

EI1024/MT1024 “Programación Concurrente y Paralela”  Nombre y apellidos (1): ..... Nombre y apellidos (2): ..... Tiempo empleado para tareas en casa en formato <i>h:mm</i> (obligatorio): .....	2025–26     Entregable para Laboratorio  la07_g
--	--

## Tema 06. *Thread Pools* e Interfaces Gráficas en Java

## Tema 08. El Problema de Coordinación en Java

Se dispone de un programa secuencial que calcula el municipio de una provincia que tiene **la mayor diferencia entre la temperatura máxima y la mínima**. En este cálculo, se considera la previsión realizada por la AEMET (Agencia Española de Meteorología) en un día determinado de la semana actual. El objetivo de esta práctica es desarrollar una versión paralela que mejore sus prestaciones.

Dado que no se conocen los códigos de municipio válidos de una provincia, se realiza una primera ejecución secuencial en la que se verifican todos los posibles códigos, guardando los códigos de pueblos válidos en el fichero “codPueblos\_XX.txt”, donde “XX” se corresponde con el código de la provincia. Posteriormente, se realiza una nueva ejecución secuencial en la que únicamente se procesan los municipios que aparecen en el fichero “codPueblos\_XX.txt”.

La creación del “codPueblos\_XX.txt” es la tarea más costosa de la aplicación, razón por la que solo se realiza en la primera ejecución. En el resto de ejecuciones, la aplicación lee los códigos del fichero. **IMPORTANTE:** Cuando el resultado de una ejecución sea el código de pueblo (−1), indica que se ha finalizado prematuramente la primera ejecución. Borra el fichero y vuelve a ejecutar el código.

Para facilitar la implementación, el método `obtenMayorDiferenciaDeFichero`, incluye la implementación de todas las versiones, recibiendo como parámetro qué versión se desea ejecutar.

El código secuencial del que se dispone es el siguiente:

```
import java.io.*;
import java.net.*;
import java.util.*;
import java.util.concurrent.*;
import java.util.concurrent.atomic.AtomicInteger;

class EjemploTemperaturaProvincia {
    public static void main(String[] args) {
        int          numHebras, codProvincia, desp;
        String        nombreFichero = "";
        long          t1, t2, tt [];
        double        ts, tp;
        PuebloMaximaMinimaSec MaxMinSec; // Objeto sin sincronizacion
        PuebloMaximaMinimaPar MaxMinPar; // Objeto con sincronizacion

        // Comprobacion y extraccion de los argumentos de entrada.
        if( args.length != 3 ) {
            System.out.println( "ERROR: numero de argumentos incorrecto." );
            System.out.println( "Uso: java programa <numHebras> <provincia> <desplazamiento> " );
            System.exit( -1 );
        }
    }
}
```

```

try {
    numHebras    = Integer.parseInt( args[ 0 ] );
    codProvincia = Integer.parseInt( args[ 1 ] );
    desp        = Integer.parseInt( args[ 2 ] );
    if( ( numHebras <= 0 ) || ( codProvincia < 1 ) || ( codProvincia > 50 ) ||
        ( desp < 0 ) || ( desp >= 7 ) ) {
        System.out.println( "Uso: java programa <numHebras> <provincia> <desplazamiento>" );
        System.err.print( "    donde ( numHebras > 0 ) , codProvincia in [ 1 , 50 ] ," );
        System.err.println( "( desplazamiento in [ 0 , 6 ]" );
        System.exit( -1 );
    }
} catch( NumberFormatException ex ) {
    numHebras    = -1;
    codProvincia = -1;
    desp        = -1;
    System.out.println( "ERROR: Numero de entrada incorrecto." );
    System.exit( -1 );
}

// Mensaje inicial
System.out.println();
System.out.println( "Obtiene el pueblo de una provincia con mayor diferencia " +
    "de temperatura." );

// Nombre del fichero de codigos
if ( codProvincia < 10 ) {
    nombreFichero = "codPueblos_0" + codProvincia + ".txt";
} else {
    nombreFichero = "codPueblos_" + codProvincia + ".txt";
}

// Seleccion del dia elegido
String fecha;
Calendar c = Calendar.getInstance();
Integer dia, mes, anyo;

c.add( Calendar.DAY_OF_MONTH, desp );
dia = c.get( Calendar.DATE );
mes = c.get( Calendar.MONTH ) + 1;
anyo = c.get( Calendar.YEAR );
fecha = String.format( "%02d", anyo ) + "-" + String.format( "%02d", mes ) + "-" +
    String.format( "%02d", dia );
System.out.println( "Fecha de busqueda: " + fecha );

//
// Implementacion secuencial sin temporizar.
//
MaxMinSec = new PuebloMaximaMinimaSec();
MaxMinPar = new PuebloMaximaMinimaPar();
File f = new File( nombreFichero );
if ( f.exists() ) {
    obtenMayorDiferenciaDeFichero ( nombreFichero, fecha, codProvincia, MaxMinSec, MaxMinPar,
        0, numHebras );
} else {
    obtenMayorDiferenciaAFichero_Secuencial ( nombreFichero, fecha, codProvincia, MaxMinSec );
}
MaxMinSec = new PuebloMaximaMinimaSec();
obtenMayorDiferenciaDeFichero ( nombreFichero, fecha, codProvincia, MaxMinSec, MaxMinPar,
    0, numHebras );
System.out.println( "    Pueblo: " + MaxMinSec.damePueblo() + " , Maxima = " +
    MaxMinSec.dameTemperaturaMaxima() + " , Minima = " +

