

# Tema 18: El TAD de las tablas

## Informática (2010–11)

José A. Alonso Jiménez

Grupo de Lógica Computacional  
Departamento de Ciencias de la Computación e I.A.  
Universidad de Sevilla

## Tema 18: El TAD de las tablas

1. El tipo predefinido de las tablas (“arrays”)
  - La clase de los índices de las tablas
  - El tipo predefinido de las tablas (“arrays”)
2. Especificación del TAD de las tablas
  - Signatura del TAD de las tablas
  - Propiedades del TAD de las tablas
3. Implementaciones del TAD de las tablas
  - Las tablas como funciones
  - Las tablas como listas de asociación
  - Las tablas como matrices
4. Comprobación de las implementaciones con QuickCheck
  - Librerías auxiliares
  - Generador de tablas
  - Especificación de las propiedades de las tablas
  - Comprobación de las propiedades

## Tema 18: El TAD de las tablas

### 1. El tipo predefinido de las tablas ("arrays")

La clase de los índices de las tablas

El tipo predefinido de las tablas ("arrays")

### 2. Especificación del TAD de las tablas

### 3. Implementaciones del TAD de las tablas

### 4. Comprobación de las implementaciones con QuickCheck

## La clase de los índices de las tablas

- ▶ La clase de los índices de las tablas es `Ix`.
- ▶ `Ix` se encuentra en la librería `Data.Ix`
- ▶ Información de la clase `Ix`:

```
ghci> :info Ix
class (Ord a) => Ix a where
  range :: (a, a) -> [a]
  index :: (a, a) -> a -> Int
  inRange :: (a, a) -> a -> Bool
  rangeSize :: (a, a) -> Int
instance Ix Ordering -- Defined in GHC.Array
instance Ix Integer -- Defined in GHC.Array
instance Ix Int -- Defined in GHC.Array
instance Ix Char -- Defined in GHC.Array
instance Ix Bool -- Defined in GHC.Array
instance (Ix a, Ix b) => Ix (a, b)
```

## La clase de los índices de las tablas

- ▶ `range m n` es la lista de los índices desde `m` hasta `n`, en el orden del índice. Por ejemplo,

```

range (0,4)           ~> [0,1,2,3,4]
range (3,9)          ~> [3,4,5,6,7,8,9]
range ('b','f')      ~> "bcdef"
range ((0,0),(1,2)) ~> [(0,0),(0,1),(0,2),
                        (1,0),(1,1),(1,2)]

```

- ▶ `index (m,n) i` es el ordinal del índice `i` dentro del rango `(m,n)`. Por ejemplo,

```

index (3,9) 5           ~> 2
index ('b','f') 'e'     ~> 3
index ((0,0),(1,2)) (1,1) ~> 4

```

## La clase de los índices de las tablas

- ▶ `(inRange (m,n) i)` se verifica si el índice `i` está dentro del rango limitado por `m` y `n`. Por ejemplo,

```

inRange (0,4) 3           ~> True
inRange (0,4) 7           ~> False
inRange ((0,0), (1,2)) (1,1) ~> True
inRange ((0,0), (1,2)) (1,5) ~> False

```

- ▶ `(rangeSize (m,n))` es el número de elementos en el rango limitado por `m` y `n`. Por ejemplo,

```

rangeSize (3,9)           ~> 7
rangeSize ('b', 'f')      ~> 5
rangeSize ((0,0), (1,2)) ~> 6

```

- └ El tipo predefinido de las tablas ("arrays")
  - └ El tipo predefinido de las tablas ("arrays")

## Tema 18: El TAD de las tablas

1. El tipo predefinido de las tablas ("arrays")
  - La clase de los índices de las tablas
  - El tipo predefinido de las tablas ("arrays")
2. Especificación del TAD de las tablas
3. Implementaciones del TAD de las tablas
4. Comprobación de las implementaciones con QuickCheck

- └ El tipo predefinido de las tablas ("arrays")
  - └ El tipo predefinido de las tablas ("arrays")

## El tipo predefinido de las tablas ("arrays")

- ▶ La librería de las tablas es `Data.Array`.
- ▶ Para usar las tablas hay que escribir al principio del fichero

---

```
import Data.Array
```

---

- ▶ Al importar `Data.Array` también se importa `Data.Ix`.
- ▶ `(Array i v)` es el tipo de las tablas con índice en `i` y valores en `v`.



