

Programación concurrente — Hebras

Juan Antonio de la Puente <jpuente@dit.upm.es>

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



<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/deed.es>

Referencias

- Scott Oaks & Henry Wong
Java Threads
O'Reilly Media; 3rd ed (2004)
- Kathy Sierra & Bert Bates
Head First Java, ch. 15
O'Reilly Media; 2nd ed (2005)
- Mordechai Ben-Ari
Principles of Concurrent and Distributed Programming

The logo for Cartagena99, featuring the text "Cartagena99" in a stylized, green, serif font with a blue and orange gradient background behind the letters.

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

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 secuenciales y concurrentes

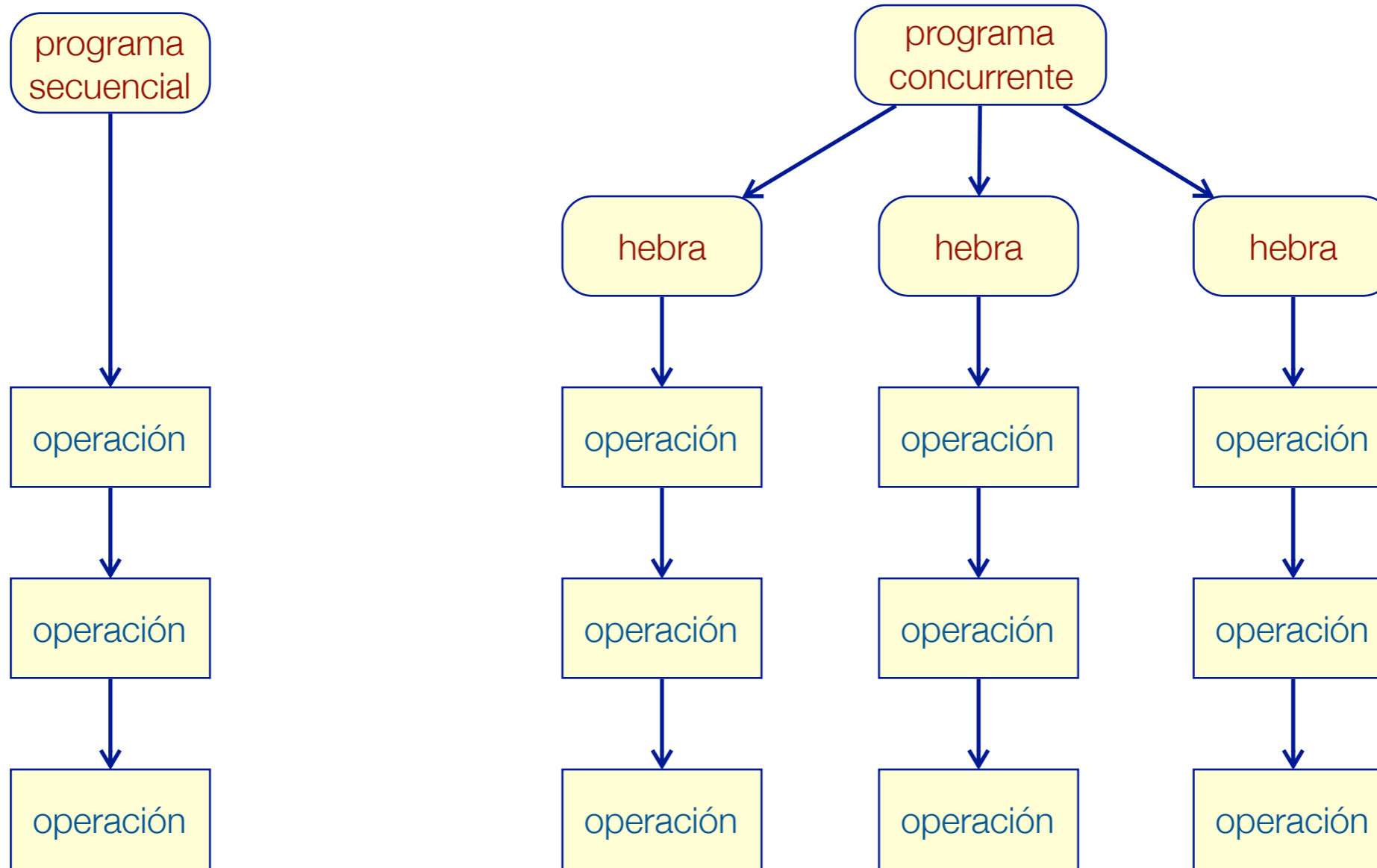
- Los programas que hemos visto hasta ahora son **programas secuenciales**
 - ▶ ejecutan una operación detrás de otra (en secuencia)
 - aunque el orden puede variar (alternativas, bucles, etc).
 - ▶ sólo hacen una cosa a la vez
 - sólo hay un flujo de ejecución
- A veces necesitamos que un programa haga varias cosas al mismo tiempo
 - ▶ varias tareas o actividades que progresan en paralelo
 - en Java se llaman *threads* o *hebras*
- Estos programas se llaman **programas concurrentes**

