

***TEMA 1***  
***INTRODUCCIÓN***  
***A LOS COMPUTADORES.***  
***ARQUITECTURA***  
***VON NEUMANN.***  
***COMPUTADOR***  
***SECUENCIA***



# INDICE

1. Introducción.
  - 1.1. Concepto de Computador.
  - 1.2. Clasificación de los computadores.
    - Computadores Digitales.
    - Computadores Analógicos.
2. Arquitectura Von Neumann del computador digital.
  - 2.1. Análisis de los bloques.
  - 2.2. ¿Por qué surgió la arquitectura de Von Neumann?.
    - Programa cableado.
    - Programa almacenado.
  - 2.3. Diagrama de bloques del computador básico.
  - 2.4. Funcionamiento del computador básico.
    - 2.4.1. Ciclo de búsqueda y ciclo de ejecución.
    - 2.4.2. Análisis del ciclo de instrucción en una máquina hipotética.
  - 2.5. Conclusiones.
3. Programación.
  - 3.1. Clasificación de los lenguajes de programación.
4. Conceptos de Arquitectura y Organización.
5. Niveles de estudio del computador.
  - 5.1. Niveles estructurales (Bell y Newell).
  - 5.2. Niveles de interpretación de Levy.
  - 5.3. Niveles conceptuales de Blaauw.
6. Software de Sistemas.
  - Monitores, ensambladores, montadores y cargadores, editores de línea, depuradores, compiladores e intérpretes, manejadores de ficheros y/o bases de datos, sistema operativo.
7. Parámetros característicos del computador digital.
8. Evolución histórica de los computadores. Generaciones.
  - 8.1. Prehistoria.

- 8.2. Primera generación. Tubos de vacío.
- 8.3. Segunda generación. Transistores.
- 8.4. Tercera generación. Circuitos integrados.
- 8.5. Cuarta generación. Microprocesadores.
- 8.6. Quinta generación. Inteligencia artificial.

## ***BIBLIOGRAFIA***

- 1. Apartado 1 y 2 por apuntes.
- 2. Apartados 3, 4, 5, 6, 7 y 8.
  - √ Fundamentos de los computadores.  
Pedro de Miguel Anasagasti.  
Paraninfo.

## 1. INTRODUCCION.

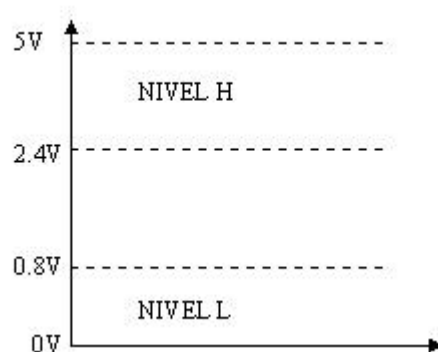
### 1.1. CONCEPTO DE COMPUTADOR.

- **Computador.** Máquina que procesa la información de forma automática.
  - √ **Procesar.** Son las manipulaciones o transformaciones que debe hacerse con la información para resolver un problema determinado.
  - √ Ejemplo: Calcular la media aritmética de una serie de números.
    - La información son los números.
    - El procesamiento consta de dos operaciones:
      - Sumar todos los números.
      - Dividir el resultado anterior entre la cantidad de números que hay.
- En un principio, los computadores utilizaban tecnología mecánica y electrónica, pero actualmente sólo se emplea la electrónica. No obstante, hay componentes, como los periféricos (discos, impresoras, etc), que todavía utilizan elementos mecánicos.
- **Tecnología.** Elementos físicos con los que se construye un computador.
- La tecnología del futuro parece ser la óptica, que actualmente se emplea en las comunicaciones de datos y en los dispositivos de almacenamiento de información (CD-ROM, etc).

### 1.2. CLASIFICACION DE LOS COMPUTADORES.

- Los computadores se pueden clasificar según varios criterios. Por la forma de representar la información se clasifican de la siguiente manera:
  - √ Computadores digitales.
  - √ Computadores analógicos.
- **Computadores Digitales.**
  - √ La información se representa mediante *sistemas de representación digitales*. Se suele usar el *sistema binario*, en el que cada dígito sólo tiene dos estados lógicos posibles, denominados 1 y 0. Cada uno de estos dígitos se denomina **bit**.
  - √ Al construirse con tecnología electrónica, los valores de los dígitos binarios se representan mediante valores de tensión eléctrica. Así, los circuitos electrónicos pueden almacenar y procesar los bits de información.

- En la figura se muestran las zonas de tensión eléctrica, que definen los dos estados posibles en los circuitos integrados del tipo TTL.
- Electrónicamente, los dos estados se suelen denominar *Alto* (High) y *Bajo* (Low), según correspondan a tensiones elevadas o a tensiones próximas a cero.
- La asignación de los valores 1 y 0 a los estados H y L es arbitraria. Generalmente se suele asignar el valor 1 al estado H y el valor 0 al estado L.



- Para representar números, letras y/o símbolos se utilizan cadenas de bits.
  - El rango de los números depende de la longitud de la cadena y del sistema de numeración que utilice. Para el sistema de numeración binario puro:
    - ≡ 1 bit      0, 1
    - ≡ 4 bits    0,  $2^4-1 \Rightarrow$  0, 15
    - ≡ 8 bits    0,  $2^8-1 \Rightarrow$  0, 255
  - Utilizando sistemas de codificación se pueden representar letras y números. Un ejemplo es el código ASCII.
- Cuando se consideran exclusivamente números se dice que la información es numérica, y si se trata tanto con números como con texto, se dice que es alfanumérica.

- **Computadores Analógicos.**

- √ Solamente pueden representar números y la magnitud de éstos se determina por el valor de una tensión eléctrica.
- Por problemas tecnológicos, los C. A. sólo pueden trabajar en un rango de tensión pequeño (p. e. -10V a +10V), lo que obliga a escalar las variables numéricas de forma que sus valores estén en ese rango.
  - ⊗ Así, para representar números en el rango -10000 a +10000, habrá que establecer un factor de escala E, que será  $E = 10000/10 = 10^3$
  - ⊗ Si se representa en el computador un número mediante una tensión de 2,35V, éste tendrá una magnitud de  $2,35 \times E = 2,35 \times 10^3 = 2350$ .
- La precisión de los C. A. es menor que la de los digitales, y está limitada por los circuitos electrónicos utilizados, es decir, por la menor variación de tensión que pueden manipular correctamente.

- ***Ventajas de los Computadores Digitales frente a los Analógicos.***

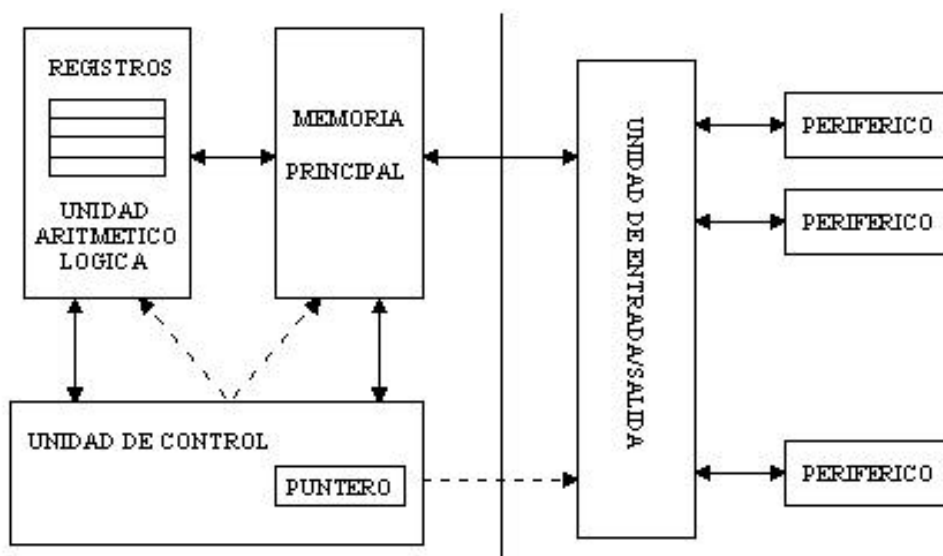
- √ Facilidad y capacidad de almacenamiento de información.
- √ Mayor precisión de representación numérica e independiente de los componentes utilizados. Depende sólo de la longitud de las cadenas de bits.
  - ⊗ Si se tiene un computador de anchura de palabra de 8 bits, se pueden encadenar dos palabras para aumentar el rango de representación y la precisión.
- √ Facilidad de empleo.
- √ Manipulación de información no numérica.

- ***Conclusión.***

- √ Por todas las ventajas enumeradas, actualmente se utilizan exclusivamente los Computadores Digitales.
- √ No obstante, por su funcionamiento paralelo y su alta velocidad de cálculo, se utilizan en aplicaciones específicas, que necesitan estas características.
- √ Solamente se estudiarán los Computadores Digitales.

