

# **VISUALIZACIÓN DE CAMPOS ESCALARES 3D**

# Modelos con Voxeles (Ambiente “Cubirille”)

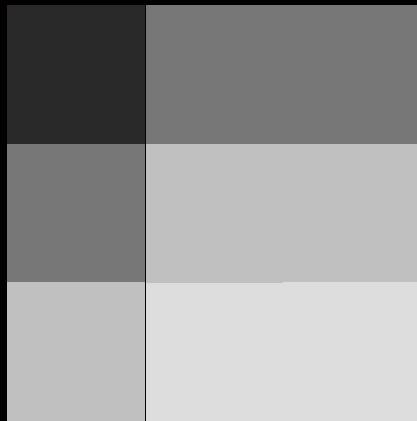
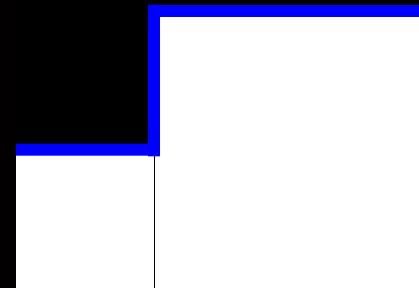
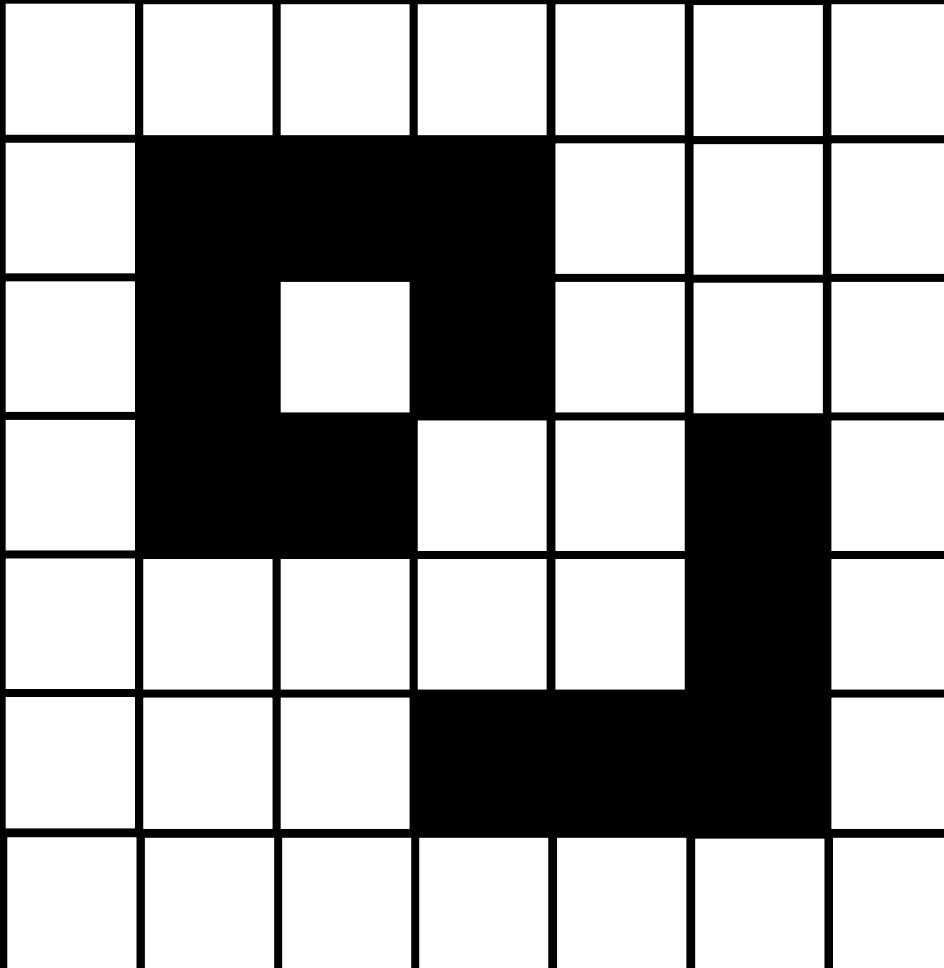


