

¿Qué es computación?

Por [Ian Horswill](#)¹ (Twitter: [@ianhorswill](#))

Traducción y adaptación: [Marco Carlos Avalos](#)

De la revolución industrial a la revolución de la información

La revolución industrial (siglo 19) provocó que la producción de productos dejara de depender solamente del ser humano y los animales y que pasara, en gran medida, a ser responsabilidad de las máquinas.

Esto provocó que fuera posible la producción de productos que sin la automatización no serían posibles: por ejemplo los automóviles, celulares, etcétera.

La automatización de la producción provocó muchos cambios en la sociedad, comenzando con el crecimiento de los asentamientos urbanos y nuevas formas de producción de la riqueza. El trabajo físico pasó a ser responsabilidad no sólo de los humanos y animales, sino de las máquinas.

Como la revolución industrial, la "revolución de la información" implica automatización - transferencia del trabajo humano a las máquinas - . No obstante, en el caso de la revolución de la información esto implica transferir ya no el trabajo físico, sino el trabajo intelectual a las máquinas.

"...la revolución de la información... implica transferir ya no el trabajo físico, sino el trabajo intelectual a las máquinas".

La tecnología de la información tiene un rol central en nuestra sociedad.

No se conocen las consecuencias de las transformaciones que las tecnologías de la información están provocando, pero es posible observar los cambios: antes, los diarios eran

¹ Ian Horswill es profesor de Ciencias de la computación del departamento de Ingeniería Eléctrica/Ciencias de la computación y Radio/Televisión/Cine de la de la [Universidad Northwestern](#). En la universidad es director de la División de Gráficos y Media Interactivo del Departamento de Ingeniería Eléctrica/ Ciencias de la Computación y director del Programa de Artes animadas. Su trabajo de investigación está relacionado con la Inteligencia Artificial y el arte interactivo y el entretenimiento.

privados: hoy se tuitean y bloguean. Antes, debíamos esperar las revistas para ver las reseñas de películas o discos: hoy podemos hacerlo casi de inmediato utilizando Internet.

Muchas de estas tecnologías de la información conllevan el uso de computadoras, pero la sociedad no sabe bien qué significa una computadora y el mismo concepto del cual deriva su nombre: cómputo.

Computar no se relaciona con números, sumas o simulaciones, pero no se sabemos realmente qué es computación.

La computación es una idea en flujo. Se está renegociando qué es cómputo. Hace 100 años la gente consideraba que computar era una operación mental que implicaba el uso de números. Sin embargo, las operaciones mentales solamente pueden hacerlas las personas. Hoy, la mayoría de las personas consideran que un cómputo es lo que hacen las máquinas, pero de alguna forma, seguimos asociando el cómputo con el pensamiento. El pensamiento, en occidente, se considera como aquello que nos hace diferentes de los animales.

... "cambiar nuestras ideas acerca de lo que es cómputo es cambiar nuestras ideas acerca de lo que es el pensamiento y nuestras ideas de lo que somos como personas".

Pensar y sentir es lo que constituye parte de nuestras personalidades y parte de la identidad colectiva de nuestra humanidad. De esta forma, cambiar nuestras ideas acerca de lo que es cómputo es cambiar nuestras ideas acerca de lo que es el pensamiento y nuestras ideas de lo que somos como personas. Esto provoca ansiedad en nosotros (se expresa en películas de ciencia ficción sobre el mal que nos traerán las computadoras y la realidad virtual). Sin embargo, seguimos sin saber qué es cómputo.

Principio de comportamiento equivalente (como base del concepto de cómputo)

Desde el punto de vista de la aritmética, podría decirse que cómputo implica una pregunta y una respuesta: ¿Cuánto suma 7 más 3? Al responder 10 estamos computando.

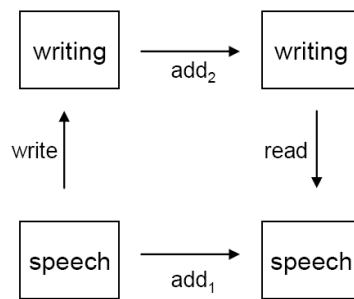
En aritmética esto implica el uso de números. Por una pregunta que implica una suma, corresponderá una respuesta que implicará un número. Es decir, cómputo es una pregunta que se responde con la respuesta adecuada. $7+3=10$.

En el caso de la suma, si uno pregunta ¿Cuánto son 123,000,230, más 17,817, más 34,587.03, más 897,123.32? Esto implicaría que tomáramos una hoja y un lápiz para hacer la suma de forma manual, pues no podemos realizarla de forma mental (o al menos nos costaría más

tiempo y esfuerzo). Desde este ejemplo, computación ya no sólo es dar respuesta correcta a algo, de forma mental, sino también una operación física que implica manipulación y cambio de objetos físicos (el papel y la pluma).

