ESTRUCTURES DE DADES

-TAULES DE HASH-

Alumne: Carlos Martínez

Professor: Marc Ruiz

Contenido

Classes utilitzades

- Ciutadà: no era necessari implementar l'ús de la classe ciutadà pero ho fet per a fer proves de cerca amb el DNI d'un ciutadà.
- Nodo: representa cada node de la posición de la taula de hash.Guardo la clau clau, valor i hash de la dada que conté.
- HashTable: estructura principal d'aquesta segona fase de la pràctica. Conté tots els mètodes encarregats de calcular els hashes, comprovar si algún element existeix, etc.
- ListaDoble: llista doblement encadenada de la primera part de la pràctica

Fitxers creats

Per a una visualització més simple he fet que el programa creei 3 fitxers en total:

- LogCerques: fitxers on guardo el número de cerques que s'han fet fins que s'ha pogut trobar l'element o fins que hem recorregut tots els elements sense haver-lo trobat
- hashCodes.txt: fitxer on guardo cada element de la taula de 50000 elements per a poder provar el seu funcionament i veure si un element es troba dins de la taula.

Aspectes a destacar

Problemes trobats durant el desenvolupament

-Problemes a la hora de redimensionar la taula ja que no recalculava el hash y un cop redimensionada si volia trobar un element, no era posible ja que havia canviat el seu hash.

-Errors amb les col·lisions ja que al principi no assignava bé les col·lisions a la posición de la taula corresponent.

-Problemes de redimensionament, a vegades redimensionava la taula innecessàriament però ho vaig acabar corregint.

TAD TAULA HASH

```java
package Data;

import Exceptions.ElementoNoEncontrado;

1 usage  1 implementation  Carlos Martínez +1
public interface TADTaulaHash<K, T> {
    1 usage  1 implementation  Carlos Martínez
    public void Crear();
    10 usages  1 implementation  Carlos Martínez García-Villarrubia
    public void Inserir(K key, T data) throws ElementoNoEncontrado;
    1 implementation  Carlos Martínez
    T Obtenir(K key);
    13 usages  1 implementation  Carlos Martínez García-Villarrubia
    int Buscar(K key)throws ElementoNoEncontrado;
    1 usage  1 implementation  Carlos Martínez
    int Mida();
    1 implementation  Carlos Martínez García-Villarrubia
    void Esborrar(K key) throws ElementoNoEncontrado;
```

Creació de les excepcions pròpies

-ElementoNoEncontrado:

```java
package Exceptions;

public class ElementoNoEncontrado extends Exception{
    private static final long serialVersionUID = 1L;

    public ElementoNoEncontrado(int n) {
        super("Se han recorrido "+n+" posiciones pero no se ha encontrado el elemento");
    }
}
```

-NoSePuede:

```java
package Exceptions;

public class NoSePuede extends Exception{
    private static final long serialVersionUID = 1L;
    public NoSePuede(int posi) {
        super("No se puede tratar el elemento en la posición: "+posi);
    }
}
```

Mètodes destacables

Creació de la taula

```
2 usages  Carlos Martínez +1
public HashTable() {
    tablaHash=new Nodo[tableSize];
    nElems=0;

}
```

Càlcul del hash donada una dada clau

Calculem el hash amb el toString de l'objecte

```
/**
 * Method used to return an object's hash
 * @param key key from which we want to obtain the hash
 * @return hash of the key passed by parameter
 */
Carlos Martínez García-Villarrubia +1 *
public int hash(K key){

    String str=key.toString();
    int hash=0;//=key.hashCode();

        for(int i=1;i<str.length();i++){

            hash=(hash*32+(int)str.charAt(i))%tablaHash.length;
        }
        hash=hash < 0 ? hash * -1 : hash;
    return hash;
}
```

Assignació d'element a taula de hash

Buscar un element a la taula

Si trobem l'element el retornem el nombre d'iteracions fetes, si no, seguim buscant.

```
5 usages  Carlos Martínez García-Villarrubia +1 *
@Override
public int Buscar(K key) throws ElementoNoEncontrado{
    int hash=hash(key);
    int index=hash%tablaHash.length;
    int c=0;
    Nodo<K,T>temp=tablaHash[index];
    if(temp!=null){
        while(temp!=null){
            if(temp.key.equals(key)){
                //System.out.println("FOUND at "+index+"
                return c;
            }
            temp=temp.nextCol;
            c++;
        }

    }
    throw new ElementoNoEncontrado(c);
}
```

Redimensionar la taula

```
1 usage  Carlos Martínez García-Villarrubia *
public void resize() throws ElementoNoEncontrado {
    int n= tablaHash.length;
    n=n+n*20/100;
    //Nodo[]listaAux=new Nodo[tablaHash.length*2];
    HashTable<K, T> tablaAux = new HashTable<>(n);
    Nodo<K, T> temp;
    K key;
    T data;
    for (Nodo<K, T> hash : tablaHash) {
        temp = hash;
        while (temp != null) {
            key = temp.getKey();
            data = temp.getData();
            tablaAux.Inserir(key, data);
            temp = temp.nextCol;
        }

    }
    tablaHash = tablaAux.tablaHash;
    tableSize = tablaHash.length;

}
```