The logo for Cartagena99 features the text 'Cartagena99' in a stylized, green, serif font. The '99' is significantly larger and more prominent than the 'Cartagena' part. The text is set against a light blue, cloud-like background with a soft gradient. Below the text, there is a horizontal orange and yellow brushstroke 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

Ejecución concurrente y hebras



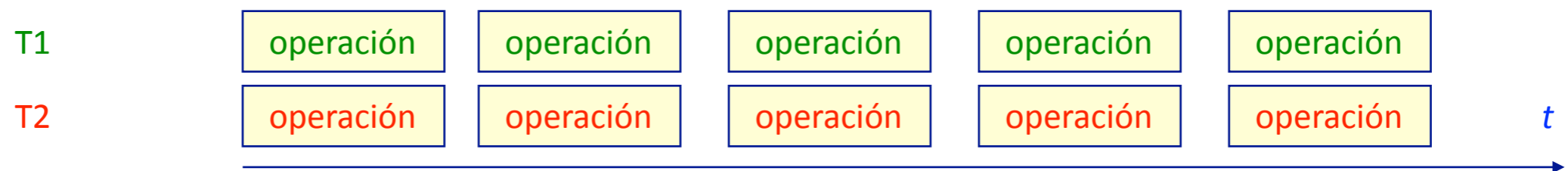
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

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

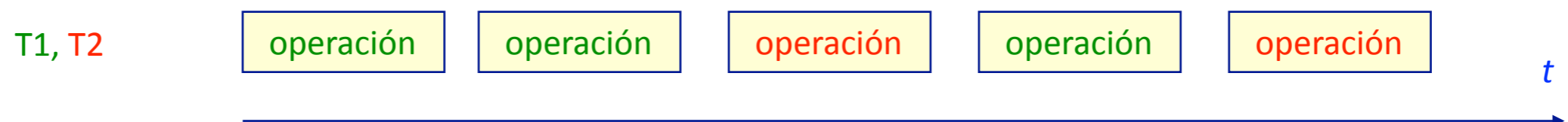
Cartagena99

¿Cómo funciona?

- En un sistema con varios procesadores se puede ejecutar cada tarea en un procesador
 - ▶ ejecución simultánea (paralelismo físico)



- En un monoprocesador se intercalan las operaciones de las tareas
 - ▶ multiplexado en tiempo (paralelismo lógico)



- La máquina virtual (o el sistema operativo) es

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

Aplicaciones

- Interfaces de usuario reactivas
 - ▶ atención a sucesos asíncronos
 - ▶ gestión de ventanas, *widgets*, etc.
- Servidores
 - ▶ atención a múltiples clientes
 - ▶ gestión de protocolos de comunicación
- Mejoras de prestaciones
 - ▶ ejecución en multiprocesadores
- Cálculos complejos