- └ El tipo predefinido de las tablas ("arrays")
  - └ El tipo predefinido de las tablas ("arrays")

## Creación de tablas

- ▶ `(array (m,n) ivs)` es la tabla de índices en el rango limitado por `m` y `n` definida por la lista de asociación `ivs` (cuyos elementos son pares de la forma (índice, valor)). Por ejemplo,

```
ghci> array (1,3) [(3,6),(1,2),(2,4)]
array (1,3) [(1,2),(2,4),(3,6)]
ghci> array (1,3) [(i,2*i) | i <- [1..3]]
array (1,3) [(1,2),(2,4),(3,6)]
```

- └ El tipo predefinido de las tablas ("arrays")
  - └ El tipo predefinido de las tablas ("arrays")

## Ejemplos de definiciones de tablas

- ▶ (cuadrados n) es un vector de  $n+1$  elementos tal que su elemento  $i$ -ésimo es  $i^2$ . Por ejemplo,

```
ghci> cuadrados 5
array (0,5) [(0,0),(1,1),(2,4),(3,9),(4,16),(5,25)]
```

---

```
cuadrados :: Int -> Array Int Int
cuadrados n = array (0,n) [(i,i^2) | i <- [0..n]]
```

---

- ▶ v es un vector con 4 elementos de tipo carácter. Por ejemplo,

---

```
v :: Array Integer Char
v = array (1,4) [(3,'c'),(2,'a'), (1,'f'), (4,'e')]
```

---

- └ El tipo predefinido de las tablas ("arrays")
  - └ El tipo predefinido de las tablas ("arrays")

## Ejemplos de definiciones de tablas

- $m$  es la matriz con 2 filas y 3 columnas tal que el elemento de la posición  $(i,j)$  es el producto de  $i$  por  $j$ .

---

```
m :: Array (Int, Int) Int
m = array ((1,1),(2,3)) [((i,j),i*j) | i<-[1..2],j<-[1..3]]
```

---

- Una tabla está indefinida si algún índice está fuera de rango.

```
ghci> array (1,4) [(i , i*i) | i <- [1..4]]
array (1,4) [(1,1),(2,4),(3,9),(4,16)]
ghci> array (1,4) [(i , i*i) | i <- [1..5]]
array *** Exception: Error in array index
ghci> array (1,4) [(i , i*i) | i <- [1..3]]
array (1,4) [(1,1),(2,4),(3,9),(4,***
Exception: (Array.!): undefined array element
```

- └ El tipo predefinido de las tablas ("arrays")
  - └ El tipo predefinido de las tablas ("arrays")

## Descomposición de tablas

- ▶  $(t ! i)$  es el valor del índice  $i$  en la tabla  $t$ . Por ejemplo,

```
ghci> v
array (1,4) [(1,'f'),(2,'a'),(3,'c'),(4,'e')]
ghci> v!3
'c'
ghci> m
array ((1,1),(2,3)) [((1,1),1),((1,2),2),((1,3),3),
                    ((2,1),2),((2,2),4),((2,3),6)]
ghci> m!(2,3)
6
```

- ▶  $(\text{bounds } t)$  es el rango de la tabla  $t$ . Por ejemplo,

```
bounds m ~> ((1,1),(2,3))
```

- ▶  $(\text{indices } t)$  es la lista de los índices de la tabla  $t$ . Por ejemplo,

```
indices m ~> [(1,1),(1,2),(1,3),(2,1),(2,2),(2,3)]
```

- └ El tipo predefinido de las tablas ("arrays")
  - └ El tipo predefinido de las tablas ("arrays")

## Descomposición de tablas

- ▶ `(elems t)` es la lista de los elementos de la tabla `t`. Por ejemplo,

```
| elems m  ~>  [1,2,3,2,4,6]
```

- ▶ `(assocs t)` es la lista de asociaciones de la tabla `t`. Por ejemplo,

```
| ghci> assocs m  
| [((1,1),1),((1,2),2),((1,3),3),  
|  ((2,1),2),((2,2),4),((2,3),6)]
```

└ El tipo predefinido de las tablas ("arrays")

└ El tipo predefinido de las tablas ("arrays")

## Modificación de tablas

- ▶ `(t // ivs)` es la tabla `t` asignándole a los índices de la lista de asociación `ivs` sus correspondientes valores. Por ejemplo,

```
ghci> m // [((1,1),4), ((2,2),8)]
array ((1,1),(2,3))
      [((1,1),4), ((1,2),2), ((1,3),3),
       ((2,1),2), ((2,2),8), ((2,3),6)]
ghci> m
array ((1,1),(2,3))
      [((1,1),1), ((1,2),2), ((1,3),3),
       ((2,1),2), ((2,2),4), ((2,3),6)]
```

## Definición de tabla por recursión

- (fibs n) es el vector formado por los n primeros términos de la sucesión de Fibonacci. Por ejemplo,

```
ghci> fibs 7
array (0,7) [(0,1),(1,1),(2,2),(3,3),
             (4,5),(5,8),(6,13),(7,21)]
```

