ESTRUCTURA

TEMARIO:

REPASO DE PASCAL.

ESTRUCTURAS DE DATOS LISTA.
Variables de tipo puntero.
- Definición de estructura.
- Implementación en Pascal.
- Operaciones.

PILAS, COLAS Y RECURSIVIDAD.

ESTRUCTURA DE DATOS ARBOLES.

ESTRUCTURA DE DATOS GRAFOS.

LIBROS:
- Programación avanzada y resolución de problemas en Pascal estructura de datos, metodología de la programación e ingeniería del Software (Autores G. M. Steven C. Bruell) Editorial Anaya.
- Gusta a ella es: Pascal y estructura de datos. Date/Lilly Mc Graw Hill.
- Otro clásico es: Estructura de datos. Seymoul Lipschntz Mc Craw Hill. Es todo en Pseudocódigo.

Apuntes realizados por Ignacio Domínguez (Nacho) y Jose Luis Blanco (Chevere)

TEMA I - REPASO PASCAL

1.- ORGANIZACION DE UN PROGRAMA PASCAL:

A) Area de encabezamiento.
```
PROGRAM nombre;
USES librerias;
```

B) Area de declaraciones.
```
CONST identif=valor;
TYPE identif=tipo;
VAR identif:tipo;
```

C) Area de subalgoritmos.
```
PROCEDURE
FUNCTION
```

D) Area de programa principal.
```
BEGIN
...
END.
```

2.- TIPOS DE DATOS EN PASCAL:

Los datos se dividen en datos simples y estructurados: son varios datos de tipo simple.

SIMPLES	Integer Char Boolean Real	ESTRUCTURADOS	String Array El resto....

3. ENTRADA. SALIDA.

ENTRADA	SALIDA
READ( );	WRITE( );
READLN( );	WRITELN( );

4.- ESTRUCTURAS DE CONTROL:

Se dividen en estructuras de:

- **lógica secuencial**: asignaciones y llamadas a procedimientos.
- **lógica condicional**: simple,doble,multiple (**IF** ; **CASE**)
- **lógica iterativa** o **repetitiva**: **FOR** ; **WHILE** ; **REPEAT**

SIMPLE

```
IF Condición THEN
BEGIN
----
END;
```

DOBLE

```
IF Condición THEN
BEGIN
      -----
END
ELSE
BEGIN
-----
END;
```

IF Múltiple CASE:

```
CASE Variable OF
      Valor1:----
            ----
      Valor2:----
            ----
      End;
```

FOR:

```
FOR Variable:=Valor1 TO Valorn DO
BEGIN
-----
END;
```

WHILE:

```
WHILE Condición DO
BEGIN
-----
END;
```

REPEAT:

```
      REPEAT
------
UNTIL Condición;
```

EJER 1: *Hacer un programa en Pascal que acepte 20 números de teclado comprendidos entre 1 y 50, y visualice en pantalla cuantos son mayores o iguales que 25 y cuantos son menores.*

```
Program ejer1;
Uses CRT;
Var   i,num,may,men: integer;
BEGIN
```

```
may := 0; men := 0;
for i := 1 to 20 do
begin
  repeat
    readln(num);
  until (num >= 1) and ( num < 50);
  if num >= 25 then may := may+1;
               else men := men+1;
end;
writeln("Hay", may, "nº mayores o igual a 25 años");
writeln("Hay", men, "nº menores a 25 años");
END.
```

EJER 2: *Aceptar el termino cuadrático, lineal e independiente de una ecuación de 2º grado y muestre por pantalla todas sus posibles soluciones.*

ax 2 +bx+c=0 2 --cuadrado

1º) si a=0 x=-c/b
2º) si a<>0 y b 2 -4ac=0 x=-b/2a
3º) si a<>0 y b 2 -4ac<0 no hay soluciones reales
4º) si a<>0 y b 2 -4ac<0

```
PROGRAM RAIZ;
VAR
  X,A,B,C,X1,X2:INTEGER;
BEGIN
    WRITE('TECLEE TÉRMINO CUADRÁTICO');
    READLN(A);
    WRITE('TECLEE TÉRMINO REAL');
    READLN(B);
    WRITE('TECLEE TÉRMINO INDEPENDIENTE');
    READLN(C);
    IF A=0 THEN
    BEGIN
      X := -C/B;
      WRITE('EL RESULTADO ES: ',X);
    END;

    IF (A<>0) AND (SQR(B)-4AC=0) THEN
    BEGIN
       X:= -B/2A;
      WRITE('EL RESULTADO ES: ',X);
    END;
    IF (A=0) AND (SQR(B)-4AC<0) THEN
      WRITE('NO EXISTEN SOLUCIONES REALES. ');
    IF (A<>0) AND (SQR(B)-4AC>0) THEN
    BEGIN
       X1:= (-B-SQRT(SQR(B)-4AC))/2A;
       X2:= (-B+SQRT(SQR(B)-4AC))/2A;
      WRITE('LOS RESULTADOS SON: ',X1,','X2);
```

```
    END;
END.
```

5.- SUBALGORITMOS DE PROCEDIMIENTOS Y DE FUNCION:

PROCEDURE nombre( ); FUNCTION nombre( ):tipo;
CONST
TYPE
VAR

EJER 3: *Hacer una función que devuelva la suma de los elementos de un vector de n posiciones. Esta cargado con números enteros:*

```
FUNCTION SUMA:integer;
Var  i,aux:integer;
BEGIN
aux := 0;
for i := 1 to n do
    aux := aux+vector[i[;
suma:=aux;
END;
```

EJER 4: *Hacer una función de tipo boolean que devuelve verdadero si el número n es > 10 y falso en el caso contrario.*

```
FUNCTION ERROR:boolean;
BEGIN
if  n  > 10 then error := true
       else error := false;
END;
```

```
**programa principal**
if ERROR then writeln("n es > que 10")
          else writeln("n no es > que 10");
```

EJER 5: *Codificar la potencia.*

```
FUNCTION POTENCIA:integer;
VAR   aux:integer;
BEGIN
  aux:=1;
  for i:=1 to exp do
    aux:=aux*base;
  potencia:=aux;
END;
```

EJER 6: *Programa que acepte un número entero y mediante una función de tipo boolean visualice en pantalla si el número es > ó <=10*

```
PROGRAM ent;
VAR   num:integer;
```

```
FUNCTION DECIM : boolean;
BEGIN
```

```
BEGIN                                   if num>10 then decim:=true
  writeln('Teclee un número: ');                  else decim:=false;
  read(num);                            END;
  if decim=T then writeln('El nº es > que 10')
             else writeln('El nº es > que 10');
END.
```

6.- PASO DE PARAMETROS:

PARAMETROS: sirven para enviar informacion desde el punto de llamada del procedimiento o función al subalgoritmo y viceversa.

Parametros formales en las cabeceras: PROCEDURE UNO (parametros formales);

Parametros actuales en la llamada: UNO (parametros actuales);

Según el sentido del flujo de información hay dos tipos de parámetros:

-PARAMETROS POR VALOR: son de "ida". Desde el punto de llamada hasta el procedimiento. No se modifican a la vuelta porque sólo son de ida.

Procedure Uno (x:integer ; a:char);

-PARAMETROS POR VARIABLE: de "ida y vuelta". Llevan y devuelven información.

Procedure Dos (VAR x:real ; VAR z:char);

Nº parametros formales = Nº parametros actuales

Las variables **Por Valor** deben de ser:
- Mismo nº de parámetros actuales que en la cabecera de la función (formales).
- Del mismo tipo.
- En el mismo orden.
- En la llamada se pondría una variable, un valor o una expresión.

Las variables **Por Referencia** deben de ser:
- Sólo pueden ponerse variables que contengan un valor.

Ejemplo paso de parámetros.

```
PROGRAM EJERCICIO;
VAR
   a,b,c:Integer;
PROCEDURE Parametros (Var x,y:Integer;Z:Integer);
VAR     h:Integer
BEGIN
   h:=x+2;  y:=y+h;
   z:=2*y;  x:=z;
END;
```

```
BEGIN
  a:=1; b:=2; c:=3;
  Parametros (a,b,c);
  WRITE (A);  WRITE (B);  WRITE (C);
END.
```

EJER 7: *Dada la siguiente declaración de tipos y de variables que representan la cantidad de vehiculos vendidos en los últimos 20 años.*

Se pide:

1.- hacer una funcion que calcule el promedio de ventas de cualquiera de ellos.

2.- hacer un procedimiento que visualica aquellas posiciones del vector que tenga una cantidad superior al promedio de ventas.

```
TYPE   VECTOR : ARRAY [1..20[ OF INTEGER;
VAR
  CANTT : INTEGER;
 COCHES,MOTOS,CAMIONES,CICLOMOTORES,TRACTORES:VECTOR;

    FUNCTION PROMEDIO (V1 : VECTOR):REAL;
    VAR
     ACUM,I : INTEGER;
    BEGIN
      ACUM := 0;
      FOR I:=1 TO 20 DO ACUM := ACUM+V1[I[;
      PROMEDIO := ACUM/20;
    END;


    PROCEDURE SUPERIOR(X:VECTOR);
    VAR
      PROM:REAL;
    BEGIN
      PROM:=PROMEDIO(X);
      FOR I:=1 TO 20 DO
        IF X[I[ > PROM THEN WRITELN(I);
    END;

    BEGIN
    WRITELN('EL PROMEDIO DE COCHES ES: ' PROMEDIO(COCHES));
    WRITELN('EL PROMEDIO DE MOTOS ES: ' PROMEDIO(MOTOS));
       ....
       ....
    END.
```

7.- ESTRUCTURA DE DATOS VECTOR:

VECTOR: es una estructura de datos lineal, finita de elementos homogeneos que se almacenan secuencialmente en memoria y son referenciados mediante un índice.

IMPLEMENTACION:

```
TYPE
      VECTOR: = Array [lim.inf. ... lim.sup.[  OF  tipo;
VAR
      v1,v2,v3: VECTOR;
```

Búsqueda de un elemento en un Vector de 2 formas:

Secuencial: Del primero al último.

Dicotómica: En un vector ordenado se va partiendo por la mitad y se va buscando, así sucesivamente.

- BUSQUEDA DICOTOMICA:

1.- Calcular el elemento mitad.
2.- Comparar el elemento a buscar con el elemento mitad.
3.- Hacer el vector mas pequeño.

```
Inf := LI; Sup := LS;
Mitad := [inf+sup[ DIV 2;
```

Parametros: - vector donde busco.
- elemento a buscar.
- posición donde lo encuentra,si no lo encuentra un 0.

```
TYPE
   VECTOR: = Array [lim.inf. ... lim.sup.[  OF  tipo;
VAR
   v1,v2: VECTOR;

PROCEDURE DICOTOMICA (v:vector;elem:     ;VAR pos:integer);
VAR
Inf, Sup, Mitad: integer;
Enc: boolean;
BEGIN
 Inf := LINF;
 Sup := LSUP;
 Enc:= false;
 REPEAT
   mitad:= (inf+sup) DIV 2;
   IF elem = v[mitad[ THEN
   BEGIN
     enc := true;
     pos := mitad;
   END;
   ELSE
     IF elem < v[mitad[ THEN sup := mitad+1
                        else inf := mitad+1;
```

```
UNTIL (enc = true) OR (inf = sup);
IF NOT enc THEN pos := 0;
END;
```

8.- ESTRUCTURA DE DATOS REGISTRO:

REGISTRO: es una estructura de datos homogeneos o no a los cuales se les llama campos tales que se accede a ellos mediante su propio nombre. Tienen un número ilimitado de elementos y no tienen porque guardar un orden natural en memoria.

