Listas doblemente enlazadas

Una lista doblemente enlazada es simplemente un conjunto de elementos o datos que aparecen uno detrás de otro (al igual que en una lista simplemente ligada o enlazada). En la siguiente imagen se observa una lista doblemente enlazada (LDE a partir de ahora) con tres datos numéricos simples (números enteros): 12, 57 y 95.

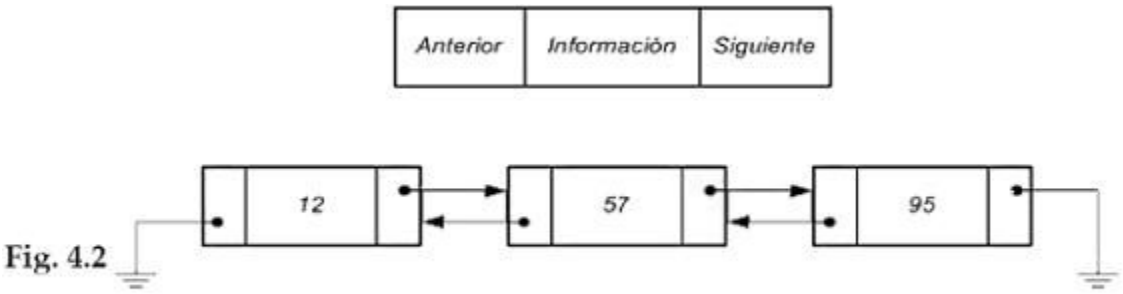


Fig. 4.2

Lista Doblemente Enlazada

Una lista está compuesto de **nodos**. Cada nodo tendrá tres campos:

- información o dato

- anterior

- siguiente

Ahora sí, podemos representar un nodo mediante una clase en Java. A esta clase la llamaremos **`Nodo`**. A continuación el código de la clase Nodo.

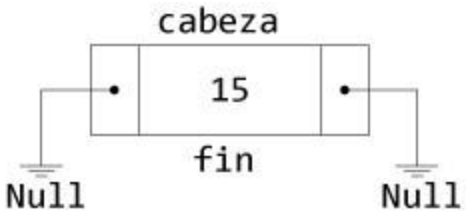
```
public class Nodo {
    //Campos del nodo
    int informacion;
    Nodo anterior;
    Nodo siguiente;
    //constructor que inicializa un Nodo con cierta información o dato
    public Nodo(int dato) {
        informacion = dato;
        anterior = null;
        siguiente = null;
    }
}
```

Ahora que tenemos la implementación del nodo podemos pasar a implementar la LDE. Para implementar una LDE vamos a nombrar al primer nodo **`cabeza`** haciéndolo un nodo con nombre propio (esta es sólo una opción pues otras personas prefieren usar una referencia al primer nodo en lugar de hacer especial el primer nodo). Además, nombraremos al último nodo **`fin`**. Por lo tanto tenemos los siguientes casos:

- Si la lista está vacía (no hay ningún elemento) no existirán los nodos `cabeza` ni `fin` y por lo tanto serán `null`.

- Si solamente hay un nodo en la lista esta será `cabeza` y `fin` a la misma vez. Por ejemplo, la siguiente imagen es una lista en donde hay un solo dato (15), el nodo `cabeza` tiene como dato 15 y como `siguiente` y `anterior` igual a `null` y el nodo `fin` también.

Listas doblemente enlazadas



Si hay un solo nodo, cabeza o fin dan lo mismo

A continuación se muestra el código que esquematizará a una LDE

```
public class ListaDoblementeEnlazada {

    Nodo cabeza;
    Nodo fin;
    //constructor que crea una LDE vacia.
    public ListaDoblementeEnlazada() {
        cabeza = null;
        fin = null;
    }
}
```

Ahora debemos implementar las operaciones que se han de realizar en la LDE (esto va a ocupar muchas líneas). Algunas de estas operaciones son

- **Insertar al frente:** Inserta un nodo delante del actual nodo cabeza (en este caso, 'cabeza' se actualiza con el nuevo nodo).

- **Insertar al final:** Inserta un nodo al final de la lista, es decir, insertar detrás del nodo 'fin' actualizándolo con el nuevo nodo.

