

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA



TALLER 03: TALLER ARBOLES

JOHN CORREDOR

ESTRUCTURAS DE DATOS

NICOLAS ALGARRA

DANIEL GONZALEZ

JULIANA PACHECO

BOGOTA, COLOMBIA

2024

## TALLER ARBOLES

### I. ARBOL

#### TADS

##### TAD Nodo

- CrearNodo(dato): Crea un nodo con el dato proporcionado.
- ObtenerDato(nodo): Retorna el dato almacenado en el nodo.
- FijarDato(nodo, dato): Asigna un nuevo dato al nodo.
- AgregarHijo(nodo, hijo): Agrega un nodo hijo al nodo actual.
- EliminarHijo(nodo, hijo): Elimina un nodo hijo del nodo actual.
- ObtenerHijos(nodo): Retorna una lista de los nodos hijos.

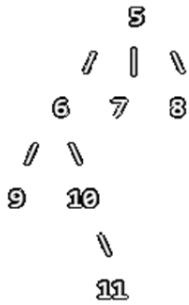
##### TAD Arbol

- CrearArbol(raiz): Crea un árbol con un nodo raíz proporcionado.
- EsVacio(arbol): Retorna true si el árbol está vacío, false de lo contrario.
- ObtenerRaiz(arbol): Retorna el nodo raíz del árbol.
- FijarRaiz(arbol, raiz): Asigna un nuevo nodo raíz al árbol.
- InsertarNodo(arbol, padre, dato): Inserta un nodo con el dato proporcionado como hijo del nodo padre.
- EliminarNodo(arbol, dato): Elimina un nodo con el dato especificado.
- BuscarNodo(arbol, dato): Busca un nodo con el dato especificado y lo retorna.
- PreOrden(arbol): Realiza un recorrido en preorden del árbol.
- InOrden(arbol): Realiza un recorrido en inorden del árbol.
- PosOrden(arbol): Realiza un recorrido en postorden del árbol.
- NivelOrden(arbol): Realiza un recorrido por niveles del árbol.

#### COMPILACION Y PRUEBAS

##### Prueba:

El arbol utilizado es el siguiente:



Salida esperada:

Preorder: 5 6 9 10 7 11 8

Salida obtenida:

En la imagen se encuentra el comando para compilar el programa y la salida obtenida por este.

`g++ prueba_arbol.cpp -o arbol`

`.\arbol`

```

PS C:\Users\julia\Documents\Universidad\Estructuras de datos\Taller03\Taller03_Trees\Taller03_Trees\Arbol>
g++ prueba_arbol.cpp -o arbol
PS C:\Users\julia\Documents\Universidad\Estructuras de datos\Taller03\Taller03_Trees\Taller03_Trees\Arbol>
.\arbol
5
6
9
10
7
11
8

```

## II. ARBOL AVL

### TADS

#### 1. TAD NodoBinarioAVL

Propiedades:

- dato: Valor almacenado en el nodo.
- hijoIzq: Puntero al hijo izquierdo.
- hijoDer: Puntero al hijo derecho.

Operaciones:

- NodoBinarioAVL(): Constructor por defecto que inicializa el nodo.
- ~NodoBinarioAVL(): Destructor del nodo.
- T& getDato(): Devuelve el dato almacenado en el nodo.

- void setDato(T&): Establece el dato almacenado en el nodo.
- NodoBinarioAVL<T>\* getHijoIzq(): Devuelve el puntero al hijo izquierdo.
- NodoBinarioAVL<T>\* getHijoDer(): Devuelve el puntero al hijo derecho.
- void setHijoIzq(NodoBinarioAVL<T>\*>): Establece el puntero al hijo izquierdo.
- void setHijoDer(NodoBinarioAVL<T>\*>): Establece el puntero al hijo derecho.

## 2. TAD ArbolBinarioAVL

### Propiedades:

- raiz: Puntero al nodo raíz del árbol.