La aritmética es una operación mental que ocurre en nuestras cabezas. Pero en el caso anterior, esta se extiende desde la cabeza, las manos, el lápiz y el papel. Igualmente, en el caso de $7+3=10$, expresamos esto mediante sonidos, pero en el segundo caso los representamos en un papel a través de numerales arábigos.

En ambos casos, no importa si utilizó un sistema de representación o un conjunto de ellos (letras o sonidos) y tampoco importa la diferencia en el tipo de operación, (solamente mental o mental y física) mientras la persona dé la respuesta correcta. Como expone el diagrama que aparece abajo: no importa que camino tomemos, la respuesta será la misma:



A esto se le conoce como

Principio de comportamiento equivalente: si una persona o sistema produce de forma fiable la respuesta correcta, se puede considerar que han resuelto el problema, independientemente del procedimiento o representaciones que utilizan.

El Principio de comportamiento equivalente es central en la computación actual: si un sistema de cómputo (pregunta-respuesta deseada) se reemplaza con otro sistema que tiene el mismo comportamiento, entonces la computación sigue funcionando.

Computación es el proceso de derivar la respuesta (output) deseada a una pregunta dada (input).

Función

En matemáticas, al proceso de derivar la respuesta (output) deseada a una pregunta dada (input), se le conoce como función. Una función es la especificación de una serie de valores de salida (output) por cualquier valor de entrada (input). No obstante, las funciones no requieren ser solamente números: un iPod computa una función cuyo input es una canción en un formato comprimido y cuyo output es una onda de audio.

Algoritmo

Un procedimiento (un algoritmo) es un método específico para determinar un output de una serie de inputs. Un procedimiento (o algoritmo) sólo es posible si produce una respuesta debido a una serie de valores dados (un input que produce un determinado output). Una función tiene una correspondencia estricta entre inputs y outputs.

Diferencia entre procedimientos y funciones

La diferencia entre procedimientos y funciones es que las funciones solamente especifican cuáles son sus outputs, mientras que un procedimiento especifica como computarlos. Hay funciones que no podemos computar (porque las respuestas no están predeterminadas).

Los modelos funcionales en computadora son aquellos procedimientos para computar funciones de tal forma que dos procedimientos tengan un comportamiento equivalente si computan la misma función, aunque difieran en los recursos que requieren, ya sea en tiempo o cantidad.

Representación

Inputs y outputs se codifican en una representación específica. Lo que hace el procedimiento es manipular la información del input. Por ello, computación se refiere constantemente como procesamiento de la información y a la industria de la computadora como industria de las tecnologías de la información.

Computación implica la manipulación de representaciones que siguen un procedimiento específico.

La computación puede seguir diferentes procedimientos, representaciones y mecanismos. Siempre y cuando la conducta sea equivalente, estos procedimientos pueden ser intercambiables.

Los procedimientos son representaciones

¿Qué es computación? Ian Horwill

En el caso de los cómputos, éstos son textos y pueden ser manipulados como cualquier otro texto: copiados, modificados, borrados, etcétera.

La diferencia entre representaciones de texto y otras representaciones es que pueden ser ejecutadas.

El proceso de leer y seguir (o ejecutar) la representación de un procedimiento, se conoce como interpretación.

Los dispositivos programables son aquellos que interpretan representaciones de un procedimiento. Una calculadora solamente opera un tipo de representación (números). Una calculadora programable puede grabar qué teclas ha presionado un usuario y volverlas a teclear como si hubieran sido presionadas por el usuario. Esta presión sobre las teclas es una forma de representación de un procedimiento alojado en la calculadora y el acto de volver a presionar dichas teclas es una forma de interpretación.

La programación es importante porque permite que un dispositivo pueda llevar a cabo diferentes funciones, no porque pueda reconfigurarlas físicamente, sino porque cambia las representaciones dentro del dispositivo. De esta forma, una computadora es capaz de realizar diferentes funciones y no solamente una. De ahí que una computadora tenga procesadores de texto, clientes de correo electrónico, editores de foto, música, video, etcétera.

Lo anterior es lo que hace económicamente viable el uso de las computadoras.

En los últimos 50 años, los científicos de la computación han descubierto formas de codificar representaciones como secuencias de símbolos binarios: texto humano, programas, fotos, sonidos, videos y otras formas más abstractas de datos como redes de relaciones (Facebook, Twitter).

