



Departamento de Lenguajes y Ciencias
de la Computación
UNIVERSIDAD DE MÁLAGA

Apuntes para la asignatura

Informática

Facultad de Ciencias (Matemáticas)

<http://www.lcc.uma.es/personal/pepeg/mates>

Tema 2. Diseño de algoritmos y programas

2.1 Concepto de Algoritmo	2
2.1.1 Análisis del Problema.....	4
2.1.2 Diseño de Algoritmos.....	4
2.1.3 Verificación de Algoritmos.....	7
2.2 Herramientas para la representación de Algoritmos	8
2.2.1 Diagramas de flujo	9
2.2.2 Pseudocódigo	11
2.3 La notación BNF	13

Bibliografía

- *Programación 1*. José A. Cerrada y Manuel Collado. Universidad Nacional de Educación a Distancia.
- *Fundamentos de programación*. L. Joyanes. McGraw-Hill.

Introducción

Los ordenadores se utilizan hoy día en innumerables áreas científicas para resolver problemas, aunque desgraciadamente, son incapaces de resolver el problema por sí mismos. Es necesario que una persona (el *programador*) sea capaz de analizar el problema a resolver y diseñe un *programa*. Dicho programa será ejecutado por el ordenador y producirá la solución al problema buscado.

En este tema estudiamos las distintas técnicas y herramientas de las que dispone un programador para analizar un problema y generar un método para solucionarlo susceptible de ser utilizado por un ordenador. A dicho método es lo que llamaremos *algoritmo*.

2.1 Concepto de Algoritmo

La principal razón por la que las personas aprenden a programar es para utilizar el ordenador como una herramienta para la resolución de problemas. Ayudado por un ordenador, la obtención de la solución a un problema se puede dividir en dos fases:

- 1) Fase de *resolución* del problema
- 2) Fase de *implementación* en el ordenador.

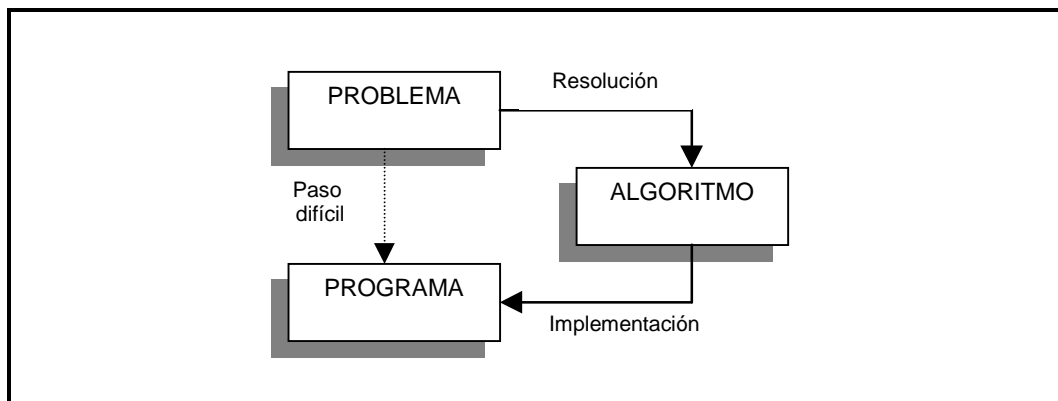


Figura 1. Fases de resolución e implementación

El resultado de la primera fase es el diseño de un *algoritmo*, que no es más que una secuencia ordenada de pasos que conduce a la solución de un problema concreto, sin ambigüedad alguna, en un tiempo finito. Sólo cuando dicho algoritmo haya sido probado y validado, se deberá entrar en detalles de implementación en un determinado lenguaje de programación; al algoritmo así expresado se denomina *programa*.

Los algoritmos son *independientes* tanto del lenguaje de programación en que se expresan como del ordenador que los ejecuta. El lenguaje de programación es tan sólo un medio para comunicarle al ordenador la secuencia de acciones a realizar y el ordenador sólo actúa como mecanismo para obtener la solución. En este sentido, podemos comparar la situación anterior con el hecho de explicar una receta a un cocinero en distintos idiomas. Mientras éste entienda el idioma, es indiferente el idioma elegido ya que el resultado final será siempre el mismo.

Todo algoritmo ha de cumplir necesariamente, las siguientes características:

- **Precisión:** el algoritmo debe indicar el orden de realización de cada acción, de forma clara y sin ambigüedades. Además, el algoritmo debe ser **concreto** en el sentido de contener sólo el número de pasos precisos para llegar a la solución (no deben darse pasos de más).
- **Repetitividad:** el algoritmo debe poder repetirse tantas veces como se quiera, alcanzándose siempre los mismos resultados para una misma entrada, independientemente del momento de ejecución.
- **Finitud:** el algoritmo debe terminar en algún momento.