### Operaciones:

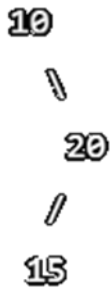
- ArbolBinarioAVL(): Constructor por defecto que inicializa el árbol.
- ~ArbolBinarioAVL(): Destructor del árbol.
- void setRaiz(NodoBinarioAVL<T>\*>): Establece la raíz del árbol.
- NodoBinarioAVL<T>\* getRaiz(): Devuelve la raíz del árbol.
- bool esVacio(): Verifica si el árbol está vacío.
- T& datoRaiz(): Devuelve el dato almacenado en la raíz.
- int altura(NodoBinarioAVL<T>\*>): Calcula la altura del árbol.
- int tamano(NodoBinarioAVL<T>\*>): Calcula el número de nodos en el árbol.
- bool insertar(T&): Inserta un valor en el árbol.
- bool eliminar(T&): Elimina un valor del árbol.
- bool buscar(T&): Busca un valor en el árbol.
- NodoBinarioAVL<T>\* giroDerecha(NodoBinarioAVL<T>\*>): Realiza una rotación simple a la derecha.
- NodoBinarioAVL<T>\* giroIzquierda(NodoBinarioAVL<T>\*>): Realiza una rotación simple a la izquierda.
- NodoBinarioAVL<T>\* giroIzquierdaDerecha(NodoBinarioAVL<T>\*>): Realiza una rotación doble izquierda-derecha.
- NodoBinarioAVL<T>\* giroDerechaIzquierda(NodoBinarioAVL<T>\*>): Realiza una rotación doble derecha-izquierda.

- void preOrden(NodoBinarioAVL<T>\*): Recorre el árbol en preorden.
- void inOrden(NodoBinarioAVL<T>\*): Recorre el árbol en inorden.
- void posOrden(NodoBinarioAVL<T>\*): Recorre el árbol en posorden.
- void nivelOrden(NodoBinarioAVL<T>\*): Recorre el árbol por niveles.

## COMPILACION Y PRUEBAS

Prueba:

Arbol utilizado para la prueba:



En la terminación se pone:

A 10

A 5

A 20

A 15

E 5

Salida esperada:

Inorden: 10 15 20

Preorden: 10 15 20

Posorden: 15 20 10

Salida obtenida:

En la imagen se encuentra el comando para compilar el programa y la salida obtenida por este.

g++ Arbolito.cpp -o arbolito

.\arbolito

```
PS C:\Users\julia\Documents\Universidad\Estructuras de datos\Taller03\Taller03_Trees\Taller03_Trees\Arbol AVL>
g++ Arbolito.cpp -o arbolito
PS C:\Users\julia\Documents\Universidad\Estructuras de datos\Taller03\Taller03_Trees\Taller03_Trees\Arbol AVL>
.\arbolito
A 10
Insertando: 10

A 5
Insertando: 5

A 20
Insertando: 20

A 15
Insertando: 15

E 5
Eliminando: 5

ww
Saliendo...

Inorden:
10 15 20
Preorden:
15 10 20
Posorden:
10 20 15
```

### III. ARBOL BINARIO

#### TADS

##### 1) Nodo:

Datos mínimos:

- Dato; entero; contiene el dato a guardar en el nodo
- NodoIzquierda; apuntador de nodo; contiene la dirección de memoria de su nodo hijo a la izquierda
- NodoDerecha; apuntador de nodo; contiene la dirección de memoria de su nodo hijo a la derecha

##### 2) ArbolBinario

Datos mínimos:

- Raiz; apuntador de nodo; contiene la dirección de memoria del nodo raíz del árbol

Operaciones:

- ArbolBinario(numero), constructor que asigna un valor a la raíz dado por parámetro
- busquedaInOrder(), imprime todos los elementos del árbol usando la búsqueda InOrder
- busquedaPostOrder(), imprime todos los elementos del árbol usando la búsqueda PostOrder
- getRaiz(), devuelve la dirección de memoria de la raíz
- busquedaPreOrder(), imprime todos los elementos del árbol usando la búsqueda PreOrder

## COMPILACION Y PRUEBAS

### Compilación:

Para poder compilar el árbol y el programa, se entra en la carpeta del árbol binario y se escribe el siguiente código en la terminal:

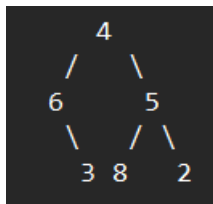
```
g++ prueba_ArbolBinario.cpp ArbolBinario.cpp -o ejecutable
```

Y para ejecutar el código se escribe

```
./ejecutable
```

### Pruebas:

Se construirá el siguiente árbol con los comandos mostrados después del árbol:



```
ArbolBinario arbol(4);  
  
arbol.getRaiz()->nodoDerecha = new nodo(5);  
arbol.getRaiz()->nodoIzquierda = new nodo(6);  
arbol.getRaiz()->nodoDerecha->nodoIzquierda = new nodo(8);  
arbol.getRaiz()->nodoDerecha->nodoDerecha = new nodo(2);  
arbol.getRaiz()->nodoIzquierda->nodoDerecha = new nodo(3);
```

