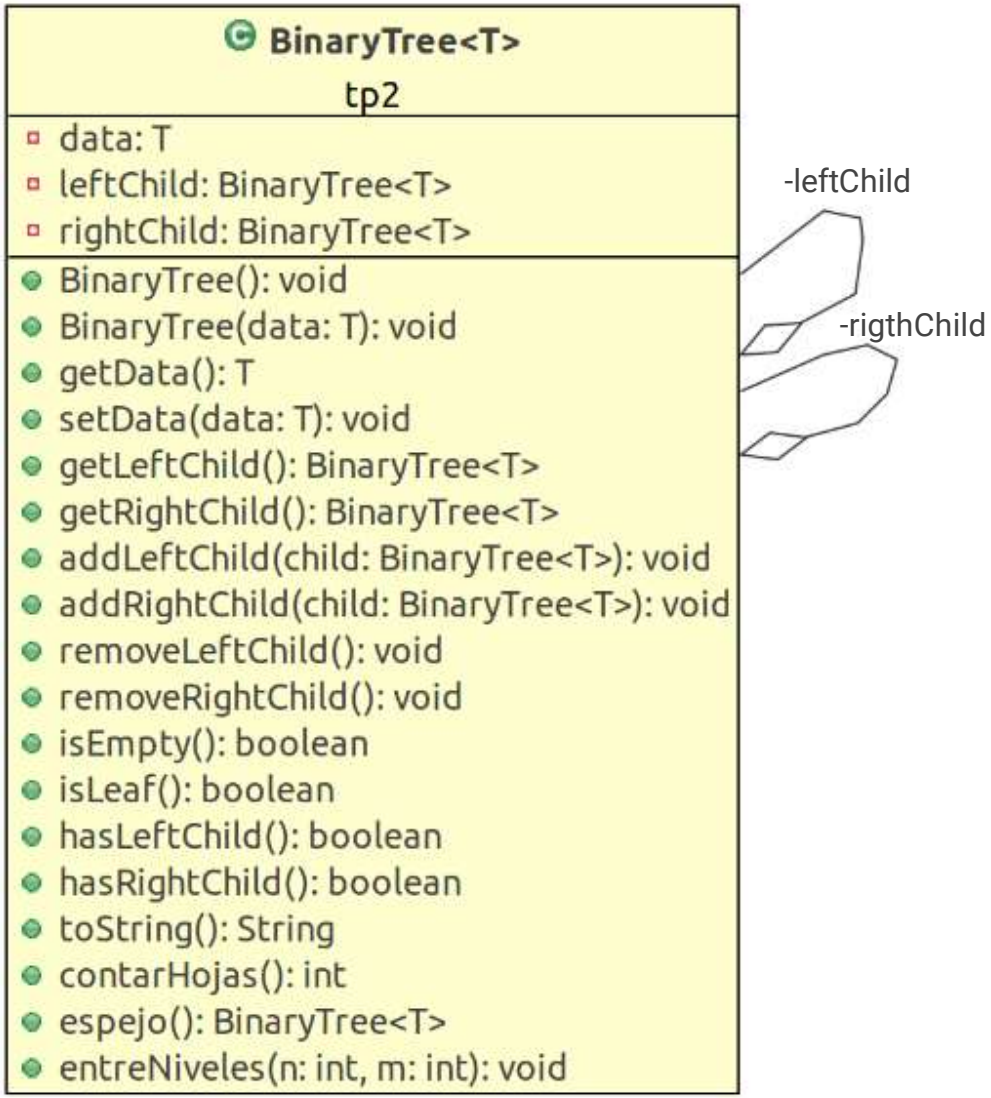
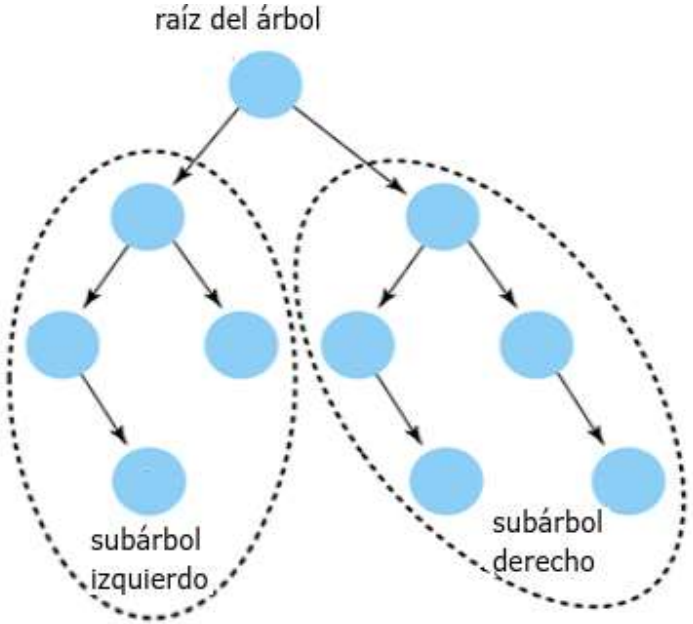
Arboles binarios en Java y árboles de expresión