Según esto, no toda secuencia ordenada de pasos a seguir puede considerarse como un algoritmo. Por ejemplo, una receta para preparar un determinado plato no es un algoritmo, ya que:

- NO es repetible, pues para las mismas entradas (ingredientes) no se garantizarían los mismos resultados.
- NO es preciso, ya que en una receta concreta no se suelen especificar los grados de temperatura exactos, tipos de recipientes, calidad o tipo de ingredientes, ...

Además, a la hora de estudiar la **calidad de un algoritmo**, es deseable que los algoritmos presenten también otra serie de características como son:

- **Validez.** El algoritmo construido hace exactamente lo que se pretende hacer.
- **Eficiencia.** El algoritmo debe dar una solución en un tiempo razonable. Por ejemplo, para sumar 20 a un número dado podemos dar un algoritmo que sume uno veinte veces, pero esto no es muy eficiente. Sería mejor dar un algoritmo que lo haga de un modo más directo.
- **Optimización.** Se trata de dar respuesta a la cuestión de si el algoritmo diseñado para resolver el problema es el mejor. En este sentido y como norma general, será conveniente tener en cuenta que suele ser mejor un algoritmo sencillo que no uno complejo, siempre que el primero no sea extremadamente ineficiente.

En el algoritmo se plasman las tres partes fundamentales de una solución informática:

- **Entrada**, información dada al algoritmo.
- **Proceso**, cálculos necesarios para encontrar la solución del problema.
- **Salida**, resultados finales de los cálculos.

El algoritmo describe una transformación de los datos de entrada para obtener los datos de salida a través de un procesamiento de la información.

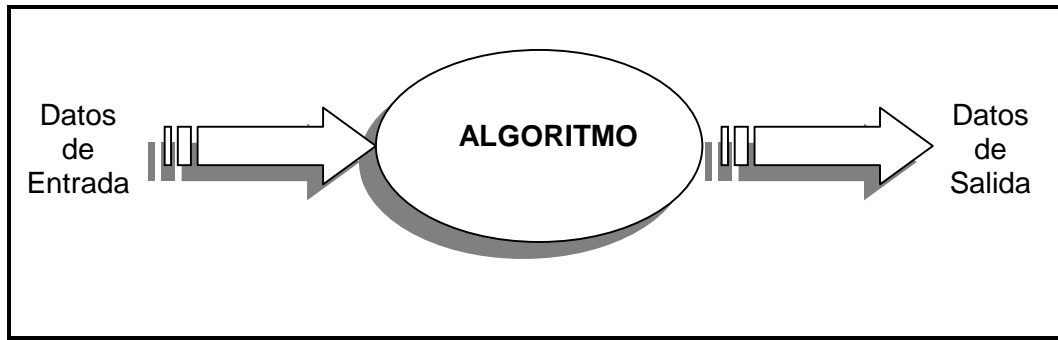


Figura 2. Entrada, algoritmo y salida

Los pasos a seguir en la fase de resolución del problema son tres:

- 1) Análisis del problema.
- 2) Diseño del algoritmo.
- 3) Verificación del algoritmo.

2.1.1 Análisis del Problema

Es el primer paso para encontrar una solución computacional a un problema dado y requiere el máximo de creatividad por parte del programador.

El primer objetivo que nos debemos plantear es obtener una *correcta comprensión* de la naturaleza del problema. El análisis del problema exige una primera lectura del problema a fin de obtener una idea general de lo que se solicita. Una segunda lectura deberá servir para responder a las preguntas:

- 1) ¿Qué información debe proporcionar la resolución del problema?
- 2) ¿Qué datos se necesitan para resolver el problema?

La respuesta a la primera pregunta indicará los *resultados* deseados o *salida del programa*. La respuesta a la segunda pregunta indicará qué datos se deben *proporcionar* o las *entradas del problema*.

□ Ejemplo: Las básculas calculan a partir del peso de un producto y de su precio por kilogramo, el correspondiente precio final y a partir de la cantidad de dinero entregada, la cantidad de dinero que debe ser devuelta. Analizar el problema.

La información de entrada para el problema es el *peso* y *precio por kilogramo* del producto junto con la cantidad de *dinero entregada* para pagar, a partir de lo cual se calculan las salidas del programa: el *precio final* del producto y la *cantidad devuelta*.