- **Eliminar del frente:** Elimina el nodo del frente ('cabeza') y actualiza 'cabeza' con el nodo que le sigue en la lista.

- **Eliminar del final:** Elimina el nodo final ('fin') y lo actualiza con el nodo que lo antecedía.

- **Buscar:** Busca un dato en la lista y si lo encuentra devuelve una referencia al nodo buscado, si no lo encuentra devuelve `null`.

Existen otras operaciones dependiendo de la necesidad que se tenga. Por ejemplo, se puede eliminar un elemento dentro de la lista como el quinto elemento.

Antes de implementar estas operaciones vamos a crear un método de la lista que nos indique si la lista está vacía o no.

Para saber si una lista está vacía o no es averiguando si el nodo cabeza es null o no. Si el nodo cabeza es null la lista estará vacía. A continuación el código de este método dentro de la clase `ListaDoblementeEnlazada` (en color rojo).

```
public class ListaDoblementeEnlazada {

    Nodo cabeza;
    Nodo fin;

    //constructor que crea una LDE vacia.
    public ListaDoblementeEnlazada() {
        cabeza = null;
        fin = null;
    }

    //indica si la lista está vacia
    private boolean estaVacia() {
```

```
        boolean vacia = false;
        if ( cabeza == null ) {
            vacia = true;
        }
        return vacia;
    }
}
```

Ahora sí, vamos a las operaciones mencionadas.

Insertar al frente

Tenemos dos casos: La lista está o no vacía. Esto se puede saber mediante el método `estaVacia()` implementado arriba.

a) Si la lista está vacía simplemente nombramos el nuevo nodo como 'cabeza' y 'fin'. Esto se puede hacer con:

```
cabeza = nuevo;
```

```
fin = nuevo;
```

b) Si la lista no está vacía entonces seguimos los siguientes pasos:

paso 1. Hacemos que el nuevo nodo apunte a 'cabeza' como su siguiente nodo. Esto se puede hacer con:

```
nuevo.siguiente = cabeza;
```

paso 2. Hacemos que el nodo 'cabeza' apunte al nuevo nodo como su anterior nodo. Esto se puede hacer con:

```
cabeza.anterior = nuevo;
```

Al **final** nombramos al nuevo nodo como 'cabeza'. Esto se puede hacer con:

```
cabeza = nuevo;
```

La siguiente imagen muestra los pasos descritos:

