



Cofinanciado por
la Unión Europea



L1.1 Conceptos de modelado 3D

Apuntes

Autor(es)/Organización(es):

Ariana Kubart, Ocellus Information Systems AB

Licencia



<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>

Versión

Version 2.0

Date: Mayo 2025

Resumen

Esta lección proporciona la introducción al modelado geográfico 3D y es posible realizarla sin conocimientos previos de SIG 3D. Comienza con varios conceptos diferentes de visualización 3D y explica cómo difieren según el área de uso. El estudiante aprende brevemente sobre los modelos de vóxeles y más profundamente sobre la creación de modelos de malla de realidad, con ejemplos del mundo real.



Resultados de aprendizaje

Al final de esta clase, se espera que el alumno sea capaz de

1. Comprender los conceptos principales y los diferentes tipos de modelado geográfico 3D
2. Comprender los principios de los modelos ráster / vóxel 3D
3. Describir la creación y las ventajas de los modelos de malla de realidad

Competencias esperadas al ingresar a la clase magistral

Conocimientos básicos de GIS

Carga de trabajo esperada

10 diapositivas con contenido de aprendizaje, aproximadamente 2 horas

Financiado por la Unión Europea. Las opiniones y puntos de vista expresados solo comprometen a su(s) autor(es) y no reflejan necesariamente los de la Unión Europea o los de la Agencia Ejecutiva Europea de Educación y Cultura (EACEA). Ni la Unión Europea ni la EACEA pueden ser considerados responsables de ellos.




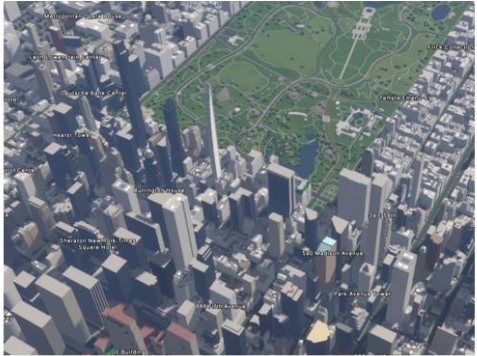
Contenido

¿Por qué 3D?	4
Modelos Digitales del Entorno Construido.....	6
Obtención de datos 3D.....	7
Diferentes representaciones 3D.....	8
Modelos 3D de alta calidad gráfica	9
Modelos de la industria AEC.....	10
Modelos 3D relacionados con geomáticos / SIG.....	11
Ráster 3D = modelo de vóxel.....	12
Vóxeles en el modelado de ciudades	13
Modelos de ciudad de malla de realidad I	14
Modelos de ciudad de malla de realidad II	15
Referencias	16



Conceptos de modelado 3D

¿Por qué 3D?

- El mundo está en 3D
 - Ejes X, Y y Z
- 
- 
- Figuras: el centro de Nueva York en un mapa 2D y como modelo 3D (ambos basados en Open Street Maps)
 - Mejor comprensión de las formas de los objetos y las relaciones espaciales
 - Muchos análisis solo son posibles en 3D (por ejemplo, ruido, inundaciones)

4

¿Por qué 3D?

El mundo es 3D. Por lo tanto, el modelo 3D mejora la visualización del mundo real, en comparación con el mapa 2D.

Podemos ver la diferencia en las cifras. Ambos muestran partes centrales de Nueva York y se basan en Open Street Map.

Como sabemos, el 2D tiene ejes x e y. El espacio 3D también tiene un eje z, junto con los ejes x e y. El eje z muestra la altura del objeto.

Añadir esta tercera dimensión nos ayuda a comprender mejor la distribución de los objetos y la relación espacial entre ellos. Por lo tanto, hay muchas aplicaciones que solo son posibles en 3D, como los análisis de ruido, sombra o inundación.

Los edificios, los terrenos y las infraestructuras se pueden modelar en 3D. En este curso, nos centraremos en la representación 3D del entorno construido.



Cofinanciado por
la Unión Europea





Conceptos de modelado 3D

Modelos Digitales de Entorno construido

Diferentes técnicas para
crear modelos 3D

Información 3D:

- Geométrico
- Topológico
- Semántica

Abstracción: limitación de la
complejidad del modelo, por
ejemplo, partes internas



https://static.turbosquid.com/Preview/2018/11/07__08_45_37/1.jpgF16C9D5E-43CF-473A-9052-87F6D4FCEF1DZoom.jpg

Modelos digitales del entorno construido

Los modelos de ciudades en 3D se pueden derivar de varias técnicas de adquisición. Es por eso que pueden variar mucho en estructura, formato y características (como veremos más adelante).