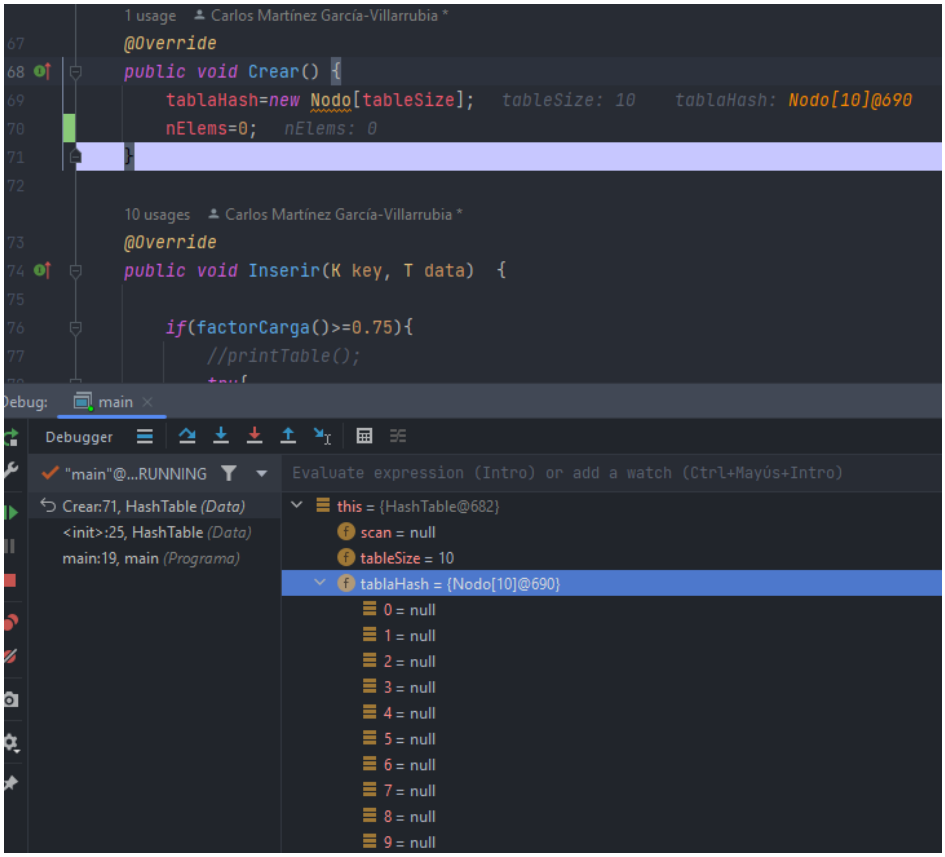
Esborrar un element de la taula de hash

```java
import Exceptions.ElementoNoEncontrado;

1 usage  1 implementation  Carlos Martínez +1 *
public interface TADTaulaHash<K, T extends Comparable<T>> {
    1 usage  1 implementation  Carlos Martínez
    public void Crear();
    10 usages  1 implementation  Carlos Martínez García-Villarrubia
    public void Inserir(K key, T data) throws ElementoNoEncontrado;
    1 implementation  Carlos Martínez
    T Obtenir(K key);
    13 usages  1 implementation  new *
    public int Buscar(K key)throws ElementoNoEncontrado;
    1 usage  1 implementation  new *
    public int Mida();
    1 implementation  new *
    public void Esborrar(K key) throws ElementoNoEncontrado;
    1 implementation  new *
    public ListaDoble<K,T>ObtenirValors();
    1 implementation  new *
    public ListaDoble<K,T>ObtenirClaus();
    1 usage  1 implementation  new *
    public float factorCarga();

}
```

Joc de proves

Primer de tot he creat una taula amb 10 posicions buides.

Crear llista



Inserir elements

8 ciutadans

```
Ciutada carlos=new Ciutada( nom: "Carlos", cognom: "Martinez", DNI: "49424598J");  carlos: "Ciutada [nom=Carlos, cognom=Martinez, DNI=49424598J]"
Ciutada david=new Ciutada( nom: "David", cognom: "Marti", DNI: "7771391023");  david: "Ciutada [nom=David, cognom=Marti, DNI=7771391023]"
Ciutada nil=new Ciutada( nom: "Carlos", cognom: "Martinez", DNI: "44548898T");  nil: "Ciutada [nom=Carlos, cognom=Martinez, DNI=44548898T]"
Ciutada genis=new Ciutada( nom: "Genis", cognom: "Martinez", DNI: "73981391P");  genis: "Ciutada [nom=Genis, cognom=Martinez, DNI=73981391P]"
Ciutada roger=new Ciutada( nom: "Roger", cognom: "Massana", DNI: "3731918T");  roger: "Ciutada [nom=Roger, cognom=Massana, DNI=3731918T]"
Ciutada lluis=new Ciutada( nom: "Lluis", cognom: "Gallart", DNI: "7137391890");  lluis: "Ciutada [nom=Lluis, cognom=Gallart, DNI=7137391890]"
Ciutada gerard=new Ciutada( nom: "Gerard", cognom: "Panisello", DNI: "3241233Y");  gerard: "Ciutada [nom=Gerard, cognom=Panisello, DNI=3241233Y]"
Ciutada eros=new Ciutada( nom: "Eros", cognom: "Villar", DNI: "1413133T");  eros: "Ciutada [nom=Eros, cognom=Villar, DNI=1413133T]"

try{
    tablaAux.Inserir( key: "49424598J",carlos);  carlos: "Ciutada [nom=Carlos, cognom=Martinez, DNI=49424598J]"
    tablaAux.Inserir( key: "7771391023",david);  david: "Ciutada [nom=David, cognom=Marti, DNI=7771391023]"
    tablaAux.Inserir( key: "44548898T",nil);  nil: "Ciutada [nom=Carlos, cognom=Martinez, DNI=44548898T]"
    tablaAux.Inserir( key: "73981391P",genis);  genis: "Ciutada [nom=Genis, cognom=Martinez, DNI=73981391P]"
    tablaAux.Inserir( key: "3731918T",roger);  roger: "Ciutada [nom=Roger, cognom=Massana, DNI=3731918T]"
    tablaAux.Inserir( key: "7137391890",lluis);  lluis: "Ciutada [nom=Lluis, cognom=Gallart, DNI=7137391890]"
    tablaAux.Inserir( key: "3241233Y",gerard);  gerard: "Ciutada [nom=Gerard, cognom=Panisello, DNI=3241233Y]"
    tablaAux.Inserir( key: "1413133",eros);  eros: "Ciutada [nom=Eros, cognom=Villar, DNI=1413133T]"
```

```
tablaHash = {Nodo[10]@870}
 0 = {Nodo@871} "Nodo{data=Ciutada [nom=David, cognom=Marti, DNI=7771391023], nextCol=null}"
 1 = null
 2 = {Nodo@872} "Nodo{data=Ciutada [nom=Carlos, cognom=Martinez, DNI=49424598J], nextCol=null}"
 3 = {Nodo@873} "Nodo{data=Ciutada [nom=Roger, cognom=Massana, DNI=3731918T], nextCol=null}"
 4 = null
 5 = null
 6 = {Nodo@874} "Nodo{data=Ciutada [nom=Carlos, cognom=Martinez, DNI=44548898T], nextCol=Nodo{data=Ciutada [nom=Lluis, cognom=Gallart, DNI=71373
 7 = null
 8 = null
 9 = {Nodo@875} "Nodo{data=Ciutada [nom=Genis, cognom=Martinez, DNI=73981391P], nextCol=Nodo{data=Ciutada [nom=Gerard, cognom=Panisello, DNI=32
```