□

2.1.2 Diseño de Algoritmos

Un ordenador no tiene la capacidad de pensar y resolver el problema por sí mismo; una vez que el problema ha quedado bien definido debemos plantearnos buscar una secuencia de pasos que lo

resuelvan e indiquen al ordenador las instrucciones a ejecutar, es decir, hemos de encontrar un buen *algoritmo*.

Aunque en la solución de problemas sencillos parezca evidente la codificación en un lenguaje de programación concreto, es aconsejable el uso de algoritmos, a partir de los cuales se pasa al programa simplemente conociendo las reglas de sintaxis del lenguaje de programación a utilizar

□ Ejemplo: Los pasos a seguir para calcular los datos de salida del ejemplo anterior a partir de los datos de entrada son:

$$\text{precio} \leftarrow \text{peso} \times \text{precio por kilogramo}$$

$$\text{devuelta} \leftarrow \text{entregada} - \text{precio}$$

Que se expresa en el lenguaje de programación *Módula-2* como:

```
precio      := peso * precioPorKilogramo;
devuelta    := entregada - precio;
```

□

Sin embargo, las soluciones a problemas más complejos pueden requerir muchos más pasos. Las estrategias seguidas usualmente a la hora de encontrar algoritmos para problemas complejos son:

1) *Partición o divide y vencerás*: consiste en dividir un problema grande en unidades más pequeñas que puedan ser resueltas individualmente.

□ Ejemplo: Podemos dividir el problema de limpiar una casa en labores más simples correspondientes a limpiar cada habitación.

2) *Resolución por analogía*: Dado un problema, se trata de recordar algún problema similar que ya esté resuelto. Los dos problemas análogos pueden incluso pertenecer a áreas de conocimiento totalmente distintas.

□ Ejemplo: El cálculo de la media de las temperaturas de las provincias andaluzas y la media de las notas de los alumnos de una clase se realiza del mismo modo.

Evidentemente la conjunción de ambas técnicas hace más efectiva la labor de programar: dividir un problema grande en trozos más pequeños ya resueltos.

□ Ejemplo: Consideremos el problema de calcular la longitud y la superficie de círculo dado su radio. Este problema se puede dividir en cuatro subproblemas:

- 1) Lectura, desde el teclado, de los datos necesarios.
- 2) Cálculo de la longitud.
- 3) Cálculo de la superficie.
- 4) Mostrar los resultados por pantalla.

El problema ha quedado reducido a cuatro subproblemas más simples. La solución a cada uno de estos subproblemas es un refinamiento del problema original.

□

El proceso para obtener la solución final consiste en descomponer en subproblemas más simples y a continuación dividir éstos nuevamente en otros subproblemas de menor complejidad, y así

sucesivamente; la descomposición en subproblemas deberá continuar hasta que éstos se puedan resolver de forma directa. Este método de resolución de problemas no triviales da lugar a lo que se conoce como *diseño descendente* o *diseño por refinamientos sucesivos*:

Se comienza el proceso de solución con un enunciado muy general o abstracto de la solución del problema, de donde se identifican las tareas más importantes a ser realizadas, y el orden en el que se ejecutarán. A continuación se procede repetidamente refinando por niveles, de manera que con cada descomposición sucesiva se obtiene una descripción más detallada incluyendo nuevas acciones a realizar. El proceso finaliza cuando el algoritmo esté lo suficientemente detallado y completo para ser traducido a un lenguaje de programación.

Esta técnica es parte de las recomendaciones de una metodología general de desarrollo de programas denominada *programación estructurada*.

□ Ejemplo: Vamos a diseñar un algoritmo para cambiar una bombilla fundida. Una primera solución vendría dada en dos pasos:

- 1) Quitar la bombilla fundida.
- 2) Colocar la nueva bombilla.

Esto parece resolver el problema, pero supóngase que se está tratando de entrenar un nuevo robot doméstico para que efectúe esta tarea. En tal caso, los pasos no son lo bastante simples y hay detalles que no se han especificado. Cada uno de estos pasos iniciales se podría refinar aún más:

1. Quitar la bombilla antigua:
 - 1.1 Situar la escalera debajo de la bombilla fundida.
 - 1.2 Subir por la escalera hasta alcanzar la bombilla.
 - 1.3 Girar la bombilla en sentido antihorario hasta soltarla.
2. Colocar la nueva bombilla:
 - 2.1 Elegir una nueva bombilla de la misma potencia que la fundida.
 - 2.2 Enroscar la bombilla nueva en sentido horario hasta que quede apretada.
 - 2.3 Bajar de la escalera.
 - 2.4 Comprobar que la bombilla funciona.