Las computadoras digitales se definen por dos atributos principales:

1. Son programables
2. Aunque pueden manipular diferentes tipos de representaciones (sonidos, videos, imágenes, programas) Estos tipos de representaciones están codificadas en una forma única de meta-representación: texto.

Inteligencia artificial

En un ensayo titulado *Computing Machinery and Intelligence*, el matemático inglés Alan Turing argumentó que si una computadora podría engañar a un ser humano haciendo que éste la considerara humana, entonces esto tendría considerarse como inteligencia, aunque ésta no fuera humana.

En otras palabras, la inteligencia es un fenómeno de comportamiento: una entidad es inteligente porque se comporta inteligentemente, no porque esté compuesta de tejido vivo a un alma. Lo que es más: la inteligencia es un fenómeno de computación, sujeto a un análisis computacional.

Este ensayo, junto a la cibernética y la teoría temprana de la computación establecieron los cimientos para el desarrollo de lo que se conoce como Inteligencia Artificial en la década de los 50 y 60. También proporcionaron un modelo científico para el estudio de las representaciones mentales y los procesos que operan en ellas, los cuales fueron importados a campos como la psicología y la lingüística, lo que llevó al desarrollo del campo de las ciencias cognitivas en la década de los 70.

Neurociencia computacional

Comenzamos con la idea de que la computación es un proceso que los seres humanos llevan a cabo en sus cerebros. Los seres humanos se dieron cuenta que instancias específicas de este proceso podrían ser modeladas, de manera tosca, a través de un procedimiento mecánico. Esto llevó a los límites de los procedimientos mecánicos y a la posibilidad teórica de que una máquina fuera inteligente.

¿Puede una computadora simular el cerebro humano?

La computación se refiere a comportamiento equivalente. Por tanto, es posible que un humano pueda imitar a una computadora. En el caso de la computadora imitando el cerebro humano, tendríamos que tomar en consideración lo siguiente:

El cerebro es una red de 100 millones de células, llamadas neuronas. Esta red funciona gracias al trabajo combinado entre las neuronas y otros tejidos.

Cada neurona tiene

- Un conjunto de inputs llamados dendritas que reciben señales de las neuronas vecinas.
- Un output llamado axón, que produce una señal basada en los inputs que recibe y del propio estado interno que tiene.

Cada axón de las neuronas está conectado a las dendritas de otras neuronas. Cuando una dendrita estimula otra neurona, previsiblemente, incrementa o disminuye la probabilidad de que la segunda neurona estimule otras neuronas. Si es previsible, entonces es posible escribir un programa de computación que prediga y simule el trabajo de las neuronas. De hecho, hay varios modelos computacionales de diferentes tipos de neuronas.

De esta forma, si una neurona puede ser simulada computacionalmente, entonces podría ser posible, en principio, simular todo el cerebro a través de la simulación de neuronas individuales y conectándolas entre sí.

Hay una diferencia entre "podría" y "se puede", pero esa es la idea general detrás del argumento acerca de que podemos entender al cerebro como una computadora.

Suponiendo que se pueda simular el cerebro mediante una computadora, entonces enfrentamos consecuencias importantes:

Si el cerebro puede simularse por computadora, entonces, a través de esta simulación, las computadoras podrían ser programas para resolver los problemas que cualquier cerebro pueda resolver.

No obstante, sabemos que las computadoras no pueden resolver ciertos problemas (los problemas que no pueden computarse) y entonces esto significa que el cerebro no puede resolver, tampoco, los problemas que no son computables. En otras palabras, existen límites fundamentales para la posibilidad de conocimiento humano.

Aún se está lejos de poder simular un cerebro por completo. No obstante, las neurociencias computacionales están intentando comprender el sistema neuronal como un proceso computacional. Esta es un área en crecimiento de la investigación biológica.

Mediante el modelado de sistemas neuronales como sistemas computacionales, podemos comprender mejor su función. En algunos tratamientos experimentales, como los relacionados con los implantes cocleares, se han reemplazado los componentes dañados con sistemas de cómputo que son, tanto como es posible, de comportamiento equivalente.

Estamos lejos de poder simular un cerebro, o de hacer el mapa de un cerebro vivo, pero esto es menos importante que la forma como la computación y la simulación están cambiando las posturas que tenemos sobre nosotros mismos y la identidad.

Mientras los agentes artificiales parecen más vivos ¿Comenzaremos a verlos como personas reales?

¿Tendremos algún día un Frente de Liberación Mario, discutiendo por los derechos legales para los personajes de videojuego?