Mètode buscar element

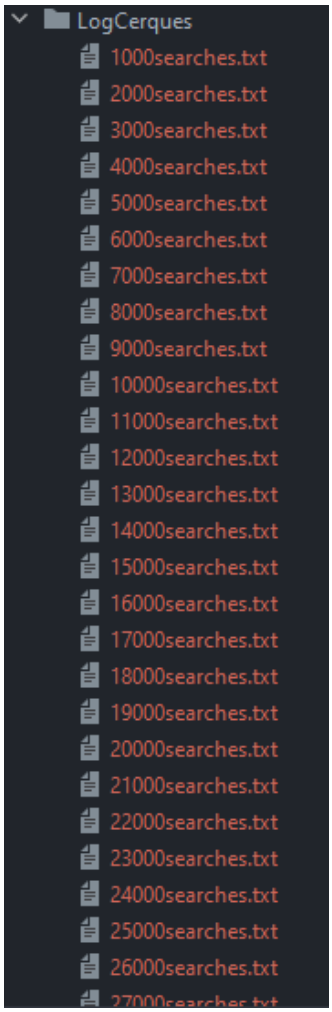
EXISTEIXEN: Agafem el tercer per a fer la prova

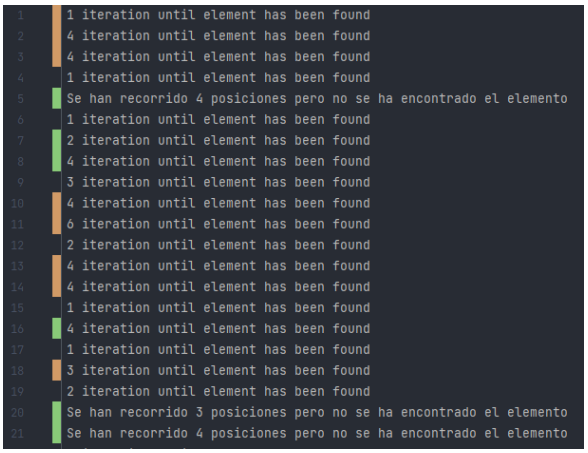
```
Ciutada carlos=new Ciutada( nom: "Carlos", cognom: "Martinez", DNI: "49424598J");  carlos: "Ciutada [nom=Carlos, cognom=Martinez, DNI=49424598J]"
Ciutada david=new Ciutada( nom: "David", cognom: "Marti", DNI: "7771391023");  david: "Ciutada [nom=David, cognom=Marti, DNI=7771391023]"
Ciutada nil=new Ciutada( nom: "Carlos", cognom: "Martinez", DNI: "44548898T");  nil: "Ciutada [nom=Carlos, cognom=Martinez, DNI=44548898T]"
Ciutada genis=new Ciutada( nom: "Genis", cognom: "Martinez", DNI: "73981391P");  genis: "Ciutada [nom=Genis, cognom=Martinez, DNI=73981391P]"
Ciutada roger=new Ciutada( nom: "Roger", cognom: "Massana", DNI: "3731918T");  roger: "Ciutada [nom=Roger, cognom=Massana, DNI=3731918T]"
Ciutada lluis=new Ciutada( nom: "Lluis", cognom: "Gallart", DNI: "7137391890");  lluis: "Ciutada [nom=Lluis, cognom=Gallart, DNI=7137391890]"
Ciutada gerard=new Ciutada( nom: "Gerard", cognom: "Panisello", DNI: "3241233Y");  gerard: "Ciutada [nom=Gerard, cognom=Panisello, DNI=3241233Y]"
Ciutada eros=new Ciutada( nom: "Eros", cognom: "Villar", DNI: "1413133T");  eros: "Ciutada [nom=Eros, cognom=Villar, DNI=1413133T]"
```

```
System.out.println(tablaAux.Buscar( key: "44548898T"));
```

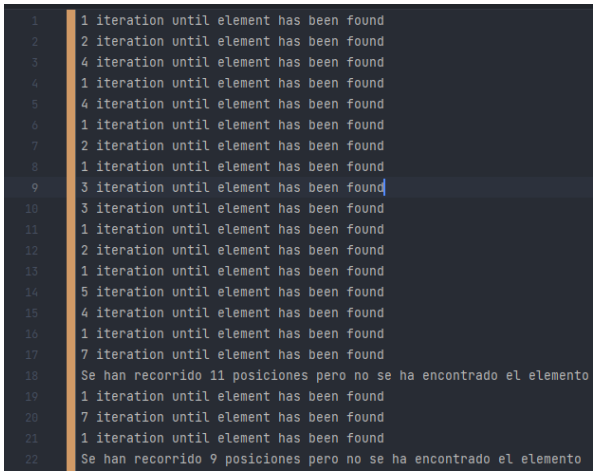
```
13 usages  Carlos Martínez García-Villarrubia +1 *
@Override
public int Buscar(K key) throws ElementoNoEncontrado{  key: "44548898T"
    int hash=hash(key);  hash: 17136
    int index=hash%tablaHash.length;  hash: 17136  index: 6
    int c=0;  c: 0
    Nodo<K,T>temp=tablaHash[index];  index: 6  temp: "Nodo{data=Ciutada [nom=Carlo
    if(temp!=null){
        while(temp!=null){
            if(temp.key.equals(key)){  key: "44548898T"  temp: "Nodo{data=Ciutada
                return c;  c: 0
            }
            temp=temp.nextCol;
            c++;
        }

    }
    throw new ElementoNoEncontrado(c);
}
```

