

LICENCIATURA EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN

2020

ALGORITMOS Y ESTRUCTURAS
DE DATOS I



leer y comprender



MATERIAL
TEÓRICO

Tema 1: Conceptos fundamentales

La programación, objeto principal de este, es un campo de estudio propio de la disciplina Informática, por ello es importante conocer la Informática como área de conocimiento que abarca un conjunto de conocimientos específicos.

Informática

Por Informática se entiende al “Conjunto de conocimientos científicos y técnicas que hacen posible el tratamiento automático y racional de la información por medio de computadoras”. Justamente la palabra informática, de origen francés, está formada por la contracción de los vocablos: **INFORMación** y **autoMÁTICA**.

En esta definición se destacan dos términos relevantes:

- **Tratamiento automático:** Se refiere a que son las propias máquinas (las computadoras) las que realizan las tareas de captura, proceso y presentación de la información.
- **Tratamiento racional:** Se refiere a que todo el proceso está regulado a través de una secuencia de instrucciones (programa) que siguen el razonamiento humano.

El objetivo marcado es el **tratamiento automático** de la información y el medio utilizado para lograrlo es **la computadora**.

Por lo tanto, para entender en qué consiste la Informática, es imprescindible conocer:

- Todas las características técnicas de las computadoras y sus componentes asociados (periféricos).
- Los distintos tipos de información y datos que se manejarán (sistemas de representación, archivos y bases de datos).
- Los procesos y métodos aplicados a la información o datos (programas).
- Los sistemas de comunicación que permitirán tratar la información a distancia y compartirla de forma confiable (redes de comunicación de datos).

Conocer con detalle estos aspectos y la relación que existe entre ellos, permitirá entender cómo se realiza el tratamiento automático de la información utilizando computadoras.

En la definición se hace mención a la utilización de “computadoras”. En la práctica, el término es más amplio y debe entenderse como “sistema informático”, siendo este un conjunto de recursos destinados al tratamiento de la información.

La Informática como disciplina

La Association for Computing Machinery (ACM) (1) elaboró una serie de recomendaciones sobre la Currícula de Computación, y en este documento especifican la siguiente definición:

La Computación como disciplina comprende el estudio de procesos algorítmicos que describen y transforman a la información; estudian su teoría, análisis, diseño, eficiencia, implementación y aplicación: ¿qué puede ser automatizado (en forma eficiente)? (2)

En cuanto a la denominación de la disciplina, conviene aclarar que generalmente en países de lengua inglesa se utiliza “Computación” y en otros países (Europa) se utiliza “Informática”.

Si hubiera que diferenciar los términos, “Computación” hace referencia directa a procesos numéricos, es decir cálculos, lo que sea computable, mientras que el término “Informática”, está más relacionado con la aplicación de las tecnologías de la computación. En esta asignatura, para simplificar, se consideran ambos términos como equivalentes.

La disciplina Informática o Ciencias de la Computación, nació en la primera parte de la década de 1940 con la conjunción de la teoría de los algoritmos, lógica matemática y la invención de la computadora electrónica con programa almacenado.

Dentro de la disciplina se identifican distintas subáreas de conocimiento que se adecuan permanentemente en función de la evolución de la disciplina, algunas subáreas típicas son las siguientes:

- Estructuras de Datos y Algoritmos
- Lenguajes de Programación
- Arquitectura
- Computación Numérica y Simbólica
- Sistemas Operativos
- Ingeniería de Software
- Bases de Datos y Búsqueda de Información
- Inteligencia Artificial y Robótica
- Comunicación Humano-Computadora

La Informática como Ciencia y como Tecnología

Por sus características, la Informática puede concebirse como ciencia teórica y como ciencia de carácter empírico sobre los fenómenos relacionados con la información y la computación (3).

La estructura disciplinar de la Informática está formada por varias teorías (Teoría General de los Sistemas, Cibernética, Teoría de la Información y la Comunicación, Teoría de Lenguajes Formales y Autómatas, teorías matemáticas y lógicas) y su teoría central es la Teoría de la Computabilidad, vinculada con el concepto de algoritmo. Esta teoría explora la naturaleza de los problemas que son accesibles a la mente humana y los clasifica en los demostrablemente irresolubles y los resolubles que admiten un algoritmo para su solución.

La tecnología es una actividad social centrada en el “saber hacer” que, mediante el uso racional, organizado, planificado y creativo de los recursos materiales y la información propios de un grupo humano, en una cierta época, brinda respuestas a las demandas sociales en lo que respecta a la producción, distribución y uso de bienes, procesos y servicios.

