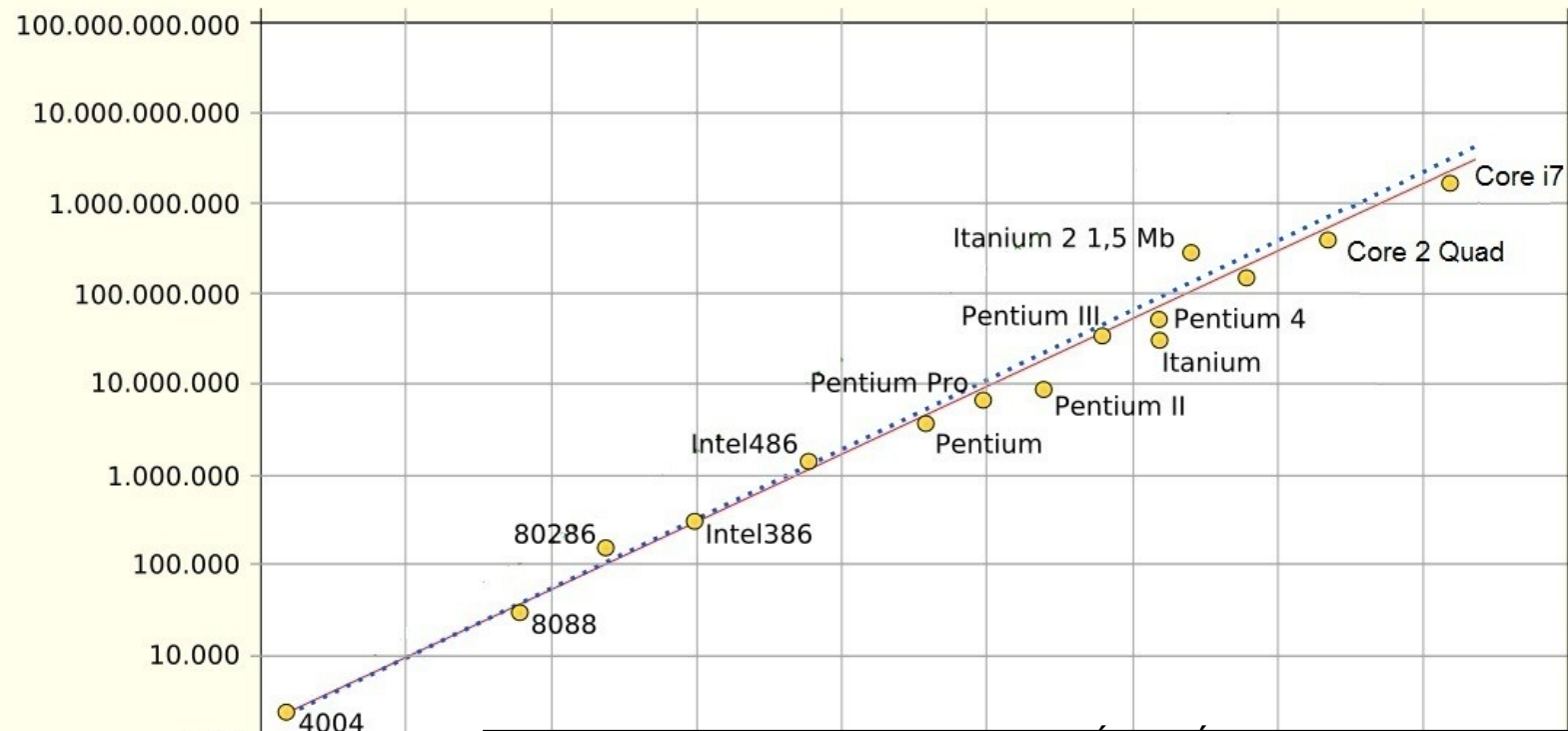
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

# Arquitecturas Físicas

Número de Transistores

## La Ley de Moore



# Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Ley de Moore      Procesadores Intel

# Arquitecturas Físicas

- **La Ley de Moore: el aumento de velocidad y la potencia de cómputo**
  - Durante años bastaba con **aumentar la frecuencia** de reloj de los chips para aumentar la **velocidad** de ejecución y por tanto la **potencia de cómputo**
  - Actualmente existen **impedimentos físicos** para seguir aumentando la frecuencia de reloj, principalmente debidos a la **potencia consumida** y la **disipación del calor**

