



# **Preparador Informática**

[www.preparadorinformatica.com](http://www.preparadorinformatica.com)

## **TEMA 2. S.A.I.**

**ELEMENTOS FUNCIONALES DE UN  
ORDENADOR DIGITAL. ARQUITECTURA**

## **TEMA 2 SAI: ELEMENTOS FUNCIONALES DE UN ORDENADOR DIGITAL. ARQUITECTURA**

### **1. INTRODUCCIÓN**

### **2. ORDENADOR DIGITAL**

#### **2.1. GENERACIONES DE ORDENADORES**

#### **2.2. CLASIFICACIÓN**

#### **2.3. FACTORES QUE DETERMINAN LA POTENCIA DE UN ORDENADOR**

### **3. ELEMENTOS FUNCIONALES DE UN ORDENADOR DIGITAL**

#### **3.1. UNIDAD CENTRAL DE PROCESO (CPU)**

##### **3.1.1. UNIDAD DE CONTROL**

##### **3.1.2. UNIDAD ARITMÉTICO-LÓGICA**

##### **3.1.3. REGISTROS**

#### **3.2. MEMORIA**

#### **3.3. UNIDAD DE ENTRADA/SALIDA**

#### **3.4. BUSES**

### **4. ARQUITECTURA**

### **5. PROYECTO TOP500**

### **6. RECURSOS Y HERRAMIENTAS EDUCATIVAS DE INTERÉS**

### **7. CONCLUSIÓN**

### **8. BIBLIOGRAFÍA**

## 1. INTRODUCCIÓN

Los ordenadores actuales se basan en la arquitectura Von Neumann. El nacimiento de la arquitectura Von Neumann surge a raíz de una colaboración en el proyecto ENIAC del matemático de origen húngaro, John Von Neumann. Este trabajaba en 1947 en el laboratorio atómico de Los Álamos cuando se encontró con uno de los constructores de la ENIAC. Compañero de Einstein, Goedel y Turing en Princeton, Von Neumann se interesó por el problema de la necesidad de "recablear" la máquina para cada nueva tarea.

En 1949 había encontrado y desarrollado la solución a este problema, consistente en poner la información sobre las operaciones a realizar en la misma memoria utilizada para los datos, escribiéndola de la misma forma, es decir en código binario. Su "EDVAC" fue el modelo de las computadoras de este tipo construidas a continuación. Se habla desde entonces de la "arquitectura de Von Neumann". El primer computador comercial construido en esta forma fue el UNIVAC 1, fabricado en 1951 por la Sperry-Rand Corporation y comprado por la Oficina del Censo de Estados Unidos.

El término arquitectura de Von Neumann se acuñó a partir del *memorando First Draft of a Report on the EDVAC* (1945) escrito por el matemático John von Neumann en el que se proponía el concepto de programa almacenado.

Aunque la tecnología ha avanzado mucho y la arquitectura inicial se ha vuelto más compleja, en la actualidad la base de su funcionamiento es la misma.

La criticidad e importancia en el diseño de las unidades funcionales de la arquitectura de Von Neumann se pone de manifiesto con el ejemplo siguiente. En 2018 se detectaron problemas de diseño en las unidades centrales de proceso de determinados equipos. Concretamente, se detectaron problemas de diseño en algunos procesadores de Intel, AMD y ARM. Estas vulnerabilidades, denominadas Meltdown y Spectre permitían en el primer caso acceder a la memoria del kernel del sistema operativo, mientras que en el caso de Spectre permitían acceder a la memoria de otras aplicaciones y tener acceso a sus datos.

El presente tema está dedicado a estudiar la estructura y cometido de cada una de las unidades funcionales en un ordenador digital.

## 2. ORDENADOR DIGITAL

Un ordenador digital es una máquina capaz de aceptar unos datos de entrada, realizar con ellos una serie de operaciones (procesamiento) y proporcionar la información resultante a través de un medio de salida, todo ello sin intervención de un operador humano y bajo el control de un programa de instrucciones previamente almacenado en el ordenador.