La Informática, como disciplina tecnológica, analiza determinados problemas relacionados generalmente con la adquisición, almacenamiento, procesamiento y transferencia de datos-información-conocimientos que plantea la sociedad y trata de buscar su solución relacionando la técnica (conocimientos, herramientas, capacidad inventiva) con la ciencia y con la estructura económica y socio-cultural del medio.

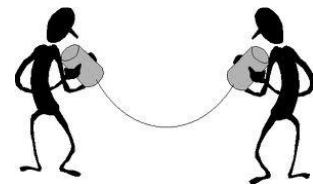
Ejemplos de tecnologías: Internet, plataformas educativas, teléfonos inteligentes.

Información y dato

La Informática tiene como objetivo principal proporcionar información en forma automatizada, por lo tanto, es necesario tener claro qué se entiende por INFORMACIÓN.

Por una parte, se puede denominar información a la “comunicación o adquisición de conocimientos que permiten ampliar o precisar los que se poseen sobre una materia determinada”. Por ejemplo, porcentaje de estudiantes que aprobaron la materia Álgebra.

Por otra parte, algunos autores denominan información al “conjunto de símbolos con los que se representan convencionalmente hechos, objetos e ideas”. Según este enfoque cualquier



conjunto de símbolos es información, aunque no tenga sentido. Por ejemplo, un archivo de datos de estudiantes almacenado en el disco rígido.

Atendiendo a estas dos formas de concebir la información, desde la Informática, resulta más pertinente considerar a la información como una realización del conocimiento, conocimiento como objeto, aunque unido a los símbolos del mensaje que soporta la información. Información como conocimiento derivado del análisis o procesamiento de los datos.

De esta manera, se puede entender que las computadoras tratan solo con la parte física de los símbolos: la representación de la información. Por ello, cuando se dice que una computadora procesa información se debe entender que manipula las cadenas de símbolos que portan la información. Es decir, la computadora recibe como entrada una representación simbólica de ciertos datos de un problema y proporcionará como producto cierta secuencia de símbolos, que, convenientemente interpretada, dará la solución (información) del problema. A continuación, se ilustra la idea con el gráfico que se muestra en la Figura 2.

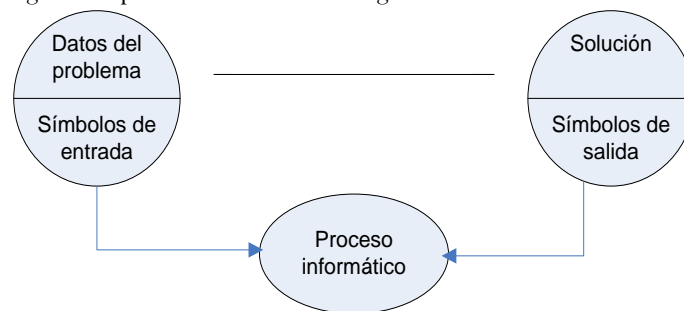


Figura 2. Proceso informático

En el contexto genérico de procesamiento de información, se denomina **dato** a la información de entrada e **información** a la salida o resultado del procesamiento.

Por ejemplo, un programa puede ingresar los datos de los estudiantes de la FaCENA: Apellido y Nombre, Sexo, Carrera, Materia que cursa y, mediante un proceso, seleccionar y mostrar cuáles son los estudiantes que cursan la asignatura Algoritmos y Estructuras de Datos I. Este resultado constituye la información resultante de este proceso particular. A su vez, esta información puede ser entrada de otro proceso que calcule e informe, por ejemplo, cuántas mujeres y cuántos varones cursan la asignatura Algoritmos y Estructuras de Datos I. ¿Cuáles serían en este último ejemplo los datos de entrada y cuál la información resultante?

Los datos de entrada serían los datos de los estudiantes que cursan Algoritmos y Estructuras de Datos I y los datos de salida serán cantidad de mujeres y cantidad de varones.

Entonces, el término “información” en Informática puede entenderse, en un sentido amplio, como el conjunto de símbolos con los que se representan convencionalmente hechos, objetos e ideas, y en una acepción más específica, **información como resultado del procesamiento realizado por una computadora**.

En tanto que, un dato es una representación de un objeto del mundo real mediante la cual se puede modelar aspectos de un problema que se desea resolver con un programa en una computadora.

A su vez, un dato está formado por uno o varios caracteres. Un **carácter** es cualquier símbolo numérico, alfabético o especial que se emplea en la escritura y en el cálculo, tal como:

- Numéricos: 0,1, 2, ..., 9
- Alfabéticos: a, b, c,..., z, A, B, C,... Z
- Especiales: *, /, +, #, ...
- De control: salto de línea, fin de archivo (EOF)...