Cartagena99

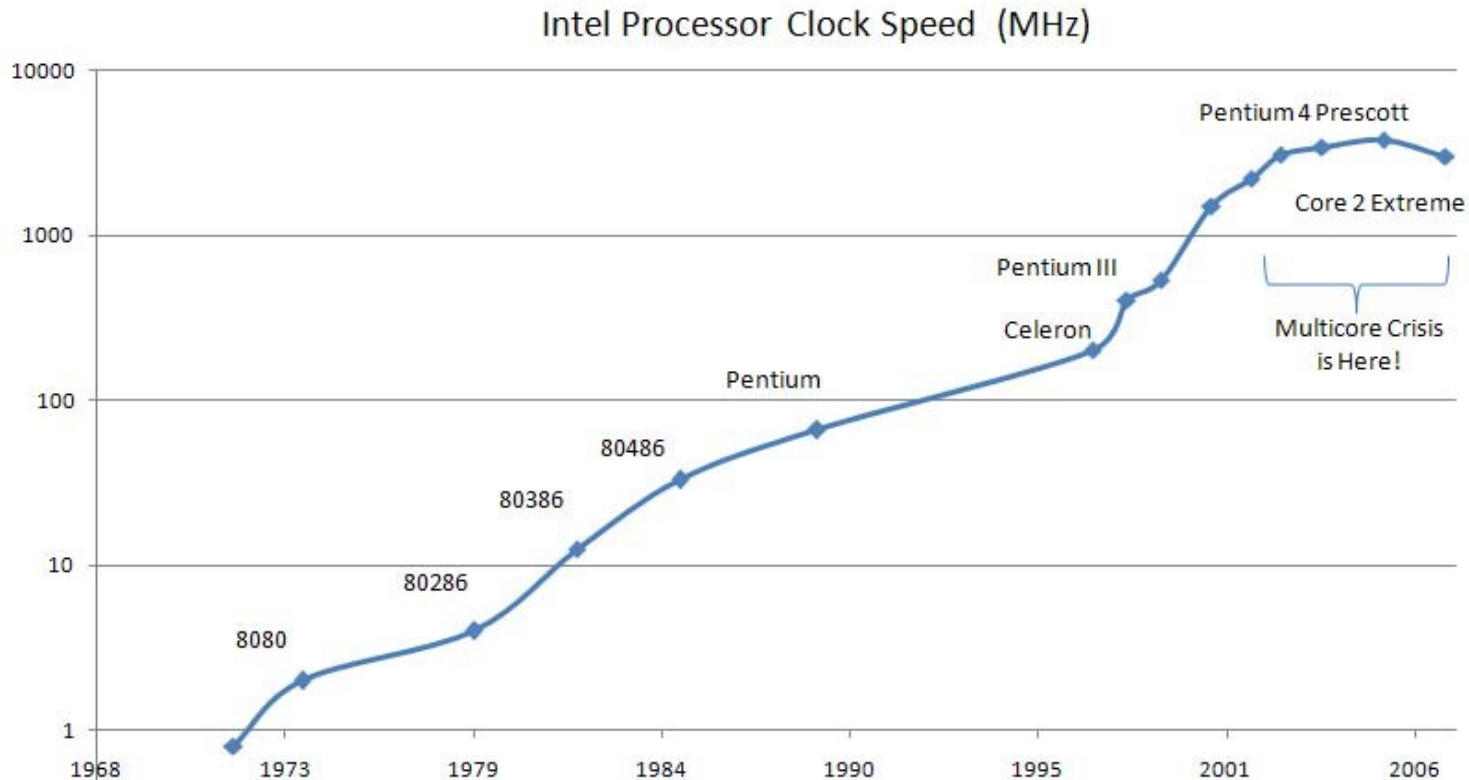
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

¿DÓNDE SE USA LA PROGRAMACIÓN CONCURRENTE?

# Arquitecturas Físicas



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

# Arquitecturas Físicas

- **La Ley de Moore: el aumento de velocidad y la potencia de cómputo**
  - Para aumentar la **potencia de cómputo** es necesario incluir **varias unidades de proceso o cores** en cada procesador
  - La tendencia es tener cada vez **más cores por procesador**

**Free lunch is over!**

**Cartagena99**

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TECNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

# Arquitecturas Físicas

- **Sistemas multiprocesador poco acoplados**
  - Varios dispositivos conectados en red
    - Dispositivos conectados en red para comunicarse
    - **Clusters** de ordenadores que actúan como un único sistema
  - También llamados sistema de **memoria distribuida**

Móvil



Videoconsola



PC



Servidor



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TECNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



# Arquitecturas Físicas

## Clústers de ordenadores

### Clúster homogéneo:

Varios equipos con el mismo sistema operativo y hardware

### Clúster heterogéneo:

Varios equipos con distintos sistemas operativos y/o hardware

**Cartagena99**

### MareNostrum

Universidad Politécnica de Barcelona (UPC)

**10.240** procesadores IBM PowerPC 970MP



CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



# Arquitecturas Físicas

- **Sistemas híbridos**
  - Dispositivos con varios procesadores, con varios *cores* cada uno, conectados en red formando un *cluster*
  - Prácticamente la totalidad de los *clusters* actuales son **híbridos**

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

- - -

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

# Arquitecturas Físicas

- **Modelos de Concurrencia**
  - Son diferentes **enfoques para el desarrollo** de programas concurrentes
  - Se dividen en **dos grandes bloques**, en función de la arquitectura física en la que se pueden usar
  - Con **arquitecturas híbridas**, se pueden combinar **varios modelos** en un mismo programa

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TECNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

# Arquitecturas Físicas

- Modelos de Concurrencia

- Modelos de memoria compartida

- Los procesos pueden acceder a una **memoria común**
- Existen variables compartidas que varios procesos pueden **leer y escribir**

- Modelos de paso de mensajes

- Los procesos se intercambian **mensajes** entre sí
- Un proceso **envía mensaje** y otro proceso lo **recibe**

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

# Arquitecturas Físicas

	Modelos de Concurrencia	
Arquitecturas de Sistemas Concurrentes	Paso de Mensajes	Memoria Compartida
Monoprocesador	✓	✓
Multiprocesador Muy Acoplado	✓	✓
Multiprocesador Poco Acoplado (Red)	✓	?*



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

- Un procesador (core) sólo puede ejecutar un proceso a la vez
- Si hay tantos procesadores como procesos, cada proceso se ejecuta en un procesador
- Lo más habitual es que haya más procesos que procesadores

• ¿Qué ocurre en ese caso?