En cualquier caso, los modelos 3D pueden combinar una mezcla de información geométrica, topológica y semántica.

La información geométrica es la descripción de la forma.

La información topológica muestra adyacencias y conectividad.

El semántico describe los atributos y otras propiedades de los objetos.

Pero en la práctica, es deseable limitar la complejidad solo a los aspectos que realmente se necesitan para las aplicaciones planificadas. Un ejemplo puede ser la eliminación de las partes internas de los edificios, cuando dicha información no es necesaria.

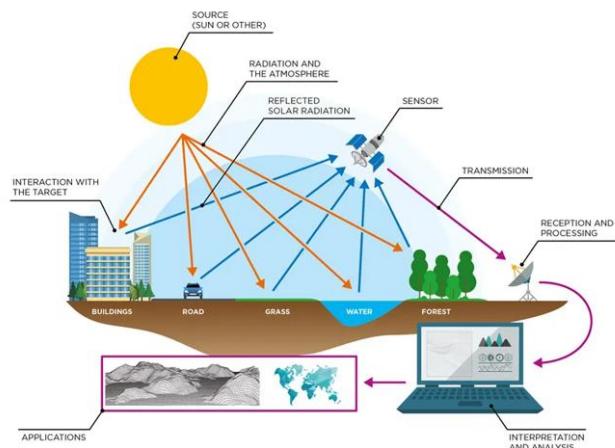


Esta limitación de la complejidad se denomina abstracción.

Conceptos de modelado 3D

Obtención de datos 3D

- Métodos tradicionales: escáneres láser estacionarios
- Teledetección: láser, radar, cartografía móvil
- Fotogrametría: imágenes digitales, fotografía aérea
- Extracción de huellas 2D
- Conversión a partir de modelos arquitectónicos



Remote sensing. Source: <https://i0.wp.com/geolearn.in/wp-content/uploads/2022/09/Remote-Sensing-Process.jpg>

6

S

Obtención de datos 3D

Tendremos todo un curso especializado en la adquisición de los datos 3D (2. 3D Tratamiento de datos). Pero aquí resumimos brevemente los métodos:

En primer lugar, están las mediciones tradicionales, como el uso de escáneres láser estacionarios.

Luego están los métodos basados en la teledetección, es decir, en los reflejos de las ondas electromagnéticas, incluido el escaneo láser (también llamado LiDAR), el radar o los sistemas de cartografía móvil (como los coches de Google con escáneres LiDAR).

La tercera técnica común es la fotogrametría, es decir, la reconstrucción a partir de imágenes digitales.

Estas mediciones "en bruto" se procesan y ensamblan para crear objetos 3D más complejos.



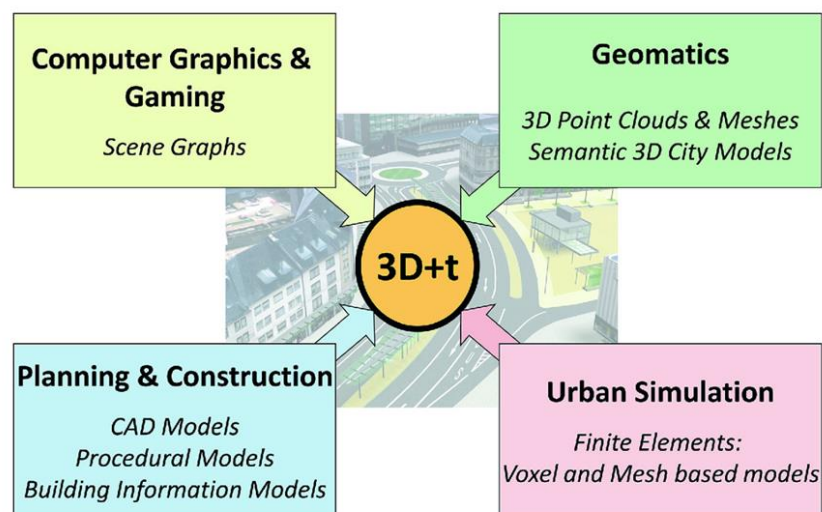
Además, los modelos de ciudades en 3D pueden extraerse de huellas en 2D o convertirse a partir de dibujos arquitectónicos.