```

```

        MaxMinSec.dameTemperaturaMinima() );

//
// Implementacion secuencial.
//
System.out.println();
t1 = System.nanoTime();
MaxMinSec = new PuebloMaximaMinimaSec();
MaxMinPar = new PuebloMaximaMinimaPar();
obtenMayorDiferenciaDeFichero (nombreFichero, fecha, codProvincia, MaxMinSec, MaxMinPar,
                                0, numHebras);

t2 = System.nanoTime();
ts = ( ( double ) ( t2 - t1 ) ) / 1.0e9;
System.out.print( "Implementacion secuencial.                " );
System.out.println( " Tiempo(s): " + ts );
System.out.println( " Pueblo: " + MaxMinSec.damePueblo() + " , Maxima = " +
                    MaxMinSec.dameTemperaturaMaxima() + " , Minima = " +
                    MaxMinSec.dameTemperaturaMinima() );
/*
//
// Implementacion paralela: Gestion Propia.
//
System.out.println();
t1 = System.nanoTime();
MaxMinSec = new PuebloMaximaMinimaSec();
MaxMinPar = new PuebloMaximaMinimaPar();
obtenMayorDiferenciaDeFichero (nombreFichero, fecha, codProvincia, MaxMinSec, MaxMinPar,
                                1, numHebras);

t2 = System.nanoTime();
tp = ( ( double ) ( t2 - t1 ) ) / 1.0e9;
System.out.print( "Implementacion paralela: Gestion Propia.    " );
// System.out.println( " Tiempo(s): " + tp + " , Incremento: " + ... );
// System.out.println( " Pueblo: " + ... + " , Maxima = " + ... + " , Minima = " + ... );
*/
//
// Implementacion paralela: Thread Pool isTerminated.
//
// ...

//
// Implementacion paralela: Thread Pool con awaitTermination.
//
// ...

//
// Implementacion paralela: Thread Pool con Future.
//
// ...

}

// -----
public static void obtenMayorDiferenciaAFichero_Secuencial (String nombreFichero,
                                                             String fecha, int codProvincia, PuebloMaximaMinimaSec MaxMin) {
    FileWriter fichero = null;
    PrintWriter pw = null;

    // Verifica todas los codigos de pueblos y escribe el fichero
    try
    {
        // Apertura del fichero y creacion de FileWriter para poder

