



5. STL: Contenedores

5.1 Introducción

La Standard Template Library, STL, implementa los contenedores lineales vistos en el capítulo 4. De esta forma, los nombres de las clases asociadas a estos contenedores lineales y como incluir la librería donde están definidos se puede ver en la siguiente tabla:

T.D.A.	Clase	Como incluirla
Vector Dinámico	vector	<code>#include<vector></code>
Lista	list	<code>#include<list></code>
Cola/Cola con prioridad	queue / priority_queue	<code>#include<queue></code>
Pila	stack	<code>#include<stack></code>
Doble Cola	deque	<code>include <deque></code>
Vector Estático	array	<code>include <array></code>
Listas enlace simple	forward_list	<code>include <forward_list></code>

En este tema nuestro primer objetivo será revisar estos contenedores lineales que se implementan en la STL. De esta forma en este tema se describe una versión ajustada a los contenedores estudiados. Una versión con más detalle de la STL se puede consultar en <http://www.cplusplus.com/>. En una segunda parte veremos contenedores no lineales: set, multiset, map y multimap. Y otro contenedores no lineales que permiten realizar búsquedas en tiempos constantes como son: *unordered_set*, *unordered_map*.

5.1.1 Matriz

Como ejemplo de uso de la clase vector de la STL vamos a implementar la clase Matriz. Para ello Matriz se representa como un vector de vectores.

```

1  #ifndef _MATRIZ_H
2  #define _MATRIZ_H
3  #include <iostream>
4  #include <vector>
5  #include <cassert>
6  #include <algorithm>
7  using namespace std;
8  template <class T>
9  class Matriz{
10     private:
11         vector<vector<T> > m; //vector de vectores
12         int nr,//numero de filas
13             nc;//numero de columnas
14
15         /**
16             @brief Copia una matriz en otra
17             @param M: matriz origen
18             */
19         void Copiar(const Matriz<T> &M);
20         /**
21             @brief Borra la memoria asignada a matriz
22             */
23         void Borrar()
24     public:
25         /**
26             @brief Constructor por defecto
27             */
28         Matriz():nr(0),nc(0){}
29
30         /**
31             @brief Constructor por parametros
32             @param nr: numero de filas
33             @param nc: numero de columnas
34             @param value: valor al que se inicia cada elemento de la matriz
35             */
36         Matriz(int nr,int nc, const T&value = T());
37
38         /**
39             @brief Constructor de copia
40             @param M: matriz que se copia
41             */
42         Matriz(const Matriz<T>&M){
43             Copiar(M);

```

```
44         }
45
46     /**
47     @brief Destructor
48     */
49     ~Matriz(){
50         Borrar(); //se podria dejar en blanco.
51     }
52
53     /**
54     @brief Operador de asignacion
55     @param M: matriz a asignar
56     @return una referencia al objeto
57     */
58     Matriz<T> & operator=(const Matriz<T> & M){
59         if (this!=&M){
60             Borrar();
61             Copiar(M);
62         }
63         return *this;
64     }
65
66     /**
67     @brief Devuelve el numero de filas
68     */
69     int filas()const{ return nr;}
70
71     /**
72     @brief Devuelve el numero de columnas
73     */
74     int cols()const{ return nc;}
75
76     /**
77     @brief Anade una columna. La inserta en una posicion dada
78     @param pos: posicion donde inserta la nueva columna
79     @param v: vector con los elementos de la columna
80     @pre v debe tener filas() elementos
81     */
82     Matriz<T>& addCol(int pos,const vector<T> &v);
83
84     /**
85     @brief Anade una fila. La inserta en una posicion
86     @param pos: posicion donde inserta la nueva fila
87     @param v: vector con los elementos de la fila
```

```

87         @pre v debe tener cols() elementos
88         */
89         Matriz<T>& addRow(int pos,const vector<T> &v);
90
91     /**
92     @brief Borra una columna de la matriz
93     @param pos: posicion de la columna a borrar
94     @pre pos debe estar comprendida entre 0 y cols()-1
95     */
96     Matriz<T>& delCol(int pos);
97
98     /**
99     @brief Borra una fila de la matriz
100    @param pos: posicion de la fila a borrar
101    @pre pos debe estar comprendida entre 0 y filas()-1
102    */
103    Matriz<T>& delRow(int pos);
104
105    /**
106    @brief Obtiene el elemento de una fila,columna
107    @param i: fila del elemento
108    @param j: col del elemento
109    */
110    const T & operator()(int i,int j)const;
111
112    /**
113    @brief Obtiene el elemento de una fila,columna
114    @param i: fila del elemento
115    @param j: col del elemento
116    */
117    T & operator()(int i,int j);
118
119    /**
120    @brief Intercambio de dos matrices
121    @param M: matriz con la que se realiza el intercambio
122    */
123
124    void swap(Matriz<T> &M);
125
126    /**
127    @brief Escritura de una matriz por el flujo estandar
128    @param os: flujo de salida
129    @param M: matriz que se escribe

```

```

130         */
131         template <class U>
132         friend ostream &operator<<(ostream & os, const Matriz<U> &M);
133
134
135         /**
136         @brief Lectura de una matriz desde el flujo estandar
137         @param is: flujo de entrada
138         @param M: matriz en la que se lee. ES MODIFICADA
139         */
140         template <class U>
141         friend istream & operator>>(istream & is, Matriz<U> &M);
142     };
143     #include "Matriz.h"
144     #endif

```

En este ejemplo se ha representado la matriz haciendo uso de vector de la STL. Esta clase no gestiona la memoria dinámica por lo tanto no necesita implementar el operador de asignación ni el constructor de copias. No obstante para ver el uso de las funcionalidades de la clase vector se han implementado. Veamos a continuación como se realiza la implementación de los métodos.

```

1  template <class T>
2  void Matriz<T>::Copiar(const Matriz<T>&M){
3      this->nr= M.nr;
4      this->nc = M.nc;
5      m = vector< vector<T> >(nr);
6      typename vector<vector<T> >::iterator it_r;
7      typename vector<vector<T> >::const_iterator it_r_m;
8      for (it_r_m=M.m.begin(),it_r=m.begin();it_r_m!=M.m.end(); ++it_r_m,++it_r){
9          //reservamos la memoria para la fila
10         (*it_r)=vector<T>(nc);
11         //asignamos a la fila todos los elementos de la misma fila en M
12         (*it_r).assign((*it_r_m).begin(),(*it_r_m).end());
13     }
14     // La asignacion mas facil
15     // for (int i=0;i<nr;i++){
16     //     m[i]= vector<T>(nc);
17     //     for (int j=j<nc;j++)
18     //         m[i][j]= M.m[i][j];
19     // }
20 }
21 template <class T>
22 void Matriz<T>::Borrar(){
23     //OPCION 1: m.clear();

```

```

24         //OPCION 2: m.erase(m.begin(),m.end());
25         //OPCION 3: borrar cada fila y luego el vector que direcciona a las filas
26         typename vector<vector<T> >::iterator it_r;
27         for (it_r = m.begin(); it_r!=m.end();++it_r)
28             (*it_r).erase((*it_r).begin(),(*it_r).end());
29
30         m.erase(m.begin(),m.end());
31     }
32     template <class T>
33     Matriz<T>::Matriz(int nr,int nc, const T&value = T()){
34         this->nr=nr;
35         this->nc=nc;
36         m= vector< vector<T> >(nr);
37         typename vector <vector<T> >::iterator it;
38         for (it=m.begin(); it!=m.end();++it)
39             *it=vector<T>(nc,value);
40     }
41
42     template <class T>
43     Matriz<T>& Matriz<T>::addCol(int pos,const vector<T> &v){
44         //nos aseguramos que v tiene tantos elementos como filas
45         assert(v.size()==nr);
46
47         typename vector <vector<T> >::iterator it;
48         typename vector<T>::const_iterator itv=v.begin();
49         for (it=m.begin();it!=m.end(); ++it,++itv){
50             //tenemos que hacer un resize de cada fila
51             (*it).resize(nc+1);
52
53             for (int i=nc;i>pos;i--)//abrimos hueco para insertar el elemento
54                 (*it)[i]=(*it)[i-1]; //OPCION2: *it.at(i)=*it.at(i-1)
55
56             (*it)[pos]=*itv;//ponemos el elemento
57         }
58         nc++;//incrementamos el numero de columnas
59         return *this;
60     }
61     template <class T>
62     Matriz<T>& Matriz<T>::addRow(int pos,const vector<T> &v){
63         //v debe tener tantos elementos como columnas
64         assert(v.size()==nc);
65
66         m.resize(nr+1);//tenemos que hacer un resize de cada columna

```

```

67         for (int i=nr;i>pos;--i) //Copiamos del final hacia pos la anterior
68             m[i].assign(m[i-1].begin(),m[i-1].end());
69         m[pos].assign(v.begin(),v.end()); //copiamos v como la nueva fila
70         nr++; //el numero de filas se incrementa
71         return *this;
72     }
73     template <class T>
74     Matriz<T>& Matriz<T>::delCol(int pos){
75         typename vector <vector<T> >::iterator it;
76         for (it=m.begin();it!=m.end();++it){ //de cada fila
77             for (int i=pos;i<nc-1;i++) //movemos una posicion los elems. desde pos a nc-1
78                 (*it).at(i)=(*it).at(i+1);
79             (*it).pop_back(); //borramos el ultimo
80         }
81         nc--; //decrementamos el numero de columnas
82         return *this;
83     }
84     template <class T>
85     Matriz<T>& Matriz<T>::delRow(int pos){
86         for (int i=pos;i<nr-1;i++)
87             m[i]=m[i+1]; //invocamos al operador = de vector
88         m.pop_back(); //se borra la ultima fila
89         nr--; //decrementamos el numero de filas
90         return *this;
91     }
92     template <class T>
93     void Matriz<T>::swap(Matriz<T> & M){
94         m.swap(M.m); //se invoca a swap de vector
95         std::swap(nr,M.nr); //es necesario anteponer std para eliminar ambigüedad
96         std::swap(nc,M.nc);
97     }
98     template <class U>
99     ostream & operator<<(ostream & os, const Matriz<U> &M){
100         for (int i=0;i<M.nr;i++){
101             os<<"\n";
102             for (int j=0;j<M.nc;j++)
103                 os<<M.m[i][j]<<" ";
104         }
105         return os;
106     }
107     template <class U>
108     istream & operator>>(istream & is, Matriz<U> &M){
109         int nr,nc;