Conceptos de modelado 3D

Diferentes 3D Representaciones

Varias formas de información 3D
Diferentes alcances e industrias

- Modelos de alta gráfica
- Modelos de alto detalle
- Modelos relacionados con SIG
- Rásteres de vóxeles 3D



Kolbe & Donaubaug (2021): Semantic 3D City Modelling and BIM in: W. Shi et al. (eds.), Urban Informatics, The Urban Book Series

7

Diferentes representaciones 3D

Los edificios y las ciudades en 3D se han abordado de varias maneras. Estas formas difieren en el enfoque, la estructura del modelo y el formato de intercambio, como se resume en la figura.

Podemos ver que hay modelos visuales con gráficos muy avanzados, modelos muy detallados de la industria AEC (Arquitectura, Ingeniería y Construcción), modelos relacionados con SIG, así como rásteres 3D.



Cofinanciado por
la Unión Europea



Conceptos de modelado 3D



Modelos 3D de alta calidad gráfica

Modelos 3D centrados en la
visualización de alta calidad



<https://kartta.hel.fi/3d/mesh/>



[3d-environment-design-for-game-3d-model-low-poly-animated-fbx-uasset.jpg \(2688x1512\) \(cgtrader.com\)](#)

Común como entorno de juego
Algunos modelos de ciudad

8

Modelos 3D de alta calidad gráfica

En primer lugar podemos nombrar modelos visuales en 3D. Su objetivo es una visualización 3D de muy alta calidad, pero no dividen el entorno en objetos individuales y, como tales, no proporcionan información sobre las propiedades de los objetos.

Dichos modelos a menudo se desarrollan y utilizan en gráficos por computadora y juegos.

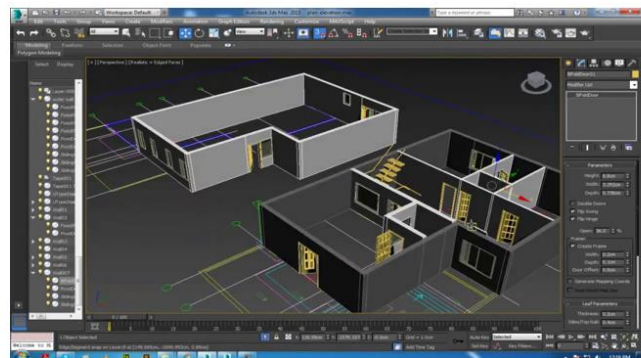
Ejemplos reales de modelos visuales son algunos de los modelos de ciudades, por ejemplo, el modelo de malla de Helsinki, o los modelos de Berlín, Estocolmo, etc. Volveremos a estos modelos de ciudad más adelante en el curso.



Conceptos de modelado 3D

Modelos de la industria AEC

- Enfócate en los detalles
- Pequeña escala (solo un activo)
- Mucha información del objeto
- Modelos CAD y BIM



Up: 3D model in AutoCAD

<https://cougardrafting.com/wp-content/uploads/2020/05/maxresdefault2.jpg>

Left: BIM model

<https://www.ckvango.com/wp-content/uploads/2015/11/bim-modeling-rendering.jpg>

9

Modelos de la industria AEC

Los modelos de AEC Industry (Arquitectura, Ingeniería y Construcción) también son muy gráficos, pero se centran principalmente en los detalles y en los objetos individuales. También proporcionan información muy detallada sobre la geometría y las propiedades de los objetos, que es necesaria para los objetivos de planificación y construcción.

El modelado de información de construcción (BIM, a la izquierda en la diapositiva) pertenece a esta categoría y se aborda en nuestro curso-módulo separado (Introducción a BIM). Justo en la diapositiva, también hay un modelo CAD (Diseño Asistido por Computadora). Aunque Cad todavía se usa en AEC, BIM es la tecnología más avanzada hoy en día.



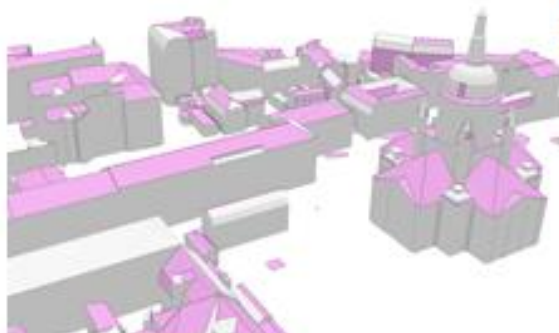
3D Geoinformation and City Models



Co-funded by
the European Union

Geomatic / GIS models

- 3D point clouds
- 3D meshes
- Semantic city models– individual object and properties



Up: point-cloud from laser scanning

<https://www.laxiscanning.com.au/files/2014/04/6736-image-3.jpg>

Left: semantic city model of Stockholm

Downloaded from: [Dataportalen \(stockholm.se\)](http://dataportalen.stockholm.se)

30

Modelos 3D relacionados con geomáticos / GIS

El tercer dominio del modelado 3D es el relacionado con los GIS.