```

```

// hacer una lectura comoda (disponer del metodo readLine()).

fichero = new FileWriter(nombreFichero);
pw = new PrintWriter(fichero);

for (int i=codProvincia*1000; i<(codProvincia+1)*1000; i++){
    if (ProcesaPueblo(fecha, i, MaxMin, false) == true) {
        pw.println(i);
    }
}
} catch (Exception e) {
    e.printStackTrace();
} finally {
    try {
        // Nuevamente aprovechamos el finally para
        // asegurarnos que se cierra el fichero.
        if (null != fichero)
            fichero.close();
    } catch (Exception e2) {
        e2.printStackTrace();
    }
}
}

// -----

public static void obtenMayorDiferenciaDeFichero (String nombreFichero, String fecha,
    int codProvincia, PuebloMaximaMinimaSec MaxMinSec,
    PuebloMaximaMinimaPar MaxMinPar, int opcion, int numHebras) {
    File fichero = null;
    FileReader fr = null;
    BufferedReader br = null;

    // Procesa el fichero
    try
    {
        // Apertura del fichero y creacion de BufferedReader para poder
        // hacer una lectura comoda (disponer del metodo readLine()).
        fichero = new File (nombreFichero);
        fr = new FileReader (fichero);
        br = new BufferedReader(fr);

        String linea;
        ExecutorService exec;
        switch (opcion) {
            case 0: // Caso secuencial
                while( ( linea = br.readLine() ) != null ) {
                    int codPueblo = Integer.parseInt(linea);
                    ProcesaPueblo(fecha, codPueblo, MaxMinSec, false);
                }
                break;
            case 1: // Gestion Propia
                // ...
                break;
            case 2: // ThreadPools con isTerminated
                // ...
                break;
            case 3: // ThreadPools con awaitTermination
                // ...
                break;
            case 4: // ThreadPools + con Future

```

```

        // ...
        break;
    default:
        break;
    }
} catch (Exception e) {
    e.printStackTrace();
} finally {
    // En el finally se cierra el fichero, para asegurar
    // que el cierre se completa tanto si todo va bien
    // como si activa una excepcion.
    try {
        if ( null != fr ) {
            fr.close();
        }
    } catch (Exception e2) {
        e2.printStackTrace();
    }
}
}

// -----
public static boolean ProcesaPueblo (String fecha, int codPueblo,
                                     PuebloMaximaMinimaSec MaxMin, boolean imprime) {

    URL          url;
    InputStream   is = null;
    BufferedReader br;
    String        line, poblacion = new String (), provincia = new String ();
    int           state, num[] = new int [2];
    boolean       res = false;

    // Procesamiento de la informacion XML asociada a codPueblo
    // Actualizacion de MaxMin de acuerdo a los valores obtenidos
    try {
        String urlStr = "https://www.aemet.es/xml/municipios/localidad_" +
                        String.format("%05d",codPueblo)+ ".xml";
        //url = new URL(urlStr);
        url = URI.create(urlStr).toURL();
        is = url.openStream(); // throws an IOException
        br = new BufferedReader(new InputStreamReader(is));
        if (imprime) System.out.println(urlStr);

        state = 0;
        while (((line = br.readLine()) != null) && (state < 6)) {
            //      System.out.println (line);
            if ((state == 0) && (line.contains ("nombre"))) {
                poblacion=line.split(">")[1].split("<")[0].split("/")[0];
                state++;
            } else if ((state == 1) && (line.contains ("provincia"))) {
                provincia=line.split(">")[1].split("<")[0].split("/")[0];
                state++;
            } else if ((state == 2) && (line.contains (fecha))) {
                state++;
            } else if ((state == 3) && (line.contains ("temperatura"))) {
                state++;
            } else if ((state > 3) && ((line.contains ("maxima")) || (line.contains ("minima")))) {
                num[state-4] = Integer.parseInt (line.split(">")[1].split("<")[0]);
                state++;
            }
        }
    }
    // System.out.println("(" + codPueblo + ") " + poblacion + "(" + provincia + ") => " +