Estos símbolos, como veremos más adelante, se representan en la computadora como un conjunto de bits denominado **byte**. Entonces, cuando se refiere a caracteres almacenados, un byte es equivalente a un carácter.

Tratamiento de la información

Tratamiento de información quiere decir **operar** o **procesar** un conjunto de datos iniciales o datos de entrada, y, como resultado de este procesamiento, obtener un conjunto de datos finales o de salida. El procesamiento de datos está constituido por tres actividades básicas:

- a) **Captura de datos de entrada:** Los datos deben ser representados en el interior de la computadora antes de su proceso. Los datos pueden ser captados directamente por la computadora (por ejemplo, detectando electrónicamente un sonido, una temperatura, un código de barras) o pueden ser ingresados en forma de letras o números (caracteres).
- b) **Proceso de los datos:** Se realizan las operaciones necesarias para obtener, a partir de los datos de entrada, la salida o resultado esperado.
- c) **Manejo de los resultados de salida:** Los resultados ser almacenados, visualizados en pantalla o papel o se transferidos de un lugar a otro, mediante redes.

¿Por qué se automatiza el tratamiento de la información? Las razones que han llevado a la automatización del tratamiento de la información son fundamentalmente cuatro:

- La realización de funciones que el hombre por sí solo no puede llevar a cabo, por ejemplo, comunicaciones a larga distancia, etc.
- La ejecución de funciones que, aunque el hombre pueda realizarlas por sí mismo, su ejecución demandaría mucho tiempo. Por ejemplo, los cálculos complejos para el seguimiento y control de un proyectil dirigido o de una nave espacial.
- La obtención de seguridad en algunas tareas, como las que implican la repetición de una serie de pasos, en las que el hombre es más propenso a cometer errores.
- La sustitución del hombre para tareas monótonas. Ejemplo: control automático en la fabricación de productos industriales.

Necesidad de información

El conocimiento o información obtenida en el procesamiento se utiliza para **tomar decisiones** con vistas a un accionar concreto. Esta es la importancia que tiene la Informática en la actualidad: **permite obtener información confiable, precisa y oportuna que permitirá tomar mejores decisiones**. Esto posibilita a las empresas y organizaciones el logro eficiente de sus objetivos.

La Información, en el sentido de **conocimiento derivado del análisis o tratamiento de los datos**, permite **tomar decisiones** con vistas a un accionar concreto. Esta es la importancia que tiene la Informática en la actualidad, **permite obtener información confiable, precisa y oportuna que permitirá tomar mejores decisiones**. Esto posibilita a las empresas y organizaciones el logro eficiente de sus objetivos.

Ejemplo: El sitio institucional de la UNNE¹ brinda las estadísticas de los inscriptos en las distintas Facultades. La figura 3 y 4 muestran la distribución de los estudiantes ingresantes en el 2018 por Facultades y por género. Cómo aporta esta información a las decisiones que se tomen para

¹ <http://www.unne.edu.ar/homepage/unne-en-cifras/aspirantes>

promover la formación de determinados perfiles profesionales? O la mayor participación de mujeres en carreras vinculadas con la ingeniería y la ciencia?



Figura 3: Ingresantes por facultades

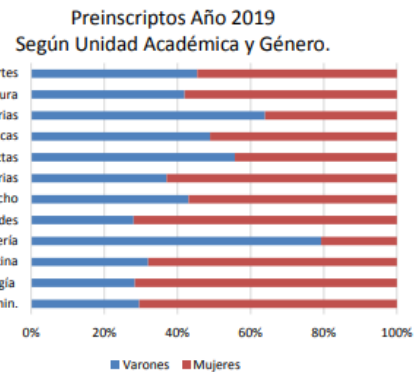


Figura 4: Ingresantes por facultades y género

Las organizaciones modernas manejan en la actualidad una gran cantidad de datos, producto de la sistematización de sus tareas operativas y de la interacción con otras organizaciones a través de las redes. La disponibilidad de información oportuna y confiable es fundamental para la supervivencia de las mismas.

Codificación de la información

En Informática es frecuente codificar la información. **Codificación** es una transformación que representa los elementos de un conjunto mediante los de otro, de forma tal que a cada elemento del primer conjunto le corresponda un elemento distinto del segundo.

Ejemplos de códigos: número de matrícula de un auto, código postal, ISBN de un libro, código de enfermedad definido por la Organización Mundial de la Salud.

