



# Modelaje de Sólidos

---

MSc. Juan Carlos Gutiérrez  
Cáceres

Email: [jcgutierrezc@hotmail.com](mailto:jcgutierrezc@hotmail.com)



# Índice

---

- Introducción
- Técnica de modelaje de sólidos
  - wireframe
  - Instanciamiento positivo
  - CSG (*Constructive Solid Geometry*)
  - Descomposición Celular
  - Barredura
  - Octrees
  - *Boundary - Representation*
    - Ejemplo
- Conclusiones



# Modelos

---

- Representación construida artificialmente para tornar mas fácil la observación de un objeto
  - Nivel de detalle definido por las aplicaciones que utilizan
  - Problemas prácticos: modelos geométricos



# Modelaje

---

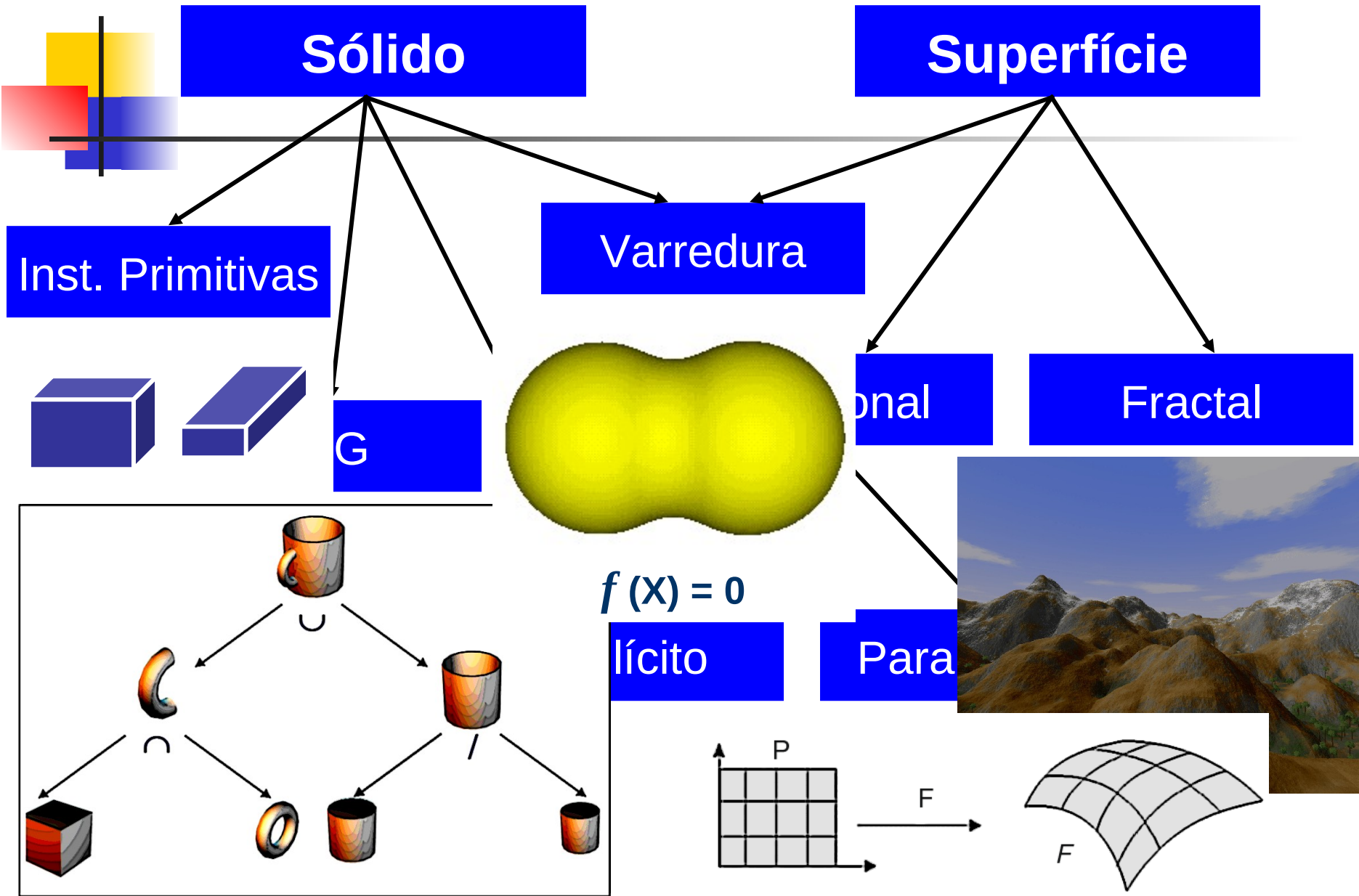
- **Modelaje Geométrica (M. G.):**  
Sistema computacional que permite la creación, modificación y acceso a la representación de objetos a través de modelos geométricos
- **Modelaje de Sólidos:** Rama del M. G. que trata de crear y conectar información sobre la forma de los objetos sólidos



# Superficies x Volúmenes

---

- Las superficies describen la frontera de los objetos 3D separan el interior de los objetos del medio externo
- Las representaciones volumétricas describen la región espacial que contiene el objeto en un conjunto de pequeños sólidos adyacentes no superpuestos





# Propiedades de un sólido (1)

---

- Rigidez: Forma invariante ante transformaciones
- Finitud: porción finita del espacio
- Homogeneidad: No tiene partes aisladas interior bien definido
- Determinismo de frontera: interior y exterior
- Finitud de descripción: descrito por un número finito de puntos
- Cerrado sobre operaciones: Continua siendo un objeto valido después de sufrir transformaciones geométricas.