```

```

        //      "(" + num[0] + " , " + num[1] + ")");
        if (codPueblo == 24116)
            System.out.println (poblacion + " , " + codPueblo + " , " + num[0] + " , " + num[1]);
        MaxMin.actualizaMaxMin (poblacion, codPueblo, num[0], num[1]);
        res = true;
    } catch (MalformedURLException mue) {
        mue.printStackTrace();
    } catch (IOException ioe) {
        //      ioe.printStackTrace();
    } finally {
        try {
            if (is != null) is.close();
        } catch (IOException ioe) {
            // nothing to see here
        }
    }
}
return res;
}
}

// =====
class PuebloMaximaMinimaSec {
    // =====
    String poblacion;
    int    codigo, max, min;

    // =====
    public PuebloMaximaMinimaSec() {
        poblacion = null;
        codigo    = -1;
        max       = -1;
        min       = -1;
    }

    // =====
    public void actualizaMaxMin( String poblacion, int codigo, int max, int min ) {
        if ((this.poblacion == null) || ((this.max-this.min) < (max-min)) ||
            (((this.max-this.min) == (max-min)) && (this.min > min)) ||
            (((this.max-this.min) == (max-min)) && (this.min == min) && (this.codigo < codigo))
        ) {
            this.poblacion = poblacion;
            this.codigo = codigo;
            this.max = max;
            this.min = min;
        }
    }

    // =====
    public String damePueblo() {
        return this.poblacion + "(" + this.codigo + ")";
    }

    // =====
    public int dameCodigo() {
        return this.codigo;
    }

    // =====
    public int dameTemperaturaMaxima() {
        return this.max;
    }
}

```

```

}

// =====
public int dameTemperaturaMinima() {
    return this.min;
}

// =====
class PuebloMaximaMinimaPar {
    // =====
    String poblacion;
    int    codigo, max, min;

    // =====
    public PuebloMaximaMinimaPar() {
        poblacion = null;
        codigo    = -1;
        max       = -1;
        min       = -1;
    }

    // =====
    public void actualizaMaxMin( String poblacion, int codigo, int max, int min ) {
        if ((this.poblacion == null) || ((this.max-this.min) < (max-min)) ||
            (((this.max-this.min) == (max-min)) && (this.min > min)) ||
            (((this.max-this.min) == (max-min)) && (this.min == min) && (this.codigo < codigo))
        ) {
            this.poblacion = poblacion;
            this.codigo = codigo;
            this.max = max;
            this.min = min;
        }
    }

    // =====
    public String damePueblo() {
        return this.poblacion + "(" + this.codigo + ")";
    }

    // =====
    public int dameCodigo() {
        return this.codigo;
    }

    // =====
    public int dameTemperaturaMaxima() {
        return this.max;
    }

    // =====
    public int dameTemperaturaMinima() {
        return this.min;
    }
}

```

- 1** En este apartado, debes realizar una **gestión propia de hebras**, es decir, creando y arrancando las hebras explícitamente. Su número será igual al parámetro recibido en la línea de comando.

Tanto la lectura del fichero de texto en paralelo como el acceso a la AEMET puede tener un coste muy diverso, por lo que se va a aplicar el **método del Productor-Consumidor**. El programa principal irá leyendo el fichero línea a línea, y tras cada lectura, se generará una nueva tarea que deberá ser procesada. La generación de nuevas tareas se realizará en paralelo al procesamiento de los códigos, y en paralelo a la lectura de las siguientes líneas. Es por ello que se aconseja que la **creación y arranque de las hebras se realice antes** de la lectura del fichero.

En este esquema, la hebra productora (el programa principal) **inserta las tareas en una cola bloqueante** a la que acceden las hebras consumidoras para tomar las tareas. Cuando el fichero se ha leído completamente, la hebra productora **inserta tareas envenenadas** para avisar a las hebras consumidoras.

Por su parte, una hebra consumidora **extrae tareas de la cola bloqueante** hasta que encuentra una **tarea envenenada**. Todas las tareas no envenenadas deben ser procesadas por la hebra consumidora que la haya extraído, actualizando un objeto `PuebloMaximaMinimaXxx`

Se propone que las tareas sean objetos de una clase con dos variables de instancia: `esVeneno` y `codPueblo`. En el caso de una tarea normal, la primera variable valdrá falso y la segunda contendrá el código de pueblo leído. En el caso de una tarea envenenada, la primera variable valdrá cierto y la segunda contendrá el código de pueblo `-1`. Una posible opción sería la siguiente:

```
// =====
class TareaEnColaGestionPropia {
// =====
    boolean    esVeneno ;
    int        codPueblo;

// =====
    public TareaEnColaGestionPropia ( ... ) {
// ...
    }
// ...
}
```

Si detectas que debes introducir cambios para que una clase sea *thread-safe*, aplícalos sobre la clase `PuebloMaximaMinimaPar` nunca sobre `PuebloMaximaMinimaSec`. Además, duplica el método `ProcesaPueblo` si fuese necesario.