El algoritmo para reemplazar la bombilla quemada consta de siete pasos:

- 1) Situar la escalera debajo de la bombilla fundida.
- 2) Subir por la escalera hasta alcanzar la bombilla.
- 3) Girar la bombilla en sentido antihorario hasta soltarla.
- 4) Elegir una nueva bombilla de la misma potencia que la fundida.
- 5) Enroscar la bombilla nueva en sentido horario hasta que quede apretada.
- 6) Bajar de la escalera.
- 7) Comprobar que la bombilla funciona.

Pero aún no se han diseñado los pasos con la suficiente precisión. Si suponemos que disponemos de una caja de bombillas, el proceso de elegir la nueva bombilla con la misma potencia será el siguiente:

2.1 Repetir hasta que la bombilla sea válida

2.1.1. Elegir una bombilla

2.1.2. Si la potencia de la nueva bombilla es igual a la de la vieja bombilla

2.1.2.1. Entonces la bombilla es válida

2.1.2.2. Si no la bombilla no es válida

Aparecen dos conceptos importantes a la hora de describir algoritmos: el *concepto de decisión*, y el *concepto de repetición*, que veremos más adelante.

□

2.1.3 Verificación de Algoritmos

Una vez que se ha descrito el algoritmo utilizando una herramienta adecuada, es necesario comprobar que realiza las tareas para las que fue diseñado y produce los resultados correctos y esperados a partir de la información de entrada.

Este proceso se conoce como *prueba del algoritmo* y consiste básicamente en recorrer todos los caminos posibles del algoritmo comprobando en cada caso que se obtienen los resultados esperados. Para lo cual realizaremos una ejecución manual del algoritmo con datos significativos que abarquen todo el posible rango de valores y comprobaremos que la salida coincide con la esperada en cada caso.

La aparición de errores puede conducir a tener que rediseñar determinadas partes del algoritmo que no funcionaban bien y a aplicar de nuevo el proceso de localización de errores, definiendo nuevos casos de prueba y recorriendo de nuevo el algoritmo con dichos datos.

□ Ejemplo: Diseñar un algoritmo que calcule el valor absoluto de un número.

Hay un único dato de entrada al algoritmo que es el número para el cual queremos calcular el valor absoluto. El dato de salida es el valor absoluto calculado para el número original.

Una primera aproximación al algoritmo podría ser:

- 1) Leer número del teclado
- 2) Valor absoluto \leftarrow - número
- 3) Escribir en pantalla valor absoluto

Si probamos el algoritmo con dato de entrada -3 obtenemos que el valor absoluto de éste es 3 , lo cual es correcto. Pero el algoritmo diseñado no es correcto, ya que no funciona para datos de entrada positivos. En efecto, según el algoritmo anterior el valor absoluto de 3 es -3 , lo cual no es cierto.

Dicha observación da lugar al siguiente algoritmo modificado, que funciona tanto para números positivos como negativos:

- 1) Leer número del teclado
- 2) Si número < 0 entonces
 - Valor absoluto $\leftarrow -\text{número}$
 - en otro caso
 - Valor absoluto $\leftarrow \text{número}$
- 3) Escribir en pantalla valor absoluto

□

2.2 Herramientas para la representación de Algoritmos

Durante el proceso de diseño del algoritmo es preciso disponer de alguna herramienta para describirlo, se necesita disponer de un *lenguaje algorítmico* con el que reflejar las sucesivas acciones que resuelven el problema y que, además, soporte lo mejor posible el proceso sucesivo de refinamiento en subproblemas. Una primera aproximación consistiría en utilizar para describir el algoritmo el lenguaje natural (en nuestro caso el español), pero debido a los innumerables problemas que plantea como la imprecisión o la ambigüedad, se ha optado por utilizar otras herramientas algorítmicas que describan con mayor exactitud la secuencia de acciones y el orden en el que han de ejecutarse.

La característica común de cualquier lenguaje algorítmico es que debe ser independiente del lenguaje de programación a utilizar en la codificación. Un factor importante es que permita una traducción clara del algoritmo al programa. La decisión final del lenguaje depende de otras consideraciones y cualquier algoritmo debe de poder implementarse en cualquier lenguaje de programación.

La estructura de un algoritmo se puede representar con un *diagrama estructurado* en forma de bloques, donde se muestren los sucesivos refinamientos a partir del problema inicial.

