



Introducción al Pensamiento Computacional -

Semana 4



© Todos los derechos reservados Universidad Rafael Landívar URL.

DESEMPEÑOS ESPERADOS

- ≡ Desempeños esperados

DESARROLLO DE CONOCIMIENTOS

- ≡ Abstracción
- ≡ Modelado
- ≡ Recursos complementarios

APLICANDO LO APRENDIDO

- ≡ Actividad 1
- ≡ Actividad 2

☰ Actividad 3

☰ Actividad 4

☰ Actividad 5

DE LA TEORÍA A LA PRÁCTICA Y REFLEXIÓN

☰ Recursos

CRITERIOS DE EVALUACIÓN

☰ Rúbrica de evaluación

☰ Diario de experiencias de laboratorio

FUENTES DE REFERENCIAS

☰ Referencias

CRÉDITOS

☰ Créditos

Desempeños esperados



El estudiante:

- 1 Identifica el concepto de abstracción y explica su importancia.
- 2 Muestra la relevancia de las capas de abstracción.
- 3 Discute los peligros y límites de la abstracción.
- 4 Integra la modelación como parte de los procesos de resolución de problemas.
- 5 Identifica modelos tipos disponibles.

6

Explica la diferencia entre modelado estático y dinámico.

7

Muestra los usos tipo de los modelos en aplicaciones.

Abstracción



En este módulo se introduce el concepto de abstracción, el cual es un concepto clave en el pensamiento computacional para identificar soluciones poderosas.

De la generalización y la abstracción

En el módulo anterior se mostró el enfoque de descomposición para resolver problemas grandes y complejos, mediante su división en pequeños problemas más simples. La motivación detrás de este concepto es resolver series de problemas de manera más sencilla que uno grande.

Luego se vio la generalización, una actividad que permite identificar patrones entre los subproblemas individuales y los simplifica. El efecto es realizar una solución más manejable y aplicable. Se vio el ejemplo de la carita feliz, integrada por figuras como líneas y círculos.

La generalización puede entenderse como el esconder los detalles. La construcción de la solución de dibujar figuras empezó con muchos detalles y terminó en un nivel más abstracto. Se pasó de hablar de elementos individuales (dos círculos concéntricos, uno más pequeño y relleno) y se simplificó refiriéndose a un ojo. Ese “ojito” como resultado genérico es un ejemplo de la abstracción.

La abstracción es una forma de expresar una idea en un contexto específico, a la vez que se suprimeen detalles irrelevantes en el contexto.

La importancia de las abstracciones

“La esencia de las abstracciones es preservar la información que es relevante en un contexto dado, olvidando la información que es irrelevante en ese mismo contexto”.

Guttang, 2013.

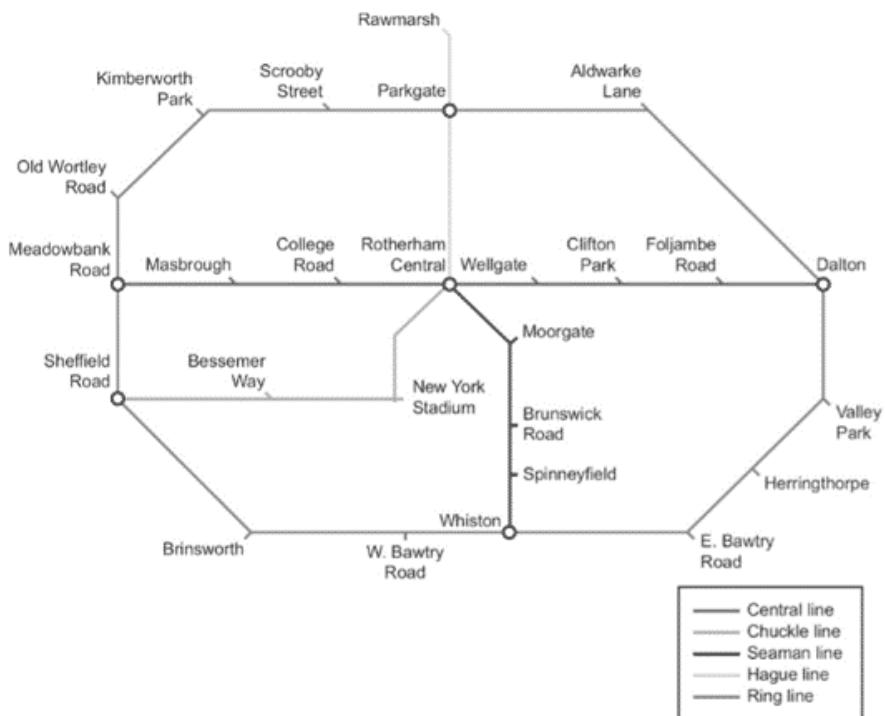
La abstracción es la característica clave de las ciencias de la computación y el pensamiento computacional. Algunos autores han descrito la **ciencia de la computación como la automatización de la abstracción** (Wing, 2014).

El razonamiento detrás de este enunciado es la esencia de lo que realizan los científicos de computación e ingenieros de software: resolver problemas utilizando computadoras. No se puede trasladar el mundo real a la computadora, en su lugar, se debe describir el mundo real a la computadora. El mundo real es desordenado, lleno de ruido y un sinfín de detalles. No se puede describir el mundo en su totalidad. Hay mucha información que muchas veces no se entiende cómo funciona. En su lugar, se pueden crear modelos del mundo real. **Una vez que alcanzamos un nivel de comprensión, le enseñamos a la computadora como usar los modelos (es decir, la programamos).**

Ejemplos de abstracciones



Una vez se ha comprendido el sistema, se descompone en partes y se generaliza, la abstracción de su modelado puede ser la siguiente.



En este ejemplo, se prescindió de detalles como las formas de las líneas y las distancias de las estaciones, y se enfocó en lo importante para el contexto: cuántas líneas hay y dónde convergen esas líneas para intercambio. Este modelo es más sencillo de utilizar para los viajeros.

Otro ejemplo sería el envío de un correo electrónico. Para los usuarios se suficiente colocar un destinatario, un asunto, un cuerpo del mensaje, algunos archivos adjuntos y enviar. Pero, ¿cómo se transmiten mensajes las computadoras por medio de Internet?

Los siguientes videos pueden ser de ayuda para comprenderlo.

 YOUTUBE

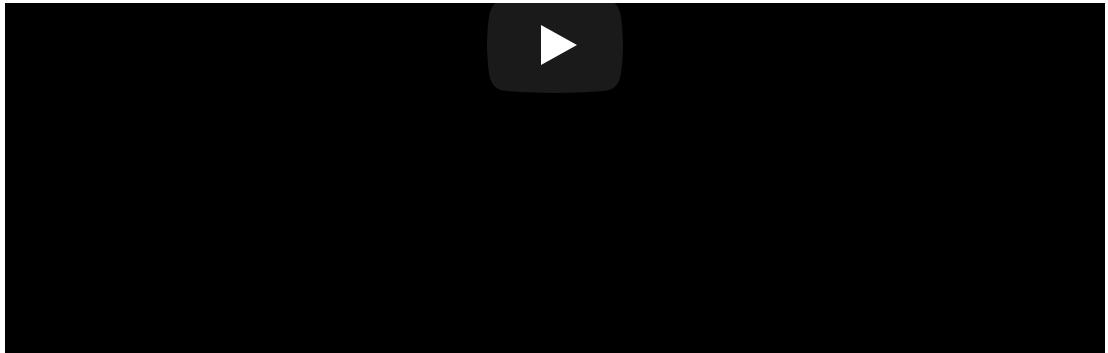


What is TCP/IP?

Many of us have seen mysterious "TCP/IP options" in our network settings, but what is TCP/IP, and how does it enable the Internet to operate as it does? Tunne...

[VER EN YOUTUBE >](#)

 YOUTUBE



Computer Networks: Crash Course Computer Science #28

Today we start a three episode arc on the rise of a global telecommunications network that changed the world forever. We're going to begin with computer netw...

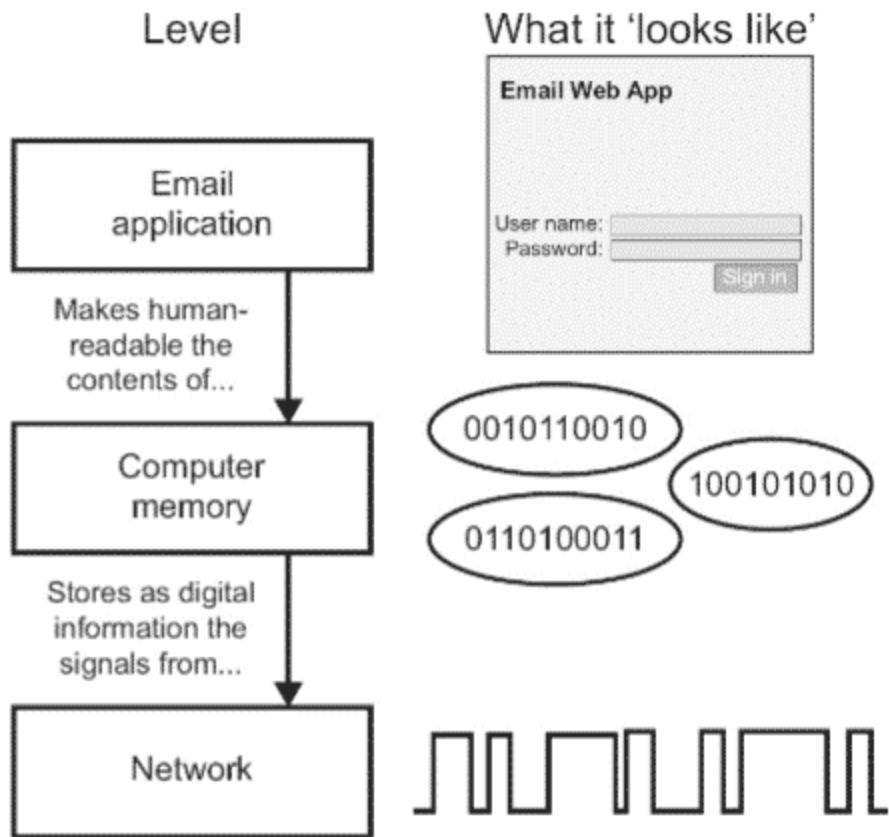
[VER EN YOUTUBE >](#)

¿Es conveniente en el **contexto** del diseño del correo electrónico explicar este detalle? Para un usuario final es suficiente con saber que se envía por medio de una conexión a Internet.