## 2. ARQUITECTURA VON NEUMANN DEL COMPUTADOR DIGITAL

- Como se verá posteriormente, la arquitectura de un computador define su comportamiento funcional.
- Von Neumann estableció en 1945 un modelo de computador, que se considera todavía como la arquitectura básica de los computadores digitales. En la figura se muestra la estructura general de un computador con arquitectura Von Neumann.



- Se compone de las siguientes unidades o bloques:
  - √ Unidad de Memoria Principal.
  - √ Unidad Aritmético-lógica.
  - √ Unidad de Control.
  - √ Unidad de Entrada/Salida.
- En general, la función esencial de la máquina de Von Neumann, como la de cualquier computador, es procesar información. Para ello, necesita saber el tipo de procesamiento y los datos que utilizará.
  - √ El tipo se especifica mediante un programa, que es un conjunto de instrucciones u órdenes elementales, denominadas instrucciones máquina, que ejecuta el computador (Aritméticas: suma, resta, multiplicación, división..., Lógicas: AND, OR, NOT, XOR ..., Transferencia de datos: cargar, almacenar, transferir ..., Saltos y Bifurcaciones condicionales, etc).

- √ Por tanto, se necesita un soporte que almacene tanto el programa como los datos. El bloque de Memoria Principal interna es el que realiza esta función.

## 2.1. ANALISIS DE LOS BLOQUES.

- **Memoria Principal (M. P.)**

- √ Se compone de un conjunto de celdas del mismo tamaño (número de bits). Cada celda está identificada por un número binario único, denominado *dirección*.
- √ Una vez seleccionada una celda mediante su correspondiente dirección, se pueden hacer dos operaciones:
  - Lectura*. Permite conocer el valor almacenado anteriormente.
  - Escritura*. Almacena un nuevo valor.
- √ En la arquitectura Von Neumann, la M. P. almacena tanto las instrucciones máquina como los datos.

- **Unidad Aritmético-Lógica (U. A. L.).**

- √ Realiza las operaciones elementales, tanto aritméticas como lógicas, que implementa el computador: suma, resta, AND, OR, NOT, etc.
- √ Los datos con los que opera se leen de la M. P., y pueden almacenarse temporalmente en los registros que contiene la U. A. L.

- **Unidad de Control (U. C.).**

- √ Ejecuta las instrucciones máquina almacenadas en la M. P. Para ello:
  - Captura las instrucciones de la MP y las decodifica.
  - Según el tipo de instrucción, genera las señales de control a todas las unidades del computador para poder realizar su ejecución. En la figura estas señales se indican mediante trazos.
    - ⊗ Si la instrucción opera con datos deberá acceder a la MP para transferirlos a la UAL.
    - ⊗ Proporciona las señales necesarias a la UAL para que realice la operación correspondiente a la instrucción.
    - ⊗ Controlará las Unidades de Control de E/S si la instrucción accede a alguno de estos dispositivos.
  - Tiene un registro apuntador, denominado Contador de Programa, que en cada instante contiene la dirección de la próxima instrucción a ejecutar.

- ***Unidad de Entrada/Salida (U. E/S.).***

- √ Realiza la transferencia de información con las unidades externas, denominadas *Periféricos*: unidades de almacenamiento secundario (disco duro, disquette, cinta, etc), impresoras, terminales, etc.
- √ Generalmente los programas y los datos tienen un tamaño elevado por lo que no se pueden almacenar por completo en la MP. Por otra parte, el usuario de un computador tiene la necesidad de ejecutar varios programas, simultáneamente. Por ello, se utiliza la memoria secundaria (MS), que se considera como un periférico. La MS es más lenta que la principal, pero tiene una mayor capacidad de almacenamiento.
- √ Como para ejecutar un programa este debe estar en la M.P., la U. C. genera las señales necesarias a la U. E/S. para transferir los datos y los programas desde la M.S. a la M.P.
- √ Además la U. E/S. permite otras operaciones, como visualizar en una pantalla (terminal) o imprimir en papel (impresora) los resultados obtenidos.

- ***Buses.***

- √ Además de las 4 unidades básicas, en un computador existen conjuntos de señales, que se denominan buses, y cuya función es transferir las instrucciones y los datos entre las distintas unidades.
- √ Estos buses se representan en la figura mediante flechas de trazo continuo. Se suelen distinguir tres tipos de buses:
  - Bus de direcciones.
  - Bus de datos.
  - Bus de control.

- ***Unidad Central de Proceso (U.C.P.).***

- √ Es el conjunto formado por la U.C., los registros y la U.A.L., es decir es el bloque encargado de ejecutar las instrucciones.
- √ Con la aparición de los circuitos integrados, y en concreto a partir de los años 70, cuando la tecnología alcanzó el nivel de integración adecuado, se integró en una sola pastilla la U.C.P. A este circuito integrado se le denomina *Microprocesador*.

- ***Observación.***

- √ Una forma de determinar el rendimiento de un computador es por el número de instrucciones que ejecuta por segundo (MIPS). Así, generalmente un computador con un número MIPS elevado, equivale a decir, que tiene una gran capacidad de procesamiento.

- √ Al ser la UCP el bloque encargado de la ejecución del programa, tiene que funcionar a la mayor velocidad posible. Por ello, se implementa con dispositivos semiconductores, que por los avances tecnológicos actuales, pueden trabajar a frecuencias muy elevadas (del orden de 150 MHZ).
- √ Como la MP suministra las instrucciones y los datos a la UCP, tiene que ser también lo más rápida posible, por lo que se implementa igualmente con dispositivos semiconductores.

## 2.2. POR QUE SURGIO LA ARQUITECTURA DE VON NEUMANN?.

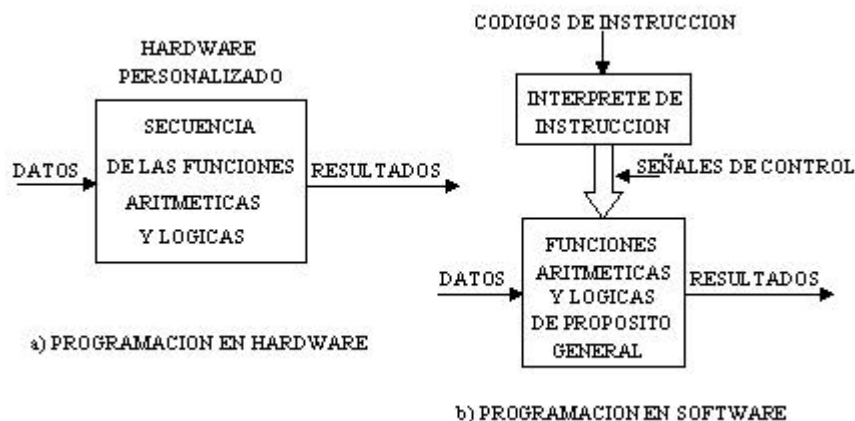
- La arquitectura de Von Neumann se basa en tres conceptos:
  - √ Las instrucciones y los datos se almacenan en una misma memoria de lectura y escritura.
  - √ El contenido de la memoria se direcciona por *localidad*, es decir, por la posición que ocupa y no por el tipo de datos.
  - √ La ejecución de las instrucciones es secuencial. Después de una instrucción se ejecuta la ubicada en la siguiente posición de la memoria principal. No obstante, se puede modificar el orden de ejecución mediante instrucciones específicas.

### **EXPLICACIÓN DE ESTOS CONCEPTOS.**

- Como ya se estudió en la asignatura de Sistemas Digitales, se puede implementar cualquier sistema digital conectando de la forma adecuada los componentes lógicos básicos (puertas AND, OR, NOT, etc). Haciendo el diseño de la forma adecuada, éste puede tener el comportamiento de una máquina, que almacene datos binarios y que realice operaciones aritméticas y lógicas sobre ellos, es decir, un computador elemental.
  - √ Por tanto, un determinado problema se puede resolver conectando según una configuración concreta los componentes lógicos básicos.
  - √ Si se considera, que el proceso de conectar los componentes según una configuración determinada es una forma de programación, el programa resultante es único y se denomina **Programa Cableado**.
  - √ Este sistema soluciona solamente un problema específico, por lo que para cada función habrá que diseñar un determinado sistema. Por tanto, al no ser flexible la programación cableada, no es recomendable su utilización en la implementación de sistemas versátiles como son los computadores.
- Por ello, una solución más correcta sería construir un sistema con una configuración de propósito general, que realice unas operaciones aritméticas y

lógicas concretas.

- √ La configuración debe ser flexible de forma que permita especificar las operaciones a realizar sobre los datos mediante unas señales de control, que



podrán modificarse.

