

Geometría y Rejillas

- Es común encontrar estructura geométrica en conjuntos de datos, especialmente en aquellos provenientes los dominios ingenieriles y científicos. El método más simple para incorporar estructura geométrica en un conjunto de datos es tener explícitamente las coordenadas de cada registro (p.ej., mapas de temperaturas y modelos 3D).
- Algunas veces la estructura geométrica es implícita, por lo que se asume que hay una rejilla implícita (p.ej., elevaciones en una superficie con cierto muestreo solo se necesita un punto de inicio).
- Existen varios sistemas coordenados para representar datos estructurados en una rejilla (p.ej., Cartesiano, esférico e hiperbólico).
- También es común que los datos tengan una geometría no-uniforme o irregular. En este caso es importante poseer las coordenadas explícitamente.
- Otra forma importante de estructura dentro de un conjunto de datos es su topología, esto es particularmente evidente en mallas de varias áreas del conocimiento.

VISUALIZACIONES

Pasos para Generar una Visualización

Adquisición → Revisión/ → Filtrado → Minado → Representación → Refinamiento → Interacción
de Análisis de de Gráfica de la con
Datos de Datos Datos de Datos Representación Datos y/o
Datos de Datos de Datos Gráfica Representación Gráfica

VISUALIZACIONES ADQUISICIÓN

Visualización

Adquisición

Adquisición → Revisión/ → Filtrado → Minado → Representación → Refinamiento → Interacción
de Análisis de de Gráfica de la con
Datos de Datos Datos de Datos Representación Datos y/o
Datos Representación Gráfica Representación Gráfica

- La adquisición de datos puede ser una tarea muy complicada.
- La adquisición se refiere tanto al método de generación de datos como un usuario consigue los datos generados. Por lo tanto, es necesario considerar como obtenerlos fácilmente (estructura, particiones y/o tiempo).

VISUALIZACIONES ANÁLISIS

Visualización

Revisión/Análisis

Adquisición → Revisión/ → Filtrado → Minado → Representación → Refinamiento → Interacción
de Análisis de de Gráfica de la con
Datos de Datos Datos de Datos Representación Datos y/o
Datos Representación Representación
Gráfica Gráfica Gráfica

- Después de la adquisición, los datos deben ser revisados o analizados para ajustarlos en un formato que relacione cada parte de los datos con su uso previsto y, de ser necesario, convertirlos a un formato útil. Por ejemplo, a texto, números (enteros, reales), etiquetas, índices, caracteres.

VISUALIZACIONES FILTRADO

Visualización

Filtrado

Adquisición → Revisión/ → Filtrado → Minado → Representación → Refinamiento → Interacción
de Análisis de de Gráfica de la con
Datos de Datos Datos de Representación Datos y/o
Datos Representación Gráfica Representación
Gráfica

- El siguiente paso es filtrar los datos, por ejemplo, para remover porciones irrelevantes para los propósitos de la visualización. El preprocesamiento de los datos es necesario en algunas circunstancias que dependen del tipo de datos o del método de la visualización a utilizar. Cabe hacer notar que en algunos casos (p.ej., imagenología médica) se acostumbra evitar hacer modificaciones a los datos por temor a introducir artefactos o a perder información.

VISUALIZACIONES METADATOS

Visualización

MetaDatos

- La información respecto un conjunto de datos (sus metadatos) y el análisis estadístico pueden otorgar una guía invaluable para el pre-procesamiento de datos. Los metadatos pueden proveer información que puede ayudar en la interpretación de los datos (p.ej., el formato de los campos individuales dentro de los registros de datos) o contener el punto base de referencia a partir del cual se pueden medir los campos de datos, las unidades usadas en las mediciones, el símbolo o número usado para indicar un valor faltante o la resolución a la cual se obtuvieron las mediciones.
- Esta información puede ser importante para seleccionar las operaciones de pre-procesamiento apropiadas o los valores de sus parámetros.

