

# Laboratorio de Programación Avanzada - PROGRAMACIÓN FUNCIONAL

## Curso 2010-2011. Práctica 5

Publicado: 3 de Noviembre de 2010

### SUDOKU DODEKA

Dada la popularidad que ha alcanzado este juego - presente en multitud de diarios y revistas en las secciones de pasatiempos, - vamos a utilizarlo como objetivo sobre el que aplicar nuestros conocimientos de programación funcional.

2			0	6	7	4			
7			3		1	0	2		
8	1				5	9			
					A	3	4	2	
4	2		1			3			
	A	3	6		2				
				8		1	2	9	
			4			0	A		6
	0	B	1		3				
			4		0				8
		1	0		5	8			9
			8	9		3	A		0

En esta variedad – publicada por el diario británico “The Sunday Times” - el juego consiste en rellenar todas las casillas vacías del tablero con dígitos del 0 al 9 y las letras A y B y con la condición de que no haya elementos repetidos en ninguna fila, ni en ninguna columna ni en ningún rectángulo. (Rectángulos son cada una de las 12 subáreas de 3 x 4 casillas en que se divide el tablero).

Hay sudokus con diferentes grados de dificultad, lo que supone el que algunas estrategias simples, que resuelven sudokus fáciles, pueden no funcionar cuando el grado de dificultad aumenta.

Para aprender más acerca de este juego, así como para encontrar estrategias de juego factibles de ser llevadas a cabo por un programa, puede visitarse el sitio web oficial <http://www.sudoku.com/> o buscar las innumerables páginas en Internet dedicadas al sudoku.

#### 1.- Estructuras de datos utilizadas:

El primer estudio que vamos a efectuar consiste en buscar la forma de representar en CAML un tablero para jugar al Sudoku. La entrada de datos va a venir dada como una cadena de caracteres en la forma:

```
".2..06.74...7..3.1.0.2..81...5.9.....A.342.4.2.1..3.....A36.2......8.129.....4..0.A.6.0B1.3.....4.0...8A..10.5.8..9...89.3A..0.";;
```

en la que los puntos corresponden a las casillas vacías.

Téngase en cuenta que para aplicar cualquier estrategia tendremos que guardar, para cada casilla, su valor – cuando está resuelta - o los valores que son posibles, cuando no lo está.

Para ello, necesitamos definir la función **formarSudoku** en CAML que tome como argumento una cadena de caracteres similar a las de los ejemplos anteriores y devuelva un tablero de sudoku con la estructura de datos elegida.

*NOTA: No se permite el uso de estructuras de datos modificables (vectores) para la representación de un sudoku. Es necesario hacerlo mediante estructuras puramente funcionales (listas).*

#### 2.- Representación del tablero de juego:

Necesitamos definir una función que nos permita mostrar el contenido visible del tablero del sudoku con el que estemos trabajando. Esta función será útil durante el desarrollo de nuestros programas, y

también la necesitaremos para mostrar el tablero final con la solución encontrada por nuestro programa. Su funcionamiento sería como en el ejemplo siguiente, donde **tablero** es un tablero de sudoku con la representación elegida en el apartado anterior:

```
mostrar tablero;;
```

```
-----
/ 0 . B 8 / . . . . / . 6 . 5 /
/ . . . . / 0 . 2 . / . . . . /
/ 9 . . 3 / . 6 . 7 / . . . 8 /
-----
/ . . . . / . . . . / . 0 . 7 /
/ . . 4 . / A 7 8 9 / . . 5 . /
/ . 6 . . / 2 0 4 5 / . 3 . . /
-----
/ . . 2 . / 1 A 0 8 / . . 3 . /
/ . A . . / 4 2 6 B / . 5 . . /
/ 1 . 0 . / . . . . / . . . . /
-----
/ 3 . . . / B . 5 . / A . . 1 /
/ . . . . / . 1 . 0 / . . . . /
/ 5 . A . / . . . . / 6 8 . B /
-----
- : unit = ()
```

0	B	8					6	5
			0	2				
9		3		6	7			8
							0	7
		4	A	7	8	9		5
	6		2	0	4	5	3	
	2		1	A	0	8		3
	A		4	2	6	B	5	
1	0							
3			B		5	A		1
				1	0			
5	A						6	8
							B	

### 3.- Funciones para el manejo del tablero:

Para poder aplicar las distintas estrategias que permitan resolver el sudoku, necesitaremos varias funciones auxiliares de manejo del tablero. En este apartado se pide definir y mostrar el funcionamiento mediante ejemplos de todas ellas.