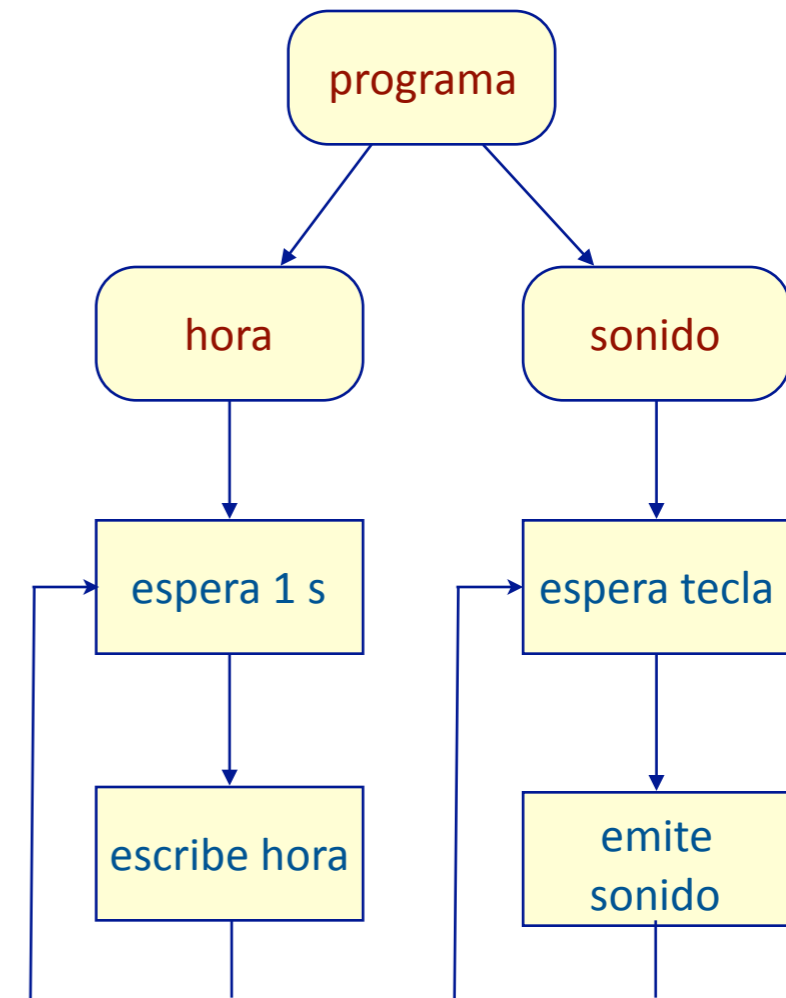
Cartagena99

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

Ejemplo

- Programa con dos actividades:
 - ▶ escribir la hora cada 1 s
 - ▶ emitir un sonido cuando se pulsa la tecla *intro*
- Sería muy complicado hacerlo con un programa secuencial
 - ▶ la tecla se puede pulsar en cualquier momento
 - es un suceso asíncrono
 - difícil de mezclar con la escritura



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

Ejemplo (continuación)

```
/* hora */  
while(true) {  
    sleep(1000);  
    System.out.println(  
        new Date().toString());  
}
```

```
/* linea */  
while(true) {  
    nextLine();  
    beep();  
}
```

- Veremos el programa completo más adelante

The logo for Cartagena99 features the text "Cartagena99" in a stylized, green, serif font. The "99" is significantly larger and more prominent than the word "Cartagena". The text is set against a light blue, cloud-like background with a soft gradient.

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

Hebras (*threads*) en Java

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

Threads en Java

- En Java las actividades concurrentes se llaman *threads* (hebras, hilos)
- Se crean extendiendo la clase **Thread**

```
class Tarea extends Thread {  
    @Override  
    public void run() {...} // código concurrente  
}  
Tarea t = new Tarea();
```

- ▶ Es obligatorio redefinir el método **run()**

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

Arrancar una hebra

- Hay que arrancar la ejecución de cada hebra para que empiece a ejecutarse
 - ▶ método `start()`

- Ejemplo

```
Tarea t = new Tarea(); // se crea la hebra t
...
t.start();           // se empieza a ejecutar
```

- ▶ ahora se ejecutan a la vez el método `t.run()` y el método `main()`

The logo for Cartagena99, featuring the text 'Cartagena99' in a stylized, bold font. The 'C' is large and blue, while 'artagena99' is in a dark green color. 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

Hebras en un programa

- ¿Cuántas hebras hay en un programa?
 - ▶ una hebra inicial que ejecuta el método `main()`
 - ▶ todas las que se arranquen en el programa con `start()`

 - ▶ la máquina virtual y la interfaz gráfica pueden crear hebras adicionales

The logo for Cartagena99 features the text 'Cartagena99' in a stylized, green, serif font. The '99' is significantly larger and more prominent than the 'Cartagena' part. The text is set against a light blue, cloud-like background with a soft gradient. Below the text, there is a horizontal orange and yellow brushstroke 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