Visualización

MetaDatos



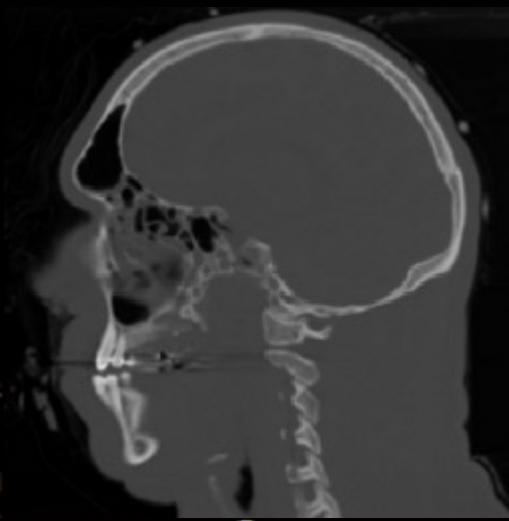
Archivo



Visualización de Campos Escalares

- Caso Simple: supongamos que tenemos un campo escalar $f(\bar{x})$, donde $\bar{x} \in \mathbb{R}^3$, muestreado de manera uniforme que representa cierta función, e.g., una tomografía del cuerpo. Deseamos visualizar la función en el campo escalar.
- Como hemos visto, para poder visualizar la función necesitamos segmentar el campo escalar (antes o durante la visualización). Supongamos que podemos segmentar el campo escalar antes de la visualización, lo que produce una imagen binaria y etiquetada.
- Debido a que la imagen segmentada es binaria, es posible visualizarla por medio de mostrar sus linderos únicamente (el interior del objeto binario es de valor constante).
- Como tenemos spels uniformes, es necesario hallar los linderos de los objetos binarios y formar una superficie.

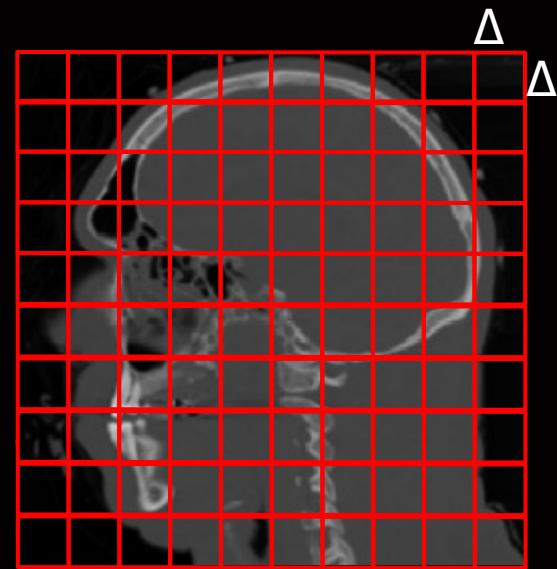
A 3D Image



$$v : \mathbb{R}^3 \rightarrow \mathbb{R}$$

Discretization
(Sampling)