---

```
fibs :: Int -> Array Int Int
fibs n = a where
    a = array (0,n)
          [(0,1),(1,1)] ++
          [(i,a!(i-1)+a!(i-2)) | i <- [2..n]]
```

---

- └ El tipo predefinido de las tablas ("arrays")
  - └ El tipo predefinido de las tablas ("arrays")

## Otras funciones de creación de tablas

- ▶ `(listArray (m,n) vs)` es la tabla cuyo rango es  $(m,n)$  y cuya lista de valores es `vs`. Por ejemplo,

```
ghci> listArray (2,5) "Roma"  
array (2,5) [(2,'R'),(3,'o'),(4,'m'),(5,'a')]  
ghci> listArray ((1,2),(2,4)) [5..12]  
array ((1,2),(2,4)) [((1,2),5),((1,3),6),((1,4),7),  
                    ((2,2),8),((2,3),9),((2,4),10)]
```



- └ El tipo predefinido de las tablas ("arrays")
  - └ El tipo predefinido de las tablas ("arrays")

## Construcción acumulativa de tablas

- ▶ `(accumArray f v (m,n) ivs)` es la tabla de rango  $(m,n)$  tal que el valor del índice  $i$  se obtiene acumulando la aplicación de la función  $f$  al valor inicial  $v$  y a los valores de la lista de asociación  $ivs$  cuyo índice es  $i$ . Por ejemplo,

```
ghci> accumArray (+) 0 (1,3) [(1,4), (2,5), (1,2)]
array (1,3) [(1,6), (2,5), (3,0)]
ghci> accumArray (*) 1 (1,3) [(1,4), (2,5), (1,2)]
array (1,3) [(1,8), (2,5), (3,1)]
```

- └ El tipo predefinido de las tablas ("arrays")
  - └ El tipo predefinido de las tablas ("arrays")

## Construcción acumulativa de tablas

- ▶ `(histograma r is)` es el vector formado contando cuantas veces aparecen los elementos del rango `r` en la lista de índices `is`.

Por ejemplo,

```
ghci> histograma (0,5) [3,1,4,1,5,4,2,7]
array (0,5) [(0,0),(1,2),(2,1),(3,1),(4,2),(5,1)]
```

---

```
histograma :: (Ix a, Num b) => (a,a) -> [a] -> Array a b
histograma r is =
  accumArray (+) 0 r [(i,1) | i <- is, inRange r i]
```

---

## Tema 18: El TAD de las tablas

1. El tipo predefinido de las tablas (“arrays”)
2. Especificación del TAD de las tablas
  - Signatura del TAD de las tablas
  - Propiedades del TAD de las tablas
3. Implementaciones del TAD de las tablas
4. Comprobación de las implementaciones con QuickCheck

## Signatura del TAD de las tablas

► Signatura:

```
tabla      :: Eq i => [(i,v)] -> Tabla i v
valor     :: Eq i => Tabla i v -> i -> v
modifica  :: Eq i => (i,v) -> Tabla i v -> Tabla i v
```

► Descripción de las operaciones:

- `(tabla ivs)` es la tabla correspondiente a la lista de asociación `ivs` (que es una lista de pares formados por los índices y los valores).
- `(valor t i)` es el valor del índice `i` en la tabla `t`.
- `(modifica (i,v) t)` es la tabla obtenida modificando en la tabla `t` el valor de `i` por `v`.

## Tema 18: El TAD de las tablas

1. El tipo predefinido de las tablas (“arrays”)
2. **Especificación del TAD de las tablas**
  - Signatura del TAD de las tablas
  - Propiedades del TAD de las tablas**
3. Implementaciones del TAD de las tablas
4. Comprobación de las implementaciones con QuickCheck

## Propiedades del TAD de las tablas

1.  $\text{modifica}(i, v') (\text{modifica}(i, v) t)$   
=  $\text{modifica}(i, v') t$
2. Si  $i \neq i'$ , entonces  
 $\text{modifica}(i', v') (\text{modifica}(i, v) t)$   
=  $\text{modifica}(i, v) (\text{modifica}(i', v') t)$
3.  $\text{valor}(\text{modifica}(i, v) t) i = v$
4. Si  $i \neq i'$ , entonces  
 $\text{valor}(\text{modifica}(i, v) (\text{modifica}(k', v') t)) i'$   
=  $\text{valor}(\text{modifica}(k', v') t) i'$

## Tema 18: El TAD de las tablas

1. El tipo predefinido de las tablas (“arrays”)
2. Especificación del TAD de las tablas
3. Implementaciones del TAD de las tablas
  - Las tablas como funciones
  - Las tablas como listas de asociación
  - Las tablas como matrices
4. Comprobación de las implementaciones con QuickCheck

## Las tablas como funciones

- ▶ Cabecera del módulo:

---

```
module TablaConFunciones
  (Tabla,
   tabla,    -- Eq i => [(i,v)] -> Tabla i v
   valor,    -- Eq i => Tabla i v -> i -> v
   modifica -- Eq i => (i,v) -> Tabla i v -> Tabla i v
  ) where
```

---

- ▶ Las tablas como funciones.

