



Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática
E.A.P. Ingeniería de Sistemas

REPRESENTACION Y MODELADO

COMPUTACION GRAFICA

Docente: Lic. John Ledgard Trujillo Trejo

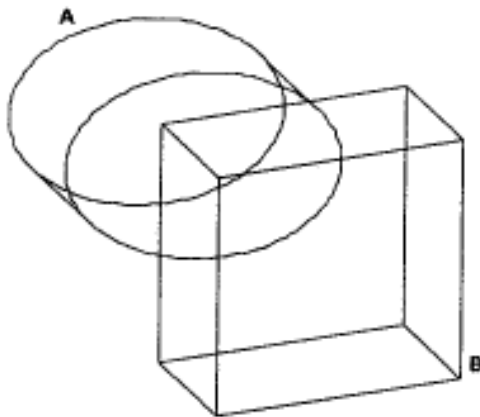
lunes, 11 de enero de 2010



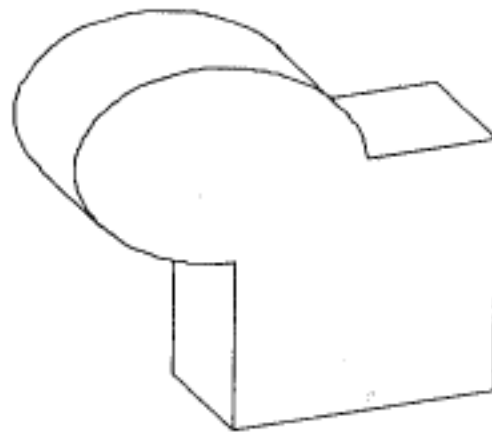
- La geometría constructiva de sólidos (CSG) no representa explícitamente la geometría del sólido, si no que lo describe como una expresión booleana, en la que intervienen primitivas (sólidos básicos predefinidos).

$$\text{Sólido} = T_{g1}(\text{Sólido}_1) \text{ OpB } T_{g2}(\text{Sólido}_2) \mid T_{g3}(\text{primitiva})$$

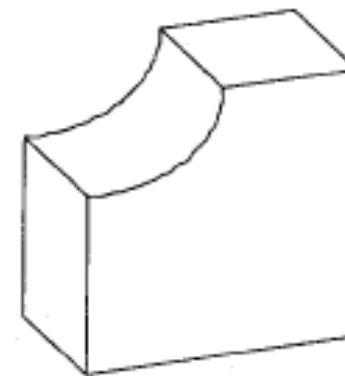
donde las T_g son transformaciones geométricas y OpB es una operación booleana (\cup , \cap o $-$).



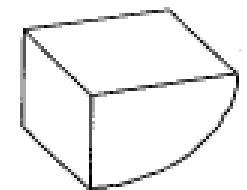
DOS OBJETOS



UNION $B + A$



DIFERENCIA $B - A$

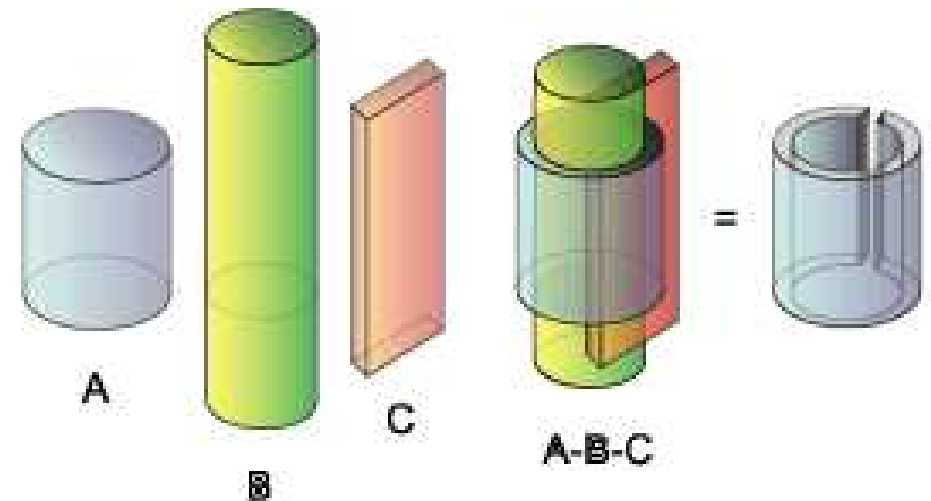


INTERSECCION $B \cap A$



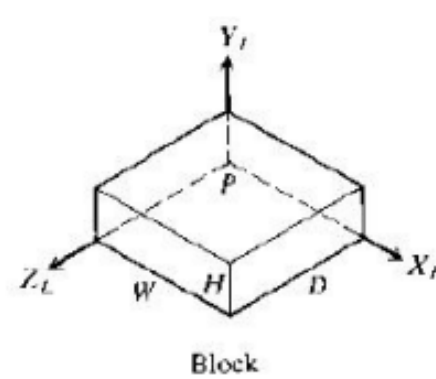
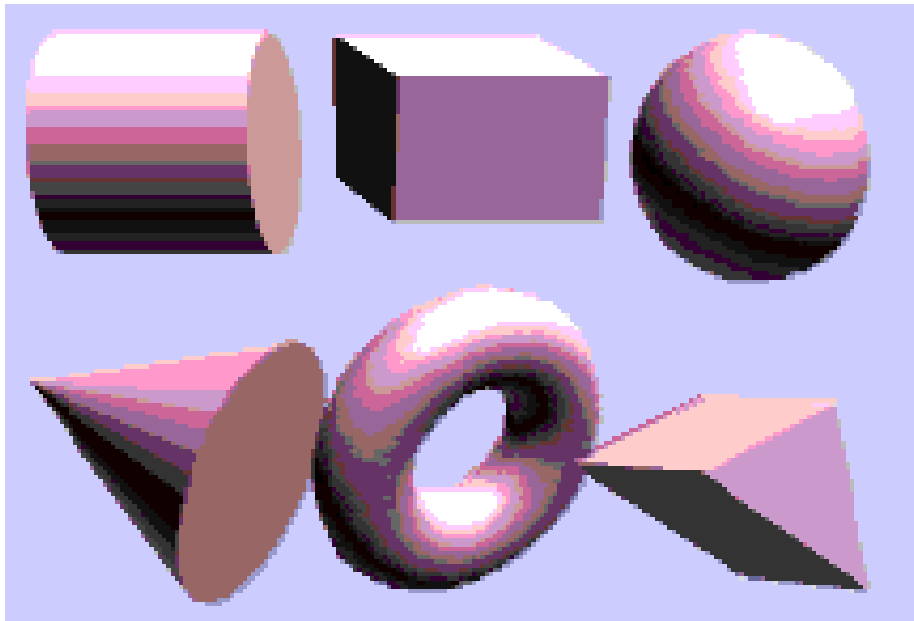
Formas de Representación de Objetos: CSG

- Los primitivos son puros, como en el caso donde un cubo y un cilindro están juntos pero no combinados.
 - Los primitivos también pueden ser super primitivos; o sea que, los primitivos por sí mismo podrían ser combinaciones de sólidos.
- **Sólido:** conjunto de primitivas combinadas por operaciones booleanas.
 - Las primitivas se introducen a través de una localización, geometría y orientación:
 - BLOQUE: Origen, altura, anchura, profundidad.
 - CILINDRO: Origen, radio y longitud.
 - CONO: Origen, radio base, radio superior y altura.
 - ESFERA: Centro y radio (diámetro).
 - CUÑA: Origen, altura, anchura y profundidad de la base.
 - TORO: Centro, radio interno y radio externo.

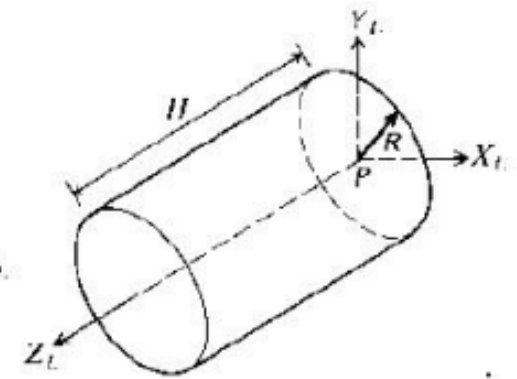




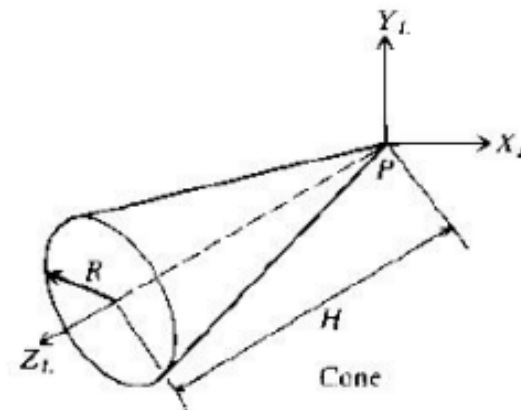
Formas de Representación de Objetos: CSG



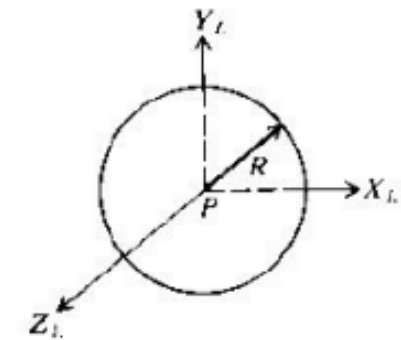
Block



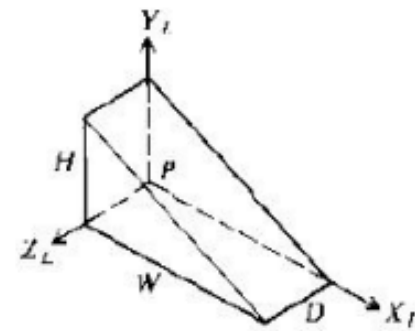
Cylinder



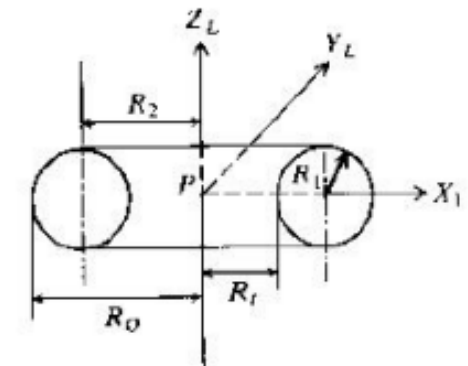
Cone



Sphere



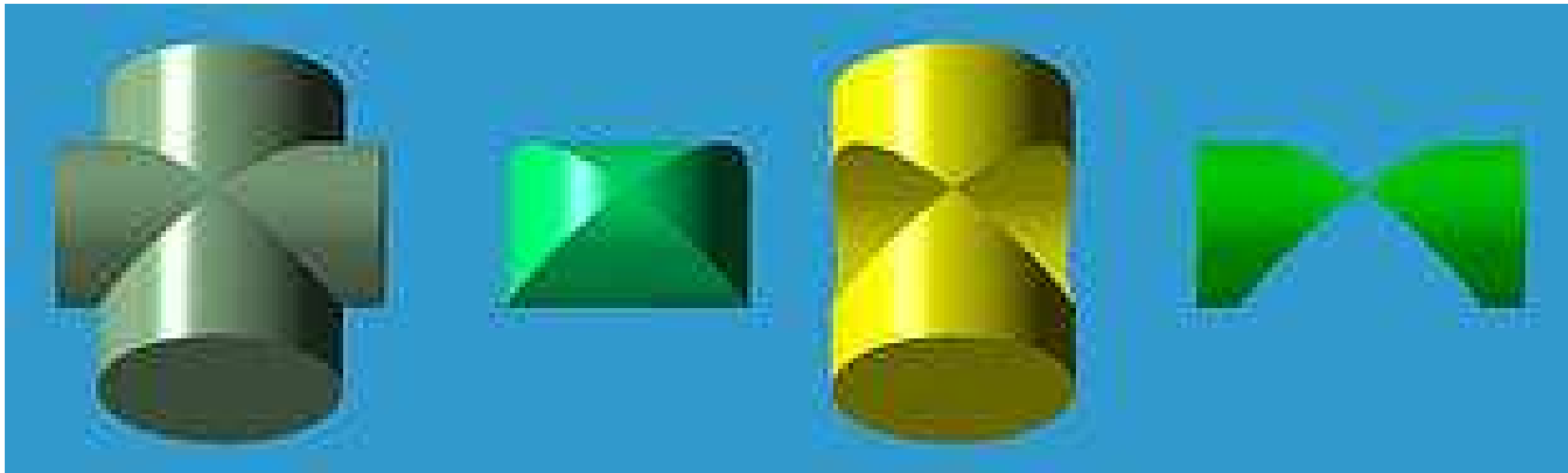
Wedge



Torus



- Las operaciones pueden ser transformaciones u operaciones booleanas (unión, intersección, diferencia, etc).



$$A \cup B$$

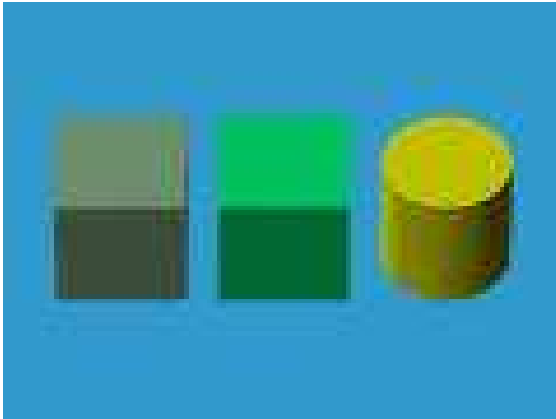
$$A \cap B$$

$$A - B$$

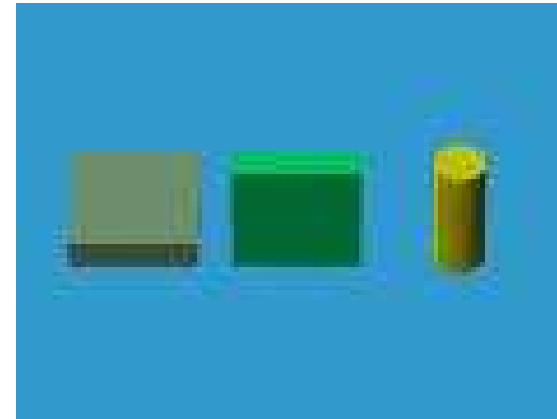
$$B - A$$



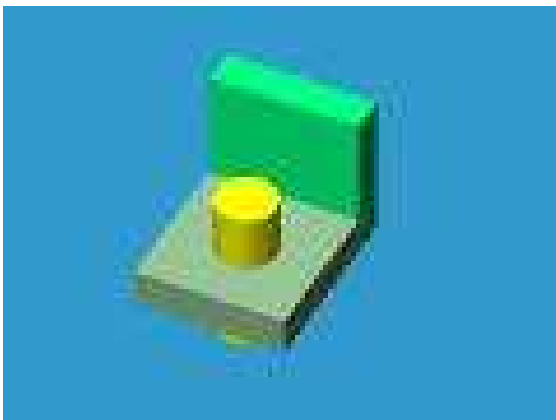
Formas de Representación de Objetos: CSG