Para la verificación una creación efectiva y funcionamiento de los comandos se realizará un recorrido InOrder, PreOrder y PostOrder donde se esperan los siguientes resultados:

InOrder- 6 3 4 8 5 2

PreOrder – 4 6 3 5 8 2

PostOrder – 3 6 8 2 5 4

Resultados:

```
InOrder
6 3 4 8 5 2
PreOrder
4 6 3 5 8 2
PostOrder
3 6 8 2 5 4
```

Los resultados son correctos y de acuerdo con el plan de pruebas

Para verificar si es posible modificar un nodo se va a realizar el debido comando y luego se generará un recorrido inorder, se va a modificar el nodo donde está el 5 por un 10. Donde se esperan los siguientes resultados:

InOrder - 6 3 4 8 10 2

Resultados:

```
InOrder al modificar un nodo
6 3 4 8 10 2
```

Los resultados son correctos y de acuerdo con el plan de pruebas

Para verificar si es posible eliminar un nodo se va a realizar el debido comando y luego se generará un recorrido inorder, se va a eliminar el nodo con dato 2. Donde se esperan los siguientes resultados:

InOrder - 6 3 4 8 10

Resultados:

```
InOrder al eliminar un nodo
6 3 4 8 10
```

Los resultados son correctos y de acuerdo con el plan de pruebas

#### IV. ARBOL BINARIO ORDENADO

##### TADS

###### 1) Nodo:

Datos mínimos:

- Dato; entero; contiene el dato a guardar en el nodo
- NodoIzquierda; apuntador de nodo; contiene la dirección de memoria de su nodo hijo a la izquierda
- NodoDerecha; apuntador de nodo; contiene la dirección de memoria de su nodo hijo a la derecha



## 2) BST:

Datos mínimos:

- Raiz; apuntador de nodo; contiene la dirección de memoria del nodo raíz del árbol

Operaciones:

- BST(numero), constructor que asigna un valor a la raíz dado por parámetro
- busquedaInOrder(), imprime todos los elementos del árbol usando la búsqueda InOrder
- busquedaPostOrder(), imprime todos los elementos del árbol usando la búsqueda PostOrder
- busquedaPreOrder(), imprime todos los elementos del árbol usando la búsqueda PreOrder
- buscarNumero(numero), busca en el árbol si el numero dado por parámetro está en el árbol
- agregarNumero(numero), agrega al árbol un nuevo nodo con el numero dado por parametro
- eliminarNumero(numero), elimina del árbol el nodo con el numero dado por parametro

## COMPILACION Y PRUEBAS

### Compilación:

Para poder compilar el árbol y el programa, se entra en la carpeta del árbol binario y se escribe el siguiente código en la terminal:

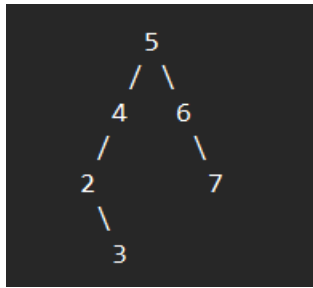
```
g++ 'Binary Search Tree.cpp' main.cpp -o ejecutable
```

Y para ejecutar el código se escribe

```
./ejecutable
```

### Pruebas:

Se construirá el siguiente árbol con los comandos del programa:



Para confirmar su creación efectiva se usará el comando `buscarNumero()` con los números 3, 7 y 1 donde se espera los siguientes resultados:

3 – True

7 – True

1 – False

Resultados:

```
Esta el 3?: 1
Esta el 7?: 1
Esta el 1?: 0
```

Los resultados son correctos y de acuerdo con el plan de pruebas

También se va a hacer uso de los diferentes recorridos de un árbol binario para ver su buena implementación, para esto se va a hacer un recorrido InOrder, PreOrder y PostOrder donde se esperan los siguientes resultados:

InOrder – 2 3 4 5 6 7

PreOrder – 5 4 2 3 6 7

PostOrder – 3 2 4 7 6 5

Resultados:

```
InOrder
2 3 4 5 6 7
PreOrder
5 4 2 3 6 7
PostOrder
3 2 4 7 6 5
```