Entre todas las funciones auxiliares que haya que definir, se pide escribir las tres funciones siguientes (con los nombres y sintaxis que aquí se muestran):

```
elemento casilla tablero;;
```

Devuelve el valor que tiene asignado dicha casilla en el tablero.

```
posibles casilla tablero;;
```

Devuelve una lista con los valores que puede tomar dicha casilla en el tablero.

```
resuelto tablero;;
```

Devuelve cierto si el sudoku está resuelto y falso en caso contrario.

### 4.- Sudokus fáciles:

La estrategia más sencilla consiste en buscar para cada casilla del tablero los valores posibles y en el caso que solo haya uno, ese sería el valor para dicha casilla.

## 5.- Sudokus imposibles:

Obsérvese los dos valores 5 de la primera fila en este tablero:

/	0	.	B	8	/	5	.	.	.	/	.	6	.	5	/
/	.	.	.	.	/	0	.	2	.	/	.	.	.	.	/
/	9	.	.	3	/	.	6	.	7	/	.	.	.	8	/
/	.	.	.	.	/	.	.	.	.	/	.	0	.	7	/
/	.	.	4	.	/	A	7	8	9	/	.	.	5	.	/
/	.	6	.	.	/	2	0	4	5	/	.	3	.	.	/
/	.	.	2	.	/	1	A	0	8	/	.	.	3	.	/
/	.	A	.	.	/	4	2	6	B	/	.	5	.	.	/
/	1	.	0	.	/	.	.	.	.	/	.	.	.	.	/
/	3	.	.	.	/	B	.	5	.	/	A	.	.	1	/
/	.	.	.	.	/	.	1	.	0	/	.	.	.	.	/
/	5	.	A	.	/	.	.	.	.	/	6	8	.	B	/

Según las reglas del juego, está claro que es imposible de resolver. Si a nuestro programa le pasamos un sudoku imposible, debe ser capaz de detectarlo y no caer en un bucle infinito tratando de resolver algo que no tiene solución.

En estos casos, nuestro programa debe escribir un mensaje indicando la imposibilidad de resolver el sudoku planteado.

## 6.- Sudokus difíciles:

Cuando la estrategia empleada en el apartado 4 no resuelva el sudoku, buscar nuevas estrategias llegando a elegir al azar uno de los valores posibles en una casilla y deshaciendo el camino recorrido en caso de que conduzca a una vía sin salida (backtracking).

## 7.- Creación del ejecutable:

Para terminar, compilar el programa CAML y crear el fichero **sudokud.exe**. Antes de entregarlo, se recomienda probarlo con los sudokus de prueba que se muestran a continuación:

## Sudokus Dodeka con sus soluciones

		9	3		0	A		4	8	
		B	4	3	5	2				1
		2		1						
8			7	6			2	3	A	
			0		4					7
						B				
				A						
1					8		0			
	8		2	4			7	5		6
						0		8		
5					9	4	6	7	A	
	2	7		8	A		4	9		

6	1	9	3	B	0	7	A	2	4	8	5
0	A	B	4	3	5	2	8	9	6	7	1
7	5	2	8	1	6	9	4	A	0	3	B
8	B	4	7	6	1	0	2	3	5	A	9
9	6	1	0	A	4	5	3	8	2	B	7
2	3	5	A	7	8	B	9	6	1	0	4
B	4	3	9	0	A	6	5	1	7	2	8
1	7	6	5	9	2	8	B	0	3	4	A
A	8	0	2	4	3	1	7	5	B	9	6
4	9	A	1	5	7	3	0	B	8	6	2
5	0	8	B	2	9	4	6	7	A	1	3
3	2	7	6	8	B	A	1	4	9	5	0

				6				1	7	
0		7		2		1				
		9	B	7				0	4	
A			4				5			
		1	0		8		7			
	5	4				2	1	0		9
3		5	9	6				8	B	
			1			4	6	5		
		2				8				0
		8	6			0	B	7		
			9		1	2			A	
	A	2			6					