**Cartagena99**

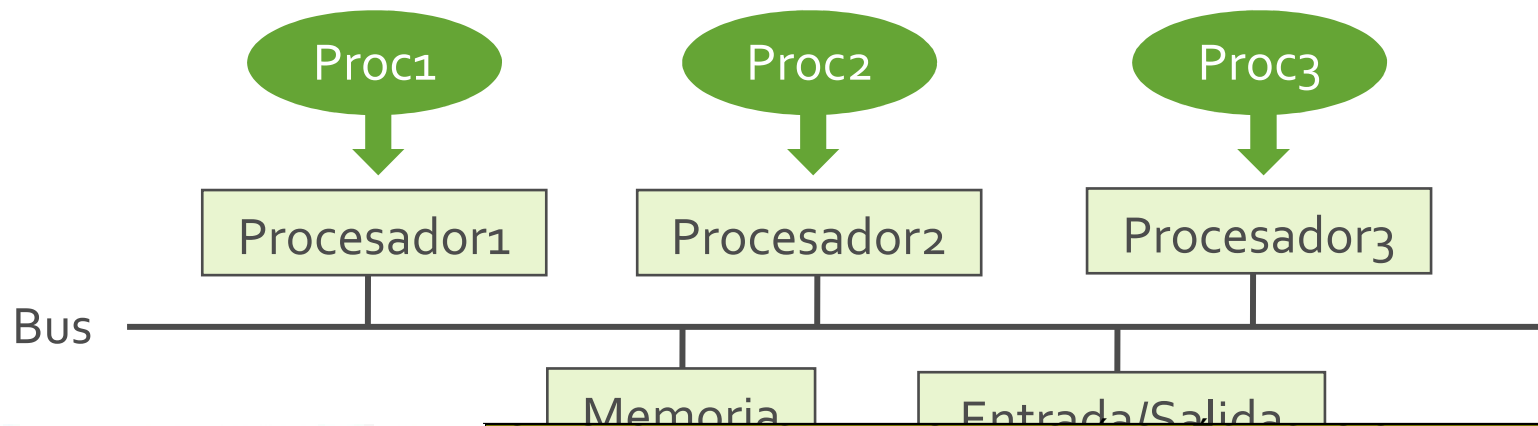
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

- **Multiproceso**

- Cada proceso se ejecuta en su propio procesador en un sistema de memoria compartida



Cartagena99

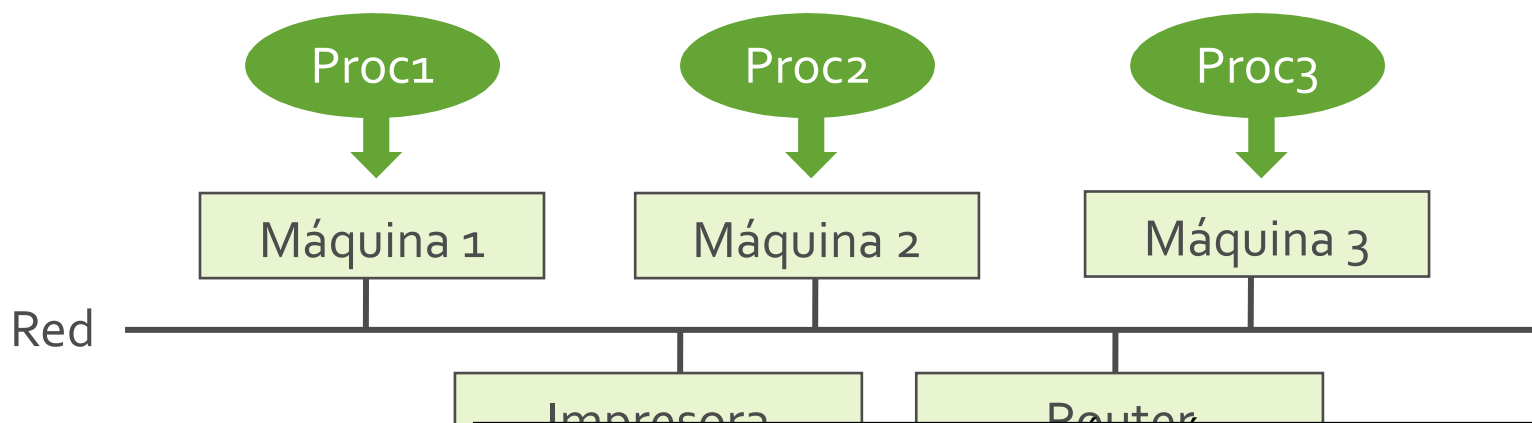
CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TECNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

- **Procesamiento Distribuido**

- Cada proceso se ejecuta en su propio procesador dentro de cada máquina de una red (Programa distribuido)



