PROGRAMACIÓN

Desarrollo de Aplicaciones Multiplataforma

Manual del módulo

UD 5 – ARRAYS

Ander Gonzalez Ortiz

5.1. INTRODUCCIÓN

Responde a una sencilla pregunta: ¿cuántos valores puede almacenar simultáneamente una variable? Según vimos en la primera unidad, la respuesta es obvia: un solo valor en cada instante. Analicemos el siguiente código:

```
edad = 6;
edad = 23;
```

La variable `edad` inicialmente almacena el valor 6 y a continuación 23. Cada nueva asignación modifica `edad`, pero, independientemente del número de asignaciones, la variable contiene tan solo un valor en cada momento. A este tipo de variables (que solo pueden almacenar un valor de forma simultánea) se les conoce como *variables escalares*.

¿Existe una forma de almacenar más de un valor simultáneamente en una variable? La respuesta es sí, mediante el uso de tablas.

5.2. VARIABLES ESCALARES VERSUS TABLAS

Una tabla es una variable que permite guardar más de un valor simultáneamente. Podemos ver una tabla como una «supervariable» que engloba a otras variables, llamadas elementos o componentes referidas con un mismo nombre, con la condición de que todas sean del mismo tipo. En la siguiente figura se representa la tabla edad que guarda los valores -años- de los asistentes a una fiesta: 85, 3, 19, 23 y 7.

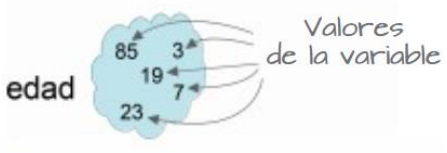


Figura 1. Representación de una tabla de varios valores.

Siempre que necesitemos manejar varios datos del mismo tipo simultáneamente, en general, se recomienda utilizar una tabla en lugar de varias variables escalares. Es mucho más cómodo trabajar con una tabla que almacena, por ejemplo, 100 valores, que hacerlo con 100 variables escalares. Cuando desconocemos cuántos datos son necesarios gestionar, no existe otra alternativa que utilizar tablas, ya que, a la hora de crearlas, el número de elementos que guardaremos en ella se puede elegir dinámicamente.

5.3. ÍNDICES

El problema es cómo distinguir entre cada uno de los elementos o componentes que constituyen una tabla. En nuestro caso, ¿cómo podemos utilizar el valor 85 o el valor 19 que se encuentran almacenados en la tabla edad? La solución consiste en asignar un número de orden a cada elemento, para así poder diferenciarlos. A este número se le llama índice. Al primer elemento se le asigna el índice 0, al segundo el índice 1 y así

sucesivamente. Al último elemento le corresponde como índice el número total de elementos menos uno.

Figura 2. Una tabla de cinco elementos enteros. El hecho de comenzar a numerar los elementos en 0 provoca que el último elemento sea 4 (la longitud de la tabla menos uno).

La forma de utilizar un elemento concreto de una tabla es por medio del nombre de la variable que identifica a la tabla junto al número -índice- entre corchetes (`[ ]`) que distingue ese elemento. Por ejemplo, para utilizar el cuarto elemento de la tabla `edad` -elemento con índice 3-, escribiremos `edad[3]`, que contiene un valor de 23.

Veamos un ejemplo de cómo mostrar y asignar un elemento:

```
System.out.println(edad[0]); //muestra el primer elemento: 85
edad[3] = 8; //asigna un nuevo valor al cuarto elemento
```

5.3.1. Índices fuera de rango

La variable `edad` es una tabla de 5 enteros y podemos utilizar cada uno de los cinco elementos que la componen de la forma: `edad [0], edad[1]... , edad[4]`.

¿Qué ocurrirá si utilizamos un índice que se encuentra fuera del rango de 0 a 4? Es decir, ¿qué efectos producen `edad[-2]` o `edad[7]`? En ambos casos obtendremos un error en tiempo de ejecución que provoca que el programa termine de forma inesperada, ya que se detecta que los elementos con los índices utilizados no existen. La mayoría de los errores al trabajar con tablas provienen de utilizar índices fuera de rango. Se recomienda prestar especial atención a esto.

5.4. CONSTRUCCIÓN DE TABLAS

En el momento de crear una tabla, deberemos tener en cuenta lo siguiente:

- Decidir qué tipo de datos vamos a almacenar y cuántos elementos necesitamos.
- Declarar una variable para la tabla.
- Crear la propia tabla.

5.4.1. Longitud y tipo

Una tabla se define mediante dos características fundamentales: su longitud y su tipo. La longitud es el número de elementos que tiene, y el tipo de una tabla es el de los datos que almacena en todos y cada uno de sus elementos. En la siguiente figura podemos ver dos

tablas: la primera compuesta por tres elementos de tipo `double` y la segunda por seis elementos de tipo `int`.

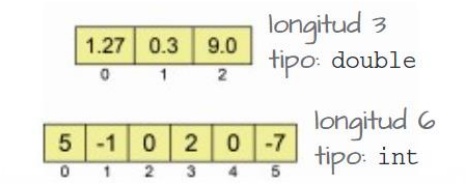


Figura 3. Tablas con distintas longitudes y tipos.

En la anterior, la primera tabla podría utilizarse para almacenar, por ejemplo, el tiempo empleado en realizar algunas pruebas, mientras que la segunda tabla podría usarse para guardar el número de puntos obtenidos en distintas partidas de un videojuego.

5.4.2. Variables de tabla

El primer paso para crear una tabla es declarar la variable utilizando corchetes ([ ]), símbolo que diferencia entre una variable escalar y una que es tabla. Es posible utilizar dos sintaxis equivalentes:

```
tipo nombreVariable[];
tipo[] nombreVariable;
```

donde `tipo` representa cualquier tipo primitivo. Veamos cómo declarar la variable `edad` como una tabla de tipo `int`:

```
int edad[];
```

o mediante la forma (ambas son equivalentes):

```
int[] edad;
```

En este punto la variable está declarada, pero no hemos construido ninguna tabla.

5.4.3. Operador new

Una vez que hemos declarado una variable, crearemos una tabla con la longitud adecuada y la asignaremos a la variable. La sintaxis es:

```
nombreVariable = new tipo[longitud];
```

Veamos cómo crear la tabla `edad`, de tipo `int` con una longitud de 5 elementos:

```
edad= new int[5];
```

El operador `new` construye una tabla donde todos los elementos se inicializan a 0, para tipos numéricos, o `false` si la tabla es booleana.