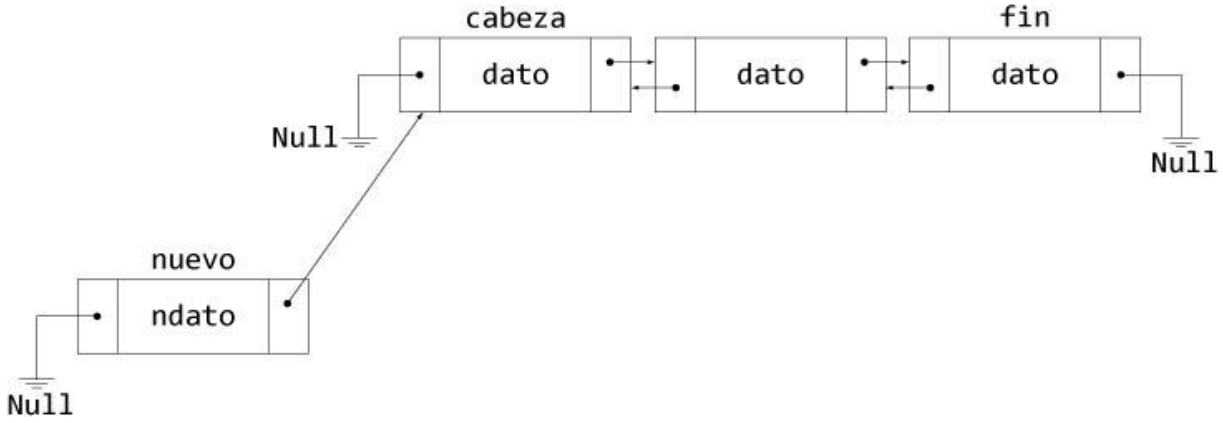
Listas doblemente enlazadas

a) si la lista está vacía

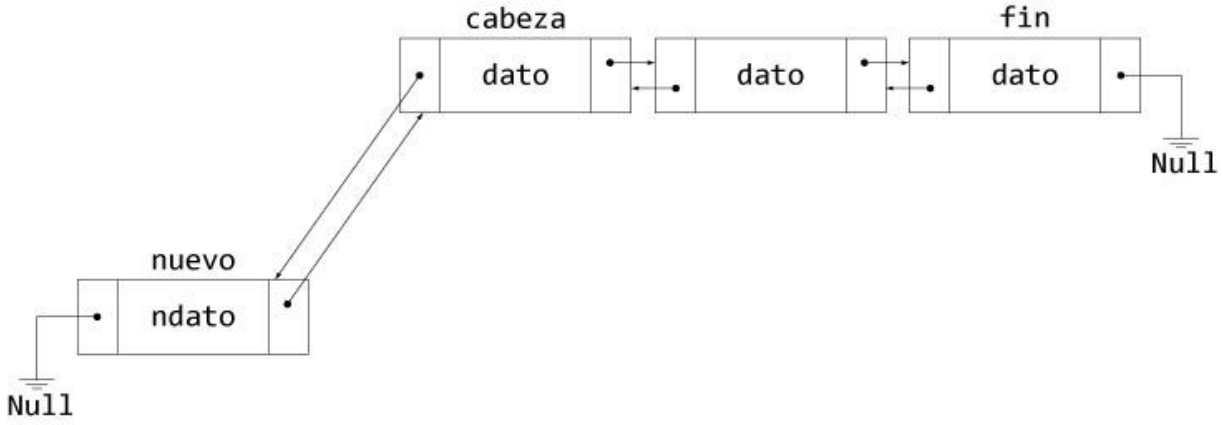
b) si la lista no está vacía

inicio

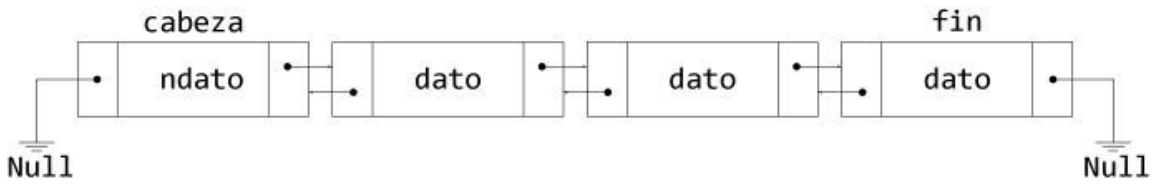
paso 1.



paso 2.



final



A los pasos 1 y 2 le vamos a llamar **enlazar**. Así creamos un método `enlazar` "utilitario" al igual que el método buscar (en color rojo).

```
public class ListaDoblementeEnlazada {

    Nodo cabeza;
    Nodo fin;

    //constructor que crea una LDE vacia.
    public ListaDoblementeEnlazada() {
        cabeza = null;
        fin = null;
    }

    //indica si la lista está vacia
    private boolean estaVacia() {
        boolean vacia = false;
        if ( cabeza == null ) {
            vacia = true;
        }
        return vacia;
    }

    //enlaza dos nodos mediante enlace doble
    private void enlazar(Nodo nodoA, Nodo nodoB) {
        nodoA.siguiente = nodoB;
        nodoB.anterior = nodoA;
    }
}
```

A continuación se muestra el código del método `insertarInicio(int ndato)` que realiza la operación insertar al inicio.

```
public class ListaDoblementeEnlazada {

    Nodo cabeza;
    Nodo fin;

    //constructor que crea una LDE vacia.
    public ListaDoblementeEnlazada() {
        cabeza = null;
        fin = null;
    }

    //indica si la lista está vacia
    private boolean estaVacia() {
        boolean vacia = false;
        if ( cabeza == null ) {
            vacia = true;
        }
        return vacia;
    }

    //enlaza dos nodos mediante enlace doble
    private void enlazar(Nodo nodoA, Nodo nodoB) {
        nodoA.siguiente = nodoB;
        nodoB.anterior = nodoA;
    }
```

```
    //inserta un nuevo nodo al inicio de la lista
    public void insertarInicio(int ndato) {
        Nodo nuevo = new Nodo(ndato);
        if ( estaVacia() ) {
            cabeza = nuevo;
            fin = nuevo;
        } else {
            enlazar(nuevo, cabeza);
            cabeza = nuevo;
        }
    }
}
```