Con los códigos se puede **comprimir** y **estructurar** la información. Por ejemplo: código de sexo: 1-Varón, 2-Mujer. Se almacena solamente el número asociado a la descripción.

Concepto de BIT y BYTE

En el mundo de las computadoras la información es **digital**, es decir, que está representada por **bits**. Un **bit** o dígito binario, es la unidad más pequeña de información que puede procesar una computadora. Puede tener uno de dos valores: **0** ó **1**. Representa la información correspondiente a la ocurrencia de un suceso de entre dos posibilidades distintas: prendido o apagado, abierto o cerrado, blanco o negro.

Si imaginamos el interior de una computadora como una colección de microscópicos conmutadores ON/OFF, como si fueran lámparas eléctricas, se puede por qué la información se procesa bit a bit. Cada conmutador o lámpara, puede estar prendido o apagado, indicando dos posibles estados: 0 o 1, como se muestra en la Figura 4.



Figura 4. Concepto de bit

Se utiliza la codificación para asignar valores a los estados: el valor numérico "0" si la lámpara está apagada y "1" cuando está encendida. Este código sencillo permite transmitir información. Por ejemplo, si establecemos que una lámpara prendida en la puerta de una habitación significa "no se puede entrar" estaremos recibiendo un mensaje perfectamente definido. Una sola lámpara permite codificar dos estados distintos (por ejemplo: "se puede entrar" y "no se puede entrar").

Pero si tenemos dos lámparas podríamos codificar cuatro ($4=2^2$) estados distintos, considerando las posibles combinaciones de prendido y apagado:

- a) las dos lámparas están apagadas (0,0)
- b) la primera está encendida y la segunda apagada (1,0)
- c) la primera está apagada y la segunda encendida (0,1)
- d) la dos están encendidas (1,1)

De esta forma una computadora puede procesar fragmentos más grandes de información tratando grupos de bits como **unidades lógicas**. Por ejemplo, una colección de 8 bits, llamada **byte**, puede representar 256 mensajes diferentes ($256=2^8$). Esta codificación permite representar, por ejemplo, las letras del alfabeto, los dígitos decimales y símbolos especiales.

La Figura 5 muestra la codificación de la letra "A" que corresponde al decimal 65 y que internamente se representa con 8 bits, el primero y el último prendido y los restantes apagados.



Figura 5. Representación digital de la letra A



Para mejorar la comprensión de estos conceptos, mirar el video de Adrián Paenza: *Alterados por pi - Sistema de numeración binario*: <https://www.youtube.com/watch?v=ijkXq9kmQnc>

Qué representan los bits

En la Figura 6 se ilustra como el texto, los números y los símbolos (caracteres especiales) se representan en el interior de la computadora como unos y ceros, y se muestran fuera de la computadora en el formato entendible por las personas.



Figura 6. Representación interna de la información

Unidades de medida para el almacenamiento de información

Para medir longitudes se utilizan los metros, para medir capacidad se usan los litros, para medir el peso se utilizan los gramos y el tiempo se mide en horas, minutos y segundos. Para medir la capacidad de almacenamiento de información, se utilizan los bytes.

Dentro de la computadora la información se almacena y se transmite en base a un código que sólo usa dos símbolos, el 0 y el 1, y a este código se le denomina **código binario**.

Las computadoras reducen toda la información a ceros y unos, es decir que representan todos los datos, procesos e información con el *código binario*, un sistema que denota todos los números con combinaciones de 2 dígitos, el 0 y el 1. Es decir que el potencial de la computadora se basa en sólo dos estados electrónicos: encendido y apagado. Las características físicas de la computadora permiten que se combinen estos dos estados electrónicos para representar letras, números y colores.

Entonces, la unidad más elemental de información es un valor binario conocido como **bit**, es una posición o variable que toma el valor 0 ó 1. Representa la información correspondiente a la ocurrencia de un suceso de entre dos posibilidades distintas: prendido o apagado, abierto o cerrado.

En Informática, cada letra, número o símbolo ocupa un byte (8 bits). Por ejemplo, si un archivo de texto ocupa 5.000 bytes decimos que equivale a 5.000 caracteres. Un **byte** es el número de bits necesarios para almacenar un carácter.

La capacidad de almacenamiento de una computadora o de un soporte de información (tal como el disco rígido, un CD o un pen drive) se mide en *bytes*. Como es una unidad relativamente pequeña, es usual utilizar múltiplos, que se muestran en la Tabla 1.