# Propiedades de un sólido(2)

---

- Validad: Representación de objetos sólidos validos
- Unicidad: un único modelo por sólido
- No ambiguo: una única representación por solidó
- Completitud: que permita operaciones sobre ella
- Conciso: usar poca memoria
- Simplicidad: ninguna característica en especial
- Eficiencia: Permite operar eficientemente y obtener respuestas rápidas
- Abertura: Debe ser posible expandir y mantener sus informaciones





# Índice

---

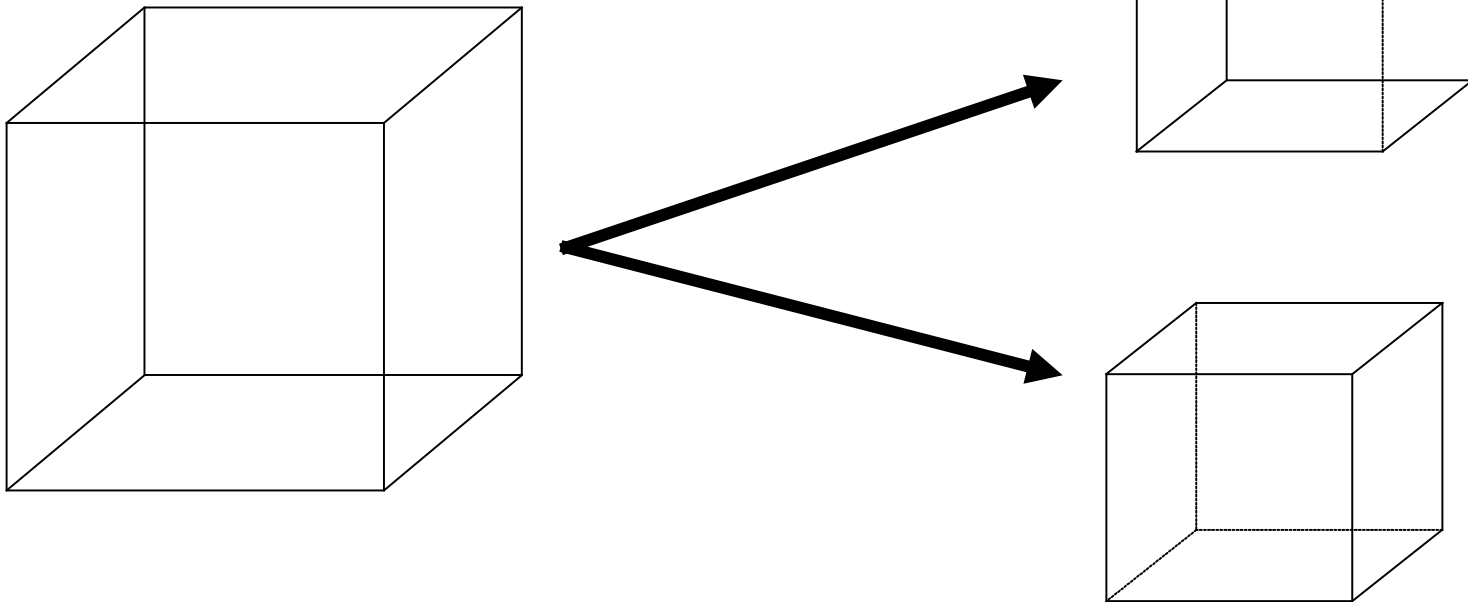
- Introducción
- Técnica de modelaje de sólidos
  - wireframe
  - Instanciamiento positivo
  - CSG (*Constructive Solid Geometry*)
  - Descomposición Celular
  - Barredura
  - Octrees
  - Representación por frontera
    - Ejemplo
- Conclusiones