5	8	3	A	0	6	B	4	9	1	7	2
0	4	6	7	5	2	9	1	8	A	3	B
2	1	9	B	7	A	8	3	0	4	5	6
A	2	7	3	4	1	0	9	5	B	6	8
B	9	1	0	A	8	5	6	7	2	4	3
6	5	4	8	B	7	3	2	1	0	A	9
3	7	5	9	6	0	2	A	4	8	B	1
8	0	A	1	3	9	4	B	6	5	2	7
4	6	B	2	1	5	7	8	A	3	9	0
9	3	8	6	2	4	A	0	B	7	1	5
7	B	0	4	9	3	1	5	2	6	8	A
1	A	2	5	8	B	6	7	3	9	0	4

B	3				A					1
	7			5	B					2
1				4		9		5		
		2	1	7				0	9	
9				8						B
	B	3		6					8	5
0	5				8			3	2	
7					4					9
		B	3			2	A	7		
		0		A	5					4
2					7	8			6	
5				1					7	A

B	3	5	2	6	8	A	7	9	4	0	1
A	7	9	4	5	B	1	0	6	8	3	2
1	0	6	8	2	4	3	9	B	5	A	7
8	6	2	1	7	A	B	5	0	9	4	3
9	A	7	5	8	0	4	3	2	6	1	B
4	B	3	0	9	6	2	1	7	A	8	5
0	5	1	9	B	7	8	A	4	3	2	6
7	2	8	A	3	5	6	4	1	0	B	9
6	4	B	3	1	9	0	2	A	7	5	8
3	1	0	7	A	2	5	6	8	B	9	4
2	9	A	B	4	3	7	8	5	1	6	0
5	8	4	6	0	1	9	B	3	2	7	A

			0	1		6				3	B
	B		1	2				A			
5		A						7		2	
B		5		0						4	1
0				8	6	4		3			
			A						2		
		3						7			
			8		1	5	2				9
A	4						B		8		0
1		0							5		7
		B					6	8		A	
2	3				B	0	1				

8	7	2	0	1	A	6	4	5	9	3	B
3	B	6	1	2	7	9	5	0	A	8	4
5	9	A	4	B	0	8	3	6	7	1	2
B	8	5	3	0	9	2	7	A	6	4	1
0	1	9	2	8	6	4	A	3	B	7	5
7	6	4	A	3	5	B	1	9	2	0	8
9	2	3	B	6	4	0	8	7	1	5	A
6	0	7	8	A	1	5	2	4	3	B	9
A	4	1	5	9	3	7	B	2	8	6	0
1	A	0	6	4	8	3	9	B	5	2	7
4	5	B	9	7	2	1	6	8	0	A	3
2	3	8	7	5	B	A	0	1	4	9	6