Terminación de hebras y programas

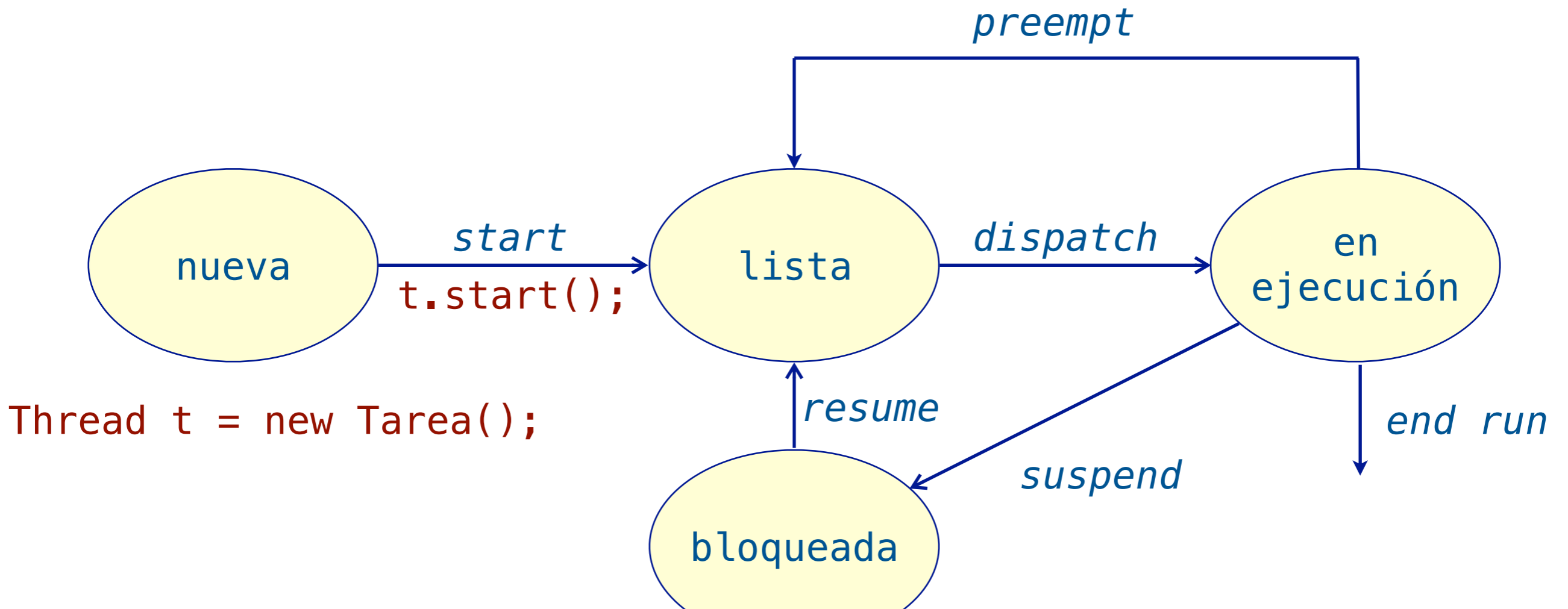
- Una hebra termina cuando termina el método `run()`
 - ▶ o cuando se fuerza su terminación mediante una interrupción
 - lo veremos más tarde
- Un programa termina cuando terminan todas sus hebras
 - ▶ cuando termina `main()` y todas las demás hebras que hayan arrancado en el programa
- El programa también termina si

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

Estados de las hebras



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

Ejemplo: Hora

```
import java.util.*;
public class Hora extends Thread {

    @Override
    public void run() {           /* código concurrente */
        try {
            while (true) {
                sleep(1000);      /* esperar 1000 ms */
                System.out.println(new Date().toString());
            }
        } catch (InterruptedException e) {
            return;               /* terminar esta hebra */
        }
    }
}
```

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

Ejemplo: Sonido

```
import java.awt.Toolkit;
import java.util.Scanner;
public class Sonido extends Thread {

    @Override
    public void run() {                /* código concurrente */
        Scanner sc = new Scanner(System.in);
        while(true) {
            sc.nextLine();
            Toolkit.getDefaultToolkit().beep();
        }
    }
}
```

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

Ejemplo: Reloj

```
public class Reloj {  
  
    public static void main(String[] args) {  
        Hora hora = new Hora ();  
        Sonido sonido = new Sonido();  
        hora.start();  
        sonido.start();  
    }  
}
```

The logo for Cartagena99 features the text 'Cartagena99' in a stylized, bold font. The 'C' is significantly larger and more prominent. The text is set against a background of light blue and orange brushstrokes.