Arboles Binarios

Estructura





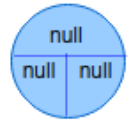
Arboles Binarios

```
public class BinaryTree <T> {
    private T data;
    private BinaryTree<T> leftChild;
    private BinaryTree<T> rightChild;

    public BinaryTree() {
            super();
    }
    public BinaryTree(T data) {
            this.data = data;
    }

    public T getData() {
            return data;
    }

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

    public BinaryTree<T> getLeftChild() {
            return leftChild;
    }
    public BinaryTree<T> getRightChild() {
            return rightChild;
    }

    public void addLeftChild(BinaryTree<T> child){
            this.leftChild = child;
    }
```

Constructores

Preguntar antes de invocar si hasLeftChild()/ hasRightChild()

```
    public void addRightChild(BinaryTree<T> child) {
            this.rightChild = child;
    }

    public void removeLeftChild() {
            this.leftChild = null;
    }
    public void removeRightChild() {
            this.rightChild = null;
    }

    public boolean isEmpty(){
            return (this.isLeaf() && this.getData() ==
null);
    }

    public boolean isLeaf() {
           return (!this.hasLeftChild() &&
!this.hasRightChild());
    }
    public boolean hasLeftChild() {
            return this.leftChild!=null;
    }

    public boolean hasRightChild() {
            return this.rightChild!=null;
    }
    @Override
    public String toString() {
            return this.getData().toString();
    }
}
```

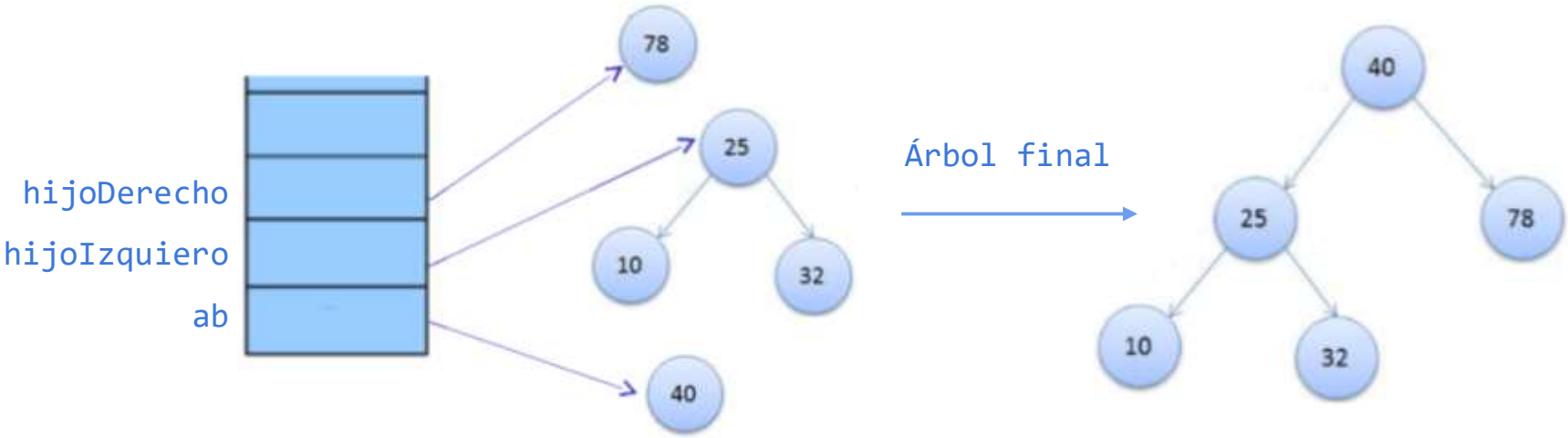


Arbol vacío

Arboles Binarios

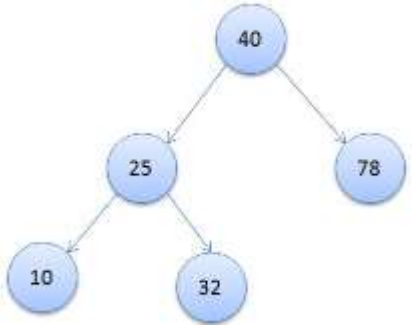
Creación

```
BinaryTree<Integer> ab = new BinaryTree<Integer>(40);
BinaryTree<Integer> hijoIzquierdo = new BinaryTree<Integer>(25);
hijoIzquierdo.addLeftChild(new BinaryTree<Integer>(10));
hijoIzquierdo.addRightChild(new BinaryTree<Integer>(32));
BinaryTree<Integer> hijoDerecho= new BinaryTree<Integer>(78);
ab.addLeftChild(hijoIzquierdo);
ab.addRightChild(hijoDerecho);
```