# Wireframe

---

- Representación a través de aristas
- Problema: representa objetos ambiguos

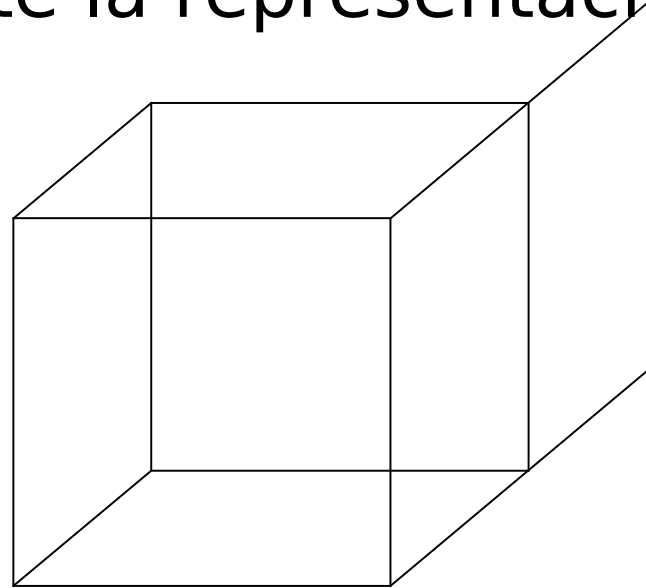
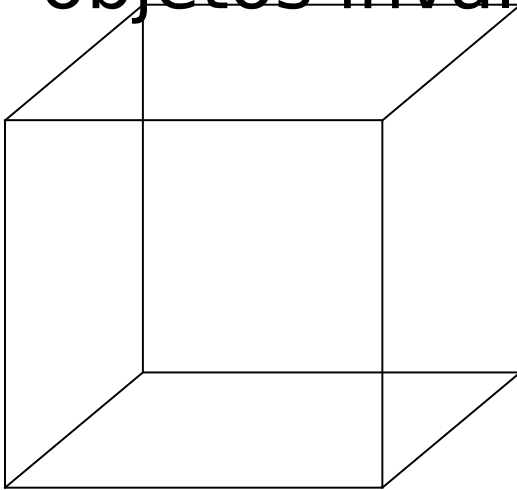




# Wireframe

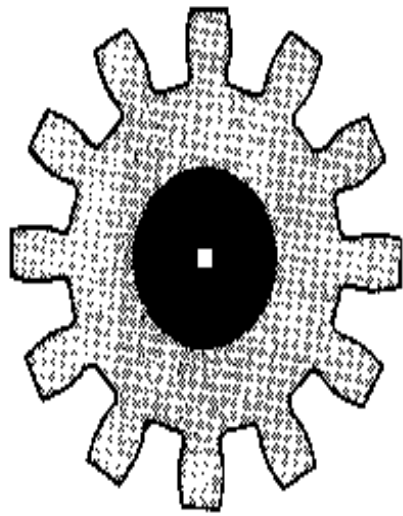
---

- Representación de una variedad de objetos 3D
- Problema: Permite la representación de objetos inválidos



# Instanciamiento de primitivas

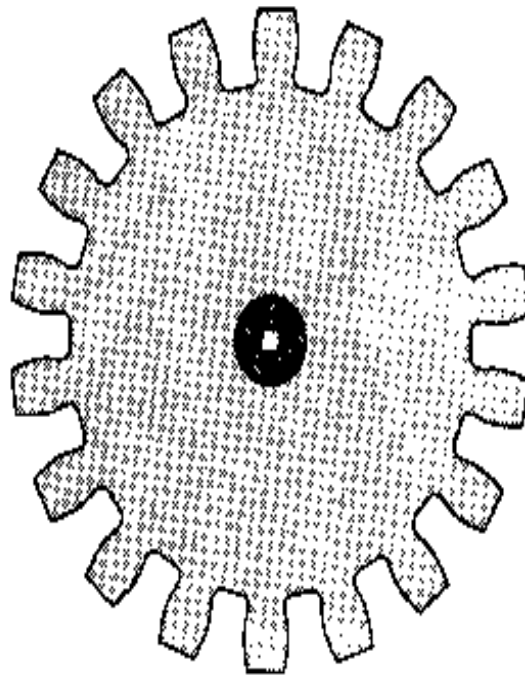
- Parametrización de instancias
- Familias de objetos: esferas, engranes, etc.



(a)

gear

diam = 4.3  
hub = 2.0  
thickness = 0.5  
teeth = 12  
hole = 0.3



(b)

gear

diam = 6.0  
hub = 1.0  
thickness = 0.4  
teeth = 18  
hole = 0.3



# Geometría sólida constructiva

---

- Definidos a través de componentes boléanos sobre objetos.
- Usuario puede tener un menú de primitivas
- El árbol binario define el objeto: las hojas representan las primitivas y los nodos internos la relación entre las primitivas