IMPLEMENTACION:

```
TYPE    registro = RECORD
                       campo1: tipo;
                       campo2: tipo;
                       ...
                   END;
VAR     reg1, reg2: registro;
```

Para acceder : reg1.campo1

EJER 8: *Se tiene la siguiente declaración de tipos y de variables:*

```
TYPE      datos=RECORD
                  nombre:string;
                  provincia:string;
                  ventas:ARRAY[1..12[ of real;
                  END;
VAR       tiendas:ARRAY[1..50[ of datos;
```

El vector tiendas almacena el nombre,provincia y las ventas realizadas durante los últimos 12 meses de 50 tiendas de España.
Suponiendo cargada la estructura,se pide un algoritmo que visualice el nombre de las tiendas de cuenca cuyo promedio mensual de ventas sea inferior a 100.000 pts.

```
FOR I:=1 TO 50 DO
BEGIN
   IF TIENDAS[I[ .PROVINCIA='CUENCA' THEN
   BEGIN
      ACUM:=0;
      FOR J:=1 TO 12 DO
            SUM:=SUM+TIENDAS[I[ .VENTAS[J[ ;
      IF SUM/12 < 100000 THEN
            WRITELN(TIENDAS[I[ .NOMBRE);
   END;
END;
```

EJER 9: *Dada la siguiente declaración de tipos y de variables:*

```
TYPE Fecha =RECORD
              Día:1..31;
              Mes: 1..12;
              Año:1960..1995;
          END;
     Alumno=RECORD
              Nombre: String;
              F-Nac: Fecha;
              Notas: ARRAY [1..8] OF REAL;
            END;
VAR   CLASE2TA: ARRAY [1..35] OF ALUMNO;
```

Supuesta la estructura que está cargada hacer un algoritmo que visualice el nombre de todos aquellos alumnos con nota media superior a 7.
Visualizar el nombre de los alumnos que han nacido en el mes de Febrero.
Funcion que cuente el número de alumnos.

```
PROCEDURE VISUALIZAR:
VAR   X,Y: INTEGER;    PROM: REAL;
BEGIN
      FOR X:=1 TO 35 DO
      BEGIN
        PROM:=0;
        FOR Y:=1 TO 8 DO
           PROM:=PROM+CLASE2TA[X].NOTAS[Y];
           PROM:=PROM/8;
           IF PROM >7 THEN WRITELN (CLASE2TA[X].NOMBRE):
        END;
END;
FUNCTION NUMERO:INTEGER;
VAR   I, CON: INTEGER;
BEGIN
  CONT:=0;
  FOR I:=1 TO 35 DO
  BEGIN
    IF CLASE2TA[I[.F_NAC.MED=2 THEN CONT:=CONT+1;
    NUMERO:=CONT;
  END;
END;
```

EJER 10: *Con la misma declaración de tipos que el ejercicio anterior y con la variable CLASES hacer un algoritmo que visualice el nombre de los alumnos del curso 2TA cuyo año de nacimiento sea 1970 y cuya nota en la asignatura 3 sea inferior a 5.*

```
VAR   CLASES: ARRAY [1..35] OF ALUMNO;
FOR X:=1 TO 35 DO
BEGIN
```

```
        IF (CLASES[I[ .FECHA_NAC.AÑO=1970) AND
                (CLASES[I[ .CURSO='2MD') AND (CLASE[I[ .NOTAS[3[ < 5)
        THEN WRITELN(CLASES[I[ .NOMBRE);
    END;
```

9.- FICHEROS:

FICHERO: estructura de almacenamiento de información, todos del mismo tipo, el almacenamiento se realiza en disco.

IMPLEMENTACION:

```
TYPE    registro = ...
        fichero = FILE OF registro;
VAR     f: fichero;
```

OPERACIONES:

ASSIGN (VAR Fichero, 'C:\Fichero físico'); Asignar.

RESET (Var Fichero);

Para leer un fichero que ya existe; situa el puntero en el primer registro del fichero. Si no existe el fichero daría error.

- Detectar errores:

```
{$I-}
RESET(f)
{$I+}
IF IORESULT = 0 THEN WRITELN("El fichero ya exite")
                ELSE WRITELN("El fichero no existe");
```

REWRITE (Var Fichero);

Sirve para crear un fichero. Situa el puntero en el primer fichero.

READ (Var Fichero, Var Registro);

Sirve para leer 1 registro, leemos un registro.

WRITE (Var Fichero, Var Registro); Escritura.

CLOSE (Var Fichero): Para cerrar el fichero.

EOF ( ): Devuelve TRUE si es fin de fichero.

FILEPOS (Var Fichero): Requiere un parámetro y me devuelve la posición actual del puntero.

FILESIZE (Var Fichero): Devuelve el nº de registros del fichero.

SEEK (Var Fichero,nº Registro): Para acceder a un determinado registro.
acceder al 4º registro: SEEK(f,3); - Pascal empieza a numerar desde el 0.

EJER 11: *Dada la siguiente declaración de tipos y de variables:*

```
TYPE   Fecha =RECORD
                 Día:1..31;
                 Mes: 1..12;
                 Año:1900..1995;
               END;
       Alumno=RECORD
                 Nombre: String;
                 F-Nac: Fecha;
                 Notas: ARRAY [1..6] OF REAL;
               END;
       fichero=FILE OF alumno;
VAR
   F:fichero;
```

Hacer un procedimiento que carge de teclado el fichero hasta que el usuario diga que no quiere meter mas datos.
Una vez creado hacer un algoritmo que visualice el nombre de los alumnos que tengan más de un 6 de nota media.

```
PROCEDURE CARGAR;
VAR
    REG:ALUMNO;
BEGIN
  ASSIGN(F,'A:\PASCAL\ALUMNOS.DAT);
  {$I-}
  RESET(F);
  {$I+}
  REWRITE(F);
  SEGUIR:='S';
  REPEAT
     WRITELN('Teclee nombre: ');READLN(Reg.nombre);
     WRITELN('Teclee dia de nacimiento: ');READLN(Reg.fecha_nac.dia);
     WRITELN('Teclee mes: ');READLN(Reg.fecha_nac.mes);
     WRITELN('Teclee año: ');READLN(Reg.fecha_nac.año);
     WRITELN('Teclee el curso: ');READLN(Reg.curso);
     FOR I:=1 TO 6 DO
     BEGIN
       WRITE('Teclee la nota: ');
       READ(Reg.notas[I[ ;
     END;
     WRITELN('¿DESEA SEGUIR?');
     SEGUIR:=READKEY;
   UNTIL SEGUIR:='N';
   CLOSE(F);
END;
```

TEMA II - PUNTEROS

1.- ASIGNACION ESTATICA Y DINAMICA DE MEMORIA:

Una variable tiene **asignación estática** de memoria cuando su tamaño se define en el momento de la compilación. (Ej: A:INTEGER;)

Una variable tiene **asignación dinámica** de memoria cuando se define en la compilación, pero no ocupa memoria (no existe realmente) hasta la ejecución.
(Ej: X:INTEGER;).

2.- VARIABLES DE TIPO PUNTERO:

PUNTERO: Es una variable que almacena una dirección de memoria. Las **variables dinámicas** se definen y se accede a ellas a través de las variables de tipo puntero.

IMPLEMENTACION

```
TYPE
  Puntero=^Integer;
VAR
  P,Q:PUNTERO;
BEGIN
  NEW (P);
```

NEW: Este procedimiento asigna al puntero P,a traves del parámetro una dirección de memoria libre. En esta dirección es donde se almacena la **variable dinámica**.

P^: Guarda el contenido de la dirección de memoria.

Ejemplo:

```
TYPE   Puntero=^Integer;
VAR   P,Q: puntero;
BEGIN
    NEW (P);
    NEW (Q);
    Q^:=7;      Dirección de memoria de q guarda un 7.
    P^:=5;      Dirección de memoria de p guarda un 5.
    P:=Q;       Asignación de P, lo que tenga Q.
    WRITE (P^);       Visualizo un 7.
    WRITE (Q^);       Visualizo un 7.
END;
```

NIL: Indica que la dirección de memoria es nula.

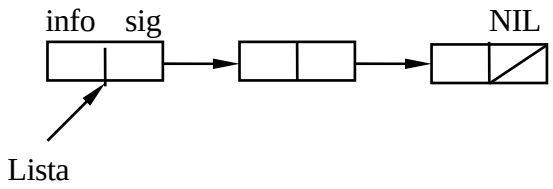
TEMA III- LISTAS ENLAZADAS

1.- DEFINICION DE LISTA ENLAZADA:

LISTA ENLAZADA: Es una estructura de datos lineal con un número no limitado de elementos homogéneos llamados NODOS, a los cuales se accede mediante punteros.

¿Que es un **NODO**?:

Es un elemento formado por 2 partes, la parte de la Izquierda es el **INFO**, es donde guarda el dato y el de la Derecha, es el **SIG**, me da la dirección de memoria del siguiente **NODO**.



2.- IMPLEMENTACION EN PASCAL:

```
TYPE
Puntero=^nodo;
Nodo=RECORD
        INFO:...;
        SIG:Puntero;
     END;
VAR
Lista,Aux:Puntero;
```

Lista: Puntero comienzo, me garantiza la lista completa.
Aux: Puntero auxiliar.

3.- OPERACIONES CON LISTAS ENLAZADAS:

3.1.- CREACION: Estructura dinámica.

NEW (LISTA); Lista es el primer NODO.
READ (LISTA^.Info); Aceptar el campo Info del NODO.
LISTA^.Sig:=NIL; Meto NIL en Sig, para saber que es el último NODO.

Todos los NODOS son iguales, menos el 1º (**jamás debe tocarse el 1º**).
Hay 2 pasos, creación del primer NODO y el Resto.

CREACION CON N NODOS:

```
BEGIN
   NEW (Lista);
   READ (Lista^.Info);
   Aux:=Lista;
   FOR I:=1 TO N DO
   BEGIN
     NEW (Aux^.Sig);
     Aux:=Aux^.Sig;
     READ (Aux^.Info);
   END;
   Aux^.Sig:=NIL;
END.
```

3.2.- RECORRIDO EN UNA LISTA ENLAZADA:

Me sitúo en el primer NODO, con el puntero auxiliar y hasta el último no termina.

```
Aux:=Lista;
WHILE Aux <> NIL DO
BEGIN
  WRITE (Aux^.Info);
  Aux:=Aux^.Sig;
END;
```

3.3.- BUSQUEDA DE UN ELEMENTO EN UNA LISTA ENLAZADA:

Realizar un Procedure que reciba como parámetro el puntero comienzo de una lista enlazada, un elemento del mismo tipo y un puntero sobre el que se devuelve la dirección de memoria del NODO que contiene dicho elemento si es que esta y NIL si no está.

```
PROCEDURE BUSQUEDA(Comienzo:Puntero,Elem:Integer,VAR pos:Puntero)
  VAR
    Aux:Puntero;
    Enc:Boolean;
  BEGIN
   Aux:=COMIENZO;
   Enc:=FALSE;
```

```
  WHILE (NOT Enc) AND (Aux<>NIL) DO
  BEGIN
    IF AUX^.Info=Elem THEN  ENC:=TRUE
                      ELSE AUX:=AUX^.Sig;
  END;
POS:=AUX;                 Me da la dirección del NODO que busco.
END.
```

3.4.- INSERCION DE UN NODO EN UNA LISTA ENLAZADA:

Por el PRINCIPIO de la Lista:

Inserta el elemento Elem, en el principio de la lista.

```
NEW  (Aux);          Pedir memoria.
Aux^.Info:=Elem;     Guardar el elemento.
Aux^.Sig:=Lista;     Engancharlo.
Lista:=Aux;          Cambiar lista al primero.
```

Por el FINAL de la Lista:

Inserta el Elemento Elem en el final de la lista.(otra forma en pag. sig.)

```
NEW (Aux);
Aux^.Info:=Elem;
Aux^.Sig:=NIL;
P:=Lista;
WHILE P^.Sig <> NIL DO
BEGIN
  P:=P^.Sig;
END;
P^.Sig:=Aux;
```

EJER 12: *Insertar el elemento Elem despues del NODO que apunta P.*

```
NEW (Aux);
Aux^.Info:=Elem;
Aux^.Sig:=P^.Sig;
P^.Sig:=Aux;
```

Por el FINAL de la Lista: Insertar. Otra forma:

```
Aux:=Lista;
WHILE Aux^.Sig <> NIL DO
BEGIN
  Aux:=Aux^.Sig;
END;
NEW (Aux^.Sig);
Aux:=Aux^.Sig;
Aux^.Info:=Elem;
Aux^.Sig:=NIL;
```

3.5.- BORRADO DE UN ELEMENTO EN UNA LISTA ENLAZADA:

DISPOSE: Libera memoria, al reves del NEW. La dirección que tiene el puntero que se le pasa como parámetro pasa a ser una dirección libre.