Los resultados son correctos y de acuerdo con el plan de pruebas

Y últimamente se borrará un valor del árbol y se confirmará mostrando el recorrido inorder del nuevo árbol de búsqueda binario, el valor a borrar sera 3, y se espera el siguiente resultado:

2 4 5 6 7

Resultados:

```
InOrder despues eliminar el 3
2 4 5 6 7
```

Los resultados son correctos y de acuerdo con el plan de pruebas

## V. ARBOL EXPRESION

### TADS

#### 1. TAD: Nodo expresion

Atributos:

- dato (char): Almacena el valor del nodo, que puede ser un operador o un operando.
- operando (bool): Indica si el nodo es un operando (true) o un operador (false).
- hijoIzq (NodoExpresion\*): Puntero al hijo izquierdo del nodo.
- hijoDer (NodoExpresion\*): Puntero al hijo derecho del nodo.

Operaciones:

- NodoExpresion(): Constructor que inicializa un nodo sin hijos y sin datos.
- ~NodoExpresion(): Destructor del nodo.
- char getDato(): Retorna el dato almacenado en el nodo.
- void setDato(char val): Establece el valor del nodo.
- bool getOperando(): Retorna si el nodo es un operando.
- void setOperando(bool op): Establece si el nodo es un operando.
- NodoExpresion\* getHijoIzq(): Retorna el puntero al hijo izquierdo.
- void setHijoIzq(NodoExpresion\* izq): Establece el puntero al hijo izquierdo.
- NodoExpresion\* getHijoDer(): Retorna el puntero al hijo derecho.
- void setHijoDer(NodoExpresion\* der): Establece el puntero al hijo derecho.

#### 2. TAD: Arbol expresion

Atributos:

- raiz (NodoExpresion\*): Puntero al nodo raíz del árbol de expresión.

Operaciones:

- ArbolExpresion(): Constructor que inicializa un árbol vacío con la raíz en NULL.
- ~ArbolExpresion(): Destructor del árbol de expresión.
- NodoExpresion\* getRaiz(): Retorna el puntero a la raíz del árbol.
- void setRaiz(NodoExpresion\* nod): Establece el puntero a la raíz del árbol.
- void llenarDesdePrefija(string &expresion): Llena el árbol a partir de una expresión prefija.
- void llenarDesdePosfija(string &expresion): Llena el árbol a partir de una expresión posfija.
- void obtenerPrefija(NodoExpresion\* inicio): Imprime la expresión en notación prefija.
- void obtenerInfija(NodoExpresion\* inicio): Imprime la expresión en notación infija.
- void obtenerPosfija(NodoExpresion\* inicio): Imprime la expresión en notación posfija.
- int evaluar(NodoExpresion\* nodi): Evalúa la expresión representada por el árbol y devuelve su resultado.
- bool siOperando(char car): Retorna true si el carácter es un operador; de lo contrario, false.

## COMPILACION Y PRUEBAS

Prueba:

Ejercicio 1

- Expresión Prefija:  $-*/5-7+113-+2+1*43*2-68$
- Versión Posfija Impresa:  $8\ 6\ -\ 2\ *\ 3\ 4\ *\ 1\ +\ 2\ +\ -\ 3\ 1\ 1\ +\ 7\ -\ 5\ /\ * -$
- Resultado Evaluado: -8

Evaluación Ejercicio 1

1. Expresión Prefija:  $-*/5-7+113-+2+1*43*2-68$ 
  - a. Esta es una expresión prefija, y el orden de evaluación sería el siguiente:
    - (Raíz)
    - \* (Hijo izquierdo de la raíz)
    - / (Hijo izquierdo de \*)
    - 5 (Hijo izquierdo de /)
    - (Hijo derecho de /)
    - 7 (Hijo izquierdo de -)
    - + (Hijo derecho de -)
    - .....

Al evaluar esta expresión, deberíamos obtener el resultado -8.

## Ejercicio 2

- Expresión Posfija:  $45+23+*6+87+/12+3*6+23+/*$
- Versión Prefija Impresa:  $* / + * + 4 5 + 2 3 6 + 8 7 / + * + 1 2 3 6 + 2 3$
- Resultado Evaluado: 9

## Evaluación Ejercicio 2

1. Expresión Posfija:  $45+23+*6+87+/12+3*6+23+/*$ 
  - a. Al evaluar manualmente la expresión, el orden sería:

$45+ \rightarrow 9$   
 $23+ \rightarrow 5$   
 $9 * 5 \rightarrow 45$   
 $6 + \rightarrow 51$   
.....