Arboles Binarios

Recorridos (1/2)



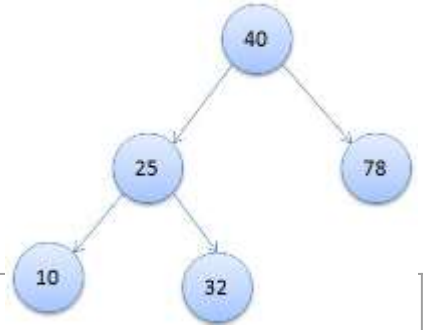
Los árboles binarios se pueden recorrer de diferentes maneras, de acuerdo al orden en el que se visitan sus nodos. En el cuadro se sintetiza cada uno de ellos.

Preorden
Se procesa primero la raíz y luego sus hijos, izquierdo y derecho.
 	
`40, 25, 10, 32, 78`
	`public void preorden() {`
	`  imprimir (dato);`
	`  si (tiene hijo_izquierdo)`
	`  hijoIzquierdo.preorden();`
	`  si (tiene hijo_derecho)`
	`  hijoDerecho.preorden();`
	`}`

Inorden
Se procesa el hijo izquierdo, luego la raíz y último el hijo derecho.
 	
`10, 25, 32, 40, 78`
	`public void preorden() {`
	`  si (tiene hijo_izquierdo)`
	`  hijoIzquierdo.preorden();`
	`  imprimir (dato);`
	`  si (tiene hijo_derecho)`
	`  hijoDerecho.preorden();`
	`}`

Arboles Binarios

Recorridos (2/2)



Postorden

Se procesan primero los hijos, izquierdo y derecho, y luego la raíz

`10, 32, 25, 78, 40`

```
public void preorden() {
    si (tiene hijo_izquierdo)
      hijoIzquierdo.preorden();
    si (tiene hijo_derecho)
      hijoDerecho.preorden();
    imprimir (dato);
}
```

Por niveles

Se procesan los nodos teniendo en cuenta sus niveles, primero la raíz, luego los hijos, los hijos de éstos, etc.

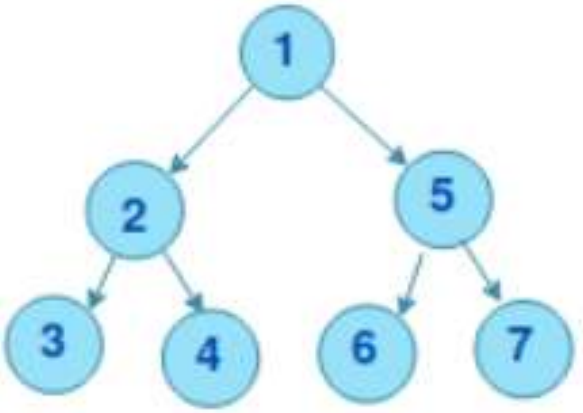
`40, 25, 78, 10, 32`

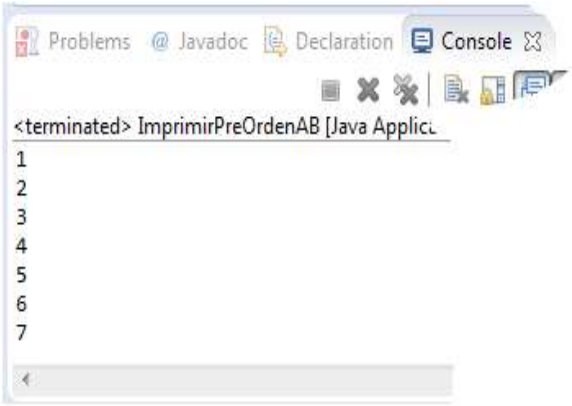
```
public void  porNiveles() {
     encolar(raíz);
     mientras (cola no se vacíe) {
        desencolar(v);
        imprimir (dato de v);
        si (tiene hijo_izquierdo)

     encolar(hijo_izquierdo);
        si (tiene hijo_derecho)

     encolar(hijo_derecho);
      }
}
```

Arboles Binarios
Recorrido PreOrden

Se procesa primero la raíz y luego sus hijos, izquierdo y derecho

```
public class BinaryTree<T> {

    private T data;
    private BinaryTree<T> leftChild;
    private BinaryTree<T> rightChild;

  public void printPreorden() {
        System.out.println(this.getData());
        if (this.hasLeftChild()) {

this.getLeftChild().printPreorden();
        }
        if (this.hasRightChild()) {

this.getRightChild().printPreorden();
        }
  }
}
```