## Más Sudokus Dodeka

<table><tr><td></td><td></td><td>9</td><td>8</td><td></td><td>5</td><td>4</td><td></td></tr><tr><td></td><td>A</td><td></td><td></td><td>9</td><td>4</td><td></td><td>0</td></tr><tr><td></td><td>3</td><td>1</td><td></td><td></td><td></td><td>8</td><td>9</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td>5</td><td>3</td><td>2</td><td>1</td><td>9</td></tr><tr><td>0</td><td></td><td></td><td>7</td><td></td><td></td><td></td><td>6</td></tr><tr><td>9</td><td></td><td>A</td><td></td><td>6</td><td></td><td></td><td>8</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td>8</td><td></td><td>3</td><td></td><td>B</td></tr><tr><td>3</td><td>9</td><td></td><td></td><td></td><td>0</td><td></td><td>1</td></tr><tr><td>B</td><td>4</td><td>8</td><td>6</td><td>3</td><td>A</td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td>A</td><td>0</td><td></td><td></td><td></td><td>7</td><td>5</td></tr><tr><td>7</td><td></td><td></td><td>4</td><td>5</td><td></td><td>1</td><td></td></tr><tr><td></td><td>9</td><td>6</td><td></td><td></td><td>3</td><td>4</td><td></td></tr></table>			9	8		5	4			A			9	4		0		3	1				8	9				5	3	2	1	9	0			7				6	9		A		6			8				8		3		B	3	9				0		1	B	4	8	6	3	A				A	0				7	5	7			4	5		1			9	6			3	4		<table><tr><td>8</td><td></td><td></td><td>7</td><td>3</td><td></td><td>4</td><td>A</td><td>6</td></tr><tr><td></td><td>A</td><td></td><td></td><td>0</td><td></td><td>B</td><td>5</td><td>2</td></tr><tr><td>2</td><td></td><td>5</td><td>1</td><td></td><td></td><td>3</td><td></td><td></td></tr><tr><td>2</td><td></td><td>3</td><td>A</td><td></td><td>5</td><td></td><td>4</td><td>0</td></tr><tr><td></td><td>5</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td>A</td><td></td><td>6</td><td>8</td><td>3</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td>B</td><td></td><td>4</td><td>1</td><td>0</td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>2</td><td></td></tr><tr><td></td><td>5</td><td>0</td><td>A</td><td>2</td><td></td><td>6</td><td></td><td>B</td></tr><tr><td></td><td></td><td>A</td><td></td><td></td><td>7</td><td>5</td><td>B</td><td></td></tr><tr><td></td><td>1</td><td>9</td><td>0</td><td></td><td>3</td><td></td><td>8</td><td></td></tr><tr><td>5</td><td>2</td><td>8</td><td></td><td>9</td><td>6</td><td></td><td></td><td>1</td></tr></table>	8			7	3		4	A	6		A			0		B	5	2	2		5	1			3			2		3	A		5		4	0		5									A		6	8	3							B		4	1	0									2			5	0	A	2		6		B			A			7	5	B			1	9	0		3		8		5	2	8		9	6			1												
		9	8		5	4																																																																																																																																																																																																																			
	A			9	4		0																																																																																																																																																																																																																		
	3	1				8	9																																																																																																																																																																																																																		
			5	3	2	1	9																																																																																																																																																																																																																		
0			7				6																																																																																																																																																																																																																		
9		A		6			8																																																																																																																																																																																																																		
			8		3		B																																																																																																																																																																																																																		
3	9				0		1																																																																																																																																																																																																																		
B	4	8	6	3	A																																																																																																																																																																																																																				
	A	0				7	5																																																																																																																																																																																																																		
7			4	5		1																																																																																																																																																																																																																			
	9	6			3	4																																																																																																																																																																																																																			
8			7	3		4	A	6																																																																																																																																																																																																																	
	A			0		B	5	2																																																																																																																																																																																																																	
2		5	1			3																																																																																																																																																																																																																			
2		3	A		5		4	0																																																																																																																																																																																																																	
	5																																																																																																																																																																																																																								
	A		6	8	3																																																																																																																																																																																																																				
			B		4	1	0																																																																																																																																																																																																																		
							2																																																																																																																																																																																																																		
	5	0	A	2		6		B																																																																																																																																																																																																																	
		A			7	5	B																																																																																																																																																																																																																		
	1	9	0		3		8																																																																																																																																																																																																																		
5	2	8		9	6			1																																																																																																																																																																																																																	
<table><tr><td>3</td><td></td><td></td><td>0</td><td></td><td>7</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td>6</td><td>9</td><td></td><td></td><td>7</td><td>8</td><td>2</td><td>5</td></tr><tr><td>5</td><td></td><td>0</td><td>7</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>6</td></tr><tr><td></td><td></td><td>3</td><td>A</td><td></td><td>2</td><td>5</td><td></td><td>0</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td>6</td><td>8</td><td>5</td><td></td><td>1</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>4</td><td></td><td>A</td><td></td></tr><tr><td></td><td>B</td><td></td><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>2</td><td></td><td>0</td><td>A</td><td>1</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td>1</td><td></td><td>5</td><td>4</td><td></td><td>6</td><td>7</td><td></td></tr><tr><td>B</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>9</td><td>5</td><td>7</td></tr><tr><td>7</td><td>A</td><td>5</td><td>8</td><td></td><td>3</td><td>6</td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td>3</td><td></td><td></td><td>0</td><td></td><td></td><td>8</td></tr></table>	3			0		7					6	9			7	8	2	5	5		0	7					6			3	A		2	5		0					6	8	5		1						4		A			B		3						2		0	A	1						1		5	4		6	7		B						9	5	7	7	A	5	8		3	6					3			0			8	<table><tr><td></td><td></td><td>0</td><td></td><td>2</td><td>9</td><td></td><td></td><td>3</td></tr><tr><td>6</td><td>3</td><td>A</td><td>0</td><td></td><td></td><td>2</td><td>9</td><td>4</td></tr><tr><td>5</td><td></td><td></td><td>8</td><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td>6</td></tr><tr><td>7</td><td></td><td></td><td></td><td>8</td><td></td><td></td><td></td><td>0</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td>3</td><td></td><td>A</td><td></td><td>7</td><td>6</td></tr><tr><td>A</td><td>2</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>5</td><td></td><td>9</td></tr><tr><td>8</td><td></td><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>5</td><td>0</td></tr><tr><td>A</td><td>4</td><td></td><td>7</td><td></td><td>0</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td><td>5</td><td></td><td></td><td>7</td><td></td></tr><tr><td>3</td><td></td><td></td><td>0</td><td></td><td>5</td><td></td><td>1</td><td></td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>B</td><td></td><td></td><td>8</td><td>A</td><td>9</td><td>2</td></tr><tr><td>8</td><td></td><td></td><td>B</td><td>1</td><td></td><td>6</td><td></td><td></td></tr></table>			0		2	9			3	6	3	A	0			2	9	4	5			8	3				6	7				8				0				3		A		7	6	A	2					5		9	8		3					5	0	A	4		7		0				1				5			7		3			0		5		1		0	1	B			8	A	9	2	8			B	1		6		