### 2.1. GENERACIONES DE ORDENADORES

A continuación, se realiza una breve reseña histórica donde se muestra la evolución y desarrollo de los computadores, dividida esta en las siguientes generaciones:

#### **1ª generación (Aproximadamente entre 1945-1955)**

Los primeros ordenadores eran grandes y muy costosos. Estaban contruidos con tubos de vacío y los trabajos se lanzaban de forma manual por el programador. En un principio no existían sistemas operativos. La programación se realizaba en código máquina. A principios de los 50, se empezaron a utilizar las tarjetas perforadas para introducir datos en un ordenador.

#### **2ª Generación (Aproximadamente entre 1955-1965)**

Esta generación se caracteriza por la aparición de los transistores, que permitieron la construcción de ordenadores más pequeños y potentes. En esta generación comienzan a utilizarse las unidades de cinta magnética. La programación se realizaba en lenguaje ensamblador y en FORTRAN sobre tarjetas perforadas. Aparece el procesamiento por lotes, suponiendo esto un aumento en la automatización de las tareas.

#### **3ª Generación (Aproximadamente entre 1965-1971)**

Esta generación se caracteriza por la aparición de los circuitos integrados (CI), Los ordenadores se hicieron más pequeños, más rápidos, desprendían menos calor y eran energéticamente más eficientes. En relación con los sistemas operativos, la característica principal de esta generación fue el desarrollo de la multiprogramación y los sistemas compartidos.

#### **4ª Generación (Aproximadamente entre 1971-1985)**

En esta generación aparecen los microprocesadores, circuitos integrados de alta densidad. En esta generación aparecen los circuitos LSI (Large Scale Integration) y VLSI (Very Large Scale Integration), consiguiendo que los ordenadores se hagan más pequeños, se aumente la potencia de cálculo y se abaraten los precios de producción. También aparecen los ordenadores personales.

#### **5ª Generación (Aproximadamente entre 1985-Actualidad)**

Esta generación se caracteriza por el fuerte auge de la industria del software. Aparecen los circuitos ULSI (Ultra Large Scale Integration). En esta generación también se desarrollan los primeros multiprocesadores (ordenadores con varias CPUs) y multicomputadores (sistemas de varios ordenadores conectados trabajando en común). Otras características importantes de esta generación fue el desarrollo de las comunicaciones por red y de la computación distribuida.

## **2.2. CLASIFICACIÓN**

Existen muchos tipos de ordenadores, los cuales pueden ser clasificados en función de diversos criterios. Aunque una de las clasificaciones más comunes se realiza atendiendo a la potencia de cálculo.

Clasificación según la potencia de cálculo (de mayor a menor):

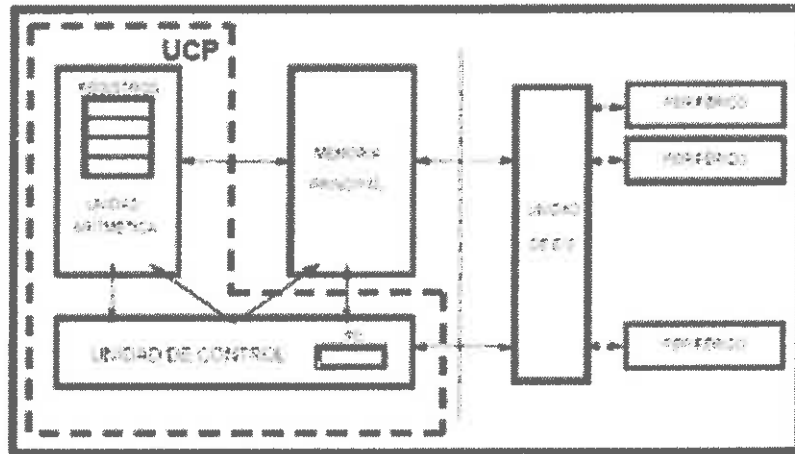
- Superordenadores o supercomputadores.
- Mainframes o macrocomputadoras.
- Minicomputadora o miniordenador.
- Workstations o estaciones de trabajo.
- Ordenadores personales (portátiles y ordenadores de sobremesa).
- Ordenadores móviles (smartphones, tablets, etc.)