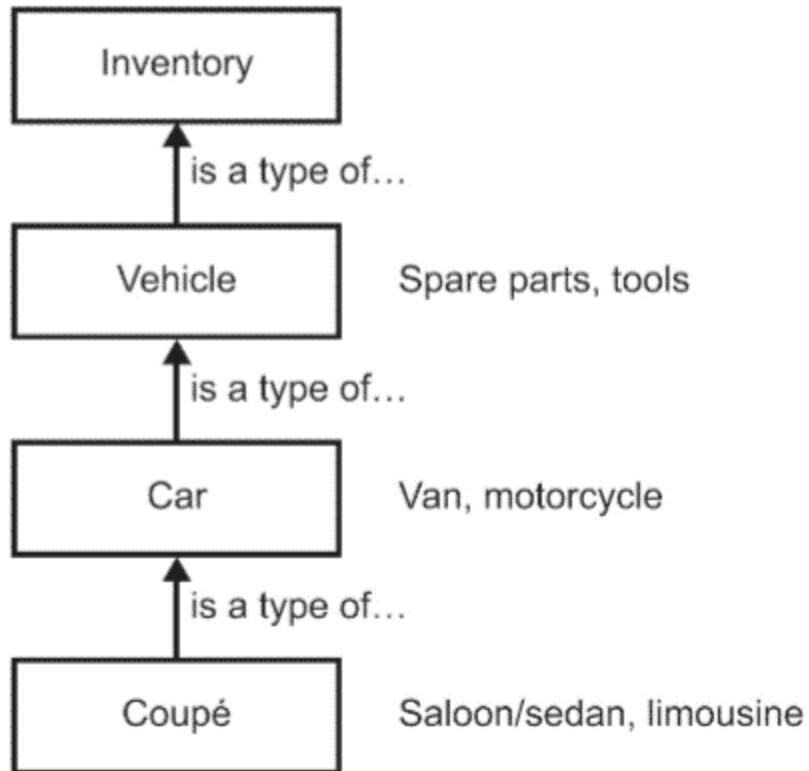
Contexto y capas

El ejemplo del correo electrónico lleva a un tema muy importante: **EL CONTEXTO**. La abstracción de algo opera a un nivel de detalle y coloca una capa superior para ocultar cierta información. Se puede tomar cualquier abstracción, ir quitando capas y revelar más información (contextos más detallados) o subir, agregando más capas y oculto más detalles (contexto menos detallado).

La siguiente figura se puede leer como: “una aplicación de correo electrónico permite leer contenidos de la memoria de una computadora”, “la memoria de una computadora almacena información digital de las señales de una red”.



Otro ejemplo: imagine que una compañía que renta vehículos desarrolla un sistema para manejar su inventario. Usando las técnicas vistas en el módulo anterior, los diseñadores identificaron las entidades, sus propiedades y los procesos. Los niveles de abstracción en la renta de autos se muestran a continuación.



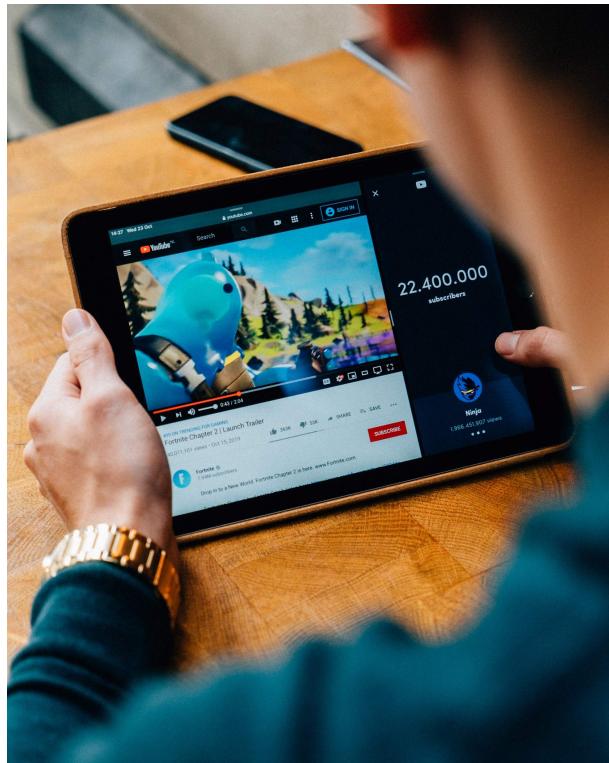
Se puede observar que la compañía de renta de autos toma varias ideas concretas y las unifica en conceptos más abstractos. Pero la abstracción también puede operar en la vía opuesta, a partir de un concepto abstracto y agregando más detalle.

VEAMOS OTRO EJEMPLO:

Un servicio de videos en línea como Youtube o Netflix puede recomendar videos al usuario porque ha creado un modelo abstracto para él/ella. La idea de modelo de usuario podría incluir un mapa de su red neuronal y la química del cerebro, para predecir los videos que desean ver en cualquier momento.

Sin embargo, estos servicios operan con mucho menos información que esa. Estos servicios no saben nada del usuario más que sus hábitos de visualización de videos (O'Reilly, 2016). Esto significa que el servicio de videos reduce al cliente a una entidad que visualiza videos. El servicio conoce los tipos de videos que se han visto en el pasado y sugiere una lista de videos con base en esa información. Asume que el cliente está interesado en más videos de ese tipo.

Es importante aclarar que los modelos de las plataformas de video son mucho más sofisticados, pero siguen operando en una abstracción simplificada de los usuarios o clientes. Para que las recomendaciones sean más acertadas, se requeriría saber más datos de los usuarios para detallar un nivel más de abstracción.



Advertencia

Advertencia

Las abstracciones son definitivamente útiles, pero deberían tener un letrero de advertencia: “¡Cuidado! Las abstracciones pueden distraer de la realidad”. Si bien las abstracciones permiten simplificar la resolución de problemas, se deben someter a pruebas de implementaciones concretas, para validar que los modelos apliquen en diversos escenarios.

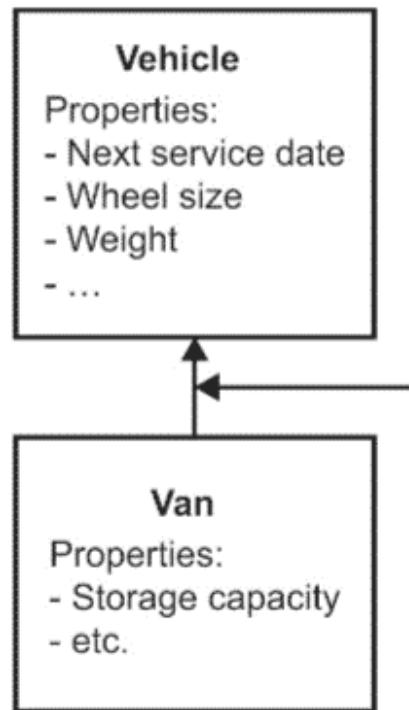
Aplicaciones de las abstracciones

Las abstracciones permiten organizar las soluciones, manejando la complejidad y razonando sobre el comportamiento en términos generales. Sin embargo, cuando ya se pone en marcha la solución, debe funcionar con cierto nivel de detalle. Por ejemplo: se le puede decir a una computadora que dibuje una forma, pero también se le puede decir que dibuje un círculo. Hacer concreta una abstracción implica **instanciarla** y para ello, se debe poner atención a los detalles. En el ejemplo de la renta de autos, un procedimiento del próximo servicio y la cuenta a pagar puede ser especificada para cada vehículo. Aunque la primera solo tiene sentido para las que requieren mantenimiento.

Filtrar los detalles

Al realizar abstracciones, puede suceder que se ignoren detalles que afecten la forma en que la abstracción se comporta. Ciertos detalles son necesarios para comprender el funcionamiento de una solución concreta. Siguiendo con el ejemplo de la compañía de renta de autos, en la siguiente figura se puede observar que una camioneta es un vehículo, por lo tanto tiene todas las propiedades del vehículo, más las suyas propias.

Este hecho no debe desanimar sobre el uso de abstracciones, solo es importante estar consciente. Lo mismo ha pasado por ciclos en la ciencia.



A van has all the properties of a vehicle, plus its own properties.