```

```

110         is>>nr>>nc;
111         Matriz<U>Maux(nr,nc);
112         for (int i=0;i<nr;i++){
113             for (int j=0;j<nc;j++){
114                 is>>Maux.m[i][j];
115             }
116             M=Maux;
117             return is;
118     }

```

Iteradores de Matriz

Una vez vistos los métodos de Matriz vamos a añadir un iterador para que recorra los elementos de la matriz. La forma de recorrerlos depende de la semántica del iterador. Por ejemplo supongamos que queremos un iterador para que recorra **primero todos los elementos de la primera fila a continuación los elementos de la segunda fila** y así.

```

1  template <class T>
2  class Matriz{
3      private:
4          vector<vector<T> > m; //vector de vectores
5          int nr,//numero de filas
6          int nc;//numero de columnas
7          ...
8      public:
9          class const_iterator;
10         class iterator{
11             private:
12                 typename vector<vector<T> >::iterator it_row;//recorre las filas
13                 typename vector<vector<T> >::iterator it_row_end;//fin de las filas
14                 typename vector<vector<T> >::iterator it_row_begin;//comienzo de las filas
15                 typename vector<T>::iterator it_col;//en la fila recorre columna
16             public:
17                 iterator(){}
18                 iterator & operator++(){
19                     ++it_col;//avanzamos a la siguiente columna en la misma fila
20                     if ((*it_row).end()==it_col){//hemos llegado al final de la fila
21                         ++it_row;//avanzamos en fila
22                         if (it_row!=it_row_end) //no he recorrido todas las filas
23                             it_col = (*it_row).begin();//se inicia a la primera columna
24                         else
25                             it_col = (*it_row_begin).end();//lo pongo a la ultima de la primera
26                     }
27                     return *this;
28                 }
29             }
30         }
31     }
32 }

```



```

29         iterator & operator--(){
30             if (it_col==(*it_row).begin()){//es el primero
31                 if (it_row!=it_row_begin){
32                     --it_row;
33                     it_col= (*it_row).end();
34                     --it_col;
35                 }
36                 else {
37                     it_col=(*it_row).end();
38                     it_row=it_row_end;
39                 }
40             }
41             else --it_col
42             return *this;
43         }
44
45         T & operator *(){const{
46             return *it_col;
47         }
48         bool operator==(const iterator &i){
49             return i.it_row==it_row && i.it_col==it_col;
50         }
51         bool operator!=(const iterator &i){
52             return !(i.it_row==it_row && i.it_col==it_col);
53         }
54         friend class Matriz<T>;
55         friend class const_iterator;
56     };
57
58
59     class const_iterator{
60     private:
61         typename vector<vector<T> >::const_iterator it_row;//recorre las filas
62         typename vector<vector<T> >::const_iterator it_row_end;//fin de las filas
63         typename vector<vector<T> >::const_iterator it_row_begin;
64         typename vector<T>::const_iterator it_col;
65     public:
66         const_iterator(){}
67         const_iterator(const iterator &i){
68             it_row =i.it_row;
69             it_row_end=i.it_row_end;
70             it_row_begin= i.it_row_begin;
71             it_col = i.it_col;

```

```

72
73     }
74     const_iterator & operator++(){
75         ++it_col; //avanzamos a la siguiente columna en la misma fila
76         if ((*it_row).end()==it_col){//hemos llegado al final de la fila
77             ++it_row; //avanzamos en fila
78             if (it_row!=it_row_end) //no he recorrido todas las filas
79                 it_col = (*it_row).begin(); //se inicia a la primera columna
80             else
81                 it_col = (*it_row_begin).end(); //lo pongo a la ultima de la primera
82         }
83         return *this;
84     }
85     const_iterator & operator--(){
86         if (it_col==(*it_row).begin()){//es el primero
87             if (it_row!=it_row_begin){
88                 --it_row;
89                 it_col= (*it_row).end();
90                 --it_col;
91             }
92             else {
93                 it_col=(*it_row).end();
94                 it_row=it_row_end;
95             }
96         }
97         else --it_col
98         return *this;
99     }
100
101     const T & operator *()const{
102         return *it_col;
103     }
104     bool operator==(const const_iterator &i){
105         return i.it_row==it_row && i.it_col==it_col;
106     }
107     bool operator!=(const const_iterator &i){
108         return !(i.it_row==it_row && i.it_col==it_col);
109     }
110     friend class Matriz<T>;
111
112 };
113
114 ....

```

```

115     //Funciones begin y end
116     iterator begin(){
117         iterator i;
118         i.it_row = m.begin();//fila inicial
119         i.it_col = (*(m.begin())).begin();//columna primera de la primera fila
120         i.it_row_end=m.end();//siguiente a la ultima fila
121         i.it_row_begin= m.begin();//fila primera
122         return i;
123     }
124     iterator end(){
125         iterator i;
126         i.it_row = m.end();//siguiente a la ultima fila
127         i.it_col = (*(m.begin())).end();//ultima de la primera fila
128         i.it_row_end=m.end(); //siguiente a la ultima fila
129         i.it_row_begin= m.begin();//primera fila
130         return i;
131     }
132
133     const_iterator begin()const{
134         const_iterator i;
135         i.it_row = m.begin();
136         i.it_col = (*(m.begin())).begin();
137         i.it_row_end=m.end();
138         i.it_row_begin= m.begin();
139         return i;
140     }
141     const_iterator end()const {
142         const_iterator i;
143         i.it_row = m.end();
144         i.it_col = (*(m.begin())).end();
145         i.it_row_end=m.end();
146         i.it_row_begin= m.begin();
147         return i;
148     }
149
150 };
151
152 #endif

```

Un ejemplo de uso de la clase iterador de Matriz se puede ver en el siguiente código:

```

1  template <class T>
2  void Imprimir(const Matriz<T> &M){
3      typename Matriz<T>::const_iterator it;

```

```

4         for (it=M.begin(); it!=M.end();++it){
5             cout<<*it<<endl;
6         }
7     }
8     template <class T>
9     Matriz<T> operator+(const Matriz<T> &M1, const Matriz<T>&M2){
10         Matriz<T> Ms(M1.filas(),M1.cols());
11         typename Matriz<T>::iterator it_s;
12         typename Matriz<T>::const_iterator it1,it2;
13         for (it1=M1.begin(),it2=M2.begin,it_s=Ms.begin; it1=M1.end();++it1,++it2,++it_s)
14             *it_s=(*it1)+(*it2);
15         return Ms;
16     }
17
18     int main(){
19
20         Matriz<int> M1,M2,M3;
21         //leemos las matrices
22         cin>>M1;
23         cin>>M2;
24         M3=M1+M2;
25         Imprimir(M3);
26     }

```

Ejercicio 5.1

Dar la implementación y representación de un iterador de Matriz que la recorra de la siguiente forma: En primer lugar todos los elementos de la primera columna, a continuación los elementos de la segunda columna, así hasta llegar a recorrer la última columna. Implementar los métodos `begin` y `end` de Matriz para este iterador

□

5.1.2 Functor: Funciones Objeto

Antes de seguir viendo el resto de contenedores, vamos a hacer un paréntesis para describir que son los funtores. Los funtores son objetos que pueden ser tratados como funciones o punteros a funciones. En este sentido podríamos tener el siguiente código:

```

1     mi_clasefunctor functor;
2     functor(1,2,3);

```

C++ permite sobrecargar el operador `()`, siendo esta la función a la que realmente se llama (*operator()(int,int,int)* de la clase *mi_clasefunctor*). El operador `()` puede tomar cualquier número de parámetros y de cualquier tipo y devolver lo que desees. El objeto functor puedes construirlo de diferentes formas

para que tenga diferentes estados y por lo tanto su forma de actuar sea dependiente del estado en el que se encuentre. Por ejemplo:

```

1  class miclasefunctor{
2      private:
3          int x;
4      public:
5          miclasefunctor(int xx):x(xx){}
6          int operator()(int y){
7              return x+y;
8          }
9  };
10 int main(){
11     miclasefunctor a1(5); //se construye con a1.x=5
12     std::cout<<a1(6); //se escribe 11
13 }

```

Un ejemplo mas elaborado para usar funtores. Suponer que tenemos la clase punto compuesto de valor x y del valor y. Además tenemos un vector de puntos en el que algunas veces queremos ordenarlo por la abscisa x y otras veces por la ordenada y.

```

1  class Punto{
2      private:
3          int x,y;
4      public:
5          ...
6          int Get(bool want_x){
7              if (want_x) return x;
8              else return y;
9          }
10         ...
11 };
12 class PuntoSorted{
13     private:
14         bool ordenx;
15     public:
16         PuntoSorted(bool ox): ordenx(ox){}
17         bool operator()(const Punto &p1,const Punto &p2) {
18             return p1.Get(ordenx)<p2.Get(ordenx);
19         }
20         ...
21 };