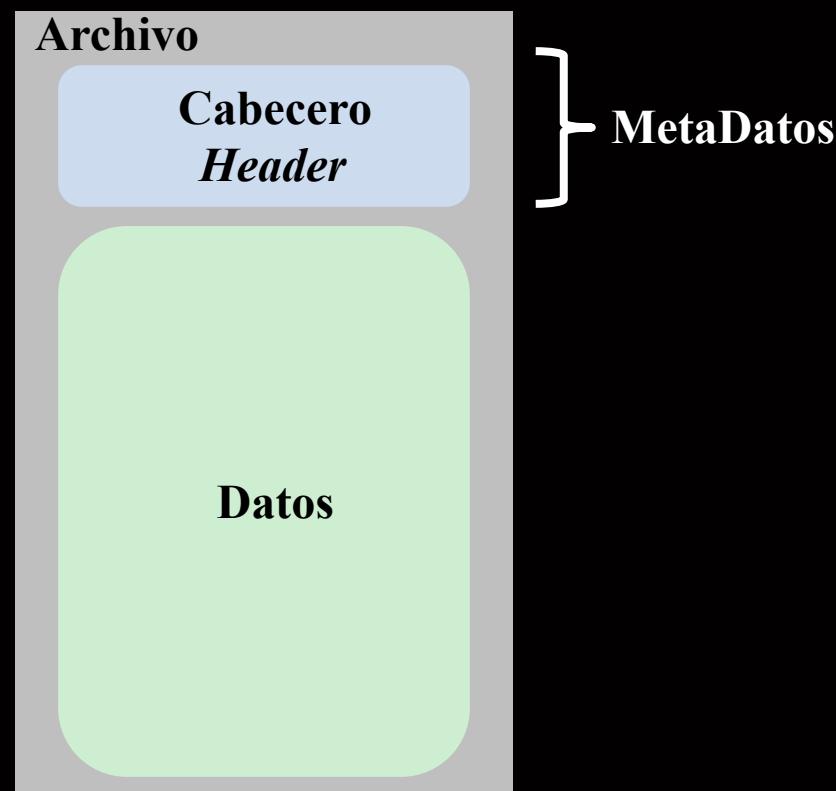
$$v \times \Pi_\Gamma$$



$$g : \mathbb{Z}^3 \rightarrow \mathbb{R}$$

$$\Gamma = G_\Delta = \{\Delta \bar{k} | \bar{k} \in \mathbb{Z}^3\}$$

Estructura de Archivos de Datos



Ejemplo

Archivos MRC

- El *header* está compuesto de 1024 bytes organizados 56 palabras de 4 bytes seguidas de 10 etiquetas de texto de 80 bytes cada una:

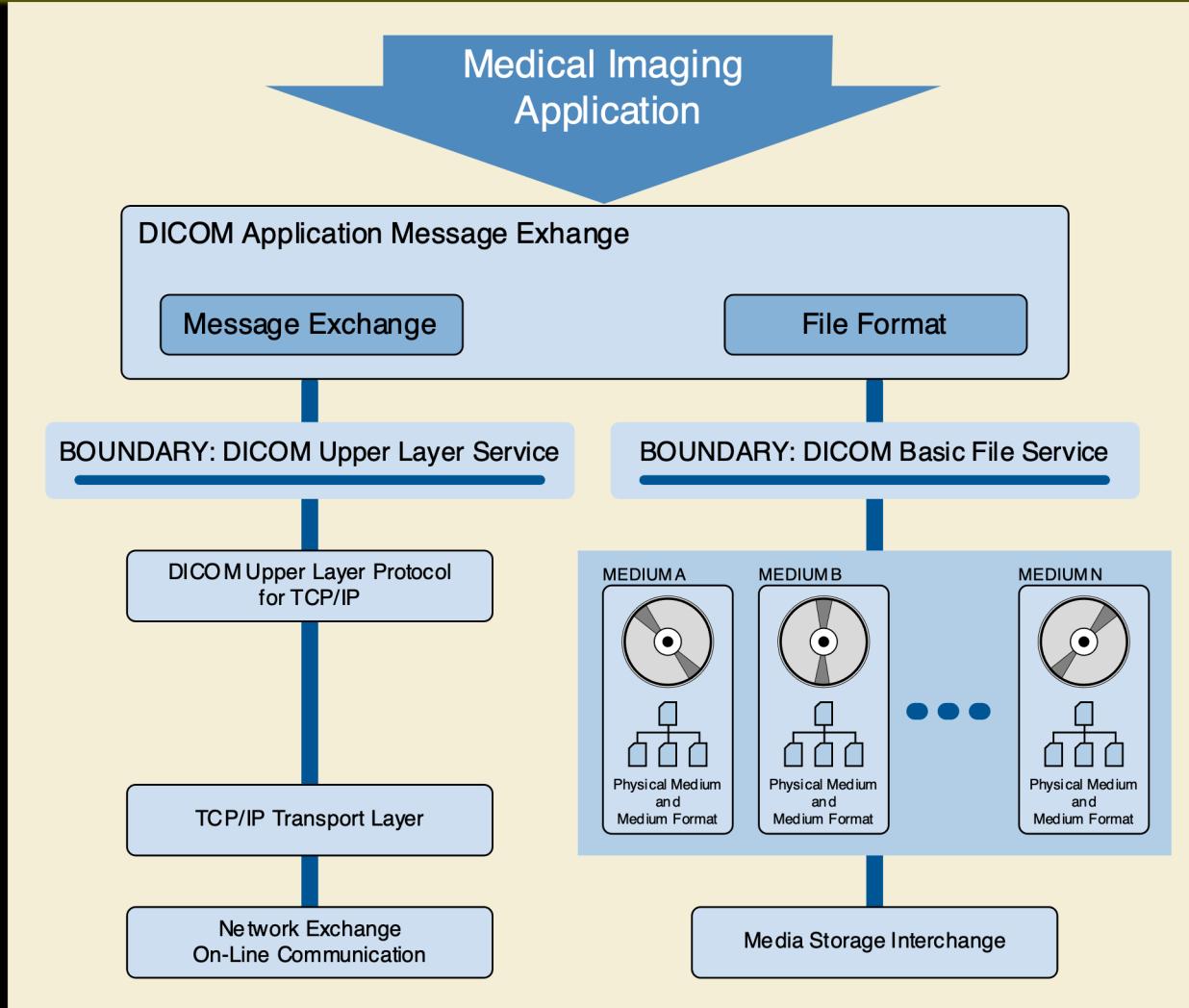
Ejemplo

Archivos MRC

| Palabra | Bytes | Etiqueta | Descripción |
|---------|---------|-------------------|---|
| 1 | 1 – 4 | NC o NX | Número de Columnas en Datos 3D (índice rápido) |
| 2 | 5 – 8 | NR o NY | Número de Hileras en Datos 3D (índice medio) |
| 3 | 9 – 12 | NS o NZ | Número de Secciones en Datos 3D (índice lento) |
| 4 | 13 – 16 | Modo | 0 ⇒ entero 8-bit con signo 1 ⇒ entero 16-bit con signo 2 ⇒ real 32-bit con signo 3 ⇒ complejo con dos enteros de 16-bit con signo 4 ⇒ complejo con dos reales 32-bit con signo 6 ⇒ entero 16-bit sin signo |
| 5 | 17 – 20 | NCSTART o NXSTART | Posición de la primera columna en unidades de la celda |
| 6 | 21 – 24 | NRSTART o NYSTART | Posición de la primera hilera en unidades de la celda |
| 7 | 25 – 28 | NSSTART o NZSTART | Posición de la primera sección en unidades de la celda |
| 8 | 29 – 32 | MX | Muestreo a lo largo del eje X |
| 9 | 33 – 36 | MY | Muestreo a lo largo del eje Y |
| 10 | 37 – 40 | MZ | Muestreo a lo largo del eje Z |
| 11 – 13 | 41 – 52 | CELLA | Dimensiones de la celda en Angstroms |
| 14 – 16 | 53 – 64 | CELLB | Ángulos de la celda en grados |