Cèrques fetes



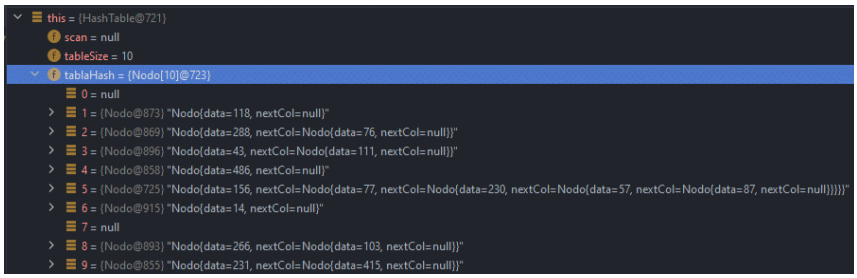


1000 cerques

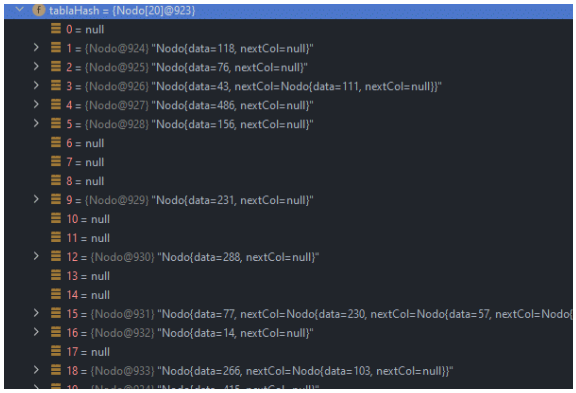


50000 cerques

Mètode redimensionar la taula



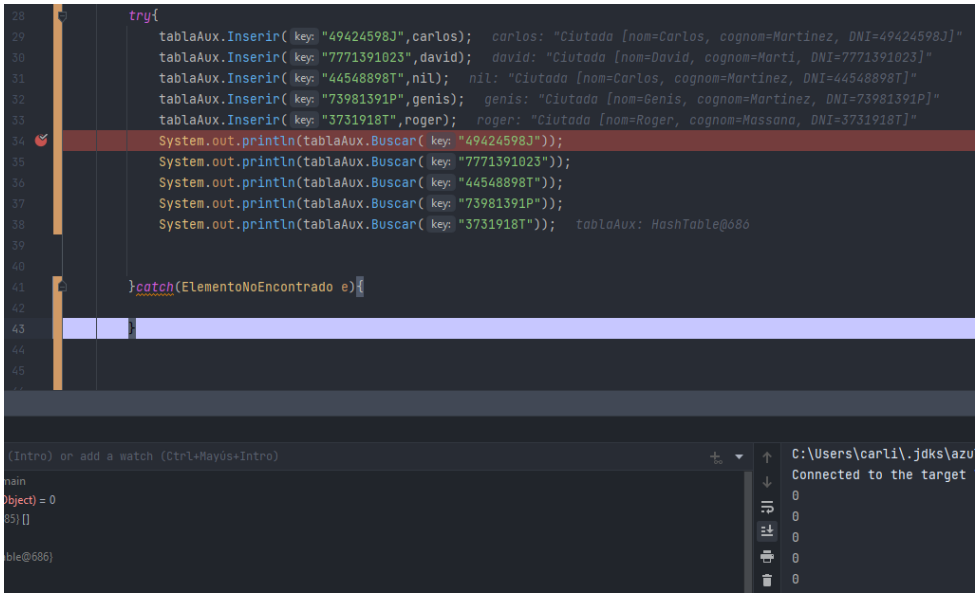
Abans de redimensionar



Després de redimensionar

Col·lisions

Buscarem els elements amb la seva clau



Anàlisi del cost

Fent moltes més proves de les que he inclòs en aquest document m'he adonat del potencial de les taules de hash. La velocitat de cerca és molt superior a la que podria tenir una llista estàtica i m'ha interessat molt aquest fet.

Com només aplicant una operació podem reduir de gran forma les iteracions a fer per a poder trobar un element. A més la velocitat de cerca és extremadament ràpida com hem pogut comprovar, respecte a una cerca amb una llista doblement enllaçada com la de la primera part.

Fent un anàlisi basant-nos en moltes proves podem comprovar la gran diferencia d'accessos que hi ha entre una taula de hash i una llista a l'hora de trobar un element.

Com indica el guió de la pràctica, he fet diferents taules de hash i llistes de 1000 elements fins a 50000 elements, sumant de 1000 en 1000.

Per cada una d'aquestes taules he fet 1000 cerques d'elements generats aleatòriament i fent una mitja de les proves he comprovat la gran diferencia que hi ha. Faig un breu anàlisi però a l'excel estan tots els càlculs ben desenvolupats.