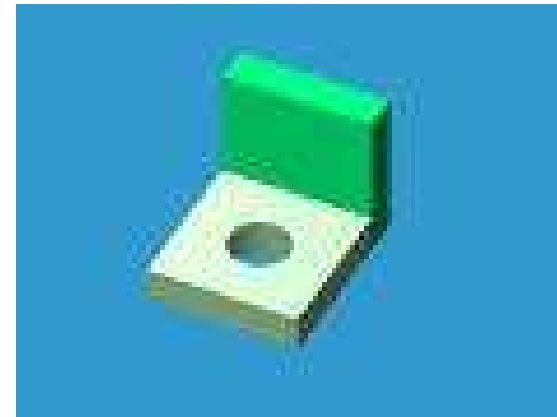
Instancias



Escalado y rotación



Unión de los bloques

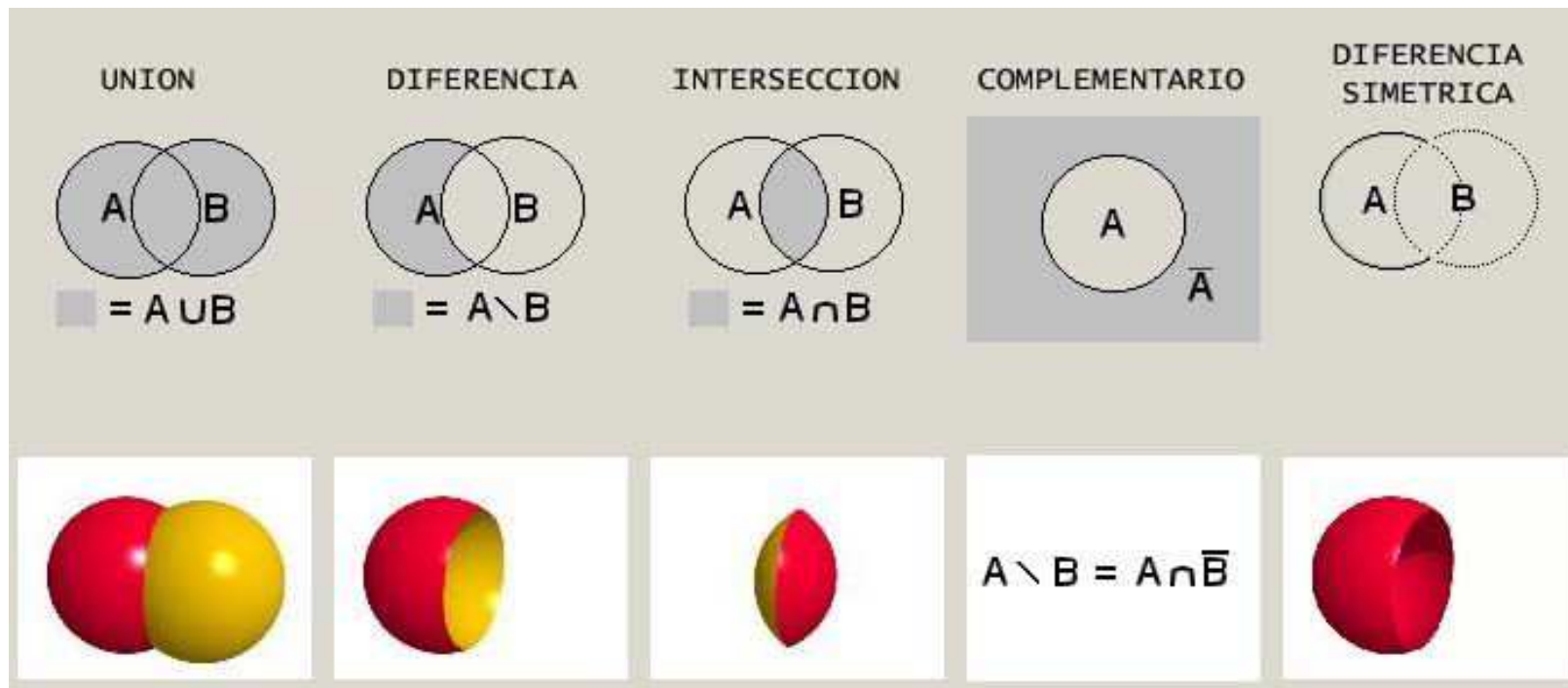


Substracción de los bloques



➤ Operaciones booleanas:

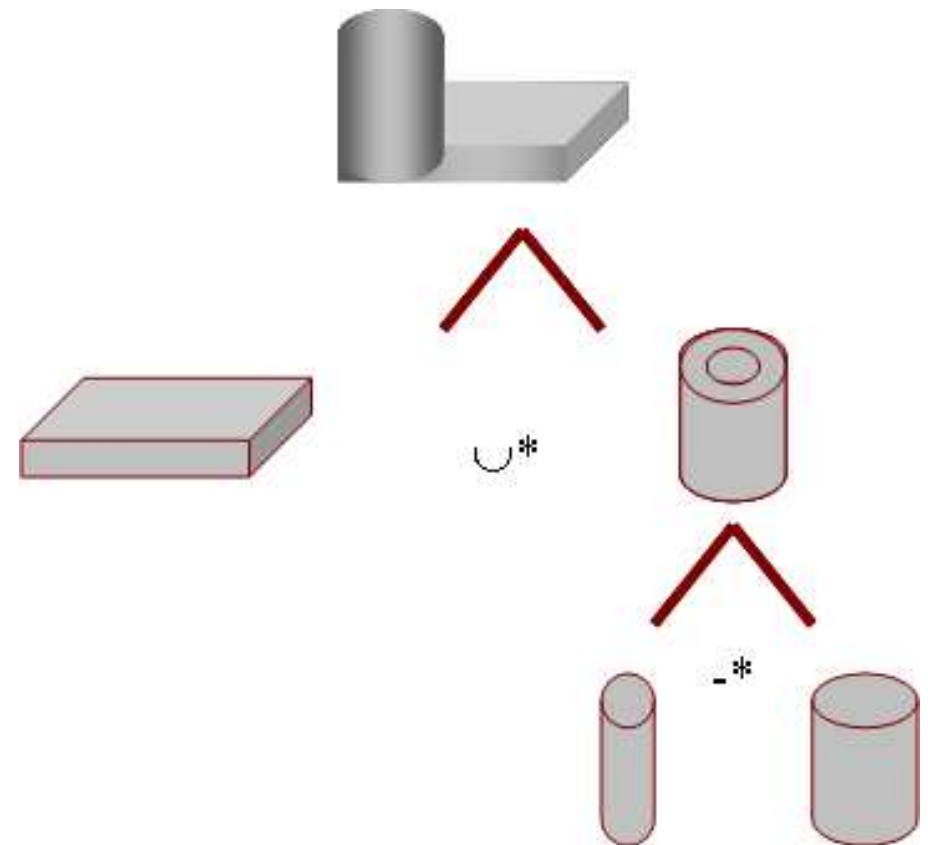
- Unión
- Intersección
- Diferencia
- Complementario
- Diferencia simétrica





Formas de Representación de Objetos: CSG

- Los objetos se guardan como árboles
 - con operaciones
 - booleanas regularizadas como nodos internos
 - geométricas
 - con sólidos primitivos en los nodos externos (hojas)
- Las hojas representan objetos básicos.
- Los nodos internos representan operaciones entre los subobjetos.
- Como las operaciones no son conmutativas en general el árbol tiene un orden explícito de recorrido



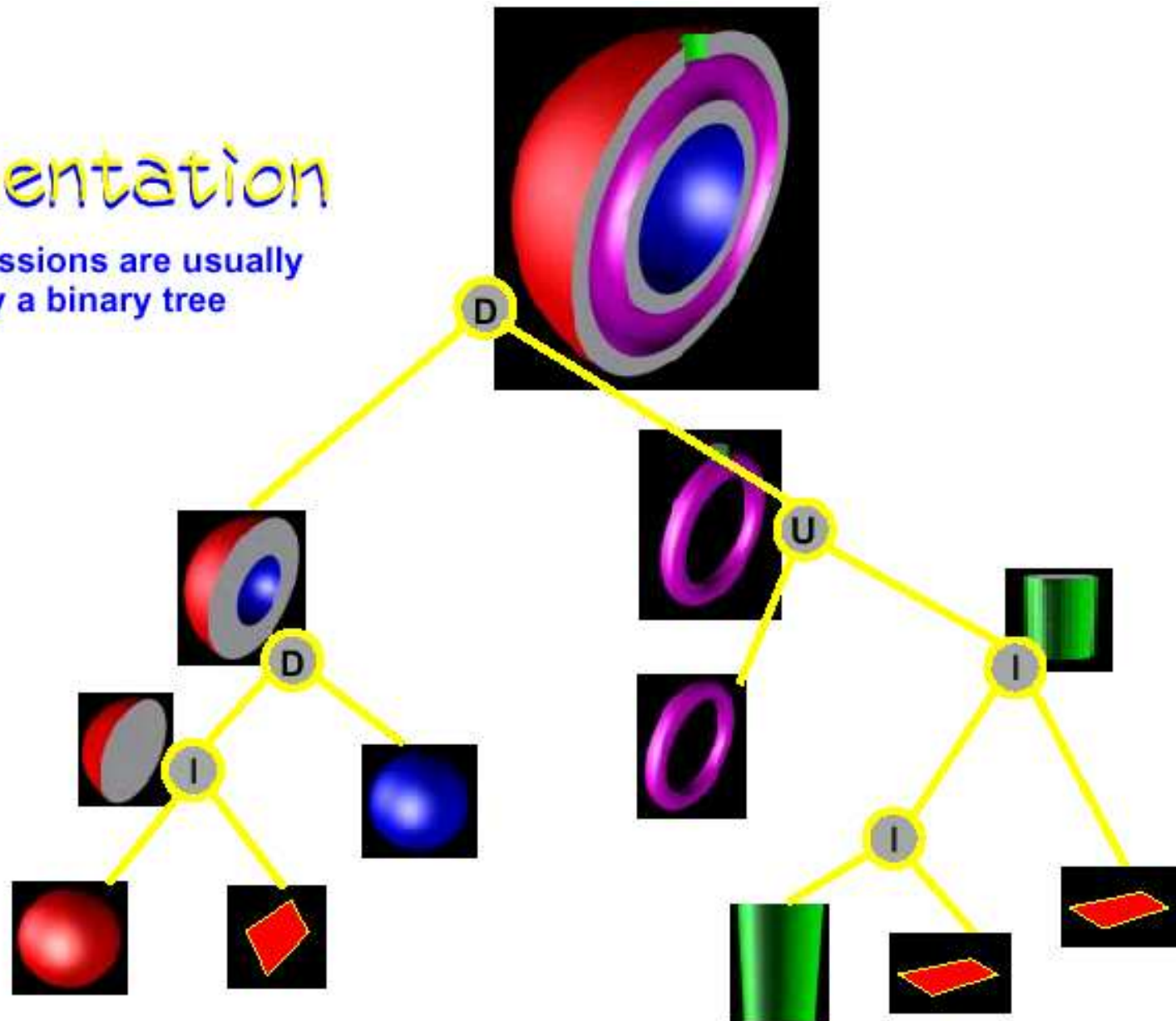


- Para representar los sólidos se recorre el árbol ordenadamente realizando las operaciones.
- Puede que se pretenda calcular
 - la representación gráfica
 - propiedades como
 - centro de masas
 - volumen
 - momentos de inercia...
- La complejidad depende
 - de la forma en que estén guardadas las primitivas
 - de si el sólido final en la raíz del árbol se ha de representar o si sólo interesan algunas de sus partes



CSG Implementation

Boolean expressions are usually
represented by a binary tree



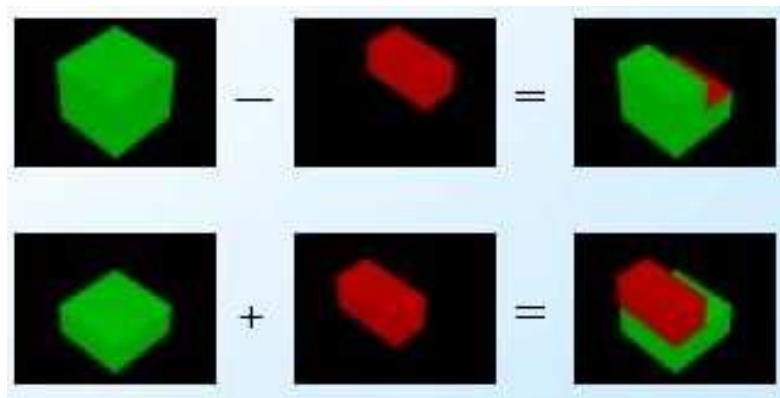


- Aparte de objetos sólidos existen los *medios espacios*. Que no son sólidos válidos en sí, sino fracciones o secciones de elementos básicos, por ejemplo una cara o medios cilindros.
- Algunas representaciones sólo admiten primitivas sólidas
 - Cualquier árbol representa otro sólido
 - Realizar cortes obliga a utilizar otro sólido, cuando sólo se necesitaría un semiespacio.
- Otras utilizan
 - Primitivas sólidas
 - Semiespacios
- Hacer un corte resulta más sencillo
- Ciertas construcciones son más complejas
 - Un cubo es la intersección de 6 semiespacios
- Introduce problemas de validez. Determinadas operaciones no dan un sólido