Insertar al final

Los pasos son muy similares a la operación insertar al inicio. El código se muestra a continuación en color rojo

```
public class ListaDoblementeEnlazada {

    Nodo cabeza;
    Nodo fin;

    //constructor que crea una LDE vacia.
    public ListaDoblementeEnlazada() {
        cabeza = null;
        fin = null;
    }

    //indica si la lista está vacia
    private boolean estaVacia() {
        boolean vacia = false;
        if ( cabeza == null ) {
            vacia = true;
        }
        return vacia;
    }

    //enlaza dos nodos mediante enlace doble
    private void enlazar(Nodo nodoA, Nodo nodoB) {
        nodoA.siguiente = nodoB;
        nodoB.anterior = nodoA;
    }

    //inserta un nuevo nodo al inicio de la lista
    public void insertarInicio(int ndato) {
        Nodo nuevo = new Nodo(ndato);
        if ( estaVacia() ) {
            cabeza = nuevo;
            fin = nuevo;
        } else {
            enlazar(nuevo, cabeza);
            cabeza = nuevo;
        }
    }
```

```
    //inserta un nuevo nodo al final de la lista
    public void insertarFinal(int ndato) {
        Nodo nuevo = new Nodo(ndato);
        if ( estaVacia() ) {
            cabeza = nuevo;
            fin = nuevo;
        } else {
            enlazar(fin, nuevo);
            fin = nuevo;
        }
    }
}
```

Eliminar del frente

Tenemos dos casos:

a) Si la lista está vacía entonces no se hace nada.

b) Si la lista no está vacía seguimos los siguientes pasos

paso1. Referenciamos al nodo después de 'cabeza' como 'primero' y hacemos que 'primero' apunte apunte a 'null' como anterior. Esto se puede hacer con:

```
primero = cabeza.siguiente;

primero.anterior = null;
```

Peligro: Es posible que la lista contenga un solo elemento, en ese caso 'primero' toma el valor de 'null' y la eliminación deja la lista vacía por lo que haciendo una simple verificación de si 'primero' es igual a 'null' podemos hacer la eliminación como sigue

```
if (primero == null) {

    cabeza = null;

    fin = null;

}
```

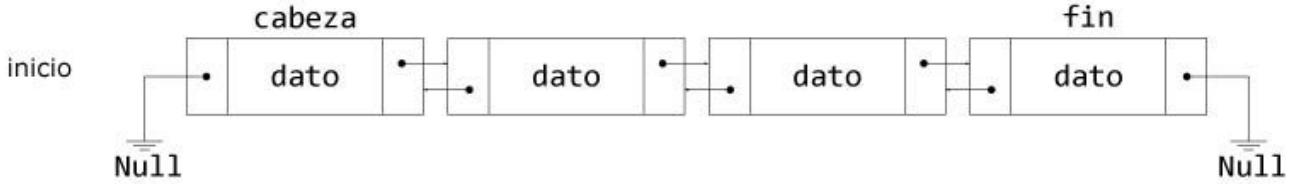
paso2. Cambiamos de nombre a 'primero' para que sea 'cabeza'. Esto se hace con:

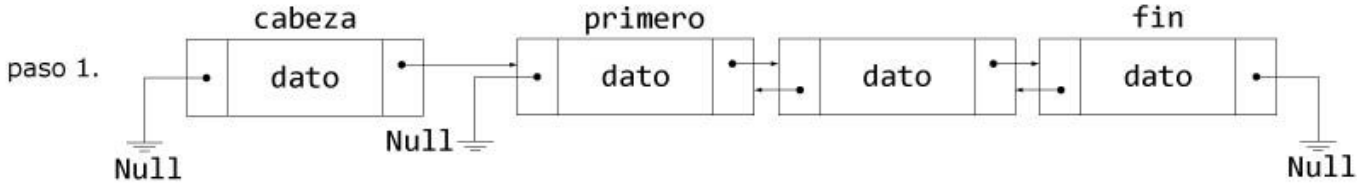
```
cabeza = primero;
```

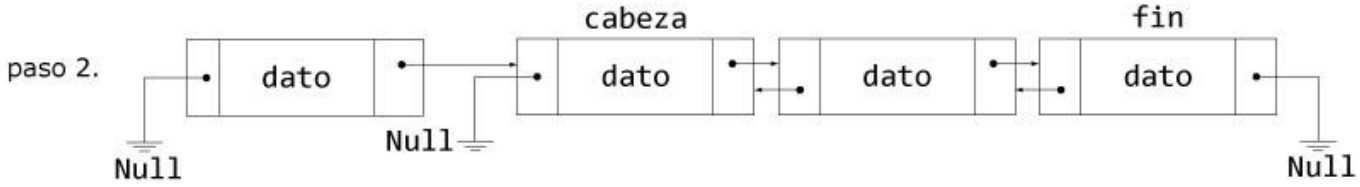
Puesto que ya no existen referencias apuntando al nodo que antes era 'cabeza' el recolector de basura de Java lo eliminará, es decir, ya no debemos preocuparnos por ese nodo.

La siguiente imagen muestra los pasos descritos.

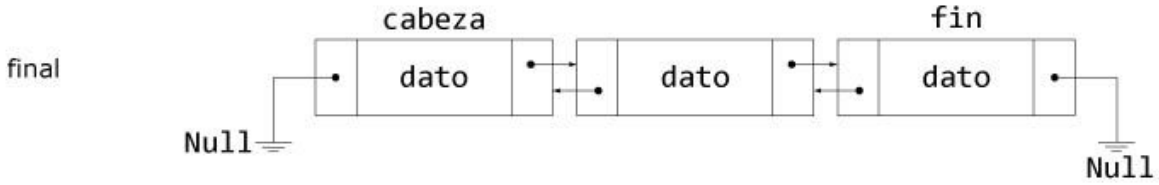
b) si la lista no está vacía







Al no existir ninguna referencia al nodo del inicio, el recolector de basura eliminará el nodo.



El código del método `eliminarInicio()` se muestra a continuación en color rojo

```
public class ListaDoblementeEnlazada {

    Nodo cabeza;
    Nodo fin;

    //constructor que crea una LDE vacia.
    public ListaDoblementeEnlazada() {
        cabeza = null;
        fin = null;
    }

    //indica si la lista está vacia
    private boolean estaVacia() {
        boolean vacia = false;
        if ( cabeza == null ) {
            vacia = true;
        }
        return vacia;
    }

    //enlaza dos nodos mediante enlace doble
```

```
    private void enlazar(Nodo nodoA, Nodo nodoB) {
        nodoA.siguiente = nodoB;
        nodoB.anterior = nodoA;
    }

    //inserta un nuevo nodo al inicio de la lista
    public void insertarInicio(int ndato) {
        Nodo nuevo = new Nodo(ndato);
        if ( estaVacia() ) {
            cabeza = nuevo;
            fin = nuevo;
        } else {
            enlazar(nuevo, cabeza);
            cabeza = nuevo;
        }
    }

    //inserta un nuevo nodo al final de la lista
    public void insertarFinal(int ndato) {
        Nodo nuevo = new Nodo(ndato);
        if ( estaVacia() ) {
            cabeza = nuevo;
            fin = nuevo;
        } else {
            enlazar(fin, nuevo);
            fin = nuevo;
        }
    }

    //elimina el nodo del frente de la lista
    public void eliminarInicio() {
        if ( !estaVacia() ) {
            Nodo primero = cabeza.siguiente;
            if ( primero == null ) {
                cabeza = null;
                fin = null;
            } else {
                primero.anterior = null;
                cabeza = primero;
            }
        }
    }
}
```