- b. Al evaluar esta expresión, deberíamos obtener el resultado -9.

En la imagen se encuentra el comando para compilar el programa y la salida obtenida por este.

```
g++ main.cpp -o Expression
```

```
.\Expression
```

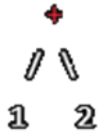
```
PS C:\Users\julia\Documents\Universidad\Estructuras de datos\Taller03\Taller03_Trees\Taller03_Trees\Arbol Expression>
g++ main.cpp -o Expression
PS C:\Users\julia\Documents\Universidad\Estructuras de datos\Taller03\Taller03_Trees\Taller03_Trees\Arbol Expression>
.\Expression
EJERCICIO 1

1. Construir Arbol Expression:
-*/5-7+113-+2+1*43*2-68
2. Imprimir Version Posfija=
8 6 - 2 * 3 4 * 1 + 2 + - 3 1 1 + 7 - 5 / * -
3. Imprimir Resultado=
-8
EJERCICIO 2

1. Construir Arbol Expression:
45+23+*6+87+/12+3*6+23+/*
2. Imprimir Version Prefija=
* / + * + 4 5 + 2 3 6 + 8 7 / + * + 1 2 3 6 + 2 3
3. Imprimir Resultado=
9
```

Se realizo una segunda prueba con un árbol más pequeño para verificar la efectividad del código:

Se utilizo el siguiente arbol:



Modificamos el main:

```
cout << "EJERCICIO 1" << endl;
cout << endl;
cout << "1. Construir Arbol Expresion (Prefija): " << endl;
cout << "+12" << endl; // Expresión prefija simple
ArbolExpresion* arbexp = new ArbolExpresion();
string exp = "+12";
arbexp->llenarDesdePrefija(exp);

cout << "EJERCICIO 2" << endl;
cout << endl;
cout << "1. Construir Arbol Expresion (Posfija): " << endl;
cout << "12+" << endl; // Expresión posfija simple
ArbolExpresion* arbexp2 = new ArbolExpresion();
string exp2 = "12+";
arbexp2->llenarDesdePosfija(exp2);
```

### Ejercicio 1: Expresión Prefija +12

+ es el operador.

1 y 2 son los operandos.

La expresión representa  $1 + 2$ .

- Recorrido Posfijo (Posorden) del Árbol:

Se recorre el hijo izquierdo, luego el hijo derecho, y finalmente la raíz.

- Resultado del recorrido: 1 2 +.

Evaluación del Árbol:

$1 + 2 = 3$ .

- Resultados Esperados para el Ejercicio 1:

Versión Posfija Impresa: 1 2 +

Resultado Evaluado: 3

## Ejercicio 2: Expresión Posfija 12+

1 y 2 son los operandos.

+ es el operador que suma los dos operandos.

La expresión representa  $1 + 2$ .

- Recorrido Prefijo (Preorden) del Árbol:

Se visita la raíz, luego el hijo izquierdo y finalmente el hijo derecho.

- Resultado del recorrido: + 1 2.

$1 + 2 = 3$ .

- Resultados Esperados para el Ejercicio 2:

Versión Prefija Impresa: + 1 2

Resultado Evaluado: 3

Resultados obtenidos:

En la imagen se encuentra el comando para compilar el programa y la salida obtenida por este.

```
g++ main.cpp -o main
```

```
.\main
```

```
PS C:\Users\julia\Documents\Universidad\Estructuras de datos\Taller03\Taller03_Trees\Taller03_Trees\Arbol Expresion>
g++ main.cpp -o main
PS C:\Users\julia\Documents\Universidad\Estructuras de datos\Taller03\Taller03_Trees\Taller03_Trees\Arbol Expresion>
.\main
EJERCICIO 1

1. Construir Arbol Expresion (Prefija):
+12
2. Imprimir Version Posfija =
2 1 +
3. Imprimir Resultado =
3

EJERCICIO 2

1. Construir Arbol Expresion (Posfija):
12+
2. Imprimir Version Prefija =
+ 1 2
3. Imprimir Resultado =
3
```

## VI. ARBOL KD-TREE

### TADS

#### TAD: Node

##### Atributos:

- puntos, Un vector de coordenadas (puntos) en el espacio multidimensional.
- izquierda, Puntero al nodo hijo izquierdo.
- derecha, Puntero al nodo hijo derecho.