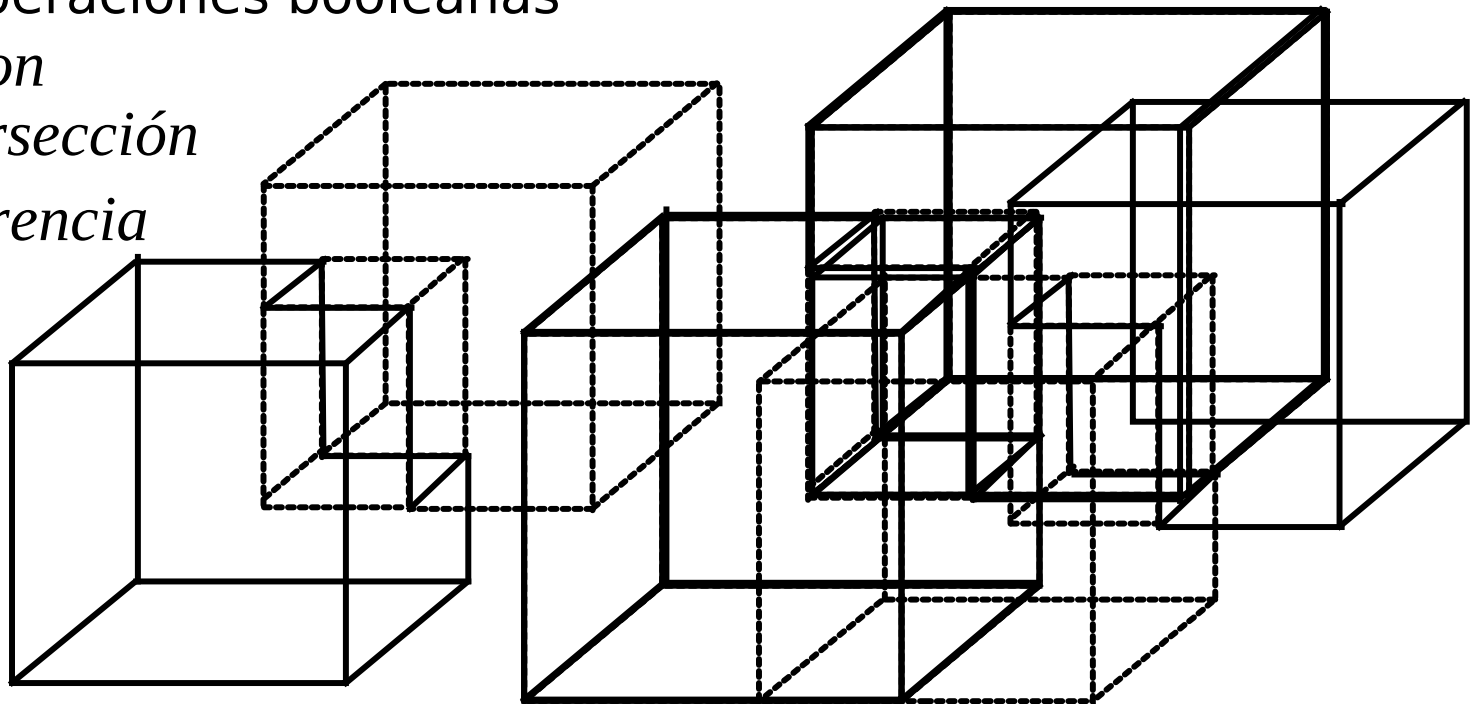
# Geometría sólida constructiva

- Operaciones booleanas

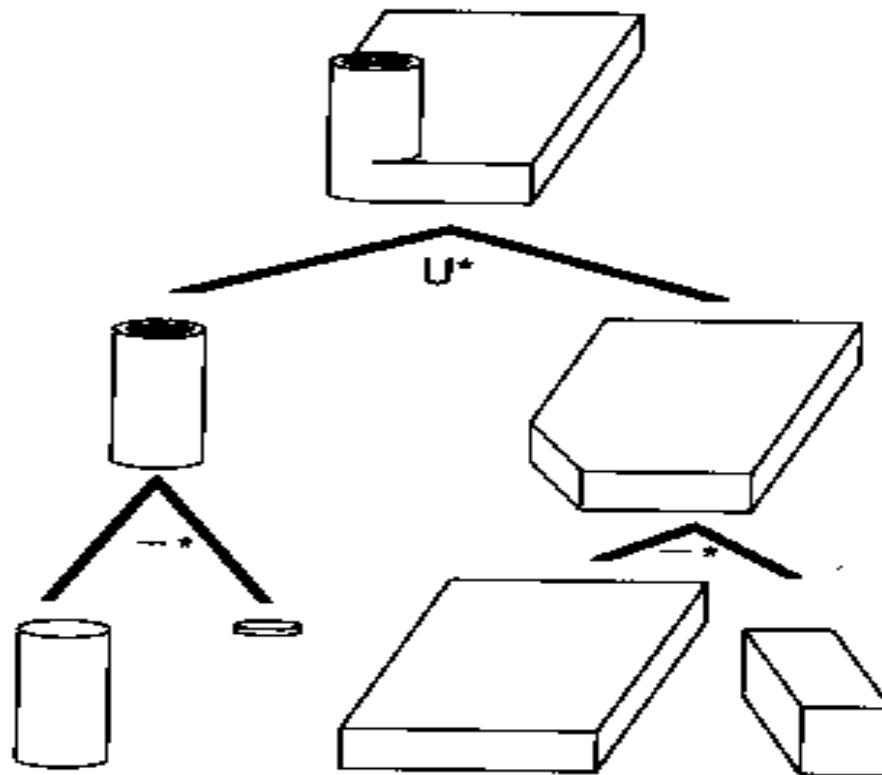
*Union*

*Intersección*

*Diferencia*



# Geometría sólida constructiva

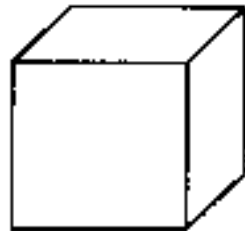
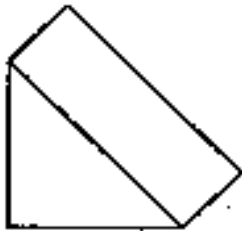