Eliminar del final

Esta operación es similar al caso anterior. A continuación el código en color rojo:

```
public class ListaDoblementeEnlazada {

    Nodo cabeza;
    Nodo fin;

    //constructor que crea una LDE vacia.
    public ListaDoblementeEnlazada() {
        cabeza = null;
        fin = null;
    }
    //indica si la lista está vacia
    private boolean estaVacia() {
        boolean vacia = false;
        if ( cabeza == null ) {
```

```
        vacia = true;
    }
    return vacia;
}

//enlaza dos nodos mediante enlace doble
private void enlazar(Nodo nodoA, Nodo nodoB) {
    nodoA.siguiente = nodoB;
    nodoB.anterior = nodoA;
}

//inserta un nuevo nodo al inicio de la lista
public void insertarInicio(int ndato) {
    Nodo nuevo = new Nodo(ndato);
    if ( estaVacia() ) {
        cabeza = nuevo;
        fin = nuevo;
    } else {
        enlazar(nuevo, cabeza);
        cabeza = nuevo;
    }
}

//inserta un nuevo nodo al final de la lista
public void insertarFinal(int ndato) {
    Nodo nuevo = new Nodo(ndato);
    if ( estaVacia() ) {
        cabeza = nuevo;
        fin = nuevo;
    } else {
        enlazar(fin, nuevo);
        fin = nuevo;
    }
}

//elimina el nodo del frente de la lista
public void eliminarInicio() {
    if ( !estaVacia() ) {
        Nodo primero = cabeza.siguiente;
        if ( primero == null ) {
            cabeza = null;
            fin = null;
        } else {
            primero.anterior = null;
            cabeza = primero;
        }
    }
}
```

```
    //elimina el nodo del final de la lista
    public void eliminarFinal() {
        if ( !estaVacia() ) {
            Nodo ultimo = fin.anterior;
            if ( ultimo == null ) {
                cabeza = null;
                fin = null;
            } else {
                ultimo.siguiente = null;
                fin = ultimo;
            }
        }
    }
}
```

Buscar

Esta es simple. Recorremos la lista nodo por nodo hasta encontrar el buscado. Declaramos dos referencias 'Nodo' 'buscado' e 'iterador'. 'buscado' será el nodo que será devuelto si se encuentra lo que se busca. Con 'iterador' vamos a recorrer todos los nodos de la lista uno por uno empezando por 'cabeza'. Este efecto se consigue con la sentencia:

Nodo iterador = cabeza;

```
while ( iterador != null ) {

    //... codigo ...

    iterador = iterador.siguiente;

}
```

En cada iteración debemos comparar el valor actual de 'información' de 'iterador' con el valor buscado ('dato'). Si se ha encontrado entonces se actualiza 'buscado' con el valor actual de iterador y se debe romper el 'while'. Esto se puede hacer con un break, sin embargo, se hará insertando una condición más al 'while'. Cuando 'buscado' es diferente de null entonces debe parar el while. El siguiente código muestra el método buscar en color rojo:

```
public class ListaDoblementeEnlazada {

    Nodo cabeza;
    Nodo fin;

    //constructor que crea una LDE vacia.
    public ListaDoblementeEnlazada() {
        cabeza = null;
        fin = null;
    }

    //indica si la lista está vacia
    private boolean estaVacia() {
        boolean vacia = false;
        if ( cabeza == null ) {
            vacia = true;
        }
        return vacia;
    }
```

```
//enlaza dos nodos mediante enlace doble
private void enlazar(Nodo nodoA, Nodo nodoB) {
    nodoA.siguiente = nodoB;
    nodoB.anterior = nodoA;
}

//inserta un nuevo nodo al inicio de la lista
public void insertarInicio(int ndato) {
    Nodo nuevo = new Nodo(ndato);
    if ( estaVacia() ) {
        cabeza = nuevo;
        fin = nuevo;
    } else {
        enlazar(nuevo, cabeza);
        cabeza = nuevo;
    }
}

//inserta un nuevo nodo al final de la lista
public void insertarFinal(int ndato) {
    Nodo nuevo = new Nodo(ndato);
    if ( estaVacia() ) {
        cabeza = nuevo;
        fin = nuevo;
    } else {
        enlazar(fin, nuevo);
        fin = nuevo;
    }
}

//elimina el nodo del frente de la lista
public void eliminarInicio() {
    if ( !estaVacia() ) {
        Nodo primero = cabeza.siguiente;
        if ( primero == null ) {
            cabeza = null;
            fin = null;
        } else {
            primero.anterior = null;
            cabeza = primero;
        }
    }
}

//elimina el nodo del final de la lista
public void eliminarFinal() {
    if ( !estaVacia() ) {
        Nodo ultimo = fin.anterior;
        if ( ultimo == null ) {
            cabeza = null;
            fin = null;
        } else {
            ultimo.siguiente = null;
            fin = ultimo;
        }
    }
}

//devuelve una referencia al nodo buscado, si no se encuentra devuelve null
public Nodo buscar(int dato) {
    Nodo buscado = null;
```

```
        Nodo iterador = cabeza;
        while ( buscado == null && iterador != null ) {
            if ( iterador.informacion == dato ) {
                buscado = iterador;
            }
            iterador = iterador.siguiente;
        }
        return buscado;
    }
}
```