Si la lista no tiene elementos repetidos:

Eliminar de la lista el NODO que contiene el elemento 3.

```
IF Lista^.Info=Elem THEN
BEGIN
  Aux:=Lista;
  Lista:=Lista^.Sig;.
  DISPOSE ( Aux );
END
ELSE
BEGIN
  Ant:=Lista;
  Aux:=Lista^.Sig;
  Enc:=FALSE;
END;
WHILE ( NOT Enc ) AND ( Aux< >NIL ) DO
BEGIN
  IF Aux^.Info=Elem THEN
       Enc:=TRUE
  ELSE
  BEGIN
    Ant:=Aux;
    Aux:=Aux^.Sig;
  END;
END;
IF Enc THEN
BEGIN
  Ant^.Sig:=Aux^.Sig;
  DISPOSE (Aux);
END;
```

Si la lista tiene elementos repetidos:

Eliminar de la lista el NODO que contiene el elemento 3.

```
WHILE ( Lista^.Info=Elem) DO
BEGIN
  Aux:=Lista;
  Lista:=Lista^.Sig;.
  DISPOSE ( Aux );
END;
Aux:=Lista^.Sig;
Ant:=Lista;
WHILE ( Aux< >NIL ) DO
BEGIN
  IF Aux^.Info=Elem THEN
```

```
        BEGIN
          Ant^.Sig:=Aux^.Sig;
          DISPOSE (Aux);
          Aux:=Ant^.Sig;
        END
        ELSE
        BEGIN
          Ant:=Aux;
          Aux:=Aux^.Sig;
        END;
      END;
```

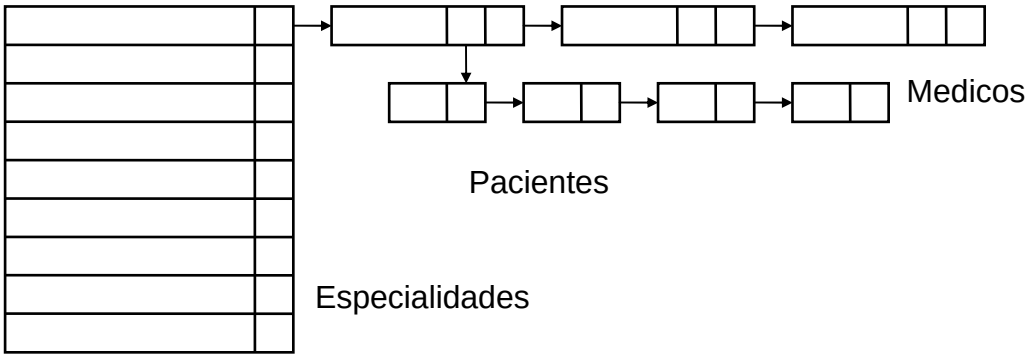
EJER 13: *Se desea almacenar en un vector el nombre de 20 especialidades médicas de un hospital.Mediante una estructura de 'lista enlazada' , de cada especialidad debe depender la lista de médicos que la practican (solo el nombre) ; además mediante otra estructura enlazada , de cada médico debe depender la lista de pacientes que tiene a su cargo (solo el nombre) .*

Se pide : a) Hacer el dibujo de la estructura .

b) Declaración de tipos y de variables para su implementación .

c) Suponiendo cargada la estructura, hacer un algoritmo que visualiza el nombre del medico/s de la especialidad de ALERGIA y que tengan más de 10 pacientes.

a)



b) TYPE

```
  DIRECCION = ^ PACIENTE ;
  PACIENTE = RECORD
                NOM_ PAC : STRING ;
                PROX : DIRECCION ;
              END ;
  PUNTERO = ^MEDICO ;
  MEDICO = RECORD
                NOM_MED : STRING ;
                SIG : PUNTERO ;
                PROX : DIRECCION ;
            END ;
  ESPECIALIDAD = RECORD
                      NOMBRE : STRING ;
```

```
                    SIG : PUNTERO ;
                  END ;
VAR
 HOSPITAL : ARRAY [ 1.. 20 ] OF  ESPECIALIDAD ;
 AUX_MED : PUNTERO ;
 AUX_PAC : DIRECCION ;
```

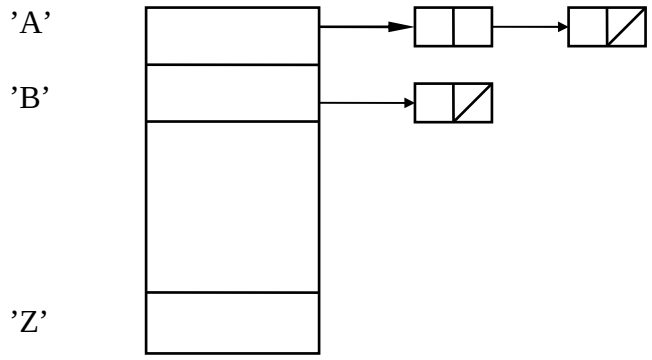
c)

```
I := 1;
WHILE ( HOSPITAL [ I ] . NOMBRE <> 'ALERGIA' ) DO
  I := I +1 ;
AUX_MED := HOSPITAL [ I ] . SIG ;
WHILE ( AUX_MED <> NIL ) DO
 BEGIN
     I := 0 ;
     AUX _PAC := AUX_MED ^. PROX ;
     WHILE ( AUX_PAC <>NIL ) DO
       BEGIN
         C := C +1 ;
         AUX_PAC := AUX_PAC ^. PROX ;
       END ;
      IF  ( C > 10 ) THEN WRITELN ( AUX_MED ^. NOM_MED ) ;
      AUX_MED := AUX_MED ^. SIG ;
 END ;
```

EJER 14: *Dada esta declaración de tipos y suponiendo que está cargada la estructuta hacer un algoritmo que acepte por teclado una palabra y la busque en la estructura, en caso de no encontrarla la inserta.*

```
TYPE
   PUNTERO = ^PALABRA;
   PALABRA = RECORD
               INFO : STRING;
               SIG : PUNTERO;
             END;
VAR
   DICCIONARIO = ARRAY['A'..'Z'] OF PUNTERO;
   PAL : STRING;
   AUX : PUNTERO;
   ENC : BOOLEAN;
BEGIN
   READLN(PAL);
   AUX := DICCIONARIO[PAL[1]];
   ENC := FALSO;
   WHILE (AUX<>NIL) AND (ENC=FALSO) DO
   BEGIN
      IF AUX^.INFO = PAL THEN
```

```
            ENC := VERDAD
        ELSE
            AUX := AUX^.SIG;
    END;
    IF (ENC = FALSO) THEN
    BEGIN
        NEW(AUX);
        AUX^.INFO := PAL;
        AUX^.SIG := DICCIONARIO[PAL[1]];
        DICCIONARIO[PAL[1]] := AUX;
    END;
END;
```

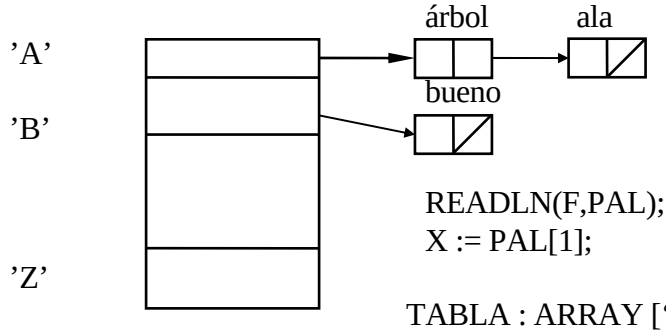


EJER 15: *Se tiene un fichero PALABRAS.DAT cuya estructura es la siguiente:*

palabra1
palabra2
:
palabraN

Se desea almacenar al contenido del fich en una tabla de esta forma:
- cada palabra se almacenará en un nodo de una lista enlazada simple cuyo puntero a comienzo se encuentra en la posición de la tabla correspondiente a la primera letra de dicha palabra (ver dibujo).

Se pide: declarar la estructura y hacer la carga del fichero.



READLN(F,PAL); ⟶ leo una palabra,
X := PAL[1]; una linea del fichero.

TABLA : ARRAY ['A'..'Z'] OF ... ;

```
TYPE
    FICHERO = TEXT;
    PUNERO = ^PALABRA;
    PALABRA = RECORD
                  CONTENIDO : STRING;
                  SIG : PUNTERO;
              END;
    LETRA = RECORD
                CARAC : CHAR;
                SIG : PUNTERO;
            END;
```

```
    VECTOR = ARRAY ['A'..'Z'] OF LETRA;
  VAR
    DICCIONARIO : VECTOR;    F : FICHERO;
    REG : STRING;            AUX : PUNTERO;
  BEGIN
    FOR C := 'A' TO 'Z' DO
    BEGIN
      DICCIONARIO[C].CARAC := C;
      DICCIONARIO[C].SIG := NIL;
    END;
    ASSIGN (F, 'A:\PALABRAS.DAT');
    RESET (F);
    WHILE NOT EOF(F) DO
    BEGIN
      READLN (F,REG);
      NEW (AUX);
      AUX^.CONTENIDO := REG;
      AUX^.SIG := DICCIONARIO[REG[1]].SIG;
      DICCIONARIO[REG[1]].SIG := AUX;
    END;
    CLOSE (F);
  END;
```

EJER 16: *Se desea almacenar en un vector el nombre de 15 universidades españolas. En forma dinámica de cada universidad dependen las facultades que la forman (solamente el nombre de la facultad). Además de cada facultad y también en forma dinámica dependen los cursos de los cuales se conoce su nº de alumnos.*
Se pide: - implementación de la estructura
- suponiendo cargada la estructura hacer un algoritmo que visualice el nombrede las facultades de la universidad complutense de Madrid que tengan más de 1000 alumnos en primer curso.

```
TYPE
  DIRECCION = ^CURSO;
  CURSO = RECORD
            NOMBRE : STRING;
            NUMERO : INTEGER;
            PROX : DIRECCION;
          END;
  PUNTERO = ^FACULTAD;
  FACULTAD = RECORD
               NOMBRE : STRIG;
               PROX : DIRECCION;
               SIG : PUNTERO;
             END;
  UNIVER = RECORD
             NOMBRE : STRING;
             SIG : PUNTERO;
           END;
  VECTOR = ARRAY[1..15] OF UNIVER;
VAR
  UNIVERSIDAD : VECTOR;
  AUX_FAC : PUNTERO;
```

```
    AUX_CUR : DIRECCION;
BEGIN
    I:=1;
    WHILE (UNIVERSIDAD[I].NOMBRE <> 'UCM')  DO
                I:=I+1;
    AUX_FAC := UNIVERSIDAD[I].SIG;
    WHILE (AUX_FAC <> NIL) DO
    BEGIN
      AUX_CUR := AUX_FAC^.PROX;
      WHILE (AUX_CUR<>NIL) AND (AUX_CUR^.NOMBRE<>'PRIMERO')
      DO
         AUX_CUR := AUX_CUR^.PROX;
      IF AUX_CUR^.NUMERO >1000  THEN
         WRITELN(AUX_FAC^.NOMBRE);
      AUX_FAC := AUX_FAC^.SIG;
    END;
END;
```

EJER 17: *Hacer una función que reciba como parámetro el puntero a comienzo de una lista enlazada simple cuyos elementos son enteros y devuelva el número de nodos con contenido impar*.