##### Operaciones:

- Node(), Crea un nodo con un vector de puntos.
- vector<double> getPuntos() const: Devuelve las coordenadas del nodo.
- void setPuntos(), Modifica las coordenadas del nodo.
- Node\* getIzquierda() Devuelve el nodo hijo izquierdo.
- Node\* getDerecha() Devuelve el nodo hijo derecho.

#### TAD: KDTree

##### Atributos:

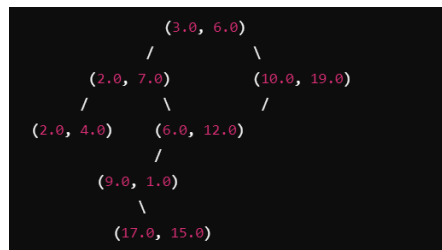
- raiz, Puntero al nodo raíz del árbol.
- dimension, El número de dimensiones de los puntos almacenados en el árbol.

##### Operaciones:

- KDTree(), Inicializa el KDTree con una dimensión dada.
- KDTree(), Libera la memoria de todos los nodos al eliminar el árbol.
- void AgregarNodoAlArbol(), Agrega un nuevo nodo al árbol.
- Node\* agregarNodo(), Inserta un nuevo nodo recursivamente dependiendo de la dimensión actual.
- bool buscarNodo(), Busca un nodo con coordenadas específicas.



- bool buscar(), Busca un nodo con los puntos especificados recursivamente.
- string preOrder(), Recorre el árbol en preorden.
- string inOrder(), Recorre el árbol en inorden.
- string postOrder(), Recorre el árbol en postorden.
- void borrarNodos(), Elimina todos los nodos del árbol de forma recursiva.
- int getdimension(), Devuelve la dimensión del árbol.
- void setdimension(), Modifica la dimensión del árbol.
- Node\* getraiz(), Devuelve la raíz del árbol. PRUEBA:
- Árbol utilizado:



Lo que se espera en cada caso:

El comando para guardar y compilar el programa es:

```
g++ *.cpp -o kdtree
```

```
./kdtree
```

```
PS C:\Users\danie\Desktop\intereses\ARBOL_KDTREE.2\ARBOL_KDTREE> g++ *.cpp -o kdtree
PS C:\Users\danie\Desktop\intereses\ARBOL_KDTREE.2\ARBOL_KDTREE> ./kdtree
Hola
```

```
Preorden: (10.0, 19.0) (3.0, 6.0) (2.0, 7.0) (9.0, 1.0) (6.0, 12.0) (17.0, 15.0) (2.0, 4.0)
Inorden: (9.0, 1.0) (2.0, 7.0) (3.0, 6.0) (6.0, 12.0) (10.0, 19.0) (2.0, 4.0) (17.0, 15.0)
Postorden: (9.0, 1.0) (2.0, 7.0) (6.0, 12.0) (3.0, 6.0) (2.0, 4.0) (17.0, 15.0) (10.0, 19.0)
```

Prueba:

```
~/repaso-2$ cd "KD-tree/KD-tree"
~/.../KD-tree/KD-tree$ g++ *.cpp -o kdtree
~/.../KD-tree/KD-tree$ ./kdtree
Hola
Buscando el punto 10, 19: Encontrado
Buscando el punto 5, 5: No encontrado
Recorrido en Preorden: (3.000000,6.000000)(2.000000,7.000000)(2.000000,4.000000)(17.000000,15.000000)(6.000000,12.000000)(9.000000,1.000000)(10.000000,19.000000)
Recorrido en Inorden: (2.000000,4.000000)(2.000000,7.000000)(3.000000,6.000000)(6.000000,12.000000)(9.000000,1.000000)(17.000000,15.000000)(10.000000,19.000000)
Recorrido en Postorden: (2.000000,4.000000)(2.000000,7.000000)(9.000000,1.000000)(6.000000,12.000000)(10.000000,19.000000)(17.000000,15.000000)(3.000000,6.000000)
~/.../KD-tree/KD-tree$
```

## VII. ARBOL QUAD-TREE

### TADS

### 1) Coordenada:

Datos mínimos:

- X, entero, posición en x
- Y, entero, posición en y

Operaciones:

- Coordenada(\_x,\_y), constructor que asigna los valores dados como parametro a la coordenada
- Coordenada(), constructor que asigna la coordenada a 0,0 (default)

### 2) Nodo:

Datos mínimos:

- Pos, coordenada, contiene la posicion del nodo
- Dato, entero, contiene el valor que guardara el nodo