Es posible declarar la variable y crear la tabla en una única sentencia.

```
int edad[] =  new int[5];
```

Existe una alternativa para crear una tabla sin necesidad de utilizar el operador new. En la misma declaración se asignan valores a los elementos de la tabla, que se crea con la longitud necesaria para albergar todos los valores asignados. Por ejemplo:

```
int datos[] = {2, -3, O, 7 }; //tabla de longitud 4
```

Esta sentencia declara la variable datos y crea una tabla de cuatro enteros, donde cada elemento tiene asignado el valor correspondiente, equivalente a:

```
int datos[]; //declaramos la variable
datos = new int[4]; //creamos la tabla
datos[0] = 2; //asignamos valores
datos[1] = -3;
datos[2] = 0;
datos[3] = 7;
```

La creación de una tabla mediante la asignación de valores solo puede realizarse en la misma instrucción donde se declara. No se puede escribir

```
int datos[];
datos = {2, -3, O, 7} //¡Error! Solo en la declaración
```

5.5. REFERENCIAS

La siguiente instrucción:

```
edad = new int[10];
```

construye una tabla de 10 elementos de tipo int y la asigna a la variable edad. Estudiemos cómo funciona el operador new:

1. En primer lugar, calcula el tamaño físico de la tabla, es decir, el número de bytes que ocupará la tabla en la memoria. Este cálculo es sencillo y se obtiene de multiplicar la longitud de la tabla por el tamaño de su tipo. Como ejemplo vamos a calcular el tamaño físico de una tabla de longitud diez de tipo int:

   ```
   tamaño en memoria = nº elementos tabla x tamaño tipo (int) = 10 x 4
   bytes = 40 bytes
   ```

2. Conociendo el tamaño físico de la tabla, busca en la memoria un hueco libre (memoria no utilizada) con un tamaño suficiente para albergar todos los elementos de la tabla consecutivamente.
3. Reserva la memoria necesaria para almacenar la tabla y la marca como memoria ocupada, siendo este el sitio donde se almacenarán los elementos de la tabla.

4. Por último, recorre todos los elementos de la tabla inicializándolos de la siguiente manera: 0 si es una tabla numérica, false si la tabla es booleana.

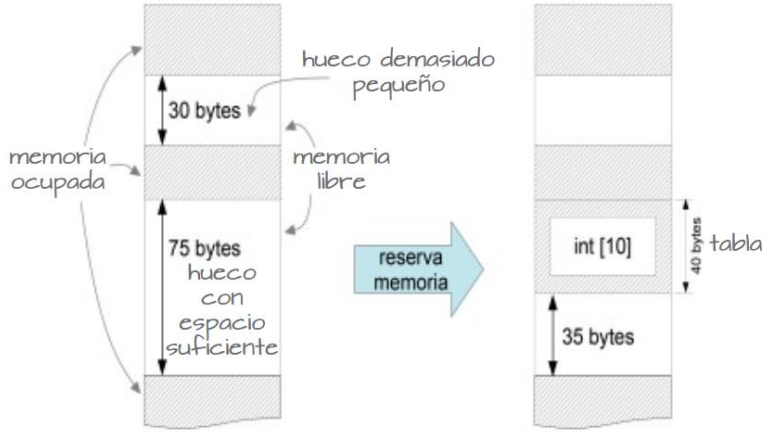


Figura 4. Reserva de memoria. Representación de la memoria antes y después de construir una tabla de 10 enteros.

En este punto hemos creado la tabla. El siguiente paso es asignarla a la variable correspondiente; para ello Java dispone de un mecanismo para indicar dónde está la tabla en la memoria. Cada posición de la memoria de un ordenador tiene una dirección única que la identifica. Así, la primera posición de memoria tiene la dirección 000; la siguiente, la dirección 001, y así sucesivamente. En Java a cada dirección de memoria se le denomina referencia.

La forma de que una variable sepa dónde está la tabla en la memoria es asignándole la referencia de la primera posición que ocupa (una tabla puede ocupar vari as posiciones consecutivas). Lo que almacenan realmente las variables de tabla son referencias. Por ese motivo se las conoce también como variables de referencia. La siguiente figura muestra la zona de la memoria reservada para la nueva tabla, que empieza en la dirección, por ejemplo, 0723. Por tanto, esa es la referencia de la tabla.

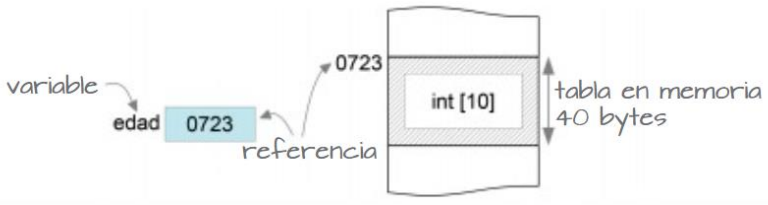


Figura 5. Asignación de una referencia a una variable. La variable edad contiene la referencia que le permite acceder a una posición de memoria y encontrar ahí la tabla con todos sus datos.

Si ejecutamos las siguientes líneas:

```
int t[] = new int[10];
System.out.println(t);
```

podríamos pensar (erróneamente) que se muestra por consola el valor de cada elemento de la tabla `t`, pero esto no es así. Lo que se muestra es la referencia que guarda la variable `t`, que suele tener una forma similar a: `1@659e0bfd`.

Las referencias se modifican en cada ejecución, dependiendo de la ocupación de la memoria. En las representaciones gráficas es mucho más intuitivo sustituir los valores de la referencia por una flecha, que tiene el mismo significado: «la variable está referenciando esta tabla». Esta representación se muestra en la siguiente figura, donde también hemos cambiado el bloque de memoria por casillas que representan los elementos de la tabla.

Figura 6. Representación de una tabla referenciada por una variable. La representación más habitual es mediante una flecha, ya que de forma gráfica se aprecia perfectamente a qué tabla referencia cada variable.

Ahora que entendemos cómo funcionan las referencias, podemos analizar el siguiente código:

```
int a[], b[], c[]; //variables
b = new int[4]; //tabla de cuatro enteros accesible mediante la variable b
c = new int[5]; //tabla de cinco enteros accesible mediante la variable e
new int(3]; //creamos una tabla cuya referencia no se asigna a ninguna
variable
```

A pesar de que la variable a está declarada, por sí sola no sirve de nada, ya que no referencia ninguna tabla, es decir, no disponemos de ningún elemento para almacenar datos. Por el contrario, las variables b y c sí son útiles, ya que referencian sendas tablas.

La última instrucción (`new int[3];`) construye una tabla con tres elementos enteros, pero la referencia que devuelve `new` no se asigna a ninguna variable, lo que convierte la tabla en inútil, ya que es inaccesible. Una vez que hemos perdido la referencia de una tabla, no existe forma alguna de recuperarla.

La siguiente figura muestra todos los casos posibles de referencias.

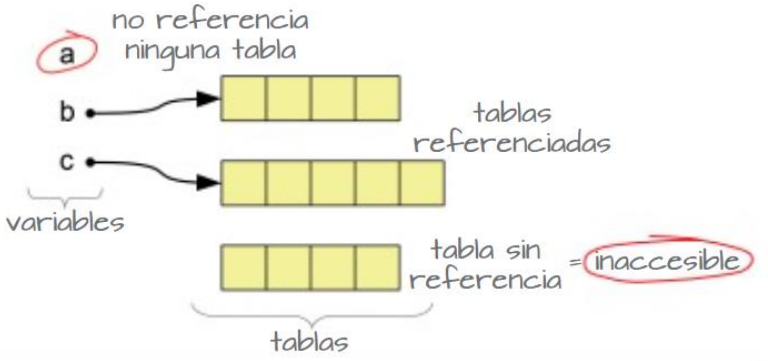


Figura 7. La tabla que no está referenciada tan solo ocupa espacio en la memoria y es completamente imposible acceder a sus datos. Java se encarga de liberar la memoria ocupada de forma inútil.