Modelado

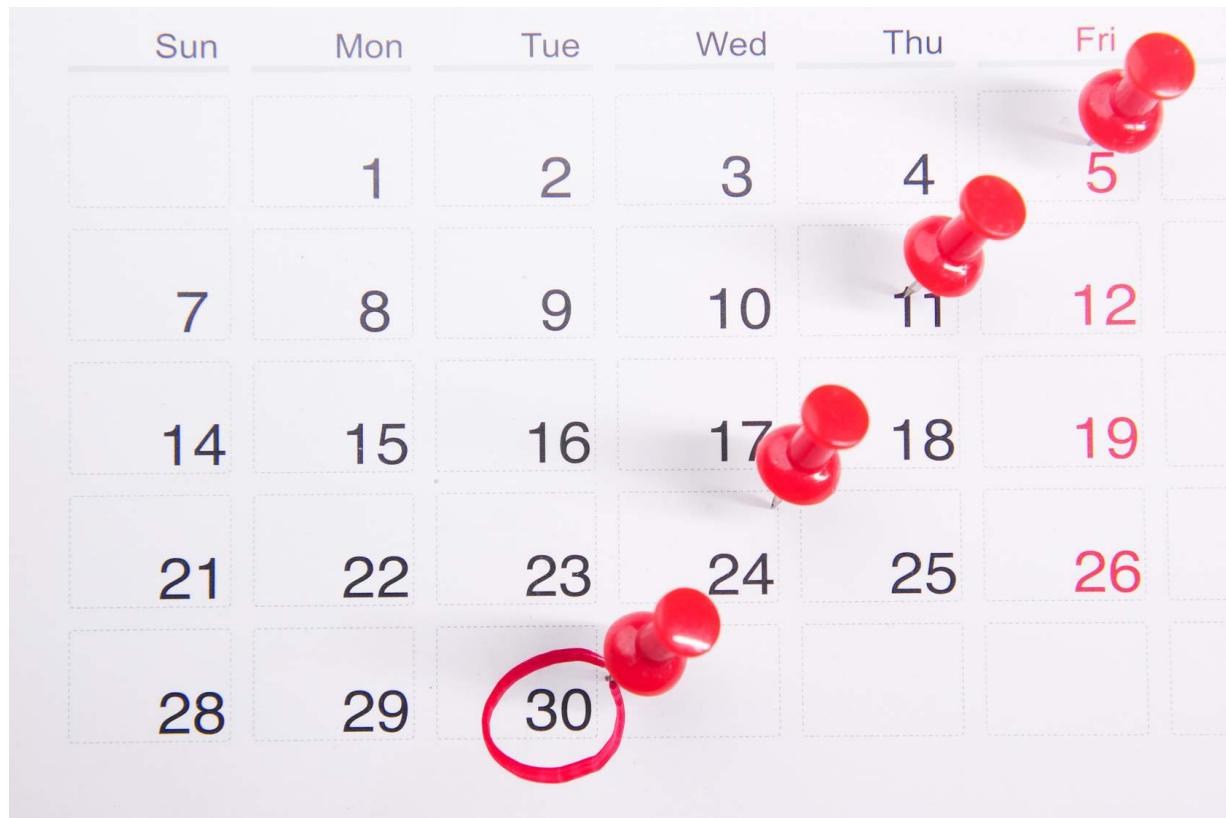


Modelado

Mencionamos la palabra **modelo** cuando hablamos de abstracciones. Los modelos son representaciones del mundo real que ignoran ciertos detalles y son un tipo de abstracción muy importante en ciencias de la computación. En esta sección se explica qué son los modelos en el contexto computacional y cómo se pueden usar.

Antecedentes

La abstracción es un concepto desafiante, ya que existe la creencia errónea que lo abstracto es difícil de entender.

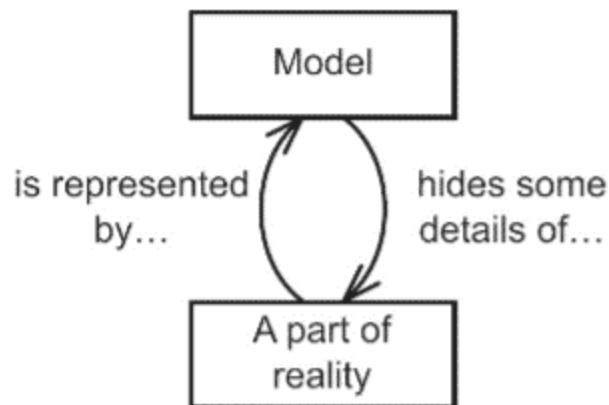


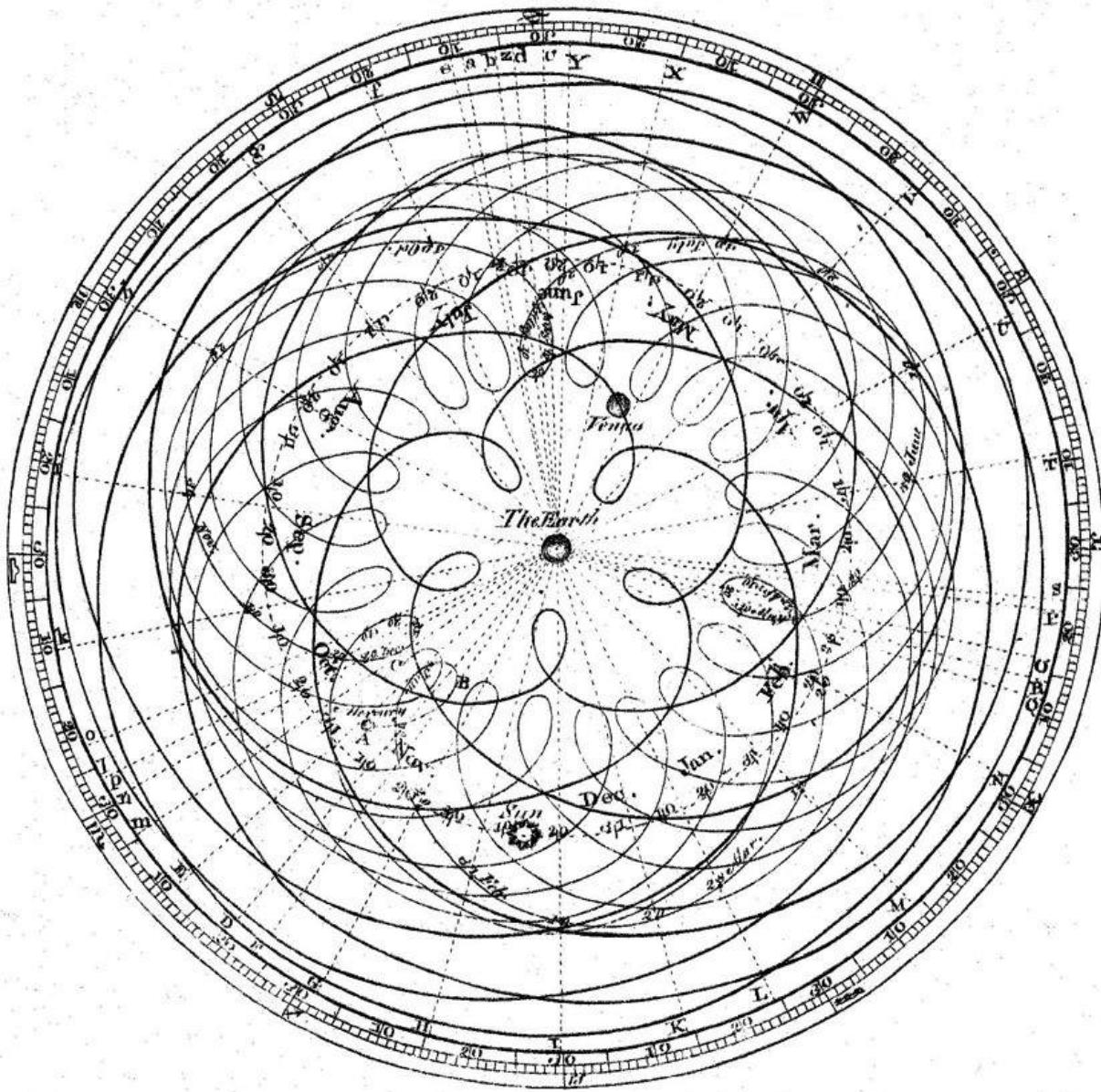
Una abstracción en ciencias de la computación puede tener muchas formas. En un nivel muy simple, puede ser cómo le llamamos a las cosas. Por ejemplo: calendario es una abstracción del tiempo; le da nombres (días, semana, años) a nuestras observaciones sobre cómo la Tierra realiza ciertos movimientos.

Con mostrar una vista simplificada de un problema, los modelos permiten mejorar su comprensión porque permiten enfocarse en las partes relevantes.