Comprender el comportamiento de sistemas a través de la construcción de simuladores computacionales de éstos, no se restringe a la biología. Cualquier sistema cuyo

¿Qué es computación? Ian Horwill

comportamiento es predecible puede ser simulado, al menos de forma aproximada, en software.

Mediante las ciencias de la computación, las teorías acerca del mundo natural pueden ser probadas con mayor precisión, representándolas en simuladores computacionales y comparando sus comportamientos con comportamiento observado en el mundo físico.

- En la computación química, el comportamiento de los átomos puede ser simulado bajo condiciones que podrían no ser las adecuadas en un laboratorio.
- En la biología computacional, la simulación se utiliza para comprender el plegamiento de las proteínas en el interior de las células y de esta forma comprender mejor la relación entre sus secuencias de aminoácidos y su estructura funcional.
- Esto puede ser útil para el diseño computacional de drogas, intentando diseños personales de moléculas con el comportamiento farmacológico deseado.
- En ingeniería, la simulación computacional permite diseño de prototipos que pueden ser probados en casos donde la construcción física de prototipos pueda resultar cara o peligrosa.
- En ingeniería financiera, los modelos computacionales de comportamiento de los mercados, se utilizan para diseñar instrumentos financieros que puedan proporcionar a los inversores un mejor control sobre sus niveles de riesgo.

Qué es computación

Es una idea en flujo, debido a que nuestra cultura está renegociando lo que cree que son realmente los conceptos de computación y computadora.

Computación proviene del estudio del comportamiento equivalente: es el proceso de producir el comportamiento deseado sin importar si esto se implementa en las neuronas, un reloj o una calculadora. Si aceptamos esta definición de computación, entonces los problemas teóricos de la computación serían:

- ¿Cómo se especifica el comportamiento deseado?
- El modelo funcional puede dar una aproximación, pero no es aplicable a todos los problemas.
- ¿Cómo analizamos los sistemas naturales - ya sea el cerebro o los mercados de valores - utilizando las herramientas conceptuales de la computación?
- ¿Qué tipos de conducta son posibles de construir mecánicamente?
- ¿Cuál es el costo de producir un tipo dado de conducta? ¿Existen algunos tipos que resulten demasiado caros? (¡Sí!)
- ¿Cómo reunimos capacidades existentes (conductas) para producir nuevos tipos de conducta?
- ¿Cómo podemos automatizar muchas de las tareas de programación como sea posible?

- ¿Existen bloques de programación que podamos reutilizar sin necesidad de reconstruir un programa cada vez?
- ¿Cómo diseñamos hardware de computadora para que corra lo más rápido posible?
- ¿Cómo diseñamos lenguaje de computadoras para que sean flexibles y fáciles de entender?

Problemas psicológicos y sociales que investigan las ciencias de la computación

Existen un número de problemas psicológicos y sociales (y por ende relativos a la comunicación también) que debemos considerar que son los temas de investigación actuales de las ciencias de la computación:

- ¿Qué tipo de sistemas computacionales son fáciles para que las personas los utilicen?
- ¿Cómo podemos utilizar la psicología humana para diseñar sistemas que las personas encuentren provechosos? Por ejemplo ¿qué tipo de juegos u otros sistemas de entretenimiento interactivo son atractivos de forma natural?
- ¿Cómo podemos diseñar sistemas grandes que sean sencillos de entender para los humanos?
- ¿Cómo puede un grupo de personas dividirse tareas de programación de una forma que puedan trabajar juntos de forma efectiva?
- ¿Cuáles son los riesgos de las tecnologías de la información? ¿De verdad queremos hacer aviones que sean controlados por computadoras, al punto que si un programa falla, el avión se desmorone?
- ¿Las bases de datos y la vigilancia tecnológica dan a los gobiernos y corporaciones mucho poder?
- ¿Cómo podemos utilizar la tecnología de la información para mejorar la vida de las personas?
- ¿Podemos utilizar la automatización para ayudar a la gente de la tercera edad a vivir de forma independiente? ¿O ayudar a la gente con alguna discapacidad a desplazarse mejor en su entorno?
- ¿Cómo podrían las escuelas ciudadanas ser diferentes si tuviéramos un laptop por niño (se refiere al programa One Laptop Per Child)?
- ¿Podemos construir sistemas automáticos de tutoría que permitan a cualquier persona tener ayuda uno a uno cuando lo necesiten?
- ¿Qué tipo de automatización sería útil y sustentable para personas que viven en países en desarrollo?

La computación es un campo grande y rico. Influye en nuestras vidas y cultura. Pese a que los avances en las tecnologías de la información aparecieron apenas hace 15 años, si tu PC, teléfono móvil y acceso a la web desaparecieran, tendrías que reconfigurar tu vida. No parece que los cambios sociales derivados de estas tecnologías vayan a desaparecer

pronto. Aprender sobre computación puede ayudar a que las personas puedan asegurarse que esos cambios sean para bien.