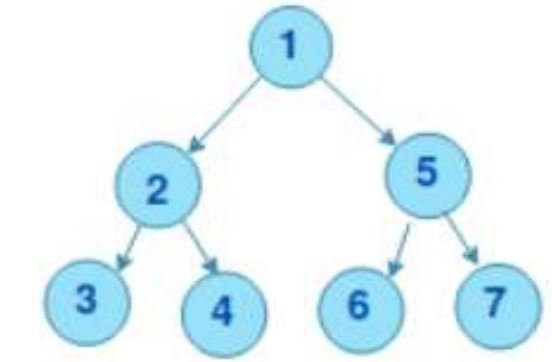


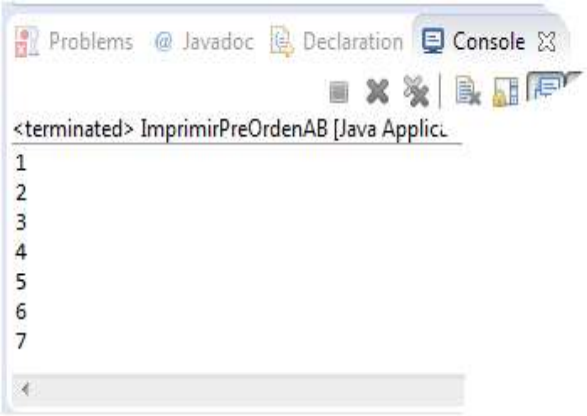


Arboles Binarios
Recorrido PreOrden

¿Qué cambio se debería hacer si el método **`preorden()`** debe definirse en otra clase diferente al **`BinaryTree`**?

```
public class BinaryTreePrinter<T> {

  public void preorden(BinaryTree<T> ab) {
         System.out.println(ab.getData());
         if (ab.hasLeftChild()) {

this.preorden(ab.getLeftChild());
         }
         if (ab.hasRightChild()) {

this.preorden(ab.getRightChild());
         }
    }

}
```

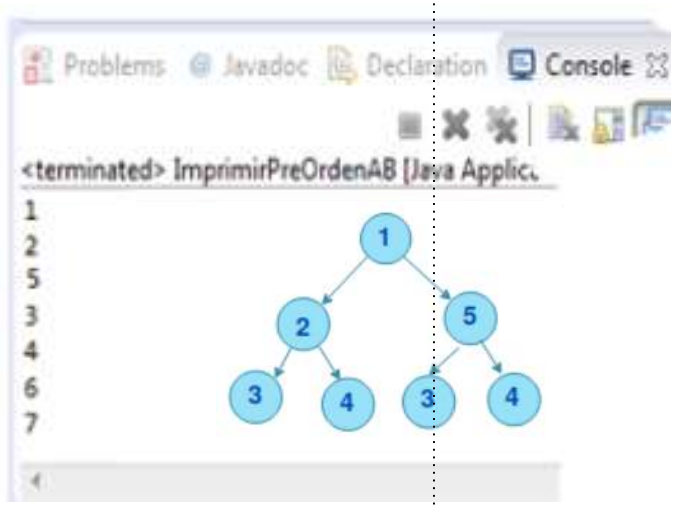




Arboles Binarios
Recorrido PreOrden

¿Qué cambio harías para **devolver una lista** con los elementos de un recorrido en preorden?

```
package tp2.ejercicio1;
import java.util.List;
import java.util.LinkedList;

public class BinaryTreePrinter<T> {

    public List<T> preorden(BinaryTree<T> ab) {
          List<T> result = new LinkedList<T>();
          this.preorden_private(ab, result);
          return result;
    }

    private void preorden_private(BinaryTree<T> ab, List<T> result) {
          result.add(ab.getData());
          if (ab.hasLeftChild()) {
                  ab.getLeftChild().printPreorden();
          }
          if (ab.hasRightChild()) {
                  ab.getRightChild().printPreorden();
          }
    }
}
```

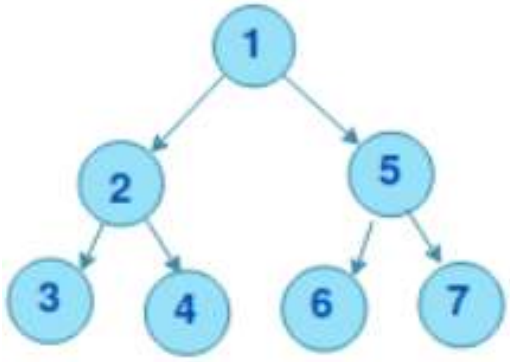


Arboles Binarios

Recorrido por Niveles

```
package tp1.ejercicio1;
import tp1.Queue;
public class BinaryTree<T> {
    . . .
    public void printLevelTraversal() {
          BinaryTree<T> ab = null;
          Queue<BinaryTree<T>> cola = new Queue<BinaryTree<T>>();
          cola.enqueue(this);
      cola.enqueue(null);
          while (!cola.isEmpty()) {
                    ab = cola.dequeue();
                    if (ab != null) {
                              System.out.print(ab.getData());
                              if (ab.hasLeftChild()) {

cola.enqueue(ab.getLeftChild());
                              }
                              if (ab.hasRightChild()) {

cola.enqueue(ab.getRightChild());
                              }
                    } else if (!cola.isEmpty()) {
                              System.out.println();
                              cola.enqueue(null);
                    }
          }
    }
    . . .
```

Implementación del recorrido por niveles dentro de la clase `BinaryTree`.