Las variables pueden verse como medios para acceder a las tablas a las que referencian. Es posible acceder a una misma tabla mediante más de una variable; para ello, la tabla debe estar referenciada por estas variables.

La siguiente figura representa el resulta do del siguiente código:

```
int d[], e[]; //variables
d = new int[6]; //construirnos una tabla referenciada por d
e = d; //ahora la variable referencia la misma tabla que d. Ambas guardan
//la misma dirección de memoria
```

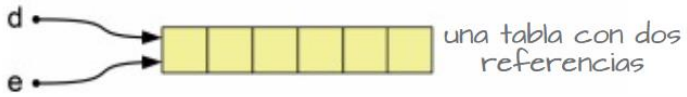


Figura 8. Tabla multirreferenciada. En programación es muy habitual utilizar más de una variable que referencien los mismos elementos. Este mecanismo es la base para compartir información entre distintas partes de un programa.

Ahora podemos acceder a los mismos datos utilizando la variable `d` o la variable `e`: utilizar `d[2]` es equivalente a utilizar `e[2]`, ya que d y e referencian la misma tabla. De todas formas, esta práctica es poco aconsejable, ya que puede producir cambios no deseados en la tabla. La única condición para que una variable pueda referenciar a una tabla es que el tipo de ambas coincidan. El siguiente código es erróneo debido a que los tipos no coinciden:

```
boolean t1[]; //variable para tablas booleanas
int t2[]; //variable para tablas enteras
t1 = new boolean[l0]; //construye y asigna una tabla de 10 booleanos
t2 = t1; //¡ERROR! Tipos incompatibles
//t2 puede referenciar tablas enteras, pero no booleanas
```

5.5.1. Recolector de basura

¿Qué ocurre cuando una tabla no está referenciada por ninguna variable? Lo primero y más obvio es que dicha tabla es inútil; no hay forma de acceder a sus elementos. Pero existe un segundo problema: la tabla está ocupando espacio en la memoria. Quizá el tamaño de unas pocas tablas inútiles en la memoria no sea significativo, pero una aplicación puede dejar, durante su ejecución, grandes cantidades de memoria ocupada inaccesible. Esto puede ocurrir por un mal diseño o de forma malintencionada.

Java soluciona el problema mediante un mecanismo muy ingenioso: periódicamente se inicia un proceso llamado recolector de basura que comprueba todas las tablas construidas. Si encuentra alguna inaccesible (sin variables que la referencie) la destruye, dejando libre el espacio que estaba ocupando en la memoria.

5.5.2. Referencia null

Hemos visto la forma de asignar a una variable la referencia de una tabla: al crearla con el operador `new` o a través de otra variable. Pero existe la forma de hacer justo lo contrario, es decir, hacer que una variable que referencia a una tabla no referencie nada. Para ello disponemos del literal `null`, que significa «vacío».

Veamos un ejemplo de cómo dejar sin referencia a una tabla:

```
int t1[], t2[]; //variables de tipo tabla entera
t1 = new int[l00]; //t1 referencia una tabla de 100 elementos
t2 = t1; //ahora t2 también referenica
la misma tabla
t1 = null; //anulamos t1: no referencia nada
//la tabla sigue siendo accesible desde t2
t2 = null; //anulamos t2: tampoco hace referencia a nada

//la tabla es inaccesible: el recolector de basura se encargará de ella
```

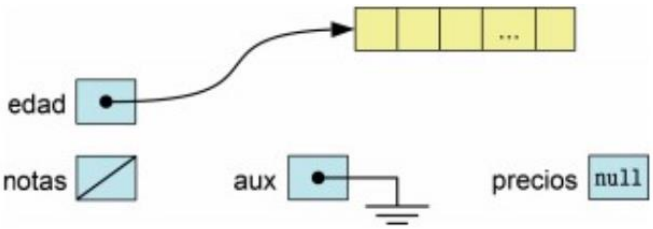


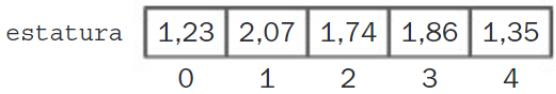
Figura 9. Mientras una referencia se suele representar con una flecha entre la variable y la tabla, es habitual encontrar la referencia vacía representada mediante una línea cruzada, una toma de tierra o incluso con la propia palabra null. Todo ello informa que la variable no está referenciando nada.

5.6. USO DE TABLAS

Existen distintas técnicas para trabajar con tablas: podemos considerar que solo algunos elementos de una tabla almacenan información útil mientras la información de otros elementos no es relevante. Otra alternativa es suponer que todos los elementos de una tabla contienen siempre información útil y es la tabla la que adapta su longitud a las

necesidades del momento. Esta segunda técnica simplifica la resolución de los problemas y permite aprovechar las herramientas que proporciona Java, lo que minimiza las implementaciones propias que tenemos que desarrollar. Por estos motivos, hemos decidido que para las soluciones de las actividades se preferirá esta técnica.

Veamos un ejemplo donde todos los elementos de una tabla contienen siempre datos útiles, sea la variable estatura que referencia una tabla con la altura de algunas personas:

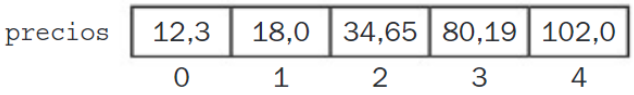


Las tablas, una vez creadas, mantienen su longitud constante y no es posible cambiar el número de elementos que contienen. Si necesitamos modificar la longitud de una tabla, lo que haremos será crear una segunda tabla con el número de elementos necesarios y copiar en ella los datos que nos interesan de la tabla original. Si la nueva tabla se referencia con la misma variable que referenciaba a la original, a efectos prácticos es como si la tabla original hubiera modificado su longitud. Por lo tanto, si deseamos modificar la longitud de `estatura`, tendremos que crear una segunda tabla que estará referenciada por la misma variable `estatura`, dando la sensación de que la longitud de la tabla ha cambiado.

Indistintamente de la opción elegida, podemos optar por mantener cierto orden entre los datos de una tabla.

5.6.1. Tablas ordenadas

En ocasiones, interesa que los datos estén ordenados siguiendo algún criterio. Un ejemplo de una tabla ordenada en sentido creciente es:



Cuando usamos tablas ordenadas, es muy importante, en el momento de insertar o eliminar un elemento, realizar la operación teniendo cuidado de que la tabla continúe ordenada.

5.6.2. Tablas + indicador

Otra técnica para usar las tablas es suponer que no todos sus elementos almacenan datos. La tabla estará subdividida en dos partes: la primera con los elementos que alma- cenan datos y la segunda con los elementos vacíos. Para ello, la tabla irá acompañada de una variable entera que funciona como indicador del número de datos que contiene la tabla, es decir, el indicador especifica cuántos elementos forman la primera parte (datos útiles) y el resto se consideran elementos vacíos.