---

```
newtype Tabla i v = Tbl (i -> v)
```

---



## Las tablas como funciones

- ▶ Procedimiento de escritura.

---

```
instance Show (Tabla i v) where
  showsPrec _ _ cad = showString "<<Una tabla>>" cad
```

---

- ▶ Ejemplos de tablas:

---

```
t1 = tabla [(i,f i) | i <- [1..6] ]
  where f x | x < 3      = x
           | otherwise = 3-x
```

```
t2 = tabla [(4,89), (1,90), (2,67)]
```

---

## Las tablas como funciones

- ▶ `(valor t i)` es el valor del índice `i` en la tabla `t`. Por ejemplo,

```
valor t1 6  ~>  -3
valor t2 2  ~>  67
valor t2 5  ~>  *** Exception: fuera de rango
```

---

```
valor :: Eq i => Tabla i v -> i -> v
valor (Tbl f) i = f i
```

---

- ▶ `(modifica (i,v) t)` es la tabla obtenida modificando en la tabla `t` el valor de `i` por `v`. Por ejemplo,

```
valor (modifica (6,9) t1) 6  ~>  9
```

---

```
modifica :: Eq i => (i,v) -> Tabla i v -> Tabla i v
modifica (i,v) (Tbl f) = Tbl g
  where g j | j == i    = v
           | otherwise = f j
```

## Las tablas como funciones

- ▶ `(valor t i)` es el valor del índice `i` en la tabla `t`. Por ejemplo,

```
valor t1 6  ~>  -3
valor t2 2  ~>  67
valor t2 5  ~>  *** Exception: fuera de rango
```

---

```
valor :: Eq i => Tabla i v -> i -> v
valor (Tbl f) i = f i
```

---

- ▶ `(modifica (i,v) t)` es la tabla obtenida modificando en la tabla `t` el valor de `i` por `v`. Por ejemplo,

```
valor (modifica (6,9) t1) 6  ~>  9
```

---

```
modifica :: Eq i => (i,v) -> Tabla i v -> Tabla i v
modifica (i,v) (Tbl f) = Tbl g
  where g j | j == i    = v
           | otherwise = f j
```

## Las tablas como funciones

- ▶ `(valor t i)` es el valor del índice `i` en la tabla `t`. Por ejemplo,

```
valor t1 6  ~>  -3
valor t2 2  ~>  67
valor t2 5  ~>  *** Exception: fuera de rango
```

---

```
valor :: Eq i => Tabla i v -> i -> v
valor (Tbl f) i = f i
```

---

- ▶ `(modifica (i,v) t)` es la tabla obtenida modificando en la tabla `t` el valor de `i` por `v`. Por ejemplo,

```
valor (modifica (6,9) t1) 6  ~>  9
```

---

```
modifica :: Eq i => (i,v) -> Tabla i v -> Tabla i v
modifica (i,v) (Tbl f) = Tbl g
  where g j | j == i    = v
           | otherwise = f j
```

## Las tablas como funciones

- ▶ `(tabla ivs)` es la tabla correspondiente a la lista de asociación `ivs` (que es una lista de pares formados por los índices y los valores). Por ejemplo,

```
| ghci> tabla [(4,89), (1,90), (2,67)]  
| <<Una tabla>>
```

---

```
tabla :: Eq i => [(i,v)] -> Tabla i v
```

```
tabla ivs =
```

```
    foldr modifica
```

```
        (Tbl (\_ -> error "fuera de rango"))
```

```
    ivs
```

---

## Las tablas como funciones

- ▶ (`tabla ivs`) es la tabla correspondiente a la lista de asociación `ivs` (que es una lista de pares formados por los índices y los valores). Por ejemplo,

```
| ghci> tabla [(4,89), (1,90), (2,67)]  
| <<Una tabla>>
```

---

```
tabla :: Eq i => [(i,v)] -> Tabla i v
```

```
tabla ivs =
```

```
    foldr modifica
```

```
        (Tbl (\_ -> error "fuera de rango"))
```

```
    ivs
```

---

## Tema 18: El TAD de las tablas

1. El tipo predefinido de las tablas (“arrays”)
2. Especificación del TAD de las tablas
3. Implementaciones del TAD de las tablas
  - Las tablas como funciones
  - Las tablas como listas de asociación**
  - Las tablas como matrices
4. Comprobación de las implementaciones con QuickCheck

## Las tablas como listas de asociación

- ▶ Cabecera del módulo

---

```
module TablaConListasDeAsociacion
  (Tabla,
   tabla,    -- Eq i => [(i,v)] -> Tabla i v
   valor,    -- Eq i => Tabla i v -> i -> v
   modifica -- Eq i => (i,v) -> Tabla i v -> Tabla i v
  ) where
```

---

- ▶ Las tablas como listas de asociación.