Imagen Original

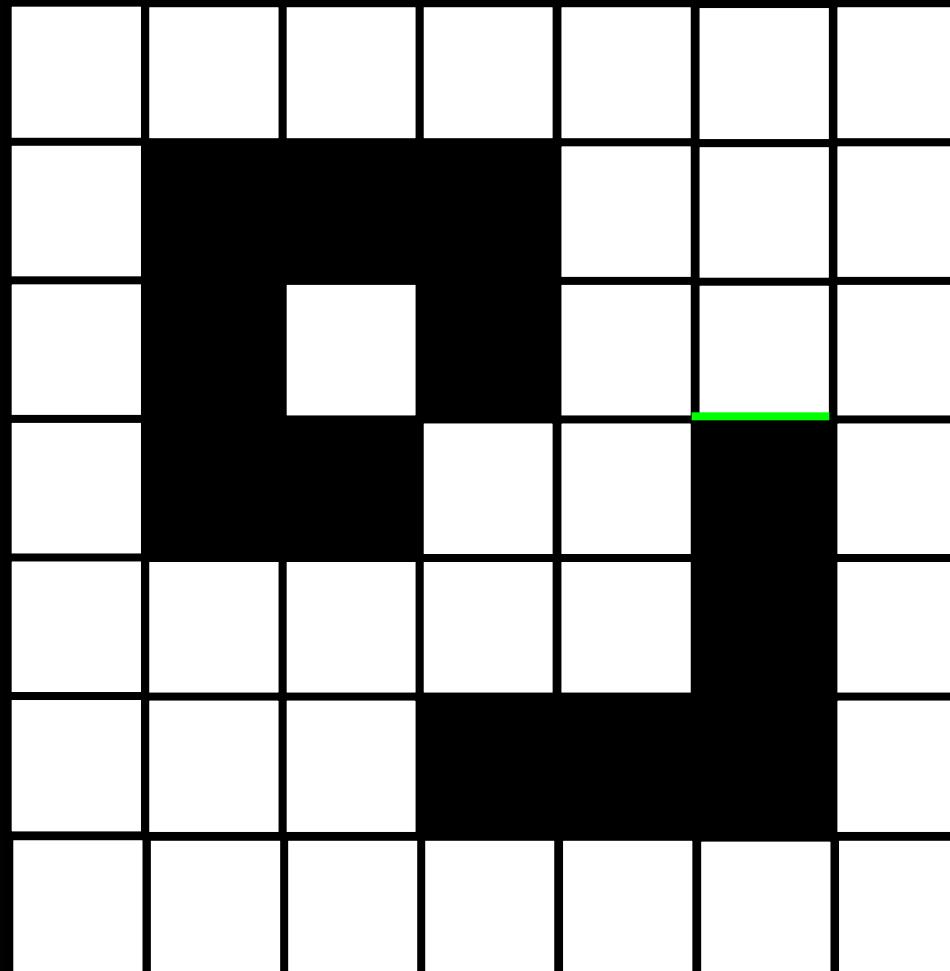


Segmentada y rastreada

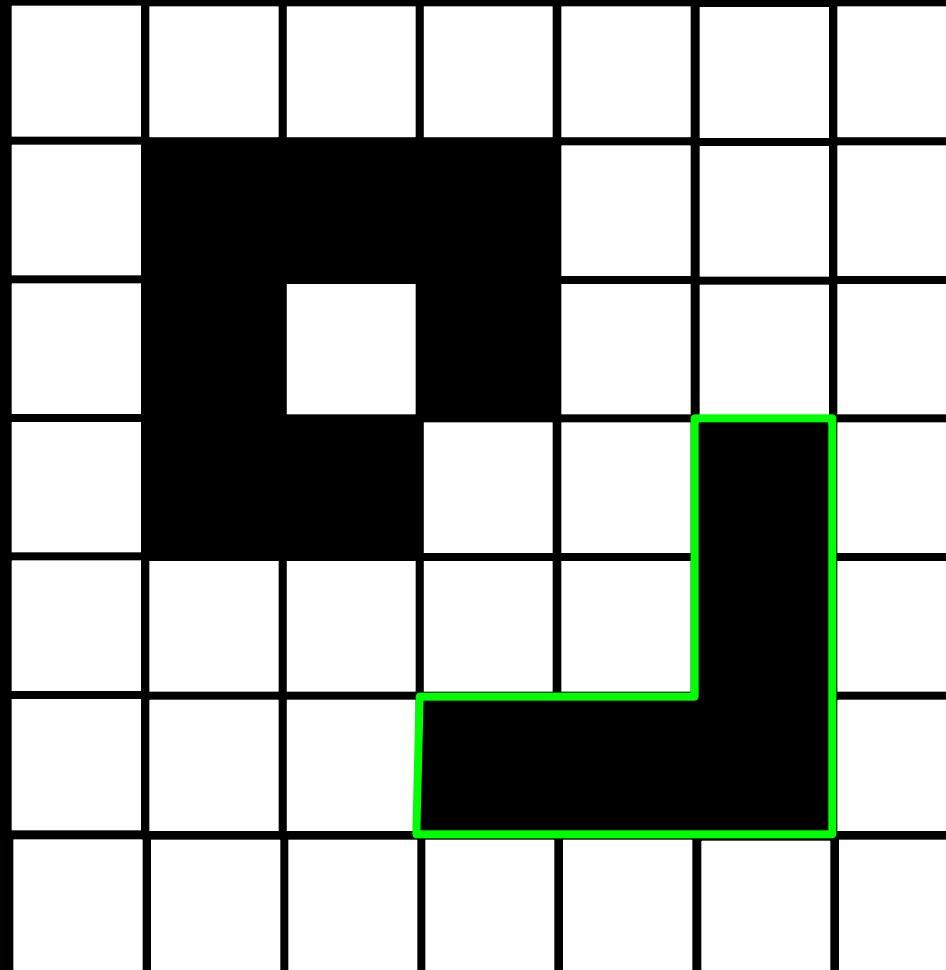
# Imagen Binaria en 2D



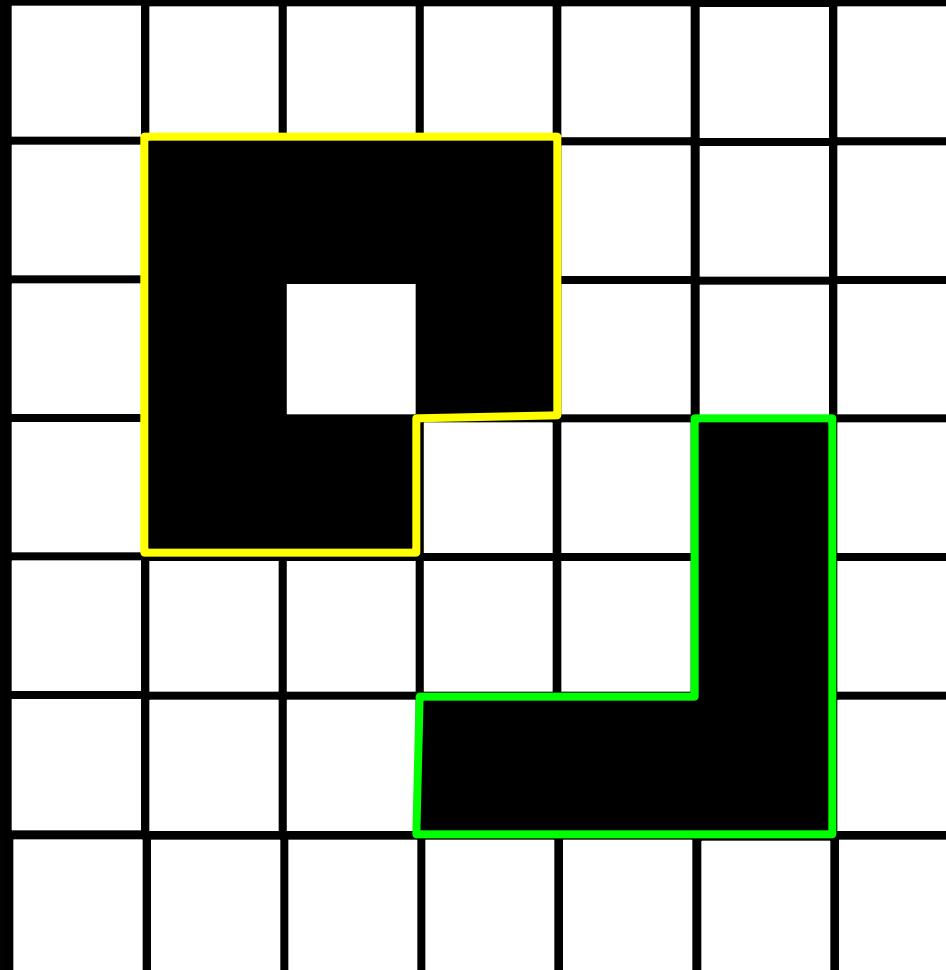
# Imagen Binaria en 2D



# Linderos de Imagen Binaria en 2D



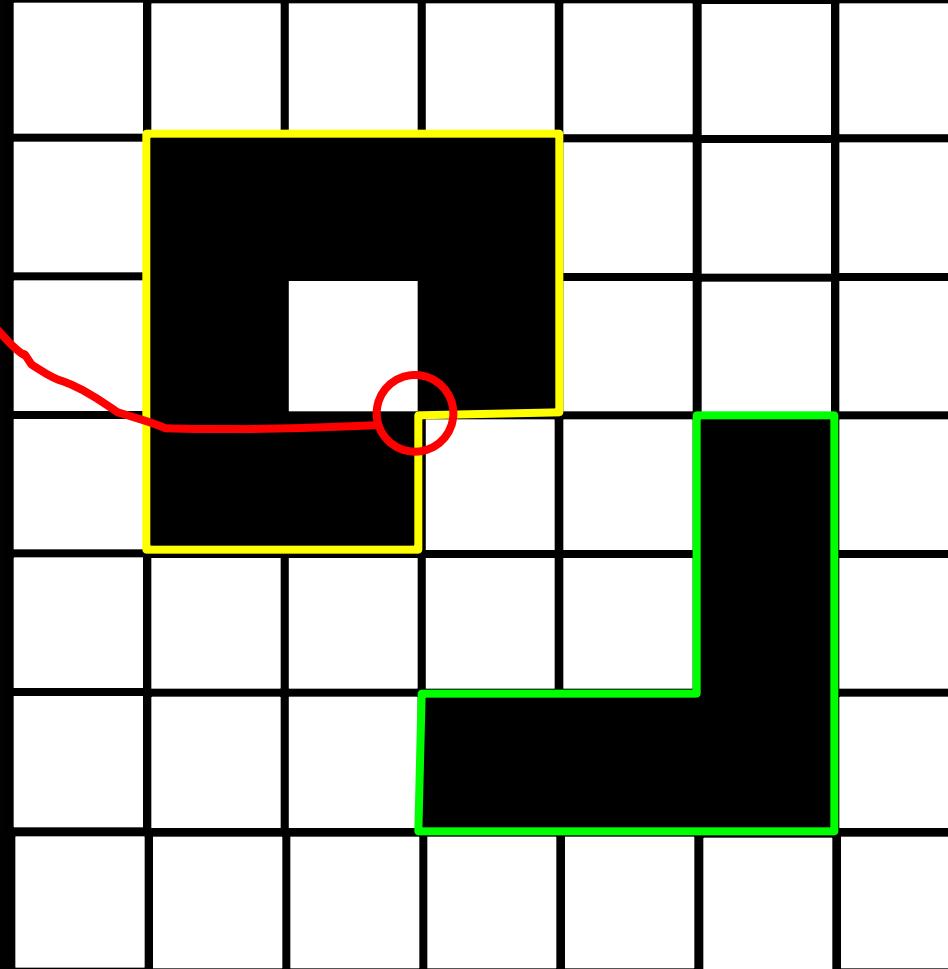
# Linderos de Imagen Binaria en 2D



# Linderos de Imagen Binaria en 2D

Problema

Recordar las  
Adyacencias  
validas  
para interior y  
exterior

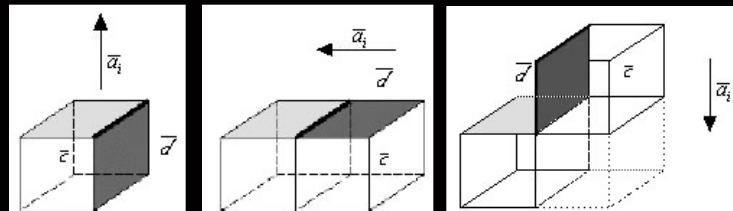
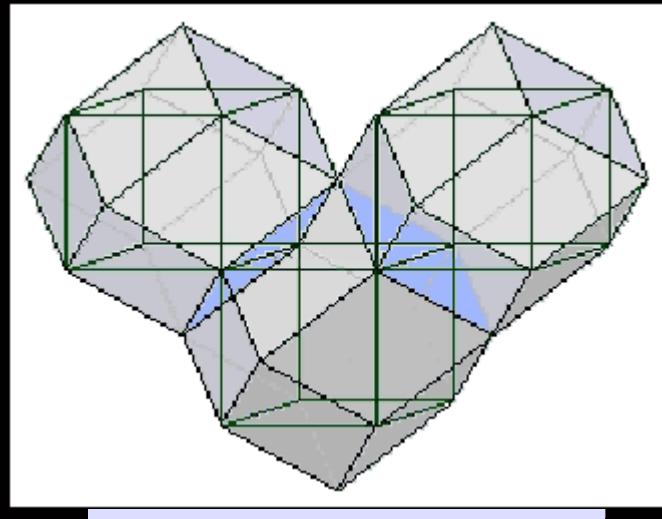


# Caso en 3D

---

- Veamos el caso de voxels cúbicos en 3D (caso típico en biomedicina).
- Es suficiente hallar los linderos de los voxels, cuyas caras son cuadriláteros, y visualizar la superficie.
- Sin embargo, la situación no es tan fácil como en 2D.
- Por ejemplo, ver el applet.