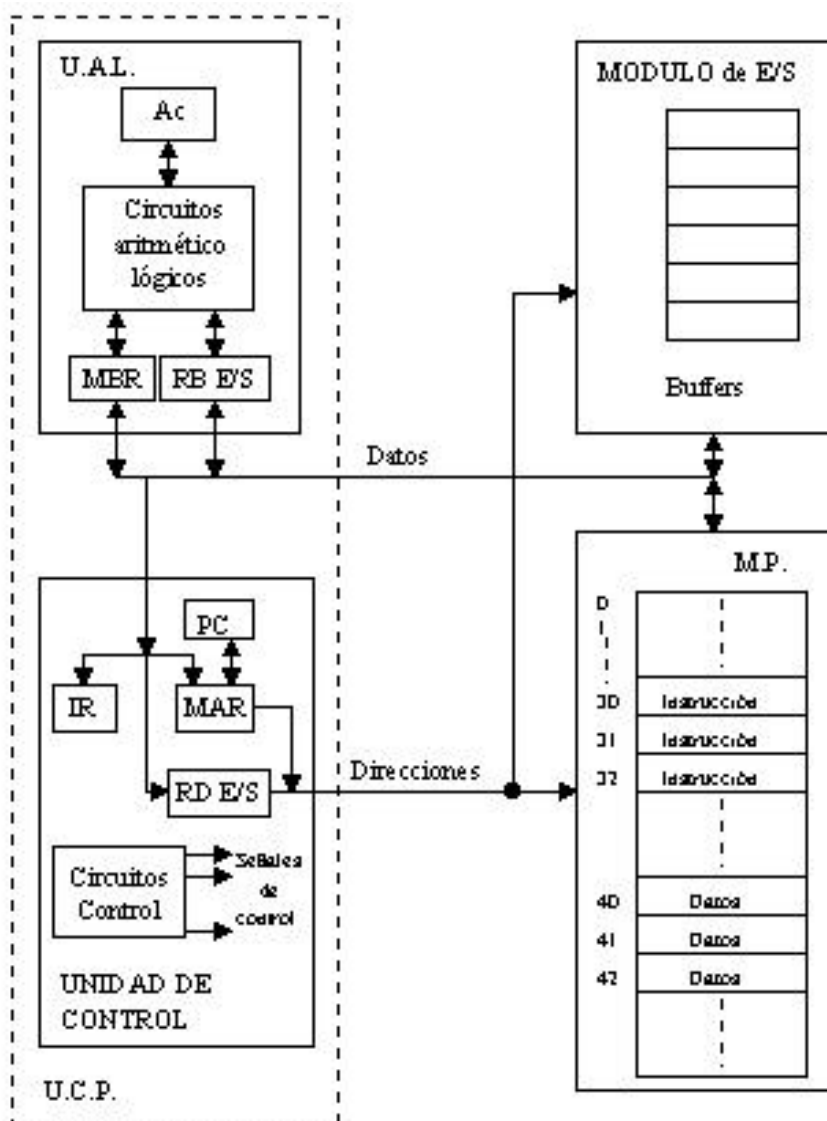
- En la figura se indican los dos enfoques.
- En esta figura se introducen dos conceptos muy utilizados en el ámbito de los computadores: *hardware* y *software*.
  - √ El concepto software se analizará posteriormente.
  - √ Por *hardware* se consideran todos los componentes físicos, que constituyen un computador, es decir, componentes electrónicos, cables, conectores, cajas, etc.
    - Por tanto, la *programación cableada* es del tipo *hardware*, ya que depende de los componentes utilizados y de como estén conectados entre sí.
    - Por otra parte, los componentes de la configuración de propósito general de la figura, estarían incluidos también dentro del ámbito del hardware. Así, en lo sucesivo se hablará de *hardware de propósito general*, al referirse a esta configuración.
  - √ Según la figura a), el comportamiento del sistema con programación en hardware (hardware personalizado) consiste, en que el sistema acepta datos y produce unos resultados, que dependen de la programación cableada realizada.
  - √ En cambio, en el hardware de propósito general de la figura b), las variables de entrada al sistema son los datos y las señales de control, y por tanto, éste produce los resultados en función de ambas señales.
    - Así, en vez de modificar la conexión del hardware para cada función, sólo es necesario proporcionar el conjunto adecuado de señales de control.

- √ Ahora bien, *¿cómo se proporcionan las señales de control?*
  - La solución se obtiene al analizar la estructura de un programa.
    - ⊗ Este en realidad es una secuencia de pasos, en cada uno de los cuales se efectúa alguna operación aritmética o lógica sobre alguno de los datos.
    - ⊗ Cada paso se especifica mediante un conjunto concreto de señales de control.
    - ⊗ Según lo anterior, se puede asignar un código único a cada conjunto de señales de control, y a su vez, añadir al hardware de propósito general un bloque de componentes, que acepte los códigos y genere las señales de control correspondientes. Así, se obtiene el sistema de la figura b).
- √ Con el nuevo hardware obtenido, para cada programa sólo es necesario proporcionar una secuencia de códigos, en vez de cambiar la configuración de su conexionado. En éste:
  - Cada código es una instrucción.
  - El hardware incluirá un bloque que interpretará cada instrucción y generará las señales de control.
  - A este nuevo método de programación se le denomina software, que corresponde a una secuencia de instrucciones.
- √ La figura b) muestra los dos componentes principales del sistema: un *intérprete de instrucciones* y un *módulo de funciones aritméticas y lógicas* de propósito general. Estos constituyen la **UCP**.
- Se necesitan otros componentes para implementar una computadora válida.
  - √ Por una parte, se deben introducir los datos y las instrucciones en el sistema. Para ello, se necesita un módulo de entrada, cuya función será aceptar los datos e instrucciones, que están representados en un determinado código y convertirlos al formato de señales, que utiliza internamente el computador.
  - √ Además, el computador tiene que visualizar los resultados mediante un módulo de salida.
  - √ Ambos se denominan **Componentes de E/S**.
  - √ Además de éstos es necesario otro componente.
    - El dispositivo de entrada introduce las instrucciones y datos en forma secuencial, pero un programa no siempre se ejecuta en ese orden, ya que puede saltar a otra instrucción.
    - Por otra parte, una instrucción puede necesitar varios datos a la vez.

- Por tanto, se necesita un componente que almacene de forma temporal tanto las instrucciones como los datos. Esta se denomina *memoria principal* para distinguirla del almacenamiento externo o de los dispositivos periféricos.
- Von Neumann indicó que la misma memoria podía almacenar las instrucciones y los datos.
  - ⊗ Las instrucciones se leen como datos, y se interpretan como códigos para generar la señales de control.
  - ⊗ Los datos se leen como datos y se manipulan según las instrucciones.

### 2.3. DIAGRAMA DE BLOQUES DE LA COMPUTADORA BASICA.

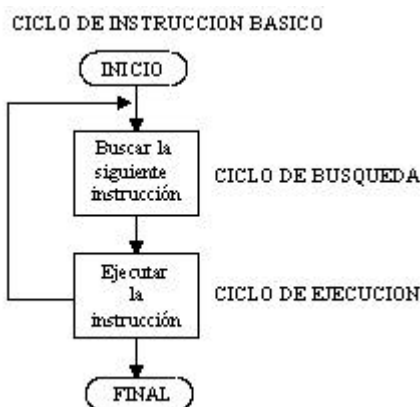
- En la figura siguiente se indica la arquitectura de la computadora básica de Von Neumann.



- La UCP captura las instrucciones de la memoria y las ejecuta. Para ello, necesita varios registros:
  - √ **Registro Buffer de Memoria (MBR)**. Contiene el dato que se va a escribir en la memoria, o almacena el dato leído de ésta.
  - √ **Registro de Dirección de Memoria (MAR)**. Especifica la dirección de memoria de la palabra que se va a escribir o leer.
  - √ **Registro de Dirección de E/S (RDE/S)**. Es similar al MAR. Especifica un dispositivo de E/S.
  - √ **Registro Buffer de E/S (RBE/S)**. Semejante al MBR. Se utiliza para intercambiar datos entre el módulo de E/S y la UCP.
  - √ **Registro de Instrucción (IR)**. Contiene el código de operación de la instrucción que se está ejecutando.
  - √ **Contador de Programa (PC)**. Contiene la dirección de la siguiente instrucción que se buscará de la memoria.
  - √ **Acumulador (Ac)**. Almacena temporalmente los operandos y los resultados de las operaciones de la UAL.
- La memoria principal consta de un conjunto de celdas cada una de las cuales se especifica mediante un número binario denominado dirección, y que tienen un orden secuencial. Cada celda contiene un número binario que puede ser una instrucción o un dato.
- El módulo de E/S transfiere datos desde los dispositivos externos (periféricos) a la UCP y la memoria y viceversa. Contiene unos buffer internos que almacenan temporalmente los datos a transferir.

## 2.4. FUNCIONAMIENTO DEL COMPUTADOR.

- La función básica de un computador es ejecutar un programa. Un programa es un conjunto de instrucciones almacenadas en memoria. La UCP es la que ejecuta las instrucciones del programa.
- El proceso para ejecutar una instrucción se denomina **ciclo de instrucción**. Este se describe en la figura siguiente, en la que se puede ver que se compone de dos fases, denominadas **ciclo de búsqueda** y **ciclo de ejecución**.