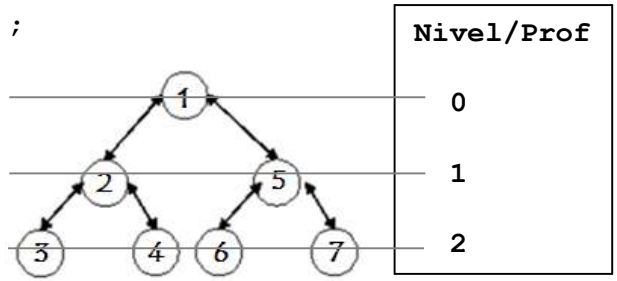


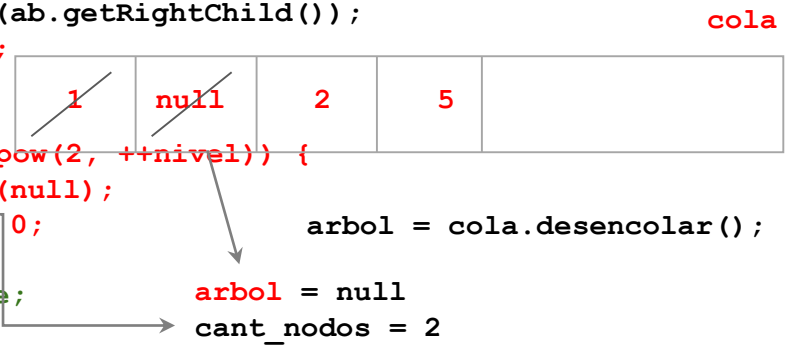
Arboles Binarios

¿Es árbol lleno?

Dado un árbol binario de altura h, diremos que es un **árbol lleno** si cada nodo interno tiene grado 2 y todas las hojas están en el mismo nivel (h). Implementar un método para determinar si un árbol binario es "**`lleno`**"

```
public boolean lleno() {
        BinaryTree<T> ab = null;
        Queue<BinaryTree<T>> cola = new Queue<BinaryTree<T>>();
        boolean lleno = true;
        int cant_nodos = 0;
        int nivel = 0;
        cola.enqueue(this);
        cola.enqueue(null);
        while (!cola.isEmpty() && lleno) {
                ab = cola.dequeue();
                if (ab != null) {
                        if (ab.hasLeftChild()) {
                                cola.enqueue(ab.getLeftChild());
                                cant_nodos++;
                        }
                        if (ab.hasRightChild()) {
                                cola.enqueue(ab.getRightChild());
                                cant_nodos++;
                        }
                } else if (!cola.isEmpty()) {
                        if (cant_nodos == Math.pow(2, ++nivel)) {
                                cola.enqueue(null);
                                cant_nodos = 0;
                        } else
                                lleno = false;
                }
        }
        return lleno;
}
```



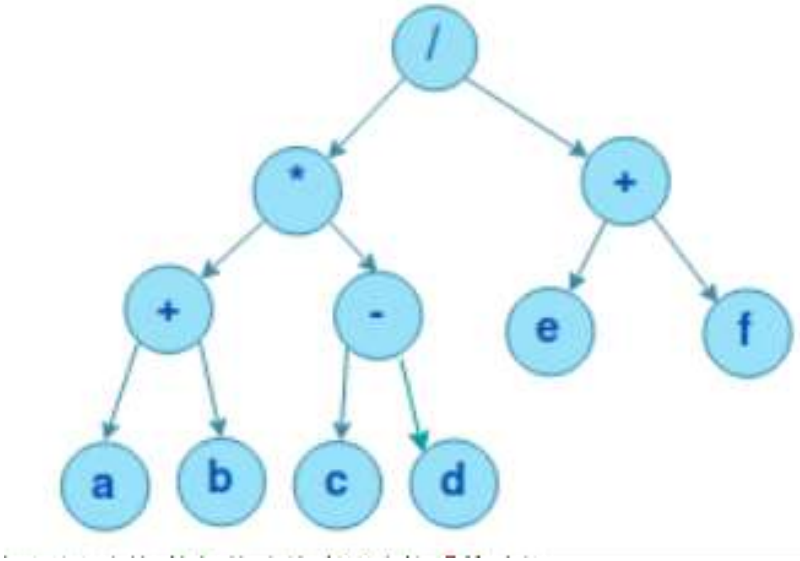


Árboles Binarios

Árboles de Expresión

Un árbol de expresión es un árbol binario asociado a una expresión aritmética donde:

- Los nodos internos representan operadores
- Los nodos externos (hojas) representan operandos

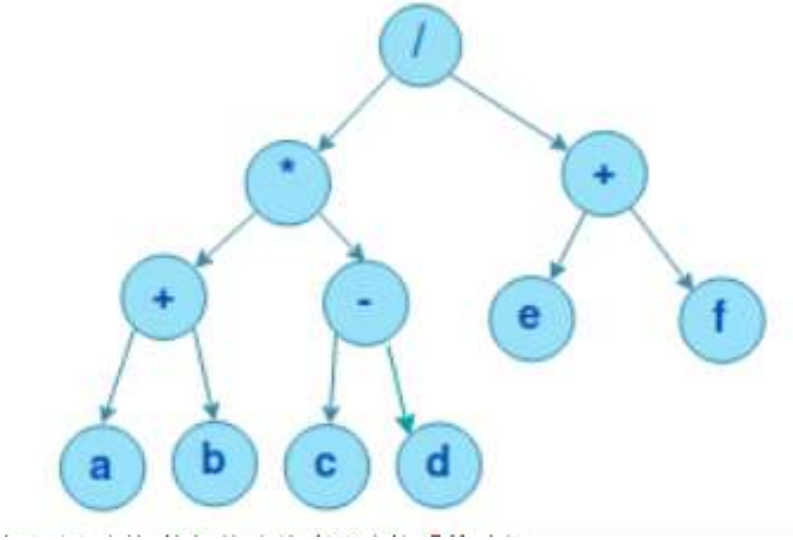


No necesitan el uso de paréntesis

Árboles de Expresión
Casos de uso

Algunas aplicaciones de los árboles de expresión son:

- En compiladores se usa para analizar, optimizar y traducir programas.
- Evaluar expresiones algebraicas o lógicas complejas de manera eficiente
- Los árboles pueden almacenar expresiones algebraicas y a partir de ellos se puede generar notaciones sufijas, prefijas e infijas.



Recorridos

Inorden: (((a + b) * (c – d)) / (e + f)) → expresión infija

Preorden: /*+ab-cd+ef → expresión prefija

Postorden: ab+cd-*ef+/ → expresión posfija

Árboles de expresión

Construcción de un árbol de expresión a partir de una expresión posfija

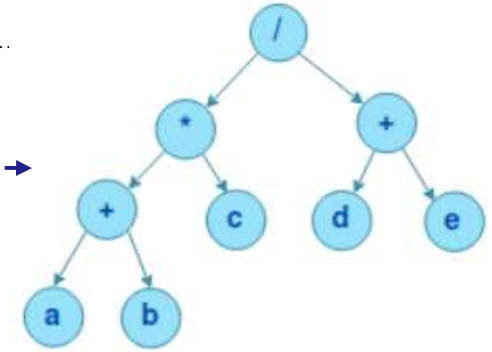
Estrategia I:

convertir(expr_posfija)

crear una Pila vacía
mientras (existe un carácter) hacer
tomo un carácter de la expresión
si es un ***operando***
 *****creo*** *un nodo y lo apilo*
si es un ***operador*** *(lo tomo como la raíz de los dos últimos nodos creados)*
 *****creo*** *un nodo R con ese operador*
 desapilo *y lo agrego como hijo derecho de R*
 desapilo *y lo agrego como hijo izquierdo de R*
 apilo *R.*

desapilar ***árbol de expresión posfija final***

ab+c*de+/ --->



Este proceso es posible ya que la expresión posfija está organizada en una forma en la que los operandos aparecen antes de los operadores. Esto nos permite construir el árbol de expresión utilizando una pila, donde se apilan operandos hasta que se encuentre un nodo operador que tome los dos últimos nodos de la pila como hijos.