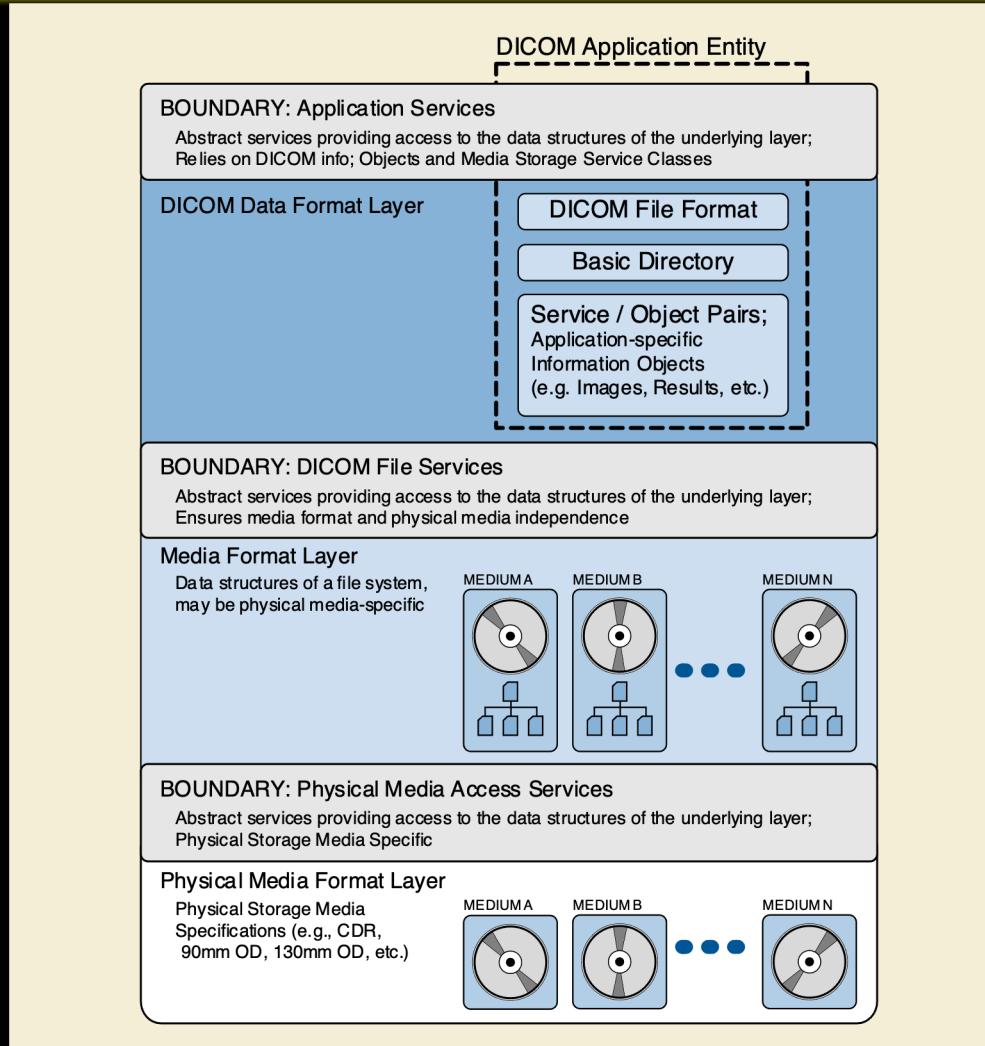
| | | | |
|----------|------------|--------------|--|
| 17 | 65 – 68 | MAPC | El eje corresponde a las columnas |
| 18 | 69 – 72 | MAPR | El eje corresponde a las hileras |
| 19 | 73 – 76 | MAPS | El eje corresponde a las secciones |
| 20 | 77 – 80 | DMIN | Valor mínimo de densidad |
| 21 | 81 – 84 | DMAX | Valor máximo de densidad |
| 22 | 85 – 88 | DMEAN | Valor promedio de densidad |
| 23 | 89 – 92 | ISPG | Número del grupo espacial |
| 24 | 93 – 96 | NSYMBT | Tamaño del cabecera extendido en bytes |
| 25 – 49 | 97 – 196 | EXTRA | Espacio extra |
| 27 | 105 | EXTTYP | Código para el tipo de cabecera extendido |
| 28 | 109 | NVERSION | Versión del formato MRC |
| 50 – 52 | 197 – 208 | ORIGIN | Origen de la fase o del sub-volumen |
| 53 | 209 – 212 | MAP | Cadena de texto 'MAP' para identificar el tipo de archivo |
| 54 | 213 – 216 | MACHST | Códigos para el tipo de ordenamiento de los datos (little-endian o big-endian) |
| 55 | 217 – 220 | RMS | Desviación rms del mapa basada en la densidad promedio |
| 56 | 221 – 224 | NLBL | Número de etiquetas utilizadas |
| 57 – 256 | 225 – 1024 | LABEL(20,10) | 10 etiquetas de texto de 80 caracteres cada una |