Las denominaciones de las unidades derivan del **Sistema Internacional de Unidades** (http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_Internacional_de_Unidades).

Tabla 1: Unidades de medida de la información almacenada

| MEDIDA | EQUIVALENCIA | EJEMPLOS |
|------------------|--|--|
| 1 Byte | 8 bits | Una letra, un número o un símbolo |
| 1 Kilobyte (KB) | 1024 bytes = 2^{10} bytes | Un archivo de texto, 20 KB |
| 1 Megabyte (MB) | 1024 KB = 2^{20} bytes = 1.048.576 bytes | Un archivo mp3, 3 MB |
| 1 Gigabyte (GB) | 1024 MB = 2^{30} bytes = 1.073.741.824 bytes | una película en DivX, 1 GB |
| 1 Terabyte (TB) | 1024 GB = 2^{40} bytes | 800 películas, 1 TB |
| 1 Petabyte (PB) | 1024 TB = 2^{50} bytes | En diciembre de 2007, YouTube tuvo un tráfico de 27 PB |
| 1 Exabyte (EB) | 1024 PB = 2^{60} bytes | La información almacenada en el mundo (al 2011) es de aproximadamente 300 EB |
| 1 Zettabyte (ZB) | 1024 EB = 2^{70} bytes | No existe ejemplo real |
| 1 YottaBytes | 1024 ZB = 2^{80} bytes | No existe ejemplo real |

Se utiliza el factor multiplicador 1024 en lugar de 1000, por ser la potencia de 2 más próxima a 1000, cuestión importante desde el punto de vista electrónico.



Para resolver los ejercicios de conversión de unidades de la guía de trabajos prácticos N° 1, pueden ver los siguientes videos:

- Conversiones de unidades con regla de tres simple:
<https://www.youtube.com/watch?v=49Y70pV8QFU&t=380s>
- Otra forma de realizar las conversiones (en inglés):
<https://www.youtube.com/watch?v=3hUG4sqj71g&t=200s>

Sistemas de numeración utilizados en la Informática

El estudio de las computadoras y del procesamiento de datos requiere algún conocimiento de los sistemas numéricos, dado que éstos constituyen la base de todas las **transformaciones de información** que ocurren en el interior de la computadora. Los sistemas numéricos que interesa conocer son:

- El sistema **binario**, compuesto por los símbolos **0** y **1**, es el que utiliza la computadora en su funcionamiento interno. La computadora opera en **binario** debido a que sus componentes **físicos**, pueden representar solamente dos estados de condición: apagado/prendido, abierto/cerrado, magnetizado/no magnetizado, etc. Estados de condición a los que se les asigna el valor **1** ó **0**.
- El sistema **decimal**, compuesto por los símbolos 0 al 9, es el sistema numérico que utilizamos a diario.
- El sistema **hexadecimal**, con 16 símbolos, ofrece la posibilidad de comprimir los números binarios para hacerlos más sencillos de tratar.

Los sistemas numéricos difieren en cuanto a la disposición y al tipo de los símbolos que utilizan.

Posiciones de valor relativo.

Los árabes inventaron los símbolos numéricos y el sistema de posición relativa sobre el cual se basa el sistema decimal actual y otros sistemas numéricos. Cada uno de los símbolos tiene un valor fijo superior en uno al valor del símbolo que lo precede en la progresión ascendente: **0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9**. Cuando se combinan varios símbolos (o dígitos), el valor del número depende de la "posición relativa" de cada uno de los dígitos y del "valor de los dígitos", el primero es el "valor posicional" y el segundo es el "valor absoluto".

En cualquier sistema de posiciones de valor relativo, la posición del dígito de la extrema derecha es la de menor valor, o posición de orden inferior, y el dígito que la ocupa se denomina "dígito menos significativo". El incremento de valor de cada posición de dígito depende de la base o raíz del sistema numérico. De este modo, en el sistema decimal, que utiliza la base 10, el valor de las posiciones de dígito a la izquierda del dígito menos significativo (o posición de unidades), aumenta en una potencia de 10 por cada posición.

El sistema decimal tiene base (raíz) 10, porque dispone de 10 símbolos (0-9) numéricos discretos para contar. Entonces, la "**base**" de un sistema numérico es la cantidad de símbolos que lo componen y el valor que define al sistema.