Mida	Taula de hash		Llista encadenada	
	Accessos	desvest	Accessos	desvest
1000	2,812019036	1,749255096	455,0885402	343,6008806
5000	2,716108626	2,292981763	1827,167658	1409,069324
10000	2,77880517	1,759373095	3540,456148	2714,474981
20000	4,503028618	2,438097533	6971,861079	5337,171837
50000	2,8737614	2,472879112	17149,38392	13090,67336

Veiem que les diferències són molt grans. Portant aquestes dades a una gràfica obtenim el següent:

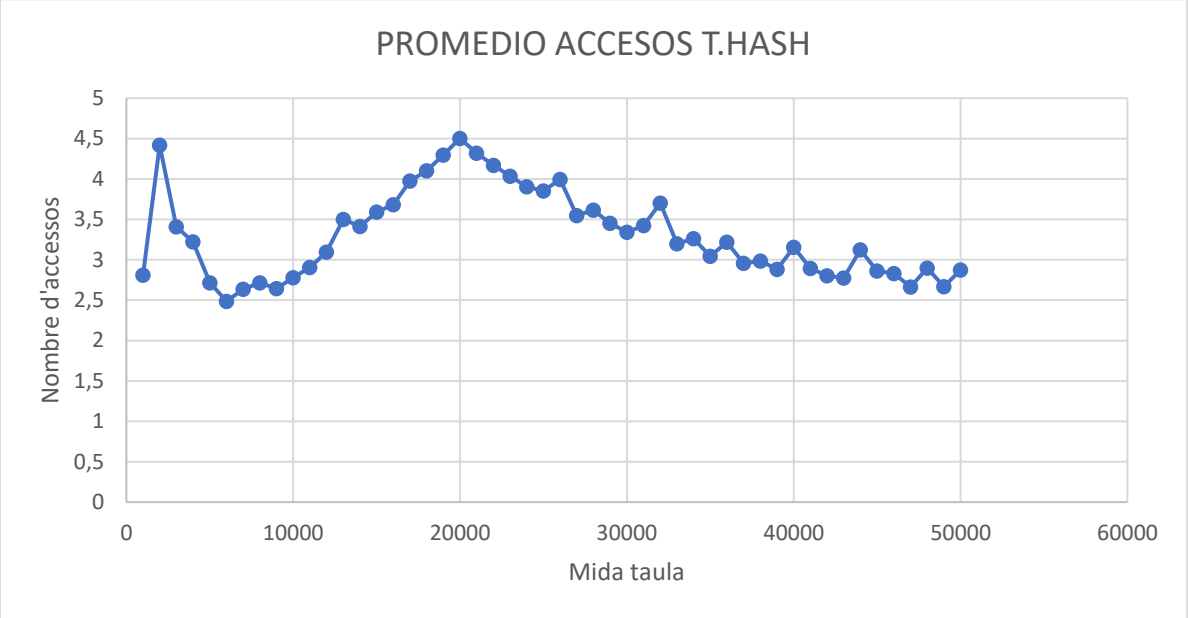
ACCESSOS:

Llista

Podem veure que el cost és lineal ja que ha de recòrrer element a element.

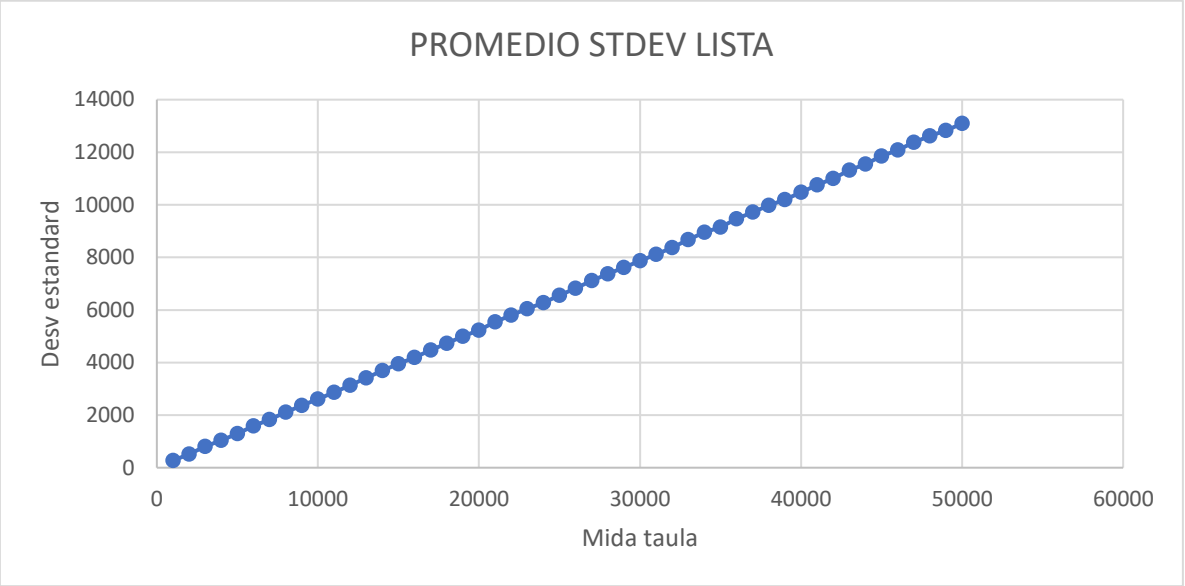
Taula de hash

El cost és constant i com a molt varia 1 o 2 accesos.