---

```
newtype Tabla i v = Tbl [(i,v)]
  deriving Show
```

---



## Las tablas como listas de asociación

- ▶ Ejemplos de tablas

- ▶ Definición:

---

```
t1 = tabla [(i,f i) | i <- [1..6] ]  
      where f x | x < 3      = x  
              | otherwise = 3-x
```

---

```
t2 = tabla [(4,89), (1,90), (2,67)]
```

---

- ▶ Evaluación:

```
ghci> t1  
Tbl [(1,1), (2,2), (3,0), (4,-1), (5,-2), (6,-3)]
```

```
ghci> t2  
Tbl [(4,89), (1,90), (2,67)]
```

## Las tablas como listas de asociación

- ▶ `(tabla ivs)` es la tabla correspondiente a la lista de asociación `ivs` (que es una lista de pares formados por los índices y los valores). Por ejemplo,

```
| ghci> tabla [(4,89), (1,90), (2,67)]  
| Tbl [(4,89), (1,90), (2,67)]
```

---

```
tabla :: Eq i => [(i,v)] -> Tbl i v  
tabla ivs = Tbl ivs
```

---

## Las tablas como listas de asociación

- ▶ (`tabla ivs`) es la tabla correspondiente a la lista de asociación `ivs` (que es una lista de pares formados por los índices y los valores). Por ejemplo,

```
| ghci> tabla [(4,89), (1,90), (2,67)]  
| Tbl [(4,89), (1,90), (2,67)]
```

---

```
tabla :: Eq i => [(i,v)] -> Tabla i v  
tabla ivs = Tbl ivs
```

---

## Las tablas como listas de asociación

- ▶ `(valor t i)` es el valor del índice `i` en la tabla `t`. Por ejemplo,

```
valor t1 6  ~>  -3
valor t2 2  ~>  67
valor t2 5  ~>  *** Exception: fuera de rango
```

---

```
valor :: Eq i => Tabla i v -> i -> v
valor (Tbl []) i = error "fuera de rango"
valor (Tbl ((j,v):r)) i
  | i == j      = v
  | otherwise  = valor (Tbl r) i
```

---

## Las tablas como listas de asociación

- ▶ `(valor t i)` es el valor del índice `i` en la tabla `t`. Por ejemplo,

```
valor t1 6  ~>  -3
valor t2 2  ~>  67
valor t2 5  ~>  *** Exception: fuera de rango
```

---

```
valor :: Eq i => Tabla i v -> i -> v
valor (Tbl []) i = error "fuera de rango"
valor (Tbl ((j,v):r)) i
  | i == j      = v
  | otherwise  = valor (Tbl r) i
```

---

## Las tablas como listas de asociación

- `(modifica (i,x) t)` es la tabla obtenida modificando en la tabla `t` el valor de `i` por `x`. Por ejemplo,

```
valor t1 6 ~> -3
valor (modifica (6,9) t1) 6 ~> 9
```

---

```
modifica :: Eq i => (i,v) -> Tabla i v -> Tabla i v
modifica p (Tbl []) = (Tbl [p])
modifica p'@(i,_) (Tbl (p@(j,_) : r))
  | i == j      = Tbl (p':r)
  | otherwise  = Tbl (p:r')
  where Tbl r' = modifica p' (Tbl r)
```

---

## Las tablas como listas de asociación

- `(modifica (i,x) t)` es la tabla obtenida modificando en la tabla `t` el valor de `i` por `x`. Por ejemplo,

```
valor t1 6 ~> -3
valor (modifica (6,9) t1) 6 ~> 9
```

---

```
modifica :: Eq i => (i,v) -> Tabla i v -> Tabla i v
modifica p (Tbl []) = (Tbl [p])
modifica p'@(i,_) (Tbl (p@(j,_) : r))
  | i == j      = Tbl (p':r)
  | otherwise  = Tbl (p:r')
  where Tbl r' = modifica p' (Tbl r)
```

---

## Tema 18: El TAD de las tablas

1. El tipo predefinido de las tablas (“arrays”)
2. Especificación del TAD de las tablas
3. Implementaciones del TAD de las tablas
  - Las tablas como funciones
  - Las tablas como listas de asociación
  - Las tablas como matrices**
4. Comprobación de las implementaciones con QuickCheck



## Las tablas como matrices

- ▶ Cabecera del módulo:

---

```
module TablaConMatrices
  (Tabla,
   tabla,      -- Eq i => [(i,v)] -> Tabla i v
   valor,      -- Eq i => Tabla i v -> i -> v
   modifica,   -- Eq i => (i,v) -> Tabla i v -> Tabla i v
   tieneValor  -- Ix i => Tabla i v -> i -> Bool
  ) where
```

---

- ▶ Importación de la librería auxiliar:

---

```
import Data.Array
```

---

- ▶ Las tablas como matrices.