Cartagena99

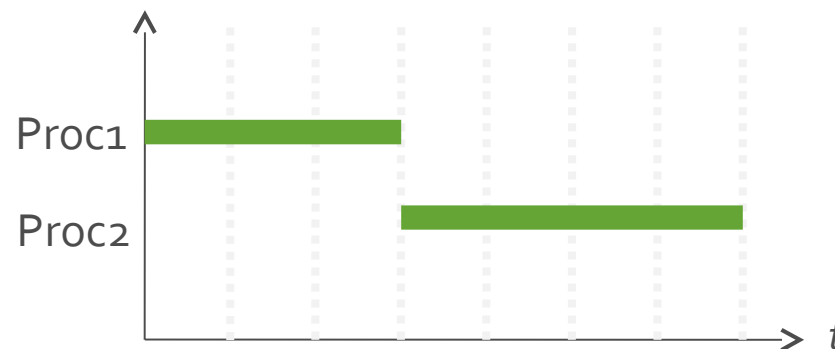
CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TECNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

## • Paralelismo Real

- Se obtiene cuando hay un procesador por cada proceso (**Multiproceso o procesamiento distribuido**)
- Se consigue un aumento de la velocidad de ejecución del programa con



Ejecución Secuencial



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

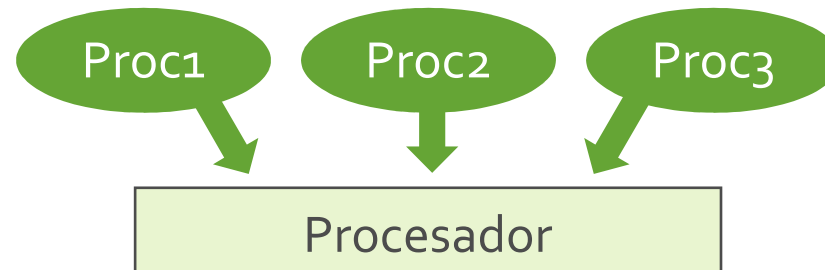
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99



- **Multiprogramación**

- Varios procesos se ejecutan en el **mismo** procesador
- Cada proceso se ejecuta durante un tiempo y luego pasa a ejecutarse el siguiente proceso (**Compartición de tiempo**)



Cartagena99

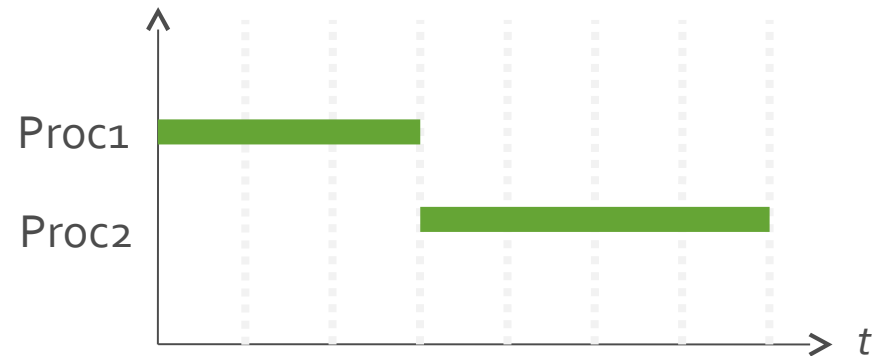
CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TECNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

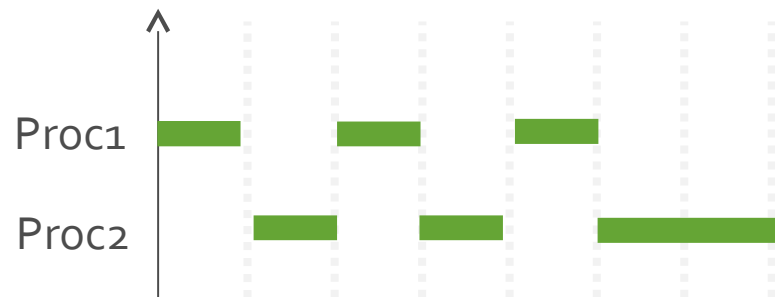
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

- **Paralelismo Simulado o Pseudoparalelismo**

- Se obtiene cuando varios procesos comparten el mismo procesador (**Multiprogramación**)
- El usuario percibe una sensación de paralelismo real
- Aparentemente no se consigue un aumento de la velocidad de ejecución del