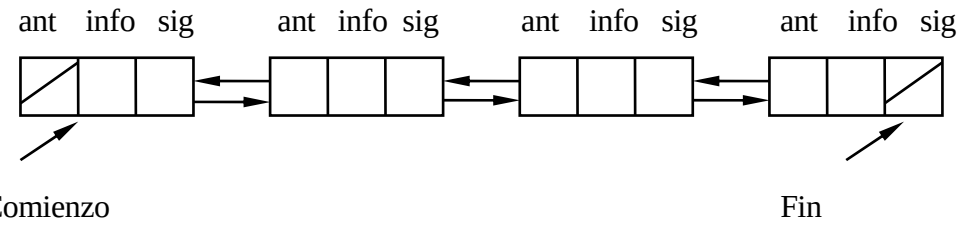
La llamada a la función sería:

```
WRITE(IMPAR(LISTA));
```

```
FUNCTION IMPAR (P : PUNTERO):INTEGER;
VAR
    TOTAL : INTEGER;
    AUX : PUNTERO;
BEGIN
    TOTAL := 0;
    AUX := P;
    WHILE (AUX <> NIL) DO
    BEGIN
       IF (AUX^.INFO MOD 2 <> 0) THEN
             TOTAL := TOTAL+1;
       AUX := AUX^.SIG;
    END;
    IMPAR := TOTAL;
END;
```

4.- LISTAS DOBLES O LISTAS DOBLEMENTE ENLAZADAS:

Es una lista que está enlazada en dos sentidos en la que cada nodo contiene la dirección del anterior y del siguiente.



IMPLEMENTACION:

```
TYPE
puntero=^nodo;
nodo=RECORD
        info: ...;
        ant,sig: puntero;
    END;
VAR
comienzo, fin: puntero;
```

CREACIÓN DE UNA LISTA DOBLE CON N NODOS:

```
NEW (comienzo);
READ (comienzo^.info);
comienzo^.ant:=NIL;
fin:=comienzo;
FOR I:=1 TO N DO
BEGIN
    NEW(fin^.sig);
    fin^. sig^.ant:=fin;
    fin:=fin^.sig
    READ (fin^.info);
END;
fin^.sig:=NIL;
```

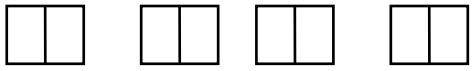
INSERTAR UN NODO DESPUES DEL NODO QUE APUNTA P:

```
NEW (aux);
aux^.info:=elem;
aux^.sig:=p^.sig;
aux^.ant:=p;
p^.sig:=aux;
aux^. sig^.ant:=aux;
```

EJER 18: *Hacer un algoritmo que intercambie los nodos que ocupan las posiciones k y k+1, modificando unicamente los campos sig.*

```
PROCEDURE INTERCAMBIAR(VAR LISTA:PUNTERO; K:INTEGER);
```

```
VAR
   AUX, ANT : PUNTERO;
   CONT : INTEGER;
BEGIN
   IF  K>=1  THEN
   BEGIN
      ANT := LISTA;
      AUX := LISTA^.SIG;
      IF (K=1) AND (AUX<>NIL) THEN
      BEGIN
         ANT^.SIG := AUX^.SIG;
         AUX^.SIG := ANT;
         LISTA := AUX;
      END
      ELSE
      BEGIN
         CONT := 2;            {contador de nodos}
         WHILE (CONT<>K) AND (AUX<>NIL) DO
         BEGIN
            AUX := AUX^.SIG;
            ANT := ANT^.SIG;
            CON := CONT+1;
         END;
         IF (CONT = K) AND (AUX^.SIG<>NIL) THEN
         BEGIN
            ANT^.SIG := AUX^.SIG;
            AUX^.SIG := ANT^.SIG^.SIG;
            AUT^.SIG^.SIG := ANX;
         END;
      END;
   END;
END;
```



TEMA IV- PILAS

1.- DEFINICIÓN DE LA ESTRUCTURA DE DATOS PILA:

PILA:Estructura de datos lineal de elementos homogéneos , en la cual los elementos entran y salen por un mismo extremo , llamado **tope, cabeza** o **cima de la pila**.

Las pilas también son conocidas como listas **LIFO** ('*Last In ,First Out* ', el último en entrar es el primero en salir) .

El tipo PILA no existe, hay que diseñarlo:

2.- IMPLEMENTACIÓN EN PASCAL:

2.1.- ESTATICA O SECUENCIAL.

```
TYPE
TIPOPILA = RECORD
             DATOS : ARRAY [ 1.. Max ] OF ..... ;
             CAB : 0 .. Max ;
           END ;
VAR
   PILA1,PILA2 : TIPOPILA ;
```

2.2.- DINAMICA O ENLAZADA.

```
TYPE
TIPOPILA = ^ NODO
NODO = RECORD
             INFO :  ..... ;
```

```
            SIG : TIPOPILA ;
        END ;
    VAR
        PILA1,PILA2 : TIPOPILA ;
```

3.- OPERACIONES CON PILAS .

A continuación vamos a ver los algoritmos de las operaciones más comunes que se realizan con pilas :

3.1. LIMPIAR PILA .

En ambos casos (tanto en la estática como en la dinámica) será un procedimiento en el que se pasa como parámetro una pila .

a) **Estática**

```
PROCEDURE LIMPIA_PILA ( VAR PILA1: TIPOPILA ) ;
BEGIN
   PILA1. CAB := 0 ;
END ;
```

b) **Dinámica**

```
PROCEDURE LIMPIA_PILA ( VAR PILA1: TIPOPILA ) ;
BEGIN
   PILA1:= NIL ;
END ;
```

3.2. FUNCION PILA VACIA .

Vamos a hacer una función BOOLEAN que recibe una pila como parámetro y devuelve .T. si está vacia o .F. si no lo está.

a) **Estática**

```
FUNTION  PILA_VACIA ( VAR PILA1: TIPOPILA ) : BOOLEAN ;
BEGIN
   PILA_VACIA := PILA1 . CAB = 0 ;
END;
```

b) **Dinámica**

```
FUNTION  PILA_VACIA ( VAR PILA1: TIPOPILA ) : BOOLEAN ;
BEGIN
   PILA_VACIA := PILA1 = NIL ;
END;
```

3.3. FUNCION PILA LLENA .

Vamos a hacer una función BOOLEAN que recibe una pila como

parámetro y devuelve .T. si está vacia o .F. si no lo está.

a) **Estática**

```
FUNTION  PILA_LLENA ( VAR PILA1: TIPOPILA ) : BOOLEAN ;
BEGIN
   PILA_LLENA := PILA1 . CAB = MAX ;
END;
```

b) **Dinámica**

*** En la estructura dinámica nunca estará llena .**

3.4. INSERTAR UN ELEMENTO EN UNA PILA .

a) **Estática**

```
PROCEDURE INSERTAR ( VAR PILA1: TIPOPILA ; ELEM : ....) ;
BEGIN
IF   PILA_LLENA ( PILA1 ) = FALSE THEN
BEGIN
   PILA1. CAB := PILA1. CAB+1 ;
   PILA1 . DATOS [ PILA1. CAB] := ELEM ;
END;
END;
```

b) **Dinámica**

```
PROCEDURE INSERTAR ( VAR PILA1: TIPOPILA ; ELEM : ....) ;
VAR  AUX : TIPOPILA ;
BEGIN
 NEW ( AUX ) ;
 AUX ^. INFO := ELEM ;
 AUX ^. SIG := PILA1 ;
 PILA1:= AUX ;
END;
```

3.5. EXTRAER UN ELEMENTO DE UNA PILA .

a) **Estática** .

```
PROCEDURE SACAR ( VAR PILA1: TIPOPILA ; ELEM : ....) ;
BEGIN
 IF   NOT  ( PILA_VACIA ( PILA1 ))  THEN
 BEGIN
    ELEM := PILA1. DATOS [PILA1. CAB];
    PILA1 . CAB:= PILA1. CAB-1;
 END;
END;
```

b) **Dinámica** .

```
PROCEDURE SACAR ( VAR PILA1: TIPOPILA ; ELEM : ....) ;
VAR  AUX : TIPOPILA ;
 BEGIN
    IF   NOT  ( PILA_VACIA ( PILA1 ))  THEN
    BEGIN
       ELEM := PILA1. INFO ;
       AUX := PILA 1 ;
       PILA1 := PILA1^. SIG ;
       DISPOSE ( AUX ) ;
    END;
 END;
```

EJER 19: *Hacer un algoritmo que visualize el contenido de una lista enlazada simple en orden inverso . El puntero a comienzo es ‘ lista’ . Es decir, dada una lista enlazada simple visualizarla al reves.*

```
LIMPIA_PILA ( PILA1 ) ;
  AUX := LISTA ;
WHILE ( AUX <>NIL ) DO
    BEGIN
      INSERTAR ( PILA1 , AUX ^. INFO ) ;
      AUX := AUX ^. SIG ;
    END ;
WHILE NOT   PILA_VACIA ( PILA1 ) DO
     BEGIN
      SACAR ( PILA1 , ELEM ) ;
        WRITELN ( ELEM ) ;
     END ;
```

EJER 20: *Se dispone de una pila de números enteros y de 2 variables enteras que se llaman VIEJA y NUEVA. Hacer un algoritmo que reemplace de la pila el elemento que contiene VIEJA por el valor de NUEVA, dejando el resto de la pila como estaba.*

```
limpiarpila(pilaaux);
enc := falso;
mientras (no pilavacia(pila)) y (no enc)
  sacar(pila,h)
  si   h = vieja
           enc := verdad
           meter(pila,nueva)
  sino
           meter(pilaaux,h)
  fin
fin
mientras no pilavacia(pilaaux)
  sacar(pilaaux,h)
  meter(pila,h)
fin
```

EJER 21: *Averiguar si una frase es políndroma o no lo es.*

nota : cuidado con los blancos. EJ: dabale arroz a la zorra el abad

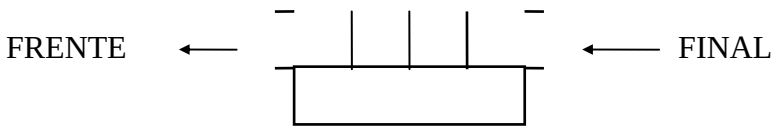
```
FUNCTION POLINDROMA(FRASE : STRING):BOOLEAN;
VAR     PILA : TIPOPILA;
BEGIN
   LIMPIARPILA(PILA);
   FOR  I:=1 TO LENGTH(FRASE) DO
      IF FRASE[I]<>' '  THEN   EMPILAR(PILA,FRASE[I]);
   I:=I+1;  SI:=TRUE;
   WHILE (NOT PILAVACIA(PILA)) AND (SI) DO
   BEGIN
      WHILE FRASE[I]=' '  DO   I:=I+1;
      DESEMPILAR(PILA,VAR);
      IF CAR <> FRASE[I]  THEN   SI:=FALSE
                          ELSE   I:=I+1;
   END;
   POLINDROMA:=SI;
END;
```

TEMA V- COLAS

1.- DEFINICIÓN.