Operaciones:

- Nodo(\_pos, \_nodo), Constructor que construye un nodo en base a los valores pasados por parametro
- Nodo(), Constructor que crea un nodo vacío, sin posición y dato igual a 0

### 3) Quadtree:

Datos mínimos:

- **LimiteNO**, coordenada, contiene la coordenada más arriba a la izquierda del cuadrante (coordenada limite en el noroeste)
- **LimiteSE**, coordenada, contiene la coordenada más abajo a la derecha del cuadrante (coordenada limite en el sureste)
- **Node**, puntero de nodo, contiene el nodo que se encuentra en el cuadrante
- **ArbolNO**, puntero de quadtree, contiene la dirección del cuadrante en el noroeste
- **ArbolNE**, puntero de quadtree, contiene la dirección del cuadrante en el noreste
- **ArbolSO**, puntero de quadtree, contiene la dirección del cuadrante en el suroeste
- **ArbolSE**, puntero de quadtree, contiene la dirección del cuadrante en el sureste

Operaciones:

- **Quadtree(NO, SE)**, Constructor que asigna los límites del cuadrante en base a los datos dados por parámetro

- **Quadtree()**, Constructor predeterminado que no asigna un límite al cuadrante
- **Insertar(nodo)**, inserta un nodo dado por parámetro en el árbol
- **Buscar(coordenada)**, busca el nodo que esta está en la coordenada dada por parámetro
- **Contiene(coordenada)**, retorna si la coordenada se encuentra dentro de los límites del cuadrante

## COMPILACION Y PRUEBAS

### Compilación:

Para poder compilar el árbol y el programa, se entra en la carpeta del árbol binario y se escribe el siguiente código en la terminal:

```
g++ *.cpp -o ejecutable
```

Y para ejecutar el código se escribe

```
./ejecutable
```

### Pruebas:

Para comprobar el funcionamiento del árbol se va a crear un árbol quadtree con un mapa 8x8 donde se encontrarán 3 puntos con datos, siendo los siguientes:

- Nodo a: con coordenadas 1,1 y el dato 1
- Nodo b: con coordenadas 2,5 y el dato 2
- Nodo c: con coordenadas 7,6 y el dato 3

Como primera forma de prueba se buscará en el árbol el dato que se encuentra en las 3 coordenadas de cada nodo y el de la coordenada 5,5 que no está en el árbol, se esperan los siguientes resultados:

- Nodo a: 1
- Nodo b: 2
- Nodo c: 3
- Nodo no existente: NULL

Resultados:

```
Nodo a: 1
Nodo b: 2
Nodo c: 3
Nodo no existente: 0
```

Los resultados son correctos y de acuerdo con el plan de pruebas

También se pondrá a prueba la posibilidad de modificar un dato de un nodo ya existente, para ello si usara el comando para modificar el nodo a y que su dato sea 5. Se espera los siguientes resultados:

- Nodo a: 5

Resultados:

**Nodo a despues de modificacion: 5**

Los resultados son correctos y de acuerdo con el plan de pruebas

## VIII. ARBOL DECISION

### TADS

#### 1) TAD: Nodo

Atributos:

pregunta: Cadena que representa la pregunta o condición en el nodo.

si: Puntero al subárbol si la respuesta es "sí".

no: Puntero al subárbol si la respuesta es "no".

Operaciones:

Nodo(): Crea un nodo con una pregunta y punteros nulos para si y no.

getPregunta() const: Devuelve la pregunta del nodo.

setPregunta(string nuevaPregunta): Modifica la pregunta del nodo.

getSi() const: Devuelve el puntero al subárbol "sí".

getNo() const: Devuelve el puntero al subárbol "no".

#### 2) TAD: Árbol de Decisión

Atributos:

raiz: Puntero al nodo raíz del árbol de decisión.

Operaciones:

ArbolDecision(): Crea un árbol de decisión vacío.