# Seguimiento de Linderos



1. Insert two copies of  $(\bar{c}_0, \bar{d}_0)$  into  $M$ .
  2. If using Cubic Grid, then output  $(\bar{c}_0, \bar{d}_0)$  into  $L$ .
  3. Queue  $(\bar{c}_0, \bar{d}_0)$  in  $X$ .
  4. While  $X$  is not empty do:
    - (a) Remove a  $(\bar{c}, \bar{d})$  from  $X$ .
    - (b) Find the bels  $(\bar{c}_1, \bar{d}_1)$  and  $(\bar{c}_2, \bar{d}_2)$  which are bel-adjacent from  $(\bar{c}, \bar{d})$ .
    - (c) For  $i = 1, 2$  do:
 

If using Rhombic Dodecahedral Grid and  $\bar{c}_i = \bar{c}$ , then output  $(\bar{c}, \bar{d} + \bar{a}_i)$  into  $L$ .

If  $(\bar{c}_i, \bar{d}_i)$  is in  $M$ :

Then remove  $(\bar{c}_i, \bar{d}_i)$  from  $M$ .

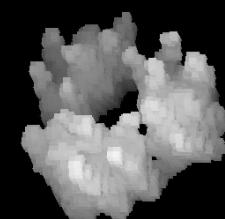
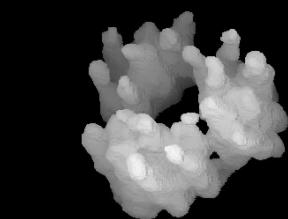
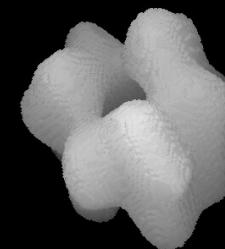
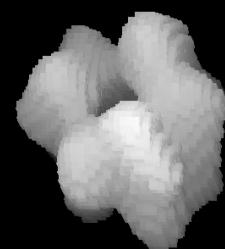
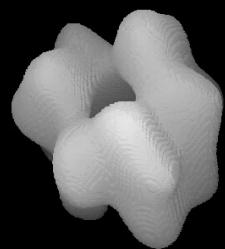
Else:

If using Cubic Grid, then output  $(\bar{c}_i, \bar{d}_i)$  into  $L$ .

Queue  $(\bar{c}_i, \bar{d}_i)$  in  $X$ .

Insert  $(\bar{c}_i, \bar{d}_i)$  into  $M$ .
  - End else.
  - End if.
  - End for.
- End while.

# Resultado de Seguimiento de Linderos



*sc* 400×400×400

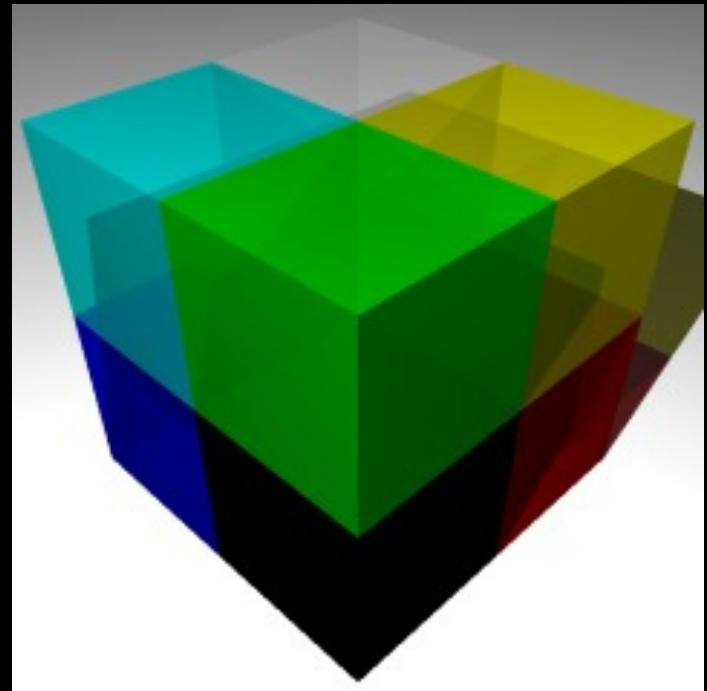
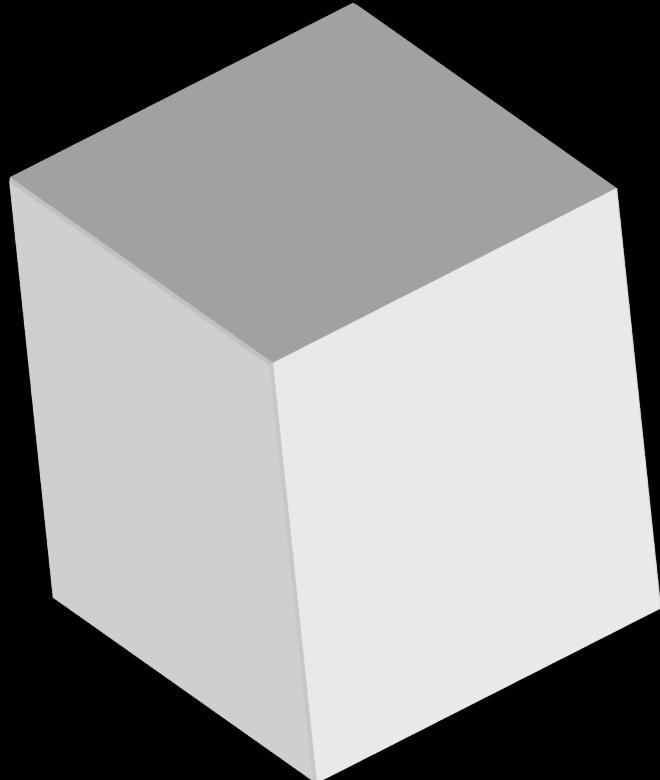
*fcc* 128×128×128