Incluye los típicos modelos de ciudades en 3D, visualizando la geometría 3D, la topología 3D y, en el mejor de los casos, incluso los atributos temáticos y las interrelaciones lógicas entre los objetos. Si se incluyen estos atributos, es decir, la información semántica, los modelos se denominan modelos semánticos de ciudades 3D. Los modelos semánticos son el foco principal de este bloque de cursos.

Para obtener más información sobre fotogrametría, escaneo láser y nubes de puntos 3D, consulte el segundo bloque de este curso, llamado procesamiento de datos 3D.

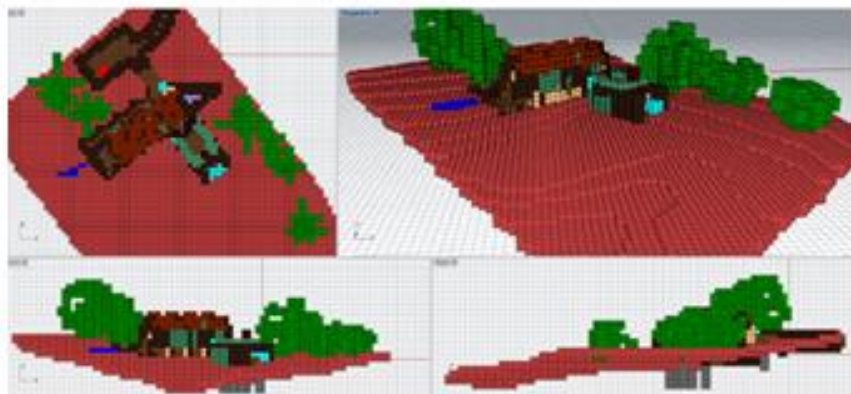


3D Geoinformation and City Models



3D raster = voxel model

- voxel is 3D parallel to 2D pixel in a raster map
- voxel models are 3D equivalent of 2D rasters
- precision based on the grid size



From: Ohno, Ledoux, and Peters (2020-2022): 3D modelling of the built environment, page 31

- Distribution and simulations of continuous variables (e.g. wind speed, air temperature)

11

Ráster 3D = modelo de vóxel

El último en nuestra lista de diferentes representaciones 3D es el ráster 3D, también llamado modelo de vóxel.

Un vóxel es paralelo en 3D al píxel 2D en un mapa ráster 2D. Los modelos de vóxel son entonces equivalentes 3D de rásteres 2D.

Y, de forma similar a los rásteres 2D, los modelos de vóxeles 3D tienen una precisión limitada en función del tamaño de la cuadrícula. Disminuir el tamaño de la cuadrícula aumentará la precisión, pero también crecerá a tamaños muy grandes en términos de memoria.

La voxelización se basa en la descomposición del espacio urbano en elementos finitos. Podemos imaginarlo como dividir todo el espacio en cubos equivalentes de un volumen dado.



Los modelos de vóxeles son fáciles de crear y entender, en comparación con, por ejemplo, los modelos 3D de malla o semánticos. Incluso los cálculos que utilizan vóxeles son mucho más sencillos que los que utilizan otras representaciones.

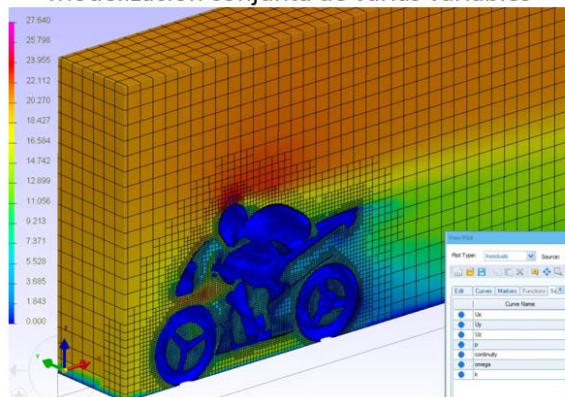
Otra ventaja importante de los vóxeles es que pueden representar la distribución tridimensional de variables continuas. (Se refiere a variables cuantitativas que pueden tomar cualquier valor dentro de un determinado rango o intervalo). Como ejemplos podemos nombrar la velocidad del viento, la humedad del suelo, la contaminación del aire, la salinidad del agua, etc. .