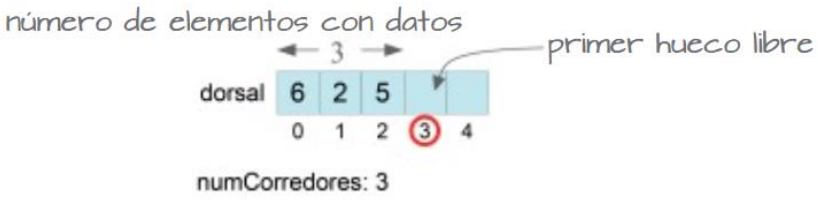


Figura 10. Tabla de longitud 5 donde solo se almacenan 3 dorsales (solo tres datos). La variable numCorredores actúa como indicador de la tabla. En caso de insertar un nuevo corredor se usaría el primer hueco (elemento)libre (con índice 3).

Con esta técnica, cada vez que se inserta o elimina un dato en la tabla no es necesario modificar su longitud; en su lugar se modifica el indicador, lo que hace que el número de elementos con datos aumente o disminuya.

Los elementos de una tabla siempre almacenan algún valor, por lo que los elementos que se consideran vacíos realmente contienen valores (denominados valores basura) que nunca tendremos en cuenta.

Aunque para esta unidad hemos optado por usar tablas en las que todos sus elementos contienen datos útiles, hemos comentado la técnica de **tabla + indicador** porque es común encontrarla en la bibliografía. Su principal ventaja es que no necesita redimensionar continuamente la tabla, pero en cambio, debemos llevar un control manual del indicador.

5.7. TABLAS COMO PARÁMETROS DE FUNCIONES

Recordemos cuál es el mecanismo de paso de parámetros al invocar una función: el valor de la variable que se utiliza en la llamada se copia al parámetro de la función (que es una variable local en la función}. Veamos un ejemplo:

```
muestra(a); //llamada a la función
void muestra (int b) { //definición de la función
```

El valor de la variable `a` se copia en el parámetro `b`. Si en el cuerpo de la función se modifica la variable `b`, se está modificando una copia, no la variable `a`.

Cuando utilizamos tablas como parámetros el mecanismo es el mismo, es decir, el valor de la variable utilizada en la llamada se copia al parámetro de la función. Pero en este caso, lo que se copia es la referencia de una tabla, con lo que se consigue que la tabla esté referenciada tanto por la variable utilizada en la llamada como por el parámetro. La modificación de un elemento de la tabla dentro de la función es visible desde la referenciada externa a la función. Esto es normal, ya que disponemos de dos referencias, pero de una única tabla donde se realizan las modificaciones.

En el ejemplo de la Figura 11, si dentro del cuerpo de la función `ejemploFuncion()` ejecutamos

```
x[2] = 10;
```

estamos cambiando también `t[2]` , ya que tanto `x` como `t` referencian la misma tabla.

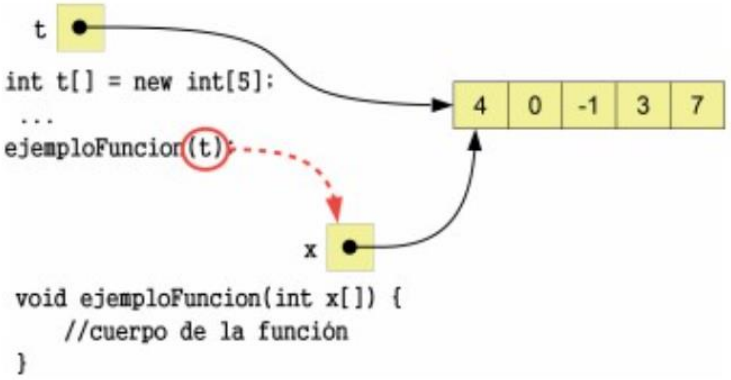


Figura 11. La variable t, que referencia a la tabla de datos, copia su referencia a la variable x (parámetro de la función). El mecanismo de paso de parámetros es siempre el mismo: el valor de la variable (sea escalar o de tipo tabla) se copia en el parámetro. De esta forma, tanto la variable t como x referencian a la misma tabla.

5.8. OPERACIONES CON TABLAS: LA CLASE ARRAYS

La API de Java proporciona herramientas que facilitan el trabajo del programador; hemos usado ya las clases `Scanner` y `Math`, entre otras. También disponemos de la clase `Arrays`, que tiene una serie de métodos estáticos para operar con tablas. Se ubica en el paquete `java.util` y tiene que ser importada para poder usarse.

```
import java.util.Arrays;
```

No existe ningún motivo por el que no podamos implementar nuestras propias operaciones para tablas, pero `Arrays` nos da la seguridad de un código eficiente, sin errores y la comodidad que supone ahorrarnos el tiempo de escribir nuestra implementación. Siempre que sea posible aprovecharemos las funcionalidades presentes en la clase `Arrays`.

Las opciones al trabajar con tablas son prácticamente infinitas, pero casi todo lo que necesitamos puede sintetizarse en las operaciones que veremos en este apartado.

5.8.1. Obtención del número de elementos de una tabla

Java proporciona un mecanismo para conocer el número de elementos (longitud) con el que se construyó una tabla.

```
nombreVariable.length
```

Por ejemplo, el código:

```
int notas[] = new int[10];
System.out.println("Longitud de la tabla notas: "+ notas.length);
```

muestra por pantalla:

```
Longitud de la tabla notas: 10
```

Averiguar la longitud de una tabla puede ser necesario cuando manipulamos, en el cuerpo de una función, una tabla pasada como parámetro. En este contexto desconocemos con qué longitud se creó.

5.8.2. Inicialización

Si deseamos inicializar con un valor distinto a los valores por defecto, tendremos que asignar a cada elemento de la tabla el valor en cuestión.

Existe un método de la clase `Arrays` que hace exactamente esto.

- `static void fill(tipo  t, tipo valor)`: que inicializa todos los elementos de la tabla t con valor. Esta función está sobrecargada, siendo posible utilizarla con cualquier tipo primitivo, representado por tipo, con la restricción de que el tipo de la tabla coincida con el tipo del valor pasado como parámetro.

Veamos cómo inicializar la tabla `sueldos` con un valor de 1234,56:

```
Arrays.fill(sueldos, 1234.56); //inicializa todos los elementos
```

Si interesa inicializar solo algunos elementos de una tabla, disponemos de:

- `static void fill(tipo t[], int desde, int hasta, tipo valor)`: asigna los elementos de la tabla `t`, comprendidos entre los índices `desde` y `hasta`, sin incluir este último, con `valor`. `tipo` representa cualquier tipo primitivo, con la restricción de que el tipo de la tabla coincida con el tipo del valor pasado como parámetro.

Como ejemplo, veamos cómo inicializar los elementos con índices del 3 al 6 (en la llamada utilizaremos 7, ya que no se incluye en el rango) de la tabla `sueldos`:

```
Arrays.fill(sueldos, 3, 7, 1234.56); //inicializa solo el rango 3..6
```

El rango de índices es el comprendido entre el 3 y el anterior al 7, es decir, del 3 al 6.