3			0		7																																																																																																																																																																																																																				
	6	9			7	8	2	5																																																																																																																																																																																																																	
5		0	7					6																																																																																																																																																																																																																	
		3	A		2	5		0																																																																																																																																																																																																																	
				6	8	5		1																																																																																																																																																																																																																	
					4		A																																																																																																																																																																																																																		
	B		3																																																																																																																																																																																																																						
2		0	A	1																																																																																																																																																																																																																					
	1		5	4		6	7																																																																																																																																																																																																																		
B						9	5	7																																																																																																																																																																																																																	
7	A	5	8		3	6																																																																																																																																																																																																																			
		3			0			8																																																																																																																																																																																																																	
		0		2	9			3																																																																																																																																																																																																																	
6	3	A	0			2	9	4																																																																																																																																																																																																																	
5			8	3				6																																																																																																																																																																																																																	
7				8				0																																																																																																																																																																																																																	
			3		A		7	6																																																																																																																																																																																																																	
A	2					5		9																																																																																																																																																																																																																	
8		3					5	0																																																																																																																																																																																																																	
A	4		7		0																																																																																																																																																																																																																				
1				5			7																																																																																																																																																																																																																		
3			0		5		1																																																																																																																																																																																																																		
0	1	B			8	A	9	2																																																																																																																																																																																																																	
8			B	1		6																																																																																																																																																																																																																			
<table><tr><td></td><td></td><td></td><td>7</td><td>0</td><td>3</td><td>2</td><td>4</td><td></td></tr><tr><td></td><td>7</td><td></td><td></td><td>3</td><td>B</td><td></td><td></td><td>9</td></tr><tr><td></td><td></td><td>B</td><td>9</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>0</td><td>3</td><td>9</td><td>A</td><td></td><td>6</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>8</td><td></td><td></td><td>1</td><td></td><td></td><td>7</td><td>3</td><td></td></tr><tr><td>6</td><td></td><td>A</td><td></td><td>2</td><td></td><td>9</td><td>4</td><td>5</td></tr><tr><td>B</td><td>1</td><td>0</td><td></td><td>9</td><td></td><td>A</td><td>8</td><td></td></tr><tr><td>6</td><td>8</td><td></td><td></td><td></td><td>7</td><td></td><td></td><td>0</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td>2</td><td></td><td>8</td><td>6</td><td>B</td><td>9</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>9</td><td>8</td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td>4</td><td></td><td></td><td>2</td><td>6</td><td></td><td>3</td><td></td></tr><tr><td>2</td><td>9</td><td>8</td><td></td><td>1</td><td>5</td><td></td><td></td><td></td></tr></table>				7	0	3	2	4			7			3	B			9			B	9						0	3	9	A		6				8			1			7	3		6		A		2		9	4	5	B	1	0		9		A	8		6	8				7			0				2		8	6	B	9						9	8				4			2	6		3		2	9	8		1	5				<table><tr><td></td><td>A</td><td></td><td>8</td><td>4</td><td></td><td></td><td></td><td>B</td></tr><tr><td>9</td><td>0</td><td>7</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td>4</td><td>1</td><td>9</td><td></td><td></td><td>0</td><td>A</td></tr><tr><td></td><td></td><td>6</td><td></td><td></td><td>A</td><td>7</td><td></td><td></td></tr><tr><td>8</td><td></td><td>A</td><td></td><td></td><td>1</td><td></td><td>4</td><td></td></tr><tr><td>2</td><td></td><td>4</td><td></td><td>7</td><td>5</td><td></td><td>9</td><td>8</td></tr><tr><td></td><td>6</td><td>0</td><td>1</td><td>B</td><td></td><td>8</td><td></td><td>7</td></tr><tr><td></td><td></td><td>7</td><td></td><td>6</td><td></td><td>2</td><td></td><td>4</td></tr><tr><td></td><td></td><td>8</td><td></td><td>7</td><td></td><td></td><td>1</td><td></td></tr><tr><td>1</td><td>5</td><td></td><td></td><td>8</td><td></td><td>6</td><td>7</td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>1</td><td></td><td>3</td></tr><tr><td>4</td><td></td><td></td><td></td><td>9</td><td>2</td><td></td><td>5</td><td>B</td></tr></table>		A		8	4				B	9	0	7									4	1	9			0	A			6			A	7			8		A			1		4		2		4		7	5		9	8		6	0	1	B		8		7			7		6		2		4			8		7			1		1	5			8		6	7								1		3	4				9	2		5	B
			7	0	3	2	4																																																																																																																																																																																																																		
	7			3	B			9																																																																																																																																																																																																																	
		B	9																																																																																																																																																																																																																						
0	3	9	A		6																																																																																																																																																																																																																				
8			1			7	3																																																																																																																																																																																																																		
6		A		2		9	4	5																																																																																																																																																																																																																	
B	1	0		9		A	8																																																																																																																																																																																																																		
6	8				7			0																																																																																																																																																																																																																	
			2		8	6	B	9																																																																																																																																																																																																																	
					9	8																																																																																																																																																																																																																			
	4			2	6		3																																																																																																																																																																																																																		
2	9	8		1	5																																																																																																																																																																																																																				