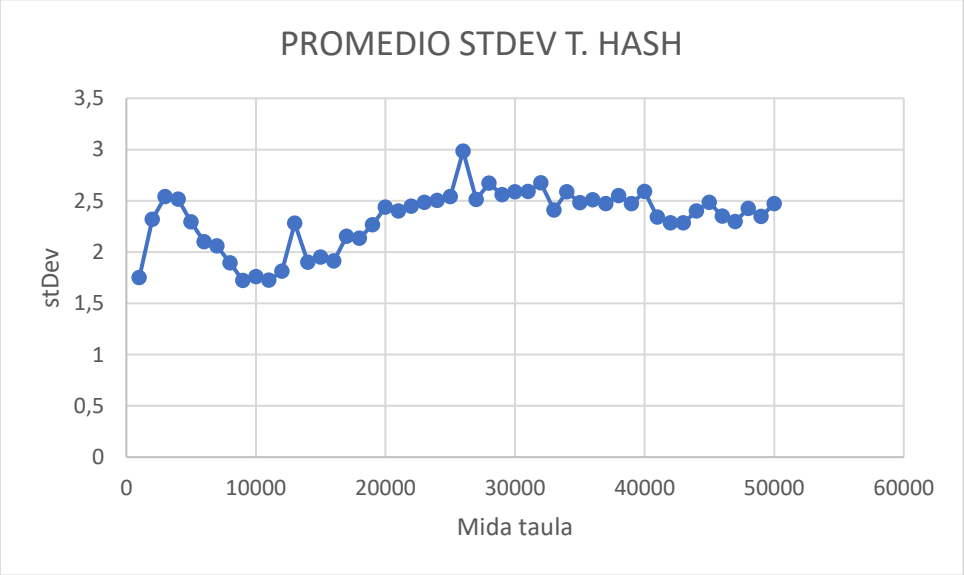


STDEV:

Llista



Taula de hash



Codi Font

Taula de Hash

```
package Data;
import java.io.*;

import Exceptions.*;
public class HashTable <K,T extends Comparable<T>>implements
TADTaulaHash<K,T>{
   int tableSize=10;
   Nodo<K,T>[] tablaHash;
   int nElems;
   public HashTable(int nElems){
      tablaHash=new Nodo[nElems];
      tableSize=nElems;
   }
   /*
    * Constructor principal de la clase HashTable
    */
   public HashTable() {
      Crear();


   }
   public int getIndex(K key){
      int hash=hash(key);
      return hash%tablaHash.length;
   }

   /**
    * Method used to return an object's hash
    * @param key key from which we want to obtain the hash
    * @return hash of the key passed by parameter
    */
   public int hash(K key){

      String str=key.toString();
      int hash=0;//=key.hashCode();

         for(int i=1;i<str.length();i++){

            hash+=((int)str.charAt(i))*(32+i);
         }
         hash=hash < 0 ? hash * -1 : hash;
      return hash;
   }

   /**
    * Alternative method used to return an object's hash
    * @param key object from we want to obtain the hash
    * @return hash of the object passed by parameter
    */
   public int hashKey(K key){
      String str=key.toString();
      int res=0;
      for(int i=0;i<str.length();i++){
         res+=str.charAt(i)*Math.pow(32,i);
      }
      res=res < 0 ? res * -1 : res;
```

```
        return res;
    }
    @Override
    public void Crear() {
        tablaHash=new Nodo[tableSize];
        nElems=0;
    }

    @Override
    public void Inserir(K key, T data)  {

        if(factorCarga()>=0.75){
            //printTable();
            try{
            resize();
            }catch(ElementoNoEncontrado ignored){
            }
        }
        int hash=hash(key);
        int index=getIndex(key);
        if(tablaHash[index]==null){
            tablaHash[index]=new Nodo<>(key,data,hash);
            nElems++;
        }
        else{
            try{
                int offset=Buscar(key);
                replace(index,offset,data);
            }catch (ElementoNoEncontrado e){
                tablaHash[index].add(key,data,hash);

            }

        }

    }

    @Override
    public T Obtenir(K key) {
        return null;
    }

    @Override
    public int Buscar(K key) throws ElementoNoEncontrado{
        int hash=hash(key);
        int index=hash%tablaHash.length;
        int c=0;
        Nodo<K,T>temp=tablaHash[index];
        if(temp!=null){
            while(temp!=null){
                if(temp.key.equals(key)){
                    return c;
                }
                temp=temp.nextCol;
                c++;
            }

        }
        throw new ElementoNoEncontrado(c);
    }
```

```java
    @Override
    public int Mida() {
        return tablaHash.length;
    }

    /**
     * Mètode que esborra un element en cas que existeixi
     * @param key clau de l'element
     * @throws ElementoNoEncontrado throws exception if element isn't
found
     */
    @Override
    public void Esborrar(K key) throws ElementoNoEncontrado {
        int hash=hash(key);
        int index=getIndex(key);
        Nodo<K, T> elem=tablaHash[index];
        if(elem!=null){
            try {
                int offset = Buscar(key);
                if (offset == 0) {
                    elem=elem.nextCol;
                } else {
                    while (elem.nextCol.hash != hash) {
                        elem = elem.nextCol;
                    }
                    elem.nextCol = elem.nextCol.nextCol;
                }
                }catch(ElementoNoEncontrado e){
                    System.out.println(e.getMessage());
                }
        }
        else{
            throw new ElementoNoEncontrado(0);
        }
    }
    public ListaDoble<K,T>ObtenirValors(){
        Nodo<K,T> aux;
        ListaDoble<K,T> listaAux=new ListaDoble<>();
        for (Nodo<K, T> hash : tablaHash) {
            aux = hash;
            while (aux != null) {
                listaAux.Inserir(aux.getData());
                aux = aux.nextCol;
            }
        }
        return listaAux;
    }

    public ListaDoble<K,T>ObtenirClaus(){
        Nodo<K,T>aux;

        ListaDoble<K,T> listaAux=new ListaDoble<>();
        for (Nodo<K, T> hash : tablaHash) {
            aux = hash;
            while (aux != null) {

                listaAux.Inserir((T) aux.key);
                aux = aux.nextCol;
            }
        }
```

```
        return listaAux;
    }


    /**
     * Método que calcula el factor de carga para saber si hay que
redimensionar la tabla de hash
     * @return true si hay que redimensionar
     */
    public float factorCarga() {

        return (float)nElems/tablaHash.length;
    }
    /**
     * Método encargado de redimensionar la tabla de hash y recalcular
todos los hashes de nuevo
     */
    public void resize() throws ElementoNoEncontrado {
        //Nodo[]listaAux=new Nodo[tablaHash.length*2];
        HashTable<K,T> tablaAux=new HashTable<>(tablaHash.length*2);
        Nodo<K,T> temp;
        K key;
        T data;
        for (Nodo<K, T> hash : tablaHash) {
            temp = hash;
            while (temp != null) {
                key = temp.getKey();
                data = temp.getData();
                tablaAux.Inserir(key, data);
                temp = temp.nextCol;
            }

        }
        tablaHash=tablaAux.tablaHash;
        tableSize=tablaHash.length;

    }

    /**
     * Mètode auxiliar per a sobreescriure un valor en cas de que la
clau ja existeixi
     * @param index index de la taula de hahs
     * @param offset número de la col·lisió
     * @param data nou valor a assignar
     */
    public void replace(int index,int offset,T data){
        Nodo node=tablaHash[index];
        int i=0;
            while(i!=offset&&node!=null){
                node=node.nextCol;
                i++;
            }
            try{
            node.setData(data);

            }catch(NullPointerException e){

            }

    }
```

```
    /**
     * METHOD USED TO WRITE A FILE WITH ALL THE VALUES THAT CONTAINS
THE HASH TABLE
     */
    public void writeFile () {

        String fileName;
        FileWriter escribir=null;
        int nElems=tablaHash.length;
        Nodo temp=null;
        try {

            fileName="hashCodes.txt";
            escribir=new FileWriter(fileName);
        }catch(IOException e) {
            System.out.println(e.getMessage());
        }
        // TODO Auto-generated catch block
        for(int i=0;i<nElems;i++) {
            try {
                if(tablaHash[i]!=null) {
                    temp=tablaHash[i];
                    while(temp!=null) {
                                escribir.write("key= "+i+"; "+temp.data+";
hash= "+temp.hash+"\n");
                                //escribir.write();
                                escribir.flush();
                        temp=temp.nextCol;
                    }
                }
            }catch(NullPointerException e) {
                System.out.println(e.getMessage());
            } catch (IOException e) {
                throw new RuntimeException(e);
            }
        }
        try {
            escribir.close();
        } catch (IOException e) {
            throw new RuntimeException(e);
        }

    }


}
```