Por último vamos a crear un método para mostrar la lista. Para esto vamos a recorrer la lista nodo por nodo como se hizo en el método buscar sólo que en lugar de hacer comparaciones vamos a mostrar cada elemento. A continuación se muestra el código del método mostrar en color rojo. Este código es el final de nuestra clase ListaDoblementeEnlazada:

```
public class ListaDoblementeEnlazada {

    Nodo cabeza;
    Nodo fin;

    //constructor que crea una LDE vacia.
    public ListaDoblementeEnlazada() {
        cabeza = null;
        fin = null;
    }

    //indica si la lista está vacia
    private boolean estaVacia() {
        boolean vacia = false;
        if ( cabeza == null ) {
            vacia = true;
        }
        return vacia;
    }

    //enlaza dos nodos mediante enlace doble
    private void enlazar(Nodo nodoA, Nodo nodoB) {
        nodoA.siguiente = nodoB;
        nodoB.anterior = nodoA;
    }

    //inserta un nuevo nodo al inicio de la lista
    public void insertarInicio(int ndato) {
        Nodo nuevo = new Nodo(ndato);
        if ( estaVacia() ) {
            cabeza = nuevo;
            fin = nuevo;
        } else {
            enlazar(nuevo, cabeza);
            cabeza = nuevo;
        }
    }
```

```
//inserta un nuevo nodo al final de la lista
public void insertarFinal(int ndato) {
    Nodo nuevo = new Nodo(ndato);
    if ( estaVacia() ) {
        cabeza = nuevo;
        fin = nuevo;
    } else {
        enlazar(fin, nuevo);
        fin = nuevo;
    }
}

//elimina el nodo del frente de la lista
public void eliminarInicio() {
    if ( !estaVacia() ) {
        Nodo primero = cabeza.siguiente;
        if ( primero == null ) {
            cabeza = null;
            fin = null;
        } else {
            primero.anterior = null;
            cabeza = primero;
        }
    }
}

//elimina el nodo del final de la lista
public void eliminarFinal() {
    if ( !estaVacia() ) {
        Nodo ultimo = fin.anterior;
        if ( ultimo == null ) {
            cabeza = null;
            fin = null;
        } else {
            ultimo.siguiente = null;
            fin = ultimo;
        }
    }
}

//devuelve una referencia al nodo buscado, si no se encuentra devuelve null
public Nodo buscar(int dato) {
    Nodo buscado = null;
    Nodo iterador = cabeza;
    while ( buscado == null && iterador != null ) {
        if ( iterador.informacion == dato ) {
            buscado = iterador;
        }
        iterador = iterador.siguiente;
    }
    return buscado;
}
```

```
    //muestra los valores en la lista
    public void mostrar() {
        Nodo iterador = cabeza;
        while ( iterador != null ) {
            System.out.print( iterador.informacion + " -> " );
            iterador = iterador.siguiente;
        }
        System.out.println( "null" );
    }
}
```

A probar el código

Nuestra clase principal será:

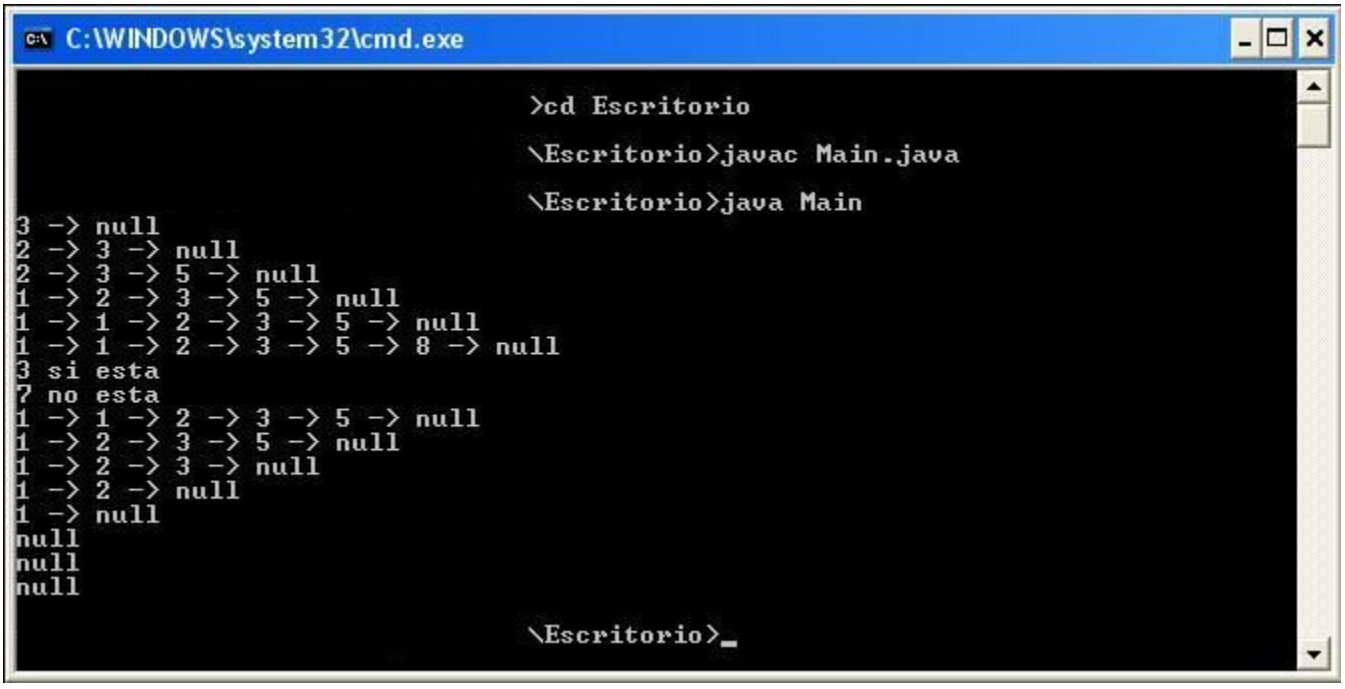
```
public class Main {

    public static void main(String[] args) {
        ListaDoblementeEnlazada lista = new ListaDoblementeEnlazada();
        lista.insertarInicio(3);
        lista.mostrar();
        lista.insertarInicio(2);
        lista.mostrar();
        lista.insertarFinal(5);
        lista.mostrar();
        lista.insertarInicio(1);
        lista.mostrar();
        lista.insertarInicio(1);
        lista.mostrar();
        lista.insertarFinal(8);
        lista.mostrar();
        Nodo a = lista.buscar(3);
        System.out.println((a != null)? "3 si esta" : "3 no esta" );
        Nodo b = lista.buscar(7);
        System.out.println((b != null)? "7 si esta" : "7 no esta" );
        lista.eliminarFinal();
        lista.mostrar();
        lista.eliminarInicio();
        lista.mostrar();
        lista.eliminarFinal();
        lista.mostrar();
        lista.eliminarFinal();
        lista.mostrar();
        lista.eliminarFinal();
        lista.mostrar();
        lista.eliminarFinal();
        lista.mostrar();
        lista.eliminarFinal();
        lista.mostrar();
        lista.eliminarFinal();
        lista.mostrar();
        lista.eliminarFinal();
        lista.mostrar();
    }
}
```

Para compilarlo debemos tener las 3 clases juntas:

Listas doblemente enlazadas

- Nodo (Nodo.java)
- ListaDoblementeEnlazada (ListaDoblementeEnlazada.java)
- Main (Main.java)

La salida del programa será:



Fin.