Ejecución Secuencial



Cartagena99

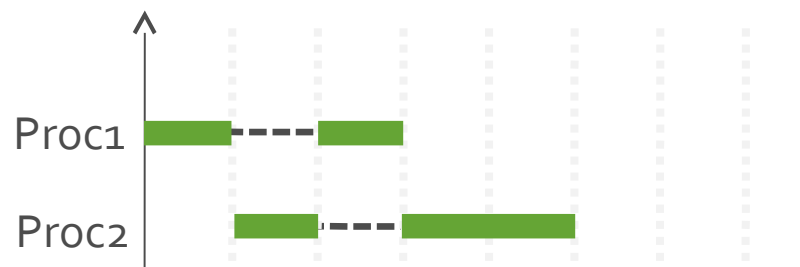
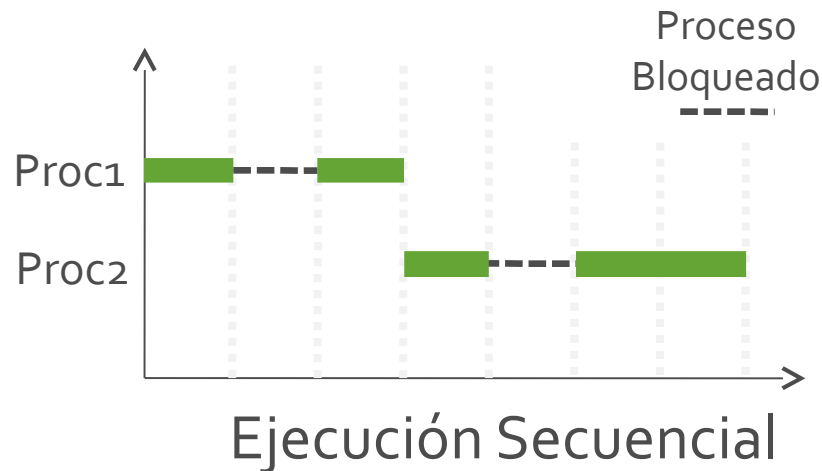
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

## • Paralelismo Simulado o Pseudoparalelismo

- Cuando los procesos esperan por entrada/salida (IO), el procesador se puede aprovechar para otro proceso
- En este caso se reduce el tiempo de ejecución del conjunto de procesos
- Se obtiene una **reducción**



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

- Asignación de Procesos a Procesadores

Cada procesador ejecuta un proceso

- Multiproceso
- Procesamiento Distribuido



## Paralelismo Real

Aumenta la velocidad de ejecución

Cada procesador ejecuta varios procesos de forma intercalada

- Multiprogramación



## Paralelismo Simulado

Aumenta la velocidad de ejecución si los procesos usan Instrucciones de IO

En un sistema informático lo más habitual es que se use la



CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TECNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

- Hay **muchas arquitecturas** diferentes en las que se puede ejecutar un programa **concurrente**
- Para que los programas sean **portables** se diseñan e implementan sin tener en cuenta si existe **multiproceso** o **multiprogramación**
- Se usan simplificaciones o **abstracciones** que ayudan a centrar la atención en los **procesos y sus relaciones**, y nos evitan pensar en la arquitectura del sistema
- Las abstracciones que se presentan se publicaron en el libro:

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

## 1ª Abstracción de la Programación Concurrente

Se considera que cada proceso se ejecuta en su propio procesador

- Esta abstracción permite tener en cuenta únicamente las **interacciones entre los procesos**
- No nos tenemos que preocupar de si hay **paralelismo real** o **paralelismo simulado**

**Cartagena99**

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

## 2ª Abstracción de la Programación Concurrente

Se ignoran las velocidades relativas de cada proceso, lo que posibilita considerar sólo las secuencias de instrucciones que se ejecutan

- Tenemos que pensar lo que ocurriría con nuestro programa si el procesador de cada **proceso** tuviese la **misma velocidad**
- También tenemos que pensar que pasaría si un procesador fuese **muy lento** y otro procesador fuese **muy rápido**

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

- ¿Qué es la programación concurrente?
- ¿Dónde se usa la programación concurrente?
- **¿Para qué se usa la programación concurrente?**
- ¿Cómo se programa concurrentemente?
- Conclusiones

The logo for 'Cartagena99' features the text 'Cartagena99' in a green, serif font. The '99' is significantly larger and more stylized than the rest of the text. The logo is set against a light blue and orange background with a wavy, water-like effect.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



# ¿Para qué se usa la programación concurrente?

- ¿Cuándo usar la concurrencia?

- Existen muchas situaciones en las que un programa concurrente es **mejor** que uno secuencial
  - Más fácil de implementar
  - Más rápido en ejecutarse
  - Consumirá menos recursos (memoria, CPU...)
- En otros casos, es **imprescindible** que el programa sea concurrente o no se podrá implementar

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

## ¿Para qué se usa la programación concurrente?

- ¿Cuándo usar concurrencia?

- **Imprescindible**

- 1) Servidores que atienden varios usuarios / peticiones simultáneamente
- 2) Aplicaciones interactivas (que realizan tareas en segundo plano)

- **Conveniente**

- 3) Aumentar la velocidad cuando hay entrada y salida con un único procesador
- 4) Aumentar la velocidad de los programas usando



CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TECNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

- **1) Servidores que atienden varios usuarios / peticiones simultáneamente**
  - **Servidor Web:** Atiende a cientos de peticiones simultáneamente
  - **Servidores de WhatsApp:** Atiende cientos de usuarios conectados



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

# ¿Para qué se usa la programación concurrente?

- **2) Aplicaciones interactivas (que realizan tareas en segundo plano)**
  - El programa realiza cálculos en segundo plano mientras que el usuario sigue trabajando
  - Ejemplos:
    - Eclipse compila en segundo plano mientras se sigue editando
    - Un navegador carga una página web mientras el usuario navega por otras