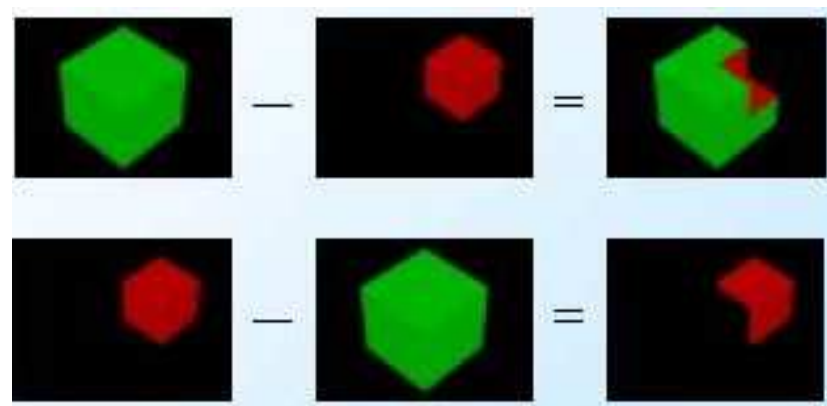


➤ Características:

- No son únicos. Esto implica que tenemos distintas opciones para conseguir un objeto determinado, pudiendo así escoger la que mejor se adapte a nuestras necesidades

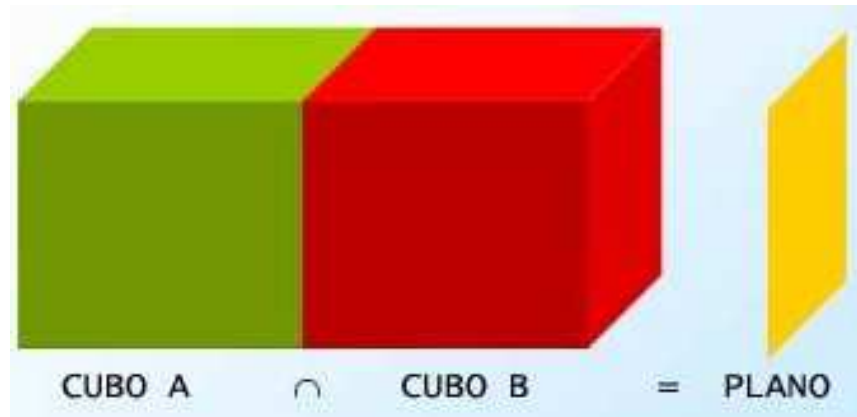


- Las operaciones no son conmutativas.

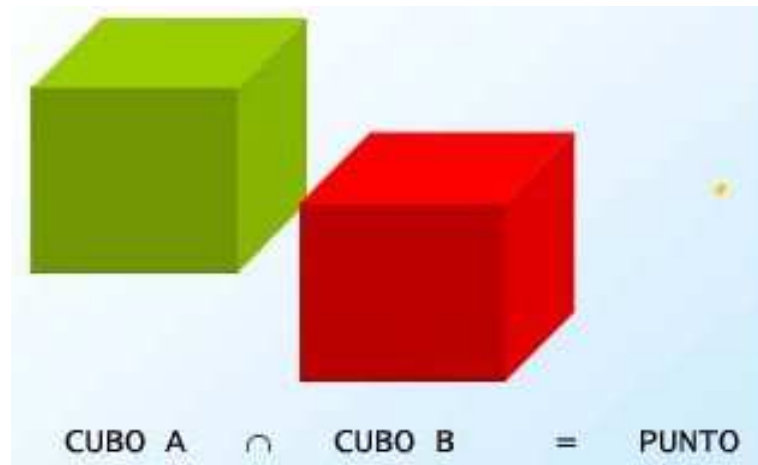




- Presentan ciertos problemas en la intersección:
 - Intersección entre cubos adyacentes que no se solapan:

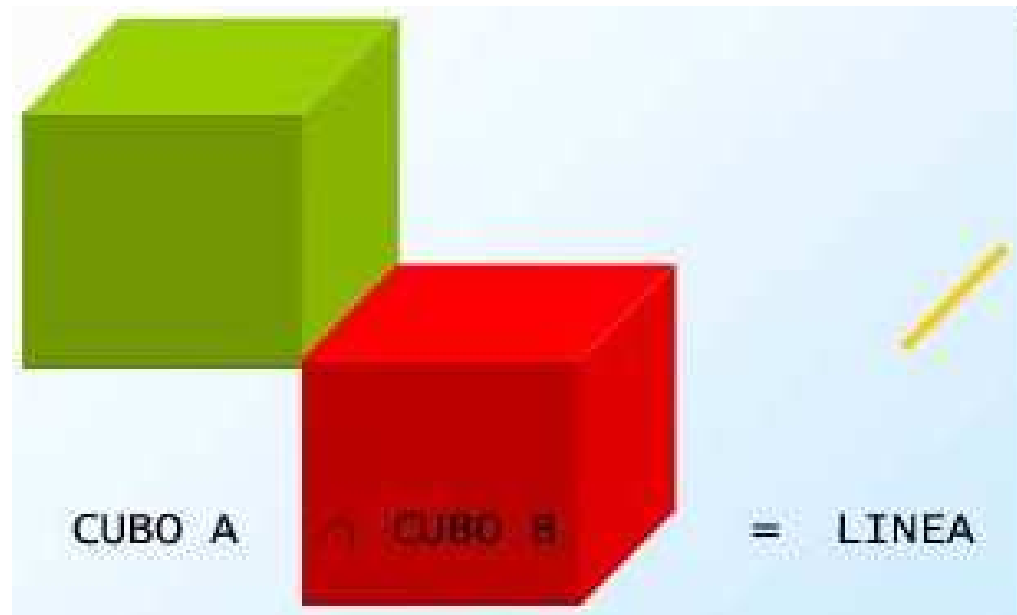


- Intersección entre cubos con un vértice adyacente:



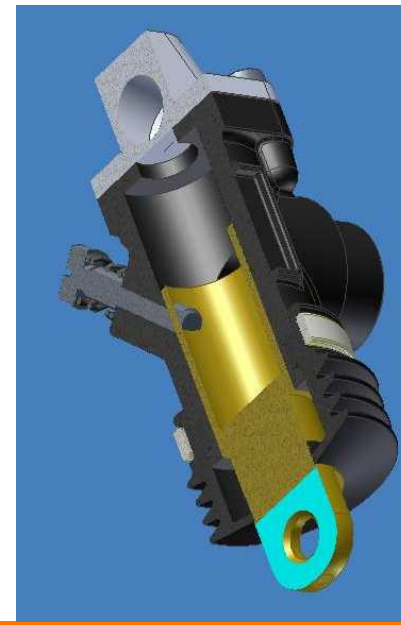


- Presentan ciertos problemas en la intersección:
 - Intersección entre cubos con una arista adyacente:



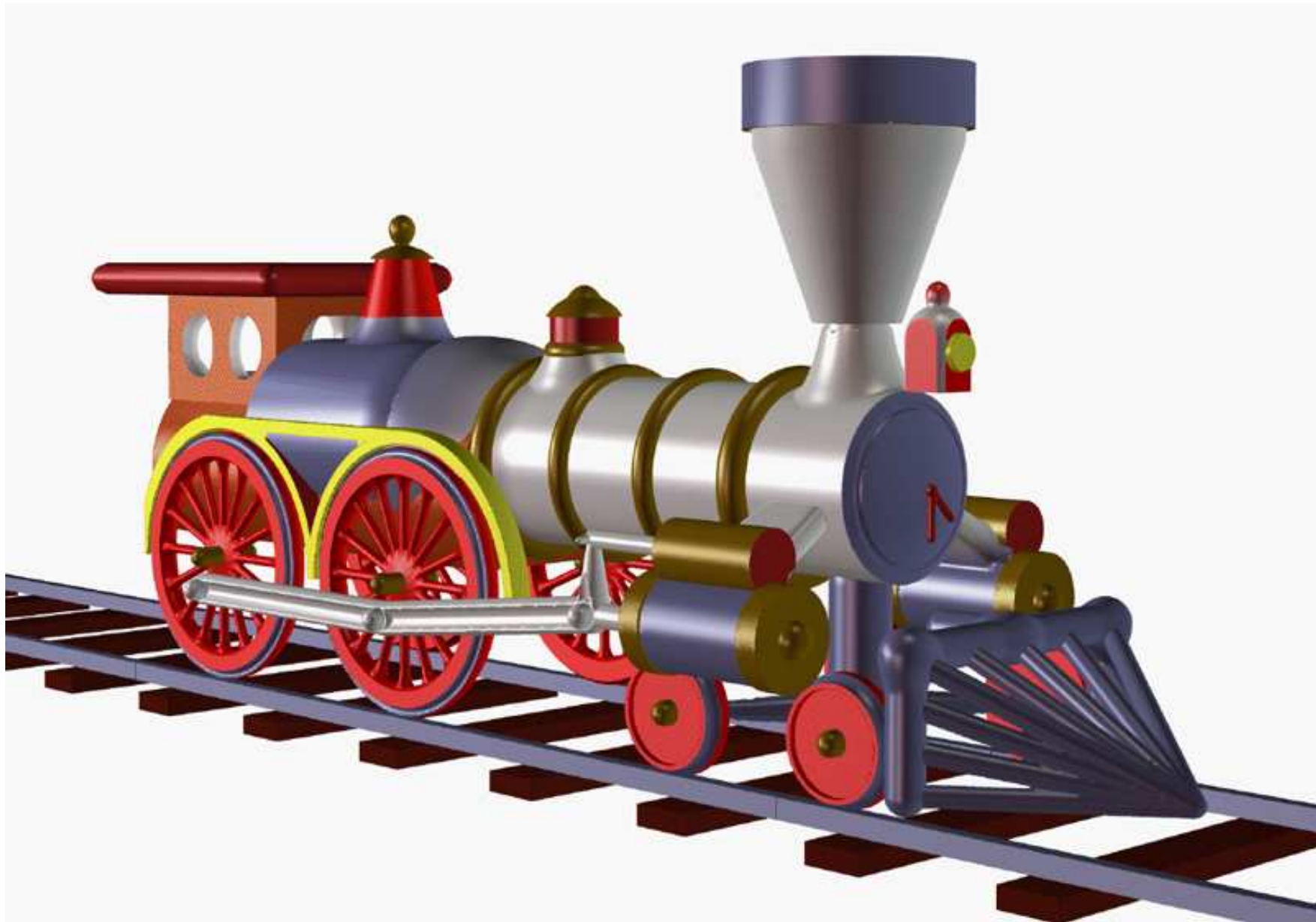


- Aplicaciones
- Se ha popularizado en CAD 3D
 - Permite visualizar los sólidos a medida que los construyen
 - Los planos se generan solos
 - Cálculos volumétricos, de áreas, momentos de inercia, etc.
- En modelizadores, para construir sólidos que después se trazan por otros medios (ray tracing...)





Formas de Representación de Objetos: CSG





Desventajas:

- La obtención de la imagen requiere mucho tiempo.
- Las operaciones son globales al objeto, no pudiendo realizar operaciones a partes del objeto.
- Esta metodología conlleva mucho tiempo a la hora de la reconstrucción del objeto ya que se debe recorrer todo el árbol de modo ascendente partiendo de las hojas siguiendo el orden establecido para las operaciones.
- Por lo que se suele utilizar junto con raytracing para representar la escena o se transforma el modelo a B-rep mediante técnicas de cálculo de volúmenes.

De todas formas, la creación de objetos es muy fácil con esta representación.



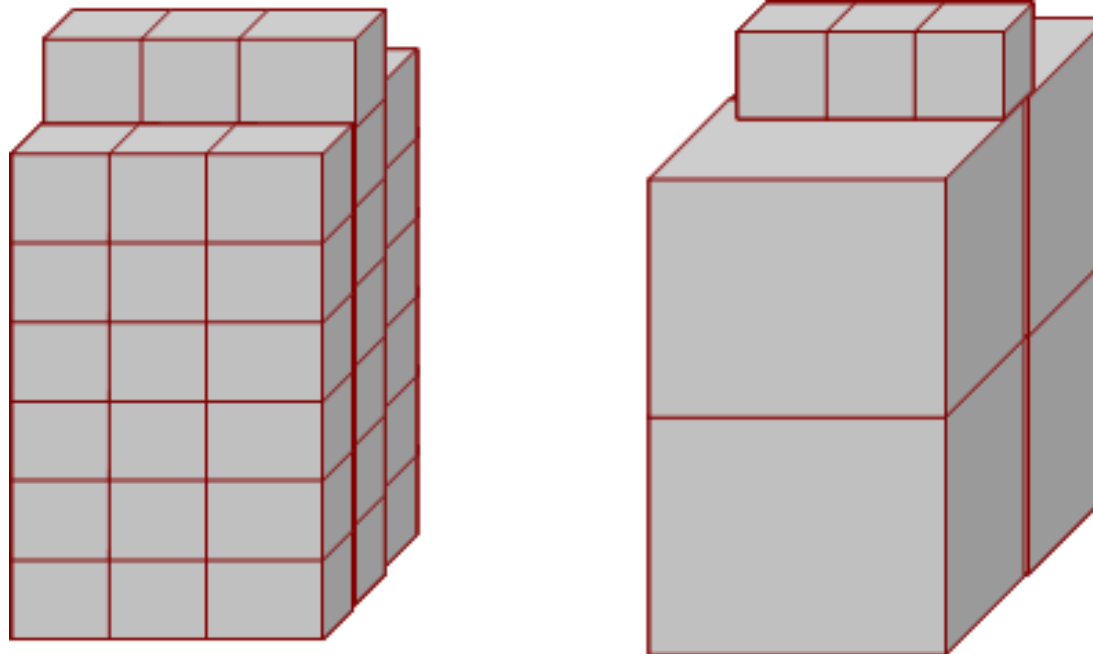
Formas de Representación de Objetos: CSG

- Como ejemplo de su utilidad, la CSG fue empleada en el motor gráfico del popular juego de acción "Unreal".