Como ejemplo de valor relativo de los dígitos, consideremos el número decimal **6.954**. Aunque su valor es evidente a simple vista, la notación 6.954 significa en realidad:

$$6000 + 900 + 50 + 4 = 6.954$$

El valor relativo de cada dígito es aún más claro si el número se expresa en potencias de diez. Cualquier entero positivo n que se representa en el sistema decimal como una cadena de dígitos decimales, puede expresarse también como una suma de potencias de diez ponderada por un dígito. Ejemplo:

$$6.954 = 6 \times 10^3 + 9 \times 10^2 + 5 \times 10^1 + 4 \times 10^0 = 6 \times 1000 + 9 \times 100 + 5 \times 10 + 4 \times 1.$$

A esto se llama **notación expandida para el entero**.

Las potencias de diez: $10^0 = 1$; $10^1 = 10$; $10^2 = 100$; $10^3 = 1000$, corresponden, respectivamente, a los dígitos en un entero decimal cuando se leen de derecha a izquierda.

Cualquier valor fraccionario m , representado en el sistema decimal por una cadena de dígitos decimales junto con un punto decimal intercalado, puede expresarse también en notación expandida usando potencias negativas de 10. Específicamente, el valor posicional de los dígitos a la derecha del punto decimal es, respectivamente:

$$10^{-1} = \frac{1}{10} \quad 10^{-2} = \frac{1}{100} \quad 10^{-3} = \frac{1}{1000}$$

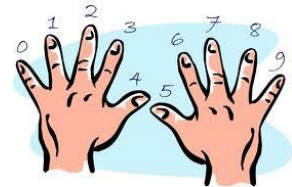
El sistema de posiciones de valor relativo no es posible sin el cero. Su presencia en un número significa simplemente que la potencia de la base representada por la posición del dígito 0 no se utiliza. Por lo tanto, el número decimal 8.003 significa:

$$\begin{array}{ccccccc} 8 \times 10^3 & + & 0 \times 10^2 & + & 0 \times 10^1 & + & 3 \times 10^0 & = \\ 8 \times 1000 & + & 0 \times 100 & + & 0 \times 10 & + & 3 \times 1 & = \\ 8.000 & + & 0 & + & 0 & + & 3 & = 8.003 \end{array}$$

Estas reglas del valor relativo se aplican en general a todos los sistemas numéricos, sea cual fuere la base o raíz que se use.

Sistema decimal

El más importante factor en el desarrollo de la ciencia y la matemática fue la invención del sistema decimal de numeración. Este sistema utiliza diez símbolos: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, denominados generalmente "cifras decimales". Quizás deriva de la cantidad de dedos de las manos que se puede utilizar como un ábaco primitivo.



Sistema binario

El sistema numérico binario (de base 2) usa solamente dos símbolos diferentes, 0 y 1, que significan "ninguna unidad" y "una unidad" respectivamente. A diferencia del sistema decimal, el valor relativo de los dígitos binarios a la izquierda del dígito menos significativo aumenta en una potencia de dos cada vez, en lugar de hacerlo en potencias de diez.

Específicamente, los valores de posición de la parte entera de un número binario son las potencias positivas de dos:

$$2^4 \quad 2^3 \quad 2^2 \quad 2^1 \quad 2^0 \quad (\text{de derecha a izquierda})$$

Y los valores de posición de la *parte fraccionaria* de un número binario son las potencias negativas de dos:

$$2^{-1} \quad 2^{-2} \quad 2^{-3} \quad 2^{-4} \quad (\text{de izquierda a derecha}).$$

Por ejemplo, el número binario 101101,11 =

$$\begin{aligned} &= 1 \times 2^5 + 0 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2} = \\ &= 1 \times 32 + 0 + 1 \times 8 + 1 \times 4 + 0 + 1 \times 1 + 1 \times 0,5 + 1 \times 0,25 = \\ &= 45,75 \text{ en el sistema decimal} \end{aligned}$$

Para evitar confusiones, cuando se emplean varios sistemas de notación, se acostumbra encerrar cada número entre paréntesis y escribir la base como subíndice, en notación decimal o colocando la base entre paréntesis o medio paréntesis. Por ejemplo, todas las siguientes notaciones son válidas:

$$(101101,11)_2, 45,75_{(10)}, 2C87_{(16)}$$

Sistema hexadecimal

Los números binarios de gran magnitud consisten en largas series de ceros y unos, que son difíciles de interpretar y manejar. Como un medio conveniente para representar esos números binarios de gran magnitud se utiliza el sistema numérico hexadecimal (de base 16). Cada dígito hexadecimal representa cuatro dígitos binarios.

La notación hexadecimal requiere el uso de 16 símbolos para representar 16 valores numéricos. Dado que el sistema decimal proporciona solamente diez símbolos numéricos (de **0** a **9**), se necesitan seis símbolos adicionales para representar los valores restantes. Se han adoptado para este fin las letras **A, B, C, D, E y F**.