- El ciclo de instrucción empieza con la búsqueda (lectura) de la instrucción de la memoria y termina con la ejecución de la misma. Por tanto, la ejecución de un programa consiste en la repetición del proceso anterior, es decir de múltiples ciclos de instrucción.
- Según el tipo de operación se pueden necesitar varias operaciones para ejecutarla. Por ejemplo, si necesita dos operandos, que están en memoria, implicará realizar dos accesos de lectura de la memoria durante su ejecución.

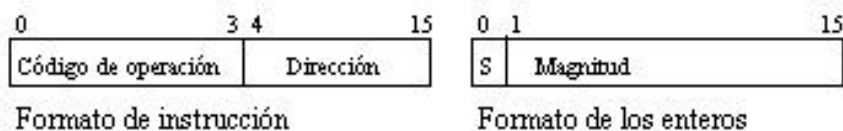
#### 2.4.1. CICLOS DE BUSQUEDA Y EJECUCION.

- **Ciclo de búsqueda.**
  - √ En el inicio de cada ciclo de instrucción, la UCP busca una instrucción en la memoria. En la UCP básica, el registro contador de programa (PC) contiene la dirección de la siguiente instrucción que se buscará o capturará de memoria.
  - √ A no ser que se modifique expresamente, la UCP siempre incrementa el PC, después de buscar cada instrucción, por lo que buscará la próxima instrucción de la secuencia, es decir la situada en la siguiente dirección.
  - √ Supóngase un computador en el que cada instrucción ocupa una palabra de memoria de 16 bits. Si el contador de programa contiene el valor 300H, la UCP buscará la siguiente instrucción de la posición 300H. En los próximos ciclos de instrucción buscará las instrucciones de las posiciones 301, 302, 303, etc. Como ya se comentó, esta secuencia se puede variar mediante instrucciones específicas.
  - √ Para leer la instrucción de la memoria principal:
    1. Se transfiere el contenido del PC al MAR.

2. El MAR envía la dirección a la MP.
  3. La Unidad de Control genera las señales adecuadas para leer la palabra de la MP.
  4. La MP pone el dato de la posición en el bus de datos y la UC lo almacena en el MBR.
  5. La UC transfiere el contenido del MBR al IR.
- √ Una vez almacenada la instrucción en el IR termina el ciclo de búsqueda.
- **Ciclo de ejecución.**
    - √ Como la instrucción se representa mediante un código binario, habrá que interpretar ese código para deducir la operación que debe realizar la UCP.
    - √ Como después se verá, la instrucción se compone de varios campos: el código de operación, que especifica el tipo de operación y el de los operandos, que indica los datos que utilizará la instrucción.
      1. La UC interpreta el código de operación de la instrucción.
      2. En función de éste, la UCP realiza las operaciones necesarias para ejecutar esa instrucción. Las operaciones se clasifican en 4 grupos:
        - Transferencia CPU-Memoria.* Los datos pueden transferirse de la UCP a la memoria o viceversa.
        - Transferencia CPU-E/S.* Los datos pueden transferirse en ambos sentidos entre la CPU y un módulo de E/S.
        - Procesamiento de datos.* La UCP realiza alguna operación aritmética o lógica sobre los datos.
        - Control.* Una instrucción puede alterar el orden de ejecución de un programa. Así, la UCP puede buscar una instrucción en la posición 149, y esta puede ser una instrucción de salto, que fuerza a buscar la próxima instrucción de la dirección 182. En este caso, la UCP cargará el PC con 182 y el siguiente ciclo de búsqueda se hará en la posición 182 en vez de la 150.
    - √ En general, para ejecutar una instrucción se deben combinar varias de las acciones anteriores.

#### **2.4.2. ANÁLISIS DEL CICLO DE INSTRUCCIÓN EN UNA MÁQUINA HIPOTÉTICA.**

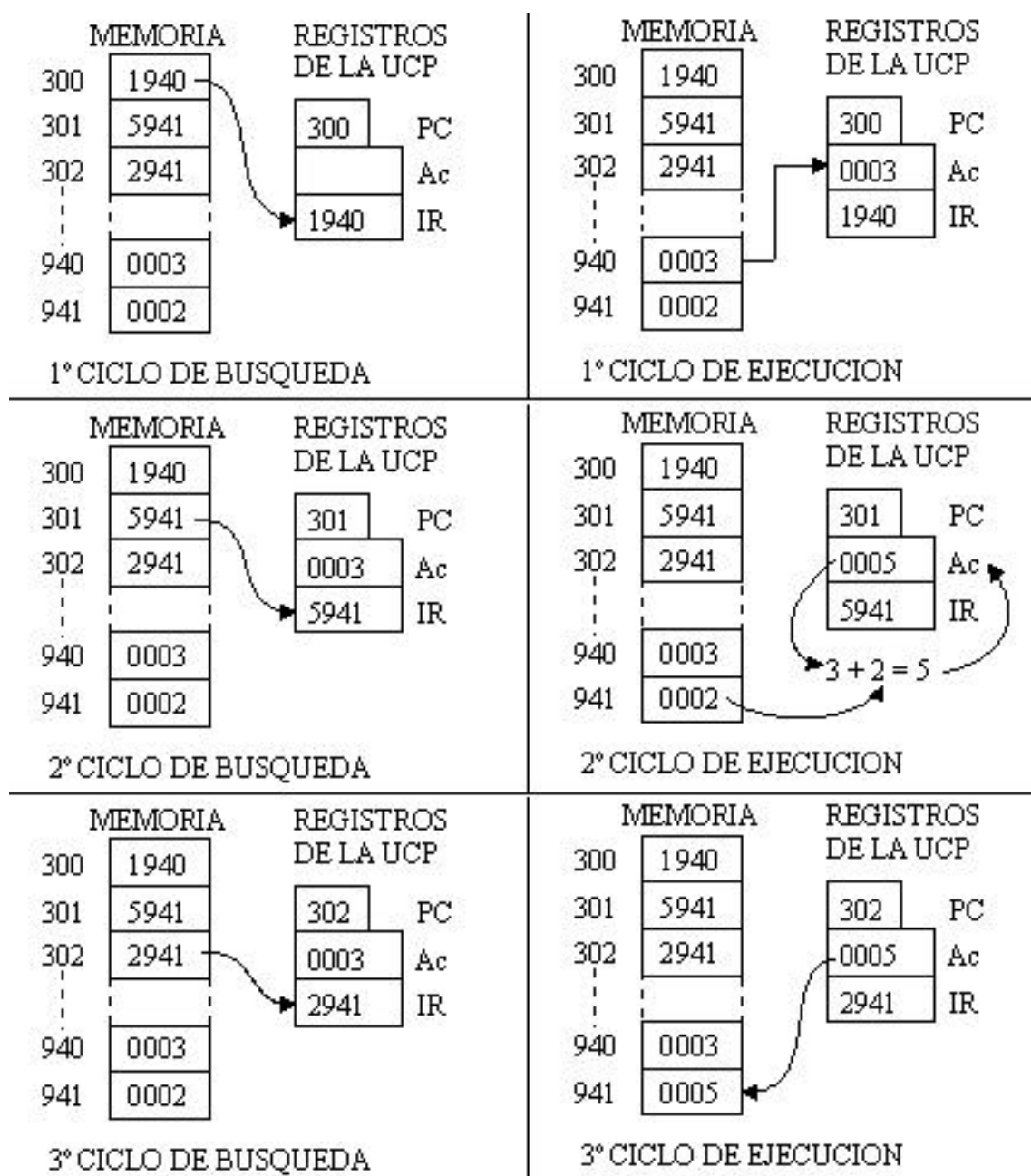
- Considerando un computador hipotético con la arquitectura básica analizada anteriormente, y las características de la siguiente figura vamos a estudiar como realizaría la ejecución de las instrucciones.



0001 = Carga la posición de memoria en el Ac.  
 0010 = Almacenar el Ac en la posición de memoria.  
 0101 = Sumar el contenido de la posición de memoria al Ac.

Lista parcial de los códigos de operación.