Estructura lineal de elementos homogeneos, los cuales entran (por final) y salen (por frente) por extremos opuestos, es decir el 1º que entra es el 1º que sale.

Listas **FIFO**.



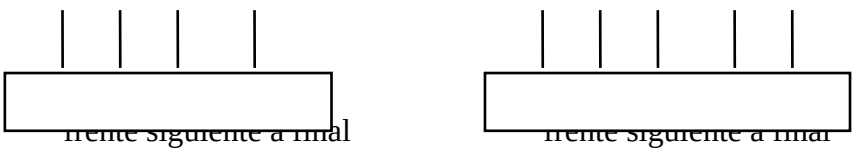
2.- IMPLEMENTACIÓN.

Declaración de tipos y variables.

2.1.- ESTÁTICA.

Se representa con un vector y dos números. El **nº frente** me da la posición del primero en salir y el **nº final** el último en entrar.
Vamos a hacer un vector circular.

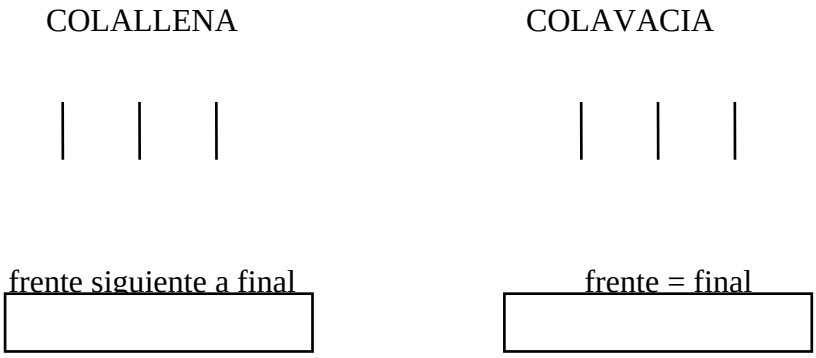
COLALLENA COLAVACIA



IMPLEMENTACIÓN ERRONEA

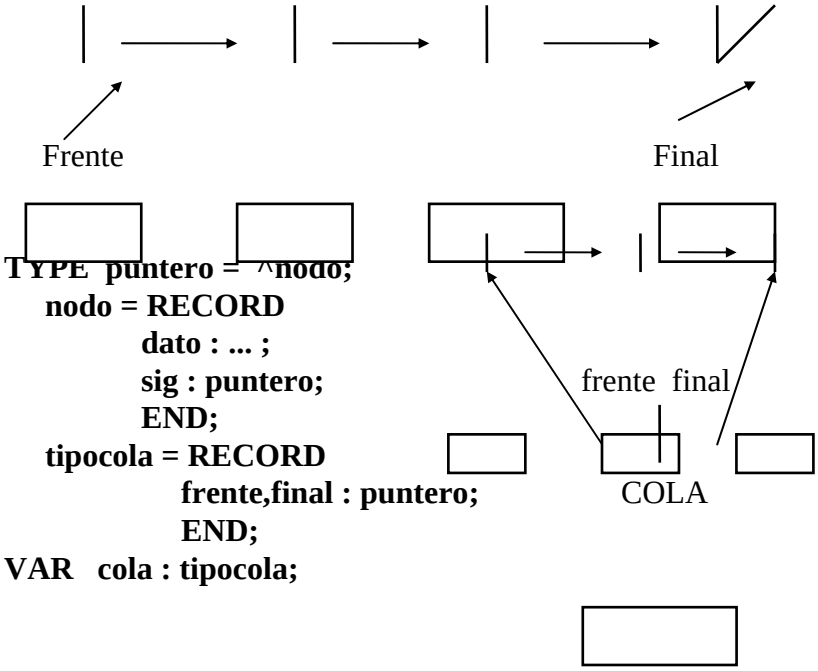
Para obtener una implementación correcta dejaremos una posición libre en el vector, tenemos dos opciones para dejar una posición vacia:
1ª- final va una posición por delante del último elemento que entró.
2ª- frente va una posición por detras del primer elemento en salir.

Vamos a optar por la 2ª opción.




```
CONST  max= ?
TYPE    tipocola = RECORD
                   datos : ARRAY [1..max[  OF ... ;
                   frente,final : 1..max ;
                   END;
VAR     cola : tipocola;
```

2.2.- DINÁMICA.




```
TYPE  puntero = ^nodo;
   nodo = RECORD
            dato : ... ;
            sig : puntero;
            END;
   tipocola = RECORD
               frente,final : puntero;
               END;
VAR   cola : tipocola;
```

3. OPERACIONES.

3.1.- INICIALIZAR COLAS.

ESTÁTICA (Secuencial):

```
   PROCEDURE  INICOLA (VAR cola : tipocola);
   BEGIN
   cola.frente := max;
```

```
cola.final := max;
END;
```

DINÁMICA:

```
PROCEDURE INICOLA (VAR cola : tipocola);
BEGIN
cola.frente := NIL;
cola.final := NIL;
END;
```

3.2.- FUNCIÓN COLAVACIA.

SECUENCIAL:

```
FUNCTION  COLAVACIA (cola : tipocola): BOOLEAN;
BEGIN
colavacia := cola.frente :=cola.final;
END;
```

DINÁMICA: (igual anterior)

```
FUNCTION  COLAVACIA (cola : tipocola): BOOLEAN;
BEGIN
colavacia := cola.frente :=cola.final;
END;
```

3.3.- FUNCIÓN COLALLENA.

SECUENCIAL:

```
FUNCTION COLALLENA (cola : tipocola): BOOLEAN;
VAR   siguiente : 1..max;
BEGIN
IF cola.final=max THEN  siguiente :=1
                  ELSE  siguiente :=cola.final+1;
END;
```

DINÁMICA:

La representación de colallena en una lista enlazada no existe ya que una lista nunca se llena.

3.4.- INSERTAR UN ELEMENTO EN LA PILA.

SECUENCIAL:

```
PROCEDURE INSERTAR (VAR cola : tipocola; elem : ...);
BEGIN
IF colallena(cola) THEN cola.final :=cola.final+1
                   ELSE IF cola.final=Max THEN cola.final:=1;
cola.datos[cola.final[ :=elem;
END;
```

DINÁMICA:

```
PROCEDURE INSERTAR (VAR cola : tipocola; elem : ...);
BEGIN
IF NOT colavacia(cola) THEN
BEGIN
   NEW(aux);
   aux^.dato:=elem;
   cola.final^.sig:=aux;
   cola.final:=aux;
END
ELSE
BEGIN
   NEW(aux);
   aux^.dato:=elem;
   cola.frente:=aux;
   cola.final:=aux;
END;
END;
```

3.5.- SACAR UN ELEMENTO DE LA PILA.

SECUENCIAL: (se extrae por el frente)

```
PROCEDURE EXTRAER (VAR cola : tipocola;VAR elem: ... );
BEGIN
IF NOT colavacia(cola) THEN
  BEGIN
    IF cola.frente=Max THEN cola.frente:=1
                       ELSE cola.frente:=cola.frente+1;
    elem:=cola.datos[cola.frente[ ;
  END;
END;
```

DINÁMICA:

```
PROCEDURE EXTRAER (VAR cola : tipocola;VAR elem: ... );
BEGIN
IF NOT colavacia(cola) THEN
  BEGIN
    IF cola.frente=cola.final THEN
    BEGIN
      aux:=cola.frente;
      cola.frente:=NIL;
      cola.final:=NIL;
      elem:=cola.frente^.dato;
      DISPOSE(aux);
    END
    ELSE
    BEGIN
      elem:=cola.frente^.dato;
```

```
            aux:=cola.frente;
            cola.frente:=aux^.sig;
            DISPOSE(aux);
          END;
        END;
      END;
```

EJER 22: *Se tiene un array de 20 colas cuyo nº de elementos puede variar entre 0 y 1000 elementos.*
Cada cola tiene una prioridad distinta de 1 a 20, siendo la 1 la mas alta y la 20 la mas baja. 1-Hacer la ***declaración****. 2-****Insertar*** *un elemento en la cola de prioridad n. 3-****Extraer*** *un elemento de la cola de mayor prioridad no vacia*.

```
TYPE
   PUNTERO = ^NODO;
   NODO = RECORD
                DATO : TIPODATO;
                SIG : PUNTERO;
             END;
   TIPOCOLA = RECORD
                   FRENTE, FINAL : PUNTERO;
                END;
VAR   COLAS : ARRAY [1..20] OF TIPOCOLA;
PROCEDURE INSERTARELEM(ELEM:TIPODATO; N:INTEGER);
BEGIN                                  inserta un elem en la posición N
   INSERTAR(COLAS[N], ELEM);
END;
PROCEDURE DEVOLVERELEM(ELEM:TIPODATO; N:INTEGER);
VAR   I:INTEGER;                       devuelve un elem de la posición
BEGIN                                  con más prioridad no vacia
   I:=1;
   WHILE (I<=20) AND (COLAVACIA(COLAS[I]))  DO   I:=I+1;
   IF I>20  THEN   WRITE('TODAS VACIAS');
END;
```

TEMA VI- RECURSIVIDAD

factorial (n) | 1 ⟶ n=0
n*factorial (n-1) ⟶ en otro caso

```
FUNCTION FACTORIAL (N:INTEGER):INTEGER;
BEGIN
 IF N = 0 THEN
   FACTORIAL := 1
 ELSE
   FACTORIAL := N*FACTORIAL(N-1)
END;
```

si N=3

factorial(3) = 3*? = 3*2 = 6

factorial(2) = 2*? = 2*1 = 2

factorial(1) = 1*? = 1*1 = 1

factorial(0)= 1

REGLAS DE ALGORITMOS RECURSIVOS

Que tenga salida (N=0), caso base.

Que cada llamada recursiva haga referencia a un problema más cercano a la salida.

EJER 23: *suma de 2 números, X e Y. SUMA(X;Y). Para enteros positivos.*

suma(x,y) | x si y=0
1+suma(x,y-1)

3+2 = (3+1)+1 = (3+0)+1+1

```
FUNCTION SUMA (X,Y:INTEGER):INTEGER;
BEGIN
  IF Y=0 THEN SUMA := X
          ELSE SUMA := 1+SUMA(X,Y-1)
END;
```

EJER 24: *Hacer un **seguimiento**:*

```
PROCEDURE UNO (X,Y,Z:CHAR; N:INTEGER);
BEGIN
  IF N>0 THEN
  BEGIN
    WRITE(X);
    UNO(Y,Z,X,N-1);
    WRITE(Z);
  END;
END;
```

UNO (‘a’,’b’,’c’,2) ⟶ ‘a’ ? ‘c’

UNO (‘b’,’c’,’a’,1) ⟶ ‘b’ ? ‘a’

UNO (‘c’,’a’,’b’,0)

no devuelve nada ya que N=0

Al final devuelve : a b a c

EJER 25:

```
FUNCTION DOLORCABEZA(LISTA:PUNTERO):INTEGER;
BEGIN
  IF LISTA <>NIL THEN DOLORCABEZA :=1+DOLORCABEZA(LISTA^.SIG)
                  ELSE DOLORCABEZA :=DOLORCABEZA(LISTA)
END;
```

no funciona por que no tiene salida

EJER 26: *Hacer una función que cuente en forma recursiva el número de nodos de una lista enlazada simple.*

SALIDA ⟶ LISTA VACIA

```
FUNCTION CONTAR (LISTA:PUNTERO):INTEGER;
BEGIN
  IF LISTA=NIL THEN CONTAR:=0
            ELSE CONTAR :=1+CONTAR(LISTA^.SIG);
END;
```

EJER 27: *Procedimiento que visualice los contenidos de los nodos de una lista enlazada simple en forma capicua.*

```
PROCEDURE VISUAL (LISTA:PUNTERO);
BEGIN
  IF LISTA <>NIL THEN
  BEGIN
    WRITE (LISTA^.INFO);
    VISUAL (LISTA^.SIG);
    WRITE (LISTA^.INFO);
  END;
END;
```