Main

```
package Programa;

import java.io.*;
import java.util.*;

import Data.*;
import Exceptions.ElementoNoEncontrado;

public class main {

    public static void main(String[] args)throws InterruptedException,
```

```
IOException  {
      // PROGRAMA PRINCIPAL PART HASHINGS

      HashTable<Object,Ciutada>tablaAux=new HashTable<>();

      Ciutada carlos=new Ciutada("Carlos","Martinez","49424598J");
      Ciutada david=new Ciutada("David","Marti","7771391023");
      Ciutada nil=new Ciutada("Carlos","Martinez","44548898T");
      Ciutada genis=new Ciutada("Genis","Martinez","73981391P");
      Ciutada roger=new Ciutada("Roger","Massana","3731918T");
      Ciutada lluis=new Ciutada("Lluis","Gallart","7137391890");
      Ciutada gerard=new Ciutada("Gerard","Panisello","3241233Y");
      Ciutada eros=new Ciutada("Eros","Villar","1413133T");

      try{
         tablaAux.Inserir("49424598J",carlos);
         tablaAux.Inserir("7771391023",david);
         tablaAux.Inserir("44548898T",nil);
         tablaAux.Inserir("73981391P",genis);
         tablaAux.Inserir("3731918T",roger);
         tablaAux.Inserir("7137391890",lluis);
         tablaAux.Inserir("3241233Y",gerard);
         tablaAux.Inserir("1413133",eros);

         System.out.println(tablaAux.Buscar("49424598J"));
         System.out.println(tablaAux.Buscar("7771391023"));
         System.out.println(tablaAux.Buscar("44548898T"));
         System.out.println(tablaAux.Buscar("73981391P"));
         System.out.println(tablaAux.Buscar("3731918T"));
         System.out.println(tablaAux.Buscar("7137391890"));
         System.out.println(tablaAux.Buscar("3241233Y"));
         System.out.println(tablaAux.Buscar("1413133"));



      }catch(ElementoNoEncontrado e){

      }



      //ANÀLISI DEL COST COMPUTACIONAL

      //Taula de hash
      JocProvesTaula();
      System.out.println("TABLE DONE");

      //Anàlisi de la llista doblement encadenada
      JocProvesLlista();
      System.out.println("LIST DONE");
   }


   public static void JocProvesTaula() throws IOException {

      int searchElems;

      System.out.println("BENVINGUT/UDA AL PROGRAMA PRINCIPAL");
      System.out.println("A continuació s'executaran els següents
mètodes de manera automàtica:");
```

```
      System.out.println("-Després de finalitzar cada inerció dels
elements a la taula de hash anirem buscant" +
            " números generats aleatoriament");
      System.out.println("-Un cop generades totes les taules de hash i
calculats els seus costos d'accès," +
            "generarem un fitxer que recollirà un anàlisi del cost mig
i desviació estandard tenint en compte" +
            "els factors mencionats previament.");
      System.out.println("COMENCEM...\n");
      //t.sleep(3500);


      int nElems=1000;
      HashTable<Integer,Integer> numbers;
      int[]digits;
      int i=0;
      ArrayList<ArrayList<Integer>>llistaAux=new ArrayList<>();
      do {
         System.out.println("nElems= "+nElems);
         llistaAux.add(new ArrayList<>());
         numbers=new HashTable<>(nElems);
         digits = new int[nElems];

         for(int k=0;k<nElems;k++) {
            digits[k] = randomInt(nElems/2);

            numbers.Inserir(digits[k],digits[k]);
         }

         String fileName="Analisi/LogCerques/"+nElems+"searches.txt";
         PrintStream output;
         try {
            output = new PrintStream(new FileOutputStream(fileName));
         } catch (FileNotFoundException e) {
            throw new RuntimeException(e);
         }
         System.setOut(output);
            //Escribimos en un fichero los elementos que encuentra y
los que no, para poder visualizarlo más comodamente

         for(int j=0;j<nElems;j++) {

            try{
            searchElems=numbers.Buscar(randomInt(numbers.Mida()/2));
               llistaAux.get(i).add(searchElems);
            //totalSearches[i]+=searchElems;
               System.out.println(searchElems+" iteration until
element has been found");

            }catch(ElementoNoEncontrado e){
               System.out.println(e.getMessage());
            }

         }
         System.setOut(new PrintStream(new
FileOutputStream(FileDescriptor.out)));
         nElems+=1000;i++;
      }while(nElems<=50000);
      numbers.writeFile();
```

```
      //Escritura del fitxer
      FileWriter analisis=new
FileWriter("Analisi/CostCompuTaula.csv");
      analisis.write("MIDA;"+"N ACCESSOS;"+"DESV EST\n");
      int Elems=1000;
      for (ArrayList<Integer> lista : llistaAux) {
         analisis.write(Elems + ";" + mean(lista) + ";" +
stDev(lista)+"\n");
         Elems += 1000;
      }
      analisis.close();


   }
   public static void JocProvesLlista(){
      ListaDoble<Integer,Integer>lista;
      int nElems=1000;
      ArrayList<Integer> digits;
      int searchElems;
      ArrayList<ArrayList<Integer>>llistaAux=new ArrayList<>();
      int i=0;
      FileWriter analisis=null;
      try {
         analisis = new FileWriter("Analisi/CostCompuLlista.csv");
         analisis.write("MIDA;"+"N ACCESSOS;"+"DESV EST\n");
      }catch(IOException e) {
         System.out.println("FILE NOT FOUND");
      }
      do{
         lista=new ListaDoble<>();
         System.out.println("nElems= "+nElems);
         llistaAux.add(new ArrayList<>());
         digits=new ArrayList<>();
         for(int j=0; j<nElems; j++){
            digits.add( randomInt(nElems / 2));
            lista.Inserir(digits.get(j));
         }
         for(int k=0;k<nElems;k++){
            try{
               searchElems=lista.Buscar(randomInt(nElems/2));
               llistaAux.get(i).add(searchElems);
            }catch(ElementoNoEncontrado e){
               //System.out.println(e.getMessage());
            }
         }


         try {

            analisis.write(nElems + ";" + mean(llistaAux.get(i)) + ";"
+ stDev(llistaAux.get(i)) + "\n");
         }
         catch(NullPointerException e){
            System.out.println(e.getMessage());
         } catch (IOException e) {
            System.out.println("FILE ERROR");
         }
         i++;
         nElems+=1000;
      }while(nElems<=50000);
```

```
            try{
            analisis.close();

            }catch(IOException e){

            }


    }
    public static double mean(ArrayList<Integer> lista){
        int sum=0;
        for(int temp: lista){
            sum+=temp;
        }
        return (double)sum/ lista.size();

    }
    public static double stDev(ArrayList<Integer>lista) {
        int[]nums=new int[lista.size()];
        for(int i=0;i<lista.size();i++){
            nums[i]=lista.get(i);
        }
        double stDev=0.0,sum=0.0;
        for(int i=0;i<nums.length&&nums[i]!=0;i++) {
            sum+=nums[i];
        }
        double media=sum/nums.length;
        for(int j=0;j<nums.length&&nums[j]!=0;j++) {
            stDev+=Math.pow(nums[j]-media, 2);
        }
         double sq = stDev / nums.length;
             stDev = Math.sqrt(sq);
        return stDev;
    }

    public static void separator() {

System.out.println("**************************************************
********");
    }



    /**
     * Genera un número entero aleatorio
     * @return random int
     */
    public static Integer randomInt(int rightLimit) {
        int leftLimit=1;
        return leftLimit+(int)(Math.random()*(rightLimit-leftLimit));
    }

}
```