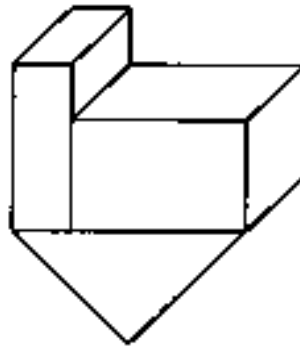
# Descomposición celular

---

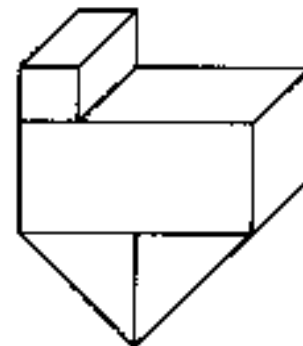
- Derivación o instanciamiento de primitivas



(a)



(b)



(c)

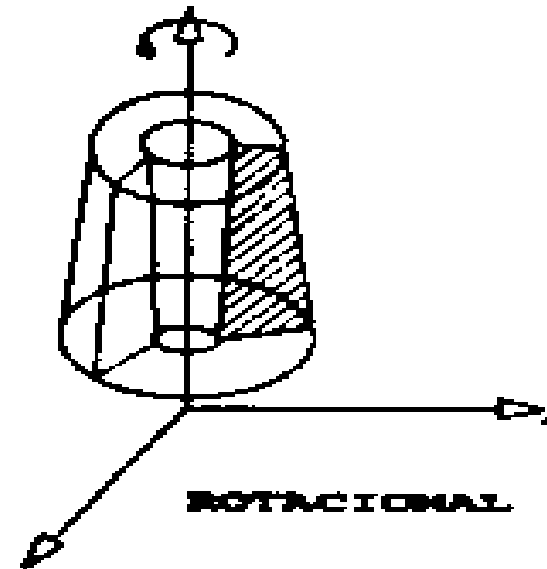




# Barredura

---

- Desplazamiento de un objeto a través de una trayectoria
  - Traslación
  - Rotación