*fcc* 336×336×336

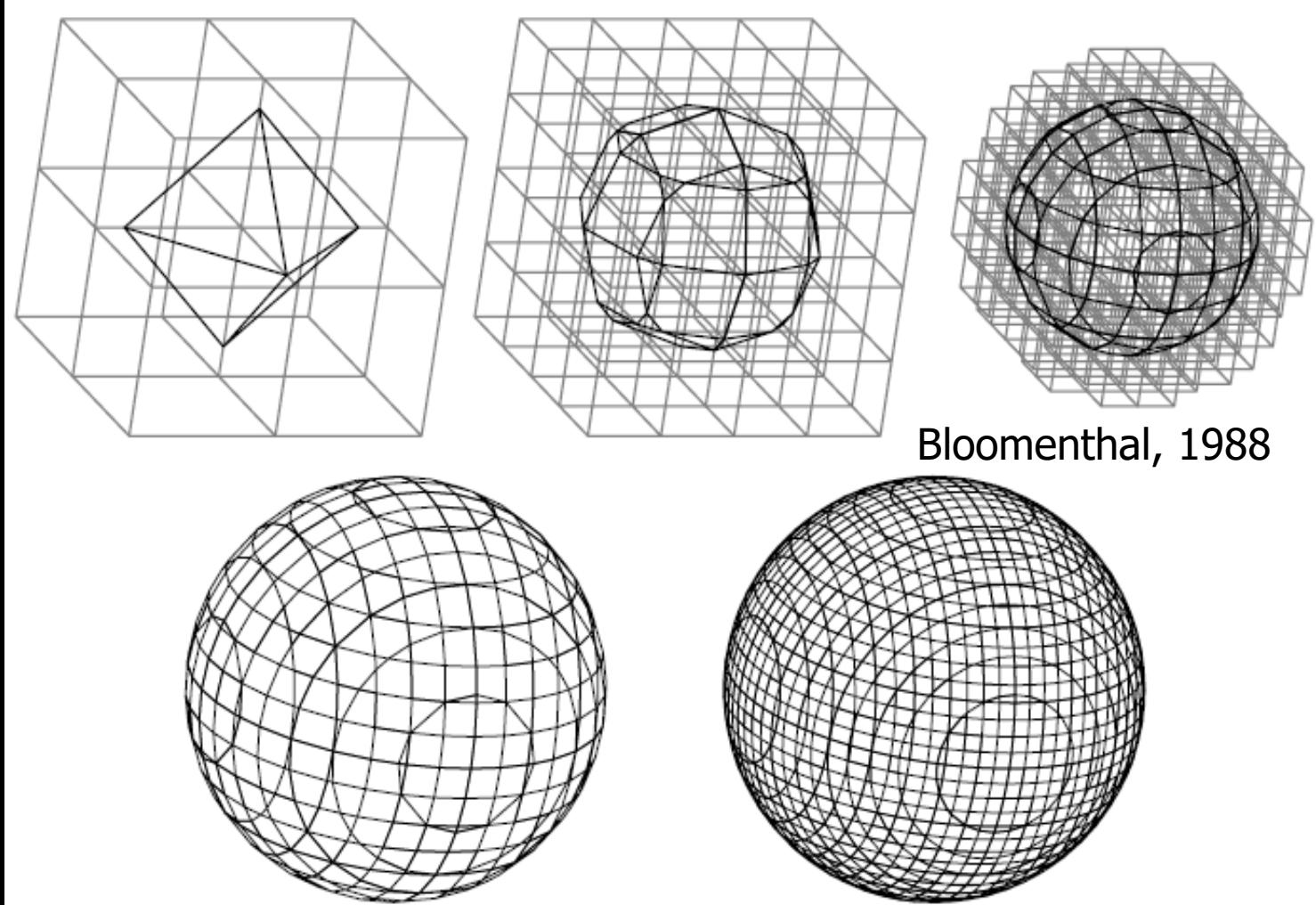
# Representación de IsoSuperficie Vía Octrees

- Una superficie implícita puede representarse por medio de un octree, comenzando por un cubo que encierra o intercepta a la superficie.
- La estructura de octree converge a la superficie por medio de la subdivisión de los cubos que interceptan la superficie. El procedimiento es recursivo y se detiene con un criterio prefijado o cuando se alcanza cierta profundidad del árbol.
- La aproximación de la superficie generada a la superficie implícita depende generalmente del nivel de recursividad en el algoritmo.

# Isosuperficies vía Octrees (Idea Básica)

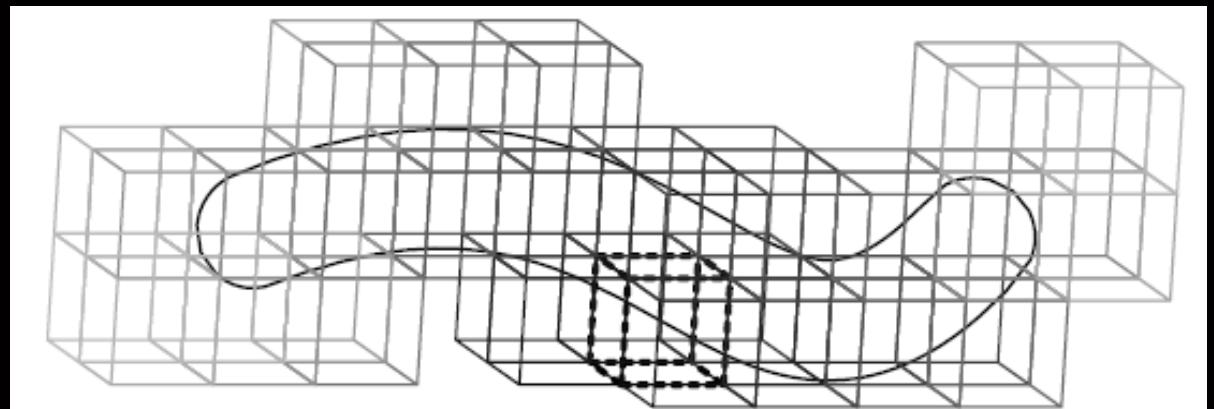


# Ejemplo Gráfico



# Rastreo y Octrees

A partir de una semilla es posible seguir la superficie y creando los cubos necesarios



Bloomenthal, 1988

# Isosuperficies vía Cubos Marchando (Idea Básica)

---

- Es un método para crear una aproximación de la isosuperficie de un campo escalar en 3D, discretizado en voxels cúbicos, por medio de una superficie de triángulos.
- Se procesa cada voxel y luego se utiliza interpolación para calcular los vértices de los triángulos.
- Anotación: Los voxels no son considerados como el vecindario de Voronoi de la muestra.