```

La clase *PuntoSorted* se puede crear con dos estados: un valor de *ordenx* a true; o un valor de *ordenx* a false. De esta forma cuando se invoca el operator() la comparación del punto se hará según el valor x si *ordenx* es true o según el valor de y si *ordenx* es false.

```

1  int main(){
2      std::vector<Punto> mispuntos;
3      //leemos en mispuntos una secuencia de puntos
4      //Creamos dos funtores
5      PuntoSorted orden_x(true);
6      PuntoSorted orden_y(false);
7
8      //ordenamos por x
9      sort(mispuntos.begin(),mispuntos.end(),orden_x);
10
11     //ordenamos por y
12     sort(mispuntos.begin(),mispuntos.end(),orden_y);
13
14 }

```

En el main supuesto que tenemos un vector de objetos de tipo Punto se puede ordenar por x y por y usando dos funtores. Para ello se crea un functor *orden_x* con estado true. Así cuando se invoca al operador () se realizará la comparación por x. Esto es lo que ocurre cuando se hace la llamada a sort para que ordene desde el principio hasta el fin del vector teniendo como tercer parámetro el functor *orden_x*. Ahora para ordenar por el valor y simplemente tenemos que volver a llamar sort con el functor *orden_y*.

5.1.3 Listas

```

1  #include <iostream>
2  #include <list>
3  using namespace std;
4
5  int main()
6  {
7      list<int> milista;
8      for (int i=1; i<=5; i++)
9          milista.push_back(i); //insertamos elementos al final de la lista
10
11     list<int>::reverse_iterator rit; //para recorrer la lista al reves
12
13     for (rit=milista.rbegin();rit!=milista.rend();++rit)
14         cout << *rit << " ";
15
16     //Las funciones rbegin y rend son especificas para reverse iterator,
17     //devuelven rbegin el final de la lista y rend el principio.
18
19     //Tras el for tendríamos la siguiente salida: 5 4 3 2 1
20
21     list<int> iterator r;

```

```

22
23     for (ri=milista.begin(); ri!=milista.end(); ++ri)
24         cout << *ri << " ";
25
26     //Tras el for tendríamos la siguiente salida: 1 2 3 4 5
27
28     cout << "El tamaño de mi lista es " << milista.size();
29
30     //La función size devuelve el tamaño de una lista
31
32     int sum=0;
33
34     while (!milista.empty()) {
35         sum+=milista.front();    //devuelve el valor al frente de la lista
36         milista.pop_front();    //elimina el valor al final de la lista
37     }
38
39     //Alternativamente, podríamos haber usado los métodos back para
40     //obtener el final de la lista y pop_back para borrarlo.
41 }

```

Las funciones vistas hasta ahora son:

1. **push_back(i)**: añade el elemento i al final de la lista
2. **reverse_iterator**: un objeto de la clase reverse_iterator recorre la lista de final a principio.
3. **rbegin()**: método que devuelve un objeto reverse_iterator que apunta al último elemento válido de la lista
4. **rend()**: método que devuelve un objeto de reverse_iterator que apunta antes del elemento inicial de la lista.
5. **size()**: devuelve el número de nodos de la lista
6. **empty()**: nos dice si la lista está vacía
7. **front()**: nos devuelve el primer nodo de la lista
8. **back()**: nos devuelve el último nodo de la lista
9. **pop_front()**: borra el primer elemento de la lista
10. **pop_back()**: borra el último elemento de la lista.

Ahora vamos a ver una función nueva: **erase**.

Erase

Tiene dos versiones:

1. *iterator erase (iterator posicion)*: borra un elemento con su posición
2. *iterator erase (iterator first, iterator end)*: elimina todos los elementos desde first hasta end, end no incluido

Un ejemplo de **mal** uso de esta función sería:

```

1 void ErasePares (list<int> &l) {
2     list<int>::iterator it;

```

```

3
4     for (it=l.begin();it!=l.end();++it)
5         if ((*it)%2==0)
6             l.erase(it); //CUIDADO:Hay que recuperar it
7 }

```

Al hacer un erase del primer elemento, perderíamos it y por tanto, podríamos estar borrando cualquier cosa menos los elementos pares de la lista. Lo correcto sería:

```

1 void ErasePares (list<int> &l) {
2     list<int>::iterator it;
3     it=l.begin();
4     while (it!=l.end()) {
5         if ((*it)%2==0)
6             it = l.erase(it);
7
8         else
9             ++it;
10    }
11 }

```

Otro ejemplo de uso de la clase Lista sería:

```

1  #include <iostream>
2  #include <list>
3  using namespace std;
4
5  int main() {
6      int mienteros[] = {13,12,10,20};
7      lista<int> milista;
8      milista.assign(mienteros, mienteros+4);
9
10     //ahora mi lista tiene los valores 13 12 10 20
11     //otra forma de inicializarla seria milista.assign(7,100);
12     //y tendria 7 elementos iguales (100).
13
14     list<int> otralista;
15
16     otralista.assign(milista.begin(), milista.end());
17     //otralista tiene los mismos elementos que milista
18
19     list<int> l3;
20
21     list<int>::iterator it;

```



```

22
23     for (it=otralista.begin();it!=otralista.end();++it)
24         l3.push_back(*it); //l3 tiene los mismos elementos que otralista y que milista
25
26     it=l3.begin();
27     ++it;           //it apunta al segundo elemento de l3, 12
28
29     l3.insert(it,2,30); //ahora l3 tiene 13 30 30 12 10 20
30                     //it sigue apuntando a 12
31
32     l3.insert(it,4); //ahora l3 tiene 13 30 30 4 12 10 20
33                   // it apunta al 4 ahora
34
35     vector<int> v;
36
37     v.assign(l3.begin(),l3.end()); //v = 13 30 30 4 12 10 20
38
39     it = milista.begin();
40
41     milista.insert(it,v.begin(),v.end()); //milista = 13 30 30 4 12 20 13 12 10 20
42
43     milista.swap(l3); //intercambiamos el contenido de ambas
44
45     l3.clear(); //limpiamos l3.l3 se queda sin elementos.
46 }

```

Las funciones vistas en este ejemplo son:

1. **assign**: según los parámetros, asigna a la lista unos valores u otros. Las posibilidades de llamada de assign son
 - a) *assign(iterator inicio,iterator fin)*: el inicio y el final de una serie de elementos dados por dos iteradores. Asigna a la lista los valores de ese rango.
 - b) *assign(int n,const T &v)*: un entero y un objeto de un tipo concreto. Asigna a la lista el segundo parámetro tantas veces como diga el primer parámetro.
2. **insert**: según los parámetros funciona de una manera u otra:
 - a) *insert(iterator it,int n,const T v)* tres parámetros: un iterador, un entero y un objeto de un tipo. Inserta en la posición apuntada por el iterador el objeto tantas veces como diga el entero. El iterador sigue apuntando al valor que apuntaba antes de la inserción
 - b) *insert(iterator it,const T v)* dos parámetros: una posición y un objeto. Inserta en la posición dada por el iterador el objeto y el iterador pasa a apuntar a ese objeto
 - c) *insert(iterator it_dest,iterator it_source_inicio,iterator it_source_fin)* tres parámetros: inserta en la primera posición, de la lista destino, todos los elementos desde la segunda hasta la tercera posición del mismo u otro contenedor.
3. **swap**: intercambia dos listas. Necesita un único parámetro que es la lista con la que se intercambia.

4. **clear**: deja la lista que llama a este método vacía

Splice

Mueve los elementos de una lista a otra. Según sus parámetros puede ser:

1. *splice(iterator it, lista l)* dos parámetros: un iterador y una lista. Coge todos los elementos de la lista l y los mueve a la lista con la que se llama a splice. Se inserta a partir de la posición dada por it. La lista l queda vacía.
2. *splice(iterator itdes, lista l, iterator itsource)* Tres parámetros. Mueve el elemento apuntado por itsource de l a la lista con la que se llama al método y lo pone donde apunta itdes.
3. *splice(iterator itdes, lista l, iterator itsource_ini, iterator itsource_fin)* Cuatro parámetros: mueve todos los elementos apuntados desde itsource_ini hasta itsource_fin de l a la lista con la que se llama al método y se inserta a partir de la posición itdes.

```

1  #include <iostream>
2  #include <list>
3  using namespace std;
4
5  int main () {
6      list<int> l1, l2;
7      list<int>::iterator it;
8
9      for (int i=1;i<=4;i++)
10         l1.push_back(i);    //l1 = 1 2 3 4
11
12     for (int i=1;i<=3;i++)
13         l2.push_back(i*10);    //l2 = 10 20 30
14
15     it = l1.begin();
16     ++it;
17
18     l1.splice(it,l2);    //a partir de it, coge todos los elementos de
19                        //l2 y los pone en l1:
20                        //l1 = 1 10 20 30 2 3 4 (it apunta a 2)
21                        //l2 = (vacía)
22
23     l2.splice(l2.begin(), l1, it); //de los elementos de l1 coge el elemento it
24                                //l1 = 1 10 20 30 3 4
25                                //l2 = 2
26                                //el iterador se invalida
27
28     it=l1.begin();
29
30     advance(it,3); //avanza el iterador en tres posiciones *it=30
31

```

```

32     l1.splice(l1.begin(),l1,it,l1.end()); //l1 = 30 3 4 1 10 20
33 }

```

Remove

void remove (const value &val): Elimina de una lista todos los elementos con valor val.

```

1  int mienteros[] = {3,4,79,15};
2  list<int> l (mienteros,mienteros+4); //l = {3,4,79,15}
3  l.remove(79); //l = 3 4 15

```

Si queremos ejecutar remove sobre objetos que hemos creado debemos sobrecargar el operator== en la clase. Por ejemplo, para hacer l.remove(P) (donde P es un objeto de tipo Palabra), debemos sobrecargar el operator== en la clase Palabra.