La tabla 2 muestra los números decimales, hexadecimales y binarios equivalentes (hasta el número 20). Nótese que al alcanzarse el número decimal 16, se terminan los símbolos hexadecimales y se coloca un "1 de acarreo" delante de cada símbolo hexadecimal.

Tabla 2: Equivalencias entre los sistemas decimal, hexadecimal y binario

| Decimal | Hexadecimal | Binario |
|---------|-------------|---------|
| 0 | 0 | 0000 |
| 1 | 1 | 0001 |
| 2 | 2 | 0010 |
| 3 | 3 | 0011 |
| 4 | 4 | 0100 |
| 5 | 5 | 0101 |
| 6 | 6 | 0110 |
| 7 | 7 | 0111 |
| 8 | 8 | 1000 |
| 9 | 9 | 1001 |
| 10 | A | 1010 |
| 11 | B | 1011 |
| 12 | C | 1100 |
| 13 | D | 1101 |
| 14 | E | 1110 |
| 15 | F | 1111 |
| 16 | 10 | 10000 |
| 17 | 11 | 10001 |
| 18 | 12 | 10010 |
| 19 | 13 | 10011 |
| 20 | 14 | 10100 |

Teorema fundamental de la Numeración

Cualquier número decimal (N en este caso), se puede expresar de la siguiente manera:

$$N = \sum_{i=-d}^n (\text{dígito})_i x(\text{base})^i$$

base = la cantidad de símbolos del sistema numérico;

i = posición respecto de la coma;

d = nro. de dígitos a la derecha de la coma;

n = nro. de dígitos a la izquierda de la coma, menos 1;

dígito = cada uno de los que componen el número

Supongamos una cantidad expresada en un sistema cuya base es B y representamos por X_i cada uno de los dígitos que contiene dicha cantidad, donde el subíndice indica la posición del dígito con respecto a la coma decimal, posición que hacia la izquierda de la coma se numera desde 0 en adelante y de 1 en 1, y hacia la derecha se enumera desde -1 y con incremento -1.

El Teorema Fundamental de la Numeración relaciona una cantidad expresada en cualquier sistema de numeración, con la misma cantidad expresada en el sistema decimal:

$$N = \dots + X_4 * B^4 + X_3 * B^3 + X_2 * B^2 + X_1 * B^1 + X_0 * B^0 + X_{-1} * B^{-1} + X_{-2} * B^{-2} + X_{-3} * B^{-3} + \dots$$

Ejemplo 1:

201,1₃ es una cantidad expresada en base 3. ¿Cuál será la representación de la misma cantidad en el sistema decimal?

$$201,1_{(3)} = 2 * 3^2 + 0 * 3^1 + 1 * 3^0 + 1 * 3^{-1} = 19,3_{(10)}$$

Ejemplo 2:

101,1₂ es una cantidad expresada en base 2. ¿Cuál será la representación de la misma cantidad en el sistema decimal?

$$101,1_{(2)} = 1 * 2^2 + 0 * 2^1 + 1 * 2^0 + 1 * 2^{-1} = 5,5_{(10)}$$

Conversiones entre los distintos sistemas

a) **Binario a decimal:** Se aplica el Teorema Fundamental, se suman los productos de todos los valores posicionales por el número que ocupa la posición.

| | | | | | | | |
|----------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---|-----------------|-----------------|
| Número binario: | 1 | 1 | 0 | 1 | , | 0 | 1 |
| Multiplicado por: | x | x | x | x | | x | x |
| Valor posicional | 8 | 4 | 2 | 1 | | 0,5 | 0,25 |
| Es la base elevada a la posición | 2 ³ | 2 ² | 2 ¹ | 2 ⁰ | | 2 ⁻¹ | 2 ⁻² |
| Resultado del producto: | 8 | 4 | 0 | 1 | | 0 | 0,25 |

La suma del resultado del producto = **8 + 4 + 0 + 1 + 0 + 0.25 = 13,25** (decimal)

Recuerde, el **valor posicional** es la base del sistema elevada al número de la posición que ocupa el número.