Comprueba que el nuevo código paralelo funciona correctamente comparando sus resultados con los de la versión secuencial.

Escribe a continuación la parte de tu código que realiza tal tarea: la definición de nuevas clases, la modificación de la rutina `obtenMayorDiferenciaDeFichero`, y el código a incluir en el programa principal.

```
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
```



**ATENCIÓN:** Los ejercicios anteriores deben realizarse en casa. Los siguientes, en el aula.





- 4** Realiza una implementación paralela con un *Thread Pool* en el que se maneje la interfaz *Callable*. En esta implementación, el programa principal incorpora a un *ThreadPool*, al menos, una tarea por cada uno de los códigos de municipio leídos del fichero, y posteriormente, debe procesar el resultado obtenido en la ejecución de cada tarea del *Thread Pool*, que debe ser un objeto *PuebloMaximaMinimaXxx*.

Comprueba que el nuevo código paralelo funciona correctamente comparando sus resultados con los de la versión secuencial inicial.

Escribe a continuación la parte de tu código que realiza tal tarea: la definición de nuevas clases, la modificación de la rutina `obtenMayorDiferenciaDeFichero`, y el código a incluir en el programa principal.

- 5** Completa la siguiente tabla, seleccionando el código de provincia de Castellón (12) y eligiendo el desplazamiento para que se analice la previsión del día en el que realizáis la práctica (0).

Municipio	Temp. Máxima	Temp. Mínima

Obtén los resultados en el **ordenador del aula**, tanto con 4 como con 8 hebras. Redondea los tiempos, dejando tres decimales, y los incrementos, dejando dos decimales.

	4 hebras		8 hebras	
Implementación	Tiempo	Incremento	Tiempo	Incremento
Secuencial		—		—
Paralela con gestión propia de hebras				
Paralela con <code>newFixedThreadPool</code> y espera activa con <code>isTerminated</code>				
Paralela con <code>newFixedThreadPool</code> y espera con <code>awaitTermination</code>				
Paralela con <code>newFixedThreadPool</code> e interfaz <code>Callable</code>				

Justifica los resultados obtenidos de prestaciones.

.....

.....

.....

.....

.....

¿Qué versión de todas las paralelas ha sido la más fácil de escribir?

.....

.....

.....

.....

.....

¿Estos cálculos están limitados por la CPU, la memoria central o la E/S? ¿Por qué?

.....

.....

.....

.....

.....

- 6** Repite los cálculos en **karen**, tanto con 16 como con 32 hebras, seleccionando el código de provincia de Castellón (12) y eligiendo el desplazamiento para que se analice la previsión del día en el que realizáis la práctica (0). Para acortar el tiempo de ejecución, copia también en karen el fichero “codPueblos\_XX.txt”.

Municipio	Temp. Máxima	Temp. Mínima

Redondea los tiempos dejando sólo tres decimales y los incrementos dejando dos decimales.

	16 hebras		32 hebras	
Implementación	Tiempo	Incremento	Tiempo	Incremento
Secuencial		—		—
Paralela con gestión propia de hebras				
Paralela con <code>newFixedThreadPool</code> y espera activa con <code>isTerminated</code>				
Paralela con <code>newFixedThreadPool</code> y espera con <code>awaitTermination</code>				
Paralela con <code>newFixedThreadPool</code> e interfaz <code>Callable</code>				

Justifica los resultados obtenidos de prestaciones.

.....

.....

.....

.....

.....

¿Qué versión de todas las paralelas ha sido la más fácil de escribir?

.....

.....

.....

.....

.....

¿Estos cálculos están limitados por la CPU, la memoria central o la E/S? ¿Por qué?

.....

.....

.....

.....

.....