Apéndice: Representación binaria de los datos

Las computadoras guardan la información como texto y su alfabeto es mucho más simple que el de los seres humanos. Para las computadoras no importa el tipo de alfabeto que nosotros utilicemos.

El Hiragana es un alfabeto japonés que utiliza un carácter para cada silaba posible. El alfabeto romano utiliza letras para representar sonidos individuales dentro de una silaba.

“すきですよ” (English: “I like it”)

Es posible representar caracteres del alfabeto hiragana mediante caracteres del alfabeto romano, representando cómo sonarían los sonidos de cada carácter:

す	き	で	す	よ
su	ki	de	su	yo

La forma de romanización de estos caracteres sería: *suki desu yo*

En este caso, la representación de los caracteres del alfabeto hiragana se representan en caracteres del alfabeto romano de tal que forma que la pronunciación inglesa del alfabeto romano se aproxima a cómo se escucharía correctamente en japonés. Dado que el hiragana requiere un carácter para cada sonido posible, podríamos denominar los primeros 26 caracteres (del inglés) como "aa", "ab", "ac", etcétera y después a los siguientes caracteres "ba", "bb", etcétera. O podríamos numerarlos:

す	き	で	す	よ
01	02	03	04	05

Esto formaría la codificación: **0102030405**

Dado que en la computación el alfabeto no importa, es posible, por ejemplo, que los ingenieros diseñen con libertad, el hardware de computadora utilizando cualquier alfabeto que sea conveniente para los circuitos electrónicos, y entonces codificarlo en el alfabeto nativo de la computadora. El alfabeto de la computadora tiene solamente dos símbolos.

¿Qué es computación? Ian Horswill

Este alfabeto de solamente dos letras se llama Binario (del latín *bi* que significa dos). Cuando decimos que la información se codifica en binario (o *digital*), sólo quiere decir que está representada como una serie de símbolos en el alfabeto binario.

Algunas personas piensan que las computadoras almacenan todo como números, pero ello no es estrictamente cierto: El binario es un alfabeto que tiene dos letras. Si elegimos interpretar dichas letras como dígitos de número, entonces tenemos dos números que van del 0 al 1, es decir números base dos. Base dos es como la numeración decimal o base 10, excepto que en lugar de tener 10 números, tenemos solamente dos. Utilizando la base 2 podemos escribir cualquier número como una serie de símbolos o bits (palabra que proviene de la contracción de **binary digit**):

0 is "0000"
1 is "0001"
2 is "0010"
3 is "0011"
4 is "0100"
5 is "0101"
6 is "0110"
7 is "0111"
8 is "1000"

Esta táctica binaria es utilizada por la electricidad de las computadoras, cuyos voltajes van del 0 al 5. Esta táctica también es utilizada por las neuronas: para transmitir información a largas distancias: En lugar de utilizar una variación continua de voltaje, las neuronas utilizan solamente dos voltajes y cambian de uno a otro cuando es necesario.

En el caso del idioma, se puede representar el inglés (y el español) utilizando grupos de símbolos binarios para hacer referencia a letras. La representación más común hasta el momento son los grupos de 8 bits, que se llaman bytes, para cada letra:

A is "01000001"
B is "01000010"
C is "01000011"
D is "01000100"

La palabra inglesa *bad* se representaría con la siguiente cadena de bits:

B	A	D
01000010	01000001	01000100

Código de 8-bit solamente representa al alfabeto romano, los números arábigos y algunos símbolos extra. Recientemente, la industria de la computadora se ha movido a los códigos de 16 bit que se denomina "Unicode", el cual puede representar no sólo el alfabeto romano, sino también aquellos caracteres de los principales idiomas del mundo. Por ejemplo, la codificación "Unicode" para "すきですよ" sería:

す	き	で	す	よ
0011000001011001	0011000001001101	0011000001100111	0011000001011001	0011000010001000

Es posible representar cualquier texto en binario y es posible representar números como textos, y en consecuencia en el alfabeto binario.

Las imágenes pueden ser representadas como una serie de píxeles, cada uno de los cuales tiene un brillo específico. Este brillo particular de cada píxel puede ser registrado como un número. Como cualquier número puede ser representado en el alfabeto binario, toda la imagen puede ser representada en texto binario. Otros tipos de representaciones pueden ser codificadas en cadenas de bytes, utilizando diferentes técnicas que los científicos de la computación han venido desarrollando durante los últimos 50 años.