### 2.3. FACTORES QUE DETERMINAN LA POTENCIA DE UN ORDENADOR

- **Longitud de palabra:** es el número de bits que conforman cada posición de memoria. Esta longitud determina, en cierta medida, la precisión de los cálculos, la rapidez con la que se accede a los datos y la variedad de las instrucciones.
- **Registros incluidos en la CPU:** la capacidad de cada registro suele coincidir con el tamaño de la palabra de memoria. Con registros de mayor capacidad se tienen más datos disponibles en la propia CPU para ser procesados y por tanto la velocidad de procesamiento será mayor. Por la misma razón es deseable que haya un conjunto lo más extenso posible de registros.
- **Buses de datos y direcciones:** el número de líneas que tenga el bus de datos afecta directamente a la velocidad con la que los datos pueden transferirse entre las distintas unidades funcionales. En cuanto al bus de direcciones, a medida que el número de líneas crezca, se pueden direccionar más posiciones de memoria.
- **Ancho de banda:** cantidad de información transferida por segundo entre una unidad y otra.
- **Capacidad de la memoria principal:** cantidad de información a la que se puede acceder directamente desde la CPU. La capacidad máxima de memoria depende de la longitud de palabra y del número de líneas del bus de direcciones.
- **Frecuencia de reloj:** el reloj o generador de pulsos está en la UC y sincroniza todas las operaciones básicas del computador. El periodo de esta señal se denomina tiempo de ciclo o periodo de reloj. La frecuencia de reloj es la inversa del periodo de reloj. Se expresa en hercios (Hz).

### 3. ELEMENTOS FUNCIONALES DE UN ORDENADOR DIGITAL

La arquitectura de Von Neumann describe un ordenador con 4 secciones principales: la **unidad central de proceso** (CPU en inglés, UCP en español), la **memoria**, y la **unidad de entrada y salida (E/S)**. Todas estas partes están interconectadas por canales de comunicación denominados **buses**.



#### 3.1. UNIDAD CENTRAL DE PROCESO (CPU)

La Unidad Central de Proceso o CPU es la encargada de interpretar ordenadamente las instrucciones almacenadas en la memoria para poder ser ejecutadas.

La CPU está formada por:

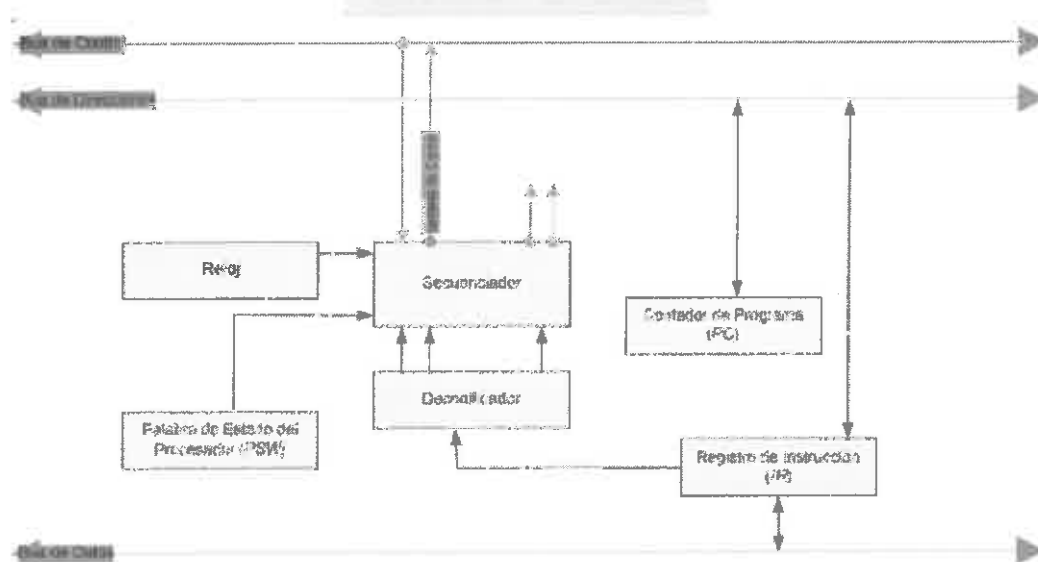
- Unidad de control (UC)
- Unidad aritmético-lógica (ALU),
- Registros

##### 3.1.1. UNIDAD DE CONTROL

La Unidad de Control o UC es la encargada de gobernar el funcionamiento del ordenador. Su función consiste en realizar la búsqueda, decodificación e interpretación de las instrucciones de los programas que se encuentran almacenados en la memoria, y posteriormente, emitir la secuencia adecuada de órdenes para que se ejecuten correctamente.