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

## ¿Para qué se usa la programación concurrente?

- 3) Aumentar la velocidad cuando hay entrada y salida en sistemas con un procesador
  - Algunas aplicaciones que mayoritariamente **realizan operaciones en el procesador** pero no realizan entrada/salida: diseño 3D, algoritmos de optimización, etc.
  - En estas aplicaciones, **si sólo hay un único procesador**, es más eficiente que el programa sea **secuencial**
  - En las aplicaciones que tienen **entrada/salida** (acceso a



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

# ¿Para qué se usa la programación concurrente?

- 4) Aumentar la velocidad de los programas usando varios procesadores en paralelo
  - Los procesadores ya no van a aumentar de velocidad
  - Los nuevos procesadores tendrán cada vez más *cores*
  - Las aplicaciones tendrán que ser concurrentes (*multithreaded*) para aprovechar toda la potencia de cómputo disponible
  - A medida que pase el tiempo, cada vez será más crítico

Cartagena99

CLÁSES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

# ¿Para qué se usa la programación concurrente?

- 4) Aumentar la velocidad de los programas usando varios procesadores en paralelo

- El compilador de java oficial de Oracle es *single-threaded* (secuencial) y por tanto no aumenta de velocidad con varios cores

- [http://bugs.sun.com/bugdatabase/view\\_bug.do?bug\\_id=6629150](http://bugs.sun.com/bugdatabase/view_bug.do?bug_id=6629150)

- El compilador de java incluido en Eclipse es *multi-threaded* (concurrente) desde la versión 3.0

Cartagena99

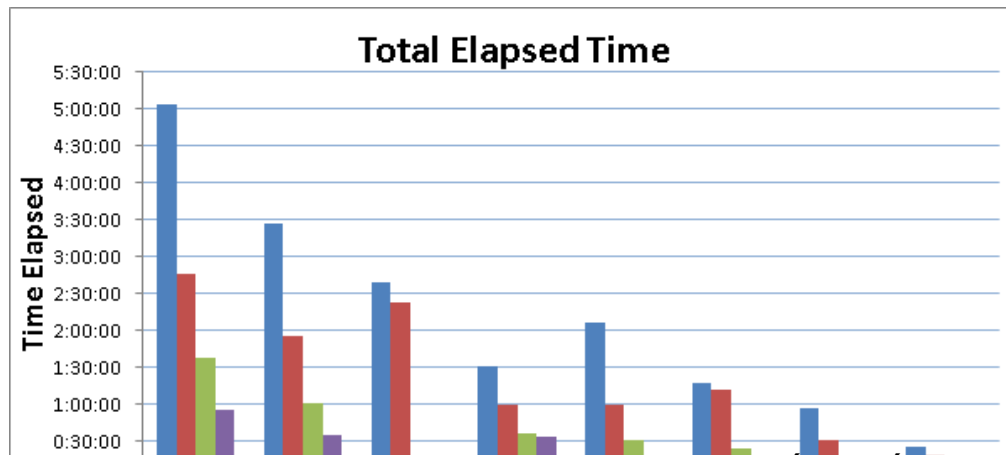
CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TECNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

## ¿Para qué se usa la programación concurrente?

- 4) Aumentar la velocidad de los programas usando varios procesadores en paralelo
  - Comparativa de servidores web con diferentes cores



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

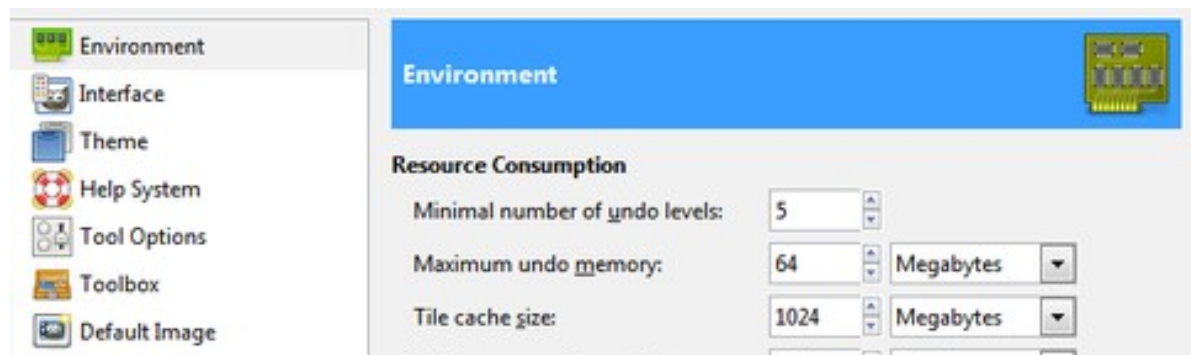
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

[www.cartagena99.com/web\\_server\\_performance\\_benchmark/](http://www.cartagena99.com/web_server_performance_benchmark/)



## ¿Para qué se usa la programación concurrente?

- 4) Aumentar la velocidad de los programas usando varios procesadores en paralelo
  - **Gimp:** Puede usar varios procesadores/cores a la vez para aplicar efectos a una imagen



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

- ¿Qué es la programación concurrente?
- ¿Dónde se usa la programación concurrente?
- ¿Para qué se usa la programación concurrente?
- **¿Cómo se programa concurrentemente?**
- Conclusiones

The logo for 'Cartagena99' features the text 'Cartagena99' in a green, serif font. The '99' is significantly larger and more stylized than the rest of the text. The logo is set against a light blue and orange gradient background.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