Remove_if

Elimina los elementos que cumplan una determinada condición. Por ejemplo, para eliminar números pares, definimos lo que significa ser número Par y después llamamos a Remove_if:

```

1  bool Par (int v) {
2      return (v%2==0);
3  }
4
5  int main () {
6      list<int> l;
7      for (int i=1;i<10;i++)
8          l.push_back(i);
9
10     l.remove_if(Par)
11 }

```

En vez de usar la función Par podríamos haber creado con el mismo objetivo un functor. Por ejemplo:

```

1  class mifunctorpar{
2  public:
3      bool operator()(int & v){
4          return (v%2==0);
5      }
6  };
7
8  int main(){
9      list<int> l;
10     for (int i=1;i<10;i++)
11         l.push_back(i);
12
13     mifunctorpar f;
14     l.remove_if(f)
15 }

```

Unique

Elimina valores duplicados que se encuentran consecutivamente, dejando una única ocurrencia.

$$\{1, 1, 2, 2, 3, 4, 4\} \longrightarrow \{1, 2, 3, 4\}$$

Tenemos distintas formas de usar la función:

1. **unique()**: establece la igualdad con lo que esté predefinido en el operador==
2. **unique(funcion)**: establece la igualdad según la hayamos definido en funcion.

```

1  #include <list>
2  using namespace std;
3
4  bool iguales_enteros (double v1, double v2) {
5      return (int)v1 == (int)v2;
6  }
7
8  int main() {
9      double m[] = {12.15, 2.72, 73.0, 12.77, 3.14, 12.77, 73.55, 72.25, 15.3, 72.25};
10     list<double> l1(m,m+10);
11     l1.sort(); // l1 = 2.72 3.14 12.15 12.77 12.77 15.3 72.25 72.25 73.0 73.35
12     l1.unique(); // l1 = 2.72 3.14 12.15 12.77 15.3 72.25 73.0 73.35
13     l1.unique(iguales_enteros); // l1 = 2.72 3.14 12.15 15.3 72.25 73.0
14 }
```

Sort

Con respecto a sort, que ordena los elementos, podemos pasarle una función que teniendo dos parámetros del tipo base de la lista devuelve un booleano indicando si se cumple o no una propiedad entre los dos parámetros de entrada.

```

1  #include <iostream>
2  #include <list>
3  #include <string>
4  #include <cctype>
5  #include <algorithm>
6  // compara sin tener distincion entre mayusculas y minusculas
7  bool compare_nocase (const std::string& first, const std::string& second)
8  {
9      unsigned int i=0;
10     while ( (i<first.length()) && (i<second.length()) )
11     {
12         if (tolower(first[i])<tolower(second[i])) return true;
13         else if (tolower(first[i])>tolower(second[i])) return false;
14         ++i;
15     }
16     return ( first.length() < second.length() );
```

```

17 }
18
19 int main ()
20 {
21     std::list<std::string> milista;
22     std::list<std::string>::iterator it;
23     milista.push_back ("one");
24     milista.push_back ("two");
25     milista.push_back ("Three");
26
27     milista.sort();
28
29     std::cout << "milista :";
30     for (it=milista.begin(); it!=milista.end(); ++it)
31         std::cout << ' ' << *it;
32     std::cout << '\n';
33
34     milista.sort(compare_nocase);
35
36     std::cout << "milista:";
37     for (it=milista.begin(); it!=milista.end(); ++it)
38         std::cout << ' ' << *it;
39     std::cout << '\n';
40
41     //otra forma de ordenar usando sort de algorithm
42     sort(milista.begin(),milista.end());
43
44     //o usando compare_nocase
45     sort(milista.begin(),milista.end(),compare_nocase);
46     return 0;
47 }

```

Merge

Mezcla dos listas ordenadas. Si no le pasamos ningún argumento, usa el operador < predefinido para saber quién es menor, pero podemos pasarle una función para establecer la relación de orden.

```

1  #include <iostream>
2  #include <list>
3  #include <string>
4  #include <cctype>
5  #include <algorithm>
6  // compara sin tener distincion entre mayusculas y minusculas
7  bool compare_nocase (const std::string& first, const std::string& second)
8  {

```

```

9   unsigned int i=0;
10  while ( (i<first.length()) && (i<second.length()) )
11  {
12      if (tolower(first[i])<tolower(second[i])) return true;
13      else if (tolower(first[i])>tolower(second[i])) return false;
14      ++i;
15  }
16  return ( first.length() < second.length() );
17 }
18
19 int main ()
20 {
21     std::list<std::string> milista1,milista2;
22     std::list<std::string>::iterator it;
23
24     milista1.push_back ("manzana");
25     milista1.push_back ("banana");
26
27     milista2.push_back ("Pera");
28     milista1.push_back ("Sandia");
29     milista1.push_back ("Melon");
30
31     milista1.sort();//banana manzana
32     milista2.sort();//Melon Pera Sandias
33
34     milista1.merge(milista2);//Melon Pera Sandia banana manzana
35
36     milista2.push_back("apple");
37
38     milista1.merge(milista2,compare_nocase); //apple Melon Pera Sandia banana manzana
39     std::cout << "milista1 :";
40     for (it=milista1.begin(); it!=milista1.end(); ++it)
41         std::cout << ' ' << *it;
42     std::cout << '\n';
43     return 0;
44 }

```

Un segundo ejemplo de merge sería el siguiente

```

1  #include <list>
2  using namespace std;
3
4  bool miComparacion (double v1, double v2)
5  {

```

```

6         return (int)v1 < (int)v2;
7     }
8
9     int main()
10    {
11        list<double> l1, l2;
12
13        l1.push_back(3.1);
14        l1.push_back(2.2);
15        l1.push_back(2.9);
16
17        l2.push_back(3.7);
18        l2.push_back(7.1);
19        l2.push_back(1.4);
20
21        l1.sort(); // l1 = 2.2 2.9 3.1
22        l2.sort(); // l2 = 1.4 3.7 7.1
23        l1.merge(l2); // l2 queda vacia y l1 = 1.4 2.2 2.9 3.1 3.7 7.1
24
25        l2.push_back(2.1); // l2 = 2.1
26
27        l1.merge(l2,micomparacion); // l1 = 1.4 2.2 2.9 2.1 3.1 3.7 7.1
28        // Como solo comparamos el valor entero, inserta el 2.1
29        // despues del 2.9, porque ambos son iguales
30    }

```

Reverse

Invierte una lista.

```

1     #include <iostream>
2     #include <list>
3
4     int main ()
5     {
6         std::list<char> milista;
7
8         for (char a='a'; a<'z'; ++a) milista.push_back(a);
9
10        milista.reverse();
11
12        std::cout << "milista:";
13        for (std::list<char>::iterator it=milista.begin(); it!=milista.end(); ++it)
14            std::cout << ' ' << *it;
15

```

```

16     std::cout << '\n';
17
18     return 0;
19 }

```

Ejercicio 5.2

Implementar la función:

```

template <class T>
void Duplicar(const list<T> entrada, list<T> salida)

```

tal que dada una lista genera una nueva lista para obtener otra tal que contenga los elementos de la lista de entrada intercalando el elemento en la posición $n-i-1$. Así en la lista final tenemos que en la posición $2*i$ se pone el elemento i de la lista original y en la posición $2*i+1$ se pone el que ocupa en la posición $n-i-1$. Dos ejemplos sería los siguientes:

Ejemplo 1:

Lista inicial: (a,b,c,d)

Lista final: (a,d,b,c,c,b,d,a)

Ejemplo 2:

Lista inicial: (1,2,3,4,5)

Lista final: (1,5,2,4,3,3,4,2,5,1)

□

5.1.4 Pair: par de valores

Es una estructura muy utilizada sobre todo cuando queremos representar datos que van en pares de valores diferentes. Su estructura es la siguiente:

```

1  template <class T1, class T2>
2  struct pair {
3      typedef T1 first_type; //alias de T1
4      typedef T2 second_type; //alias de T2
5
6      T1 first;
7      T2 second;
8
9      pair(): first(T1()), second(T2()) {}
10     pair (const T1 &x, const T2 &y): first(x), second(y) {}
11     template <class u, class v>
12     pair (const pair<u,v> &p): first(p.first), second(p.second);
13 };

```

En la estructura *pair* cabe resaltar el constructor con otro *pair*, con posibilidad de que *first* y *second* tengan otros tipos:


```

1     template <class u, class v>
2     pair (const pair<u,v> &p): first(p.first), second(p.second);

```

Este constructor permite iniciar un objeto de tipo pair con otro tal que los tipos de los campos miembros sean compatibles. Por ejemplo podríamos tener lo siguiente:

```

1     ....
2     pair<int, float> pif(3,2.4);
3
4     pair<int,int> otro(pif); //se construye con un pair con otros tipos
5
6     pair<const char * ,const char *>cadenas("Hola","Adios");
7     //se construye con de tipo const char *
8     pair<string ,string>otras_cadenas(cadenas);

```

Un ejemplo de uso de pair sería:

```

1     #include <vector>
2     #include <iostream>
3     #include <utility> //permite hacer comparaciones de tipos pair
4     #include <string>
5
6     using namespace std;
7
8     int main() {
9         pair <string, double> product1 ("tomates",3.25);
10        pair <string, double> product2;
11        pair <string, double> product3;
12
13        product2.first="naranjas";
14        product2.second=1.3;
15        product3=make_pair("ciruelas", 2.2);
16
17        vector < pair<string, double> > miv = {product1,product2,product3};
18
19        for (int i=0; i<miv.size(); i++)
20            cout << "Product " << i << ':' << miv[i].first
21                << " Precio: " << miv[i].second << endl;
22
23        //version con iteradores
24        vector < pair<string, double> >::iterator it;
25
26        for (it=miv.begin();it!=miv.end();++it)
27            cout << (*it).first << ' ' << (*it).second;
28        //tambien valdria:

```

```

29         //cout << it->first << ' ' << it->second;
30     }

```

Ejemplo 5.1.1

En este ejemplo se va a dar una primera aproximación a la representación de Diccionario. Un Diccionario es un T.D.A compuesto por una colección de pares, en el que el primer miembro es la clave y el segundo miembro es la definición. Para realizar este T.D.A vamos a usar *list* de la STL.