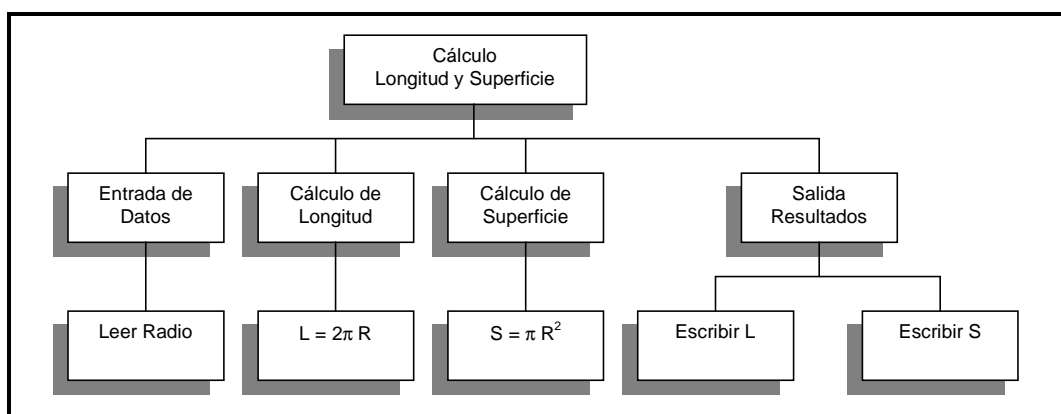


Figura 3. Diagrama de bloques para el cálculo de la superficie y longitud del círculo

Las herramientas de programación utilizadas como lenguajes algorítmicos que estudiaremos a continuación son:

- 1) Diagramas de flujo.

2) Pseudocódigo.

Los *diagramas de flujo* han sido la herramienta de programación clásica por excelencia y la más usada. Tienen la ventaja de que muestran el flujo lógico del algoritmo de una manera clara, pero tienen varias limitaciones que han hecho usarlos cada vez menos. Las limitaciones son que su complejidad aumenta con la complejidad del problema, son difíciles de actualizar y oscurecen la estructura del algoritmo.

Como alternativa a los diagramas de flujo y cada vez más en uso está el *pseudocódigo*, que permite una aproximación del algoritmo al lenguaje natural y por tanto una redacción rápida del mismo, con el inconveniente de la pérdida consecuente de precisión.

Con cualquiera de estas herramientas, tiene que quedar bien reflejado el *flujo de control* del algoritmo, que es el orden temporal en el cual se ejecutan los pasos individuales del algoritmo. El flujo normal de un algoritmo es el flujo lineal o secuencial de los pasos (un paso a continuación de otro). Para apartarse del flujo normal lineal están las estructuras de control, que son construcciones algorítmicas que afectan directamente al flujo de control de un algoritmo. Una permite repetir automáticamente un grupo de pasos (*repetición*). Otra permite seleccionar una acción de entre un par de alternativas específicas, teniendo en cuenta determinadas condiciones (*selección*).

2.2.1 Diagramas de flujo

Con frecuencia es más sencillo expresar ideas gráficamente que mediante texto, un intento de proporcionar una visión gráfica de la descripción de algoritmos son los diagramas de flujo.

Los *diagramas de flujo* son una herramienta gráfica para descripción de algoritmos. Un diagrama de flujo consta de una serie de símbolos estándar, que representan las distintas acciones del algoritmo, conectados mediante líneas que indican el orden en el cual deben realizarse las operaciones.

Un diagrama de flujo muestra la lógica del algoritmo, acentuando los pasos individuales y sus interconexiones.

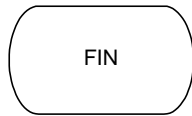
Un diagrama de flujo debe reflejar :

- El comienzo del programa
- Las operaciones que el programa realiza
- El orden en que se realizan
- El final del programa

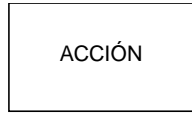
Los símbolos utilizados han sido normalizados por las organizaciones **ANSI** (*American National Standard Institute*) y por **ISO** (*International Standard Organization*) y son los siguientes:



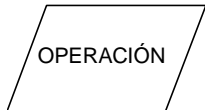
INICIO



FIN



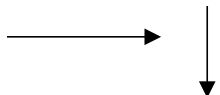
ACCIÓN



OPERACIÓN



CONDICIÓN



Indican el inicio y el fin del algoritmo. Del primero sólo puede salir una línea y al segundo sólo puede llegar una línea.

Indica una acción a realizar. Tiene una única línea de entrada y otra de salida.

Indica una acción de entrada (lectura de datos desde el teclado) o salida (escritura de un dato por pantalla). Tiene una única línea de entrada y otra de salida.

Se usan para tomar una decisión, dependiendo de cierta condición. Tiene una línea de entrada y dos de salidas (una por la cual salir, si la condición es cierta, y otra, si es falsa).