---

```
newtype Tabla i v = Tbl (Array i v) deriving (Show, Eq)
```

## Las tablas como matrices

- ▶ Ejemplos de tablas:
  - ▶ Definición:

---

```
t1 = tabla [(i,f i) | i <- [1..6] ]  
          where f x | x < 3      = x  
                  | otherwise = 3-x
```

```
t2 = tabla [(1,5),(2,4),(3,7)]
```

---

- ▶ Evaluación:

```
ghci> t1  
Tbl (array (1,6) [(1,1),(2,2),(3,0),  
                  (4,-1),(5,-2),(6,-3)])
```

```
ghci> t2  
Tbl (array (1,3) [(1,5),(2,4),(3,7)])
```

## Las tablas como matrices

- ▶ `(tabla ivs)` es la tabla correspondiente a la lista de asociación `ivs` (que es una lista de pares formados por los índices y los valores). Por ejemplo,

```
| ghci> tabla [(1,5),(3,7),(2,4)]  
| Tbl (array (1,3) [(1,5),(2,4),(3,7)])
```

---

```
tabla :: Ix i => [(i,v)] -> Tabla i v  
tabla ivs = Tbl (array (m,n) ivs)  
    where indices = [i | (i,_) <- ivs]  
          m       = minimum indices  
          n       = maximum indices
```

---

## Las tablas como matrices

- ▶ (`tabla ivs`) es la tabla correspondiente a la lista de asociación `ivs` (que es una lista de pares formados por los índices y los valores). Por ejemplo,

```
| ghci> tabla [(1,5),(3,7),(2,4)]  
| Tbl (array (1,3) [(1,5),(2,4),(3,7)])
```

---

```
tabla :: Ix i => [(i,v)] -> Tabla i v  
tabla ivs = Tbl (array (m,n) ivs)  
    where indices = [i | (i,_) <- ivs]  
          m       = minimum indices  
          n       = maximum indices
```

---

## Las tablas como matrices

- ▶ `(valor t i)` es el valor del índice `i` en la tabla `t`. Por ejemplo,

```
valor t1 6  ~>  -3
valor t2 2  ~>  67
valor t2 5  ~>  *** Exception: fuera de rango
```

---

```
valor :: Ix i => Tabla i v -> i -> v
valor (Tbl t) i = t ! i
```

---

- ▶ `(modifica (i,x) t)` es la tabla obtenida modificando en la tabla `t` el valor de `i` por `x`. Por ejemplo,

```
valor t1 6  ~>  -3
valor (modifica (6,9) t1) 6  ~>  9
```

---

```
modifica :: Ix i => (i,v) -> Tabla i v -> Tabla i v
modifica p (Tbl t) = Tbl (t // [p])
```

---

## Las tablas como matrices

- ▶ `(valor t i)` es el valor del índice `i` en la tabla `t`. Por ejemplo,

```
valor t1 6  ~>  -3
valor t2 2  ~>  67
valor t2 5  ~>  *** Exception: fuera de rango
```

---

```
valor :: Ix i => Tabla i v -> i -> v
valor (Tbl t) i = t ! i
```

---

- ▶ `(modifica (i,x) t)` es la tabla obtenida modificando en la tabla `t` el valor de `i` por `x`. Por ejemplo,

```
valor t1 6  ~>  -3
valor (modifica (6,9) t1) 6  ~>  9
```

---

```
modifica :: Ix i => (i,v) -> Tabla i v -> Tabla i v
modifica p (Tbl t) = Tbl (t // [p])
```

---

## Las tablas como matrices

- ▶ `(valor t i)` es el valor del índice `i` en la tabla `t`. Por ejemplo,

```
valor t1 6  ~>  -3
valor t2 2  ~>  67
valor t2 5  ~>  *** Exception: fuera de rango
```

---

```
valor :: Ix i => Tabla i v -> i -> v
valor (Tbl t) i = t ! i
```

---

- ▶ `(modifica (i,x) t)` es la tabla obtenida modificando en la tabla `t` el valor de `i` por `x`. Por ejemplo,

```
valor t1 6  ~>  -3
valor (modifica (6,9) t1) 6  ~>  9
```

---

```
modifica :: Ix i => (i,v) -> Tabla i v -> Tabla i v
modifica p (Tbl t) = Tbl (t // [p])
```