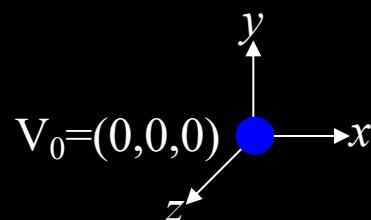
# Representación de Cubos

$V_2 = (0, 1, 0)$  ●

●  $V_3 = (1, 1, 0)$

$V_6 = (0, 1, 1)$  ●

●  $V_7 = (1, 1, 1)$

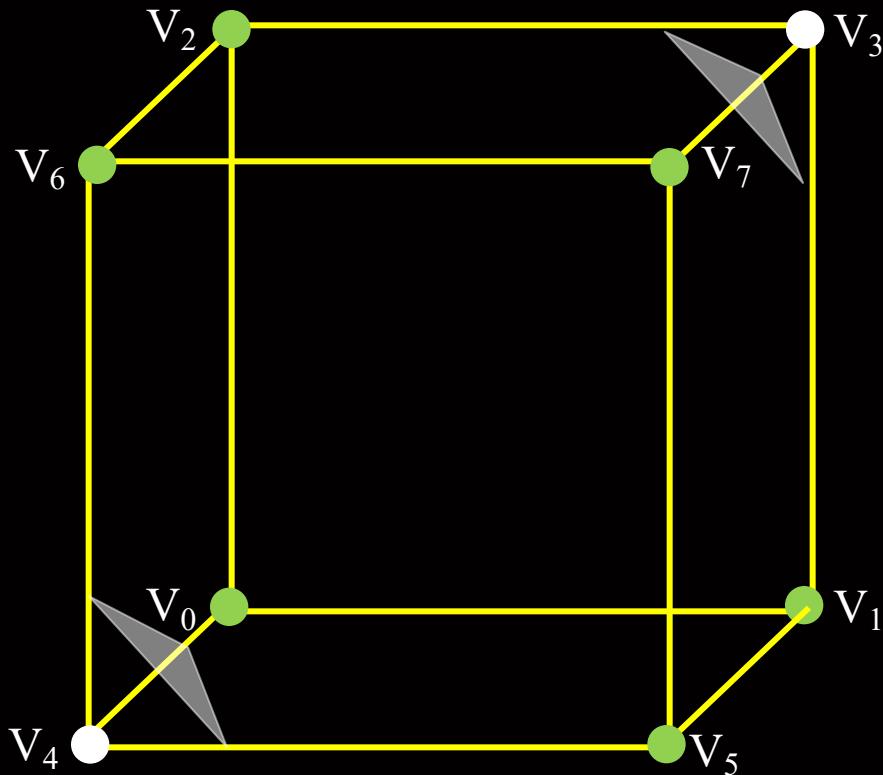


$V_4 = (0, 0, 1)$  ●

●  $V_1 = (1, 0, 0)$

●  $V_5 = (1, 0, 1)$

# Detección de Triángulo

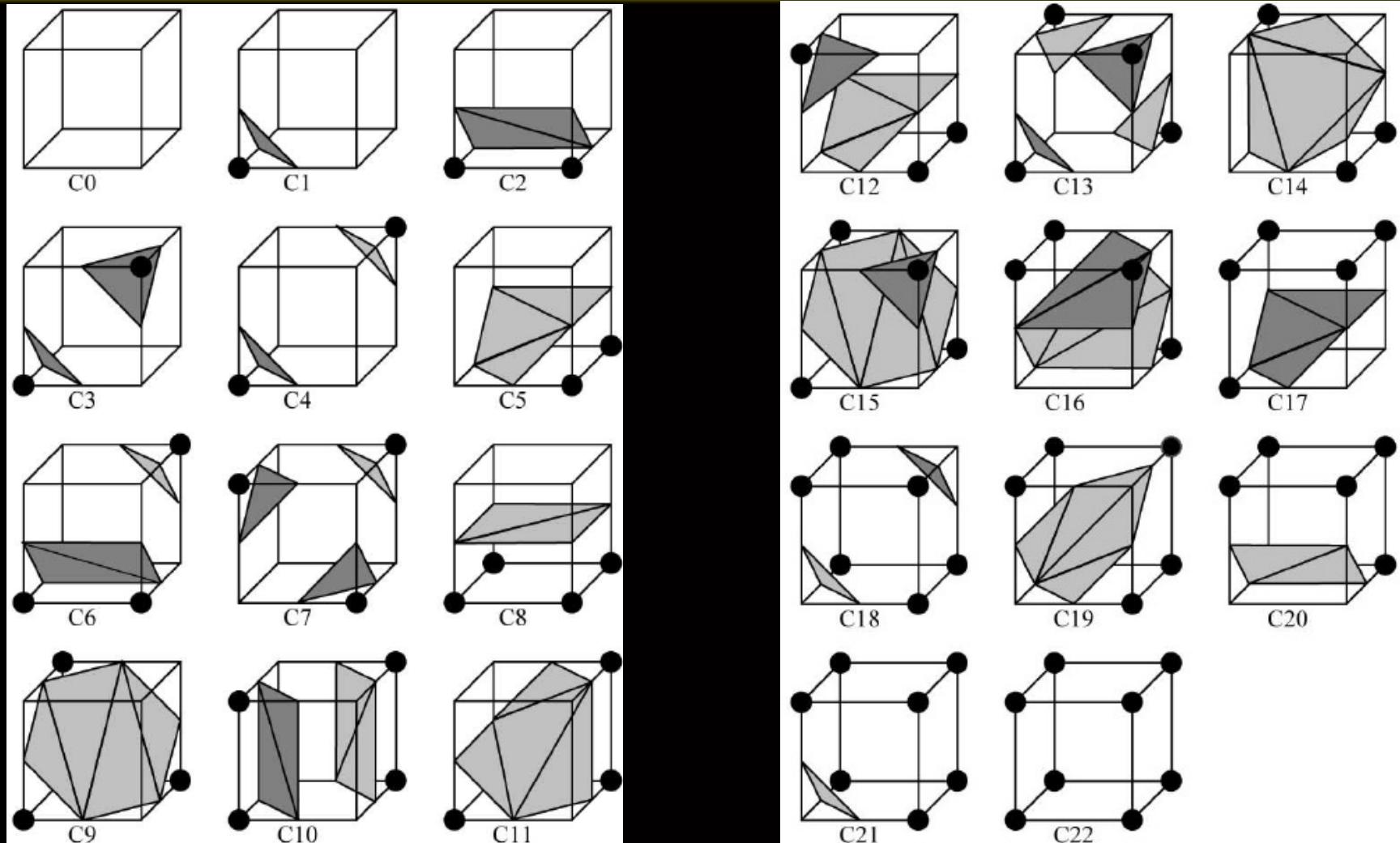


- Mayor al Umbral
- Menor al Umbral

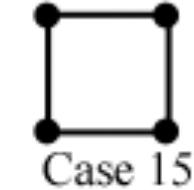
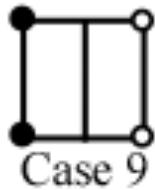
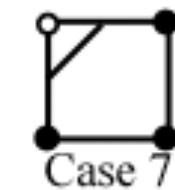
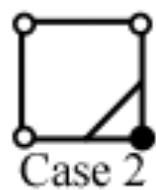
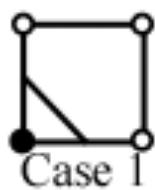
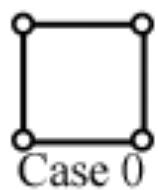
Por medio de **Rotaciones**, es posible obtener los 256 posibilidades a partir de 15 configuraciones.