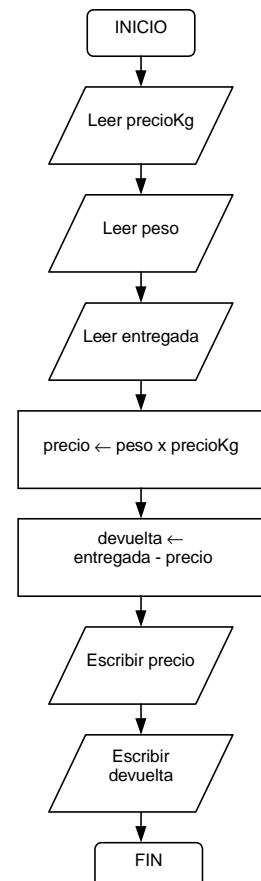
Se usan para conectar los símbolos anteriores y especifican el flujo del algoritmo.

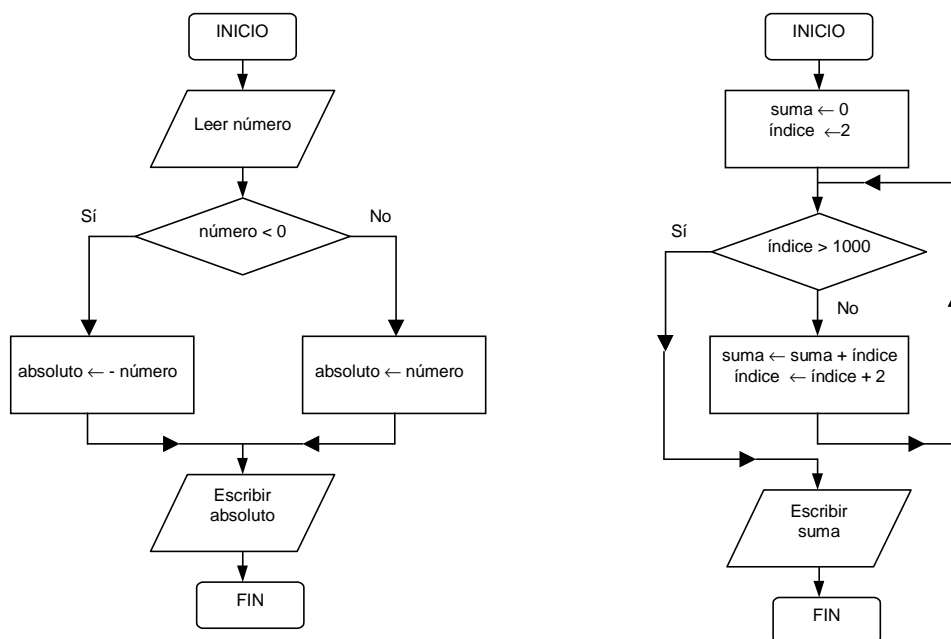
Se usan para conectar distintos puntos de los diagramas de flujo, evitando cruces de flechas.

En la representación es conveniente seguir las siguientes reglas:

- ✓ El comienzo del programa figurará en la parte superior del diagrama.
 - ✓ Los símbolos de comienzo y fin deberán aparecer una única vez.
 - ✓ El flujo de las operaciones será de arriba a abajo y de izquierda a derecha.
 - ✓ Se debe guardar cierta simetría en la representación de bifurcaciones y bucles.
 - ✓ Se evitarán los cruces de líneas de flujo, utilizando conectores.
- Ejemplo: Dibujar un diagrama de flujo para el problema de calcular el precio y la cantidad a devolver por la compra de un producto.
- Ejemplo: Dibujar un diagrama de flujo para el problema de calcular el valor absoluto de un número.
- Ejemplo: Dibujar un diagrama de flujo para calcular la siguiente suma:

$$2 + 4 + 6 + \dots + 998 + 1000$$





En los últimos años la actitud de los profesionales de la computación hacia el una vez popular diagrama de flujo se ha enfriado notablemente, sobre todo en base a que los diagramas de flujo muestran la lógica de control de un algoritmo pero oscurecen su estructura.

2.2.2 Pseudocódigo

Los programas deben ser escritos en un lenguaje que pueda entender el ordenador, pero no olvidemos que nuestra forma normal de expresar algo es en lenguaje natural. De la aproximación entre ambos surge una herramienta para la descripción de algoritmos: el *pseudocódigo*. Es por tanto un lenguaje algorítmico que permite representar las construcciones básicas de los lenguajes de programación, pero a su vez, manteniéndose próximo al lenguaje natural.