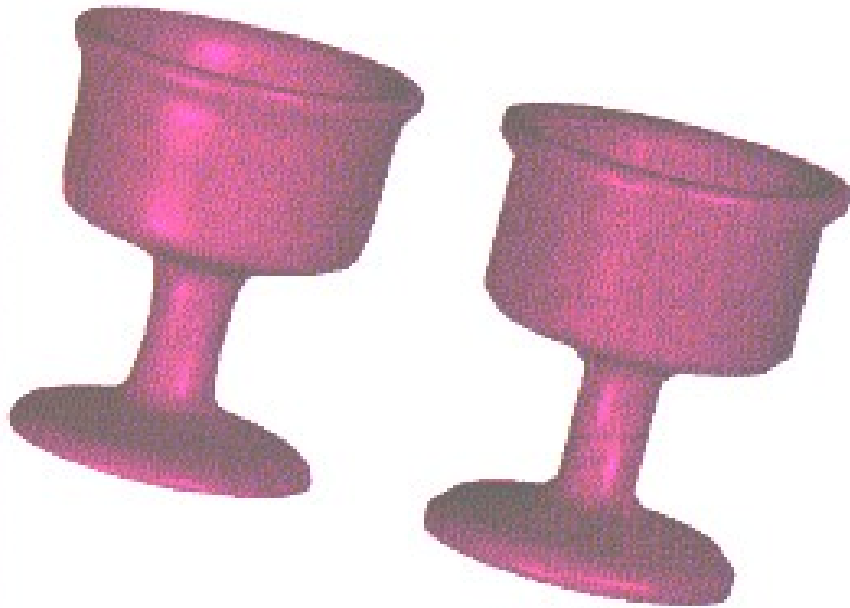




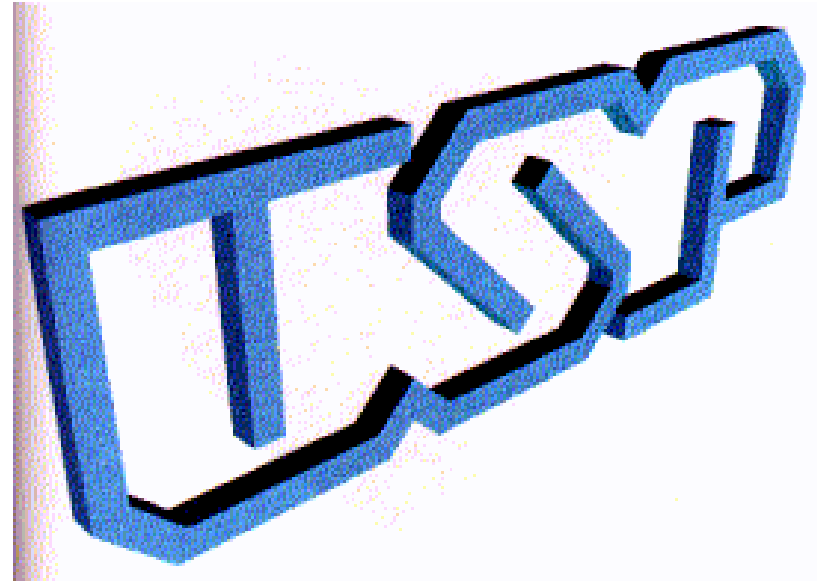
# Barredura

---

Barredura rotacional  
Translacional



Barredura





# Barredura

---

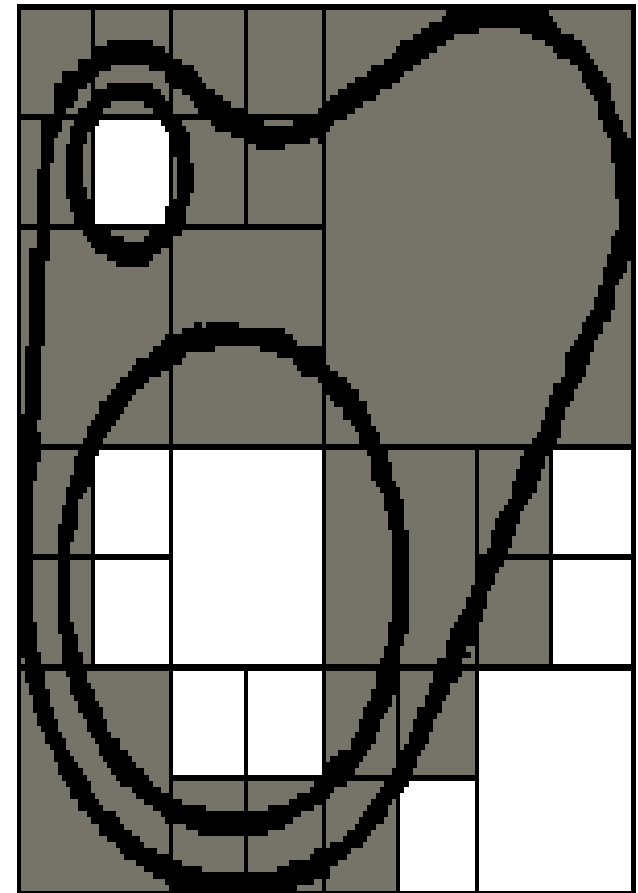
- Barredura genéricas
  - Traslación o rotación a través de un camino cualquiera
- Problema: Permite modelaje de objetos inválidos
  - Cuando la generatriz se interseca consigo mismo
  - Desplazar la generatriz sobre su propio plano



# Octrees

---

- Dividir para conquistar
  - *Quadtree* 4 cuadrantes
    - Vacío
    - Lleno
    - Parcialmente lleno
  - Indexación de la región de 0 a 3 regiones
  - Cada nodo tiene 4 campos asociados a cada uno de los cuadrantes
  - Cuadrante homogéneo
  - Cuadrante heterogéneo





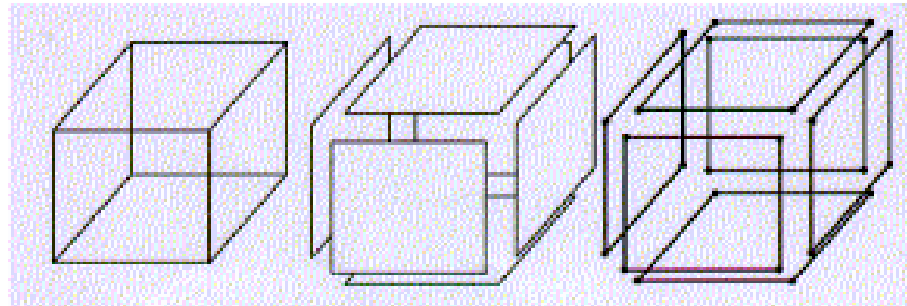
# *Octrees*

---

- Los espacios 3D son divididos en cubos
- Estructura volumétrica con información sobre el interior
- Indexación de la región es de 0 a 7
- Octante heterogéneo
- Octante homogéneo
- *Voxel*/ elemento individual del espacio 3D

# Representación por frontera (1)

- Superficies limitantes: Vértices + Aristas + Caras



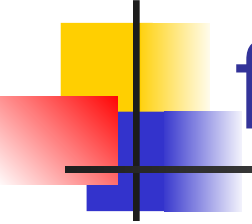
- Sólidos de variedad simple:
  - Aristas son compartidas por dos caras
  - Las fronteras son superficies que pueden ser representadas matemáticamente



# Representación por frontera (2)

---

- La representación de variedades simples es esencialmente bidimensional
- Operadores de Euler
  - Vértices  $V$
  - Aristas  $E$
  - Caras  $V - E + F = 2$



# Representación por frontera (3)

---

- Geometría (ecuaciones de aristas planos) + topología (Conexión entre planos)
- Los operadores de Euler trabajan sobre la topología
- Toda representación por frontera valida para sólidos de variedad simple pueden ser contruidos por una secuencia de operadores de Euler





# Representación por frontera (4)

---

- Geometría exacta:
  - Las curvas los caras son representados por sus ecuaciones que las describen
- Geometría aproximada
  - Objetos curvos son representados por un conjunto de caras planares en ese caso la geometría es especificada por los vértices que definen la frontera