Node

```
package Data;

public class Nodo<K,T extends Comparable<T>> implements Comparable<T>
{
   T data;
   K key;
   public Nodo<K,T> nextCol;
   public Nodo<K,T> prev;
   int hash=0;

   public Nodo(Nodo<K,T> col,T data) {
      this.data=data;
      nextCol=col;
      prev=null;
   }
   public Nodo(K key,T data,int hash){
      this.data=data;
      this.key=key;
      this.hash=hash;
      nextCol=null;
      prev=null;
   }

   public Nodo(Nodo<K,T> sig, Nodo<K,T> prev, T data) {
      this.data = data;
      this.nextCol = sig;
      this.prev = prev;
   }

   public Nodo(T data2) {
      this(null,data2);
   }
   public void add(K key,T data,int hash){
      Nodo<K,T> temp=this;
      if(temp.data==null){
         temp.data=data;
         temp.hash=hash;
      }
      else {
         while (temp.nextCol != null) {
            temp = temp.nextCol;
         }
         temp.setNextCol(new Nodo<>(key,data,hash));
      }
   }

   public K getKey() {
      return key;
   }

   public T getData() {
      return this.data;
   }
   public void setData(T data) {
   this.data=data;
   }

   public void setNextCol(Nodo<K,T> col) {
```

```
        this.nextCol=col;
    }

    @Override
    public String toString() {
        return "Nodo{" +
                "data=" + data +
                ", nextCol=" + nextCol +
                '}';
    }
    @Override
    public int hashCode() {
        return hash;
    }

    @Override
    public int compareTo(T o) {
        if(o.hashCode()==hashCode())return 0;
        return -1;
    }
}
```

TAD TAULA HASH

```
package Data;

import Exceptions.ElementoNoEncontrado;

public interface TADTaulaHash<K, T extends Comparable<T>> {
     public void Crear();
     public void Inserir(K key, T data) throws ElementoNoEncontrado;
     T Obtenir(K key);
     public int Buscar(K key)throws ElementoNoEncontrado;
     public int Mida();
     public void Esborrar(K key) throws ElementoNoEncontrado;
     public ListaDoble<K,T>ObtenirValors();
     public ListaDoble<K,T>ObtenirClaus();
     public float factorCarga();

}
```