A pesar de su flexibilidad el pseudocódigo tiene que atenerse a una serie de normas para que los algoritmos construido resulten legibles, claros y fácilmente codificables, con este fin se le imponen algunas restricciones tales como:

- Los identificadores usados han de tener un significado de acuerdo a su contenido.
- El conjunto de sentencias debe ser completo, en el sentido de permitir especificar cualquier tarea a realizar con suficiente detalle.
- Contener un conjunto de palabras reservadas.

Las principales ventajas del pseudocódigo son:

- 1) Podemos centrarnos sobre la lógica del problema olvidándonos de la sintaxis de un lenguaje concreto.
- 2) Es fácil modificar el algoritmo descrito.
- 3) Es fácil traducir directamente a cualquier lenguaje de programación el algoritmo obtenido.

El principal inconveniente que presenta el uso del pseudocódigo como lenguaje de descripción de algoritmos es la imprecisión.

El pseudocódigo que nosotros utilizaremos consta exactamente de las siguientes construcciones:

- ◆ INICIO: Indica el comienzo del algoritmo
- ◆ FIN: Indica la finalización del algoritmo.
- ◆ LEER: Se usa para leer un dato del teclado.
- ◆ ESCRIBIR: Se usa para escribir un dato por pantalla.
- ◆ SI <c> ENTONES <aSí> EN OTRO CASO <aNo> FINSI: donde <c> es una condición que puede ser cierta o falsa y <aSí> y <aNo> son dos acciones. Indica realizar la acción <aSí> si la condición <c> es cierta o realizar la acción <aNo> si ésta es falsa.
- ◆ MIENTRAS <c> HACER <a> FINMIENTRAS: donde <c> es una condición que puede ser cierta o falsa y <a> es una acción. Indica repetir la acción <a> mientras la condición <c> sea cierta. Se deja de repetir en el momento en que <c> se hace falsa. Las comprobaciones de la condición se hacen justo antes de realizar la acción.
- ◆ REPETIR <a> HASTA QUE <c>: donde <c> es una condición que puede ser cierta o falsa y <a> es una acción. Indica repetir la acción <a> hasta que la condición sea cierta. Se deja de repetir en el momento en que <c> se hace cierta. Las comprobaciones de la condición se hacen justo después de realizar la acción.

□ Ejemplo: Veamos como se expresa en pseudocódigo la solución al problema del peso:

```

INICIO
  LEER precioKg
  LEER peso
  LEER entregada
  precio ← peso x precioKg
  devuelta ← entregada - precio
  ESCRIBIR precio
  ESCRIBIR devuelta
FIN

```

□

□ Ejemplo: Cálculo del valor absoluto de un número:

```

INICIO
  LEER número
  SI número < 0 ENTONCES
    absoluto ← - número
  EN OTRO CASO
    absoluto ← número
  FINSI
  ESCRIBIR absoluto
FIN

```

□

□ Ejemplo: calculo de la suma $2 + 4 + 6 + \dots + 998 + 1000$:

```

INICIO
  suma ← 0
  índice ← 2
  MIENTRAS indice <= 1000 HACER

```

```

    suma ← suma + i
    índice ← índice + 2
FINMIENTRAS
ESCRIBIR suma
FIN

```

que también puede ser expresado del siguiente modo:

```

INICIO
    suma ← 0
    índice ← 2
REPETIR
    suma ← suma + índice
    índice ← índice + 2
HASTA QUE i > 1000
ESCRIBIR suma
FIN

```



2.3 La notación BNF

El principal inconveniente de utilizar pseudocódigo para describir algoritmos es la imprecisión. Uno de los motivos por el que el pseudocódigo es impreciso es porque él mismo está definido de un modo vago y poco formal. Sin embargo los lenguajes de programación se caracterizan por ser precisos. Un lenguaje de programación consta de una serie de instrucciones que pueden ser combinadas entre sí siguiendo ciertas reglas. Para ello, los lenguajes de programación siguen una serie de *reglas sintácticas* muy estrictas. Estas reglas indican qué tipo de operaciones son aceptadas como válidas en el lenguaje y cuáles no. Para describir las combinaciones de operaciones válidas necesitamos una notación apropiada.

La notación más usada para este propósito es la *notación BNF*. Nótese que se trata de una notación para describir la sintaxis de un lenguaje y no para describir algoritmos, como ocurría con los diagramas de flujo y el pseudocódigo.