- El sólido es descompuesto en
- una colección de sólidos
 - adyacentes
 - no intersectantes
 - más primitivos que el original
 - no necesariamente del mismo tipo que el original

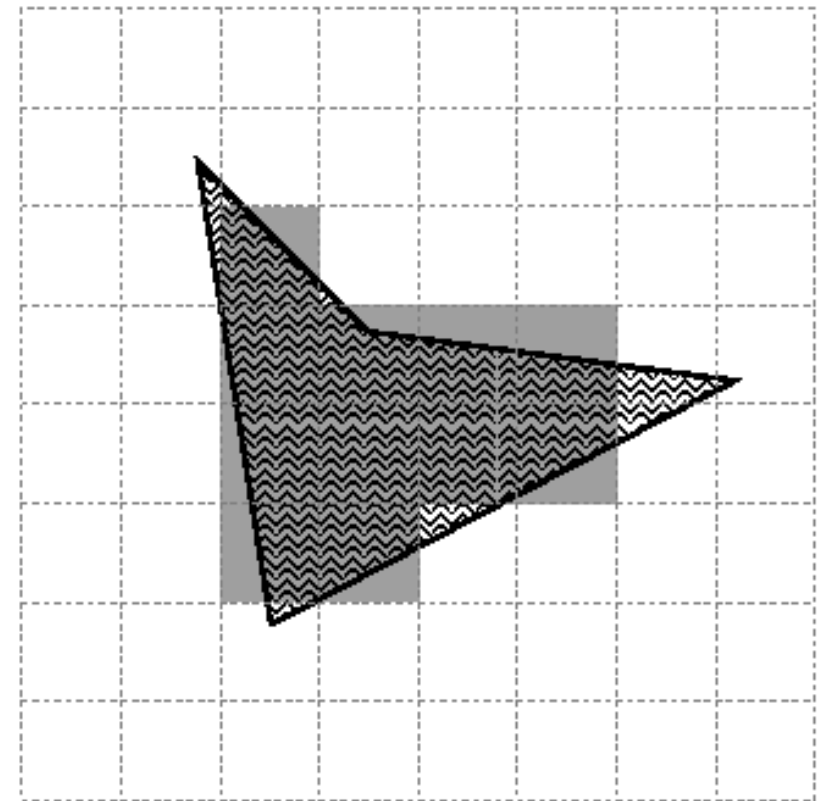


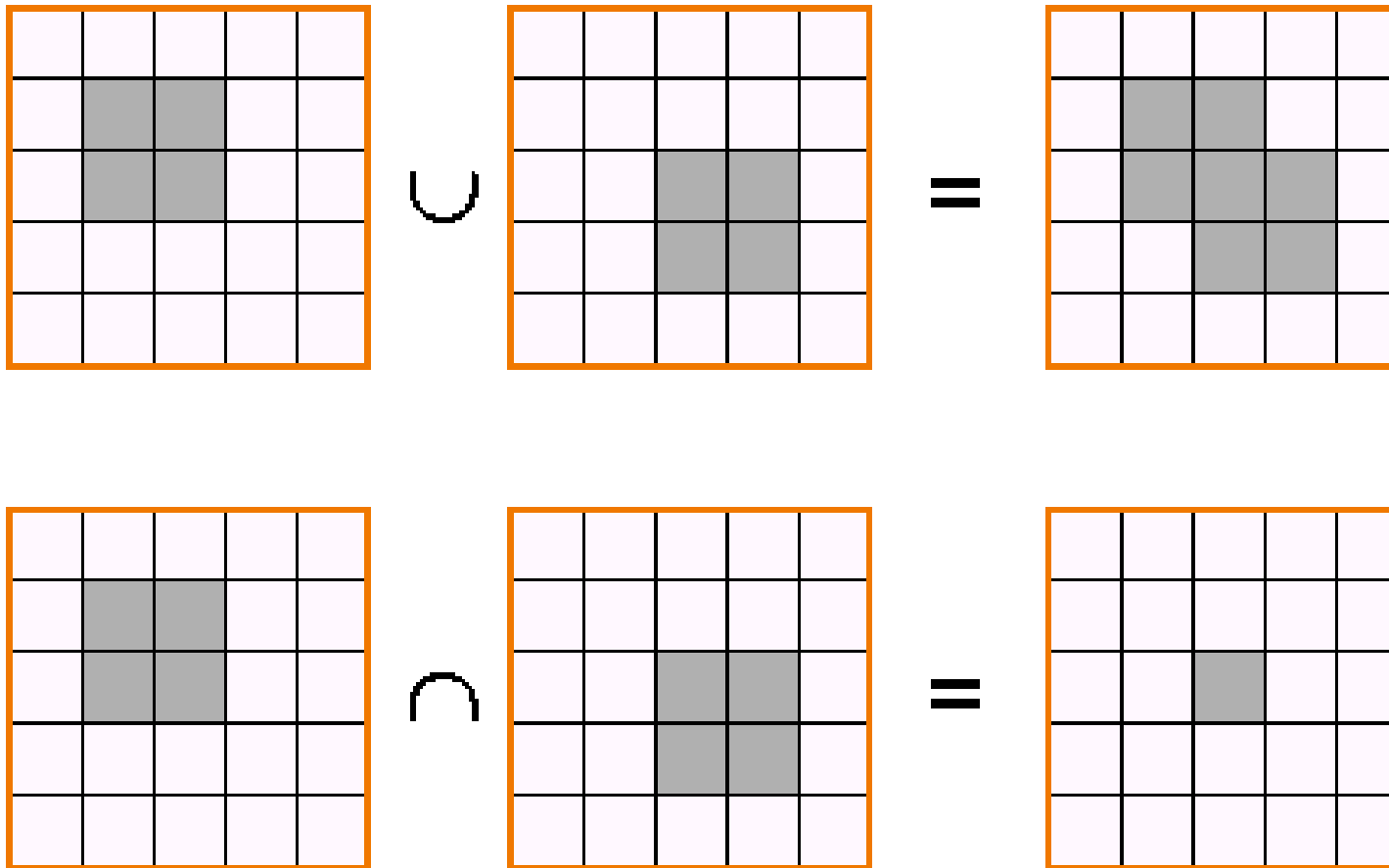


- El espacio se divide celdillas (voxels).

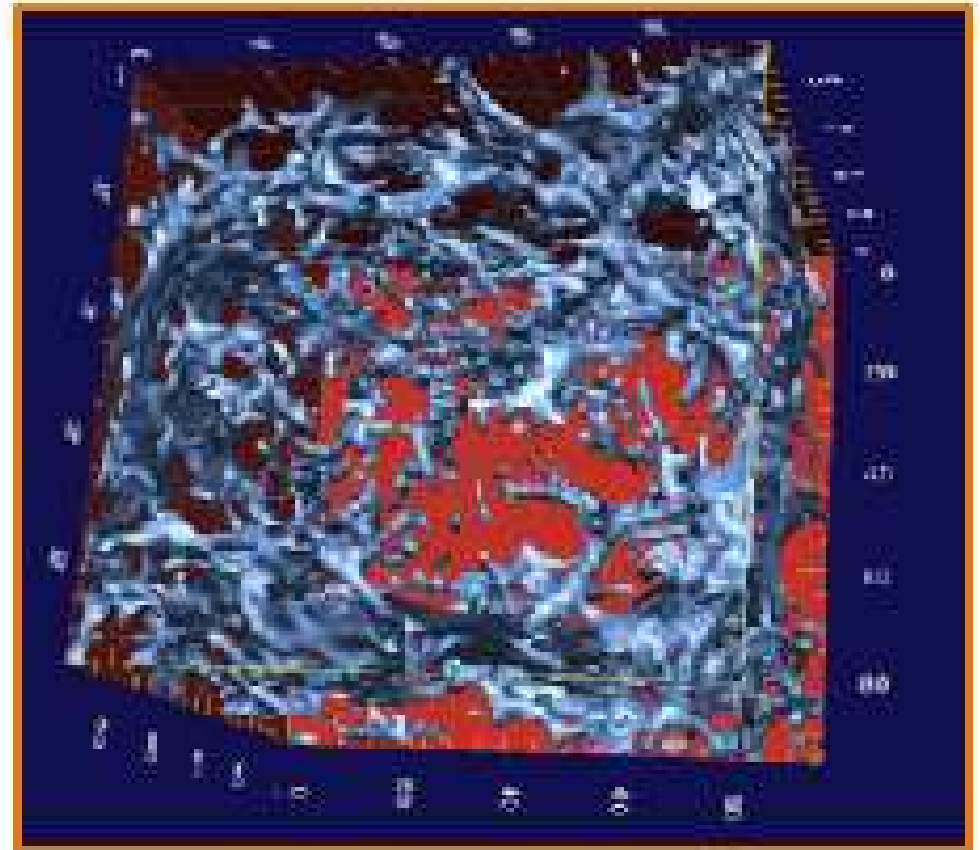
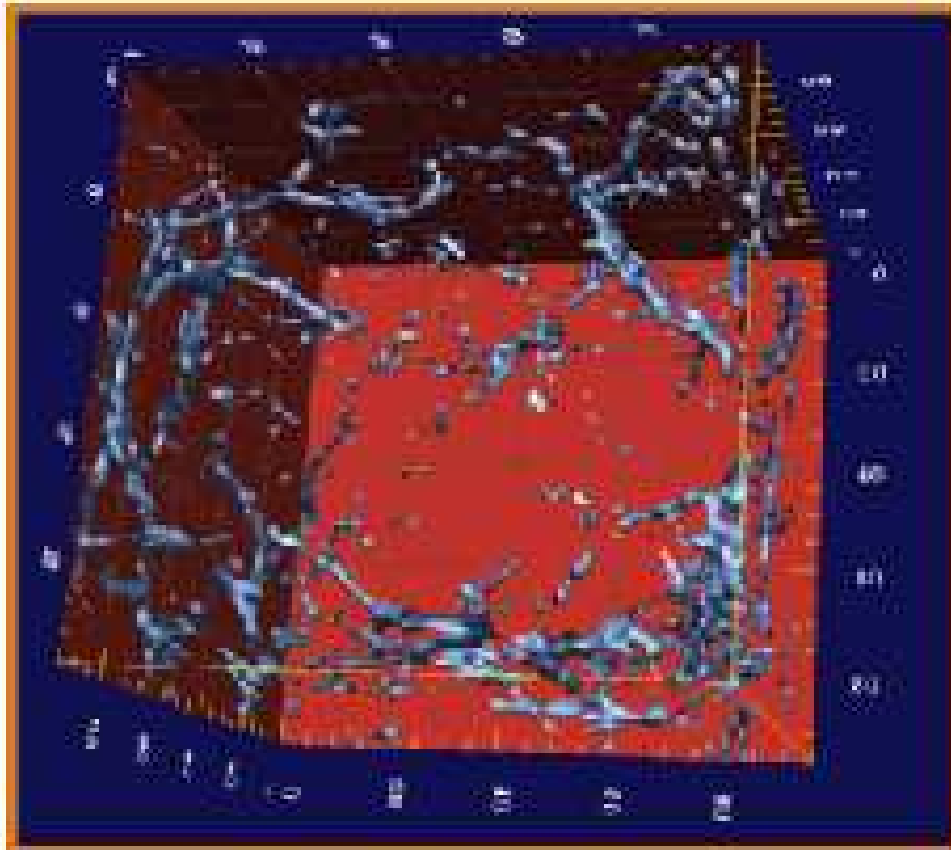
- **Vóxel o voxel** (VOlumatic piXEL") es la unidad cúbica que compone un objeto tridimensional. Constituye la unidad mínima procesable de una matriz tridimensional y es, por tanto, el equivalente del píxel (o pixel) en un objeto 2D.

- Un objeto se define especificando todos y cada uno de los voxels que contiene.
- Requiere mucha memoria.
- A menor tamaño de la unidad mínima mayor precisión, pero también mayor número de elementos a utilizar





Voxels: Operaciones booleanas

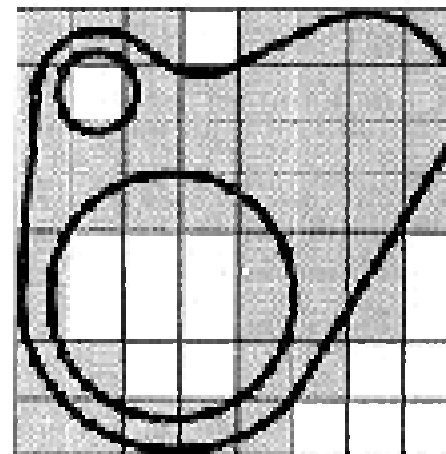
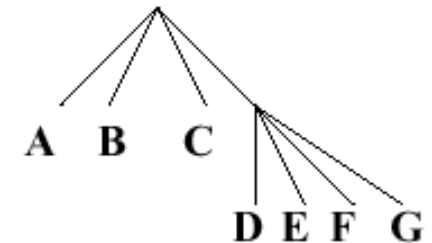
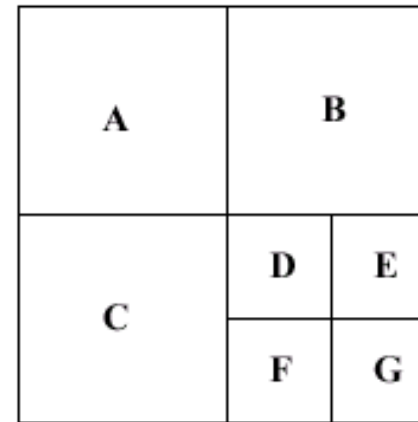


Voxels: Representación en isosuperficies

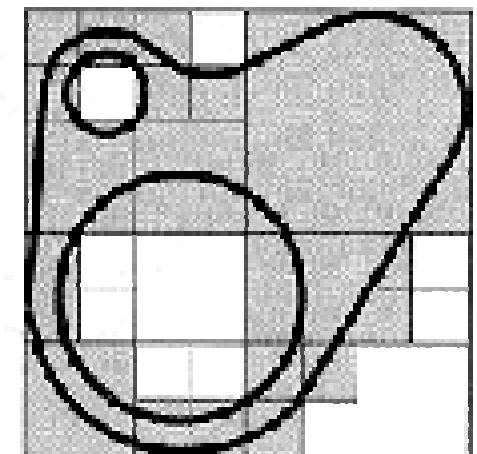


Modelos de descomposición celular: Partición espacial Quadtrees

- Estructura de árbol (cuatro descendientes).
- Se basa en la subdivisión recursiva de una estructura cuadrada en cuadrantes.
- Cada nodo representa una región cuadrada del plano.
- Caso particular Arbol de enumeración espacial
- Para reducir la memoria los voxels cambian de tamaño en función de las características del sólido a representar.