<http://www.polytech.unice.fr/~lingrand/MarchingCubes/accueil.html>

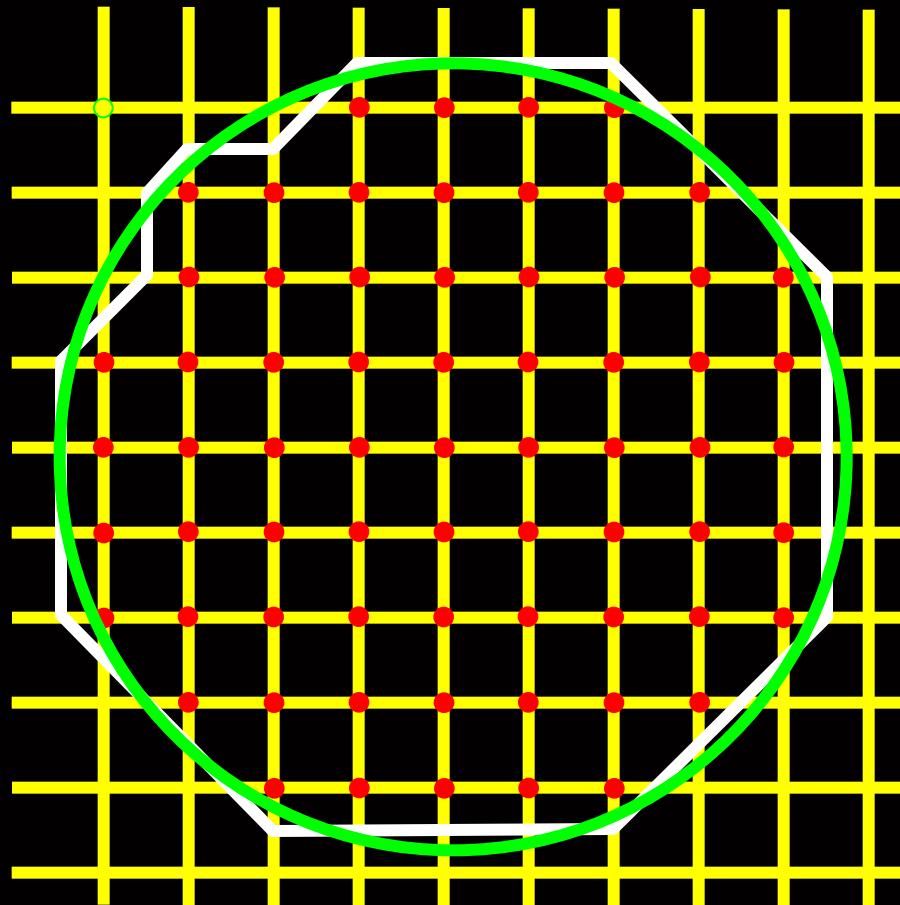
# Configuraciones



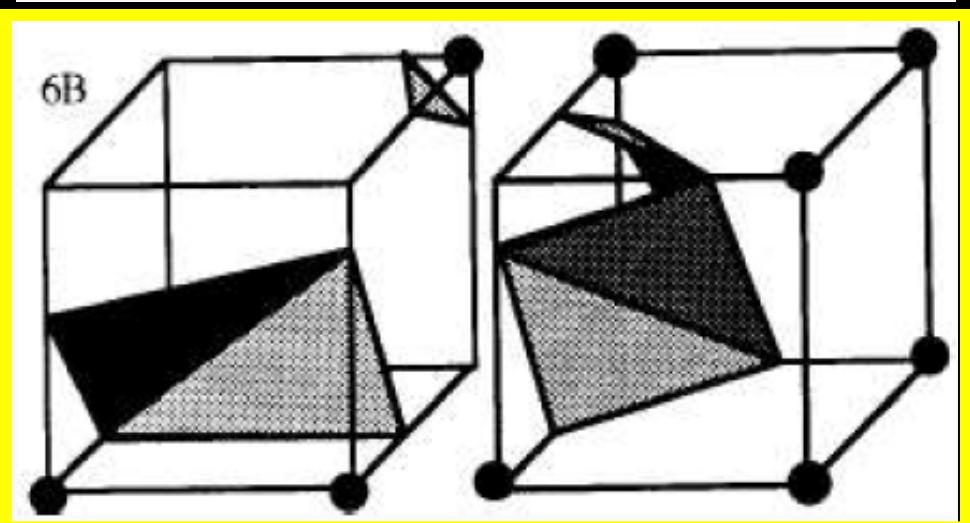
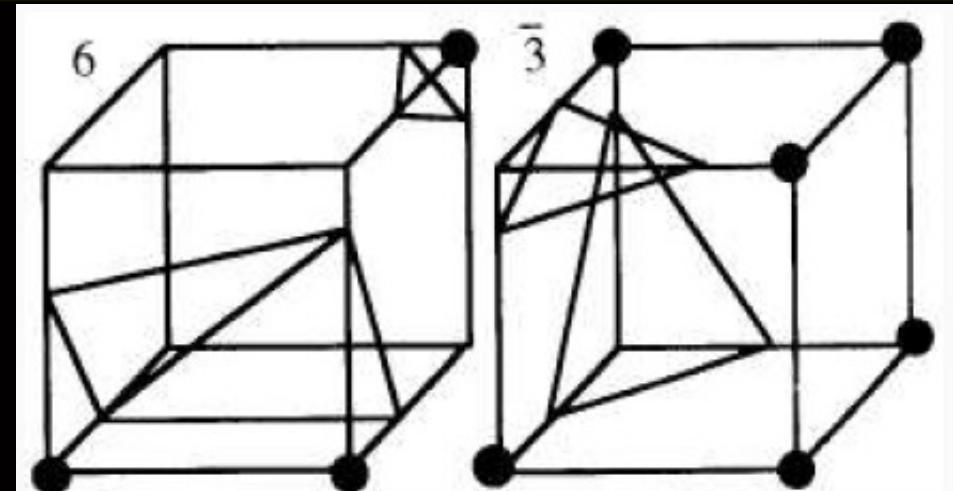
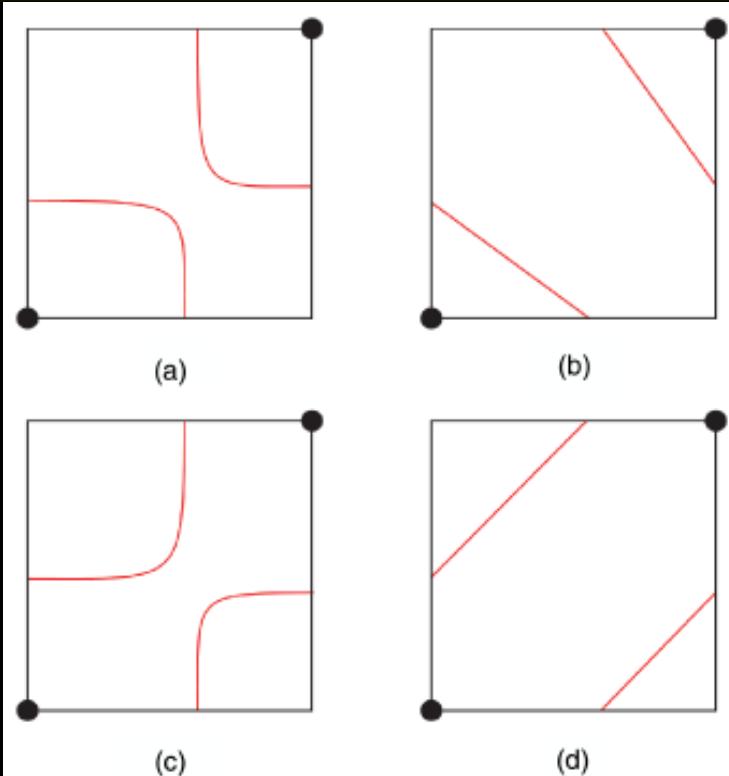
# Ejemplo en 2D



# Ejemplo 2D

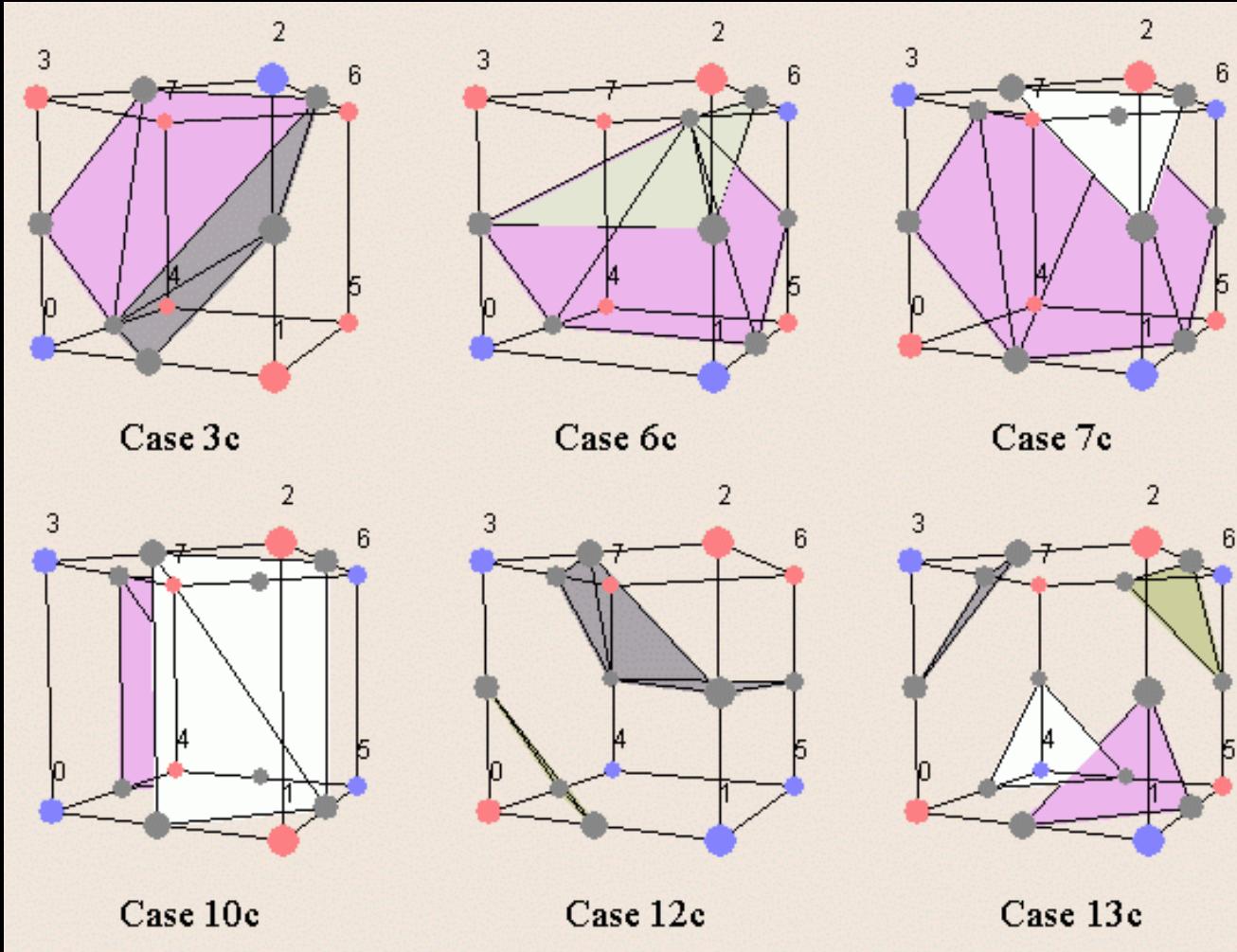


# Producción de Hoyos



Solución: introducir casos complementarios

# Casos Complementarios



# Rotaciones y Configuraciones

msb lsb	0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1000	1001	1010	1011	1100	1101	1110	1111
0000	0:0	3:1	5:1	3:2	2:1	15:2	2:3	16:5	14:1	19:3	17:2	15:5	2:2	17:5	3:5	3:8
0001	0:1	4:2	20:3	6:5	10:3	7:5	11:7	0:9	0:4	20:6	22:6	0:11	16:6	7:14	3:12	10:17
0010	6:1	3:3	6:2	0:5	2:4	15:6	6:6	0:14	6:3	2:7	23:5	4:9	2:6	17:12	9:11	11:17
0011	0:2	5:5	4:5	0:8	11:6	6:11	4:12	2:17	0:6	5:12	4:14	14:17	9:10	1:16	8:16	1:20
0100	1:1	4:3	1:4	5:6	13:2	20:5	13:6	7:11	1:3	5:7	17:6	15:12	8:5	3:9	3:14	1:17
0101	7:2	18:5	7:6	6:14	19:5	7:8	19:12	21:17	10:6	18:12	0:10	9:16	14:11	22:17	12:16	9:20
0110	7:3	8:7	21:6	0:12	18:6	20:12	1:10	14:16	0:7	1:13	23:12	4:15	8:12	3:15	4:16	0:19
0111	12:5	1:9	1:11	13:17	12:14	9:17	23:16	14:20	12:12	1:15	19:16	18:19	3:16	12:19	3:18	8:21
1000	8:1	3:4	12:3	3:6	18:3	19:6	1:7	16:12	14:2	23:6	9:5	9:14	13:5	3:11	8:9	12:17
1001	0:3	4:6	3:7	6:12	4:7	7:12	0:13	0:15	14:6	3:10	9:12	18:16	13:12	21:16	8:15	7:19
1010	9:2	12:6	22:5	4:11	9:6	2:10	22:12	10:16	21:5	21:12	9:8	19:17	13:14	7:16	18:17	7:20
1011	1:5	1:14	5:9	8:17	1:12	17:16	5:15	1:19	10:11	13:16	20:17	13:20	5:16	1:18	4:19	1:21
1100	1:2	8:6	1:6	7:10	14:5	14:14	14:12	0:16	2:5	2:12	13:11	11:16	2:8	4:17	5:17	0:20
1101	11:5	12:11	11:12	2:16	2:9	23:17	2:15	6:19	2:14	6:16	15:16	2:18	0:17	6:20	3:19	6:21
1110	10:5	10:12	10:14	16:16	2:11	22:16	20:16	0:18	11:9	11:15	7:17	10:19	6:17	20:19	4:20	0:21
1111	1:8	3:17	17:17	2:20	15:17	17:20	19:19	14:21	16:17	2:19	15:20	2:21	3:20	5:21	3:21	0:22