5.8.3. Recorrido

Muchas operaciones con tablas implican recorrerlas, que consiste en visitar sus elementos para procesarlos. Por procesar se entiende cualquier operación que realicemos con un elemento, como, por ejemplo, asignarle un valor, mostrarlo por consola o hacer algún tipo de cálculo con él. El recorrido de una tabla puede ser total, cuando se recorren todos sus elementos o parcial, cuando solo visitamos un subconjunto de ellos. El patrón de código para recorrer una tabla es:

```
for (int i = desde; i <= hasta; i++) {
      //proceso de t[i]
}
```

Se visitan los elementos con índices comprendidos entre `desde` y `hasta`. En el código anterior, el último elemento visitado es `t[hasta]`. Si deseamos que el último elemento visitado sea justo el anterior a `hasta`, bastará con modificar en el `for` la condición: `i<=hasta` por `i<hasta`;

Por ejemplo, si deseamos incrementar un 10% todos los elementos de la tabla `sueldos`,

```
for (int i = 0; i < sueldos.length; i++) {
      //recorremos la tabla
      sueldos[i] = sueldos[i] + 0.1 * sueldos[i]; //procesmaos
}
```

La instrucción `for` tiene una sintaxis alternativa, conocida como for-each o for extendido, que permite recorrer los elementos de una tabla.

```
for (declaración variable: tabla) {
      ...
}
```

Es necesario declarar una variable que tiene que ser del mismo tipo que la tabla. Esta variable irá tomando en cada iteración cada uno de los valores de los elementos de la tabla y el bucle se ejecutará tantas veces como elementos existan. Es importante tener en cuenta que la variable es una copia de cada elemento, y que en el caso de que se modifique, estamos modificando una copia, no el elemento de la tabla. Veamos cómo sumar todos los elementos de la tabla `sueldos`:

```
double sumaSueldos = 0;
for (double sueldo: sueldos) { //sueldo tomará todos los valores de la tabla
      sumaSueldos += sueldo;
}
```

5.8.4. Mostrar una tabla

Mostrar una tabla consiste en mostrar sus elementos. Si ejecutamos

```
int t[] = {8, 41, 37, 22, 19};
System.out.println(t); //muestra una referencia
```

no se muestra el contenido de la tabla; en su lugar se muestra la referencia que contiene `t`.

Para mostrar una tabla tendremos que realizar un recorrido en el que mostrar, uno a uno, cada elemento que la compone. Esta funcionalidad la realiza el método estático `toString()` de la clase `Arrays`, que se usa en combinación con `System.out.println()`. Veamos un ejemplo:

```
int t[] = {8, 41, 37, 22, 19};
System.out.println(Arrays.toString(t));
```

Muestra los valores de la tabla entre corchetes: [8, 41, 37, 22, 19].

Si preferimos escribir nuestra propia implementación, tendremos que recorrer la tabla y mostrar sus elementos, de la siguiente forma:

```
for (i = O; i < t.length; i++) { //recorremos toda la tabla
      System.out.println(t[i]); //mostramos cada elemento
}
```

o utilizando `for-each`:

```
for (int elemento: t) {
      System.out.println(elemento);
}
```

Evidentemente, es más cómodo utilizar `Arrays.toString()`.

5.8.5. Ordenación

Ordenar una tabla consiste en cambiar de posición los datos que contiene para que, en conjunto, resulten ordenados. La clase `Arrays` permite ordenar tablas mediante el método:

- `static void sort(tipo t[])`: ordena los elementos de la tabla t de forma creciente. El método se encuentra sobrecargado para cualquier tipo primitivo; de ahí que `tipo` pueda ser `int`, `double`, etcétera.

Veamos cómo ordenar una tabla:

```
int edad = {85, 19, 3, 23, 7}; //tabla desordenada
Arrays.sort(edad); //ordena la tabla. Ahora edad = [3, 7, 19, 23, 85]
```

5.8.6. Búsqueda

Consiste en averiguar si entre los elementos de una tabla se encuentra, y en qué posición, un valor determinado llamado e/ave de búsqueda. El algoritmo de búsqueda depende de si la tabla está o no ordenada.

Una búsqueda en una tabla ordenada siempre es más rápida que buscar en la misma tabla con sus elementos no ordenados.

Búsqueda en una tabla no ordenada

Se denomina búsqueda secuencial y consiste en un recorrido de la tabla donde se comprueban los valores de los elementos. El proceso finalizará cuando encontremos la clave de búsqueda o cuando no existan más elementos donde buscar. Dicho de otro modo, mientras no encontremos el valor buscado o el final de la tabla, hemos de continuar con la búsqueda. El siguiente algoritmo busca `claveBusqueda` en una tabla `t` no ordenada.

```
/* búsqueda secuencial */
int indiceBusqueda = 0; //índice que usamos para recorrer la tabla
while (indiceBusqueda < t.length && //no es el último elemetno
t[indiceBuqsueda] != claveBusqueda) { //y no encontrado
      indiceBusqueda++; //incrementamos el índice de búsqueda
}

if (indiceBusqueda < t.length){
      ... //claveBusqueda se encuentra en la posición indiceBusqueda
} else { //el índice se ha salido de rango
      ... //no encontrado
}
```

Cuando salimos del bucle `while` es por dos motivos: o bien hemos encontrado el elemento buscado o, por el contrario, no lo hemos encontrado y no hay más elementos donde buscar.

Búsqueda en una tabla ordenada

Aprovechamos que la posición de los valores nos proporciona información extra. Supongamos que en la tabla edad, con una longitud de 12 y ordenada de forma creciente, buscamos si alguien tiene 20 años. Y sabemos qué edad[5] es 16. Sin necesidad de conocer más valores de la tabla, deducimos que:

- Los valores de `edad[0]`, ... `edad[4]` serán menores o iguales que 16, y aquí es imposible encontrar el 20.
- edad[5] vale 16.
- En caso de encontrarse, el valor 20 estará a partir de edad[6].

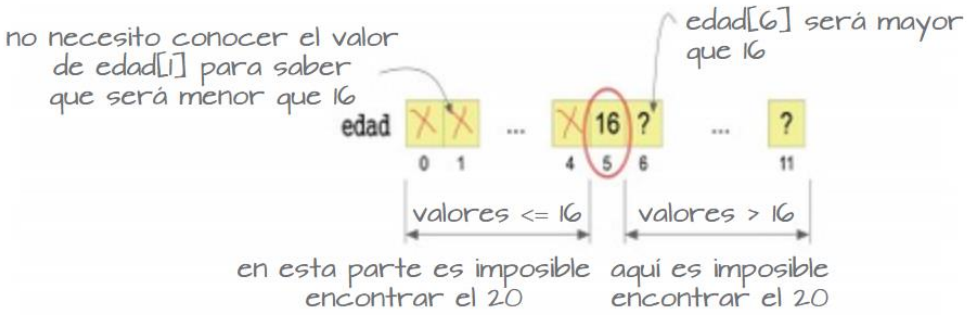


Figura 12. Búsqueda dicotómica. El elemento central de una tabla proporciona información extra de dónde buscar.