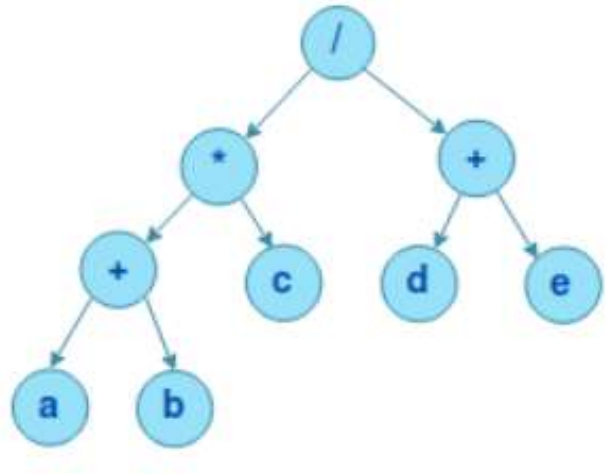
Árboles de expresión

Construcción de un árbol de expresión a partir de una expresión posfija

Este método convierte una expresión ***postfija*** en un **`BinaryTree`.** Puede estar implementado en cualquier clase.

```
public BinaryTree<Character> convertirPostfija(String exp) {

  Character c = null;
  BinaryTree<Character> result;
  Stack<BinaryTree<Character>> p = new Stack<BinaryTree<Character>>();

  for (int i = 0; i < exp.length(); i++) {
        c = exp.charAt(i);
    result = new BinaryTree<Character>(c);
    if ((c == '+') || (c == '-') || (c == '/') || (c == '*')) {
                // Es operador
                result.addRightChild(p.pop());
                result.addLeftChild
        }
                p.push(result);
        }
        return (p.pop());
}
```

ab+c*de+/ ---→

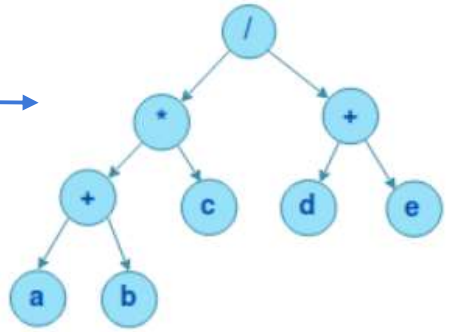


Árboles de expresión

Construcción de un árbol de expresión a partir de una expresión prefija

***Estrategia II**:*

/*+abc+de ⟶



convertir(expr_prefija)

tomo primer carácter de la expresión

***creo** un nodo R con ese operador*

*si el carácter es un **operador***

- *agrego como hijo izquierdo de R(**convertir(expr_prefija sin 1 carácter())***
- *agrego como hijo derecho de R(**convertir(expr_prefija sin 1 carácter))***

//es un operando

devuelvo el nodo R

Este proceso es posible ya que la expresión prefija está organizada en una forma en la que los operadores siempre aparecen antes de los operandos. Cuando se llega a las hojas, la recursión retorna y permite ir armando el árbol desde abajo hacia arriba.

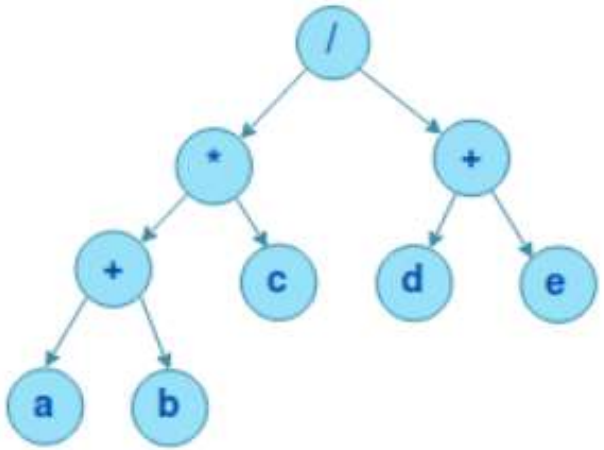
Árboles de expresión

Construcción de un árbol de expresión a partir de una expresión prefija

Este método convierte una expresión ***prefija*** en un árbol de expresión. Puede estar implementado en cualquier clase.

```
public BinaryTree<Character> convertirPrefija(StringBuffer exp) {

        Character c = exp.charAt(0);
        BinaryTree<Character> result = new BinaryTree<Character>(c);
        if ((c == '+') || (c == '-') || (c == '/') || c == '*') {
                // es operador
                result.addLeftChild(this.convertirPrefija(exp.delete(0,
1)));
                result.addRigthChild(this.con                    ,0,
1)));
        }
        // es operando
        return result;

}
```

/*+abc+de ---→



Árboles de expresión

Construcción de un árbol de expresión a partir de una expresión infija

La estrategia para crear un árbol de expresión a partir de una expresión ***infija*** es un poco más compleja. Primero se debe convertir a una expresión ***posfija***.