EJER 28: *Función recursiva que devuelva la suma de los elementos de un vector sabiendo que el primer elemento está en la posición LI y el último en la posición LS.*

```
FUNCTION SUMA (V:VECTOR ; LI ,LS : INTEGER) : INTEGER ;
BEGIN
  IF LI = LS THEN SUMA := V[LI[ ;
        ELSE SUMA := V[LI[ + SUMA (V, LI+1, LS);
END;
```

EJER 29: *Función recursiva de tipo BOOLEAN que devuelva TRUE si el elemento ELEM es miembro de la lista enlazada simple LISTA.*

```
FUNCTION MIEMBRO (LISTA:PUNTERO ; ELEM: ... ):BOOLEAN;
BEGIN
  IF LISTA = NIL THEN MIEMBRO := FALSE
            ELSE  MIEMBRO := MIEMBRO(LISTA^.SIG, ELEM);
END;
```

EJER 30: *Procedimiento recursivo que reciba una lista enlazada simple coma parámetro y devuelva una copia exacta de la lista.*

```
PROCEDURE COPIAR (LISTA:PUNTERO; VAR  COPIA:PUNTERO);
BEGIN
  IF LISTA = NIL THEN COPIA := NIL
            ELSE
               BEGIN
                 NEW(COPIA);
                 COPIA^.INFO := LISTA^.INFO;
                 COPIAR (LISTA^.SIG; COPIA^.SIG);
               END;
END;
```

EJER 31: ***Multiplicación recursiva.***

```
FUNCTION MULTIPLICACION (X, Y: INTEGER):INTEGER;
BEGIN
  IF X = 0 THEN MULTIPLICACION := 0
     ELSE  IF Y = 0 THEN MULTIPLICACION := 0
                    ELSE  MULTIPLICACION := MULTIPLICACION
END;
```

EJER 32: ***División recursiva.***

```
FUNCTION DIVIDIR (X,Y: INTEGER):INTEGER;
BEGIN
  IF Y = 0  OR  X = 0 THEN   DIVIDIR := 0
                    ELSE   IF  X<Y  THEN   DIVIDIR := 0
                                      ELSE    DIVIDIR := 1+DIVIDIR (X-Y, Y);
END;
```

EJER 33: *Función recursiva que cuente el número de nodos de una lista enlazada simple.*

```
FUNCTION CONTAR (LISTA:PUNTERO):INTEGER;
BEGIN
  IF LISTA = NIL THEN  CONTAR := 0
               ELSE  CONTAR := 1+CONTAR(LISTA^.SIG);
END;
```

EJER 34: *Hacer una función recursiva que devuelva el número de elementos pares que hay en un vector cuyas dimensiones son LI...LS*

```
FUNCTION PAR(LI,LS:INTEGER):INTEGER;
BEGIN
   IF LI=LS  THEN
      IF V[LI] MOD 2=0  THEN  PAR:=1
                        ELSE  PAR:=0
   ELSE
      IF V[LI] MOD 2=0  THEN  PAR:=1+PAR(LI+1,LS)
                        ELSE  PAR:=PAR(LI+1,LS);
END;
```

EJER 35: *Hacer un procedimiento recursivo que visualice el contenido de una lista enlazada simple tal que asi: si la lista tiene a b c, visualizaría a b c c b a*

```
PROCEDURE VISUAL(LISTA:PUNTERO);
BEGIN
   IF LISTA<>NIL  THEN
   BEGIN
      WRITE(LISTA^.INFO);
      VISUAL(LISTA^.SIG);
      WRITE(LISTA^.INFO);
   END;
END;
```

TEMA VII-ÁRBOLES

1.- DEFINICIÓN DE LA ESTRUCTURA DE DATOS ÁRBOL:

Es una estructura no lineal de datos homogéneos tal que establece una jerarquía entre sus elementos.

2.- ÁRBOLES BINARIOS.

Es un árbol que o bien esta vacío, o bien esta formado por un nodo o elemento Raíz y dos arboles binarios, llamados subarbol izquierdo y subarbol derecho.
Es un árbol que tiene o 0,1, 2 hijos su nodo. Como máximo dos hijos por elem.

TERMINOLOGÍA:

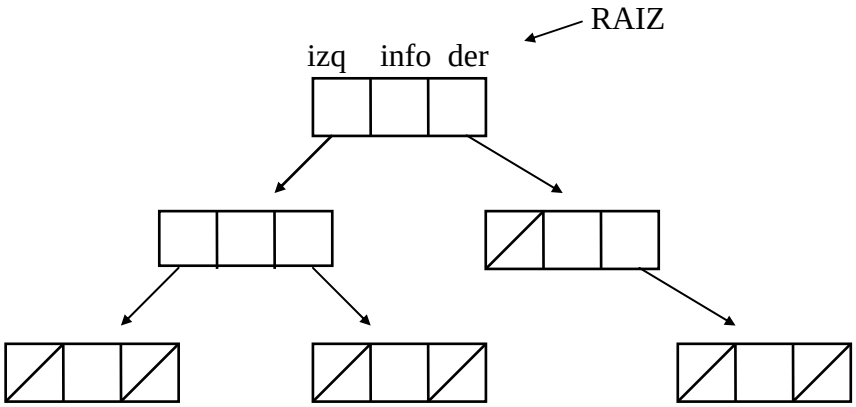
NODO: cada uno de los elementos de un árbol.
SUCESORES DE UN NODO: son los elementos de su subarbol izquierdo y de su subarbol derecho.
NODO HIJO: son los sucesores directos de un Nodo.
NODO TERMINAL O NODO HOJA: es aquel que no tiene hijos.
NIVEL DE UN NODO: es un número entero que se define como 0 para la raíz y uno más que el nivel de su padre para cualquier otro nodo.

n=0 Para la Raíz.
para cualquier otro nodo 1+ el nivel de su padre.

RAMA: es cualquier camino que se establece entre la raíz y un nodo terminal.
ALTURA O PROFUNDIDAD DE UN ARBOL: es el máximo nivel de los nodos de un árbol que coincide con el número de nodos de la rama más larga menos 1(-1)

3.-IMPLEMENTACIÓN EN PASCAL DE LOS ARBOLES BINARIOS.

```
TYPE ARBOL = ^NODO;
        NODO=RECORD
                INFO:.....;
                IZQ,DER:ARBOL;
        END;
VAR RAIZ:ARBOL;
```



EJER 36: *Hacer una función recursiva que cuente el nº de nodos que tiene el árbol.*

```
FUNCTION CONTAR (RAIZ:ARBOL): INTEGER;
BEGIN
   IF RAIZ=NIL THEN CONTAR:=0
      ELSE
      CONTAR:=1 + CONTAR(RAIZ^.IZQ) + CONTAR(RAIZ^.DER)
END;
```

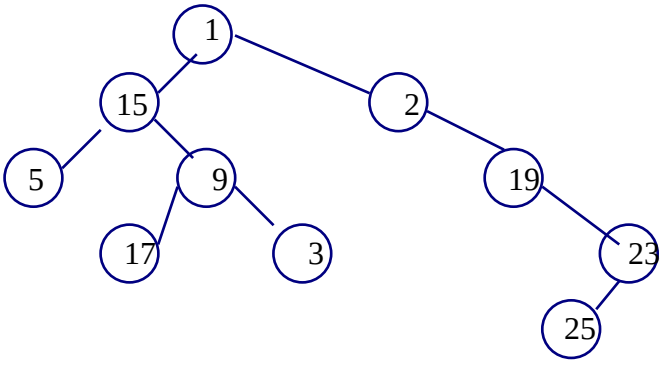
EJER 37: *Hacer una función que devuelva el nº de nodos terminales que hay en un árbol.*

```
FUNCTION TERMINAL (RAIZ:ARBOL): INTEGER;
BEGIN
  IF RAIZ=NIL THEN TERMINAL:=0
     ELSE
          IF (RAIZ^.IZQ=NIL) AND (RAIZ^.DER=NIL) THEN
             TERMINAL:=1
          ELSE
          TERMINAL:= TERMINAL(RAIZ^.IZQ)+ TERMINAL(RAIZ^.DER)
END;
```

4.- RECORRIDOS DE UN ARBOL:

4.1.- RECORRIDO EN INORDEN:

El árbol sería recorrido así: 5,15,17,9,3,1,2,19,25,23



Si el àrbol no esta vacio se realizan los siguientes pasos:
1º.- Recorrer en INORDEN el subarbol izquierdo.
2º.- Procesar la Raiz.
3º.- Recorrer en INORDEN el subarbol derecho.

Recorrido de un árbol en INORDEN:

```
PROCEDURE INORDEN (RAIZ:ARBOL);
BEGIN
  IF RAIZ <> NIL THEN
  BEGIN
     INORDEN (RAIZ^.IZQ);
     PROCESAR (RAIZ^.INFO);
     INORDEN (RAIZ^.DER);
  END;
END;
```

4.2.- RECORRIDO EN PREORDEN:

El árbol sería recorrido así: 1,15,5,9,17,3,2,19,23,25

Si el árbol no esta vacio se realizan los siguientes pasos:
1º.- Procesar Raiz.
2º.- Recorrer en PREORDEN el izquierdo.
3º.- Recorrer en PREORDEN el derecho.

```
PROCEDURE PREORDEN (RAIZ:ARBOL);
BEGIN
   IF RAIZ <> NIL THEN
   BEGIN
      PROCESAR (RAIZ^.INFO);
      PREORDEN (RAIZ^.IZQ);
      PREORDEN (RAIZ^.DER);
   END;
END;
```

4.2.- RECORRIDO EN POSTORDEN:

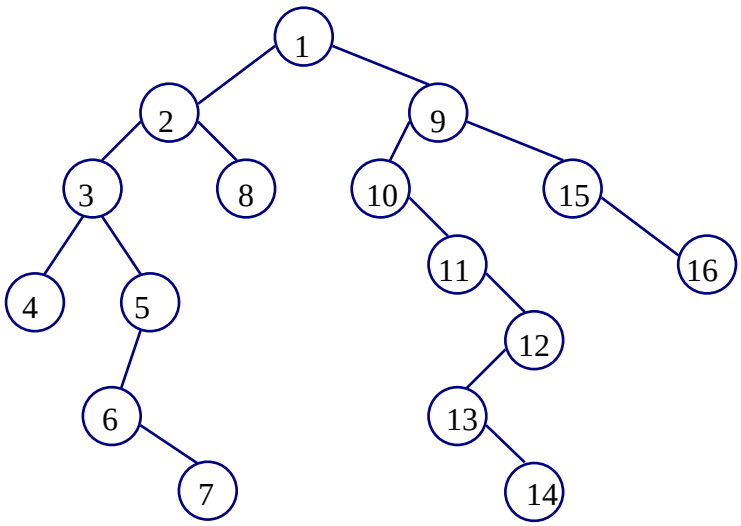
El árbol sería recorrido así: 5,17,3,9,15,25,23,19,2,1

Si el árbol no esta vacio se realizan los siguientes pasos:
1º.- Recorrer en POSTORDEN el izquierdo.
2º.- Recorrer en POSTORDEN el derecho.
3º.- Procesar raiz.

```
PROCEDURE POSTORDEN (RAIZ:ARBOL);
BEGIN
   IF RAIZ <>NIL THEN
   BEGIN
      POSORDEN (RAIZ^.IAZQ);
      POSORDEN (RAIZ^.DER);
      PROCESAR (RAIZ^.INFO);
   END;
END;
```

EJER 38: *Hacer un seguimiento del siguiente algoritmo con el árbol que se da.*

```
PROCEDURE EJERCICIO(RAIZ:PUNTERO);
BEGIN
   IF RAIZ<>NIL  THEN
   BEGIN
      IF RAIZ^.INFO MOD 2=0  THEN  WRITE(RAIZ^.INFO);
      EJERCICIO(RAIZ^.IZQ);
      EJERCICIO(RAIZ^.DER);
      IF RAIZ^.INFO>0  THEN  WRITE(RAIZ^.INFO);
   END;
END;
```

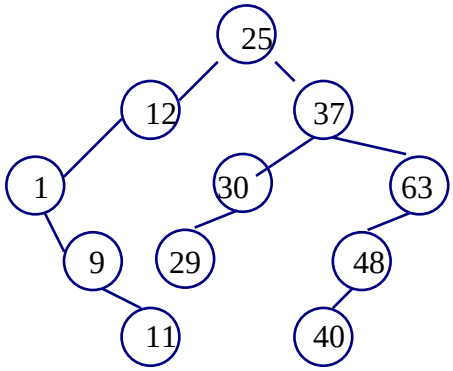


Obtendriamos: 2, 4, 4, 6, 7, 6, 5, 3, 8, 8, 2, 10, 12, 14, 14, 13, 12, 11, 10, 16, 16, 15, 9,1

5.- ARBOLES BINARIOS DE BUSQUEDA (A.B.B)

Arbol binario en el cual todos sus nodos cumplen que los nodos de su subarbol izquierdo tienen un valor inferior a él, y los nodos de su subarbol derecho tienen un valor superior a él. No existen valores repetidos.