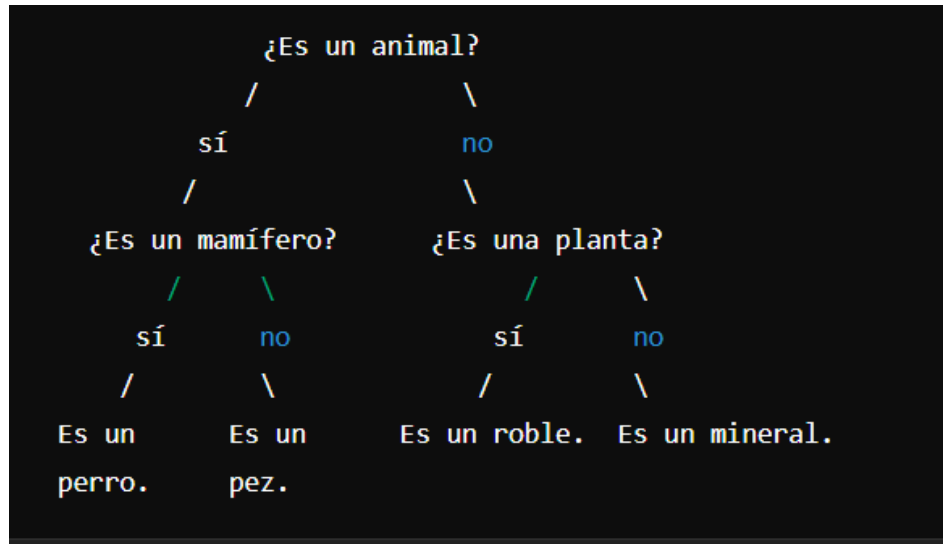
liberarArbol(Nodo\* nodo): Libera la memoria del árbol recursivamente.

establecerRaiz(Nodo\* nodo): Establece el nodo raíz del árbol.

iniciarDecision(): Inicia el proceso de toma de decisiones en el árbol.

crearNodo(string pregunta): Crea un nuevo nodo con la pregunta especificada.

Arbol utilizado.



```

C:\Users\danie\Documents\UNIVERSIDAD\4 SEMESTRE\ESTRUCT-OF-DATES\CODIGOS\SEGUNDO_CORTE\Laboratorio_Arboles\ARBOL_DECISIO
N>g++ main.cpp -o main
C:\Users\danie\Documents\UNIVERSIDAD\4 SEMESTRE\ESTRUCT-OF-DATES\CODIGOS\SEGUNDO_CORTE\Laboratorio_Arboles\ARBOL_DECISIO
N>main.exe
¿Es un animal? (sí/no): si
¿Es un mamífero? (sí/no): no
Decisi%n final: Es un pez.
  
```

## IX. ARBOL RED BLACK

### TADS

#### 1) TAD Node

Atributos,

- data, Valor del nodo (tipo int).
- color, Color del nodo (tipo Color, donde Color puede ser RED o BLACK).
- left, Puntero al nodo hijo izquierdo (tipo Node\*).
- right, Puntero al nodo hijo derecho (tipo Node\*).
- parent, Puntero al nodo padre (tipo Node\*).

#### Operaciones

- Node(), Crea un nodo con el valor dado y establece el color a RED.
- int getData(), Devuelve el valor del nodo.
- Color getColor(), Devuelve el color del nodo.
- void setColor(Color nuevoColor), Establece el color del nodo.
- Node\* getLeft(), Devuelve el puntero al nodo hijo izquierdo.

- Node\* getRight(), Devuelve el puntero al nodo hijo derecho.
- Node\* getParent(), Devuelve el puntero al nodo padre.
- 

## 2) TAD RedBlackTree

Atributos,

- root, Puntero al nodo raíz del árbol (tipo Node\*).

Operaciones:

- RedBlackTree(), Crea un árbol Red-Black vacío (raíz en NULL).
- void insert(int data), Inserta un nuevo valor en el árbol Red-Black, asegurando las propiedades del árbol.
- void inorder(), Inicia el recorrido en orden del árbol.
- void inorderHelper(Node\* node), Ayuda a realizar el recorrido en orden desde un nodo dado.
- void rotateLeft(Node\*& root, Node\*& pt), Realiza una rotación a la izquierda en el nodo dado.
- void rotateRight(Node\*& root, Node\*& pt), Realiza una rotación a la derecha en el nodo dado.
- void fixViolation(Node\*& root, Node\*& pt), Arregla las violaciones de las propiedades del árbol después de una inserción.

Árbol utilizado:

Prueba:

### Compilación:

Para poder compilar el árbol y el programa se escribe el siguiente código en la terminal:

```
~/.../ARBOLES/Arbol_RedBlack$ g++ redblack.cpp -o redblack
~/.../ARBOLES/Arbol_RedBlack$ ./redblack
Recorrido en orden del árbol Red-Black:
10 20 25 30 40 50 ~/.../ARBOLES/Arbol_RedBlack$
```