Ejemplo Archivos DICOM

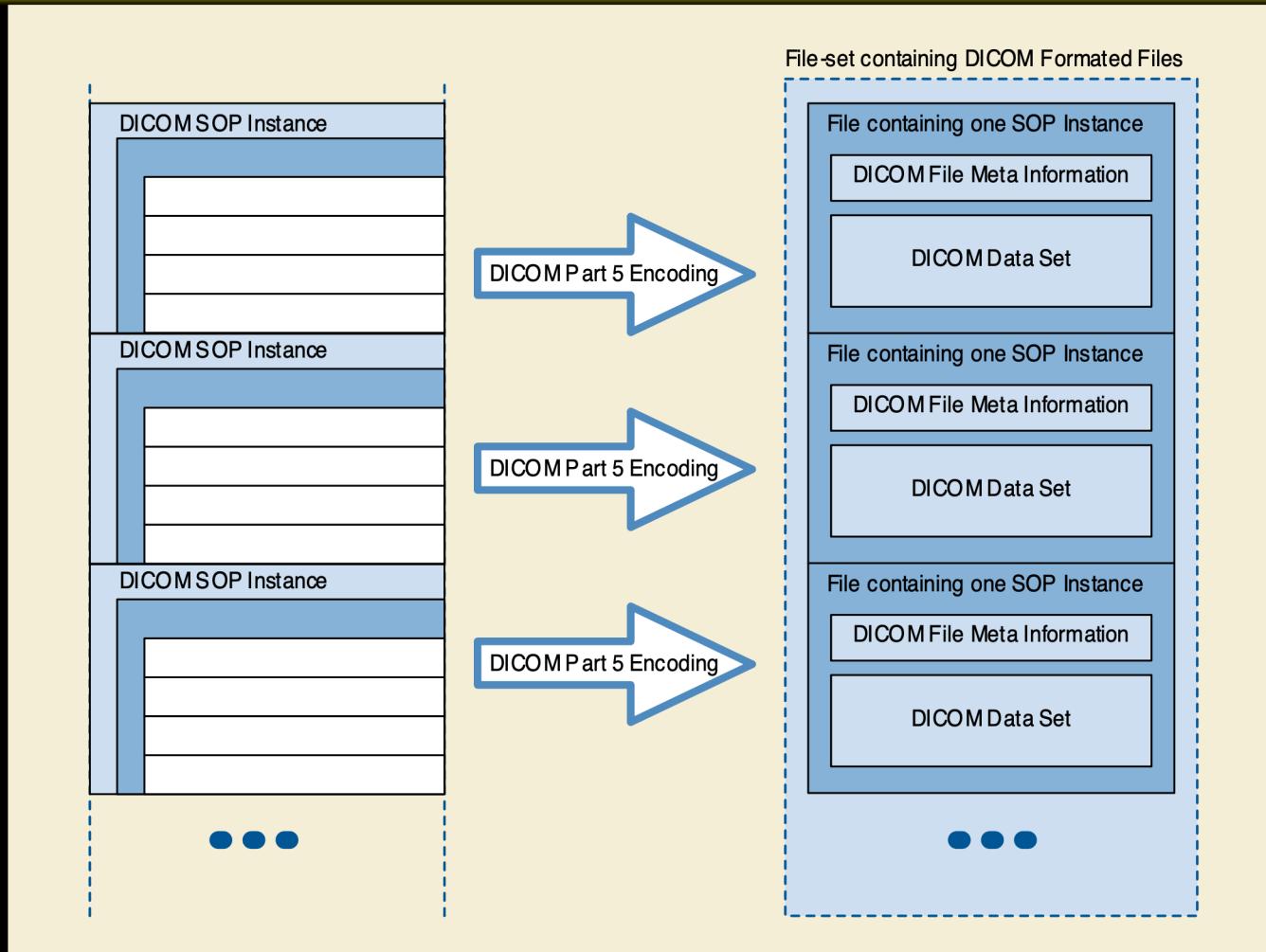


Ejemplo

Archivos DICOM



Ejemplo Archivos DICOM



Ejemplo

Archivos DICOM

| Attribute Name | Tag | Type | Attribute Description | | | |
|------------------------------------|-------------------------|------|--|---------------------------------|---------|--|
| File Preamble | No Tag or Length Fields | 1 | A fixed 128 byte field available for Application Profile or implementation specified use. If not used by an Application Profile or a specific implementation all bytes shall be set to 00H. | Media Storage SOP Class UID | -20,002 | 1 Uniquely identifies the SOP Class associated with the Data Set. SOP Class UIDs allowed for media storage are specified in PS3.4 - Media Storage Application Profiles. |
| | | | File-set Readers or Updaters shall not rely on the content of this Preamble to determine that this File is or is not a DICOM File. | Media Storage SOP Instance UID | -20,003 | 1 Uniquely identifies the SOP Instance associated with the Data Set placed in the file and following the File Meta Information. |
| DICOM Prefix | No Tag or Length Fields | 1 | Four bytes containing the character string "DICM". This Prefix is intended to be used to recognize that this File is or not a DICOM File. | Transfer Syntax UID | -20,010 | 1 Uniquely identifies the Transfer Syntax used to encode the following Data Set. This Transfer Syntax does not apply to the File Meta Information. Note It is recommended to use one of the DICOM Transfer Syntaxes supporting explicit Value Representation encoding to facilitate interpretation of File Meta Element Values. JPIP Referenced Pixel Data Transfer Syntaxes are not used (see PS3.5). |
| File Meta Information Group Length | -20,000 | 1 | Number of bytes following this File Meta Element (end of the Value field) up to and including the last File Meta Element of the Group 2 File Meta Information | Implementation Class UID | -20,012 | 1 Uniquely identifies the implementation that wrote this file and its content. It provides an unambiguous identification of the type of implementation that last wrote the file in the event of interchange problems. It follows the same policies as defined by PS3.7 (association negotiation). |