Para realizar su función, la UC utiliza los siguientes elementos:

- **Contador de programa (PC):** almacena la dirección de memoria de la siguiente instrucción a ejecutar.
- **Registro de instrucción (IR):** almacena la instrucción que la UC está interpretando en ese momento.
- **Registro de estado (PSW):** almacena una serie de bits que se activan según sea el resultado de la última operación realizada por la ALU.
- **Decodificador:** se encarga de extraer el código de operación de la instrucción en curso, analizarlo y emitir las señales necesarias al resto de elementos para su ejecución a través del secuenciador.
- **Secuenciador:** genera una serie de órdenes muy elementales que permiten ejecutar la instrucción en curso, de forma síncrona con el reloj del sistema.
- **Reloj:** generador de impulsos que marca el momento en que han de comenzar los distintos pasos de que consta cada instrucción.





### 3.1.2. UNIDAD ARITMÉTICO-LÓGICA

La Unidad Aritmético-Lógica o ALU se encarga de realizar las operaciones aritméticas y lógicas necesarias para ejecutar una instrucción, siguiendo las indicaciones de la unidad de control.

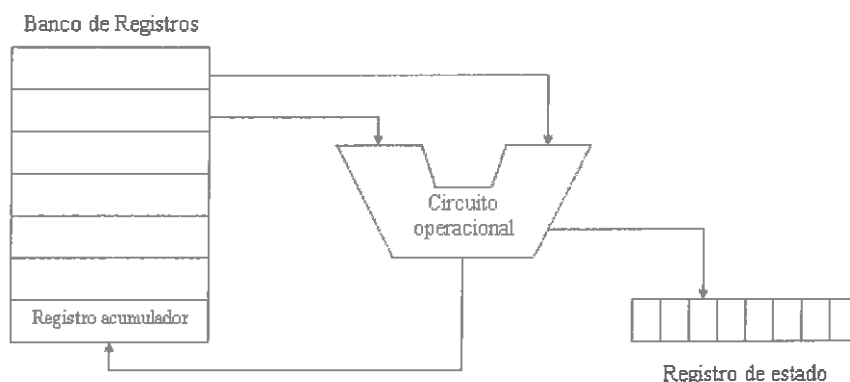
Los tipos de operaciones que puede realizar la ALU se pueden clasificar en:

- Aritméticas: suma, resta, multiplicación y división
- Lógicas: NOT, AND, OR, XOR
- De desplazamiento de bits

Los datos sobre los que opera esta unidad provienen de la memoria y pueden estar almacenados de forma temporal en alguno de los registros de la propia ALU.

Para realizar su función, la ALU utiliza los siguientes componentes:

- **Circuito operacional:** toma unos datos de entrada (operandos) y una señal de operación, que indica a la ALU el tipo de operación a realizar con dichos datos.
- **Registros de entrada (REN):** almacenan los datos que van a participar en la operación (operandos)
- **Registro acumulador (AC):** almacena el resultado de la operación para que pueda ser transmitida hacia otros componentes o utilizada en una nueva operación de la ALU.
- **Registro de estado (PSW):** almacena una serie de bits que se activan según sea el resultado de la última operación realizada por la ALU.



### 3.1.3. REGISTROS

Los registros de la CPU son pequeñas memorias de acceso muy rápido dedicadas al almacenamiento temporal de datos necesarios para la ejecución de cada instrucción.

Los registros pueden clasificarse en:

- **Generales:** son aquellos que contienen los operandos con los que se realizarán las instrucciones del programa.
- **Específicos:** son aquellos cuyo uso cumple una función concreta. Los más comunes son: *MAR* (Memory Address Register o Registro de Dirección de Memoria), *PC* (Program Counter o Contador de Programa), *IR* (Instruction Register o Registro de Instrucción), *PSW* (Process Status Word o Palabra de Estado del Procesador), *SP* (Stack Pointer o Puntero de Pila).