En nuestro ejemplo (Figura 12) podemos descartar la primera mitad de la tabla, ya que, al estar ordenada, es imposible encontrar el valor 20. En caso de existir, estará en la segunda mitad. Este algoritmo se repetirá sucesivas veces, siempre en la mitad donde sea posible encontrar el valor. Este comportamiento hace que sea la forma más eficiente de buscar.

Esta propiedad de las tablas ordenadas se aprovecha en el algoritmo de **búsqueda dicotómica** (también llamado búsqueda binaria), que comprueba si la clave de búsqueda se encuentra en el elemento central de la tabla. Con esta información sabe si debe seguir buscando en la primera o en la segunda mitad de la tabla. El proceso se repite con la mitad, donde es posible encontrar la clave de búsqueda, que se subdivide de nuevo en dos

partes. El algoritmo continúa hasta encontrar la clave de búsqueda o hasta que no existan más elementos donde buscar.

Podemos escribir nuestro propio algoritmo de búsqueda dicotómica, pero no es necesario, ya que se encuentra implementada en la clase `Arrays`.

- `public static int binarySearch(tipo t[], tipo claveBusqueda):` busca de forma dicotómica en la tabla t (que supone ordenada) el elemento con valor `claveBusqueda`. Devuelve el índice donde se encuentra la primera ocurrencia del elemento buscado o un valor negativo en caso contrario.

Veamos un ejemplo: deseamos buscar en la tabla ordenada `precios`, si existe y en qué posición está algún producto de 19,95 euros.

```
int pos = Arrays.binarySearch(precios, 19.95);
if (pos >= 0) {
      System.out.println("Encontrado en el índice: " + pos);
} else {
      System.out.println("Lo sentimos, no se ha encontrado.");
}
```

Cuando el elemento que buscar no se encuentra, el valor negativo devuelto tiene un significado especial: informa de la posición donde tendría que colocarse el elemento buscado para que la tabla continúe ordenada. El índice de inserción se calcula:

```
indiceInsercion = -pos - 1;
```

siendo pos el valor negativo devuelto por binarySearch(). Veamos un ejemplo:

```
int a[] = {2, 4, 5, 6, 9};
int pos= Arrays.binarySearch(a, 3); //pos vale -2
int indiceInsercion = -pos - 1; //vale 1
```

Es decir, si insertamos el valor buscado (3) en la tabla, debemos hacerlo en el índice 1 para que la tabla continúe ordenada.

El método anterior realiza la búsqueda en toda la tabla, pero si solo interesa buscar en un subconjunto de elementos, disponemos de:

- `public static int binarySearch(tipot[], int desde, int hasta, tipo claveBusqueda)`: solo busca en los elementos comprendidos entre los índices desde y hasta, sin incluir en la búsqueda este último.

5.8.7. Copia

El procedimiento para realizar manualmente la copia exacta de una tabla consiste en:

1. Crear una nueva tabla, que llamaremos `destino` o `copia`, del mismo tipo y longitud que la tabla original.
2. Recorrer la tabla original, copiando el valor de cada elemento en su lugar correspondiente en la tabla destino.

Sin embargo, `Arrays` proporciona esta funcionalidad mediante:

- `public static tipo[] copyOf (tipo origen[], int longitud)`: construye y devuelve una copia de `origen` con la longitud especificada. Si la longitud de la nueva tabla es menor que la de la original, solo se copian los elementos que caben. En caso contrario, los elementos extras se inicializan por defecto. Este método, como la mayoría de los métodos de `Arrays`, está sobrecargado para poder trabajar con todos los tipos.

Veamos un ejemplo:

```
int t[] = {1, 2, 1, 6, 23}; //tabla origen
int a[], b[]; // tablas destino
a = Arrays.copyOf(t, 3); //a= [1, 2, 1]
b = Arrays.copyOf(t, 10); //b = [1, 2, 1, 6, 23, 0, 0, 0, 0, 0]
```

Existe otro método que también realiza una copia de una tabla, pero en este caso de un rango de elementos:

- `public static tipo[] copyOfRange(tipo origen[], int desde, int hasta)`: crea y devuelve una tabla donde se han copiado los elementos de origen comprendidos entre los índices desde y hasta, sin incluir este último.

Un ejemplo:

```
int t[] = {7, 5, 3, 1, 0, -2};
int a[] = Arrays.copyOfRange(t, 1, 4); //a = [5, 3, 1]
```

que realiza una copia desde los índices 1 al 3 (el anterior al 4).

Otro método disponible es `arrayCopy()` de la clase `System`, que copia elementos consecutivos entre dos tablas. La diferencia entre `arrayCopy` () y `copyOfRange()` es que el primero no crea ninguna tabla, ambas tablas deben estar creadas previamente. Su sintaxis es:

- `public void arraycopy(Object tablaOrigen, int posOrigen, Object tablaDestino, int posDestino, int longitud)`: copia en la `tablaDestino`, a paritr del índice `posDestino`, los datos de la `tablaOrigen`, comenzando en el índice `posOrigen`. El parámetro `longitud` especifica el número de elementos que se copiarán entre ambas tablas.

Hay que tener precaución, ya que los valores de los elementos afectados por la copia de la tabla destino se perderán. Véase la Figura 13.

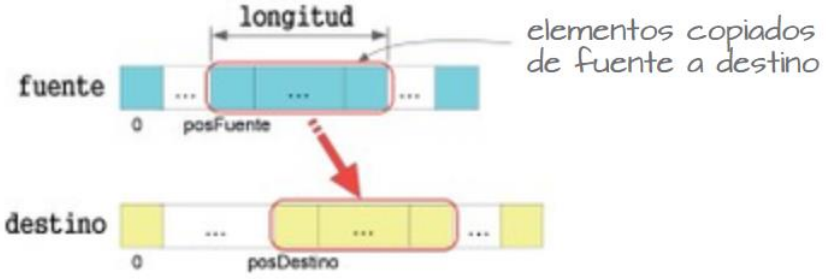


Figura 13. Proceso de copia que realiza copyarray(). Los elementos copiados pueden moverse desde su posición en la tabla fuente (u origen) a cualquier otra posición en la tabla destino. Ambas tablas

pueden ser de distinta longitud, aunque siempre hay que estar seguro de que no copiaremos en elementos fuera de rango, lo que produciría un error.

5.8.8. Inserción

La forma de añadir un nuevo valor a una tabla depende de si está o no ordenada. Si el orden no importa, basta con incrementar la longitud de la tabla e insertar el nuevo dato en el último elemento. Y cuando la tabla está ordenada, hemos de inserta r el nuevo dato de forma que todos los valores sigan ordenados.