- Aclaraciones de las características del computador.
  - √ El registro acumulador (Ac) de la UCP se utiliza como almacenamiento temporal y como uno de los operandos de las operaciones aritméticas y lógicas.
  - √ Tanto las instrucciones como los datos tienen una longitud de 16 bits, por lo que la organización correcta de la memoria será mediante palabras de 16 bits.
  - √ El formato de instrucción se divide en dos campos: código de operación y dirección de operando.
    - Como en el código de operación se utilizan 4 bits pueden haber  $2^4 = 16$  códigos de operación diferentes.
    - Al usar 12 bits en el campo de dirección se pueden direccionar  $2^{12} = 4096$  (4K) palabras de memoria.
- En la siguiente figura se muestra la ejecución parcial de un programa. Se indican los valores en hexadecimal de los registros más importantes de la UCP y de la memoria. El programa suma el contenido de la palabra de memoria  $940_{16}$  con el de la  $941_{16}$  y almacena el resultado en la posición  $942_{16}$ . Se consideran que los valores son en hexadecimal, por lo que no se indicará la base en las próximas referencias.
- Para realizar el programa se necesitan tres instrucciones, de forma que la ejecución se compone de tres ciclos de instrucción, cuyos correspondientes ciclos de búsqueda y ejecución se muestran en la figura.
- **1º ciclo de búsqueda.**
  1. Como el programa comienza en la dirección 300, se empieza poniendo el PC a 300. A continuación se transfiere el contenido del PC al registro de dirección de memoria (MAR).
  2. MAR mantiene la dirección a la MP, mientras la UC genera las señales de control a la MP para que ésta ponga el contenido de la posición de memoria (1940) en sus salidas de datos.



3. El dato leído de la MP (1940) se almacena en el registro buffer de memoria (MBR) por la U.C.

• **1º ciclo de ejecución.**

1. Se transfiere el contenido del MBR al registro de instrucción (IR).
2. Los primeros 4 bits en el IR indican la operación que debe realizarse con los datos. En este caso 0001(1) indica una operación de carga en el acumulador. La palabra de la memoria cuyo contenido se va a cargar en el Ac, se indica mediante los 12 bits inferiores de la instrucción. En este caso la dirección es 940.

3. La UC decodifica el código de operación, según se ha comentado en el punto 2, y realiza las acciones correspondientes.

- Cargar MAR con 940.
- Generar las señales a la MP para leer el contenido de esa posición de memoria.
- Cargar el contenido de la posición 940 (0003) en Ac.

Esta instrucción requiere un acceso a la MP por lo que se deben utilizar los registros MAR y MBR. Igualmente ocurre con todos los ciclos de búsqueda. En lo sucesivo no se hará referencia a este proceso.

4. Se incrementa el PC.

- **2º ciclo de búsqueda.**

1. Se busca la instrucción de la posición de memoria indicada por el valor actualizado del PC, 301.
2. Se carga en el IR la instrucción de la palabra 301 (5941). El código de operación es 5, que corresponde a la instrucción de sumar el contenido del Ac con el de la palabra de memoria, indicada por los 12 bits inferiores de la instrucción (941).

- **2º ciclo de ejecución.**

1. Para ejecutarse la instrucción debe realizarse una operación de lectura de la MP, y sumar el contenido al del Ac.
2. Al final del ciclo de ejecución el Ac contiene el valor  $3+2(941) = 5$ .
3. Se incrementa el PC, por lo que apuntará a la posición 302.

- **3º ciclo de búsqueda.**

1. Se busca la instrucción en la posición 302.
2. Se carga el contenido de la posición 302 (2914) en el IR.

- **3º ciclo de ejecución.**

1. IR contiene el código de instrucción 2941, en el que los 4 bits de mayor peso (2) corresponden a una instrucción de almacenamiento. Se transfiere el contenido del Ac a la posición de memoria indicada por los 12 bits de menor peso (941).
2. El Ac contiene el dato 5, que se transfiere mediante un acceso externo de escritura a la MP. Al final del ciclo de ejecución la posición de memoria 941 tendrá el dato 5.
3. Se incrementa el PC.

- En este programa se han necesitado 3 ciclos de instrucción para sumar el contenido de la palabra 940 al de la 941 y almacenar el resultado en la posición 941.
- Este mismo problema se puede resolver mediante una única instrucción, si se dispone de un computador que permita sumar dos posiciones de memoria, es decir, la instrucción ADD A,B. Esta instrucción suma los contenidos de las posiciones de memoria A y B y almacena el resultado en la posición B. En este en un solo ciclo de instrucción se realizan las siguientes acciones:
  1. Buscar la instrucción ADD.
  2. Leer el contenido de la posición de memoria B.
  3. Leer el contenido de la posición de memoria A. Para que no se pierda el contenido de la palabra B, la UCP debe tener como mínimo dos registros de almacenamiento temporal, en vez de un solo Ac.
  4. Sumar los dos valores.
  5. Escribir el resultado en la posición de memoria B.
- Por lo tanto, el ciclo de ejecución de una instrucción determinada puede necesitar más de un acceso a la memoria principal o incluso un acceso de E/S.

## 2.5. CONCLUSIONES.

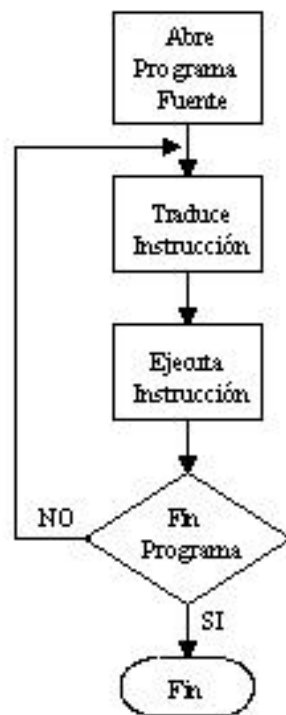
- La función que debe realizar un computador se expresa mediante una serie de pasos, denominados instrucciones máquina. Este proceso se denomina *programación*.
- Condiciones para que un computador ejecute un programa:
  - √ El programa debe expresarse en *lenguaje máquina*.
  - √ Tanto el programa como los datos deben estar en la MP.
    - Si el programa está en la memoria secundaria debe transferirse a la MP. El programa *cargador* es el que realiza esta función.
  - √ El PC debe actualizarse con la dirección de comienzo del programa.
- Todo computador necesita un programa, denominado *Sistema Operativo*, que garantiza las tres condiciones anteriores, de forma que en cualquier instante se pueda ejecutar cualquier programa y el computador esté en una situación controlada.

### 3. PROGRAMACION.

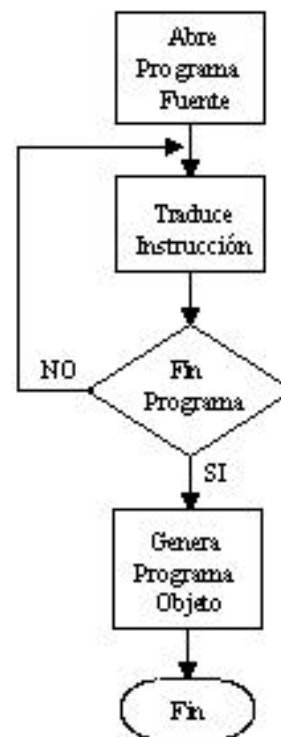
- *Función del computador.* Ejecutar las instrucciones máquina.
- *Lenguaje máquina.* Los datos y las instrucciones se representan en binario.
- *Lenguajes de programación.* Facilitan el proceso de programación.
- *Programa traductor.* Convierte un programa escrito en un lenguaje de programación al lenguaje máquina.

√ Intérpretes.

√ Compiladores.



INTERPRETE



COMPILADOR

### 3.1. CLASIFICACION DE LOS LENGUAJES DE PROGRAMACION.

- Lenguajes de bajo nivel.
- Lenguajes de alto nivel.
- **Lenguajes de bajo nivel.**
  - √ **Lenguaje ensamblador.**
    - Cada instrucción máquina se representa mediante un mnemónico (nombre simbólico).
    - Está muy próximo al lenguaje máquina.
    - El programa traductor se denomina **ensamblador**.
    - Existe un lenguaje ensamblador para cada computador.
- **Lenguajes de alto nivel.**
  - √ Las instrucciones son más complejas y están más próximas al pensamiento humano.
  - √ Ventajas frente al ensamblador.
    - Su sintaxis y elementos (operandos, operadores, instrucciones y sentencias, etc) son indiferentes del computador.
    - Son portables.
- **Término software.**
  - √ Conjunto de programas de un computador.

## 4. CONCEPTOS ARQUITECTURA Y ORGANIZACION.

- ***Arquitectura de un computador.***
  - √ Las características del sistema que ve el programador, que trabaje en lenguaje ensamblador.
  - √ Características:
    - Juego de instrucciones del computador.
    - Tipos y formatos de los operandos.
    - Mapa de memoria y de E/S.
    - Modelo de ejecución.
  - √ Clasificación según los mapa de memoria y de E/S.
    - Arquitectura de Von Neumann.
    - Arquitectura Harvard.
- ***Organización de un computador.***
  - √ También se denomina *estructura interna*.
  - √ Se refiere a las unidades funcionales que tiene el computador y a la forma que se conectan entre sí para determinar una arquitectura específica.
  - √ Son elementos transparentes al programador:
    - Señales de control.
    - Interfaces entre la computadora y los periféricos.
    - Tecnología.