EJER 39: *Dada la siguiente secuencia de números:*
25, 12, 1, 9, 37, 30, 63, 48, 29, 11, 40
construir el ABB que genera dicha secuencia si el orden en el que entran en el árbol es el que se establece.



EJER 40: *Hacer una función que cuente el número de nodos que tienen contenido impar en un árbol binario. (¿cuantos números impares hay?)*

primer caso - arbolo vacio=0
segundo caso - si la raiz es impar sería 1+los impares del subarbol izquierdo+los impares del subarbol derecho

```
FUNCTION IMPARES(RAIZ:ARBOL):INTEGER;
BEGIN
   IF RAIZ=NIL  THEN   IMPARES:=0
        ELSE
           IF RAIZ^.INFO MOD 2<>0  THEN
                IMPARES:=1+IMPARES(RAIZ^.IZQ)+IMARES(RAIZ^.DER)
           ELSE
                IMPARES:=IMPARES(RAIZ^.IZQ)+IMARES(RAIZ^.DER);
   END;
```

6.- OPERACIONES CON ARBOLES BINARIOS DE BUSQUEDA.

6.1.- BUSQUEDA DE UN ELEMENTO.

Hacer un procedimiento que se llama BUSCAR que reciba como parámetro el puntero raiz de un ABB, un elemento a buscar en la variable ELEM del mismo tipo que los que forman el arbol y una variable POS en la que devolverá la dirección de memoria del nodo que contiene el elemento ELEM, en caso de no encontrarse ese elemento devolverá nil.

```
PROCEDURE BUSCAR (RAIZ:ARBOL; ELEM:INTEGER;VAR POS:ARBOL);
BEGIN
  IF RAIZ=NIL THEN  POS:=NIL
  ELSE
     IF RAIZ^.INFO=ELEM THEN  POS :=RAIZ
```

```
        ELSE
          IF ELEM < RAIZ^.INFO THEN
               BUSCAR (  RAIZ^.IZQ, ELEM, POS)
          ELSE
               BUSCAR (RAIZ^.DER, ELEM, POS)
END;
```

6.2.- INSERCION DE UN ELEMENTO.

Hacer un procedimiento que reciba como parámetro el puntero a la raiz de un ABB y el elemento ELEM y lo inserte en su sitio correspondiente.

```
PROCEDURE INSERTAR (VAR RAIZ:ARBOL; ELEM:INTEGER);
BEGIN
   IF RAIZ=NIL THEN
   BEGIN
      NEW (RAIZ);
      RAIZ^.INFO:=ELEM;
      RAIZ^.IZQ:= NIL;
      RAIZ^.DER:= NIL;
   END
   ELSE
      IF  RAIZ^.INFO=ELEM  THEN   WRITE ("REPETIDO")
      ELSE
         IF ELEM < RAIZ^.INFO THEN  INSERTAR (RAIZ^.IZQ, ELEM)
                                    ELSE INSERTAR (RAIZ^.DER, ELEM);
END;
```

6.3.- BUSCAR Y ELIMINAR UN ELEMENTO.

elem 1º- encontrar | 1-nodo sin hijos
2º- suprimir → | 2-nodo con 1 hijo
| 3-nodo con 2 hijos

Con 2 hijos: se sustituye el elemento a borrar por su anterior en un recorrido en INORDEN, y una vez hecho hay que deshacerse de este último. Dentro del subarbol izquierdo del elemento a suprimir, el que esté más a la derecha es el que ocupa su posición, ya que es su anterior en un recorrido en INORDEN.

```
PROCEDURE ENCONTAR(RAIZ:ARBOL;ELEM:...;VAR ANT:ARBOL);
VAR
   P:ARBOL;
BEGIN
   ANT := NIL ;
   P := RAIZ ;
   WHILE ( P^. INFO <> ELEM ) AND  ( P<> NIL )  DO
```

```
    BEGIN
       ANT := P ;
       IF  ( ELEM <  P^. INFO ) THEN  P:= P^. IZQ ;
       ELSE   P := P^. DER ;
    END ;
    IF  ( P <> NIL ) THEN
    BEGIN
       IF  ( P = RAIZ ) THEN  SUPRIMIR ( RAIZ ) ;
       ELSE
          IF P=ANT^.IZQ  THEN  SUPRIMIR(ANT^.IZQ);
           ELSE   SUPRIMIR ( ANT ^. DER  ) ;
    END ;
END ;


PROCEDURE SUPRIMIR ( VAR P : ARBOL ) ;
VAR
   TEMP , ANT : ARBOL ;
BEGIN
   IF  ( P ^. IZQ = NIL ) THEN P:= P^. DER
    ELSE
      IF  ( P ^. DER = NIL ) THEN  P:= P^. IZQ
      ELSE
      BEGIN
         ANT := P ;
         TEMP := P^. IZQ ;
         WHILE  ( TEMP ^. DER <> NIL ) DO
         BEGIN
            ANT := TEMP ;
            TEMP := TEMP ^. DER ;
         END ;
         P ^. INFO := TEMP ^. INFO ;
         IF  ( ANT=P ) THEN  ANT ^. IZQ := TEMP ^. IZQ
         ELSE ANT ^. DER := TEMP ^. IZQ ;
      END ;
END;
```

EJER 41: *Dado un árbol binario de busqueda , que contiene el nombre, el apellido y la edad de un grupo de personas , ordenados por edades .*

Se pide :

Hacer un algoritmo que visualice los datos de las personas de mayor a menor edad .

```
TYPE
   ARBOL = ^ NODO ;
   NODO = RECORD
              NOMBRE : STRING[20] ;
              APELLIDO : STRING[30] ;
              EDAD : BYTE ;
              DER , IZQ : ARBOL ;
   END ;
VAR
   RAIZ : ARBOL ;

PROCEDURE   VISUALIZAR(RAIZ : ARBOL) ;
BEGIN
   IF  ( RAIZ <> NIL ) THEN
   BEGIN
      VISUALIZAR(RAIZ ^. DER) ;
      WRITELN(RAIZ ^. NOMBRE) ;
      WRITELN(RAIZ^. APELLIDO) ;
      WRITELN(RAIZ ^. EDAD ) ;
      VISUALIZAR(RAIZ ^. IZQ) ;
   END ;
END;
```

EJER 42: *Dado un ABB que contiene números enteros .*

Se pide :

- Hacer un procedimiento que reciba como parámetros: el puntero a raiz del arbol , y un número entero . El procedimiento debe buscar el elemento NUM y una vez encontrado visualizar todos sus antecesores (los anteriores).

```
TYPE
   ARBOL = ^ NODO ;
   NODO = RECORD
              INFO : INTEGER ;
```

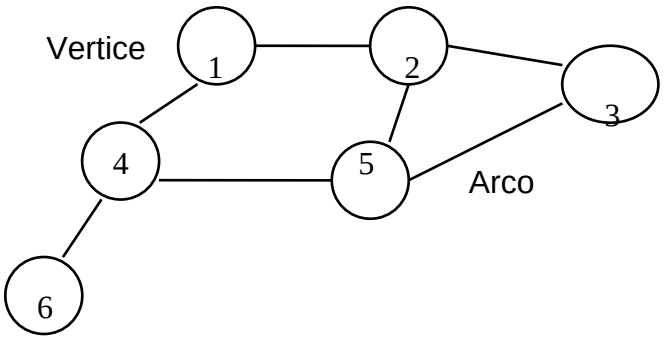
```
                DER , IZQ : ARBOL ;
                END ;
VAR
   RAIZ : ARBOL ;
   ENC : BOOLEAN ;
   NUM : INTEGER;


PROCEDURE BUSCAR(RAIZ : ARBOL ; NUM : INTEGER) ;
BEGIN
  IF  (RAIZ<>NIL ) THEN  ENC := FALSE
  ELSE
     IF  (NUM = RAIZ ^. INFO) THEN
     BEGIN
       ENC := TRUE ;
       WRITELN (RAIZ ^. INFO) ;
      END
      ELSE
       IF  ( NUM < RAIZ ^. INFO ) THEN
       BEGIN
         BUSCAR( RAIZ ^. IZQ , NUM ) ;
         IF  (ENC)   THEN  WRITELN ( RAIZ ^. INFO )
       END
       ELSE
       BEGIN
         BUSCAR( RAIZ ^. DER, NUM ) ;
         IF  (ENC)   THEN  WRITELN ( RAIZ ^. INFO )
       END ;
END ;
```

TEMA VIII - GRAFOS

1.-DEFINICIÓN DE LA ESTRUCTURA TIPO GRAFO Y TERMINOLOGIA.

Es una estructura de datos no lineal formada por un conjunto finito de **Vertices** unidos por un conjunto finito de **Arcos** .



G : grafo
V(G) = {1,2,3,4,5,6} conjunto de vertices
A(G) = {(1,2),(1,4),(2,1),(2,3),(2,5),(3,2),(3,5),
(4,1),(4,5),(4,6),(5,2),(5,3),(5,4),(6,4)}

TERMINOLOGÍA

Grafo no dirigido : Cuando los arcos tienen los dos sentidos.

Grafo dirigido : Cuando los arcos tienen un único sentido.

Vertices adyacentes *:* Dos vertices son adyacentes cuando están conectados mediante un arco . Se dice que el arco es incidente a dichos vertices.

Grado de un vertice : El nº de arcos que inciden en dicho vertice . Si el grafo es dirigido se habla de grado de entrada y grado de salida de dicho vertice.

Camino de un vertice : Del Vi al Vj . Es la secuencia de vertices que hay desde uno a otro.

Longuitud de un camino : Es el nº de arcos que forman el camino .

Grafo valorado : Es un grafo en el que cada arco tienen asociado un valor o peso.

2.- IMPLEMENTACIÓN EN PASCAL .

2.1.- MATRICES DE ADYACENCIA.

El conjunto de arcos se representa mediante una matriz cuadrada de grado igual al número máximo de vertices que puede tener el grafo. La matriz se representa mediante elementos booleanos (un valor verdadero (.T.) , significa que hay camino.