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

Ejercicio

- Creación y activación de hebras
 - ▶ Importar el proyecto *Threads* del repositorio <https://github.com/ALED-UPM/Tema3>
 - ▶ Ejecutar el programa *Reloj*
 - ▶ Añadir una hebra que escriba “Hola” en el terminal cada 5 s, y volver a ejecutar el programa con esta modificación

The logo for Cartagena99, featuring the text 'Cartagena99' in a stylized, green, serif font with a blue and orange gradient background behind the letters.

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

Otras formas de crear hebras

The logo for Cartagena99 features the text 'Cartagena99' in a stylized, teal-colored font. The '99' is significantly larger and more prominent than the rest of the text. The logo is set against a light blue, cloud-like background with a soft orange shadow underneath.

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 clase *java.lang.Thread*

```
public class Thread implements Runnable {  
  
    /* constructores */  
    public Thread();  
    public Thread(Runnable target);  
  
    /* código concurrente */  
    void run();  
  
    /* arrancar la ejecución */  
    void start();  
  
    /* suspender la ejecución durante un tiempo */  
    static native void sleep(long millis)  
        throws InterruptedException;  
  
    /* esperar que termine la hebra */  
    void join() throws InterruptedException;  
}
```

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 interfaz *Runnable*

- Java sólo admite herencia simple
 - ▶ si se hereda de **Thread** no se puede heredar de otra clase
- **java.lang.Runnable** es una interfaz que incluye el método **run**
 - ▶ permite crear hebras sin heredar de **Thread**

```
public interface Runnable {  
    public void run ();  
}
```

```
class Actividad implements Runnable {  
    public void run() {...}
```

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

Ejemplo: Hora2

```
import java.util.*;
public class Hora2 implements Runnable {

    public void run() {
        try {
            while (true) {
                Thread.sleep(1000);
                System.out.println(new Date().toString());
            }
        } catch (InterruptedException e) {
            return;
        }
    }
}
```

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

Ejemplo: Reloj2

```
public class Reloj2 {  
    public static void main(String[] args) {  
        Runnable escribeHora = new Hora2();  
        /* no es un thread */  
        Thread hora = new Thread(escribeHora);  
        hora.start();  
        /* ahora sí */  
        ...  
    }  
}
```

The logo for Cartagena99, featuring the text 'Cartagena99' in a stylized, dark green font with a light blue shadow effect behind it.

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

Objetos *Runnable* internos

```
public class Reloj3 {  
  
    public static void main(String[] args) {  
        Runnable escribeHora = new Runnable () {  
            public void run() {...}  
        };  
        new Thread(escribeHora).start();  
  
        ...  
    }  
}
```

The logo for Cartagena99 features the text "Cartagena99" in a stylized, teal-colored font. The "99" is significantly larger and more prominent than "Cartagena". The text is set against a light blue, cloud-like background with a soft gradient. Below the text, there is a horizontal orange and yellow brushstroke 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

Método *run* interno con *Thread*

```
public class Reloj4 {  
  
    public static void main(String[] args) {  
        Thread hora = new Thread () {  
            public void run() {  
                ...  
            }  
        };  
        hora.start();  
        ...  
    }  
}
```

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

Más compacto todavía

```
public class Reloj5 {  
  
    public static void main(String[] args) {  
        new Thread () {  
            public void run() {  
                ...  
            }  
        }.start();  
        ...  
    }  
}
```

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

Interrupciones

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

Método *interrupt*

- Método de la clase *Thread*
- Uso habitual: despertar asíncronamente a una hebra bloqueada
- Si la hebra está bloqueada en un *wait*, *join* o *sleep*, se eleva la excepción **InterruptedException**
 - ▶ Incluir la sentencia de bloqueo un bloque *try/catch*
 - ▶ Indicar que el método puede elevar **InterruptedException**
- Si la hebra está haciendo otra cosa, se cambia un indicador
 - ▶ consultar con *interrupted()*