sS

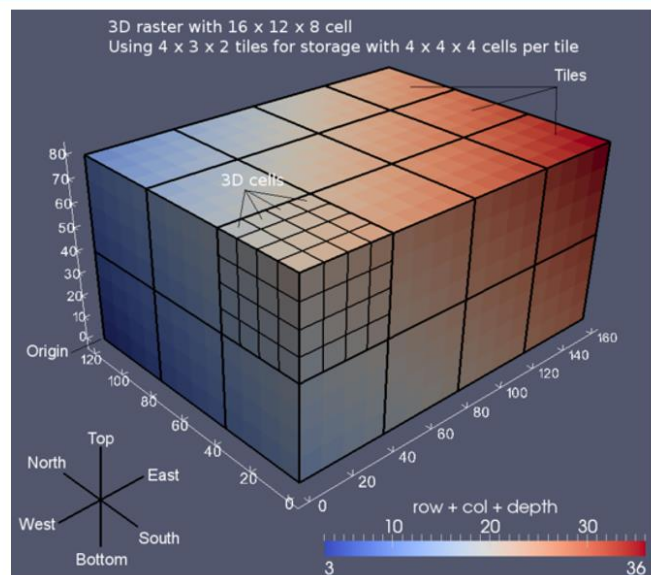
Conceptos de modelado 3D

Vóxeles en el modelado de ciudades

- Tanto los espacios construidos como los vacíos se pueden visualizar mediante vóxeles para cubrir todo el espacio
- Modelización conjunta de varias variables



<https://www.techyv.com/sites/default/users/Images-Folder/OpenFOAM-1.png>



https://grass.osgeo.org/grass82/manuals/raster3d_layout.png

12

Vóxeles en el modelado de ciudades

Todas las características urbanas, es decir, tanto los espacios construidos como los circundantes, pueden representarse mediante vóxeles.



Los valores de múltiples variables (tanto cualitativas como cuantitativas, <https://www.mygreatlearning.com/blog/types-of-data/>) se pueden definir para cada píxel y usarse en los cálculos.

Un ejemplo de este tipo de simulación puede ser la modelización de la dispersión de la contaminación. Todos los vóxeles que representan el espacio aéreo urbano tienen un vector de parámetros para la dirección del viento, la velocidad del viento, la temperatura del aire y las concentraciones de contaminantes específicos.

Otro ejemplo es la simulación de la demanda de energía térmica de los edificios. Los vóxeles de construcción proporcionan información sobre, por ejemplo, el tipo de uso y sobre la física de la construcción, como el aislamiento de paredes, techos y ventanas. Y estos se pueden combinar con propiedades de espacio aéreo alrededor del edificio.

Se pueden utilizar unidades temporales finales, de modo que es posible simular el ráster 3D en diferentes tiempos.

Conceptos de modelado 3D



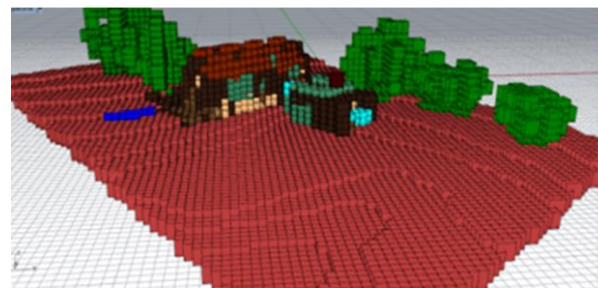
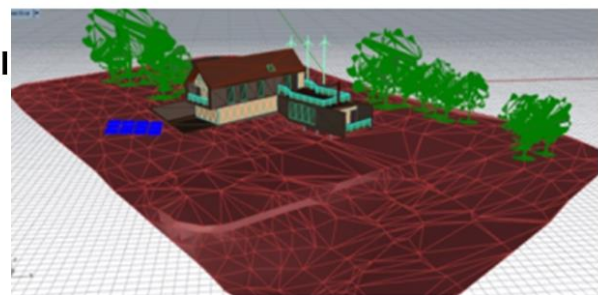
Modelos de ciudad en malla de realidad I

Si los vóxeles no son adecuados:

División de superficies en triángulos =
mallado

Características decididas, por ejemplo,
ángulos mínimos, también método de
elementos finitos

Figuras: comparación de malla (arriba) y
vóxeles (abajo) para los mismos objetos



From: Ohori, Ledoux, and Peters (2020-2022): 3D modelling of the built environment, page 31

13

Modelos de ciudad en malla de realidad I



Para cierta simulación, el modelo de vóxeles no es óptimo y es mejor utilizar modelos geométricos y fotorrealistas muy detallados.