	A		8	4				B																																																																																																																																																																																																																	
9	0	7																																																																																																																																																																																																																							
		4	1	9			0	A																																																																																																																																																																																																																	
		6			A	7																																																																																																																																																																																																																			
8		A			1		4																																																																																																																																																																																																																		
2		4		7	5		9	8																																																																																																																																																																																																																	
	6	0	1	B		8		7																																																																																																																																																																																																																	
		7		6		2		4																																																																																																																																																																																																																	
		8		7			1																																																																																																																																																																																																																		
1	5			8		6	7																																																																																																																																																																																																																		
						1		3																																																																																																																																																																																																																	
4				9	2		5	B																																																																																																																																																																																																																	
<table><tr><td>0</td><td>B</td><td>8</td><td></td><td></td><td></td><td>6</td><td>5</td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td>0</td><td>2</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>9</td><td></td><td>3</td><td></td><td>6</td><td>7</td><td></td><td></td><td>8</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>0</td><td>7</td><td></td></tr><tr><td></td><td>4</td><td></td><td>A</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td></td><td>5</td></tr><tr><td>6</td><td></td><td></td><td>2</td><td>0</td><td>4</td><td>5</td><td>3</td><td></td></tr><tr><td></td><td>2</td><td></td><td>1</td><td>A</td><td>0</td><td>8</td><td></td><td>3</td></tr><tr><td></td><td>A</td><td></td><td>4</td><td>2</td><td>6</td><td>B</td><td>5</td><td></td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>3</td><td></td><td></td><td>B</td><td>5</td><td></td><td>A</td><td></td><td>1</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td>1</td><td>0</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>5</td><td>A</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>6</td><td>8</td><td>B</td></tr></table>	0	B	8				6	5					0	2					9		3		6	7			8							0	7			4		A	7	8	9		5	6			2	0	4	5	3			2		1	A	0	8		3		A		4	2	6	B	5		1	0								3			B	5		A		1					1	0				5	A					6	8	B	<table><tr><td></td><td>0</td><td></td><td></td><td>8</td><td></td><td>7</td><td>3</td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td>9</td><td></td><td></td><td></td><td>5</td><td>4</td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td>B</td><td>4</td><td></td><td></td><td></td><td>9</td></tr><tr><td></td><td>2</td><td>5</td><td></td><td>3</td><td>4</td><td></td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>6</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>A</td></tr><tr><td></td><td></td><td>4</td><td>5</td><td>9</td><td></td><td>6</td><td></td><td>8</td></tr><tr><td>7</td><td></td><td>0</td><td></td><td>2</td><td>B</td><td>A</td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td>A</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>7</td><td>4</td></tr><tr><td></td><td></td><td>B</td><td></td><td>1</td><td>9</td><td></td><td>8</td><td>2</td></tr><tr><td>A</td><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td>B</td><td>6</td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td>4</td><td>7</td><td></td><td></td><td>8</td><td></td><td></td></tr><tr><td>B</td><td>5</td><td></td><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td>6</td><td></td></tr></table>		0			8		7	3				9				5	4					B	4				9		2	5		3	4		1	0	0	6							A			4	5	9		6		8	7		0		2	B	A				A						7	4			B		1	9		8	2	A	3				B	6					4	7			8			B	5		3				6	
0	B	8				6	5																																																																																																																																																																																																																		
			0	2																																																																																																																																																																																																																					
9		3		6	7			8																																																																																																																																																																																																																	
						0	7																																																																																																																																																																																																																		
	4		A	7	8	9		5																																																																																																																																																																																																																	
6			2	0	4	5	3																																																																																																																																																																																																																		
	2		1	A	0	8		3																																																																																																																																																																																																																	
	A		4	2	6	B	5																																																																																																																																																																																																																		
1	0																																																																																																																																																																																																																								
3			B	5		A		1																																																																																																																																																																																																																	
				1	0																																																																																																																																																																																																																				
5	A					6	8	B																																																																																																																																																																																																																	
	0			8		7	3																																																																																																																																																																																																																		
		9				5	4																																																																																																																																																																																																																		
			B	4				9																																																																																																																																																																																																																	
	2	5		3	4		1	0																																																																																																																																																																																																																	
0	6							A																																																																																																																																																																																																																	
		4	5	9		6		8																																																																																																																																																																																																																	
7		0		2	B	A																																																																																																																																																																																																																			
	A						7	4																																																																																																																																																																																																																	
		B		1	9		8	2																																																																																																																																																																																																																	
A	3				B	6																																																																																																																																																																																																																			
		4	7			8																																																																																																																																																																																																																			
B	5		3				6																																																																																																																																																																																																																		