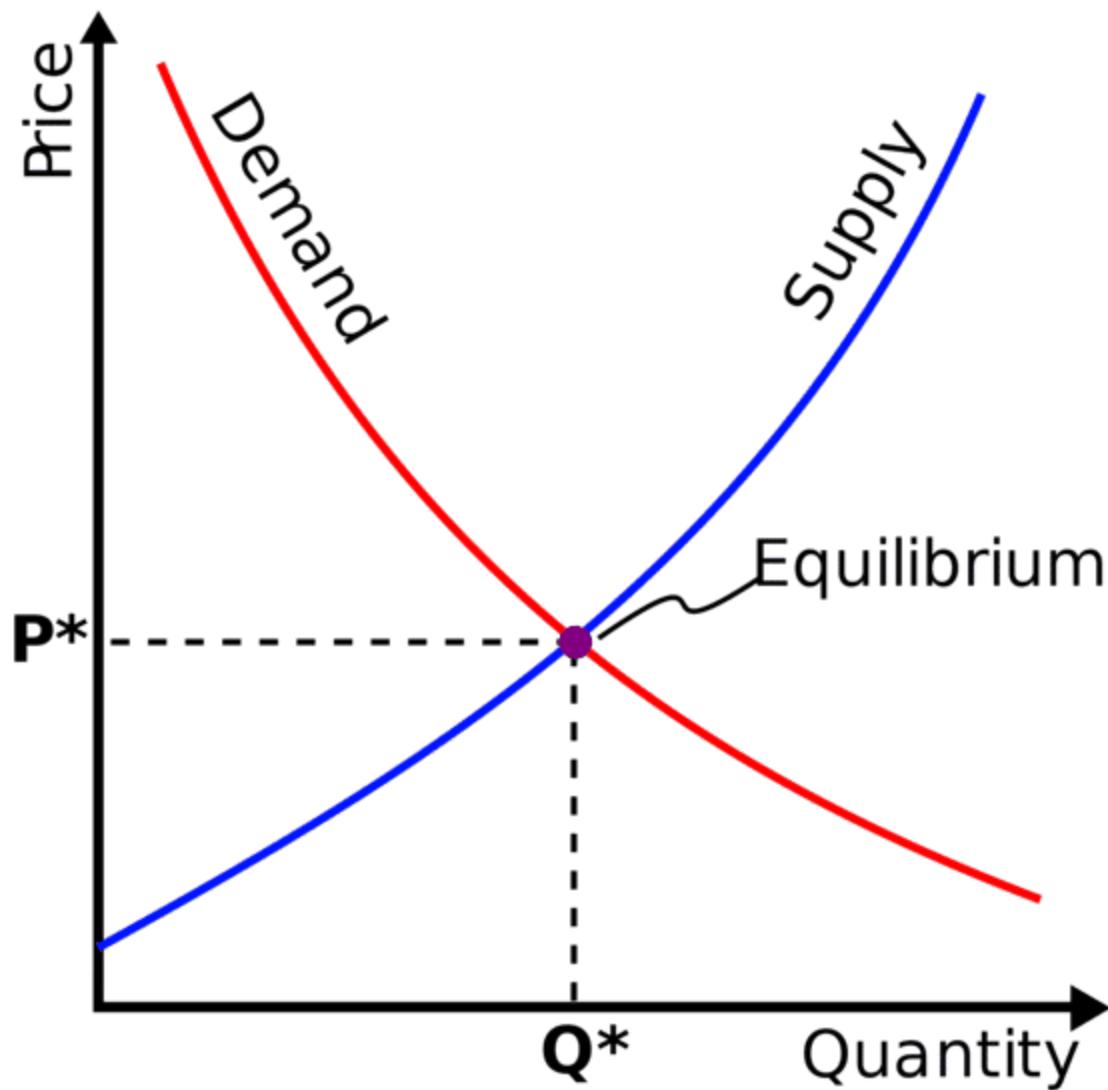
Fundamentos

Un modelo muestra las entidades de la solución de un problema y las relaciones entre ellas. Como personas realizamos modelos desde tiempos antiguos, para comprender el funcionamiento de las cosas. Por ejemplo: el modelo del sistema solar en el mundo griego antiguo; el modelo de las sociedades por parte de los economistas y los modelos de átomos realizados por los científicos.

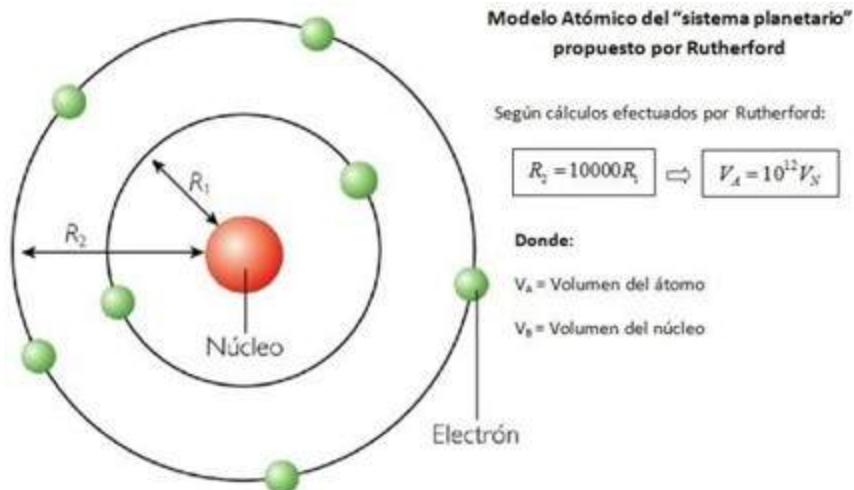




Antigua Grecia



Modelo económico de oferta y demanda



Modelo atómico de Rutherford

Todos los modelos ocultan detalles de la realidad que representan. Los aspectos que se consideran irrelevantes en el **contexto** del modelo se dejan fuera. Los aspectos que permanecen juegan dos roles de representación:

- **Entidades** como conceptos clave de un sistema.
- **Relaciones** como conexiones entre las entidades de un sistema.

Existen diferentes tipos de modelos, según el tipo de relación que quieran representar. Por ejemplo:

- A le pertenece a B.

- C contiene a D.
- E sucede antes que F.
- G ocupa el mismo espacio que H.

Algunas veces esas relaciones son direccionales. Por ejemplo:

- B contiene a A.
- D está contenido por C.
- F sucede después de E.

Las entidades y las relaciones son nombradas con información adicional que es necesaria para un modelo. Esta información incluye:

PROPIEDADES	TIPO	REGLAS	COMPORTAMIENTO

Propiedades que son piezas discretas de información sobre una entidad en una relación. Por ejemplo el nombre de una estación en el mapa de trenes subterráneos.

PROPIEDADES	TIPO	REGLAS	COMPORTAMIENTO
-------------	------	--------	----------------

Tipo que es una clasificación a la que pertenece la entidad. Por ejemplo: el color de la línea que une las estaciones de tren lleva el nombre de la ciudad principal.

PROPIEDADES	TIPO	REGLAS	COMPORTAMIENTO
-------------	------	--------	----------------

Reglas que son enunciados sobre la entidad que contienen una verdad. Por ejemplo una regla que diga "las líneas de tren se cierran del 10 al 15 de noviembre".

PROPIEDADES	TIPO	REGLAS	COMPORTAMIENTO
-------------	------	--------	----------------

Comportamiento que son descripciones de las acciones que pueden ser expresadas en lenguaje natural o algorítmico. Por ejemplo, una sección de la línea donde viaja el metro puede establecer un límite de velocidad mientras el tren se desplaza por ella.

Modelos estáticos y dinámicos

Un modelo **estático** proporciona una foto de la vista de un sistema. Reflejan las entidades y sus relaciones en un determinado momento. El mapa de trenes es un ejemplo de un modelo estático, de la situación de las líneas en un momento dado. Si una estación cierra, el modelo no la reflejará, se deberá realizar otro modelo.

Sin embargo, en ocasiones se debe considerar que el mundo que se está modelando cambia en el tiempo. Esto lo logran los modelos **dinámicos**. El objetivo de los modelos dinámicos es explicar los cambios de estado según avanza el tiempo. Siempre integran lo siguiente.

Estados y Transiciones

- **Estados** que son descripciones de las entidades en momentos específicos de tiempo.
- **Transiciones** que son cambios en los estados.

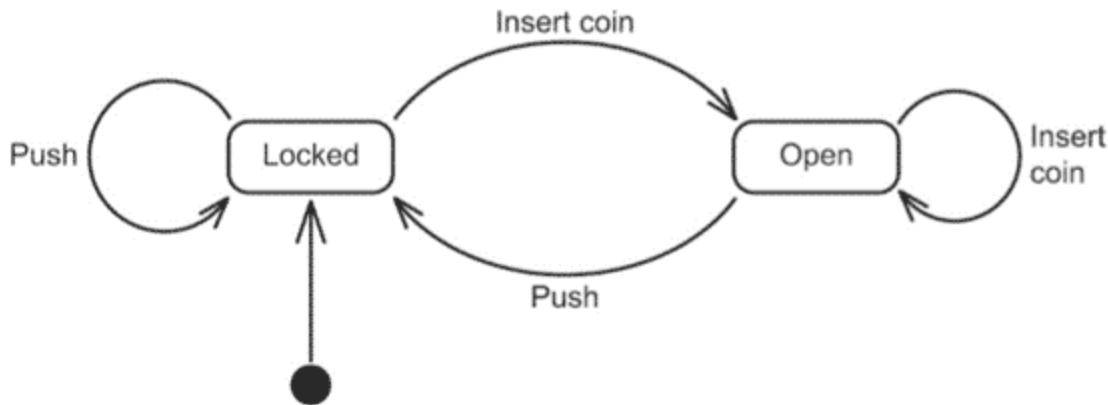
Los modelos dinámicos también incluyen.

- **Eventos** que son situaciones que pasan cuando se activa una transición.
- **Acciones** que son operaciones que son realizadas como parte de una transición.



Un ejemplo sencillo de un sistema dinámico es una puerta mecánica que funciona con monedas.

- En el punto inicial (el círculo relleno de negro), la puerta está en estado cerrado.
- Insertar una moneda es un evento. Este evento activa la transición de una puerta cerrada a una abierta.
- Empujar una puerta abierta (otro evento) activa la transición de regreso a un estado cerrado.
- Empujar una puerta cerrada no tienen ningún efecto.