Un ejemplo de uso de Diccionario sería el siguiente

En este ejemplo de uso la información asociada es un string. El alumno podría pensar como modificar el fichero ejemplo de uso para que la información asociada fuese una lista de string

□

5.1.5 Pilas

Las funciones típicas de las pilas en la stl se nombran como:

1. size: numero de elementos de la pila
2. empty: true si la pila está vacía, falso en caso contrario.
3. top: devuelve el elemento que esta en la posición tope.
4. pop: elimina el elemento del tope.
5. push: inserta un nuevo elemento por el tope

Ejemplo 5.1.2

Como ejemplo vamos a implementar una cola a partir de una pila de la STL:

```

1  #include <stack> // para poder usar las pilas de la STL
2  using namespace std;
3
4  template <class T>
5  class Cola {
6  private:
7      stack<T> datos;
8
9  public:
10     T front() {
11         stack<T> aux;
12         T v;
13         while (!datos.empty()) {
14             v=datos.top();
15             aux.push(v);
16             datos.pop();
17         }
18     }

```

```
19
20     while (!aux.empty()) {
21         T s = aux.top();
22         datos.push(s);
23         aux.pop();
24     }
25
26     return v;
27 }
28
29 bool empty () const {
30     return datos.empty();
31 }
32
33 int size () const {
34     return datos.size();
35 }
36
37 void push (const T &v) {
38     datos.push(v);
39 }
40
41 void pop() { // tenemos que eliminar el que esta abajo de la pila
42     stack<T> aux;
43     while (!datos.empty()) {
44         v=datos.top();
45         aux.push(v);
46         datos.pop();
47     }
48
49     aux.pop();
50     while (!aux.empty()) {
51         T s = aux.top();
52         datos.push(s);
53         aux.pop();
54     }
55 }
56 }
```

□

5.1.6 Colas

Las colas como ya vimos siguen la política FIFO (*first input firsts output*) y la STL la implementa como la clase `queue` en la biblioteca con el mismo nombre. Las operaciones típicas de las colas son:

1. size: numero de elementos de la cola
2. empty: true si la pila está vacía, falso en caso contrario.
3. front: accede al elemento en el frente
4. push: inserta un elmeneto por el final
5. back: accede al elemento por el final. (Esta no es una operación estándar de las colas).
6. pop: elimina el elemento en el frente

Ejemplo 5.1.3

Crear una función que usando la clase queue y stack ver si una frase es un palíndromo, sin tener en cuenta los espacios en blanco.

```

1  #include <queue> //para usar la queue
2  #include <stack> //para usar stack
3  #include <iostream>
4  #include <string>
5  using namespace std;
6
7  bool Palindromo(const string & frase){
8      queue<char> q;
9      stack<char> p;
10     for (int i=0;i<frase.size();i++){
11         if (frase[i]!=' '){
12             q.push(frase[i]);
13             p.push(frase[i]);
14         }
15     }
16     while (!q.empty()){
17         if (p.top()!=q.front()) return false;
18         p.pop();
19         q.pop();
20     }
21     return true;
22 }
```

□

5.1.7 Colas con prioridad

Permiten mantener una colección de elementos ordenados por su prioridad o preferencia. La stl implementa las colas con prioridad en la clase priority_queue en la biblioteca queue. Las funciones que caracterizan a estas colas son:

1. size: numero de elementos de la cola
2. empty: true si la cola está vacía, falso en caso contrario.
3. top: devuelve el elemento mas prioritario

4. pop: elimina el elemento mas prioritario
 5. push: inserta un elemento en la posicion dictada por su prioridad.
- Vamos a ver un ejemplo de uso:

```
1  #include <iostream>
2  #include <queue> //incluye tanto cola como cola de prioridad
3
4  using namespace std;
5
6  int main(){
7      priority_queue<int> mypq;
8
9      mypq.push(30);
10     mypq.push(100);
11     mypq.push(25);
12     mypq.push(40);
13
14     while (!mypq.empty()) {
15         cout << mypq.top() << ' ';
16         mypq.pop();
17     }
18 }
```

La salida del programa será:

100 40 30 25

ya que la salida se basa en la prioridad, es decir, en qué número es mayor. Si definimos la prioridad en un objeto nuestro, debemos definir el operador> para saber qué objeto tiene más prioridad.

5.1.8 Doble cola

La doble cola (deque) contiene secuencias de elementos que cambian de tamaño de forma dinámica. De esta forma un objeto de tipo doble cola se puede expandir y contraer por los dos extremos (por el principio y final). Son similares a los vectores, pero con una mejor eficiencia en los procesos de inserción y borrado de los elementos. A diferencia de los vectores, la doble cola no garantiza almacenar sus elementos en localizaciones de memoria contiguas. Aunque se pueden acceder de forma directa a cada elemento. Si las operaciones de inserción y borrado se hacen por los extremos las doble colas se comportan mejor que los vectores. En cambio si estas operaciones se realizan en cualquier otro punto son menos eficientes que como se realizan en un vector. La doble cola se implementa en la STL en la clase deque en la biblioteca con el mismo nombre.

Ejemplo 5.1.4

Un ejemplo de uso de la doble cola es el siguiente:

```

1  #include <iostream>
2  #include <deque>
3  #include <vector>
4  int main ()
5  {
6      std::deque<int> mideque;
7      // Inicializamos la doble cola
8      for (int i=1; i<6; i++) mideque.push_back(i); // 1 2 3 4 5
9      std::deque<int>::iterator it = mideque.begin();
10     ++it;
11     it = mideque.insert (it,10);
12     // 1 10 2 3 4 5
13
14     // "it" apunta a 10
15     mideque.insert (it,2,20);
16     // 1 20 20 10 2 3 4 5
17     it = mideque.begin()+2;
18
19     std::vector<int> myvector (2,30);
20
21     mideque.insert (it,myvector.begin(),myvector.end());
22     // 1 20 30 30 20 10 2 3 4 5
23
24     //elimina los tres primeros elementos
25     mideque.erase (mideque.begin(),mideque.begin()+3);
26
27     std::cout << "mideque contiene:";
28
29     for (it=mideque.begin(); it!=mideque.end(); ++it)
30
31     std::cout << ' ' << *it;
32
33     std::cout << '\n';
34
35     return 0;
36 }

```

□

Ejemplo 5.1.5

Crear la clase PilaoCola que permita a un objeto actuar como una pila o como una cola dependiendo de como se inicialice una bandera.

```

1  //pilaocola.h

```

```
2  #include <deque>
3  #include <iostream>
4  using namespace std;
5  template <class T>
6  class PilaoCola{
7  private:
8      deque<T> datos;
9      bool is_cola; //bandera si es true actua como cola
10                  //si es false actua como pila
11
12 public:
13     PilaoCola(bool tipo):is_cola(tipo){}
14     T & operator()(){
15         if (is_cola){
16             return datos.front();
17         }
18         else
19             return datos.back();
20     }
21
22     const T & operator()()const{
23         if (is_cola){
24             return datos.front();
25         }
26         else
27             return datos.back();
28     }
29
30
31     int size()const{
32         return datos.size();
33     }
34
35     void Pop(){
36         if (is_cola){
37             datos.pop_front();
38         }
39         else
40             datos.pop_back();
41     }
42
43     void Push(const T & v){
44
```

```

45     datos.push_back(v);
46 }
47 bool empty()const{
48     return datos.size()==0;
49 }
50 };

```

En este código para implementar la función Frente cuando actua como cola o Tope cuando actua como Pila, hemos hecho uso del operador (). Un ejemplo de uso de la clase PilaoCola sería el siguiente:

```

1  #include "pilaocola.h"
2  int main(){
3      PilaoCola<int> pila(false);
4      PilaoCola<int> cola(true);
5
6      for (int i=10;i<100;i+=10){
7          pila.Push(i);
8          cola.Push(i);
9      }
10
11     std::cout<<"Los elementos de la pila son:";
12     while(!pila.empty()){
13         std::cout<<pila()<<' ';
14         pila.Pop();
15     }
16
17     std::cout<<std::endl;
18     std::cout<<"Los elementos de la cola son:";
19     while(!cola.empty()){
20         std::cout<<cola()<<' ';
21         cola.Pop();
22     }
23
24 }

```

□

5.1.9 Array

Los arrays son contenedores de tamaño fijo: mantienen un número específico de elementos en una estructura lineal. Es mas eficiente que el vector en cuanto a almacenamiento, ya que no se expanden ni se contraen de forma dinámica. Esta estructura es la que conocemos como vector estático.