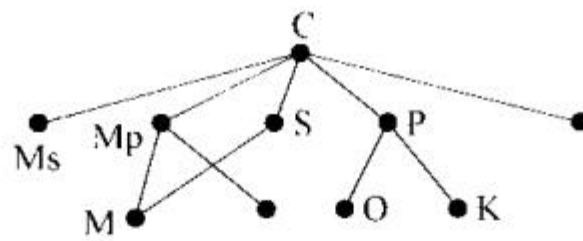
## 5. NIVELES DE ESTUDIO DEL COMPUTADOR.

- Para estudiar un computador éste se divide en varios niveles.
- Divisiones más utilizadas:
  - √ Niveles estructurales de Bell y Newell.
  - √ Niveles de interpretación de Levy.
  - √ Niveles conceptuales de Blaauw.

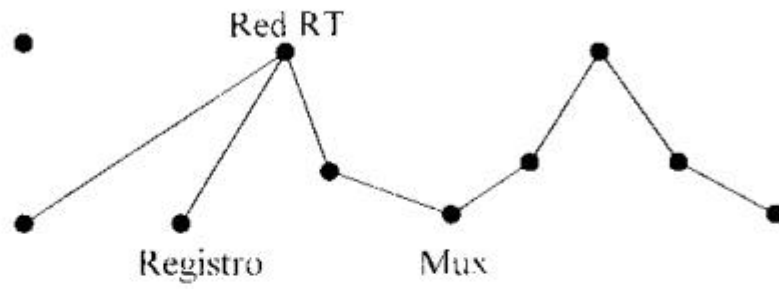
### 5.1. NIVELES ESTRUCTURALES DE BELL Y NEWELL.

- √ Se divide el computador en niveles estructurales, cada uno de los cuales se compone de bloques o componentes que se construyen con bloques o componentes de un nivel inferior.
- √ Se basa en la naturaleza jerárquica de un computador.
- √ Un diseñador o analista solo necesita estudiar un nivel particular en un momento dado.
  - En cada nivel, solo interesa su estructura y su función.
- √ Modos de descripción:
  - De abajo hacia arriba.
  - De arriba hacia abajo.
- √ Bell y Nevell dividen el estudio del computador en 5 niveles.
  - Nivel de componentes.
  - Nivel de circuito electrónico.
  - Nivel de circuito digital.
  - Nivel de transferencia entre registros.
  - Nivel PMS.

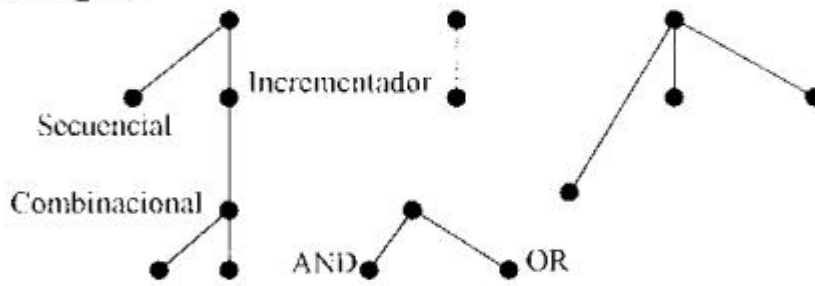
Nivel PMS



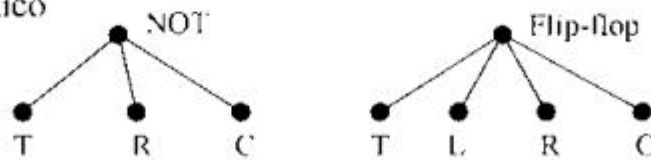
Nivel RT



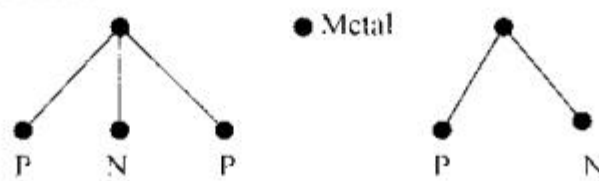
Nivel Digital



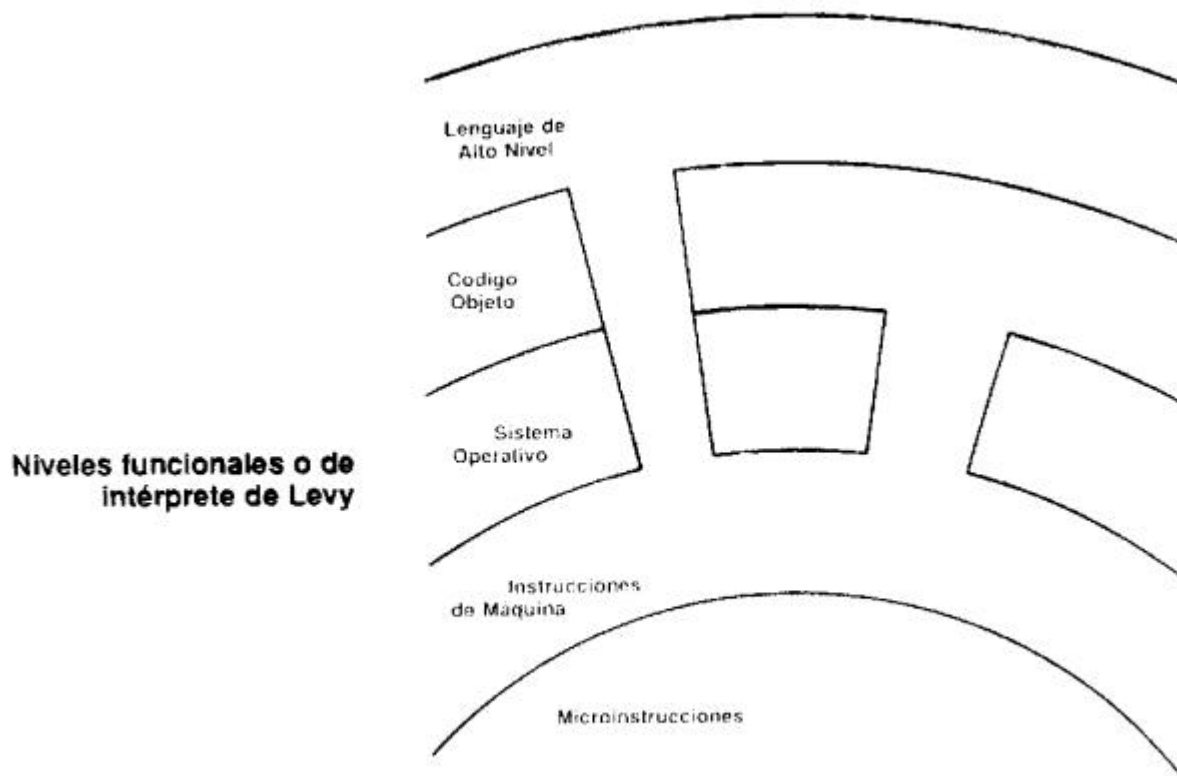
Nivel Electrónico



Nivel de Componente



## 5.2. NIVELES DE INTERPRETACION DE LEVY.



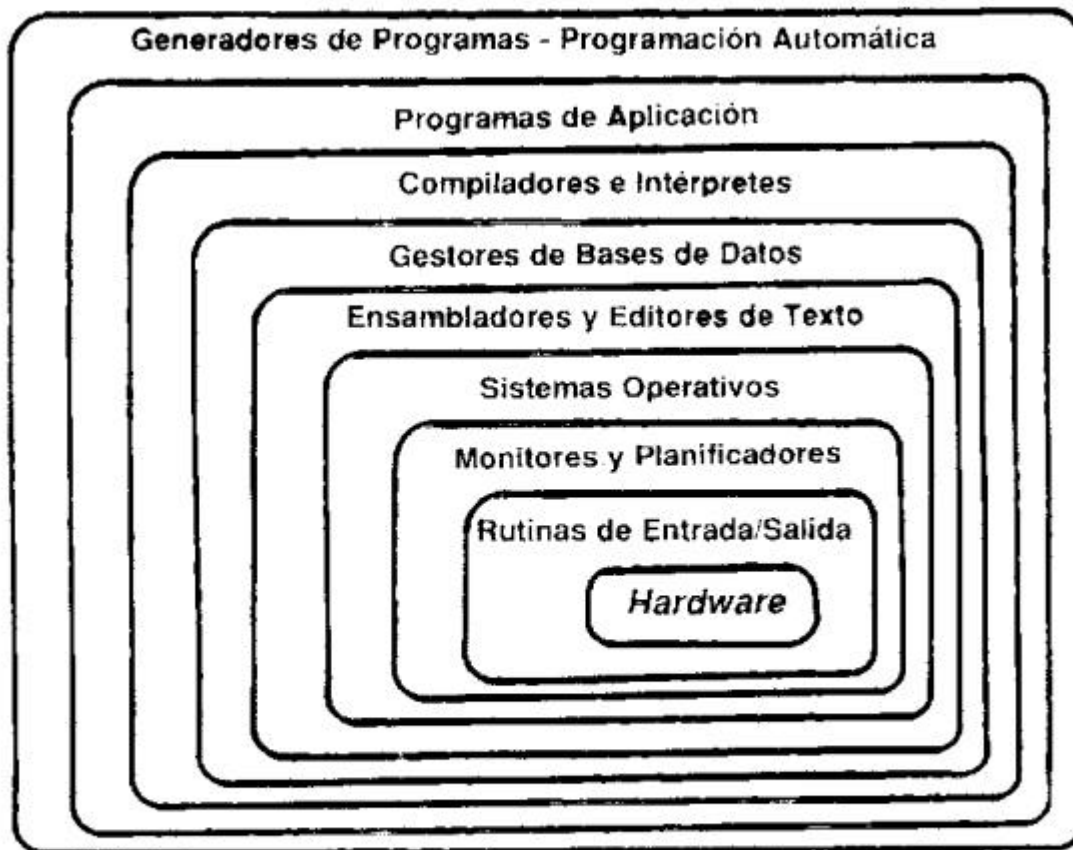
- La clasificación de Levy se hace desde un punto de vista funcional. Cada nivel se considera como un intérprete que recibe unas instrucciones de un cierto tipo y actúa de acuerdo a ellas:
  - Nivel de microinstrucciones.
    - Firmware
  - Nivel de instrucciones de máquina.
  - Nivel de sistema operativo (conjunto de programas que ayudan al usuario en la explotación del computador.
  - Nivel de código objeto
  - Nivel de lenguaje de alto nivel.
  - Nivel de paquetes de programas de aplicación.
- El nivel de código objeto puede traspasar el nivel de sistema operativo e interactuar directamente con el segundo nivel.