## Requisitos generales para la evaluación del Laboratorio de Programación Avanzada.

*Curso 2010-2011*

---

*Publicado: 3-Noviembre-2010*

1. **El examen será el día designado por la Escuela para el examen de Laboratorio de Programación Avanzada de la convocatoria correspondiente.** Constará de dos partes:
  - a. Realización in situ y con tiempo limitado, de un programa Java y de un programa CAML similares a los propuestos como ejercicios en las sesiones del laboratorio.
  - b. Entrega del disco y memoria impresa de las dos aplicaciones prácticas realizada por el estudiante durante el curso.
2. Tanto para la realización de la primera parte del examen, como para la defensa de las prácticas desarrollada, el estudiante deberá venir provisto de un ordenador personal portátil con el software necesario.
3. El mismo día del examen, el profesor citará a cada estudiante, (en esa fecha o en fechas posteriores dependiendo del número de presentados) para la presentación y defensa de las prácticas entregadas.
4. La realización de las aplicaciones a presentar como práctica será individual. Cada estudiante deberá hacer las dos prácticas que le hayan sido asignadas, de forma individualizada, en el mes de Noviembre. Las dos prácticas asignadas serán las mismas para las tres convocatorias (dos ordinarias y una extraordinaria) del curso 2010-2011 exclusivamente.
5. La aplicación Funcional deberá hacerse utilizando los lenguajes CAML o F#.
6. La aplicación Concurrente/Distribuida deberá realizarse utilizando NetBeans y tendrá una interfaz gráfica. Estará escrita en lenguaje Java, compatible con Java SE y no deberán utilizarse clases o métodos obsoletos (“deprecated”).
7. La comunicación Cliente/Servidor de los programas de la aplicación distribuida se hará mediante RMI.
8. Con el objetivo de verificar la autoría de las prácticas, el profesor solicitará al diseñador la implementación de código no recogido en el enunciado o la modificación de algún aspecto de la aplicación. El estudiante que no sepa introducir adecuadamente las modificaciones solicitadas será evaluado como SUSPENSO, independientemente del contenido y calidad de la práctica entregada.
9. La aplicación deberá presentar una interfaz gráfica de usuario, intuitiva y fácil de utilizar por los distintos usuarios de la misma.
10. Los programas fuente deberán ser fáciles de mantener por cualquier programador experto en Java. Deberán estar bien estructurados y contendrán los comentarios necesarios para un fácil seguimiento del código. El sistema debe ser robusto frente a fallos y no “abortar” por circunstancias imprevistas.
11. La falta de alguno de los elementos entregables, supone la imposibilidad de presentarse al examen.