(a)



(b)



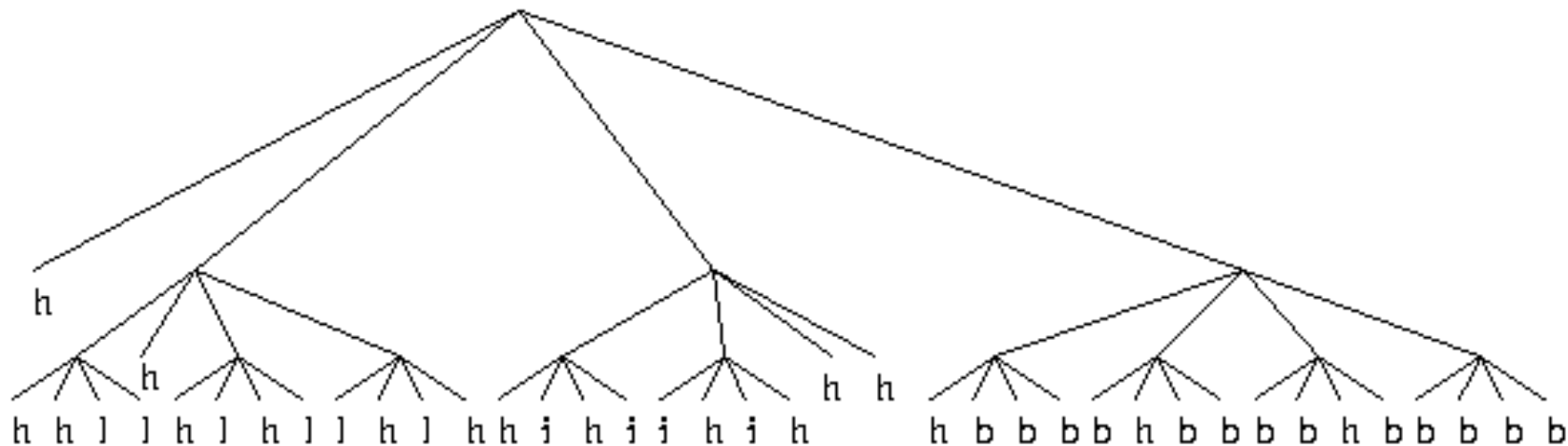
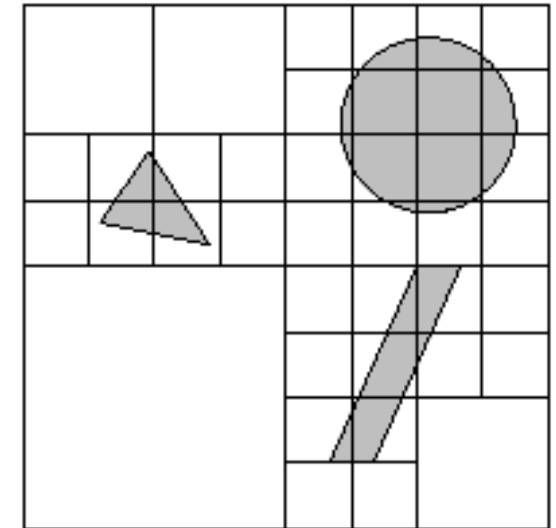
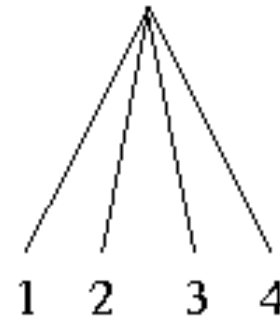
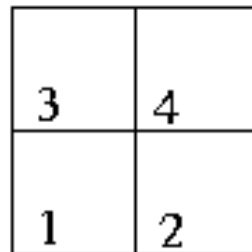
Modelos de descomposición celular: Partición espacial Quadtrees

h = vacío

i = triángulo

b = circunferencia

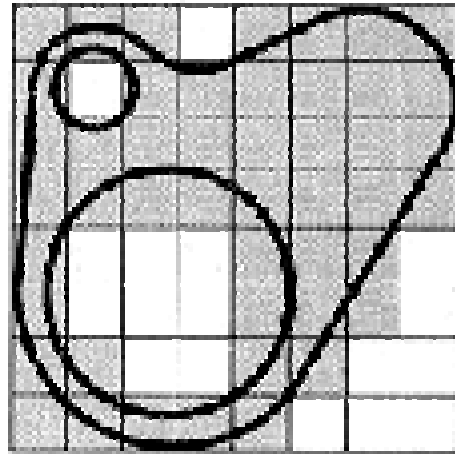
l = rectángulo



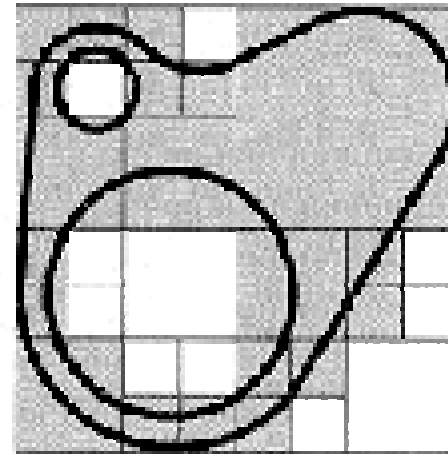


Modelos de descomposición celular: Partición espacial Quadtrees

2	3
0	1



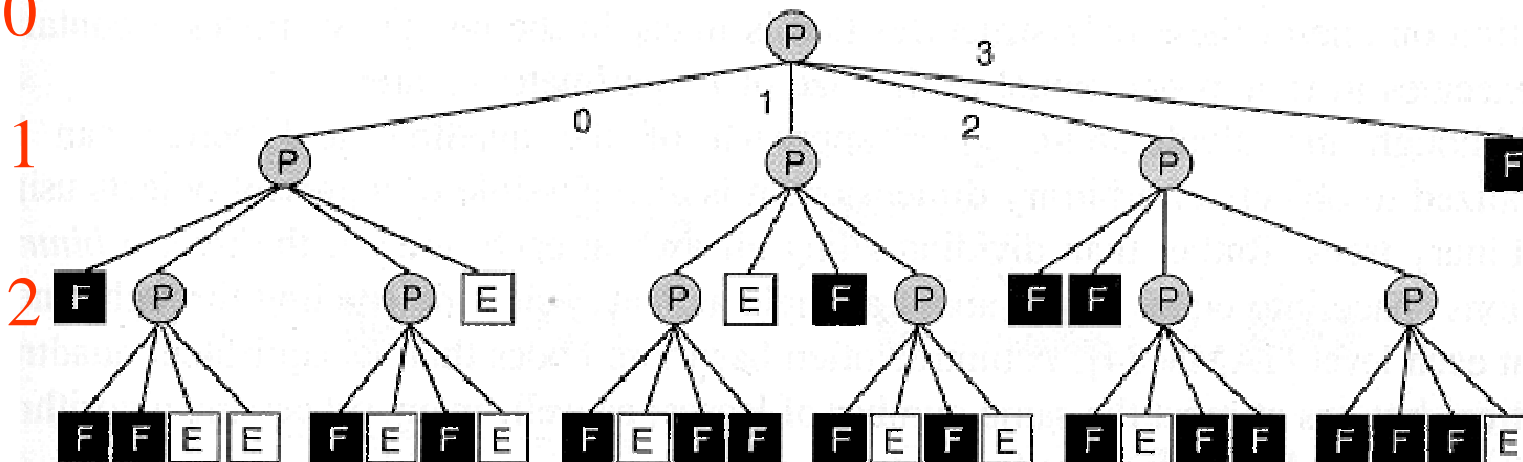
(a)



(b)

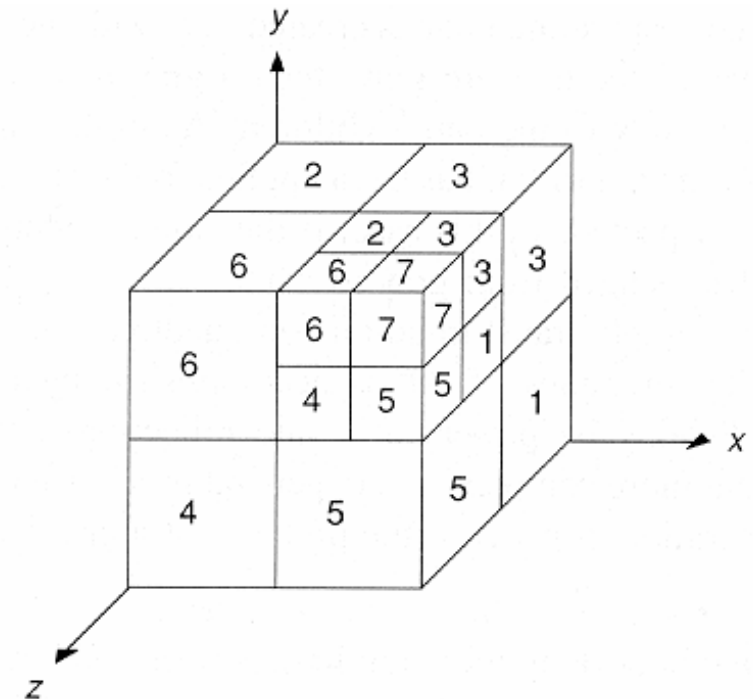
Copyright Principles of
Computer Graphics,
Foley, Van Dam et al

Nivel 0





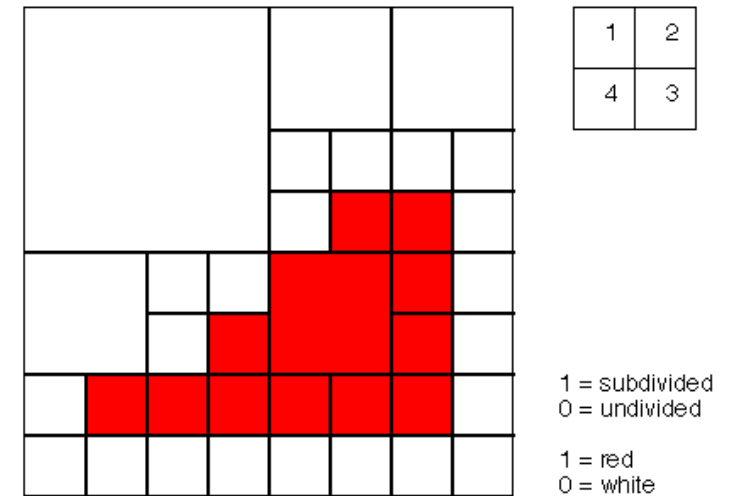
- Extensión en 3D de la estructura quadtree.
- Estructura de árbol (8 subnodos).
- Cada división corresponde a un octante.
- Un Octree es un Quadtree tridimensional
- La numeración es fundamental
 - Se suele utilizar la numeración adjunta.
 - pero no existe un esquema estándar.
- Escala = 2^{nivel}



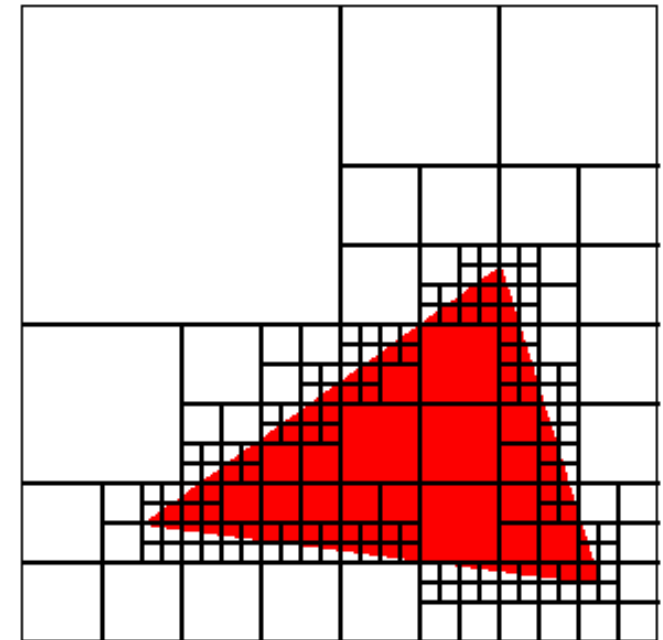


Modelos de descomposición celular: Partición espacial Octrees

- La subdivisión espacial se debe realizar en función de la resolución deseada.
- Las zonas sin objetos no hace falta dividirlos.
- Sólo tiene en cuenta los límites del objeto.
- En general, una hoja del árbol puede tener una lista de objetos.