Uso de modelos

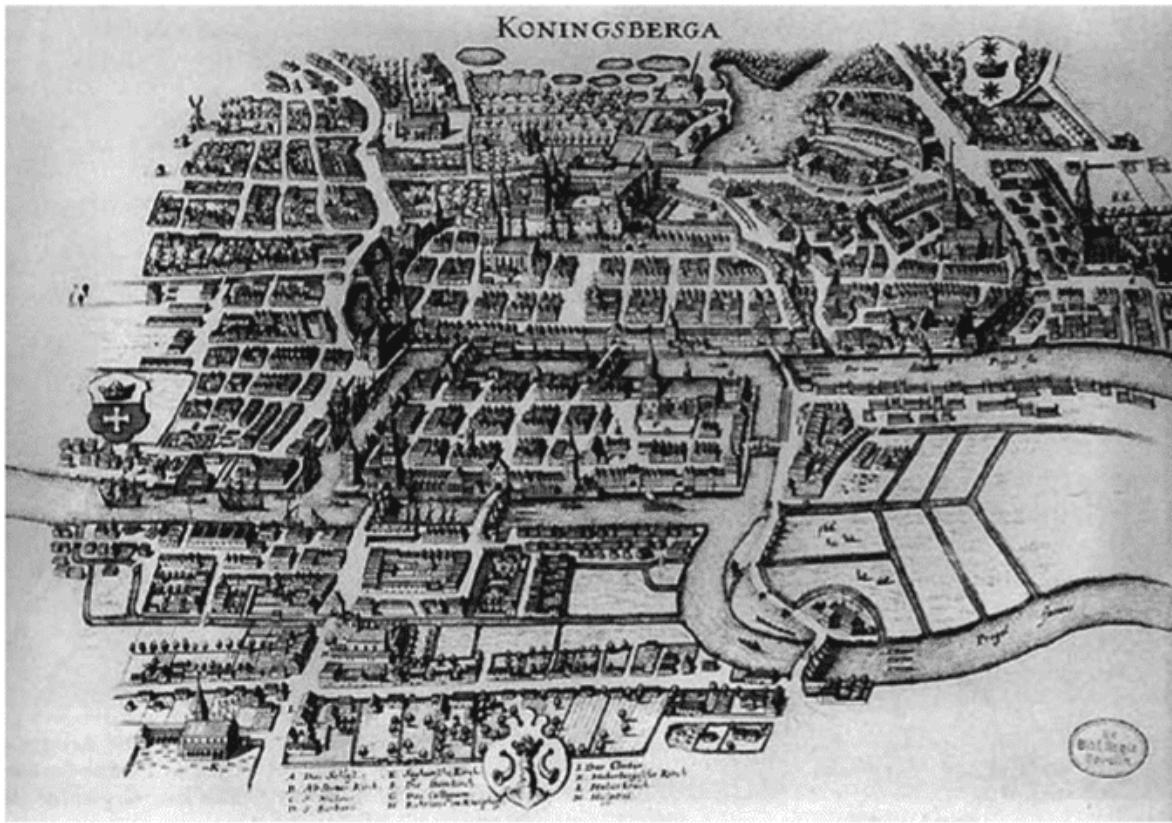
Simplificar y explicar

Cuando se enfrenta a un problema que es complejo, la modelación de sus partes puede clarificar tanto el problema como las formas de solucionarlo.

Un ejemplo de esto sucedió en el siglo XVIII, cuando al matemático Euler se le hizo una solicitud. Ésta consistía en recorrer los siete puentes que atravesaban el río de la ciudad de Königsberg sin tener que pasar dos veces por cualquiera de ellos.

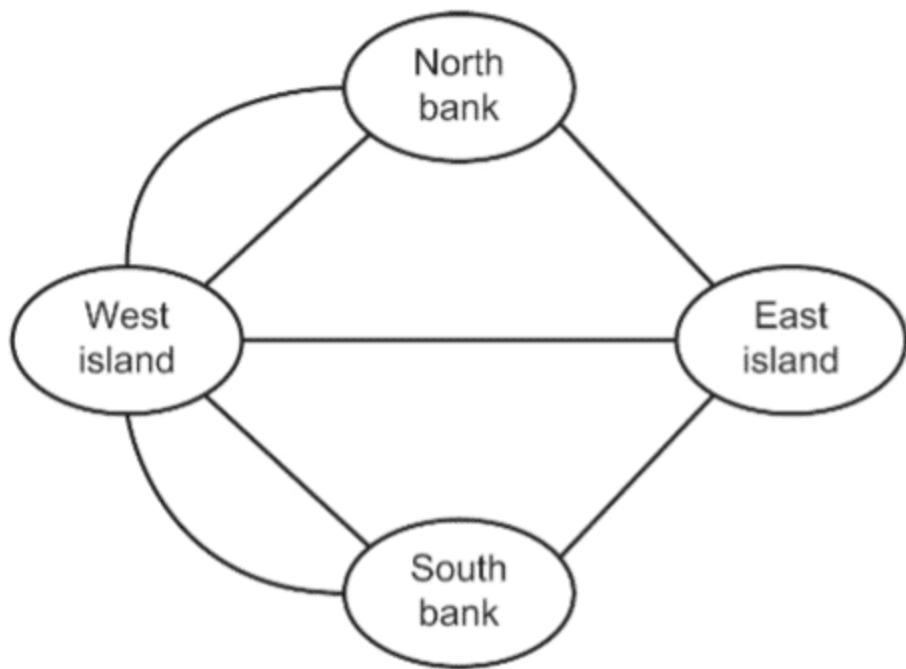
Para resolverlo, Euler pudo haber estudiado el mapa de la ciudad, pero era muy complejo y sus detalles distraían. Por lo que formó un modelo en el que plasmó los elementos principales y capturó la esencia del problema.

Map of Königsberg



La forma simplificada es un tipo de modelo que se llama **grafo**. Un grafo utiliza nodos (que representan las entidades) y las aristas (conexiones entre las entidades que representan las relaciones). En el modelo de Euler, los nodos representan las masas de tierra y las aristas los puentes entre esas masas.

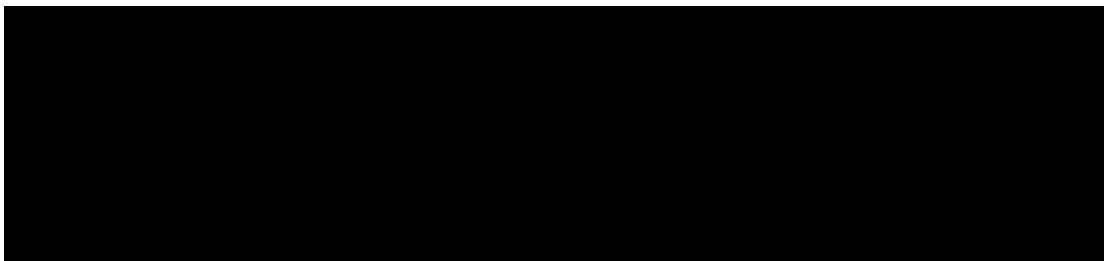
Map of Königsberg

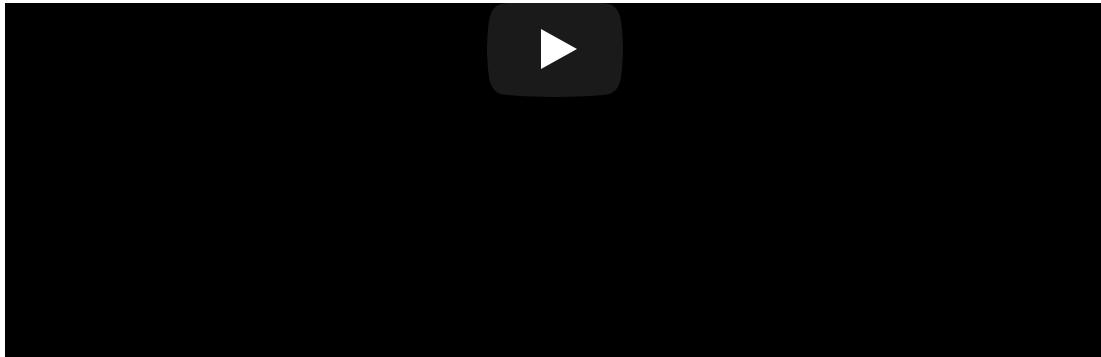


Con esta nueva representación, Euler pudo enfocar todo su esfuerzo en resolver el problema. Para su información: el problema no tiene solución. Euler mostró que era imposible cruzar todos los puentes sin tener que recorrerlos nuevamente al menos una vez. Su modelo evidenció su argumento. Un grafo es el nombre de un tipo de modelo. En la figura anterior se muestra uno de tipo no dirigido.

Para ampliar más sobre este problema, se puede visualizar este video.