Inserción no ordenada

Veamos el algoritmo para insertar el valor `nuevo`, en un elemento que añadimos al final de la tabla `t`. Hay que destacar que la longitud de la tabla no se modifica; lo que realmente ocurre es que se crea una segunda tabla (copia de la tabla original) en la que hemos aumentado la longitud en uno. La nueva tabla se referencia con la misma variable t, dan do la sensación de que la hemos modificado. La tabla original, al quedar sin referencia, queda a merced del recolector de basura. La Figura 14 representa lo que ocurre en el siguiente código:

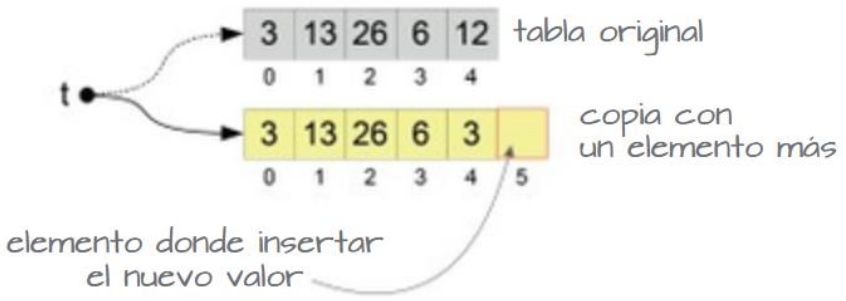


Figura 14. Inicialmente la tabla original estaba referenciada por t. Tras ejecutar Arrays.copyof(), t se modifica y pasa a referenciar a la nueva tabla, que es una copia con una longitud incrementada en uno. Ahora disponemos de un nuevo elemento para añadir un dato más.

Inserción ordenada

La inserción ordenada consiste en añadir un nuevo elemento en la tabla en la posición adecuada para que la tabla continúe ordenada. Primeramente, buscaremos el lugar que le correspondería al nuevo valor en la tabla; a este índice le llamaremos `indiceInserción`. A continuación, crearemos una nueva tabla, que llamaremos copia, con un elemento extra.

Ahora hemos de copiar los elementos de la tabla `original` a la tabla `copia`, teniendo la precaución de no utilizar el elemento situado en `indiceInsercion`, que es un hueco que está reservado para el nuevo valor. Es decir, todos los elementos cuyos índices son anteriores a `indiceInsercion` se copian en la misma posición, y los posteriores, se copian desplazados un elemento hacia el final de la tabla. Con esto conseguimos que, tras insertar el nuevo valor en el elemento marcado por `indiceInsercion`, la tabla se mantenga ordenada (véase la Figura 15).

Finalmente, la copia será referenciada por la misma variable que referenciaba la tabla original, dando la sensación de que la tabla ha crecido. Veamos un ejemplo:

```
int t[] = {1, 2, 3, 4, 6, 7, 8};
int nuevo = 5;
int indiceInsercion =  Arrays.binarySearch(t, nuevo);
//si indiceInsercion >= 0, el nuevo elemento (que está repetido) se inserta en
//el lugar en que ya estaba, desplazando al original. Si por el contrario:
if (indiceInsercion < 0) { //si no lo encuentra
       //calcula donde debería estar
       indiceInsercion =   -indiceInsercion - 1;
}

int copia[] =  new int[t.length + 1]; //nueva tabla con longitud+1
//copiamos los elementos antes del "hueco"
System.arraycopy(t, 0, copia, 0, indiceInsercion);
//copiamos desplazados los elementos tras el "hueco"
System.arraycopy(t,indiceInsercion, copia, indiceInsercion+1 , t.length -
indiceInsercion);
copia[indiceInsercion] = nuevo; //asignamos el nuevo elemento
t =  copia; //t referencia la nueva tabla
System.out.println(Arrays.toString(t)); //mostramos
```

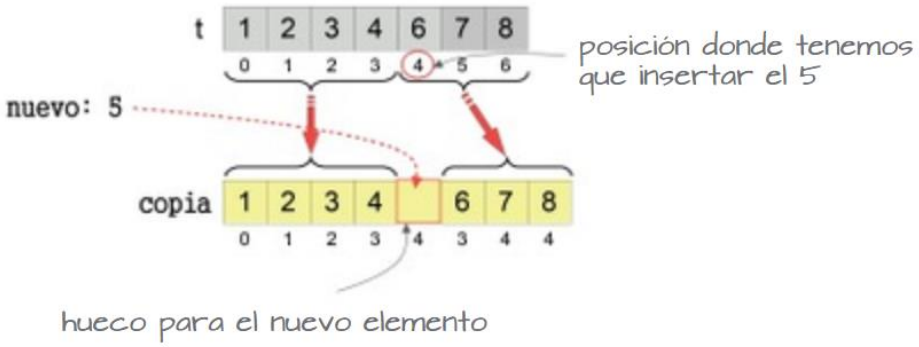


Figura 15. Momento en el que hemos creado el hueco para el nuevo elemento y hemos copiado los datos. Solo queda insertar el nuevo elemento (5) en el hueco y referencia, la tabla copia con t, dando la sensación de que la tabla ha incrementado su longitud. Es importante que, tras todas las operaciones, la tabla t continúe estando ordenada.

5.8.9. Eliminación

Esta operación consiste en borrar un elemento de la tabla, por lo que después de una eliminación la longitud de la tabla decrece. Antes de eliminar un elemento de una tabla, siempre tendremos que buscarlo para conocer en qué índice se encuentra. Una vez localizado, la operación dependerá del tipo de tabla con la que estemos trabajando.

Tabla no ordenada

Para eliminar un elemento en una tabla, después de buscarlo, lo sustituimos por el último dato de la tabla (que ahora estará repetido). A continuación, creamos una copia de la tabla con los mismos datos, pero disminuyendo su longitud, lo que provoca que perdamos el último elemento, que es el que estaba repetido.

Veamos el algoritmo donde `t[]` es la tabla con los datos e `indiceBorrado` contendrá, si existe, el índice del elemento que deseamos eliminar, que se almacena en la variable `aBorrar`:

```
... //algoritmo de búsqueda, que devuelve el índice del elemento a borrar si
    //existe, o - 1 si no existe.
if (indiceBorrado != -1) { //encontrado
    t[indiceBorrado] = t[t.length - 1]; //copia el último en indiceBorrado
    t = Arrays.copyfO(t,t.length - 1); //disminiumos la longitud de t
    System.out.println(Arrays.toString(t));//mostramos
} else {
... //no podemos borrar nada, ya que no lo hemos encontrado
```

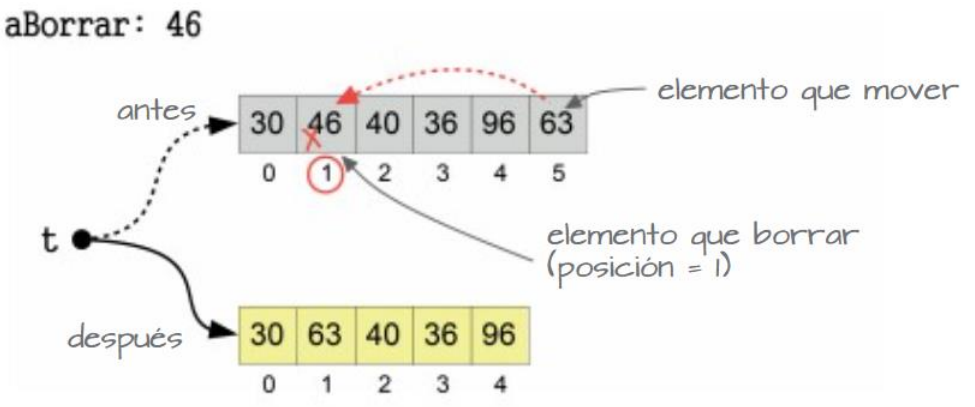


Figura 16. Todas las operaciones de eliminación comienzan localizando el elemento que se va a borrar. Después se han de recolocar el resto de elementos para que produzcan el efecto de que el elemento en cuestión ha desaparecido. Finalmente, redimensionamos a una taba más pequeña.