# Representación por frontera (5)

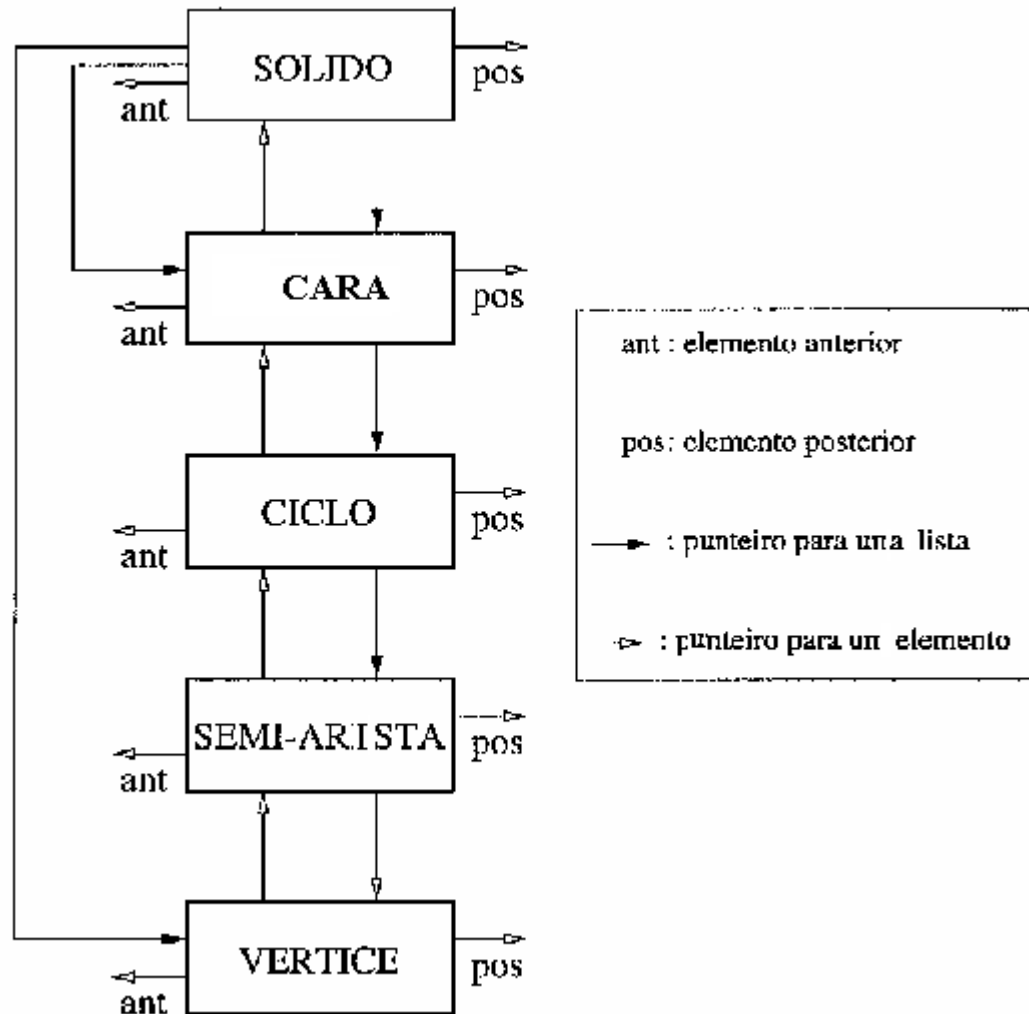
---

- Problemas

- No basta almacenar solo la estructura es necesaria una estructura eficiente para poder ser manipulada por algoritmos de *rendering*
- Los modelos necesitan ser manipulados y alterados