### 3.2. MEMORIA

La CPU incluye registros que almacenan los datos e instrucciones que está usando en un corto periodo de tiempo. Estos registros tienen una capacidad limitada. Por esta razón, para poder ejecutar programas completos junto con los datos que estos manipulan, es necesario una capacidad de almacenamiento mucho mayor. Esta capacidad de almacenamiento la suministra la memoria.

La memoria se encuentra organizada en conjuntos de bits que se denominan *palabras de memoria*, para identificar estas palabras se le asocia a cada palabra una etiqueta (número en hexadecimal) denominada dirección de memoria. Para ejecutar una orden de lectura o escritura sobre memoria, es necesario especificar sobre qué dirección de memoria se va a realizar la operación.

Las memorias se clasifican, por la tecnología empleada y, además según la forma en que se puede modificar su contenido, A este respecto, las memorias se clasifican en dos grandes grupos:

1. **Memorias RAM** (Random Access Memory): Son memorias en las que se puede leer y escribir accediendo a cada palabra mediante direcciones de memoria. Por su tecnología pueden ser de ferritas (ya en desuso) o electrónicas, Dentro de éstas últimas hay memorias estáticas (SRAM,

Static RAM), cuya célula de memoria está basada en un biestable, y memorias dinámicas (DRAM, Dynamic RAM) en las que la célula de memoria es un pequeño condensador cuya carga representa la información almacenada. Las memorias dinámicas necesitan circuitos adicionales de refresco.

2. **Memorias ROM** (Read Only Memory): Son memorias en las que sólo se puede leer. Pueden ser:

- a. ROM programadas por máscara, cuya información se graba en fábrica y no se puede modificar.
- b. PROM, o ROM programable una sola vez.
- c. EPROM (Erasable PROM) o RPROM (Reprogramable ROM), cuyo contenido puede borrarse mediante rayos ultravioletas para regrabarlas.
- d. EAROM (Electrically alterable ROM) o EEROM (Electrically Erasable ROM), que son memorias que está en la frontera entre las RAM y las ROM ya que su contenido puede regrabarse por medios eléctricos, estas se diferencian de las RAM en que no son volátiles.
- e. Memoria FLASH, denominada así por la velocidad con la que puede reprogramarse, utilizan tecnología de borrado eléctrico al igual que las EEPROM. Las memorias flash pueden borrarse enteras en unos cuantos segundos, mucho más rápido que las EPROM.

### 3.3. UNIDAD DE ENTRADA/SALIDA

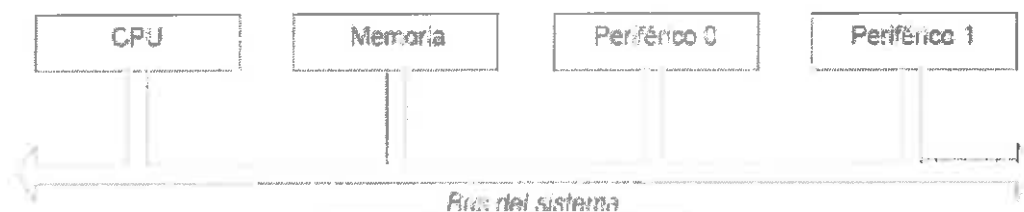
La función de la Unidad de E/S es realizar la conexión y adaptación de la CPU con una gran variedad de dispositivos periféricos: monitor, teclado, impresora, ratón, etc.

Una unidad de E/S está formada fundamentalmente por dos elementos: una interface y un controlador.

- **Interface:** gestiona el intercambio de la información entre el dispositivo y la CPU. La conexión con la CPU se realiza mediante un conjunto de señales normalizadas para una unidad de E/S concreta.
- **Controlador:** gestiona directamente el periférico. Por ejemplo, el control de vídeo en un monitor.

Se dispone de dos tipos de organizaciones para llevar a cabo la entrada /salida:

- a) **Bus único:** en el que el elemento de interconexión está compartido por todos los elementos funcionales del computador.