Utilizando esta notación, la descripción de una gramática para cierta sintaxis consta de una serie de reglas llamadas *reglas de producción*. Cada una de las reglas se expresa utilizando una serie de símbolos especiales llamados *metasímbolos*. Son los siguientes:

- Metasímbolo de definición ($::=$). Indica que la definición del elemento cuyo nombre aparece a la izquierda es la expresión que aparece a su derecha.
- Metasímbolo de alternativa ($|$). Indica que puede elegirse uno y sólo uno de los elementos separados por este símbolo.
- Metasímbolos de repetición ($\{ \}$). Indican que los elementos incluidos dentro de ellos se pueden repetir cero, una o más veces.
- Metasímbolos de opción ($[]$). Indican que los elementos incluidos dentro de ellos se pueden repetir cero o una vez.
- Metasímbolos de agrupación ($()$). Agrupan los elementos incluidos en su interior de un modo similar a como se hace en matemáticas.

□ Ejemplo: Definir usando la notación BNF un número entero positivo. Un número entero positivo es una secuencia de uno o más dígitos. El número puede ir precedido opcionalmente de un signo más.

Dígito	::=	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
NúmeroEnteroPositivo	::=	[+] Dígito { Dígito }

□

□ Ejemplo: Definir usando la notación BNF un número entero positivo o negativo.

NúmeroEntero	::=	[+ -] Dígito { Dígito }
--------------	-----	-----------------------------

□

□ Ejemplo: Definir usando la notación BNF una frase según la siguiente definición: una frase es una o más repeticiones de la cadena de caracteres ab. Por ejemplo son frases válidas ab, abab, ababab, ...

Frase	::=	ab { ab }
-------	-----	-----------

□

□ Ejemplo: Definir usando la notación BNF una frase según la siguiente definición: una frase es una o más repeticiones de la letra c seguida de el mismo número de repeticiones de la letra f. Por ejemplo son frases válidas cf, cfff, cffff, ...

Frase	::=	cf c Frase f
-------	-----	----------------

□

Relación de Problemas (Tema 2)

1. Escribir diagramas de flujo para los siguientes problemas:
 - a) Leer tres números del teclado, calcular el mayor de ellos y escribir éste por pantalla.
 - b) Leer tres números del teclado y determinar si la suma de cualquier pareja de ellos es igual al otro. Se deberá escribir por pantalla “Sí” si la propiedad se cumple o “No” en otro caso.
 - c) Leer números del teclado hasta que se obtenga un cero y calcular la media de los valores leídos hasta ese momento. Se deberá escribir por pantalla la media. El cero no se tendrá en cuenta en el cálculo de la media.
 - d) Leer los tres coeficientes de la ecuación de segundo grado $ax^2+bx+c = 0$ y escribir las soluciones correspondientes por pantalla.
 - e) Calcular el producto $1 \times 2 \times 3 \dots \times 1000$. El resultado deberá escribirse por pantalla.
2. Escribir algoritmos para los problemas anteriores utilizando pseudocódigo.
3. Definir utilizando la notación BNF expresiones aritméticas en las que intervengan números enteros positivos, los operadores aritméticos +,-,x y / junto con los paréntesis. Son ejemplos de expresiones válidas: 10, 10+4, 78 x (3 – 2), (900 / 3). Son ejemplos de expresiones NO válidas 10 - / 3, x 8, o (), ...
4. Definir utilizando la notación BNF una frase según la siguiente definición: una frase son tantos ceros como se quiera (al menos uno), seguidos siempre de un único uno. Ejemplos de frases válidas son: 01, 001, 0001, 00001, ...
5. Definir utilizando la notación BNF una frase según la siguiente definición: una frase está formada por varias repeticiones de la letra a (no puede aparecer otra letra), siempre que el número total de apariciones de la letra a sea un múltiplo de tres. Ejemplos de frases válidas son: aaa, aaaaaa, aaaaaaaaa, ...
6. Definir utilizando la notación BNF una frase según la siguiente definición: una frase está formada por varias repeticiones de la letra a seguida de varias apariciones de la letra b, siempre que el número de letras b sea estrictamente mayor al de letras a. Ejemplos de frases válidas son: abb, abbb, abbbb,... aabbb aabbbb, ..., aaabbbb,aaaabbbb, ...
7. Definir utilizando la notación BNF un conjunto de enteros según la siguiente definición: un conjunto de enteros consiste en cero o más enteros separados por comas y encerrados entre llaves. Ejemplos de conjuntos válidos son: { }, { 1 }, { 10, -4, +3}. Ejemplos no válidos son: { 10, }, { , }, { 10 15 -3}.
8. ¿Qué resultado escribirá en pantalla el siguiente algoritmo?

```
INICIO
  n ← 2
  doble ← n x 3
  ESCRIBIR n
  ESCRIBIR doble
FIN
```