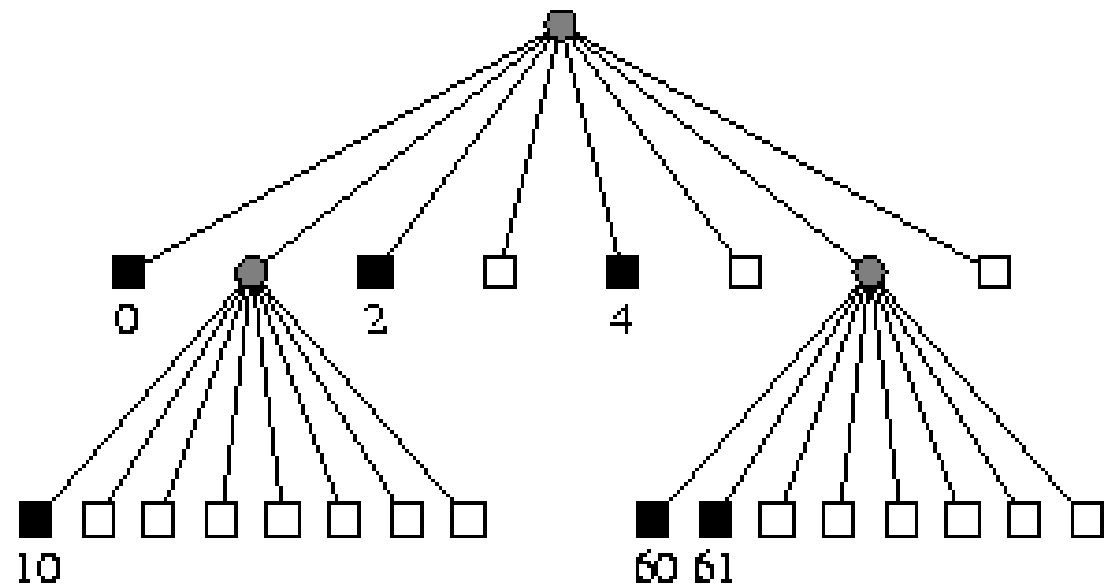
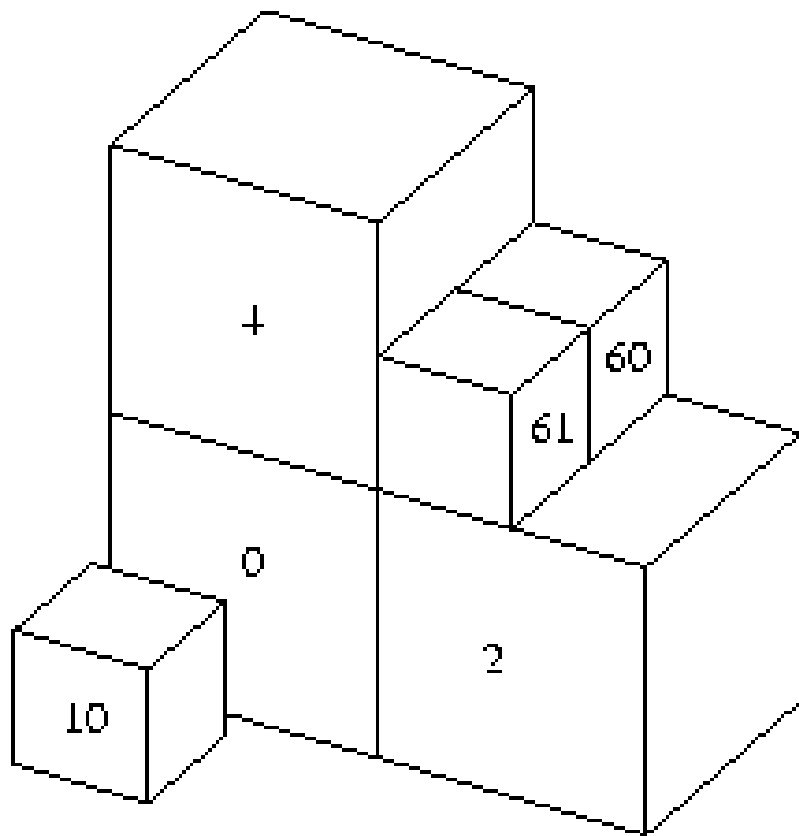


1 00 1 00 00 1 00 00 00 01 1 00 00 01 00 1 01 1 01 00 00 01 ...



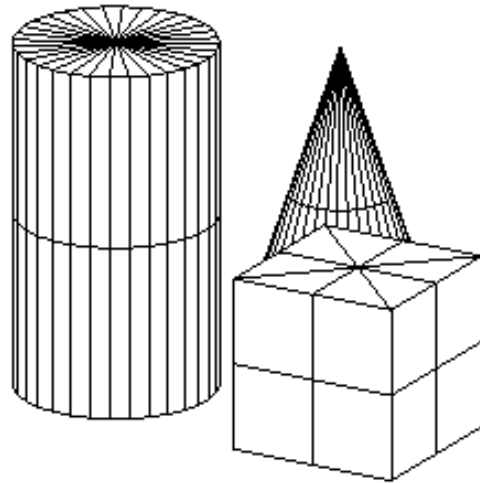


Modelos de descomposición celular: Partición espacial Octrees

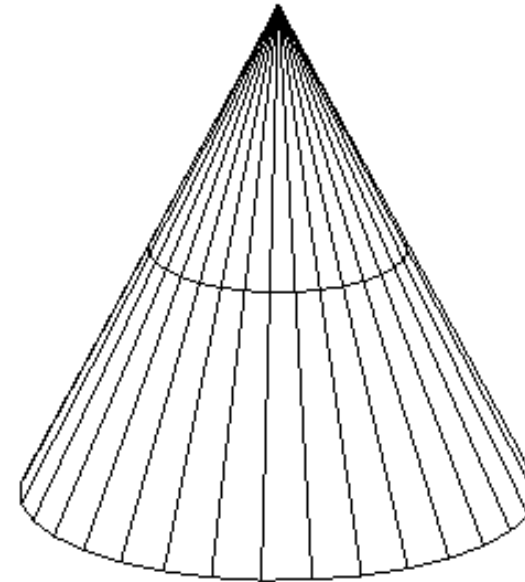




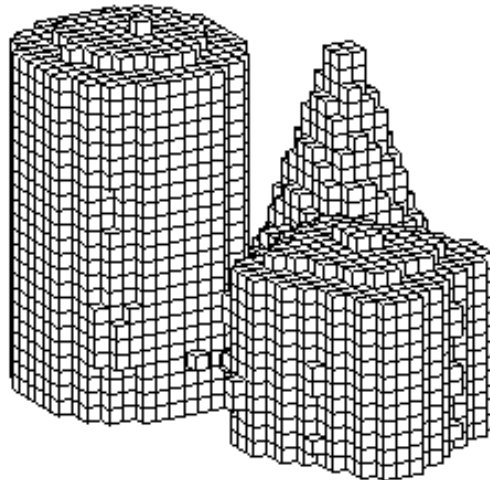
Modelos de descomposición celular: Partición espacial Octrees



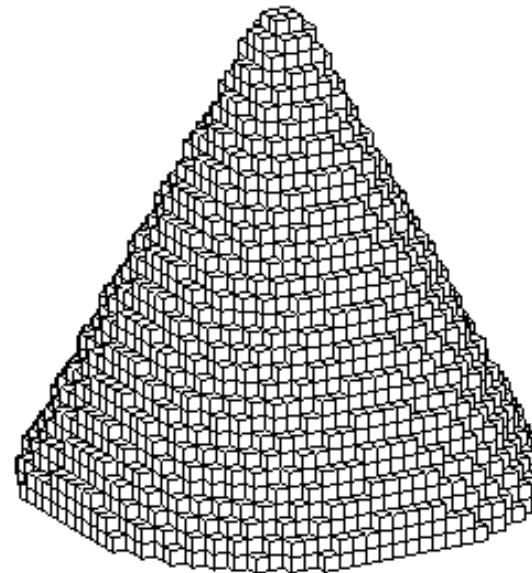
a



b



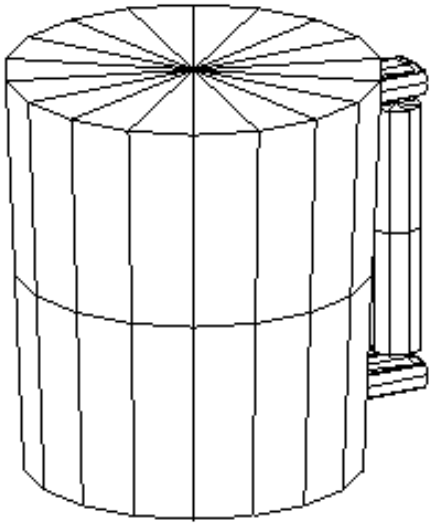
a



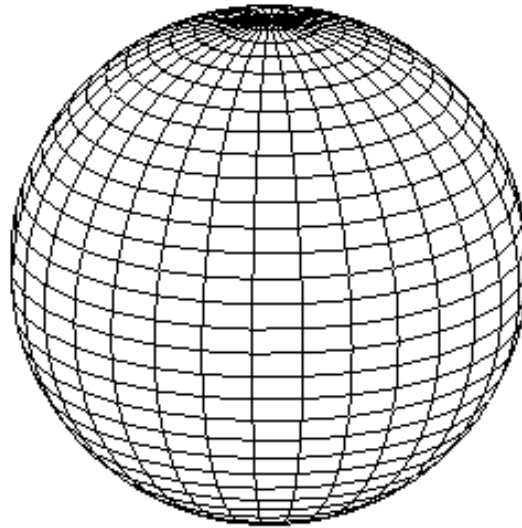
b



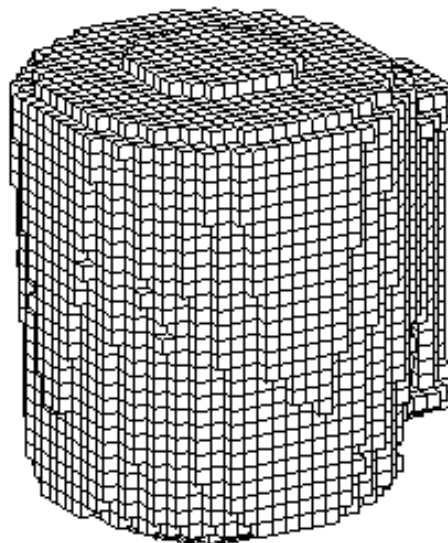
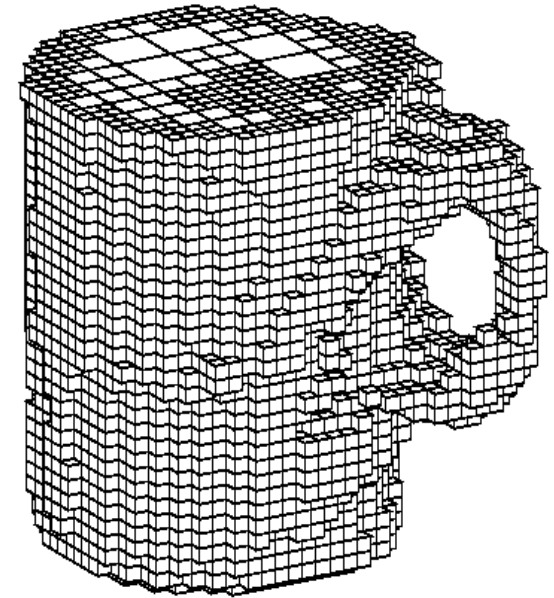
Modelos de descomposición celular: Partición espacial Octrees



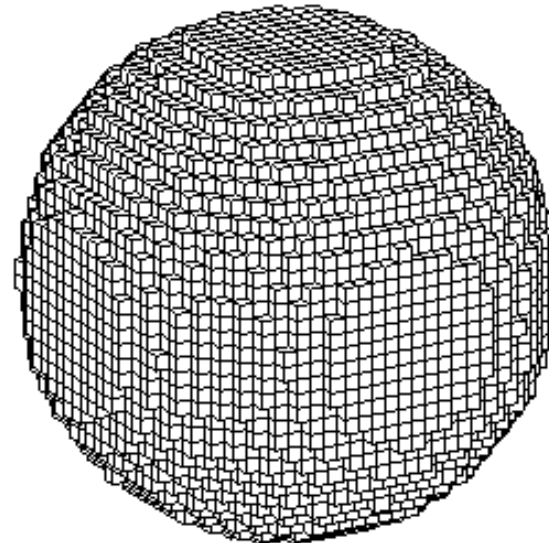
c



d



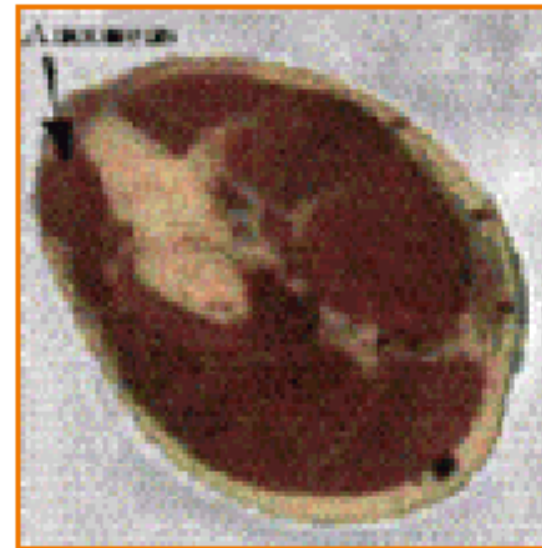
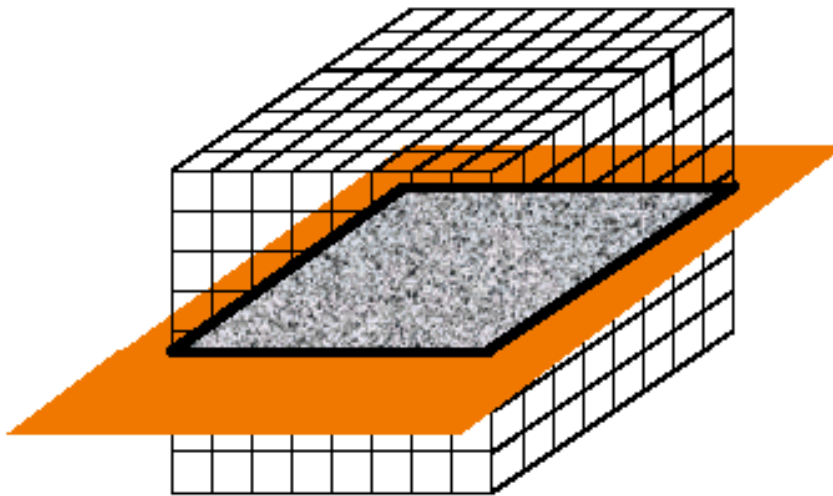
c



d



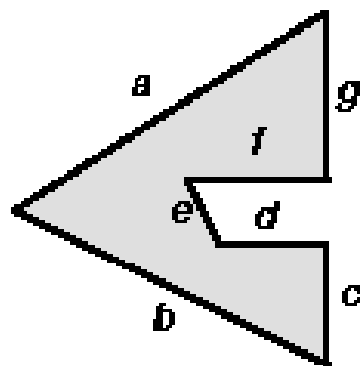
- Aplicaciones
- Medicina
 - Tomografía axial computerizada
 - Resonancia Magnética Nuclear
 - Radiología
- Análisis de materiales por rayos X