## Entregables

### *En papel*

Cada estudiante deberá confeccionar una memoria de cada aplicación desarrollada. La documentación deberá redactarse para que pueda ser leída por un hipotético técnico informático que tuviese que evaluar la aplicación y recomendar a una empresa que la adquiriera o no. Deberá imprimirse a doble cara y no ocupar más de 40 páginas.

La memoria de Programación FUNCIONAL deberá incluir:

- **Portada** En la portada de la memoria, se incluirá:  
**Ingeniería Técnica en Informática de \_\_\_\_\_”**  
**Laboratorio de Programación Avanzada. Curso 2010/11**  
**Práctica Funcional N: \_\_\_\_\_**  
**Autor: DNI – Apellidos, Nombre**
- **Análisis de alto nivel.** Para cada uno de los apartados de que consta la práctica, se describa el análisis de alto nivel efectuado sobre el problema a resolver, todas las funciones auxiliares que se vayan definiendo y la función principal. En todos los casos, se incluirá el código CAML de cada función y el tipo resultante. De cada función se explicará su funcionamiento y además, cuando se considere conveniente - para una mejor comprensión del funcionamiento de alguna función en particular, - se incluirá algún ejemplo de la aplicación de esa función sobre algún argumento interesante.

La memoria de Programación CONCURRENTE y DISTRIBUIDA deberá incluir:

- **Portada** En la portada de la memoria, se incluirá:  
**Ingeniería Técnica en Informática de \_\_\_\_\_”**  
**Laboratorio de Programación Avanzada. Curso 2010/11**  
**Práctica Concurrente N: \_\_\_\_\_**  
**Autor: DNI – Apellidos, Nombre**
- **Análisis de alto nivel.** Una explicación general de cómo se ha desarrollado la aplicación y qué elementos principales intervienen en la misma. Para realizarlo se construye el Modelo de Objetos Conceptual o Modelo de Análisis mediante un *diagrama de clases sencillo*, identificando las clases de negocio. No se imprimirá código fuente en Java.
- **Manual de usuario.** En este apartado se explicará como interactúa un usuario con la aplicación. Es conveniente capturar las pantallas de la aplicación (se hace con las teclas Alt + Impr Pant y luego se pegan en el texto) y hacer un seguimiento de las distintas opciones.

*La calidad de la documentación – presentación, estructura, contenido – será un elemento básico en la evaluación de la práctica, representando el 30% de la calificación final.*

### *En CD o DVD*

Acompañando a la memoria del proyecto, se incluirá un CD o DVD – libre de virus y de errores –, etiquetado con los nombres de los autores y que contendrá:

- Ficheros Word, RTF o PDF, con las dos memorias impresas.
- Los ficheros .ML (con el programa CAML) y .EXE (con el ejecutable).
- El proyecto en NetBeans completo de la aplicación concurrente (guardando la carpeta del proyecto es suficiente).
- Los archivos necesarios para arrancar el sistema simulando un estado no inicial de funcionamiento, que permita comprobar que se cumplen las especificaciones formuladas.