# ¿Cómo se programa concurrentemente?

- Existen **muchas formas diferentes** de implementar un programa concurrente
- Depende del **lenguaje** de programación y la **librería** que estemos usando
- Existen **modelos teóricos** que luego se concretan de formas diferentes en los diferentes lenguajes y librerías

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

- **Modelos de Concurrencia**

- Existen dos grandes familias: **Modelo de Memoria compartida** y **Modelo de Paso de Mensajes**
- Hay **varios modelos diferentes** dentro de cada familia
- No hay un consenso sobre cual es el **mejor de todos** (como ocurre con los lenguajes de programación)



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

- Niveles de abstracción de los modelos
  - Bajo nivel
    - Cercanos a la funcionalidad ofrecida por el hardware
  - Alto nivel
    - Inspirados en **modelos matemáticos**
    - Normalmente cualquier modelo de **alto nivel** se puede implementar **sobre cualquier otro** modelo de más **bajo nivel**

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

- La elección de un modelo u otro está determinado por:
  - Tipo de programa a implementar
    - Las aplicaciones de **red** pueden tener distintas necesidades que las aplicaciones **interactivas**
  - Lenguaje de programación utilizado y sus librerías
    - Hay lenguajes en los que sólo se puede usar un modelo de **alto nivel** (JavaScript)
    - Los lenguajes que ofrecen modelos de **bajo nivel** suelen permitir algunos de los modelos de alto nivel con librerías (Java)
  - Arquitectura física



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

- Modelos de concurrencia más usados
  - Hilos y cerrojos
  - Actores
  - Comunicando procesos secuenciales (CSP)
  - Programación Funcional
  - Memoria software transaccional (STM)
  - ... (hay muchos más)




CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

- **Hilos y cerrojos**

- Modelo de **memoria compartida**
- Es el modelo de más **bajo nivel**, el más cercano a las primitivas ofrecidas por el **hardware**
- Suele estar disponible en **lenguajes imperativos** (estructurados y orientados a objetos)
- Es el modelo **más usado y más potente**, pero también **el más complejo de programar**

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



- **Hilos y cerrojos**

- Se le conoce con muchos nombres en la literatura:
  - **Estado mutable compartido**
  - Memoria compartida protegida por **cerrojos (locks)**
  - Programación con **hilos**
  - Programación basada en **cerrojos**
- Aunque hay más modelos de memoria compartida, como es el más usado, hay veces que se le llama

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

# Modelos de concurrencia

- **Actores**

- Modelo de **paso de mensajes**
- Esta definido por un **modelo matemático**
- Los **actores** son las primitivas concurrentes de procesamiento que se comunican enviando **mensajes** a otros actores
- Dependiendo del **mensaje que reciba**, un actor puede:
  - **Crear más actores,**
  - **Enviar más mensajes**
  - **Cambiar su estado**

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

# Modelos de concurrencia

- **Comunicando procesos secuenciales (CSP)**
  - Modelo de **paso de mensajes**
  - Es un lenguaje formal basado en el **álgebra o cálculo de procesos**
  - Los procesos se comunican enviándose mensajes a través de canales
  - El envío de mensajes es parecido al **modelo de actores**, pero en CSP un proceso puede tener varios canales pero en el modelo de actores sólo uno (de recepción)

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

# Modelos de concurrencia

## • Programación Funcional

- Modelo de **memoria compartida**
- Está basado en que en la programación funcional la **información no se modifica (es inmutable)**, por eso se puede compartir entre varios hilos sin problemas
- Todo el **procesamiento** se hace en base a **funciones** que generan valores de **salida** partiendo de los parámetros de **entrada**
- Como un programa está descrito de forma **declarativa** como una **composición de funciones**, es **paralelizable**

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

# Modelos de concurrencia

- **Memoria software transaccional (STM)**
  - Modelo de memoria compartida
  - Aplica el concepto de **transacciones de bases de datos** a la memoria compartida entre procesos
  - Dentro de una transacción un proceso puede **leer y escribir la memoria compartida**. Todas las lecturas y escrituras ocurren de forma **atómica**, y otros procesos **no pueden ver estados intermedios**.

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

# Modelos de concurrencia

Familia	Modelo	Lenguajes	Librerías
Modelo de Memoria compartida	Hilos y Cerrojos	C/C++, Java, Ruby, Python, C#, Scala, ...	
	Memoria Software Transaccional (STM)	Clojure, Haskell...	Multiverse (Java), Durus (Python), TinySTM (C/C++)...
	Programación funcional	Parallel Haskell...	Streams en Java 8
Modelo de Paso de	Actores	Erlang, Occam, Oz, Scala, ...	Akka (Java), Quasar (Java), Actor-CPP (C++)...