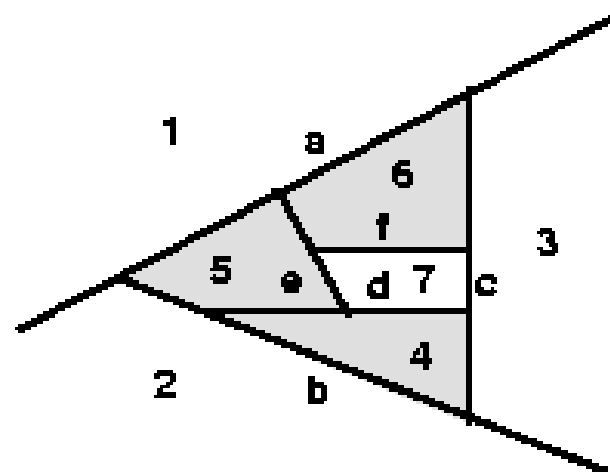
Visible Human
(National Library of Medicine)



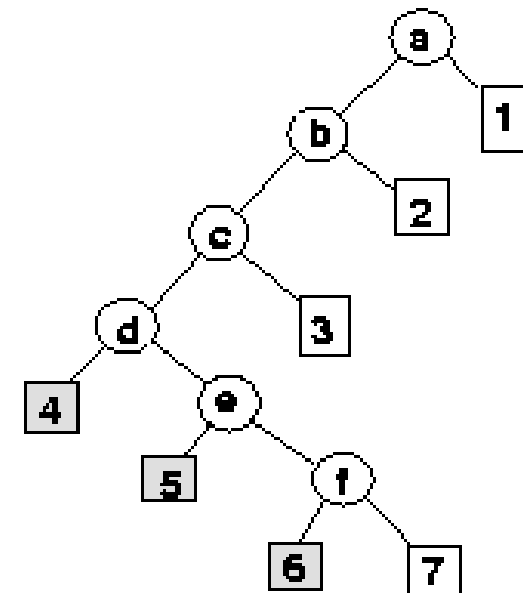
- **Binary space partitioning o Partición Binaria del Espacio (BSP)** es un método para subdividir recursivamente un espacio en elementos convexos empleando hiperplanos.
- Esta subdivisión da lugar a una representación de la escena por medio de una estructura de datos del árbol conocida como árbol de BSP.