Tablas ordenadas

El primer paso es buscar el elemento que se va a borrar (variable `aBorrar`). Al estar la tabla ordenada podemos utilizar la búsqueda dicotómica. Este algoritmo busca el índice (variable `indiceBorrado`) que utilizaremos para determinar el elemento que eliminar. En tablas ordenadas, al eliminar un elemento tenemos que seguir manteniendo los demás valores contiguos y en el mismo orden. Para ello, tenemos que desplazar los valores que siguen a `indiceBorrado` una posición hacia el principio. Con esta técnica sobrescribimos el valor que borrar y obtenemos un hueco libre al final de la tabla, que desaparecerá al disminuir su longitud.

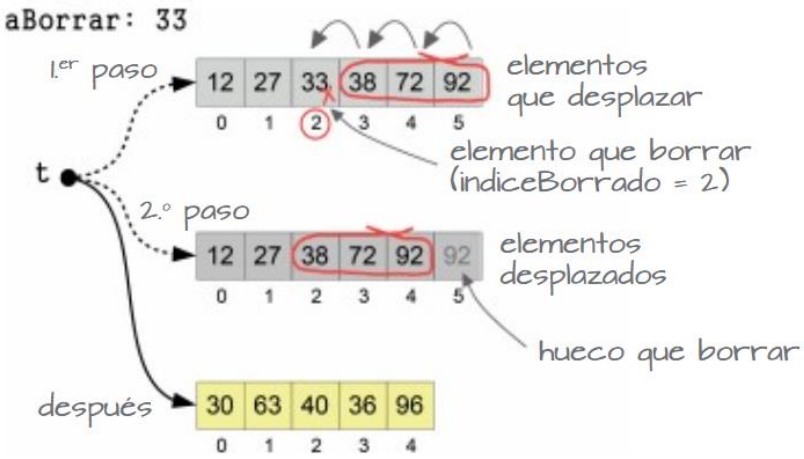


Figura 17. El borrado en una tabla ordenada implica un primer paso donde se localiza el elemento que borrar, un segundo paso donde se desplazan los elementos a la derecha del elemento que nos interesa y, finalmente, el redimensionado de la tabla.

Veamos a modo de ejemplo cómo eliminar un elemento que se solicita por teclado:

```
int t[] = {12, 27, 33, 38, 72, 92};
int aBorrar = new Scanner(Syste.min).nextint();
//usamos el algoritmo de búsqueda dicotómica
int indiceBorrado = Arrays.binarySearch(t, aBorrar);
if (indiceBorrar >=   0) {
    //desplazamos los elementos posteriores a indiceBorrado
   System.arraycopy(t, indiceBorrado +   1,
                    t, indiceBorrado, t.length - indiceBorrado - 1);
   t = Arrays.copyOf(t, t.length - 1); //disminuimos la longitud
   System.out.println(nArrays.toString(t)); //mostramos
} else {
   ... //no podemos borrarnada, ya que no lo hemos encontrado
}
```

5.8.10. Comparación de dos tablas

El contenido de dos tablas no se puede comparar mediante el operador ==, ya que este operador no compara los elementos de las tablas, sino sus referencias. Por ejemplo:

```
int t1[] = {7, 9, 20};
int t2[] = {7, 9, 20}; // t1 y t2 tienen los mismos elementos
System.out.println(t1 == t2); //sin embargo muestra false
```

ya que `t1` y `t2` tienen los mismos elementos, pero distintas referencias (están ubicadas en distintas zonas de la memoria).

Dos tablas se consideran iguales si contienen los mismos elementos en el mismo orden. Para comparar dos tablas disponemos del método de `Arrays`.

- `static boolean equals (tipo a[], tipo b[])` : compara las tablas a y b, elemento a elemento. En el caso de que sean iguales devuelve true, y en caso contrario, false.

Veamos cómo comparar las dos tablas anteriores:

```
System.out.println(Arrays.equals(t1, t2)); //muestra true
```

5.9. Tablas n-dimensionales

Hasta el momento las tablas que hemos utilizado han sido unidimensionales: solo tiene longitud; dicho de otra forma, los elementos solo se extienden a lo largo de un eje (el eje X), basta con un índice para recorrerlas.

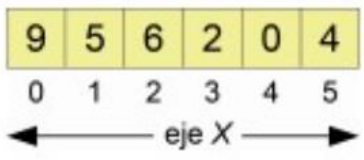


Figura 18. El eje X, o eje de abscisa, es el eje horizontal. Hay que entender que esto es una representación, y lo habitual es que nos figuremos que las tablas unidimensionales se expanden horizontalmente.

Pero puede ocurrir que nuestros datos se refieran a entidades que se caracterizan por más de una propiedad, de las cuales alguna o algunas sirven para identificarlo. En este caso, no nos basta con un solo índice para describirlas.

5.9.1 Tablas bidimensionales

Podemos ampliar el concepto de tabla haciendo que los elementos se extiendan en dos dimensiones, utilizando los ejes X e Y. Ahora la tabla posee longitud y anchura. Para identificar cada elemento de una tabla unidimensional hemos utilizado un índice; para las tablas bidimensionales, compuestas por filas y columnas, se necesita un par de índices [x][y]. Una tabla bidimensional recibe el nombre de matriz, aunque a diferencia de las matemáticas, en Java se numera n comenzando por 0.

La declaración de una tabla bidimensional se hace de la forma:

```
tipo nombreTabla[][];
```

A continuación, creamos la tabla, indicando la longitud de cada dimensión. Veamos cómo crear la tabla `datos` correspondiente a la Figura 19:

```
int datos[][];
datos = new int[5][5];
```

y con ello, estamos reservando espacio en la memoria para (5 x 5) 25 elementos.

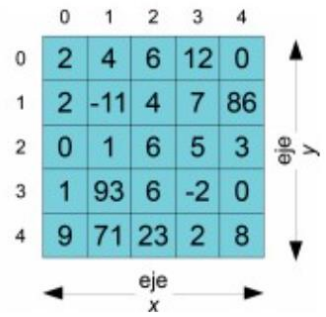


Figura 19. Matriz de5 x 5 elementos. Ahora la identificación de cada elemento viene dada por el índice del eje X y el índice del eje Y.

Los algoritmos que utilizan matrices requieren dos bucles anidados. Un bucle se encarga del índice para la dimensión X y el otro para el índice del eje Y. Veamos un ejemplo para introducir por teclado la matriz `datos`:

```
for (int i = 0; i < 5; i++) { //eje X
    for (int j = O; j < 5; j++) { //eje  Y
        datos[i][j] = sc.nextInt(); //leemos el elemento [i][j]
    }
}
```

Para mostrar una tabla bidimensional podemos usar dos bucles anidados como los anteriores o bien utilizar el método estático Arrays.deepToString(). Por ejemplo, para mostrar la tabla datos,

```
System.out.println(Arrays.deepToString(datos));
```