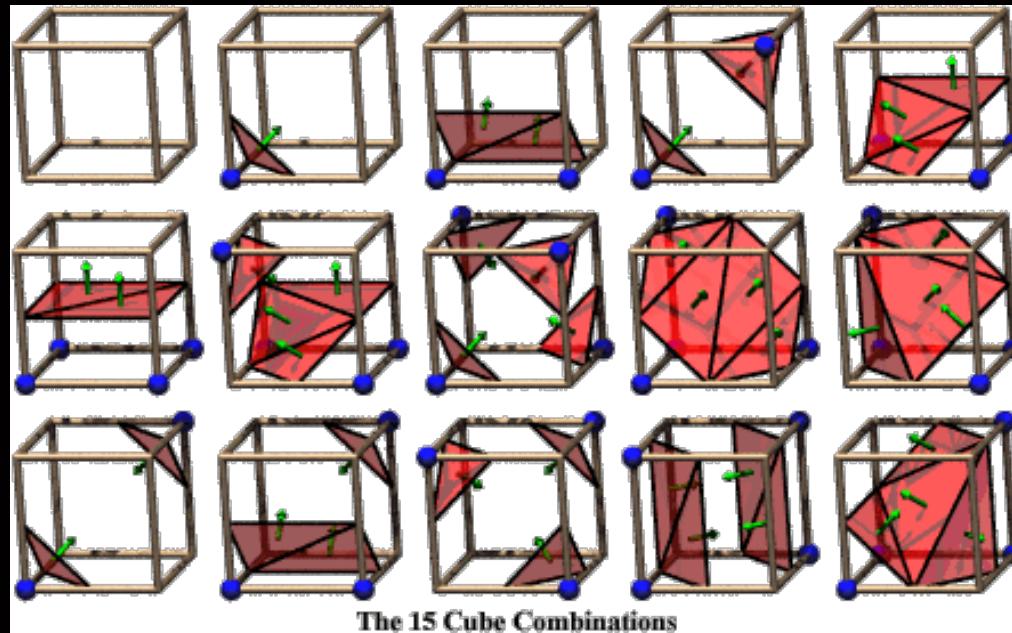
Index	7 6 5 4 3 2 1 0	Index	7 6 5 4 3 2 1 0
0	7 6 5 4 3 2 1 0	12	1 3 5 7 0 2 4 6
1	3 2 7 6 1 0 5 4	13	0 4 2 6 1 5 3 7
2	1 0 3 2 5 4 7 6	14	5 1 7 3 4 0 6 2
3	5 4 1 0 7 6 3 2	15	4 6 0 2 5 7 1 3
4	6 2 4 0 7 3 5 1	16	6 7 2 3 4 5 0 1
5	2 3 0 1 6 7 4 5	17	7 5 3 1 6 4 2 0
6	3 7 1 5 2 6 0 4	18	7 3 6 2 5 1 4 0
7	5 7 4 6 1 3 0 2	19	3 1 2 0 7 5 6 4
8	4 5 6 7 0 1 2 3	20	1 5 0 4 3 7 2 6
9	6 4 7 5 2 0 3 1	21	4 0 5 1 6 2 7 3
10	2 0 6 4 3 1 7 5	22	0 2 1 3 4 6 5 7
11	0 1 4 5 2 3 6 7	23	2 6 3 7 0 4 1 5

# Cálculo de Normales

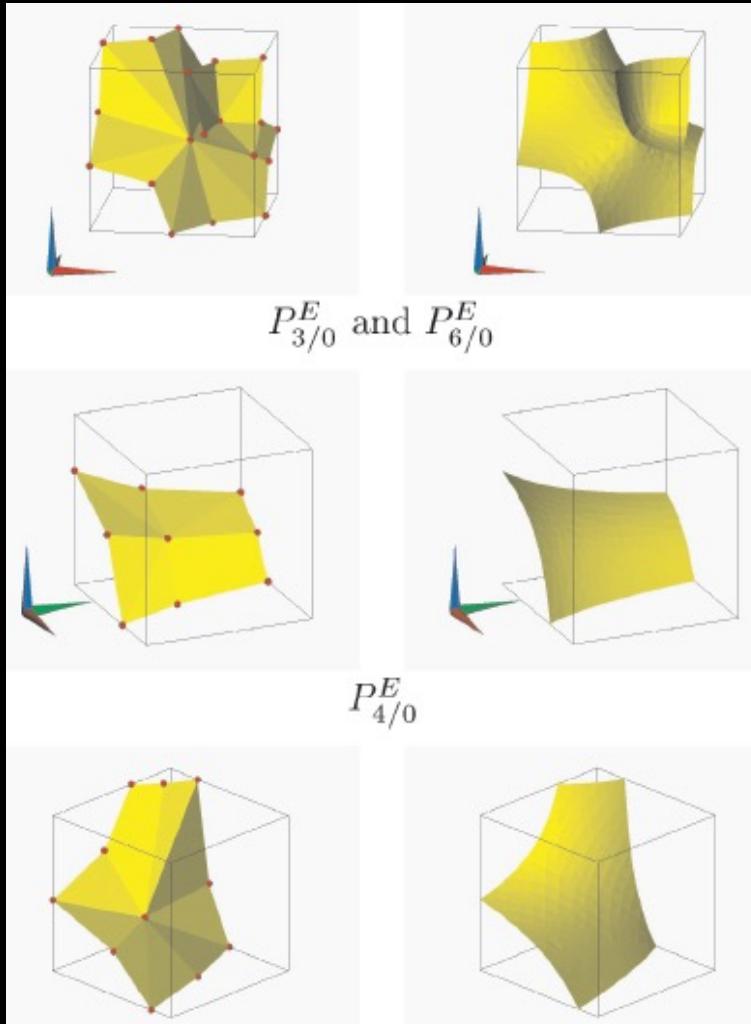
$$N(x, y, z) = \nabla F(x, y, z) = \begin{pmatrix} \frac{\partial F}{\partial x}(x, y, z) \\ \frac{\partial F}{\partial y}(x, y, z) \\ \frac{\partial F}{\partial z}(x, y, z) \end{pmatrix}.$$

$$N(i, j, k) = \begin{pmatrix} \frac{F(i+1, j, k) - F(i-1, j, k)}{2\Delta x} \\ \frac{F(i, j+1, k) - F(i, j-1, k)}{2\Delta y} \\ \frac{F(i, j, k+1) - F(i, j, k-1)}{2\Delta z} \end{pmatrix}, \quad \bar{N}(i, j, k) = \frac{N(i, j, k)}{\|N(i, j, k)\|}$$

Método de Gradientes



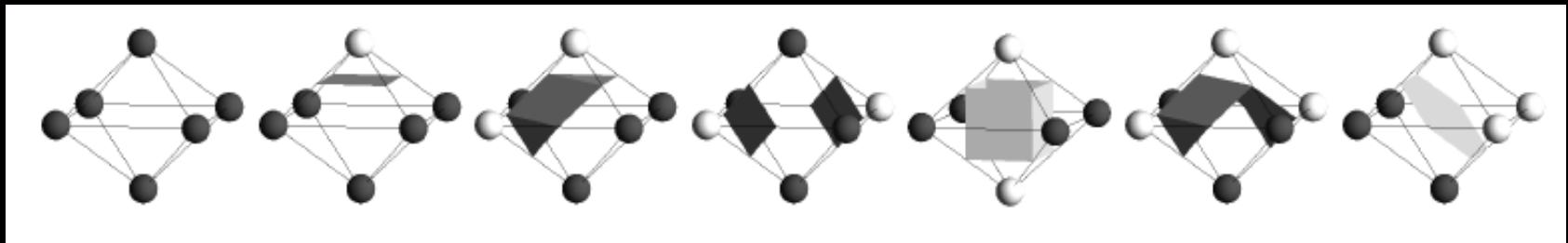
# Otras Triangulaciones



Uso de interpoladores de mayores dimensiones, tales como bicubicos o tricubicos.