- b) **Bus dedicado o específico:** existe un bus entre procesador-memoria y otro/s específico/s para periféricos. Estos últimos reciben el nombre de buses de expansión y suelen estar estandarizados.



### 3.4. BUSES

El ordenador se divide en unidades funcionales y para realizar la comunicación entre ellos se utilizan los denominados buses.

Según su funcionalidad podemos distinguir los siguientes buses:

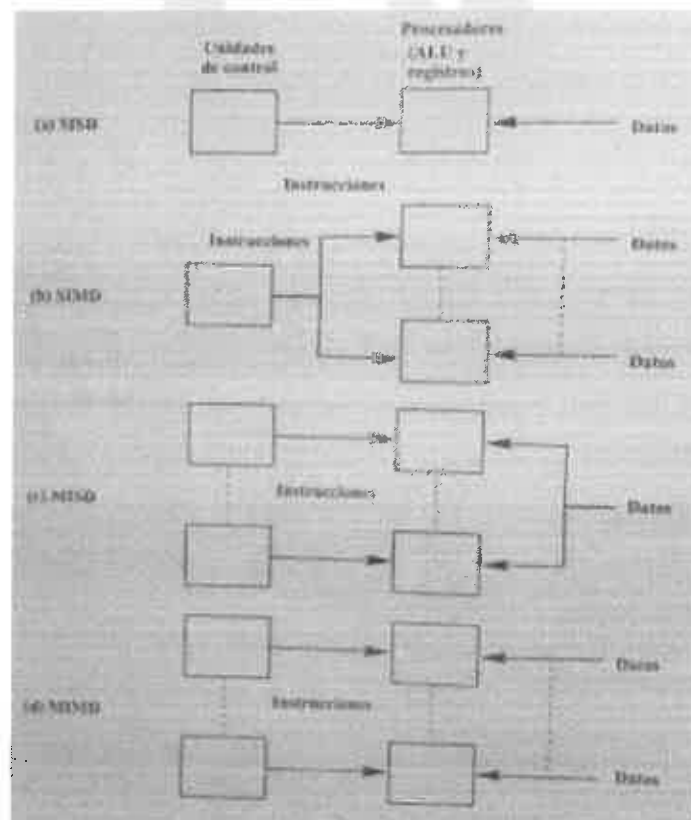
- **Bus de datos:** Utilizado para transferir los datos entre los diferentes elementos del computador. El ancho de palabra en la transferencia coincide con el ancho de palabra de memoria.
- **Bus de direcciones:** Transfiere únicamente direcciones, desde los elementos que las generan hasta la memoria. El ancho de palabra está relacionado con el tamaño de palabra de la memoria del computador. Con  $m$  bits se pueden direccionar un máximo de  $2^m$  palabras de memoria.
- **Bus de control:** Formado por un conjunto de líneas que tienen misiones muy diversas y específicas en cada computador. La información que se transfiere por este bus suele tratarse de señales de control para los diferentes elementos del computador. Por ejemplo, señales de lectura o escritura de la memoria, señales de control de E/S, etc.

### 4. ARQUITECTURA

Se puede definir la Arquitectura de computadores como aquella área de la Informática que trata de establecer qué puede realizar un ordenador mediante una abstracción de los componentes electrónicos que lo constituyen. Hay diferentes arquitecturas atendiendo a distintos conceptos, aunque una de las clasificaciones más utilizadas es la propuesta por **Flynn**, el cual propuso una clasificación de los ordenadores atendiendo al flujo de instrucciones y de datos.

- a) **SISD** (Simple Instruction Simple Data): a esta categoría pertenece el modelo de máquina secuencial propuesto por von Neumann. Las instrucciones son ejecutadas secuencialmente, pero esta ejecución puede estar segmentada, es decir, puede haber superposición de varias instrucciones encontrándose en diferentes etapas de ejecución.

- b) **SIMD** (Simple Instruction Multiple Data): esta categoría incluye las máquinas que tienen una única unidad de control del programa, pero múltiples unidades de ejecución independientes (procesador matricial). Todas las unidades de procesamiento reciben la misma instrucción radiada por la unidad de control, pero esta instrucción se ejecuta sobre diferentes conjuntos de datos.
- c) **MISD** (Multiple Instruction Simple Data): existe una colección de unidades de procesamiento que ejecutan diferentes instrucciones, pero sobre el mismo flujo de datos. Es decir, los resultados de un procesador se convierten en los operandos del siguiente.
- d) **MIMD** (Multiple Instruction Multiple Data): esta categoría cubre a los multiprocesadores y a los multicomputadores, es decir, sistemas con más de un procesador capaz de ejecutar varios programas simultáneamente.