Ejemplo 5.1.6


```

1  #include <iostream>
2  #include <array>
3  int main ()
4  {
5      std::array<int,10> myarray;//array de 10 elementos
6      unsigned int i;
7          // asignamos algunos elementos
8
9      for (i=0; i<10; i++) myarray[i]=i;
10
11     std::cout << "myarray contains:";
12
13     for (i=0; i<10; i++)
14         std::cout << ' ' << myarray[i];
15
16     std::cout << '\n';
17     std::array<int,3> otr={2,16,77};
18     std::cout<<otr.front()<<std::endl;
19     std::cout<<otr.back()<<std::endl;
20     return 0;
21 }

```

□

5.1.10 Forward List

Son contenedores de secuencias que permiten insertar y borrar en cualquier punto de la secuencia en tiempo constante. Se implementan como listas con celdas enlazadas simples. Así la diferencia fundamental entre `forward_list` y `list` es que mantienen, `forward_list`, un enlace al siguiente elemento, mientras que la `list` mantienen dos enlaces por elemento, uno apunta al siguiente y otro al anterior. Así que sobre una `forward_list` se puede iterar hacia adelante solamente. Al igual que la `list` la `forward_list` se muestra poco eficiente para acceder a un elemento por su posición. Debes de iterar desde el principio para acceder por ejemplo al sexto elemento. Esta clase no contiene la función `size` para saber cuantos elementos tiene, por razones de optimización de espacio. Así que para saber cuantos elementos tiene una `forward_list` podemos usar el algoritmo `distance` con `begin` y `end` de la `forward_list`.

```

1  #include <iostream>
2  #include <array>
3  #include <forward_list>
4
5  int main ()
6  {
7      std::array<int,3> myarray = { 11, 22, 33 };
8      std::forward_list<int> mylist;
9      std::forward_list<int>::iterator it;

```

```

10
11     it = mylist.insert_after ( mylist.before_begin(), 10 );
12     // 10
13     // ^ <- it
14     it = mylist.insert_after ( it, 2, 20 );
15     // 10 20 20
16     //      ^
17     it = mylist.insert_after ( it, myarray.begin(), myarray.end() );
18     // 10 20 20 11 22 33
19     //      ^
20
21     it = mylist.begin();
22     // 10 20 20 11 22 33
23     // ^
24     it = mylist.insert_after ( it, {1,2,3} );
25     // 10 1 2 3 20 20 11 22 33
26     //      ^
27
28     std::cout << "mylist contiene: ";
29     for (int& x: mylist) std::cout << ' ' << x;
30     std::cout << '\n';
31
32     //Eliminamos el frente
33     mylist.pop_front();
34     // 1 2 3 20 20 11 22 33
35     //      ^                el iterador se mantiene
36
37     return 0;
38 }

```

5.2 Contenedores asociativos

A continuación vamos a presentar un conjunto de estructuras de datos que se caracterizan por definirse como contenedores asociativos.

Contenedor Asociativo: Es una colección de pares, en la que cada par se conforma de una clave y valor. Puede que no aparezca valor asociado a la clave y puede que el valor clave aparezca mas de una vez para asociarle diferentes valores. Las operaciones mas frecuentes de estos contenedores son:

- Añadir un par a la colección
- Eliminar un par de la colección
- Modificar un par existente
- Buscar un valor asociado con un determinada clave.

Estas operaciones son las operaciones típicas de un diccionario. En la STL de C++ los contenedores asociativos ordenados que vamos a estudiar son:

- *Set/Multiset*: conjunto de claves (no llevan valor asociado), con la posibilidad de repetir clave (multiset) o no
- *Map/Multimap*: conjunto de pares, (clave, valor asociado). En el map solamente se permite una entrada por clave (no se repiten), en el multimap se permite varias entradas para una misma clave (se pueden repetir).

Debajo de estos T.D.A. se ha usado para su implementación Árboles. Tanto *set/multiset* y *map/multimap* se matienen los datos ordenados por el valor de la clave. Otros contenedores asociativos que no están ordenados por clave son las tablas hash que en la STL se representan como:

- *unordered_set/unordered_multiset*
- *unordered_map/unordered_multimap*

5.2.1 Set/multiset

La clase *set* representa un conjunto de elementos que se disponen de manera ordenada y en el que no se repiten elementos. Los datos que insertamos en el set se llaman *claves*. La clase *multiset* es lo mismo pero permite incluir elementos repetidos en el conjunto. Las funciones más destacadas son:

Count

Devuelve el número de elementos que son iguales a un valor de entrada. Si lo ejecutamos con un set como mucho obtendremos un 1, pero si lo ejecutamos con un objeto multiset, podemos obtener cualquier valor mayor o igual que cero.

```

1  #include <iostream>
2  #include <set>
3
4  using namespace std;
5
6  int main()
7  {
8      set<int> micnj; //Para un multiset seria: multiset<int> micnj;
9
10     for (int i=1; i<5; i++)
11         micnj.insert(i*3); //micnj = 3 6 9 12
12
13     for (int i=0;i<10;i++) {
14         if (micnj.count(i)!=0)
15             cout << "Esta en el conjunto";
16
17         else
18             cout << "no esta";
19     }
20 }
```

Swap

Intercambia dos conjuntos.

```

1  #include <iostream>
2  #include <set>
3
4  using namespace std;
5
6  int main()
7  {
8      int myv[] = {12,75,10,32,20,25};
9
10     set<int> s1(myv,myv+3); //s1 = 10 12 75
11     set<int> s2(myv+3,myv+6); //s2 = 20 25 32
12
13     s1.swap(s2); //s1 = 20 25 32 y s2 = 20 12 75
14 }

```

Find

Busca en el conjunto un elemento y devuelve un iterador a el elemento. Si no lo encuentra, devuelve un iterador a end().

```

1  #include <iostream>
2  #include <set>
3
4  using namespace std;
5
6  int main() {
7      set<int> micnj;
8
9      for (int i=1;i<5;i++)
10         micnj.insert(i*3);
11
12     set<int>::iterator it=micnj.find(9);
13
14     micnj.erase(it); //micnj = 3 6 12
15     //tambien valdria: micnj.erase(micnj.find(9));
16
17     //imprimimos por pantalla todos los elementos del conjunto
18     for (it=micnj.begin();it!=micnj.end();++it)
19         cout << *it;
20 }

```

Equal_range

Su cabecera es:

```
pair<iterator,iterator> equal_range (const value_type &val)const;
```

El primer iterador apunta al primer elemento del conjunto que coincida con val y el segundo, al primer elemento del conjunto distinto de val. Por ejemplo, si hacemos un equal_range del siguiente multiset:

3 6 6 9

El primer iterador apuntaría al 6 que va después del 3 y, el segundo, al 9. Si lo ejecutamos sobre un set, el primer iterador estará en una posición y el segundo, en la siguiente, ya que no puede haber elementos repetidos.

```
1  #include <iostream>
2  #include <set>
3
4  using namespace std;
5
6  int main() {
7      set<int> micnj;
8
9      for (int i=1;i<5;i++)
10         micnj.insert(i*10); //micnj = 10 20 30 40 50
11
12     pair<set<int>::const_iterator,set<int>::const_iterator> ret;
13
14     ret = micnj.equal_range(30);
15
16     cout << "Limite inferior " << (*ret).first << endl; // 30
17     cout << "Limite superior " << (*ret).second << endl; //40
18 }
```

Alternativa a equal_range:

Lower_bound y upper_bound

lower_bound devuelve un iterador al primer elemento que coincide con el elemento de entrada, si no existe devuelve un iterador al valor que no va antes más proximo. En el caso que todos sean menores devuelve end(). Y *upper_bound* devuelve un iterador al primer elemento mayor al valor de entrada, si no existe devuelve un iterador al mayor más próximo.

```
1  #include <iostream>
2  #include <set>
3
4  using namespace std;
5
6  int main() {
7      set<int> micnj;
8
9      for (int i=1;i<5;i++)
```

```

10         micnj.insert(i*10);
11
12         set<int>::iterator itlow, itup;
13
14         itlow = micnj.lower_bound(30);
15         itup = micnj.upper_bound(60);
16
17         micnj.erase(itlow,itup); //si le pasamos solo itlow borra el elemento
18                                 //al que apunta itlow solo.
19     }

```

Value_comp

Devuelve un objeto comparador de set. El objeto se puede usar para comparar dos elementos del conjunto de manera que al comparar, el objeto comparador devuelve true si el primer objeto es menor que el segundo. Por ejemplo, vamos a hacer una función que nos diga cuántos elementos menores a x hay en el conjunto s :

```

1  int menores (const set<int> &s, int x) {
2      set<int>::value_compare micomp = s.value_comp();
3      set<int>::const_iterator it = s.begin();
4      int cnt = 0;
5
6      while (micomp(*it,x)) {
7          cnt++;
8          ++it;
9      }
10 }

```

5.2.2 Map/multimap

Un *map* está formado por parejas de valores: al primero se lo conoce como **clave**, y al segundo como el valor **asociado** a dicha clave. No permite valores de clave repetidos y se ordena según su clave. Podemos acceder, de forma directa, al valor asociado a la clave a través de la clave, pero no al revés. Para poder acceder a la clave a través del valor asociado a ésta hay que realizar una búsqueda secuencial por valor asociado. Los *multimap* son lo mismo pero permiten valores de clave repetidos. Usan los mismos métodos que set y multiset. En un map podemos usar el operator[] para acceder a los elementos asociados a la clave o modificarlos.