### 5.3. NIVELES CONCEPTUALES DE BLAAUW.

- **Arquitectura.** Comportamiento funcional del computador.
- **Configuración.** Organización interna del computador a nivel de transferencia entre registros y de flujo de información.
- **Realización.** Es la forma en que la configuración se plasma con elementos físicos concretos.

## 6. SOFTWARE DE SISTEMAS.

- Según D. H. Marcellus desde el punto de vista software el computador puede dividirse en 8 niveles jerárquicos.



Jerarquía del sistema *software* 1

- Módulos software que constituyen el software de sistemas.
  - √ Monitores.
  - √ Ensambladores.
  - √ Montadores.
  - √ Cargadores.
  - √ Paquete de E/S.
  - √ Editores de texto.
  - √ Depuradores.
  - √ Compiladores e intérpretes.
  - √ Manejadores de ficheros y/o Bases de datos.
  - √ Sistema operativo.

## **7. PARAMETROS CARACTERISTICOS DEL COMPUTADOR DIGITAL.**

- Ancho de palabra.
- Memoria principal.
- Memoria secundaria.
- MIPS.
- MFLOPS.
- Vectores por segundo.
- Test sintéticos.

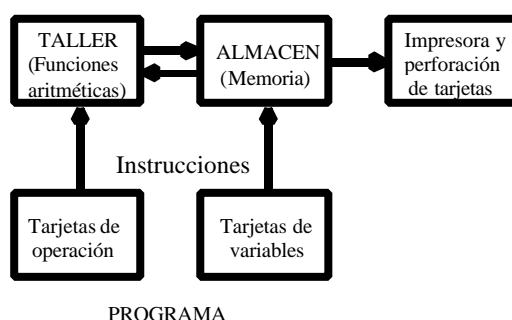
## 8. EVOLUCION HISTORICA DE LOS COMPUTADORES.

### 8.1. PREHISTORIA.

- Engloba los calculadores con tecnología mecánica y electromecánica.

Fecha	Inventor	Capacidades	Innovaciones técnicas
1.642	Pascal	Suma, resta	Transferencia automática del acarreo, representación de números en complementos
1.671	Leibniz	Suma, resta, multiplicación y división	Mecanismo de contador escalonado
1.801	Jacquard: telar	Control automático del proceso del tejido	Funcionamiento controlado por programa
1.822	Babbage: Máquina de diferencias	Evaluación de polinomios por medio de diferencias finitas	Funcionamiento automático en múltiples pasos.
1.834	Babbage: Máquina Analítica	Cálculo de propósito general	Mecanismo automático de control de secuencia, impresión de resultados
1941 1944	Zuse: Z3 Aiken: Mark I	Cálculo de propósito general	Las primeras computadoras operacionales de propósito general

- La Máquina Analítica de Babbage



## 8.2. GENERACIONES DE LOS COMPUTADORES ELECTRÓNICOS.

EN FUNCIÓN DE LA TECNOLOGÍA SE CLASIFICAN EN 5 GENERACIONES.

Generación	Fechas aproximadas	Tecnología	Operaciones por segundo
1	1946-1957	Tubo de vacío	40.000
2	1958-1964	Transistor	200.000
3	1965-1971	SSI y MSI	1.000.000
4	1972-1977	LSI	10.000.000
5	1978-	VLSI	100.000.000

### 8.2.1. PRIMERA GENERACION.

- Emplean tubos de vacío.
- *Inicios falsos.*
  - √ *Rama británica. Alan Turing.*
    - Teoría de la máquina de Turing.
      - Imitaba el comportamiento de cualquier otra máquina de cálculo.
      - Definió la base de la función computacional y la base teórica para la computadora digital moderna.
    - Colossus.
      - 2.000 tubos de vacío.
      - Cinta de papel perforada.
      - Emulaba dispositivos de encriptado.
    - ACE (Automatic Computing Engine).
  - √ *Rama Estadounidense. Atanasoff y Berry.*
    - ABC (Atanasoff-Berry computer).
      - Resolvía ecuaciones lineales.

No lo patentaron y fue desmantelado.

- **ENIAC.**

- √ Electronic Numerical Integrator and Computer.
- √ Diseñada y construida por Mauchly y Eckert en la universidad de Pensilvania. Año 1946.
- √ Primer computador digital electrónico de propósito general.
- √ Se construyó para resolver problemas balísticos.
- √ Tamaño enorme.
  - 30 Tm de peso.
  - Ocupaba 15.000 pies cuadrados (1.400 m<sup>2</sup>).
  - 18.000 tubos de vacío.
  - 140 Kw de consumo.
  - 5.000 sumas por segundo.
- √ Características.
  - Máquina decimal.
  - Programación manual.
- √ Se utilizó en el diseño de la bomba H.

- **Computadores comerciales.**

- √ En la década de los 50 surge la industria computacional: Sperry e IBM.
- √ **Sperry.**
  - Eckert y Machly construyen la UNIVAC I (Computador Universal Automático).
    - Cálculo del censo.
  - UNIVAC II.
    - Mayor capacidad de memoria y prestaciones que la UNIVAC I.
    - Marca las tendencias futuras de la industria de los computadores:
      - ≡ Máquinas nuevas compatibles hacia arriba con las anteriores.
- √ **IBM.**
  - Era el principal fabricante de equipos de procesamiento de tarjetas perforadas.

- En 1953 comercializó su primer computador de programa almacenado, 701. Uso científico.
- En 1955 introdujo el 702, que estaba orientado a aplicaciones empresariales.
- La larga serie 700/7000 estableció a IBM como el mayor fabricante de computadores.

### 8.2.2. SEGUNDA GENERACION.

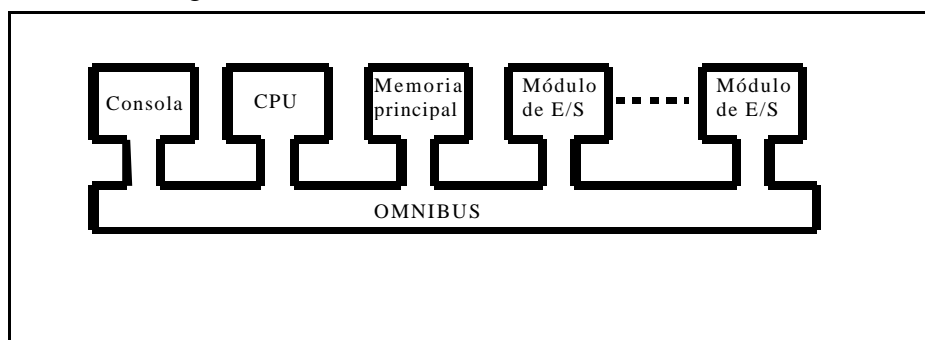
- Utilizan transistores.
  - √ Se inventó en 1947 en los laboratorios Bell.
  - √ El transistor es más pequeño, más barato y disipa menos potencia que el tubo de vacío.
  - √ Puede funcionar a una frecuencia más elevada.
- La memoria es de núcleos de ferrita.
- Se comercializa el disco magnético rígido de alta velocidad (Winchester).
- Mejoras en la arquitectura y prestaciones de los computadores.
  - √ Introducción de U.A.L. y de control más complejas.
  - √ Uso de lenguajes de programación de alto nivel.
- En 1957 se fundó la Digital Equipment Corporation (DEC).
- Computadores:
  - √ TXO de MIT (Massachusetts Institute of Technology).
  - √ Serie 7000 de IBM.
  - √ LEO MARK 3.
  - √ PDP-1 de DEC.
- IBM7094.
  - √ 32K palabras de 36 bits.
  - √ Tiempo de ciclo 1.4  $\mu$ s.
  - √ 185 códigos de operación.
  - √ 7 registros índice.
  - √ Representación de punto flotante en doble precisión.
  - √ Solape de búsqueda de instrucciones.