 YOUTUBE





How the Königsberg bridge problem changed mathematics - Dan Van der Vieren

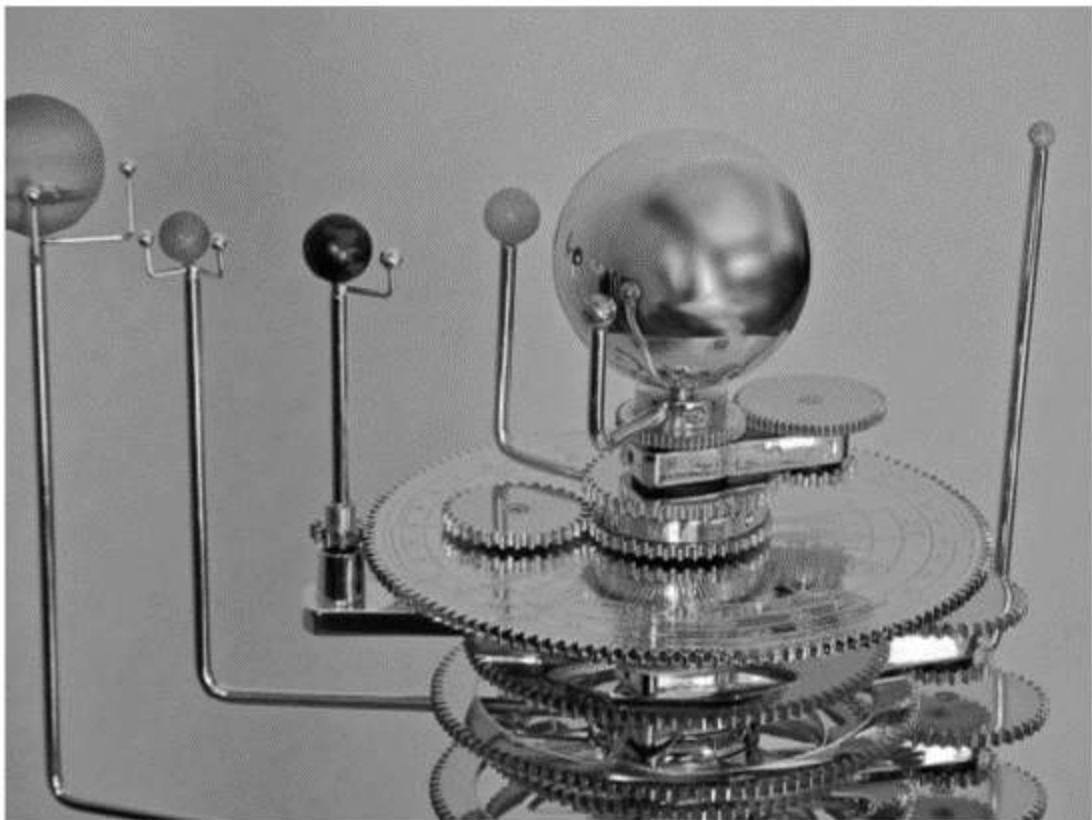
View full lesson: <http://ed.ted.com/lessons/how-the-konigsberg-bridge-problem-changed-mathematics-dan-van-der-vieren>
You'd have a hard time finding the mediev...

VER EN YOUTUBE >

Representar

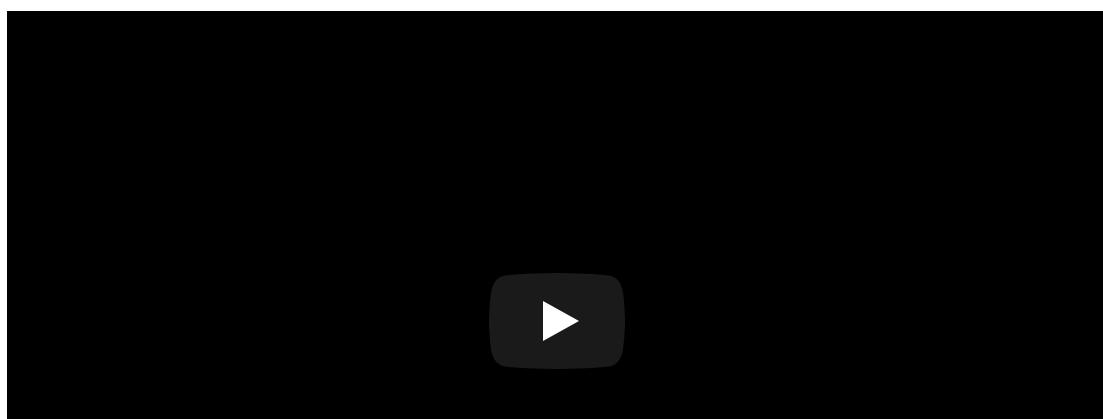
Algunos modelos dinámicos, una vez son definidos, pueden ser ejecutados. Si el modelo es una buena aproximación de la realidad, entonces al ejecutarlo puede mostrar cómo esa realidad se miraría en un futuro.

Tomando otro ejemplo de la antigüedad, el planetario es un modelo físico del sistema solar. Una esfera grande representa al Sol y se encuentra en el centro, mientras que las esferas pequeñas representan a los planetas y están sostenidas por varas de diferentes tamaños. Es un modelo dinámico, ya que una serie de engranajes controlan los brazos. Cuando los engranajes se encienden (se ejecuta el modelo) las esferas pequeñas se mueven en relación unas de otras, emulando a los planetas reales.



Hoy en día las computadoras son capaces de realizar este tipo de modelos, interrelacionando a la ciencia con la computación de alto rendimiento. ¿Conoce los planetarios contemporáneos que ha publicado la NASA? Este otro video hace una aproximación:

 YOUTUBE





Movimiento del sistema solar por la vía láctea explicado.

El movimiento del sol y los planetas por la galaxia explicado.

VER EN YOUTUBE >

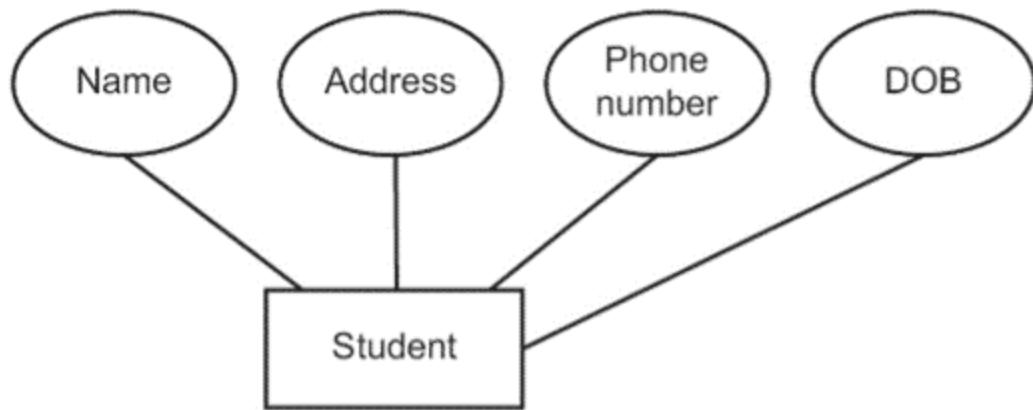
Los modelos ejecutables necesitan que les sean suministrados parámetros que representen el estado inicial.

Modelado de datos

Las soluciones computacionales deben procesar y almacenar datos como parte de sus funciones. Los algoritmos que realizan una solución trabajan con datos, así que deben conocer la estructura de los datos si los desean leer y almacenar adecuadamente. Como el diseñador de la solución, es su responsabilidad integrar el modelo de los datos a los algoritmos.

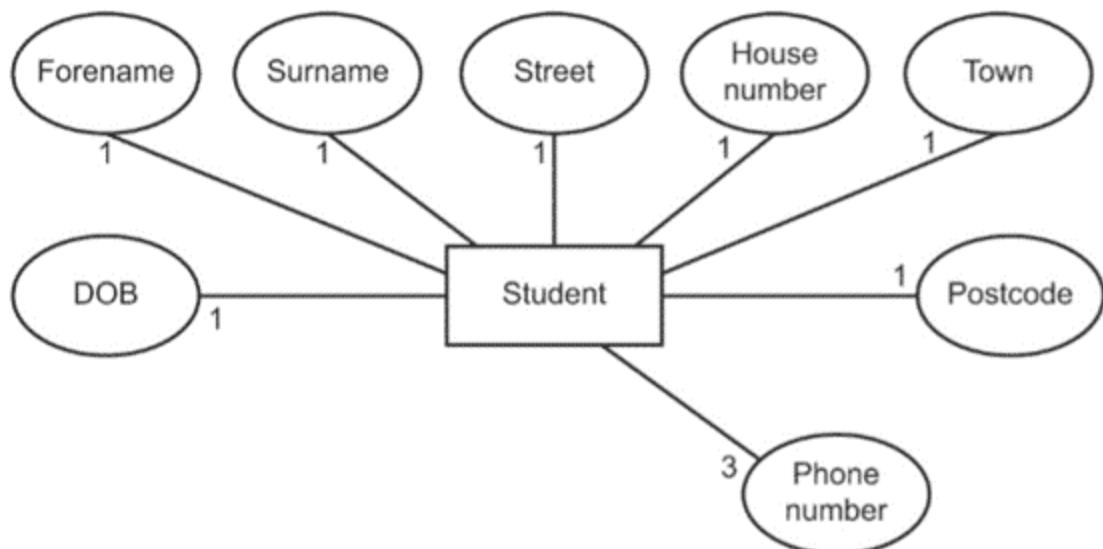
Para realizarlo de la mejor manera, se deben modelar los datos antes de detallar los algoritmos. De esta forma se tendrá más clara la comprensión de los tipos de datos con los que trabaja la solución y las relaciones entre ellos.

Por ejemplo, si su tarea es diseñar una solución para almacenar los registros de estudiantes universitarios, se deben tener muchas consideraciones en relación con los datos. Un modelo simple de estructura de registro de estudiante se muestra en la siguiente figura.



En este caso la entidad estudiante posee cuatro datos relacionados: nombre, dirección, número de teléfono y fecha de nacimiento (DOB). Si quisiera agregar más de un teléfono a un estudiante, debería agregar la cardinalidad a la relación.