| File Meta Information Version | -20,001 | 1 | This is a two byte field where each bit identifies a version of this File Meta Information header. In version 1 the first byte value is 00H and the second value byte value is 01H. | Implementation Version Name | -20,013 | 3 Identifies a version for an Implementation Class UID (0002,0012) using up to 16 characters of the repertoire identified in Section 8.5. It follows the same policies as defined by PS3.7 (association negotiation). |
| | | | Implementations reading Files with Meta Information where this attribute has bit 0 (lsb) of the second byte set to 1 may interpret the File Meta Information as specified in this version of PS3.10. All other bits shall not be checked. | Source Application Entity Title | -20,016 | 3 The DICOM Application Entity (AE) Title of the AE that wrote this file's content (or last updated it). If used, it allows the tracing of the source of errors in the event of media interchange problems. The policies associated with AE Titles are the same as those defined in PS3.8. |
| | | | Note | Private Information Creator UID | -20,100 | 3 The UID of the creator of the private information (0002,0102). |
| | | | A bit field where each bit identifies a version, allows explicit indication of the support of multiple previous versions. Future versions of the File Meta Information that can be read by version 1 readers will have bit 0 of the second byte set to 1 | Private Information | -20,102 | 1C Contains Private Information placed in the File Meta Information. The creator shall be identified in (0002,0100). Required if Private Information Creator UID (0002,0100) is present. |

Visualización

MetaDatos

- Varios métodos de análisis estadístico pueden proveer información útil. Por ejemplo, la detección de valores atípicos pueden indicar registros con campos de datos erróneos; el análisis de grupos/*clusters* puede ayudar a segmentar los datos en grupos que exhiban similitudes fuertes; el análisis de correlación puede ayudar a eliminar campos redundantes o resaltar asociaciones entre dimensiones que podrían ser no aparentes de otra manera.