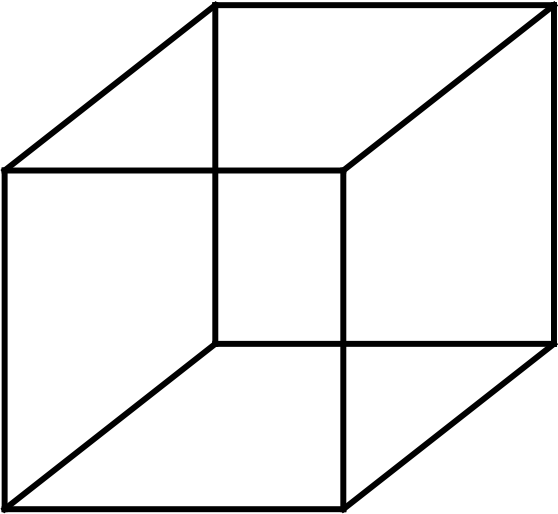
# Representación por frontera

- Estructura común *Half Edge*

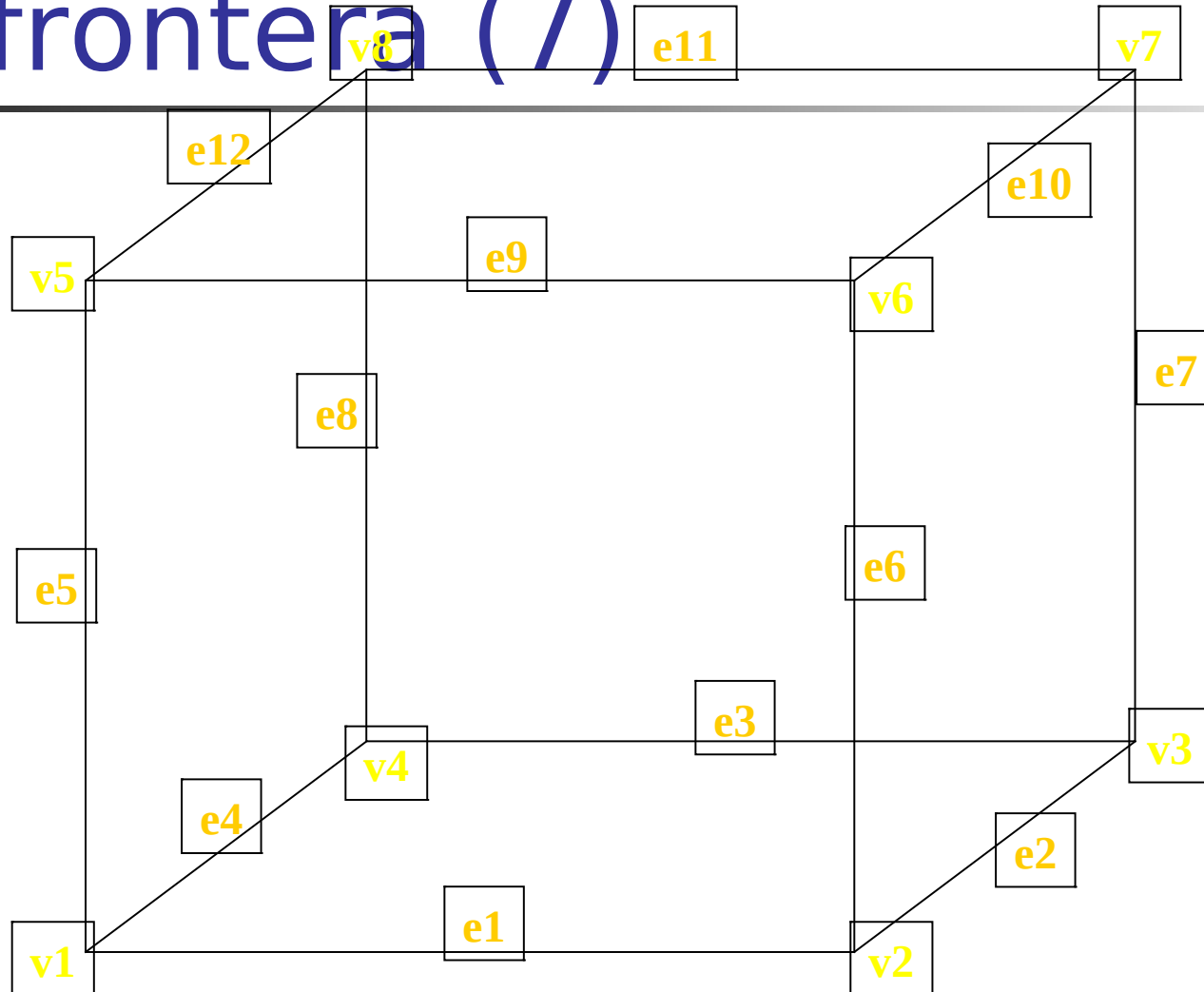


Operador	Significado	V	E	F	H	R	S
MVFS	Make vertex, Face, Solid	+1	0	+1	0	0	+1
KVFS	Kill Vertex, Face, Solid	-1	0	-1	0	0	-1
MEV	Make Edge, Vertex	+1	+1	0	0	0	0
KEV	Kill Edge, Vertex	-1	-1	0	0	0	0
MEF	Make Edge, Face	0	+1	+1	0	0	0
KEF	Kill Edge, Face	0	-1	-1	0	0	0
MEKR	Make Edge, Kill Ring	0	+1	0	0	-1	0
KEMR	Kill Edge, Make Ring	0	-1	0	0	+1	0
MFKRH	Make Face, Kill Ring, Hole	0	0	+1	-1	-1	0
KFMRH	Kill Face, Make Ring, Hole	0	0	-1	+1	+1	0

MVSF  
MEV  
MEV  
MEV  
MEF  
MEV  
MEV  
MEV  
MEV  
MEF  
MEF  
MEF  
MEF



# Representación por frontera (7)





# Representación por frontera (8)

---

- Propiedades
  - No ambigua
  - La utilización directa por el usuario es difícil
  - Tienes restricciones topológicas
  - La complejidad de los algoritmos es alta
  - Poco concisa



# Índice

---

- Introducción
- Técnica de modelaje de sólidos
  - wireframe
  - Instanciamiento positivo
  - CSG (*Constructive Solid Geometry*)
  - Descomposición Celular
  - Barredura
  - Octrees
  - Representación por frontera
    - Ejemplo
- Conclusiones



# Conclusiones

---

- No todas las técnicas mencionadas anteriormente garantizan un modelaje ideal
- Las técnicas anteriores poseen diferentes factores como
  - Consumo de memoria
  - Simplicidad de implementación
- La elección de un método ideal depende de factores como:
  - Naturaleza de la aplicación
  - Hardware disponible





# Bibliografía

---

- Foley, James D. - *Computer Graphics, Principles and Practice*. Addison-Wesley, 1990
- Hearn, D. e Baker, M. P. - *Computer Graphics*. Prentice Hall, 1997
- Filho, Antonio Castelo - *Modelagem Geométrica: Representação e Manipulação de Objetos Geométricos Utilizando o Computador*. ICMC-USP