	1	2	3	4	5	6
1	T	T	T	F	F	F
2	T	F	F	F	T	T
3	T	F	F	T	T	F
4	F	F	T	F	T	F
5	F	T	T	T	F	F
6	F	T	F	F	F	F

*** Conjuntovertices**

a) Implementación Estática .

```
TYPE
    TIPOVERTICE = 1.. N ;
    TIPOARCO = RECORD
                    ORIGEN,DESTINO : TIPOVERTICES ;
                END ;
    CONJUNTOVERTICES = ARRAY [1.. N ]  OF BOOLEAN ;
    CONJUNTOARCOS = ARRAY [1.. N , 1 .. N ]  OF BOOLEAN ;
    TIPOGRAFO = RECORD
                    VERTICES : CONJUNTOVERTICES ;
                    ARCOS : CONJUNTOARCOS ;
                END ;
```

```
VAR
    GRAFO : TIPOGRAFO ;
    VECTOR : ARRAY[1..N] OF STRING ;
```

2.2.- LISTA DE ADYACENCIA .

El conjunto de vertices se representa como un vector, el cual tiene un número máximo de posiciones que es igual al número máximo de vertices del grafo . Tambien se llena con valores booleanos .

1	2	3	4	5	6
T	T	T	T	T	T

*** Conjuntoarcos**

b) Implementación Dinámica .

```
TYPE
 TIPOVERTICE = ..... ;
 TIPOARCO = RECORD
                ORIGEN,DESTINO : TIPOVERTICES ;
            END ;
 PUNTEROARCO = ^ NODOARCO ;
 NODOARCO = RECORD
                INFO : TIPOVERTICE ;
                ADYA : PUNTEROARCO ;
            END ;
 TIPOGRAFO = ^ NODOVERTICE  ;
 NODOVERTICE = RECORD
                INFO : TIPOVERTICES ;
                SIG : TIPOGRAFO ;
                ADYA : PUNTEROARCOS ;
            END ;
VAR
    GRAFO : TIPOGRAFO ;
```

3.- OPERACIONES CON BÁSICAS .

A continuación vamos a ver los algoritmos de las operaciones más comunes que se realizan con grafos:

3.1.- PROCEDIMIENTO GRAFOVACIO O INICIAR GRAFO .

a) Estática .

```
PROCEDURE GRAFO_VACIO ( VAR  GRAFO :  TIPOGRAFO ) ;
```

```
VAR
   X , Y : INTEGER ;
BEGIN
FOR  X := 1  TO N DO
   BEGIN
            GRAFO . VERTICES [ X ] := FALSE ;
            FOR  I:= 1 TO N DO
              BEGIN
                 GRAFO . ARCOS [ X , Y ]:= FALSE ;
               END ;
  END ;
  END ;
```

a) Dinámica .

```
PROCEDURE GRAFO_VACIO ( VAR  GRAFO :  TIPOGRAFO ) ;
  BEGIN
GRAFO ^ . SIG:= NIL  ;
GRAFO ^ . ADYA := NIL ;
  END ;
```

3.2.- AÑADIR VERTICE .

a) Estática .

```
PROCEDURE AÑADE_VER ( VAR GRAFO : TIPOGRAFO ; VERT :
            TIPOVERTICE ) ;
   BEGIN
GRAFO . VERTICE  [ VERT ] := TRUE ;
    END ;
```

3.3.- AÑADIR ARCO .

a) Estática .

```
PROCEDURE AÑADE_ARC ( VAR GRAFO : TIPOGRAFO ; ARC :
            TIPOARCO ) ;
   BEGIN
IF ( GRAFO . VERTICES [ ARC . ORIGEN ] = TRUE )  AND
    ( GRAFO . VERTICES [ ARC . DESTINO ] = TRUE  ) THEN
  GRAFO . ARCOS [ ARC . ORIGEN , ARC . DESTINO ] := TRUE ;
    END ;
```

3.4.- BORRAR VERTICE .

a) Estática .

```
PROCEDURE BORRA_VER ( VAR  GARFO : TIPOGRAFO ; VER :
```

```
                TIPOVERTICE ) ;
    BEGIN
  GRAFO . VERTICE [ VER ] := FALSE ;
     END ;
```

3.5.- BORRAR ARCO .

a) Estática .

```
  PROCEDURE BORRA_ARC ( VAR GRAFO : TIPOGRAFO ; ARC :
                TIPOARCO ) ;
    BEGIN
  GARFO . ARCOS [ ARC . ORIGEN , ARC . DESTINO ] := FALSE ;
     END ;
```

b) Dinámica .

```
  PROCEDURE BORRA_ARC (VAR GRAFO : TIPOGRAFO ; ARC :
                    TIPOARCO ) ;
  VAR
  POS1 , POS2 : TIPOGRAFO ;
  AUX , ANT : PUNTEROARCO ;
  ENC : BOOLEAN ;
     BEGIN
  BUSCAR ( GRAFO , ARC . ORGIGEN , POS1 ) ; --- Buscamos el origen
  IF  ( POS1 <> NIL ) THEN
       BEGIN
        BUSCAR ( GRAFO , ARC . DESTINO , POS2 ); --- Buscamos destino
  IF  ( POS2 <>NIL )  THEN
    BEGIN
     IF  ( POS1^. ADYA^. INFO = ARC. DESTINO ) THEN
       BEGIN
  AUX := POS1 ^. ADYA ;
Elimimamos sí es el 1º ---------- POS1 ^. ADYA := AUX ^. ADYA ;
                DISPOSE ( AUX ) ;
       END ;
     ELSE
        BEGIN
  ANT := POS1 ^. ADYA ;
  AUX := ANT ^. ADYA ;
  ENC := FALSE ;
  WHILE ( AUX <> NIL ) AND ( NOT ENC ) DO
    BEGIN
```

```
        IF ( AUX ^. INFO = ARC . DESTINO ) THEN
BEGIN
  ENC := TRUE ;
  ANT ^. ADYA := AUX ^. ADYA ;
  DISPOSE ( AUX ) ;
END;
              ELSE
            BEGIN
               ANT := AUX ;
               AUX := AUX ^. ADYA ;
                END;
  END;
   END;
 END;
 END;
```

4.- RECORRIDO DE UN GRAFO .

Recorrer un grafo significa pasar por todos sus vertices y procesar la información que de esto se desprende , dependiendo del problema que se nos planteó . Este recorrido se puede hacer de dos maneras distintas :

- En profundidad .
- En anchura .

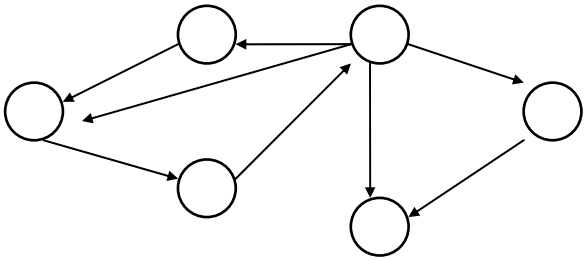
4.1.- EN PROFUNDIDAD .

El recorrido en profundidad (a pesar de la idea anterior) no implica que debamos pasar por todos los nodos (o vertices) y los tengamos que procesar.

Los pasos a realizar son los siguientes :

- Se parte de un vertice V . Se ‘marca’ como vertice procesado o visitado y se procesa .
- Se meten en una pila todos sus adyacentes y se marcan como visitados , y se repite el ‘proceso 2 ‘ hasta que la pila quede vacia .

PROCESO 2 : Se saca un elemento de la pila ; se procesa y se meten en la pila todos sus adyacentes no visitados .



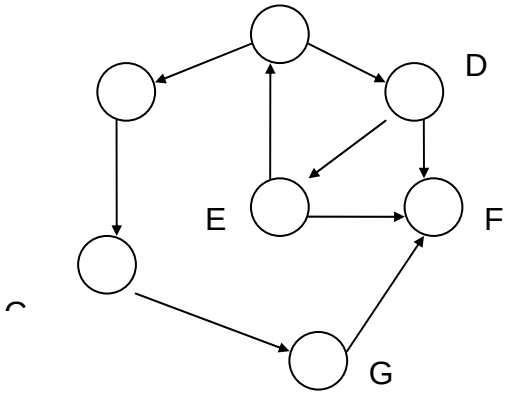
4.2.- EN ANCHURA .

El recorrido en anchura consta de los siguientes pasos :

- Se parte de un vertice V . Se 'marca' como vertice procesado o visitado y se mete en una cola . A continuación se repetiran los siguientes pasos hasta que la cola esté vacía :

1º .- Se saca un elemento de la cola y se procesa .

2º .- Se meten en la cola sus vertices adyacentes no visitados y se marcan como visitados .



Visitados : A , B , D , C , E , F

Ejercicio . *Se tiene un grafo no dirigido valorado cuyos vertices contienen nombres de ciudades y los arcos representan los vuelos entre las ciudades , siendo el peso , la distancia en Km .*

Se pide :

- Declaración de tipos y algoritmo que visualize la ciudad más cercana a Madrid con vuelo directo .

a)

```
TYPE
    TIPOARCO = RECORD
                    ORIGEN,DESTINO : STRING ;
                   DISTANCIA : INTEGER ;
                END ;
    PUNTEROARCO = ^ NODOARCO ;

    NODOARCO = RECORD
                    DISTANCIA : INTEGER ;
                    CIUDAD : STRING ;
                    ADYA : PUNTEROARCO ;
```

```
                    END ;
        TIPOGRAFO = ^ NODOVERTICE  ;
        NODOVERTICE = RECORD
                          INFO : TIPOVERTICES ;
                          SIG : TIPOGRAFO ;
                          ADYA : PUNTEROARCOS ;
                    END ;
    VAR
        GRAFO : TIPOGRAFO ;
```

b)

```
BUSCAR ( GRAFO , ' Madrid ' , POS ) ;
IF ( POS <> NIL ) THEN
 BEGIN
    AUX := POS ^. ADYA ;
   MENOR := AUX ^. DISTANCIA ;
   CIUDAD := AUX ^. INFO ;
   WHILE  ( AUX <> NIL ) DO
     BEGIN
       AUX := AUX ^. ADYA ;
       IF  ( AUX ^. DISTANCIA < MENOR ) THEN
          BEGIN
          MENOR := AUX ^. DISTANCIA ;
          CIUDAD := AUX ^. INFO ;
         END ;
       WRITELN ( CIUDAD ) ;
     END ;
```

Ejercicio . *Hacer el ejercicio anterior pero con la implementación estática .*

a)

```
TYPE
    TIPOVERTICE = 1.. N ;
    TIPOARCO = RECORD
                    ORIGEN,DESTINO : TIPOVERTICES ;
                    DISTANCIA : INTEGER ;
                END ;
    CONJUNTOVERTICES = ARRAY [1.. N ]  OF BOOLEAN ;
    CONJUNTOARCOS = ARRAY [1.. N , 1 .. N ]  OF BOOLEAN ;
    CIUDADES = ARRAY [ 1 .. N ] OF STRING ;
    TIPOGRAFO = RECORD
                    VERTICES : CONJUNTOVERTICES ;
                    ARCOS : CONJUNTOARCOS ;
                END ;
VAR
    GRAFO : TIPOGRAFO ;
    I , J : INTEGER ;
    ENC : BOOLEAN ;
```

b)

```
I:=1 ;
ENC := FALSE ;
 WHILE  ( I < =  N ) AND  ( NOT  ENC ) DO
   BEGIN
    IF  ( CIUDADES [ I ] = ‘ Madrid ‘ ) THEN  ENC := TRUE  ;
    ELSE  I:=I+1 ;
     MENOR := GRAFO . ARCOS [ I ,1] ;
     POS := 1 ;
    FOR  I := 2  TO  N DO
       BEGIN
        IF ( GRAFO . ARCOS [ I , J] < MENOR  THEN
          BEGIN
             MENOR := GRAFO . ARCOS [ I , J] ;
             POS := J ;
          END;
        END;
      WRITELN ( CIUDADES ) ;
  END;
```