## 5. PROYECTO TOP500

El proyecto Top500 es un ranking de los 500 supercomputadores con mayor rendimiento del mundo. En junio de 2019, el proyecto Top500 ha publicado su primera lista del año donde muestra los 500 supercomputadores más potentes del mundo, donde el dominio por número sigue siendo chino, aunque el top 10 lo sigue controlando EEUU.

Como punto destacado, por primera vez en la lista Top500 se superan los 1,5 exaFLOPS, además de que ahora todos los supercomputadores de la lista cuentan con al menos un petaFLOP.

Rank	Site	System	Cores	Rmax (TFlop/s)	Rpeak (TFlop/s)	Power (kW)
1	ORNL National Laboratory United States	Summit - 4096x NVIDIA V100 2000x IBM POWER9 IBM	2,414,592	149,600.0	200,794.9	10,096
2	ORNL United States	Sierra - IBM Power System P922 2000x IBM POWER9 IBM / NVIDIA / Mellanox	1,572,480	94,640.0	125,712.0	7,438
3	Chinese Academy of Sciences China	Tianhe-2A NRCPC	10,649,600	93,014.6	120,400.9	15,271
4	Chinese Academy of Sciences China	Tianhe-2A NUDT	4,981,760	61,444.5	100,678.7	18,482
5	ORNL United States	Frontier - AMD EPYC Dell EMC	448,448	20,516.4	38,740.9	
6	ETH Zurich Switzerland	PS4 Cray Inc.	387,872	21,230.0	27,154.3	2,384
7	ORNL United States	Sierra - Cray XE6 Cray Inc.	979,072	20,158.7	41,441.2	7,578
8	RIKEN Japan	Acropolis Fujitsu	391,600	19,680.0	32,876.6	1,649
9	LRZ Germany	SuperMUC-NG LEON	305,856	19,476.6	26,873.9	
10	ORNL United States	Sierra - Cray XE6 IBM / NVIDIA / Mellanox	288,288	18,200.0	23,047.2	

## 6. RECURSOS Y HERRAMIENTAS EDUCATIVAS DE INTERÉS

A continuación, se enumeran varias herramientas software que recopilan información sobre los elementos funcionales de un ordenador digital:

- Speecy (Windows)
- HardInfo (Linux)
- CPU-Z (Windows y Android)

## 7. CONCLUSIÓN

En el presente tema se ha definido que es un ordenador digital y se han descrito las generaciones que se consideran en la evolución de los ordenadores, así como una clasificación de los mismos atendiendo a su potencia de cálculo y los principales factores que determinan la potencia de un ordenador. Posteriormente, se ha presentado una visión global de la arquitectura de Von Neumann describiendo los elementos funcionales de un ordenador digital (unidad central de proceso, memoria y unidad de entrada/salida), los cuales están interconectados a través de buses.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- Prieto A., y otros. **Introducción a la informática**. Editorial McGraw-Hill
- De Miguel Anasagasti, Pedro. **Fundamentos de los computadores**. Editorial Paraninfo.
- Patterson D., Hennessy J. **Estructura y diseño de computadores**. Editorial Reverté
- Stallings W. **Organización y arquitectura de computadores**. Editorial Prentice-Hall
- [http://atc.ugr.es/APrieto\\_videoclases](http://atc.ugr.es/APrieto_videoclases) Departamento de Arquitectura y Tecnología de Computadores. Universidad de Granada.
- [www.xataka.com](http://www.xataka.com) (Web de actualidad sobre tecnología e informática)
- [www.tomshardware.com](http://www.tomshardware.com)
- [www.piriform.com/speecy](http://www.piriform.com/speecy)
- [www.cpubid.com](http://www.cpubid.com)
- [www.top500.org](http://www.top500.org) (Proyecto Top500)