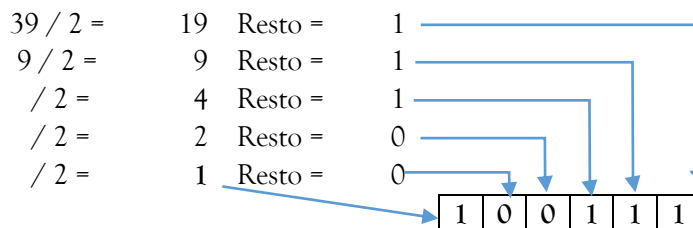
b) **Hexadecimal a decimal:** Se multiplica el número representado por el valor posicional que le corresponde, y se suman los resultados. Ej.

$$\begin{array}{rclclclclcl}
 \text{AE1B} & = & A \times 16^3 & + & E \times 16^2 & + & 1 \times 16^1 & + & B \times 16^0 \\
 & = & 10 \times 4096 & + & 14 \times 256 & + & 1 \times 16 & + & 11 \times 1 \\
 & = & 40960 & + & 3584 & + & 16 & + & 11 & = & 44571_{(10)}
 \end{array}$$

c) **Decimal a binario:** Para cambiar de base decimal a cualquier otra base:

- Se divide el número que se quiere convertir por la base del sistema al que se quiere cambiar.
- Los resultados que se obtengan en el cociente se siguen dividiendo hasta que este resultado sea menor que la base.
- Los residuos que resulten de todas las divisiones en orden progresivo se toman de derecha a izquierda para conformar el número binario resultante de la conversión, a partir del último cociente.

Ejemplo: convertir el número decimal 39 a binario.



Algoritmo Parte Entera: Para convertir $N = (0,5821)_{10}$ en su equivalente binario multiplique N y cada parte fraccionaria sucesiva por la base (2 en este caso), observando la parte entera del producto, como sigue:

| Multiplicaciones | Partes enteras |
|----------------------------|----------------|
| $0,5821 \times 2 = 1,1642$ | 1 |
| $0,1642 \times 2 = 0,3284$ | 0 |
| $0,3284 \times 2 = 0,6568$ | 0 |
| $0,6568 \times 2 = 1,3136$ | 1 |
| $0,3136 \times 2 = 0,6272$ | 0 |

Observe que la parte entera de cualquier producto puede ser solo cero o uno; ya que se multiplican por 2 números que son menores que uno. La sucesión de dígitos partes enteras de arriba hacia abajo, da el equivalente binario requerido.

Es decir, $N = 0,5821$ es equivalente a $(0,10010)_2$ (aproximadamente)

d) **Decimal a hexadecimal:** El mecanismo de conversión es el mismo que el descrito en el ítem c, pero dividiendo el número por 16, que es la base del sistema hexadecimal. Para convertir una fracción decimal a su equivalente hexadecimal, se aplica el algoritmo parte entera, con base 16.

e) **Binario a hexadecimal:** Se divide el número binario en grupos de cuatro dígitos binarios, comenzando desde la derecha y se reemplaza cada grupo por el correspondiente símbolo hexadecimal. Si el grupo de la extrema izquierda no tiene cuatro dígitos, se deben agregar ceros hasta completar 4 dígitos.

Ejemplo: $(111110011011010011)_2 = 0011 / 1110 / 0110 / 1101 / 0011 = (3E6D3)_{16}$

f) **Hexadecimal a binario:** De la misma manera, para convertir números hexadecimales en binarios, se reemplaza cada símbolo hexadecimal por el correspondiente grupo de cuatro dígitos binarios, y descarte los ceros innecesarios. Ejemplo:

$$(6C4F2E)_{16} = 0110/1100/0100/1111/0010/1110 = (11011000100111100101110)_2$$



Videos para consolidar las técnicas de conversión de sistemas numéricos:

- a) Binario a decimal: <https://bit.ly/2wBFZJa>
- b) Hexadecimal a Decimal: <https://bit.ly/2XeGxOL>
- c) Decimal a binario: <https://bit.ly/2fcoRyJ>
- d) Hexadecimal a binario: <https://bit.ly/2InE417>
- e) Binario a hexadecimal: <https://bit.ly/2Ei1Mrv>
- f) Hexadecimal a binario: <https://bit.ly/2tsEbOC>

Referencias bibliográficas:

1. (ACM), **Association for Computing Machinery**. Curricula Recommendations. [En línea]
[Citado el: 05 de 09 de 2018.]
2. *COMPUTING AS A DISCIPLINE* . **DENNING, PETER J.** 1, s.l. : Communications of the ACM, 1989, Vol. 32.
3. *INFORMÁTICA. UNA DISCIPLINA BIO-PSICO-SOCIO-TECNO-CULTURAL* . **Barchini, Graciela Elisa.** 12, Concepción. Chile : Universidad de Concepción. Departamento de Ingeniería Informática y Ciencias de la Computación, 2006, Vol. 1.