Ejemplo 5.2.1

A continuación se define un map que tiene claves con tipo char y valor asociado string.

```

1  map<char,string> mymap;
2  mymap['a'] = "un elemento";
3  mymap['c'] = mymap['a'];
4  cout << mymap['a'];

```



Ejemplo 5.2.2

Usando un map vamos a implementar el T.D.A guía de teléfonos:

```
1  #include <map>
2  #include <iostream>
3  #include <string>
4  using namespace std;
5
6  class Guiadetelefonos {
7  private:
8      map<string,string> datos;
9      //el primer string es el nombre de la persona y el segundo su tlf
10     //la clave seria el nombre de la persona
11
12 public:
13     string & operator[] (const string &nombre) {
14         return datos[nombre];
15     }
16
17     //para saber los telefonos asociados a un nombre con un multimap
18     vector<string> operator[] (const string &nombre) {
19         pair<map<string,string>::const_iterator,
20             map<string,string>::const_iterator> ret;
21
22         ret = datos.equal_range(nombre);
23
24         vector<string> vaux;
25
26         multimap<string,string>::const_iterator it;
27
28         for (it=ret.first;it!=ret.second;++it)
29             vaux.push_back(it->second);
30
31         return vaux;
32     }
33
34     string getTelefono (const string &nombre) {
35         map<string,string>::iterator it=datos.find(nombre);
36
37         if (it==datos.end())
```

```
38         //si no lo encuentra devolvemos un string vacio
39         return string("");
40
41     else
42         return it->second; //*it).second;
43 }
44
45 //insertamos un numero de telefono y
46 //devolvemos true si se ha insertado con exito
47 pair <map<string,string>::iterator, bool> insert (string noombre, string tlf) {
48     pair<string,string> p(nombre, tlf);
49     pair<map<string,string>::iterator, bool> ret;
50
51     //solo tenemos que llamar a la funcion insert de map que devuelve true
52     //si el telefono apuntado por it ha sido insertado con exito en la guia
53     ret=datos.insert(p);
54
55     return ret;
56 }
57
58 //para borrar un telefono de la guia
59 void borrar (const string &nombre) {
60     map<string,string>::iterator itlow=datos.lower_bound(nombre);
61     map<string,string>::iterator itup=datos.upper_bound(nombre);
62
63     /*Para asegurarnos de que el nombre esta en la guia debemos
64     comprobar que nombre coincide con itlow.first o habernos
65     asegurado antes de llamar a la funcion, porque si no,
66     podemos borrar a otra persona*/
67     if(itlow.first == nombre)
68         datos.erase(itlow,itup);
69
70     /*otra forma:
71     pair<map<string,string>::const_iterator,
72         map<string,string>::const_iterator> ret;
73     ret = datos.equal_range(nombre);
74     datos.erase(ret.first,ret.second);*/
75 }
76
77 int size()const {
78     return datos.size();
79 }
80
```



```
81      //para saber cuanta gente en nuestra guia tiene el mismo nombre
82      unsigned int contabiliza (const string &nombre) {
83          return datos.count(nombre);
84      }
85
86      void clear() {
87          datos.clear();
88      }
89
90      friend class const_iterator;
91
92      class iterator {
93      private:
94          map<string,string>::iterator it;
95
96      public:
97          iterator & operator++() {
98              ++it;
99              return *this;
100          }
101
102          iterator & operator--() {
103              --it;
104              return *this;
105          }
106
107          pair<string,string> & operator*() {
108              return *it;
109          }
110
111          bool operator== (const iterator &i)const {
112              return it==i.it;
113          }
114
115          bool operator!= (const iterator &i)const {
116              return it!=i.it;
117          }
118
119          friend class Guiadetelefono;
120          friend class const_iterator;
121      };
122      class const_iterator {
123      private:
```

```
124         map<string,string>::const_iterator it;
125
126     public:
127         const_iterator(const iterator &i):it(i.it){}
128         const_iterator & operator++() {
129             ++it;
130             return *this;
131         }
132
133         const_iterator & operator--() {
134             --it;
135             return *this;
136         }
137
138         const pair<string,string> & operator*() {
139             return *it;
140         }
141
142         bool operator== (const const_iterator &i)const {
143             return it==i.it;
144         }
145
146         bool operator!= (const const_iterator &i)const {
147             return it!=i.it;
148         }
149
150         friend class Guiadetelefono;
151
152     };
153
154     //funciones begin y end
155     iterator begin() {
156         iterator i;
157         i.it=datos.begin();
158         return i;
159     }
160
161     iterator end() {
162         iterator i;
163         i.it=datos.end();
164         return i;
165     }
166
```

```
167
168     const_iterator begin()const {
169         const_iterator i;
170         i.it=datos.begin();
171         return i;
172     }
173
174     const_iterator end()const {
175         const_iterator i;
176         i.it=datos.end();
177         return i;
178     }
179 };
```

□

5.2.3 Contenedores asociativos no ordenados

Este tipo de contenedores sirven para representar las tablas hash. La clasificación de estos contenedores se hará: 1) dependiendo si admiten valores repetidos o no; 2) y si las claves tienen valores asociados

Los elementos se encuentran en un orden particular, y la recuperación de los mismo se hacen por su valor de una forma muy rápida. En un conjunto no ordenado el valor de un elemento es a su vez su llave. Este valor una vez insertado en el conjunto no ordenado no puede modificarse. Solamente podemos insertar, consultar y eliminar. Internamente los elementos no están ordenados, pero se organizan en cubetas dependiendo del valor hash asociado. Por lo tanto este tipo de contenedor es el más eficiente para acceder a elementos individuales pero no es eficiente cuando se quiere consultar un rango de valores. Los datos se almacenan en cubetas. Todos aquellos datos que tengan la misma función hash se almacenan en la misma cubeta. Por lo tanto ocurre colisión cuando la función hash para dos claves diferentes devuelve la misma cubeta.

Las funciones más relevantes de estos contenedores son:

- Funciones de capacidad:
 - *empty*: comprueba si el contenedor está vacío
 - *size*: devuelve el tamaño del contenedor
 - *max_size*: devuelve el máximo tamaño del contenedor
- Iteradores
 - *begin*: devuelve un iterador al principio del contenedor
 - *end*: devuelve un iterador al final
 - *cbegin*: devuelve un iterador constante al principio del contenedor
 - *cend*: devuelve un iterador constante al final
- Consulta
 - *find*: obtiene un iterador al elemento
 - *count*: nos da el número de elementos con un valor determinado (0 o 1).
 - *equal_range*: consigue un rango de elemento con una llave específica.

- Modificadores
 - *insert*: inserta elementos
 - *erase*: elimina elementos
 - *clear*: limpia el contenido
 - *swap*: intercambia el contenido
- Cubetas
 - *bucket_count*: devuelve el número de cubetas
 - *max_bucket_count*: devuelve el número máximo de cubetas
 - *bucket_size*: devuelve el tamaño de la cubeta
 - *bucket*: localiza la cubeta de un elemento
- Aspectos de la función hash
 - *load_factor*: devuelve el factor de carga.
 - *max_load_factor*: máximo factor de carga.
 - *rehash*: modifica el número de cubetas
 - *reserve*: solicita un cambio de capacidad
- Observadores
 - *hash_function*: obtiene la función hash
 - *key_eq*: toma dos elementos y devuelve un booleano indicando si los elementos son equivalentes porque tienen la misma función hash

Factor de Carga: Razón entre el número de elementos del contenedor y el número de cubetas (valor obtenido con la función *bucket_count*).

Hay que tener en cuenta que el factor de carga afecta a la probabilidad de colisión en la tabla hash (probabilidad de que dos elementos estén localizados en la misma cubeta). Así el contenedor usa el valor *max_load_factor* como el umbral para forzar un incremento en el número de cubetas y de esta forma procediendo a aplicar un *rehashing*.

Unordered_set/Unordered_multiset

Son contenedores que almacenan claves no repetidas (*unordered_set*) o si permiten claves repetidas tenemos el contenedor *unordered_multiset*. Para poder usar estos contenedores debemos hacer el include de la biblioteca *unordered_set*.