---

## Las tablas como matrices

- (cotas t) son las cotas de la tabla t. Por ejemplo,

```
t2           ~> Tbl (array (1,3) [(1,5), (2,4), (3,7)])
|
| cotas t2   ~> (1,3)
```

---

```
cotas :: Ix i => Tabla i v -> (i,i)
```

```
cotas (Tbl t) = bounds t
```

---

- (tieneValor t x) se verifica si x es una clave de la tabla t.  
Por ejemplo,

```
tieneValor t2 3 ~> True
tieneValor t2 4 ~> False
```

---

```
tieneValor :: Ix i => Tabla i v -> i -> Bool
```

```
tieneValor t = inRange (cotas t)
```

---



## Las tablas como matrices

- (cotas t) son las cotas de la tabla t. Por ejemplo,

```
t2           ~> Tbl (array (1,3) [(1,5), (2,4), (3,7)])
cotas t2    ~> (1,3)
```

---

```
cotas :: Ix i => Tabla i v -> (i,i)
```

```
cotas (Tbl t) = bounds t
```

---

- (tieneValor t x) se verifica si x es una clave de la tabla t.

Por ejemplo,

```
tieneValor t2 3 ~> True
tieneValor t2 4 ~> False
```

---

```
tieneValor :: Ix i => Tabla i v -> i -> Bool
```

```
tieneValor t = inRange (cotas t)
```

---

## Las tablas como matrices

- (cotas t) son las cotas de la tabla t. Por ejemplo,

```
t2           ~> Tbl (array (1,3) [(1,5), (2,4), (3,7)])
cotas t2     ~> (1,3)
```

---

```
cotas :: Ix i => Tabla i v -> (i,i)
```

```
cotas (Tbl t) = bounds t
```

---

- (tieneValor t x) se verifica si x es una clave de la tabla t.

Por ejemplo,

```
tieneValor t2 3 ~> True
tieneValor t2 4 ~> False
```

---

```
tieneValor :: Ix i => Tabla i v -> i -> Bool
```

```
tieneValor t = inRange (cotas t)
```

---

## Tema 18: El TAD de las tablas

1. El tipo predefinido de las tablas (“arrays”)
2. Especificación del TAD de las tablas
3. Implementaciones del TAD de las tablas
4. **Comprobación de las implementaciones con QuickCheck**
  - Librerías auxiliares**
  - Generador de tablas
  - Especificación de las propiedades de las tablas
  - Comprobación de las propiedades

## Comprobación de las propiedades de las tablas

- ▶ Importación de la implementación de las tablas que se desea verificar.

---

```
import TablaConListasDeAsociacion
```

---

- ▶ Importación de las librerías de comprobación.

---

```
import Test.QuickCheck
import Test.Framework
import Test.Framework.Providers.QuickCheck2
```

---

## Tema 18: El TAD de las tablas

1. El tipo predefinido de las tablas (“arrays”)
2. Especificación del TAD de las tablas
3. Implementaciones del TAD de las tablas
4. **Comprobación de las implementaciones con QuickCheck**
  - Librerías auxiliares
  - Generador de tablas**
  - Especificación de las propiedades de las tablas
  - Comprobación de las propiedades

## Generador de tablas

- `genTabla` es un generador de tablas. Por ejemplo,

```
ghci> sample genTabla
Tbl [(1,0)]
Tbl [(1,-1)]
Tbl [(1,0),(2,-1),(3,1),(4,1),(5,0)]
```

---

```
genTabla :: Gen (Tabla Int Int)
```

```
genTabla =
```

```
  do x <- arbitrary
```

```
     xs <- listOf arbitrary
```

```
     return (tabla (zip [1..] (x:xs)))
```

```
instance Arbitrary (Tabla Int Int) where
```

```
  arbitrary = genTabla
```

---

## Tema 18: El TAD de las tablas

1. El tipo predefinido de las tablas (“arrays”)
2. Especificación del TAD de las tablas
3. Implementaciones del TAD de las tablas
4. **Comprobación de las implementaciones con QuickCheck**
  - Librerías auxiliares
  - Generador de tablas
  - Especificación de las propiedades de las tablas**
  - Comprobación de las propiedades

- └ Comprobación de las implementaciones con QuickCheck
- └ Especificación de las propiedades de las tablas

## Especificación de las propiedades de las tablas

- ▶ Al modificar una tabla dos veces con la misma clave se obtiene el mismo resultado que modificarla una vez con el último valor.

---

```
prop_modifica_modifica_1 :: Int -> Int -> Int
                             -> Tabla Int Int -> Bool
prop_modifica_modifica_1 i v v' t =
  modifica (i,v') (modifica (i,v) t)
  == modifica (i,v') t
```

---



## Especificación de las propiedades de las tablas

- ▶ Al modificar una tabla dos veces con la misma clave se obtiene el mismo resultado que modificarla una vez con el último valor.