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

# Modelos de concurrencia

- En este **curso** estudiaremos los modelos más populares de cada familia:
  - Modelo de memoria compartida: **Hilos y cerrojos**
  - Modelo de paso de mensajes: **Actores**
- Para **aprender los conceptos básicos** de la programación concurrente sin entrar en detalles particulares de un lenguaje concreto se usará la

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TECNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

- Posteriormente se estudiarán tecnologías profesionales (Parte 2):
  - En el **tema 4** se dará una **visión general** de la programación concurrente en los **lenguajes de programación** más utilizados en la actualidad (**Java, C/C++ y JavaScript**)
  - En el **tema 5** se abordará en **detalle** la **programación concurrente con Java** en ambos

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TECNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



- ¿Qué es la programación concurrente?
- ¿Dónde se usa la programación concurrente?
- ¿Para qué se usa la programación concurrente?
- ¿Cómo se programa concurrentemente?
- **Conclusiones**

The logo for 'Cartagena99' features the text 'Cartagena99' in a green, serif font. The '99' is significantly larger and more stylized than the rest of the text. The logo is set against a light blue and orange background with a wavy, brushstroke-like effect.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

# Conclusiones

- La **Programación Concurrente** es una técnica que todo **desarrollador debe dominar** para el desarrollo de programas
- Prácticamente cualquier **programa “real”** usa la **conurrencia** de una forma u otra
  - Aplicaciones con **interfaz gráfico de usuario** (escritorio, móviles...)
  - Aplicaciones **web** (un hilo de ejecución por petición o



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

# Conclusiones

- En los **próximos años** es previsible que los procesadores tengan cada vez **más núcleos de procesamiento**
- Esa será la única forma de **aumentar la potencia de cómputo** de los dispositivos al no poder aumentar la velocidad de ejecución
- Para aprovecharla, los programas secuenciales existentes se tienen que **reimplementar** y los nuevos se tienen que **diseñar** dividiendo el procesamiento en **tareas** que



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

# Conclusiones

- Pese a que existen **muchos modelos** de programación concurrente, el más utilizado sigue siendo el modelo de bajo nivel de **estado compartido con cerrojos**
- Es el más **complejo** de usar correctamente, pero es el más **potente**
- Es conveniente **dominar otros modelos de concurrencia** porque pueden ser más adecuados para

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

# Conclusiones

- Desarrollar programas concurrentes es **mucho más complejo** que desarrollar programas secuenciales
  - Son más **difíciles** de programar
  - Es más **difícil** comprobar que su funcionamiento es el **correcto**, porque hay que considerar cómo se comportan con **uno o varios procesadores**, con la misma o diferentes **velocidades**
  - Que **una ejecución** sea **correcta** con unos datos de entrada no implica que **todas las ejecuciones** sean **correctas** con esos mismos datos (como ocurre con los programas secuenciales).

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

# Conclusiones

- Pese a que es un **campo maduro**, los modelos de **conurrencia** actuales siguen **evolucionando** para **facilitar** la construcción de programas concurrentes evitando sus muchas dificultades
- Eso implica que constantemente aparecer **nuevos modelos y técnicas**
- Actualmente la tendencia es usar técnicas **declarativas** propias de la **programación funcional**

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

## Concurrencia vs Paralelismo

Estos términos están muy relacionados pero no son sinónimos

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

- **Concurrencia vs Paralelismo**

- **Concurrencia**

- En general se puede considerar que la **concurrencia** o la **programación concurrente** se refieren a **técnicas** de elaboración de **programas** con **varios flujos de ejecución**

- **Paralelismo**

- El **paralelismo** o **ejecución en paralelo** se utiliza para hablar de un tipo de **ejecución** de un programa **concurrente** sobre **varios procesadores** con **procesos**



CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TECNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

The Art of Concurrency, 2005, O'Reilly, Brian W. Kernighan & Rob Pike



# Conclusiones

- **Concurrencia vs Paralelismo**

- **Sistema concurrente**

- Se dice que un **sistema es concurrente** si permite que dos o más acciones estén en **progreso** al mismo tiempo

- **Sistema paralelo**

- Se dice que un **sistema es paralelo** si permite que dos o más acciones se ejecuten de forma **simultánea**
- Un sistema **paralelo** necesita al menos **dos procesadores**

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

THE ART OF CONCURRENCY, 2005, Clay Bresnahan, O'REILLY

# Conclusiones

- **Concurrencia vs Paralelismo**

- Existen muchos casos en los que el concepto de paralelismo se utiliza en el sentido de concurrente

- **Paralelización**

- Se denomina **paralelización** al proceso de convertir programas **secuenciales** en programas **concurrentes**, generalmente con el objetivo de ejecutarse de forma **paralela** para aprovechar la potencia de cómputo

- **Programación paralela**

- En los últimos 20 años, el término **programación paralela** se ha

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TECNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



- **Concurrencia vs Paralelismo**

- **Concurrencia**

- Una propiedad de un sistema o programa
- Un programa concurrente puede o no ser ejecutado en paralelo

- **Paralelismo**

- Comportamiento en tiempo de ejecución de ejecutar varias tareas al mismo tiempo



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

- **Concurrencia vs Paralelismo**

- **Concurrencia**

- Es la programación como la composición de procesos en ejecución independientes
- Se refiere a tratar con muchas cosas a la vez. Se refiere a la estructura
- Proporciona una forma de estructurar una solución para resolver un problema que puede ejecutarse en paralelo (aunque no es necesario).
- La concurrencia es una forma de estructurar un programa dividiéndole en piezas que pueden ejecutarse de forma independiente

- **Paralelismo**

- Programación como la ejecución simultánea de computaciones



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

<http://concur.space.googlecode.com/ng/talk/concur.html#landing-slide>