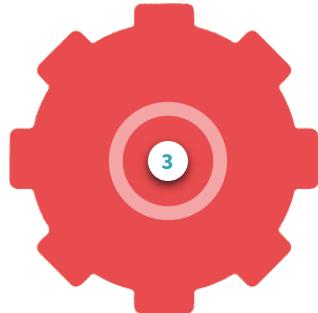
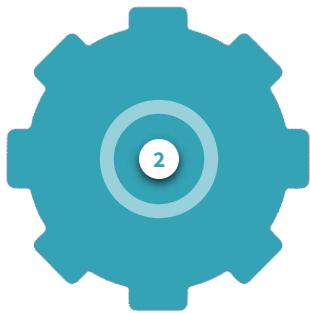
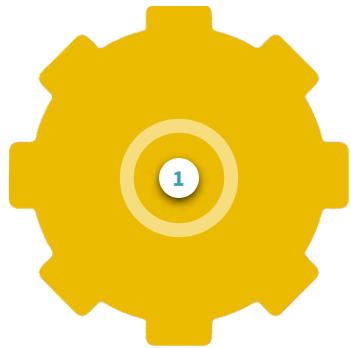
La **cardinalidad es una propiedad que describe el número de elementos de algo.**

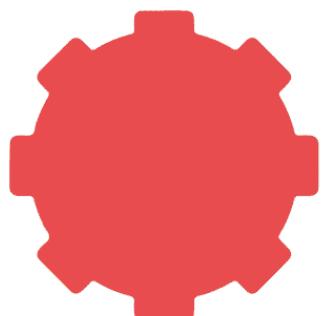
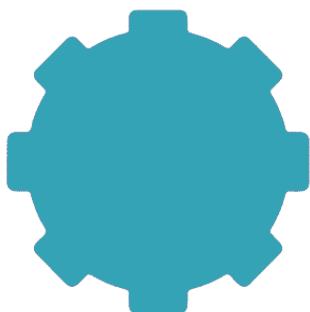
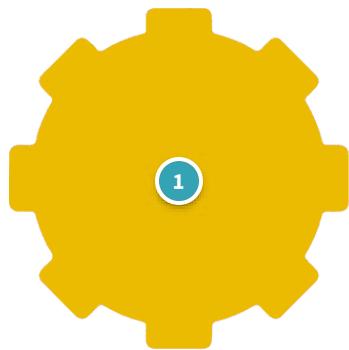


Si además, se requieren agregar otros datos del estudiante, el modelo con nuevos datos y cardinalidad añadida quedaría de la siguiente manera.

Modelado de interacción

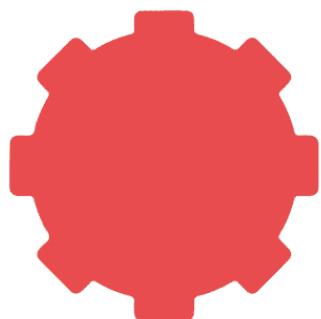
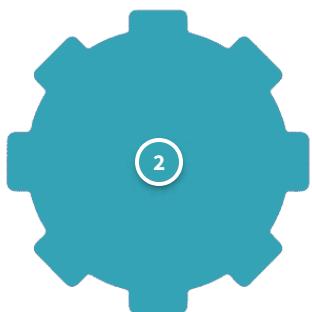
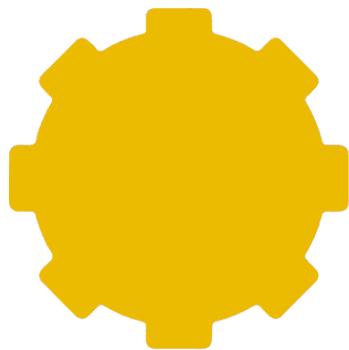
Si su solución integra algún tipo de interacción con el usuario, entonces se puede (o debe) modelar la interacción lo antes posible. Existen diferentes formas de hacerlo.





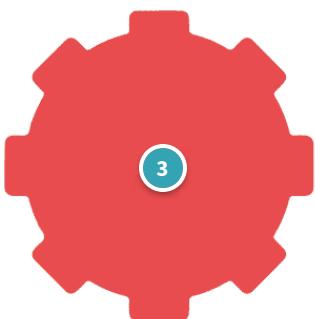
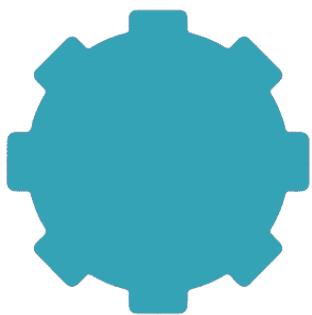
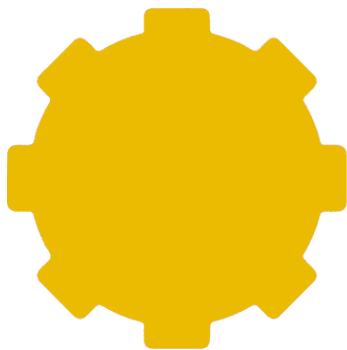
1.

Tomar el modelo de datos y **elegir los datos que el usuario visualizará** y manipulará. Esto permite visualización para el usuario y validación si los datos identificados son los correctos y necesarios.



2.

Modelar la navegación. Si el sistema provee muchas vistas, el usuario necesitará una forma de navegar entre ellas. Existen muchas reglas de usabilidad que permiten optimizar los diseños de navegación por parte de los usuarios. Esto se profundizará en otros módulos más adelante.



3.

Prototipar la interfaz del usuario. Crear un boceto o bosquejo del diseño de la interfaz del usuario, permitirá validarla de mejor manera, obtener retroalimentación del usuario y reorganizar el diseño, si fuera necesario. El proceso no tiene que ser sofisticado, puede realizarse en papel o con herramientas avanzadas.

Importante recordar

Para llevar a cabo el modelado, es importante recordar.

Propósito

La principal preocupación debe ser que el modelo sea útil. El propósito del modelo debe ser transmitir una idea. Modelar permite comunicar ideas a otras personas.

Formalidad

Algunos modelos tienen reglas específicas de cómo usarlos. Los símbolos tienen un significado específico, las entidades tienen ciertas relaciones, etc. Estos son modelos formales, por lo que se debe respetar su simbología y significados.

Fidelidad

Todos los modelos son aproximaciones, son intentos de simplificar los fenómenos reales mediante representaciones. Al realizar un modelo se debe preguntar, ¿qué nivel de fidelidad es aceptado?

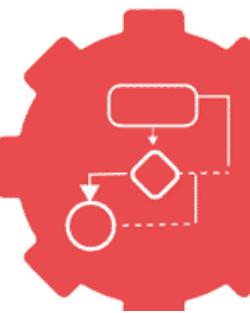
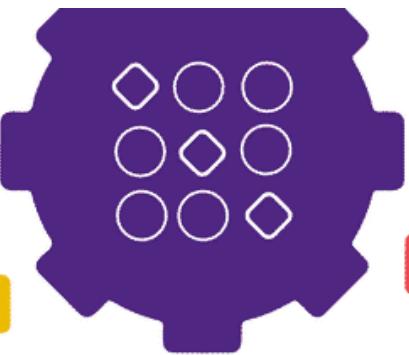
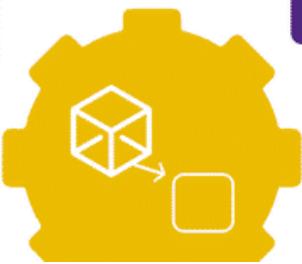
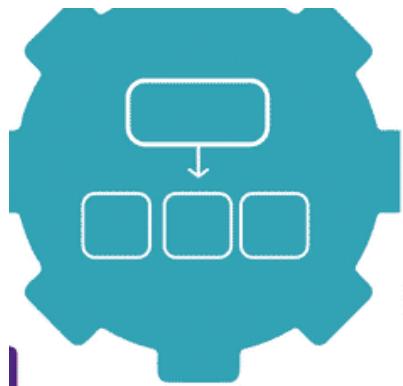
Precisión

Los valores en la vida real son continuos. Por ejemplo, entre 24.1 y 24.2 existen muchas posibilidades de valores, como 24.134 y uno más preciso 24.1342. Sin embargo, las computadoras trabajan con valores discretos, es decir que son únicos e individuales. Las computadoras almacenan datos al encender o apagar un pequeño grupo de transistores. Al modelar fenómenos continuos, generalmente se restringirán a una solución discreta. Es Ud. quien debe decidir qué tan precisa desea que sea su solución.

A manera de síntesis

En este módulo se introdujo el concepto de abstracción como clave para comprender las soluciones y hacerlas más poderosas; mediante la elección de los aspectos relevantes al contexto. La abstracción es un recordatorio para representar solo la esencia del problema. Existen diferentes niveles de abstracción según distintos puntos de vista.

El modelado es un tipo de abstracción, juega un papel importante en la resolución de problemas representando las partes clave de la solución. Esto permite comprender el sistema que se trata de construir, así como predecir un comportamiento eventual. Existen diferentes formas de modelos, puede elegir libremente cuál utilizar.



Recursos complementarios



Recursos complementarios

Abstracción

 YOUTUBE



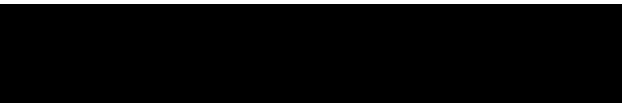
Abstraction - Computational Thinking

<http://www.education.rec.ri.cmu.edu> Learn about what abstraction is and how it helps us to solve problems.

VER EN YOUTUBE >

Abstracción

 YOUTUBE





What Is Abstraction in Computer Science

What is this "abstraction" programmers talk about? Why is it important? Learn to code, the humane way → <https://codexpanse.com/Support> the channel via Patreon...

VER EN YOUTUBE >

Mejorar la experiencia de usuario – Nielsen

YOUTUBE



Learn How to Improve UX with Nielsen's 10 Usability Heuristics

Learn how to improve UX with usability heuristics! Check out my Photoshop and Illustrator kits! 🎨 <https://bit.ly/3aWqZpF> Link to the Nielsen Norman Groups art...

VER EN YOUTUBE >



Actividad 1



Actividad 1



Instrucciones

Indicar si los siguientes enunciados son verdaderos o falsos.