---

```
prop_modifica_modifica_1 :: Int -> Int -> Int
                           -> Tabla Int Int -> Bool

prop_modifica_modifica_1 i v v' t =
  modifica (i,v') (modifica (i,v) t)
  == modifica (i,v') t
```

---

## Especificación de las propiedades de las tablas

- ▶ Al modificar una tabla con dos pares con claves distintas no importa el orden en que se añadan los pares.

---

```
prop_modifica_modifica_2 :: Int -> Int -> Int -> Int
                           -> Tabla Int Int -> Property
prop_modifica_modifica_2 i i' v v' t =
  i /= i' ==>
  modifica (i',v') (modifica (i,v) t)
  == modifica (i,v) (modifica (i',v') t)
```

---

## Especificación de las propiedades de las tablas

- ▶ Al modificar una tabla con dos pares con claves distintas no importa el orden en que se añadan los pares.

---

```
prop_modifica_modifica_2 :: Int -> Int -> Int -> Int
                           -> Tabla Int Int -> Property
prop_modifica_modifica_2 i i' v v' t =
  i /= i' ==>
  modifica (i',v') (modifica (i,v) t)
  == modifica (i,v) (modifica (i',v') t)
```

---

## Especificación de las propiedades de las tablas

- El valor de la clave  $i$  en la tabla obtenida añadiéndole el par  $(i,v)$  a la tabla  $t$  es  $v$ .

---

```
prop_valor_modifica_1 :: Int -> Int
                        -> Tabla Int Int -> Bool

prop_valor_modifica_1 i v t =
    valor (modifica (i,v) t) i == v
```

---

## Especificación de las propiedades de las tablas

- El valor de la clave  $i$  en la tabla obtenida añadiéndole el par  $(i,v)$  a la tabla  $t$  es  $v$ .

---

```
prop_valor_modifica_1 :: Int -> Int
                        -> Tabla Int Int -> Bool
prop_valor_modifica_1 i v t =
    valor (modifica (i,v) t) i == v
```

---

- └ Comprobación de las implementaciones con QuickCheck
- └ Especificación de las propiedades de las tablas

## Especificación de las propiedades de las tablas

- ▶ Sean  $i$  e  $j$  dos claves distintas. El valor de la clave  $j$  en la tabla obtenida añadiéndole el par  $(i,v)$  a la tabla  $t'$  (que contiene la clave  $j$ ) es el valor de  $j$  en  $t'$ .

---

```
prop_valor_modifica_2 :: Int -> Int -> Int -> Int
                        -> Tabla Int Int -> Property
prop_valor_modifica_2 i v j v' t =
  i /= j ==>
  valor (modifica (i,v) t') j == valor t' j
  where t' = modifica (j,v') t
```

---

- └ Comprobación de las implementaciones con QuickCheck
- └ Especificación de las propiedades de las tablas

## Especificación de las propiedades de las tablas

- ▶ Sean  $i$  e  $j$  dos claves distintas. El valor de la clave  $j$  en la tabla obtenida añadiéndole el par  $(i,v)$  a la tabla  $t'$  (que contiene la clave  $j$ ) es el valor de  $j$  en  $t'$ .

---

```
prop_valor_modifica_2 :: Int -> Int -> Int -> Int
                        -> Tabla Int Int -> Property
prop_valor_modifica_2 i v j v' t =
  i /= j ==>
  valor (modifica (i,v) t') j == valor t' j
  where t' = modifica (j,v') t
```

---

## Tema 18: El TAD de las tablas

1. El tipo predefinido de las tablas (“arrays”)
2. Especificación del TAD de las tablas
3. Implementaciones del TAD de las tablas
4. **Comprobación de las implementaciones con QuickCheck**
  - Librerías auxiliares
  - Generador de tablas
  - Especificación de las propiedades de las tablas
  - Comprobación de las propiedades**



## Definición del procedimiento de comprobación

- ▶ `compruebaPropiedades` comprueba todas las propiedades con la plataforma de verificación. Por ejemplo,

---

```
compruebaPropiedades =  
  defaultMain  
    [testGroup "Propiedades del TAD tabla"  
      [testProperty "P1" prop_modifica_modifica_1,  
        testProperty "P2" prop_modifica_modifica_2,  
        testProperty "P3" prop_valor_modifica_1,  
        testProperty "P4" prop_valor_modifica_2]]
```

---

## Comprobación de las propiedades de las tablas

Propiedades del TAD tabla:

P1: [OK, passed 100 tests]

P2: [OK, passed 100 tests]

P3: [OK, passed 100 tests]

P4: [OK, passed 100 tests]

	Properties	Total
Passed	4	4
Failed	0	0
Total	4	4