### 8.2.3. TERCERA GENERACION.

- Se utilizan circuitos integrados.
  - √ Los últimos computadores de la 2<sup>o</sup> generación tenían cientos de miles de transistores, por lo que la construcción resultaba dificultosa y costosa.
  - √ En 1958 se inventó el circuito integrado, que sobre un substrato de silicio de unos pocos mm<sup>2</sup> contenía cientos o miles de transistores. Supuso una revolución en los computadores:
    - Disminución del tamaño, costo y disipación de potencia.
    - Aumento de la frecuencia de funcionamiento.
    - Aumento de la fiabilidad.
- Se desarrollan los Sistemas Operativos, que permiten un uso más eficiente de los recursos del computador.
  - √ OS/360 de IBM.
  - √ MVS de IBM.
  - √ VMS de Digital Equipment.
  - √ UNIX de Bell Laboratories.
- **Serie 360 de IBM.**
  - √ No era compatible con la serie anterior (7000).
  - √ IBM planteó una arquitectura que solucionase los problemas de la serie 7000, y que pudiese evolucionar con la nueva tecnología de circuitos integrados.
  - √ La serie 360 fue la primera familia de computadores planificada de la industria.

Característica	Modelo 30	Modelo 40	Modelo 50	Modelo 65	Modelo 75
Tamaño máximo de memoria (bytes)	64K	256K	256K	512K	512K
Transferencia de datos (Mbytes/s. memoria)	0.5	0.8	2	8	16
Tiempo de ciclo de procesador (μs)	1	0.625	0.5	0.25	0.2
Velocidad relativa	1	3.5	10	21	50
Número máximo de canales	3	3	4	6	6
Transferencia de datos en un canal	250	400	800	1.250	1.250

- Características de una familia:
  - Conjunto de instrucciones semejante o idéntico.
  - Sistema operativo semejante o idéntico.
  - Aumento de velocidad.
  - Aumento en el número de puertos de E/S.
  - Aumento en el tamaño de memoria.
  - Aumento del costo.
- **DEC PDP-8.**
  - √ Fue el primer minicomputador.
    - Tamaño reducido.
    - Bajo coste.
  - √ Por sus características se integró dentro de otros sistemas.
  - √ Estableció el estándar de los minicomputadores y situó a DEC como el primer fabricante de minicomputadores y el segundo del mercado global detrás de IBM.
  - √ Innovación en cuanto a la arquitectura.
    - Todas las computadoras anteriores usaban una arquitectura de conmutación central.
    - La PDP-8 usa una estructura de bus.
      - ⊗ El bus, denominado Omnibus, consta de 96 señales de control, direcciones y datos.
      - ⊗ La UCP puede controlar cualquier componente.
  - √ La arquitectura es flexible ya que permite conectar otros módulos al bus para crear varias configuraciones.



### 8.2.4. CUARTA GENERACION.

- A partir de la tercera generación no hay un acuerdo sobre la definición de las generaciones de computadores.
- La 4ª generación se caracteriza por la aparición de las memorias semiconductoras y del microprocesador, es decir, un circuito integrado que contiene la UC y la UAL.
  - √ Permite construir computadores de un menor tamaño, coste y consumo.
  - √ En 1971 Intel desarrolló el primer microprocesador, el 4004:
    - palabra de 4 bits.
    - Sumaba dos números de 4 bits.
    - Multiplicaba mediante sumas repetitivas.
  - √ A partir de éste, todos los fabricantes de semiconductores invierten una gran cantidad de recursos para mejorar sus productos, y así poder dominar el mercado. Esta evolución permanente ha conducido a los microprocesadores actuales de 64 bits: Pentium, P6.
- Otro aspecto que caracteriza la 4ª generación es la aparición de los computadores personales.
  - √ En 1977 Steve Jobs y Steve Wozniak introducen el Apple II, que establece las bases de bajo coste y alta fiabilidad que definen la industria de los computadores personales.
  - √ A pesar de los 4 años de ventaja, fue el computador personal de IBM, anunciado en 1981, el que se convirtió en el computador personal más vendido.
    - Esto convirtió tanto al microprocesador (80X86 de Intel) como el sistema operativo (MS-DOS de Microsoft), en los más populares.
- Las redes de computadores, que permiten la comunicación entre varias máquinas, y que empezaron a desarrollarse en la 3ª generación, se generalizan en la cuarta generación.
  - √ Es la era de la **Teleinformática**: procesamiento de la información a distancia.

### 8.2.5. QUINTA GENERACION.

- Algunos autores consideran que la quinta generación se caracteriza además de utilizar C.I. VLSI, porque su arquitectura está basada en los microprocesadores.
- Es la generación actual en la que tecnología permite circuitos integrados ULSI.
- Surgen computadores portátiles, con las prestaciones de los computadores personales de la época, pero que incorporan un modem por lo que, además de su fácil traslado, permiten la comunicación con computadores más potentes, que funcionan como servidores.
- Se empieza a usar con más frecuencia la arquitectura Harward (RISC) frente a la Von Neumann (CISC).
- Se desarrollan *arquitecturas paralelas*.
  - √ Emplean varias unidades aritméticas o procesadores para computar las distintas partes de un mismo proceso.
- La misma arquitectura de microprocesador controlará tanto a las máquinas paralelas del extremo superior como a los computadores portátiles del extremo inferior. Evidentemente las configuraciones serán distintas para conseguir diferentes rendimientos.
- Se desarrolla la *inteligencia artificial*, es decir, hacer que el comportamiento de un computador sea semejante al humano.
  - √ *Sistemas expertos*, que pueden tomar decisiones sobre temas concretos.
  - √ *Sistemas inteligentes*, que pueden aprender nuevos conocimientos por sí solos.
- Se investiga sobre la estructura y el funcionamiento del cerebro humano, para intentar simularlo electrónicamente mediante técnicas como las llamadas *redes neuronales*.
- Se mejora la comunicación hombre-máquina, construyendo sistemas que entienden el lenguaje natural, o que pueden recoger información visual.
- Aparecen materiales nuevos para superar el problema del límite de miniaturización del silicio.
  - √ Para conseguir mayor velocidad es necesario miniaturizar. Se considera que para el año 2000 los dispositivos básicos construidos con Si habrán llegado a tamaños moleculares, por lo que no se podrá seguir miniaturizando.
  - √ Las nuevas tecnologías serán la de aleaciones superconductoras, la de dispositivos de efecto Josephson o los dispositivos de conmutación óptica.

- Se desarrolla enormemente el uso de las redes de comunicaciones, debido sobre todo al número tan elevado de computadores personales, que existen en el mercado.
  - √ Esto introdujo la necesidad de compartir información y recursos tales como impresoras de alta calidad y discos en un ámbito local. Por ello, se desarrollaron las redes de área local (Local Area Network, LAN).
  - √ A su vez se conectan las LAN con las denominadas WAN (Wide Area Network), lo que permite acceder a cualquier servidor desde un PC. Un ejemplo del uso de estas redes es Internet.

### 8.2.6. CLASIFICACION DE LOS COMPUTADORES ACTUALES.

- Según el tamaño físico, precio, capacidad y prestaciones los computadores actuales se clasifican:
  - √ Microcomputadores.
  - √ Minicomputadores.
  - √ Mainframes.
  - √ Supercomputadores.
- Las diferencias son confusas debido a que la tecnología evoluciona tan rápidamente que el microcomputador actual es tan potente como el minicomputador de hace algunos años, e igualmente ocurre entre el minicomputador y el mainframe y entre el mainframe y el supercomputador.
- En la siguiente tabla se indica una comparación entre algunos computadores de los distintos tipos anteriores.

	Cray Y-MP	IBM 3090/600	VAX 8842	IBM AS/400/B60	IBM PS/2/50
Clase	Supercomp.	Mainframe	Minicomp.	Minicomp.	Microcomp.
1ª instalación	3T/88	8/88	4T/88	8/88	3T/87
Vel. de ejecuc. de inst.	2.6 GFLOPS	102 MIPS	22 MIPS	N/D	2 MIPS
Tiempo ciclo de máquina (ns)	6	15	45	60	100
Memoria (bytes)	256M	128M-512M	256M-1G	32M-96M	1M-16M
Vel. transf. de disco (MB/s)	9.6	3-4.5	2.8	3	1.25
Número de canales de E/S	81	64-128	N/D	N/D	8
Precio	20M \$	12.4M \$	1735K \$	300K \$	4K \$