# Otras Rejillas

## Marching Octahedra

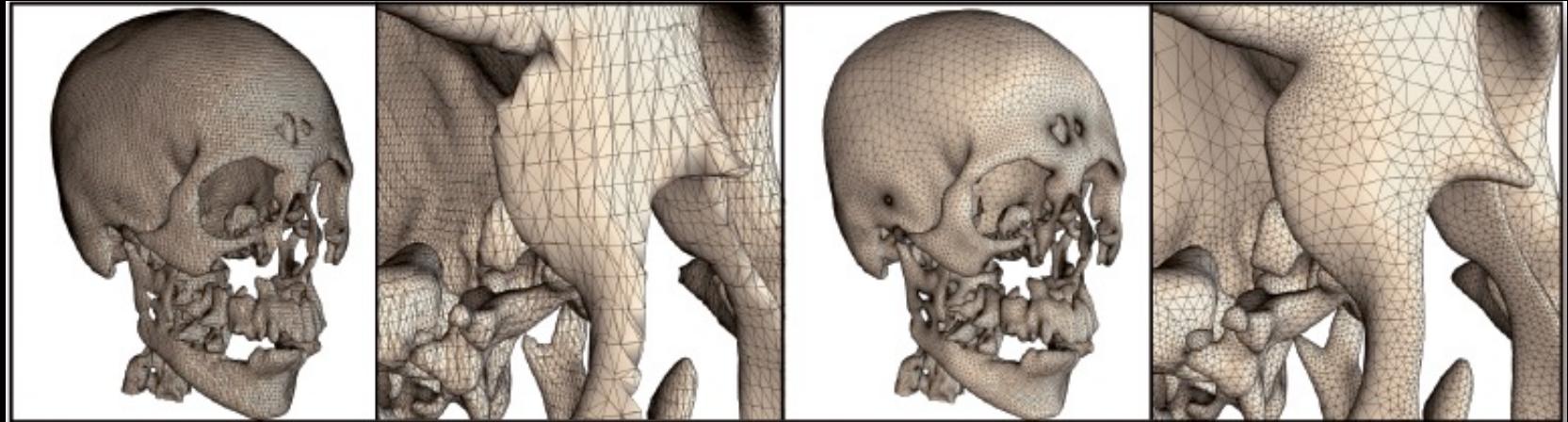


# Otro Método de Creación de IsoSuperficies

---

- El problema del método de los Cubos Marchando es que esta limitado a la resolución del muestreo.
- Se han creado métodos de post-procesamiento.
- También, se han propuesto otros métodos basados en MC tales como adaptivos, o combinación con octree.

# Método de Avance Frontal



John Schreiner, et al. 2006

La superficie se aproxima por medio de rastreo y continuación. La superficie se comienza a rastrear a partir de una semilla y se continúa rastreando la superficie desde los bordes (recordar rastreo de superficie en el ambiente cúbico).

El frente se refiere a los linderos de la superficie ya generada y se avanza a partir de la arista de algún triángulo en el lindero. Se busca un nuevo triángulo, avanzando la superficie.

# Avance Frontal

---

- Para llevar a cabo el avance, se utiliza un campo de guía. La arista ideal del punto  $s$  sobre la superficie está dada por:

$$\ell(s) = \frac{2 \sin(\rho_2)}{\kappa_{\max}(s)}$$

# Implicit Surfaces and Blobby Model

- An implicit surface (also called isosurfaces or isointensity surfaces) is defined as a set of points in space such that

$$S = \left\{ (\bar{x}) \mid v(\bar{x}) = t \right\}$$

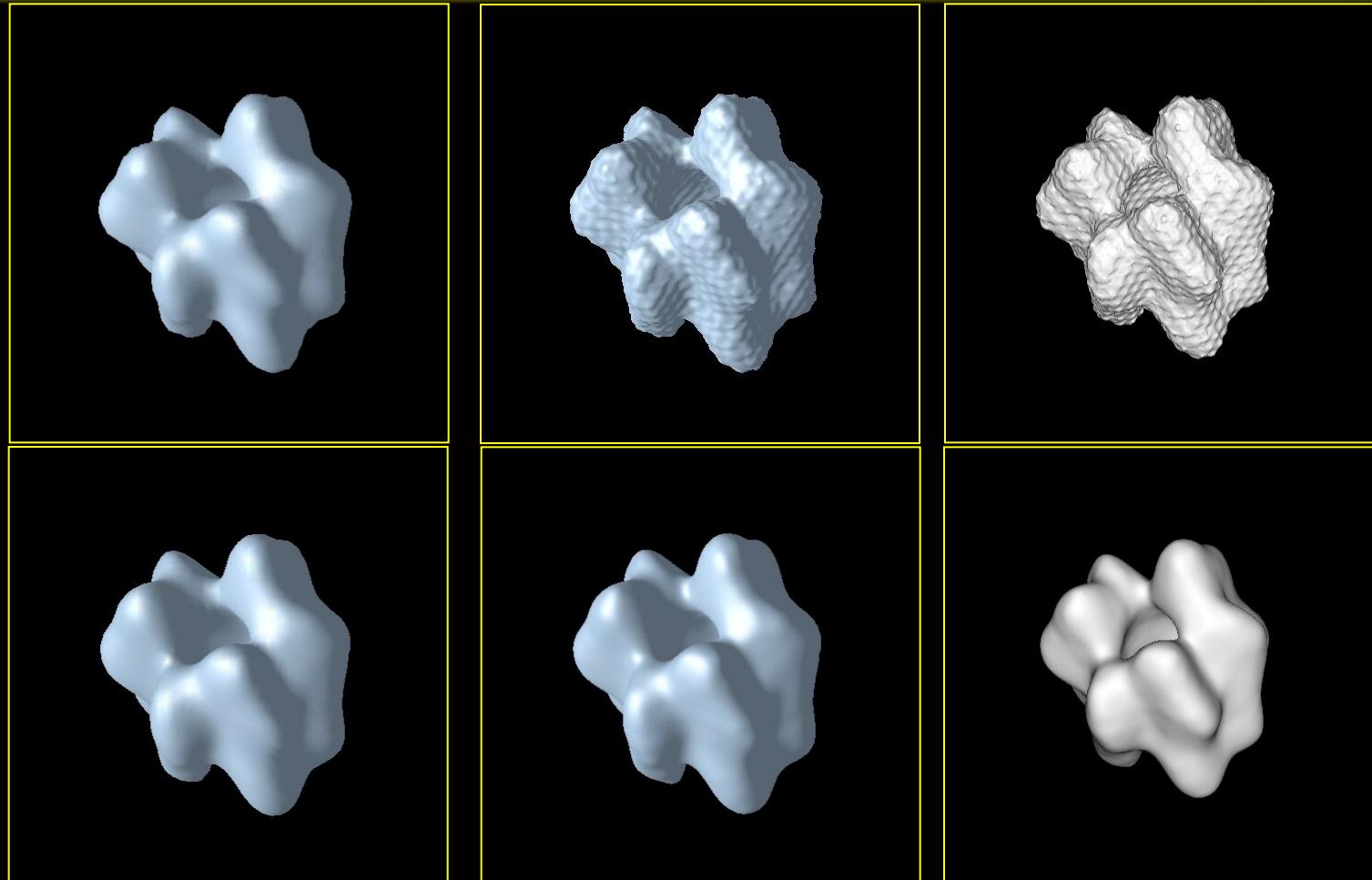
- The assumption is that there is a threshold  $t$  such that the object of interest consists of exactly those points at which the value of  $v$  is greater than the threshold. If the total volume of the object of interest is known (as is the case in some applications, such as electron microscopy), then  $t$  is uniquely determined by the criterion that  $S$  should enclose exactly the known volume. For visualization of the object of interest it is then sufficient to display its surface  $S$ .
- Isosurfaces are appropriate for objects with complex topologies and geometries such as organic objects or man-made shapes and therefore have been used to visualize objects of interest in many areas of science.
- A standard way of specifying a density function  $v$  is by a linear combination of basis functions, exactly as in the series expansion methods.

$$S = \left\{ (\bar{x}) \mid v(\bar{x}) = \sum_{j=1}^J c_j b_j(\bar{x}) = t \right\}$$



**Blobby Model**

# Visual Results



$128 \times 128 \times 128$

OpenDX

$400 \times 400 \times 400$

Raycasting

$$\begin{aligned} a &= 1.25 \\ \alpha &= 3.60 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a &= 2.40 \\ \alpha &= 13.36 \end{aligned}$$