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

Ejemplo: Segundero

```
public class Segundero extends Thread {  
  
    public void run() {  
        int segundos = 0;  
        try {  
            while (true) {  
                sleep(1000); // La hebra se bloquea un segundo  
                segundos++;  
                System.out.println("Segundos: " + segundos);  
            }  
        } catch (InterruptedException e) {  
            System.err.println("Hebra interrumpida");  
            return; // La hebra ha sido desbloqueada mediante la
```

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

Ejemplo: Temporizador

```
import java.util.*;
public class Temporizador {

    public static void main (String args[]) {
        // Segundos de espera hasta terminar
        int tiempoEspera = 2;
        Segundero segundero = new Segundero();
        segundero.start();
        try {
            Thread.sleep(tiempoEspera * 1000);
            segundero.interrupt(); // Fin de la espera
        } catch (Exception e) {
            System.err.println("Error esperando ");
        }
    }
}
```

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

Detener una hebra

- Lanzar una interrupción no es una buena forma de detener la ejecución
- Mejor algo así:

```
public class Segundero extends Thread {  
    private boolean activo = true;  
  
    public void run() {  
        while (activo) {  
            ...  
        }  
    }  
    public void detener() {
```

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

Problemas

- La hebra que llama a `detener()` es distinta que la que ejecuta `run()`
 - ▶ por ejemplo, la hebra principal y la hebra *segundero*
- La variable `activo` se puede modificar mientras se está leyendo
 - ▶ no es seguro que lo que lee *segundero* sea el valor correcto
 - ▶ muchos problemas, los veremos en detalle
 - ▶ de momento, la solución es declarar que `activo` es volátil
`private volatile boolean activo = true;`

The logo for Cartagena99, featuring the text 'Cartagena99' in a stylized, green, serif font with a blue and orange gradient background behind the letters.

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

Ejercicio

- Detener la ejecución de una hebra
 - ▶ Modificar las clases *Segundero* y *Temporizador* para detener la cuenta de segundos mediante una variable, como en los ejemplos anteriores
 - ▶ ¿Tiene sentido mantener el manejador de `InterruptedException` en *Segundero*? ¿Por qué?

The logo for Cartagena99 features the text 'Cartagena99' in a stylized, green, serif font. The '99' is significantly larger and more prominent than the 'Cartagena' part. The text is set against a light blue, cloud-like background with a soft gradient. Below the text, there is a horizontal orange and yellow brushstroke 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

Propiedades de los 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

Propiedades de los programas

- **Corrección** (*correctness*)
 - ▶ el resultado es correcto
- **Seguridad** (*safety*)
 - ▶ nunca pasará nada malo
- **Vivacidad** (*liveness*)
 - ▶ en algún momento se hará lo que se tiene que hacer
- **Equidad** (*fairness*)
 - ▶ todas las hebras tienen la posibilidad de avanzar

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

Pruebas

- Algunas propiedades son difíciles de probar
- A veces se puede hacer con matemáticas
 - ▶ como demostraciones de teoremas
 - ▶ examinando todas las secuencias de ejecución posibles
- Es necesario poner mucha atención al escribir el programa para estar seguros de que es correcto

The logo for Cartagena99 features the text 'Cartagena99' in a stylized, green, serif font. The '99' is significantly larger and more prominent than the 'Cartagena' part. The text is set against a light blue, cloud-like background with a soft gradient. Below the text, there is a horizontal orange and yellow brushstroke 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

Resumen

The logo for Cartagena99 features the word "Cartagena99" in a stylized, teal-colored font. The letters are slightly shadowed and appear to be resting on a light blue, brush-stroke-like background that tapers to the right. Below the text, there is a horizontal orange brush stroke.

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

Resumen

- Los programas concurrentes tienen varias hebras de ejecución (*threads*) que avanzan a la vez
- En Java las hebras son objetos de una clase
 - ▶ que extiende **Thread**
 - ▶ que implementa **Runnable**
- El método **run()** determina qué hace la hebra
- Para arrancar una hebra *t* se hace **t.start()**
- Una hebra termina cuando se llega al final de **run()**
 - ▶ también por interrupciones
- Un programa termina cuando terminan todas sus

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

Ejemplos

- Código en github
 - ▶ <https://github.com/ALED-UPM/Tema3.git>

The logo for Cartagena99 features the text 'Cartagena99' in a stylized, teal-colored font. The '99' is significantly larger and more prominent than the 'Cartagena' part. The text is set against a light blue, cloud-like background with a soft orange shadow underneath.

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