Una abstracción se pierde cuando toma detalles en consideración.

Verdadero



Falso

SUBMIT

Una abstracción debe ser instanciada antes de ser ejecutada.



Verdadero



Falso

SUBMIT

Un modelo dinámico muestra los cambios de estado de algo a través del tiempo.

Verdadero

Falso

SUBMIT

Un grafo direccional es un modelo dinámico.

Verdadero

Falso

SUBMIT

La fidelidad describe la cercanía al valor real, la precisión describe el nivel de refinamiento de una medida.

Verdadero

Falso

SUBMIT

Actividad 2



Actividad 2



Instrucciones

Ordene los siguientes niveles de abstracción, empezando del más general y terminando en el más específico.

- Pingüino
- Pájaro
- Tommy el pingüino
- Animal
- Pingüino emperador

Diríjase a la plataforma para subir su actividad en el espacio correspondiente.

Actividad 3



Actividad 3



Para rentar un auto, ¿qué de lo siguiente es necesario que conozca una compañía que provee el servicio? Para cada dato, explique por qué.

- El kilometraje del auto.
- La estatura del cliente.
- El número de ruedas que tiene el auto.
- El nivel de gasolina del auto.
- El ID de licencia de motocicleta de la persona que alquilará el auto.

Diríjase a la plataforma para subir su actividad en el espacio correspondiente.

Actividad 4



Actividad 4



Instrucciones

Un sitio web de compras permite realizar transacciones en línea y programar entregas a domicilio. A continuación, algunos hechos:

- Ud. puede crear una orden y usarla para agregar varios productos.
- Cuando Ud. está satisfecho con una orden, puede anotarlo en el sistema.
- Las personas que trabajan en la compañía pueden revisar su orden y confirmar que fue entregada. Ud. es informado por correo electrónico.
- Cuando los productos son empacados y enviados, la orden cambia de estado a "entregada".

- La orden puede ser cancelada en cualquier momento, antes de su confirmación.

Modele todos los posibles escenarios de una orden usando un diagrama de estados.

Diríjase a la plataforma para realizar la actividad en el espacio correspondiente.

Actividad 5

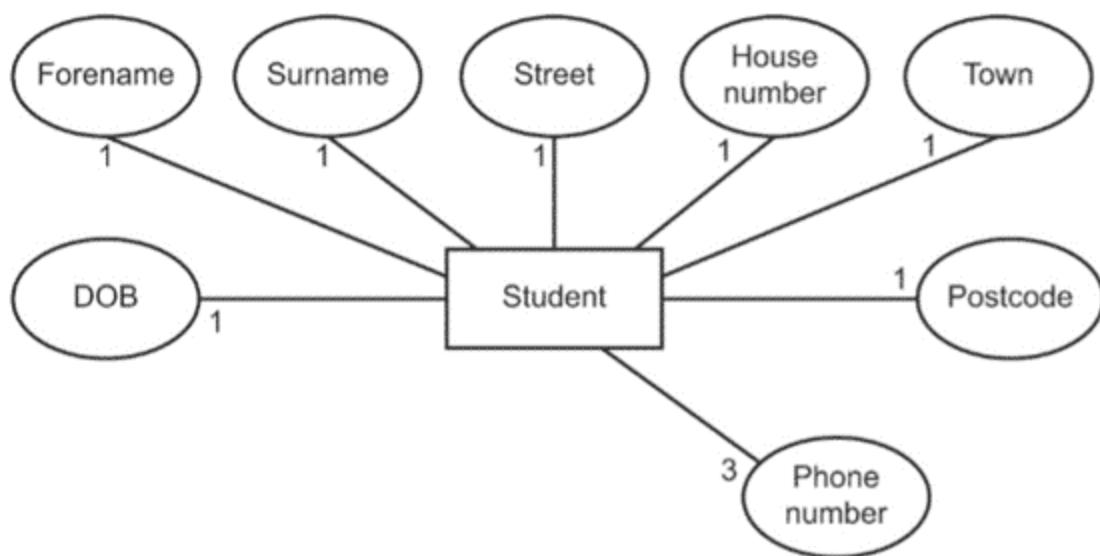


Actividad 5



Instrucciones

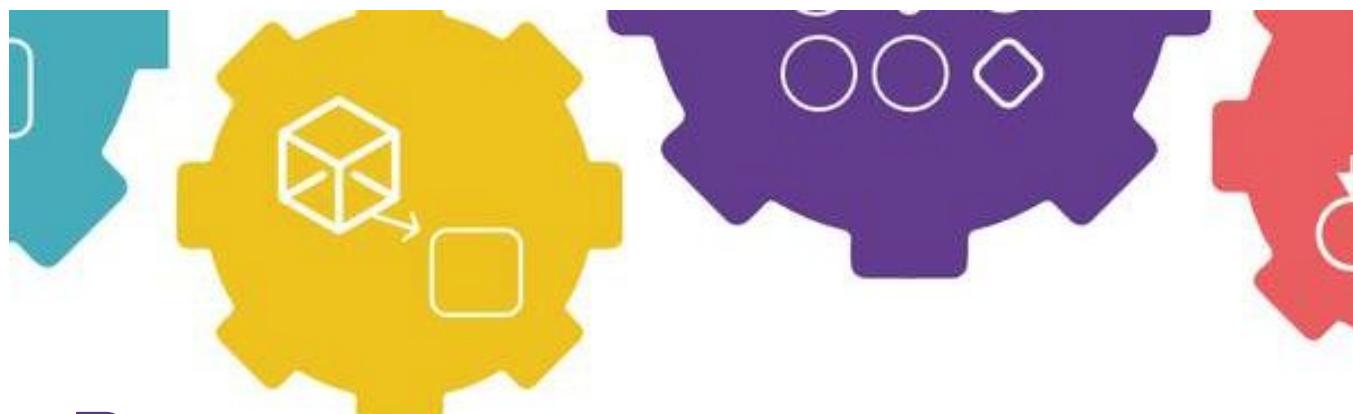
Considerando este diagrama.



Amplíelo para que se registren las notas de los estudiantes. Asumiendo que un estudiante está inscrito a un máximo de 8 cursos y cada curso posee una nota estimada y una nota real.

Diríjase a la plataforma para subir la actividad en el espacio correspondiente.

Recursos



Recursos

Instrucciones:

Consultar con su profesor sobre los retos a realizar en el laboratorio y los materiales que se deben llevar.



Rúbrica de evaluación



Rúbrica



Descargue la siguiente rúbrica de evaluación.



Rúbrica de Evaluación.pdf

142.3 KB

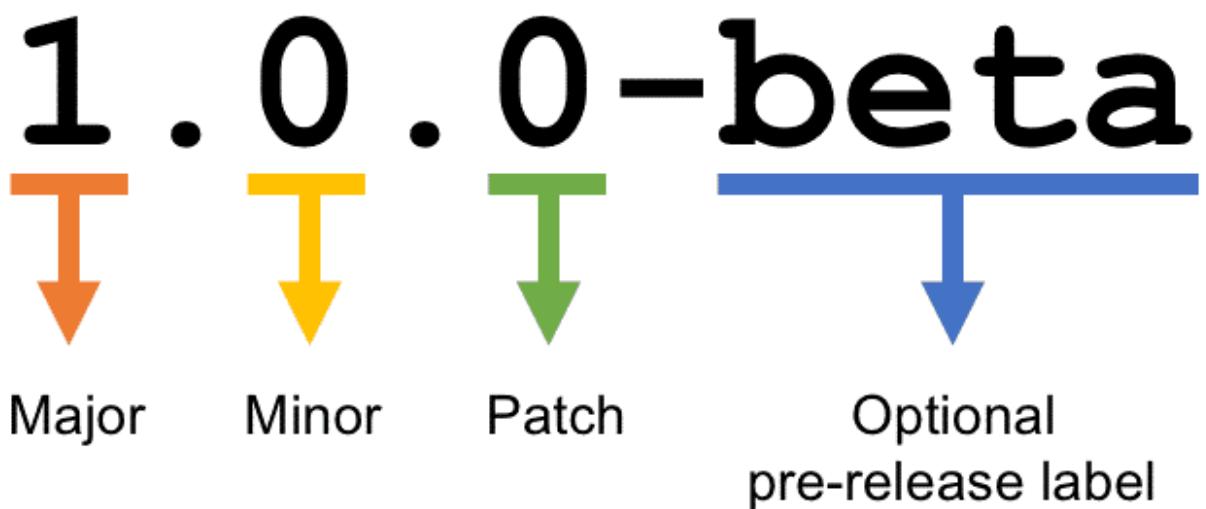


Diario de experiencias de laboratorio



Diario de experiencias del laboratorio

Cada práctica de laboratorio deberá publicarse en una carpeta en el diario de experiencias de laboratorio, bajo la versión 1.0.0.



Referencias

Referencias

Bordigon, F. e Iglesias, A. (2020). Introducción al pensamiento computacional. Universidad

Pedagógica Nacional, Educar Sociedad del Estado y el Ministerio de Educación Argentina.

Beecher, K. (2017). Computational Thinking. A beginner's guide to problem-solving and programming.

ISTE (2018). Computational Thinking. Meets Students Learning. International Society for Technology in Education.

MIT (2022). Computational Thinking, a live online Julia/Pluto textbook. Julia: A Fresh Approach to Computing. computationalthinking.mit.edu. Massachusetts Institute of Technology

Pourbahrami & Tritty (2018). Computational Thinking: How Computer Science Is Revolutionizing Science and Engineering. ENGenious (15) 8-11.
<https://resolver.caltech.edu/CaltechCampusPubs:20181025-110029157>.

Créditos