Ejemplo 5.2.3

En este ejemplo se muestra como inicializar un *unordered_set* y especialmente veremos como localizar un elemento usando la función *find*.

```

1  #include <iostream>
2  #include <string>
3  #include <unordered_set>
4  int main ()
5  {
6      std::unordered_set<std::string> myset = { "red", "green", "blue" };
7      std::string input;
8      std::cout << "color: ";

```

```

9  getline (std::cin,input);
10 //find devuelve un const_iterator ya
11 // que no podemos modificar el elemento
12 std::unordered_set<std::string>::const_iterator got = myset.find (input);
13
14 if ( got == myset.end() )//no lo hemos encontrado
15 std::cout << "no esta el elemento "<<input;
16 else
17 std::cout << *got << "si esta el elemento"<<input;
18 std::cout << std::endl;
19 return 0;
20 }

```

□

Ejemplo 5.2.4

En este otro ejemplo se hace uso de la función *count*. También hacer especial interes en la variable *auto* en el for para recorrer los elementos de un conjunto. Para poder compilar este código deberemos hacerlo usando *-std=c++11*.

```

1  #include <iostream>
2  #include <string>
3  #include <unordered_set>
4  int main ()
5  {
6      std::unordered_set<std::string> myset = { "hat", "umbrella", "suit" };
7
8      //for con una variable auto
9      for (auto& x: {"hat","sunglasses","suit","t-shirt"}) {
10         if (myset.count(x)>0)
11             std::cout << "myset tiene " << x << std::endl;
12         else
13             std::cout << "myset no tiene " << x << std::endl;
14
15     }
16     return 0;
17 }
18 }

```

□

Ejemplo 5.2.5

En este ejemplo se revisan las funciones: *insert*, *erase*, *clear*, *size*, *bucket_count*, *load_factor*, *rehash*, *hash_function*.

```
1  #include <iostream>
2  #include <string>
3  #include <array>
4  #include <unordered_set>
5  int main ()
6  {
7      std::unordered_set<std::string> myset = {"yellow","green","blue"};
8      std::array<std::string,2> myarray = {"black","white"};
9      std::string mystring = "red";
10
11     myset.insert (mystring);
12     //insertando reddish
13     myset.insert(mystring+"dish");
14     //insertando elementos del array
15     myset.insert(myarray.begin(), myarray.end());
16     //insertando desde un conjunto constante
17     myset.insert( {"purple","orange"} );
18
19     std::cout << "myset contiene:";
20     for (const std::string& x: myset) std::cout << " " << x;
21     std::cout << std::endl;
22
23     myset.clear(); //vaciamos el conjunto
24     myset.rehash(12); //reserva un numero como minimo de 12 cubetas aunque
25                     //realmente reserva el siguiente primo 13.
26
27     myset.insert({"USA","Canada","France","UK","Japan","Germany","Italy"});
28     myset.erase ( myset.begin() ); // eliminacion por iterador
29
30     myset.erase ( "France" ); // eliminacion por valor
31
32     myset.erase ( myset.find("Japan"), myset.end() ); //eliminacion por rango
33
34     std::cout << "myset contiene:";
35     for ( const std::string& x: myset ) std::cout << " " << x;
36     std::cout << std::endl;
37
38
39     std::cout<<"size = " << myset.size() << std::endl; //no. elementos
40     std::cout<<"bucket_count = " << myset.bucket_count() << std::endl; //no. cubetas
41     std::cout<<"load_factor = " << myset.load_factor() << std::endl; //factor de carga
42     //maximo factor de carga
43     std::cout<< "max_load_factor = " << myset.max_load_factor() << std::endl;
```

```

44
45 //como se usa la hash_function
46 stringset::hasher fn = myset.hash_function();
47 std::cout << "purple tiene funcion hash: " << fn ("purple") << std::endl;
48 std::cout << "orange tiene funcion hash: " << fn ("orange") << std::endl;
49 return 0;
50
51 return 0;
52 }

```

□

Unordered_map/Unordered_multimap

Almacenan elementos formados por la combinacion valor clave y valor asociado. Estos contenedores son aconsejables cuando se necesita búsquedas rápidas por clave. Al igual que en los unordered_set los pares clave valor asociado, se almacenan internamente en la cubeta determinada por el valor hash asociado a la clave. Las funciones que hemos visto anteriormente para Unordered_set/Unordered_multiset son aplicables tambien para Unordered_map/Unordered_multimap.

Ejemplo 5.2.6

Un pequeño ejemplo para definir un unordered_map y ver su contenido y borrar elementos.

```

1 // unordered_map::erase
2 #include <iostream>
3 #include <string>
4 #include <unordered_map>
5 int main ()
6 {
7     std::unordered_map<std::string,std::string> mymap;
8
9     // Iniciando los valores
10    mymap["U.S."] = "Washington";
11    mymap["U.K."] = "London";
12    mymap["France"] = "Paris";
13    mymap["Russia"] = "Moscow";
14    mymap["China"] = "Beijing";
15    mymap["Germany"] = "Berlin";
16    mymap["Japan"] = "Tokyo";
17
18    mymap.erase ( mymap.begin() );// erasing by iterator
19
20    mymap.erase ("France");// erasing by key
21
22    mymap.erase ( mymap.find("China"), mymap.end() ); //borrando por rango

```

```

23
24 // contenido
25 std::unordered_map<std::string, std::string>::iterator it;
26 for (it= mymap.begin(); it!=mymap.end();++it) )
27     std::cout << it->first << ": " << it->second << std::endl;
28
29
30 // mostrar el contenido por cubetas
31 std::cout << "mymap lista por cubetas:\n";
32 for ( unsigned i = 0; i < mymap.bucket_count(); ++i) {
33
34     std::cout << "bucket #" << i << " contiene:";
35     for ( auto local_it = mymap.begin(i); local_it!= mymap.end(i); ++local_it )
36         std::cout << " " << local_it->first << ":" << local_it->second;
37     std::cout << std::endl;
38 }
39
40 return 0;
41
42 }

```

□

Ejemplo 5.2.7

El siguiente ejemplo muestra un diccionario usando para su representación un *unordered_map* de pares string,string. El primer string es para la palabra y el segundo para la definición. Las operaciones que se han definido son:

- *operador []*: para consultar una palabra
- *find*: para buscar una palabra.
- *insert*: para insertar una nueva palabra junto con su definición
- *erase*: para borrar un palabra.

```

1  #include <unordered_map>
2  #include <iostream>
3  #include <string>
4  using namespace std;
5  class Diccionario{
6
7
8  private:
9      //string primero palabra, string segundo definicion
10     unordered_map<string,string> datos;
11

```



```
12 public:
13     /**
14      * @brief obtiene la definicion de una palabra
15      * @param pal: palabra a buscar
16      */
17     string & operator[]( const string &pal){
18         return datos[pal];
19     }
20
21     //iterator
22     class const_iterator ;//declaracion adelantada
23     class iterator {
24     private:
25         unordered_map<string,string>::iterator it;
26     public:
27         iterator operator ++(){
28             ++it;
29             return *this;
30         }
31         pair<const string,string> & operator *(){
32             return *it;
33         }
34         bool operator==(const iterator &i){
35             return i.it==it;
36         }
37         bool operator!=(const iterator &i){
38             return i.it!=it;
39         }
40         friend class Diccionario;
41         friend class const_iterator;
42     };
43
44     class const_iterator {
45     private:
46         unordered_map<string,string>::const_iterator it;
47     public:
48         const_iterator (){}
49
50         const_iterator (const iterator &i):it(i.it){}
51
52         const_iterator operator ++(){
53             ++it;
54             return *this;
```

```

55     }
56     const pair<const string,string> & operator *(){
57         return *it;
58     }
59     bool operator==(const const_iterator &i){
60         return i.it==it;
61     }
62     bool operator!=(const const_iterator &i){
63         return i.it!=it;
64     }
65     friend class Diccionario;
66 };
67
68
69
70 /**
71  * @brief devuelve un iterador a la palabra y su definicion
72  * @param pal: palabra a buscar
73  * @note si no esta devuelve end
74  */
75
76
77 const_iterator find(const string &pal) const{
78     //usamos find del unordered_map
79     unordered_map<string,string>::const_iterator got = datos.find (pal);
80     //ahora definimos un iterador de Diccionario
81     const_iterator i;
82     i.it=got;
83     return i;
84 }
85
86 /**
87  * @brief devuelve el numero de elementos del diccionario
88  */
89 int size() const{ return datos.size();}
90
91 /**
92  * @brief inserta una palabra con su definicion
93  * @param pal: palabra
94  * @param def: definicion de la palabra
95  */
96 pair<iterator,bool> insert( string pal, string def){
97     pair<string,string> a(pal,def);

```

```
98     pair<unordered_map<string,string>::iterator,bool> it= datos.insert(a);
99     iterator i;
100     i.it=it.first;
101     return pair<iterator,bool>(i,it.second);
102 }
103
104 /**
105  * @brief borra una palabra
106  * @param pal: palabra a borrar
107  */
108 void erase(const string &pal){
109     datos.erase(pal);
110 }
111
112
113 /**
114  * @brief inicializa los iteradores al principio
115  */
116 iterator begin(){
117     iterator i;
118     i.it=datos.begin();
119     return i;
120 }
121 const_iterator begin()const{
122     const_iterator i;
123     i.it =datos.begin();
124     return i;
125 }
126
127 /**
128  * @brief inicializa los iteradores al final
129  */
130
131 iterator end(){
132     iterator i;
133     i.it=datos.end();
134     return i;
135 }
136 const_iterator end()const{
137     const_iterator i;
138     i.it =datos.end();
139     return i;
140 }
```

141 };

Un ejemplo de uso de Diccionario sería el siguiente

```
1  int main(){
2      Diccionario d;
3      //insertamos elementos
4      d.insert("gato","mamifero felino");
5      d.insert("perro","mamifero canino");
6      d.insert("gorrion","ave del mediterraneo");
7      d.insert("pinguino","ave polar");
8
9      //No sale ordenado por clave
10     //ya que el orden es propio
11     Diccionario::iterator i;
12     for (i=d.begin(); i!=d.end();++i)
13         cout<<(*i).first<<" "<<(*i).second<<endl;
14
15     //ejemplo de find
16     Diccionario::const_iterator i2;
17     i2= d.find("pinguino");
18
19     cout<<"Definicion de pinguino "<<(*i2).second<<endl;
20
21     cout<<"Definicion de perro: "<<d["perro"]<<endl;
22
23     if (d.find("perro")!=d.end()){
24         cout<<"La entrada perro esta"<<endl;;
25     }
26     else cout<<"La entrada perro no esta"<<endl;
27
28     //ejemplo de borrado
29     d.erase("perro");
30     if (d.find("perro")!=d.end()){
31         cout<<"La entrada perro esta"<<endl;;
32     }
33     else cout<<"La entrada perro no esta"<<endl;
34 }
```

□