Estrategia III:

Expresión infija

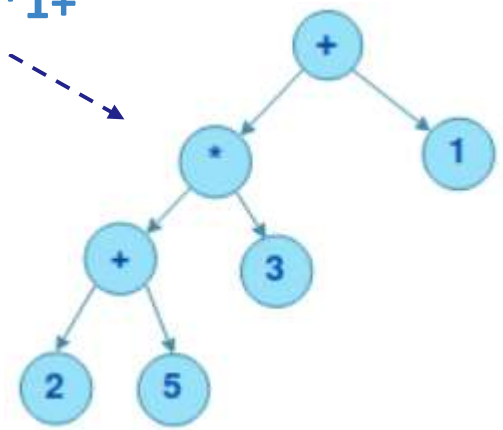
(i) Se usa una pila y se tiene en cuenta la precedencia de los operadores

(2+5)*3+1

Expresión postfija

25+3*1+

(ii) Se usa la estrategia I



Árboles de expresión

Construcción de un árbol de expresión a partir de una expresión infija

Este método convierte una expresión ***infija*** en una expresión ***posfija***. Luego se aplica el algoritmo iterativo visto anteriormente.

crear una Pila vacía
mientras (existe un carácter) hacer
tomo un carácter de la expresión
si es un ***operando*** → *coloca en la salida*
si es un ***operador*** → *se analiza su prioridad respecto del topo de la pila:*
si es un "(" , ")"
"(" se apila
")" se desapila todo hasta el "(", incluído éste
sino
pila vacía u operador con **>** *prioridad que el tope –> se apila*
operador con **<=** *prioridad que el tope –> se desapila, se manda a la salida*
y se vuelve a comparar el operador con el tope de la pila
//se terminó de procesar la expresión infija
Se desapilan todos los elementos llevándolos a la salida, hasta que la pila quede vacía.

Prioridades
^
*, /
+, -

(2+5)*3+(10/5)

↓

2 5+3*10 5 /+

Nota: Los '({ [' se apilan siempre (como si tuvieran mayor prioridad) y a partir de ahí se considera como si la pila estuviera vacía.

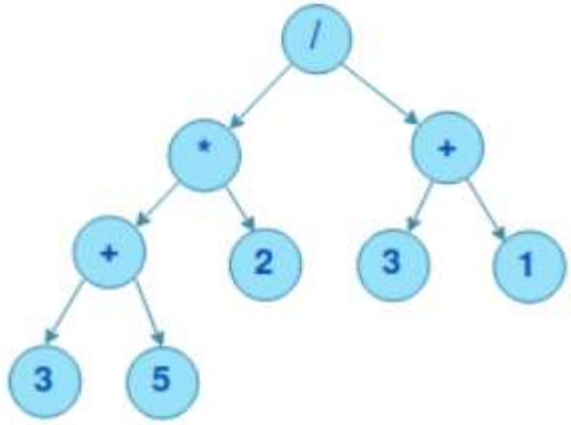
Árboles de expresión

Evaluación

Este método evalúa y retorna un número de acuerdo a la expresión aritmética representada por el **`ArbolBinario`** que es enviado como parámetro.

```
public Integer evaluar(BinaryTree<Character> arbol) {
  Character c = arbol.getData();
  if ((c == '+') || (c == '-') || (c == '/') || c == '*') {
                // es operador
                int operador_1 = evaluar(arbol.getLeftChild());
                int operador_2 = evaluar(arbol.getRightChild());
                switch (c) {
                   case '+':
                        return operador_1 + operador_2;
                   case '-':
                        return operador_1 - operador_2;
                   case '*':
                        return operador_1 * operador_2;
                   case '/':
                        return operador_1 / operador_2;
                 }
   }
  // es operando
  return Integer.parseInt(c.toString());
}
```

Retorna 4



Árboles Binarios

Problema: Encontrar valencia total

El Sr. White ha encontrado una manera de maximizar la pureza de los cristales basados en ciertos compuestos químicos. Ha observado que cada compuesto está hecho de moléculas que están unidas entre sí siguiendo la estructura de un árbol binario completo.
Cada nodo del árbol almacena la valencia de una molécula y se representa como un número entero. El Sr. White utiliza un microscopio electrónico que descarga la estructura de la molécula como un stream de números enteros y le gustaría tener su ayuda para obtener automáticamente la valencia total de las hojas del árbol dado.

Cada línea de entrada comienza con un entero N (1 <= N <= 1000000), seguido de N números enteros Vi que representan las valencias de cada molécula separadas por espacios en blanco (0 < = Vi < = 100).

El final de la entrada se indica mediante un caso de prueba con N = 0.

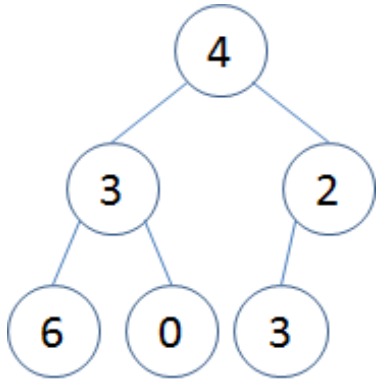
Ejemplo

Input:

```
6 4 3 2 6 0 3
7 1 1 1 2 1 2 1
0
```

Output:

```
9
6
```



Ejercicio: Valencias --> SPOJ.com - Problem UCV2013J