Object



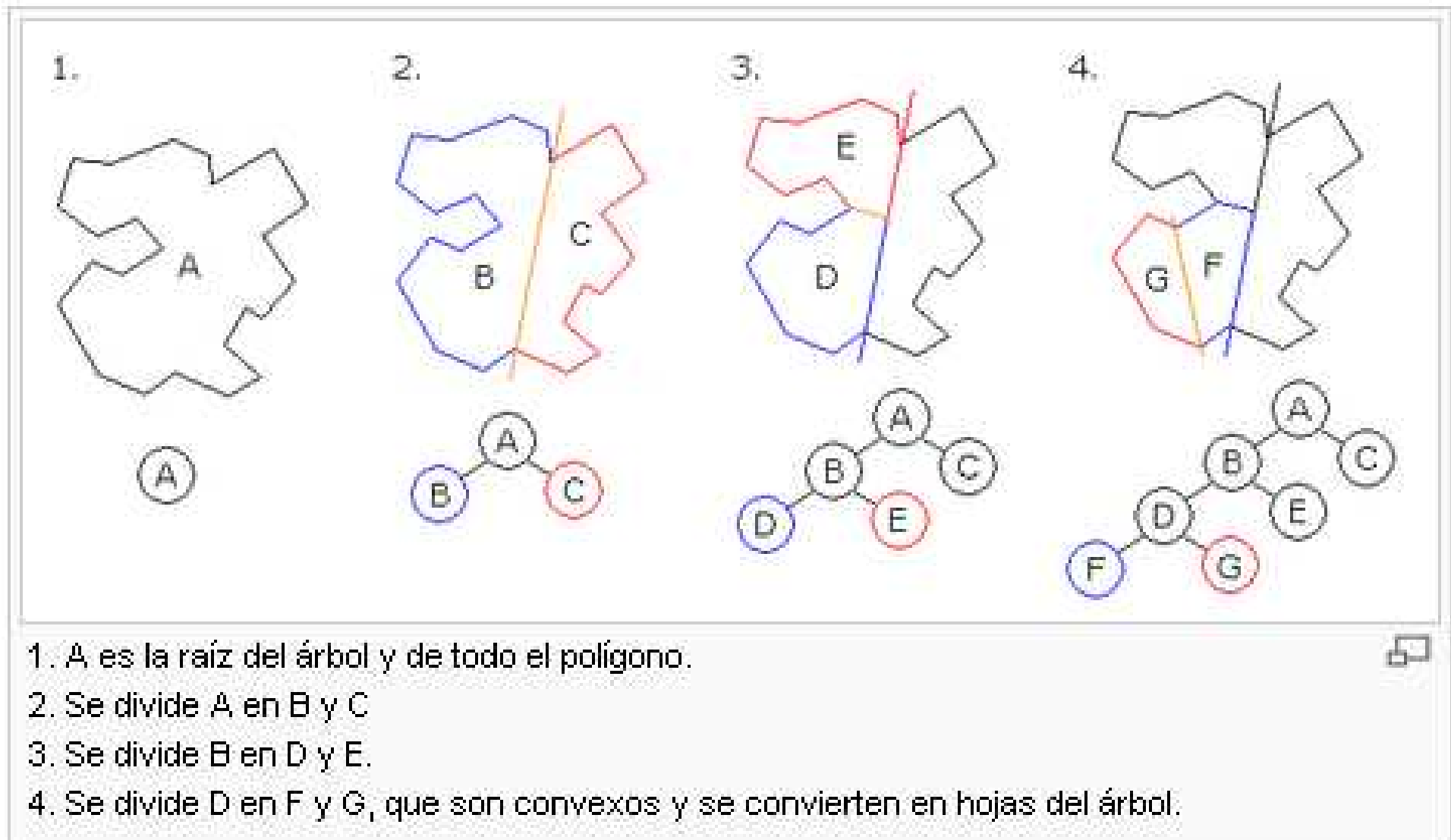
Binary Spatial Partition



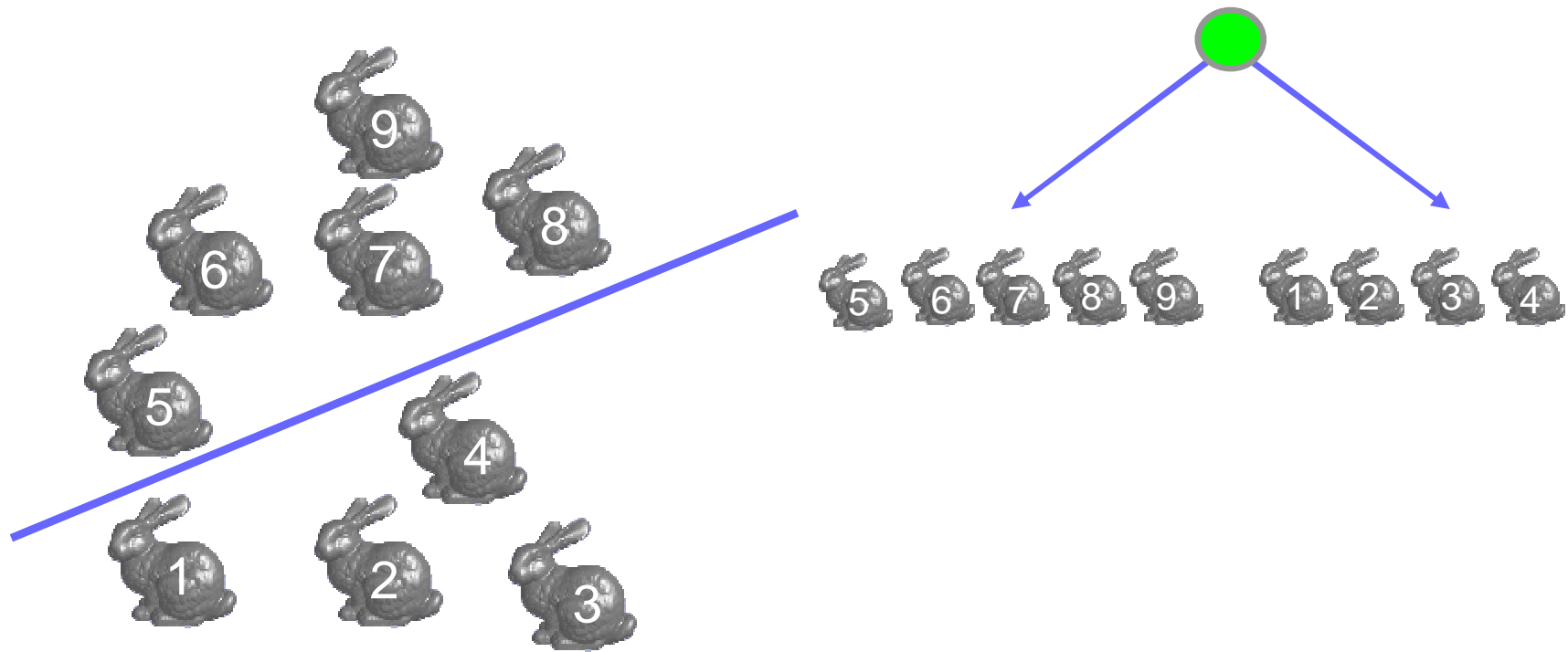
Binary Tree

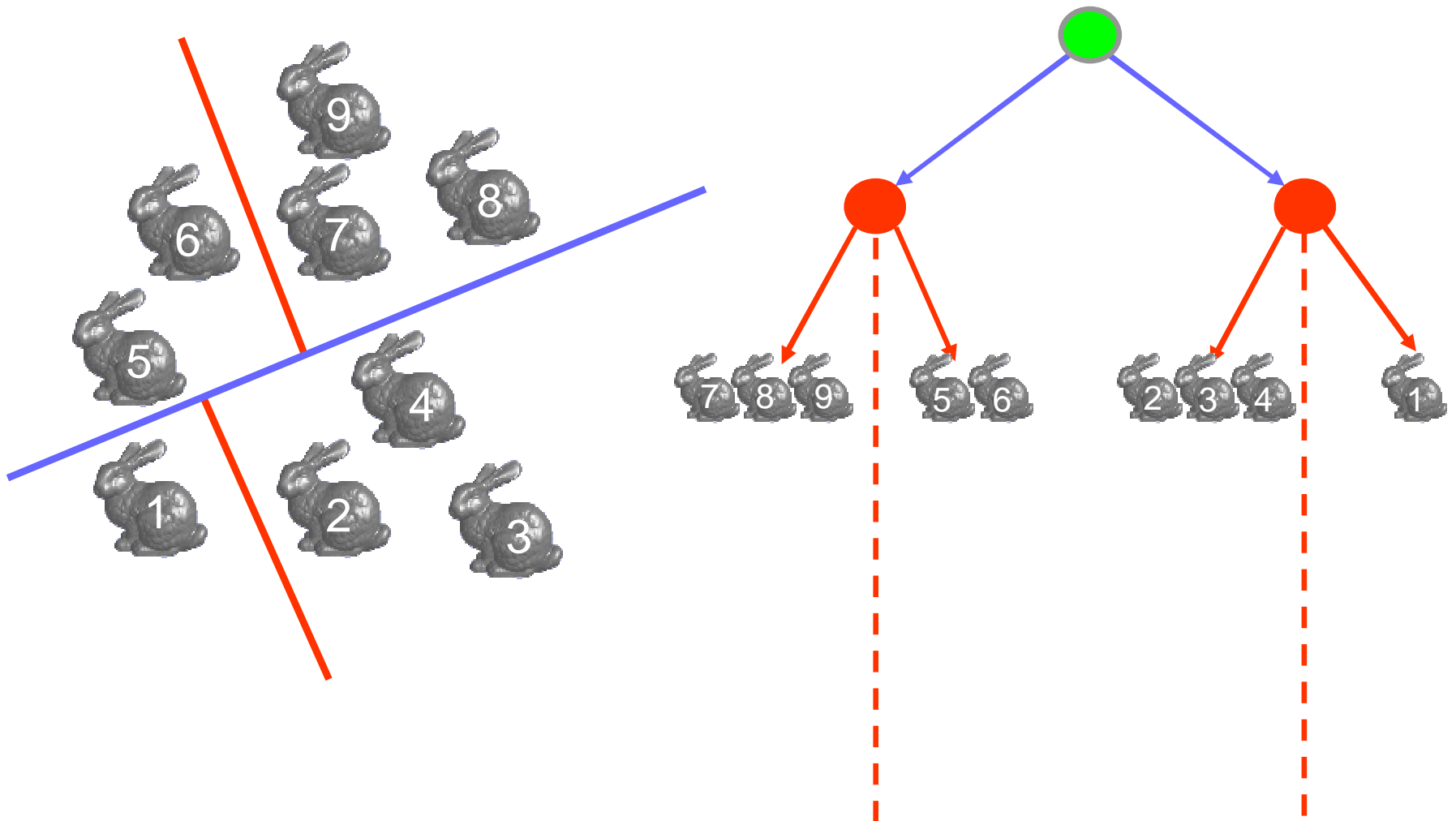


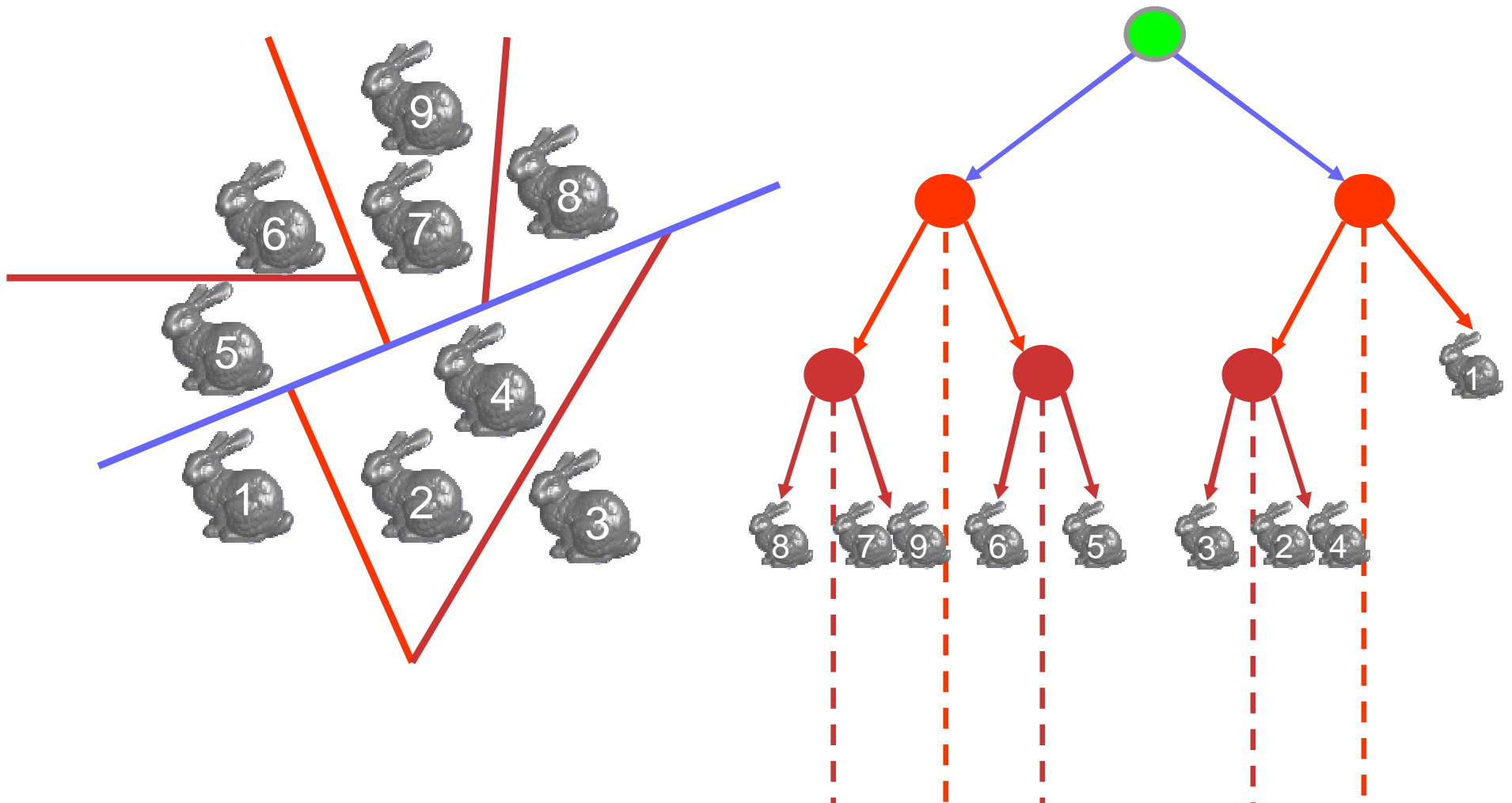
- La partición binaria del espacio es un proceso genérico que divide una escena recursivamente en dos hasta que satisface uno o más requisitos.
- El método específico empleado varía dependiendo del objetivo final.
- El número final de objetos crecerá inevitablemente ya que las líneas y caras que se crucen con el plano de partición serán divididas en dos, y también es deseable que el árbol final esté razonablemente balanceado. De hecho, el algoritmo para crear un árbol BSP correcta y eficientemente es la parte más difícil de implementar. En un espacio de tres dimensiones, se emplean planos para dividir las caras de un objeto; en un espacio de dos se emplean líneas.

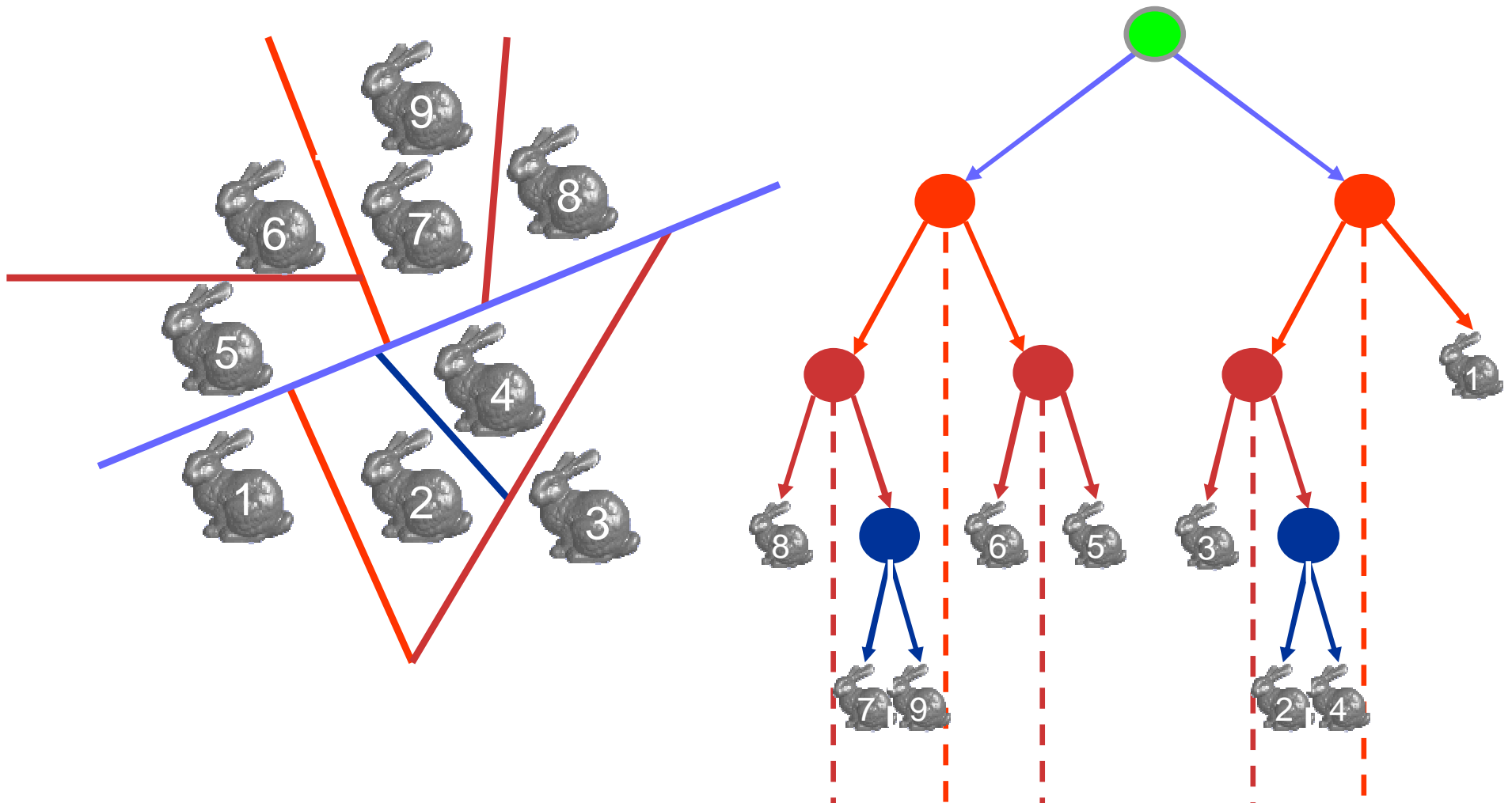






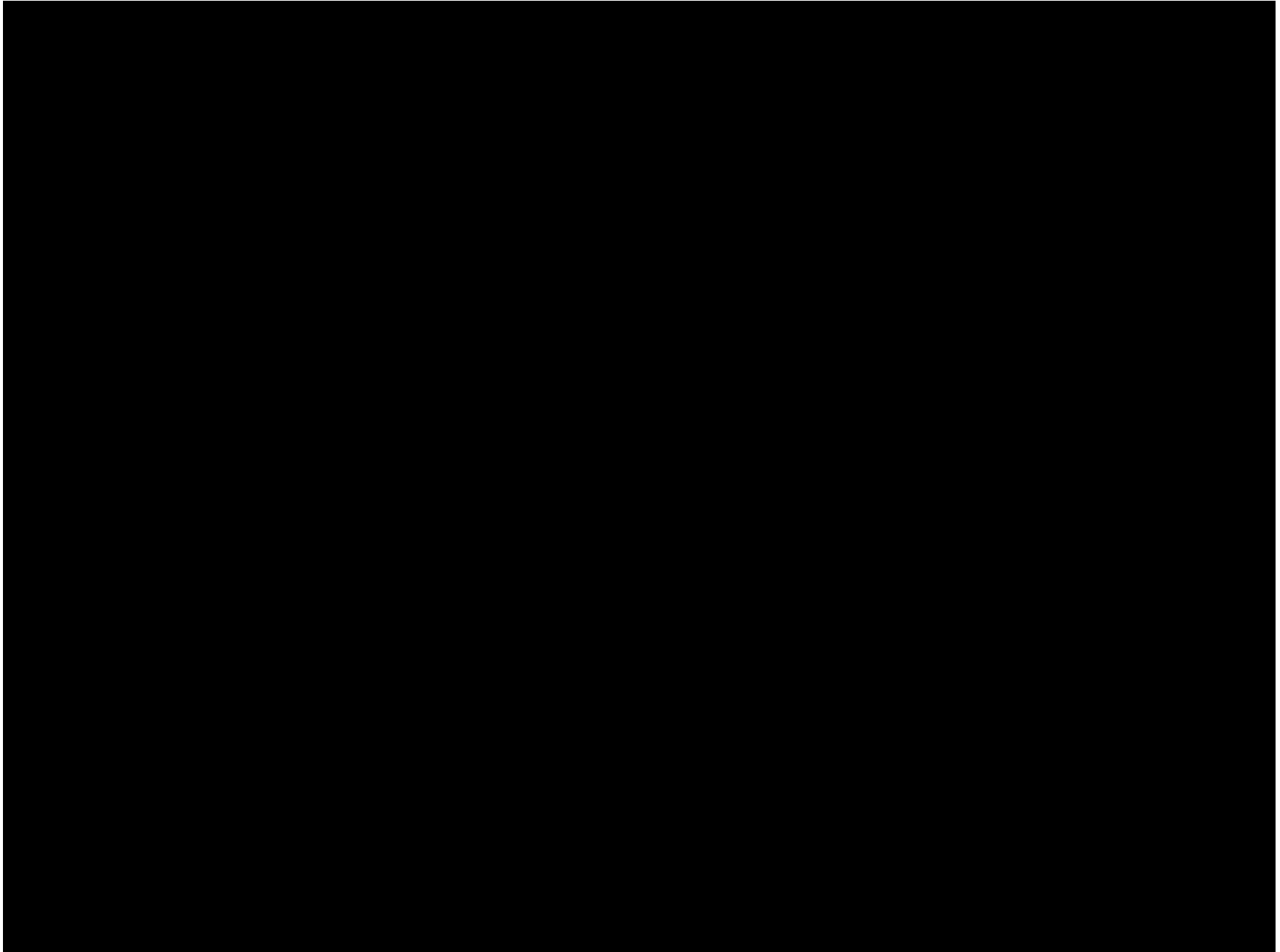








- Inicialmente, esta idea se propuso para los gráficos 3D por ordenador para incrementar la eficiencia de renderizado.
- Otros usos son:
 - el procesamiento geométrico con formas, Constructive Solid Geometry en herramientas CAD,
 - detección de colisiones en robótica y videojuegos 3D,
 - y otras aplicaciones informáticas que incluyen el manejo de estructuras espaciales complejas.
 - La eliminación de caras ocultas ya que gracias a los planos divisorios del árbol conoceríamos qué polígonos están detrás o delante, teniendo solamente que considerar determinadas ramas del árbol a través de la posición desde la que nos estemos posicionando en él.
- Los árboles BSP se emplean normalmente en los videojuegos, especialmente en los de acción en primera persona y en los que tienen entornos de interior. Probablemente el primer juego que empleó esta técnica fue *Doom*. Otros usos incluye el Ray tracing y la detección de colisiones.





	Voxel	Octree	BSP	CSG
Exactitud	No	No	Poca	Poca
Concisa	No	No	No	Sí
Invariante afin	No	No	Sí	Sí
Fácil adquisición	Poca	Poca	No	Poca
Validación garantizada	Sí	Sí	Sí	No
Operaciones booleanas eficientes	Sí	Sí	Sí	Sí
Visualización eficiente	No	No	Sí	No

Modelo	Dominio	Concisión	Operacion Booleanas	Creación	Visualización
Fronteras	Caras planas	Regular	Difícil	Muy bueno	Muy bueno
CSG	Sólidos primitivas	Muy bueno	Muy bueno	Bueno-Muy bueno	Bueno-Regular
Desc. Celular	Aproxima. por cubos	Mal - regular	Bueno	Muy malo	Bueno-Regular



Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática
E.A.P. Ingeniería de Sistemas

BIBLIOGRAFIA



- Eduardo Azevedo y Aura Conci. **Computação Gráfica**
- Foley J., Van Dame A., Feiner S., Hughes J., Phillips R. **Computer Graphics: Principles and Practice**. Addison – Wesley Publishing Company, Massachusetts. 1996
- Hoschek J., Lasser D. A.K. Peters Ltd. **Fundamentals of Computer Aided Geometric Design**. Wellesley Massachusetts. 1993
- Hearn D., Baker M.P. **Gráficas por computadora**. Prentice - Hall Hispanoamericana. 1998



Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática
E.A.P. Ingeniería de Sistemas

PREGUNTAS?