Dichos modelos se basan en fotos aéreas, nubes de puntos LiDAR o una combinación de ambas. Los datos se agrupan en el modelo de ciudad mediante un software especializado.

El techo, las paredes y otras superficies se pueden dividir en triángulos en un proceso llamado mallado. Las figuras muestran la comparación entre un vóxel y un modelo basado en malla.

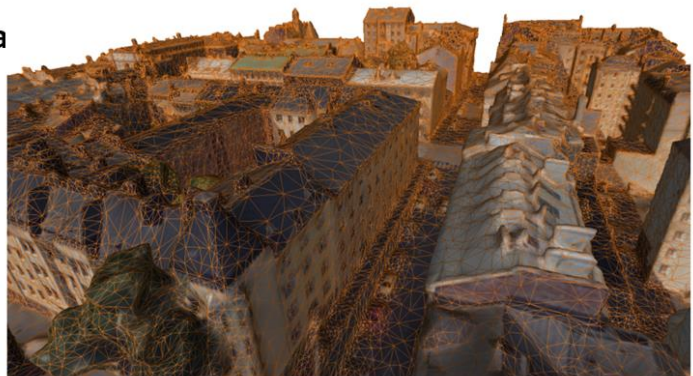
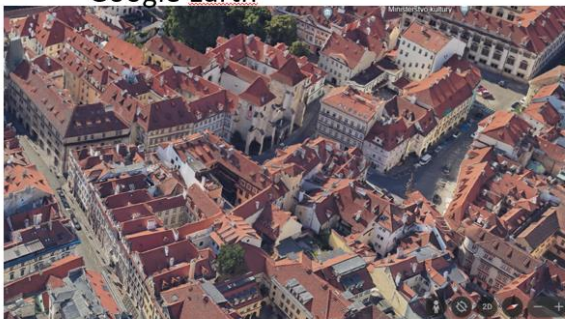
Se pueden decidir ciertas características de la división, como los ángulos mínimos. Por lo tanto, el mallado también se cuenta como un método de elementos finitos.

Conceptos de modelado 3D



Modelos de ciudad en malla de realidad

- Los modelos de malla triangular son rápidos y rentables de crear
- Primera generación de modelos de ciudad
- Google Earth



Up: Reality-mesh of Helsinki city model
From: [Ohuri, Ledoux, and Peters \(2020-2022\)](#): 3D modelling of the built environment, page 91

Left: Mesh-based model from Google Earth
Example of Prague, [Google Earth](#)

14

Modelos de ciudad en malla de realidad II

Esta abstracción de superficies en mallas triangulares es rápida y rentable. Es posible crear estos modelos geométricos y fotorrealistas para ciudades enteras de forma automatizada.



Cofinanciado por
la Unión Europea



Los modelos basados en mallas están disponibles para muchas ciudades y, por lo general, se puede navegar libremente a través de las páginas web de las ciudades. Incluso Google Earth utiliza modelos de malla, también disponibles gratuitamente.

Podemos decir que la primera generación de modelos de ciudades en 3D fueron modelos de malla de realidad. Sin embargo, muchas aplicaciones no solo necesitan datos sobre la geometría 3D de las superficies y sus características gráficas (como en un modelo de malla).

Para muchas aplicaciones, es necesario dividir el modelo en objetos individuales. Por ejemplo, para definir: esto es una casa y esto es otra casa, y esto es un árbol.

Tales modelos, en los que las cosas del mundo real se caracterizan como objetos individuales, se denominan "semánticos". En el mejor de los casos, los objetos de los modelos semánticos tienen incluso propiedades específicas e interrelaciones definidas. Y estos modelos semánticos son el tema de la próxima clase.

Referencias

Ken Arroyo Ohori, Hugo Ledoux, and Ravi Peters (2020-2022): 3D modelling of the built environment

The latest version of this book can be downloaded in PDF at <https://github.com/tudelft3d/3dbook/releases>

Thomas H. Kolbe and Andreas Donaubaue (2021): Semantic 3D City Modeling and BIM in: W. Shi et al. (eds.), Urban Informatics, The Urban Book Series