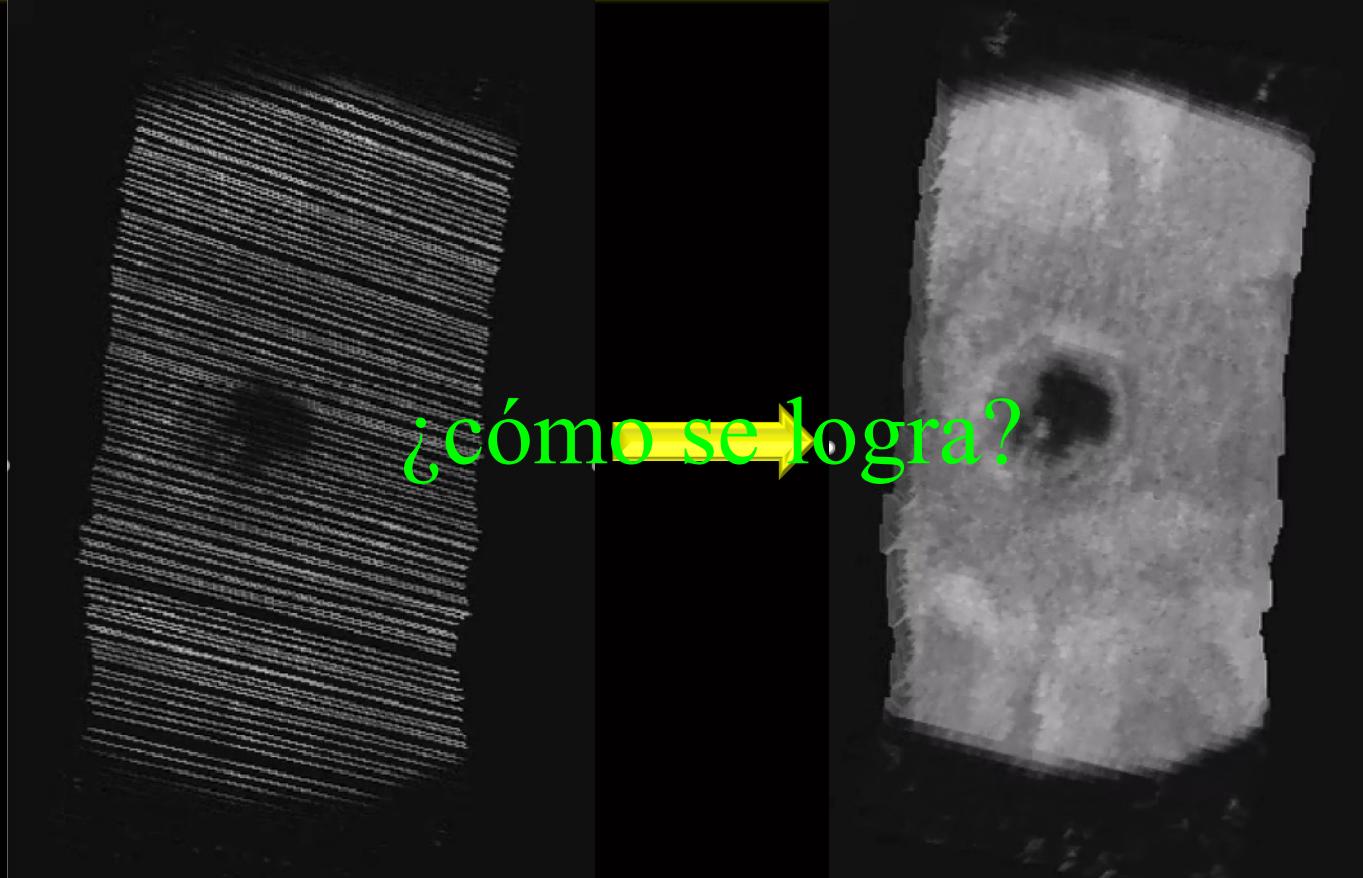
VISUALIZACIONES DATOS FALTANTES

Visualización

Datos Faltantes

- Una de los riesgos de trabajar con conjuntos de datos “reales” es que en varias ocasiones éstos pueden tener datos erróneos o no tener algunos datos. Las razones detrás de estas fallas son diversas pero es necesario decidir una estrategia para lidiar con dichos problemas u omisiones. Algunas de ellas son:
 - Descartar un mal dato.
 - Asignar un dato centinela (p.ej., -1 para valores de gris).
 - Asignar el valor promedio.
 - Asignar el valor del vecino más cercano.
 - Calcular un valor substituto (p.ej., calcular algún valor con alta confidencia estadística).

Visualización Datos Faltantes

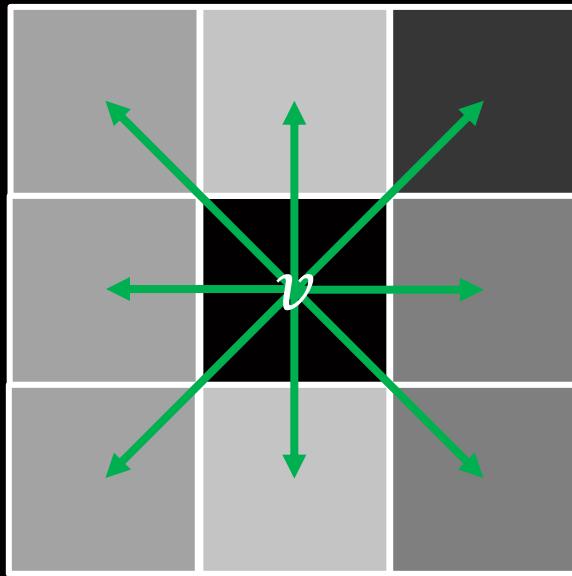


Datos adquiridos
US

Datos “corregidos”
US

Visualización

Datos Faltantes



$$\nu = \frac{1}{9} \sum_{i=1}^9 c_i$$

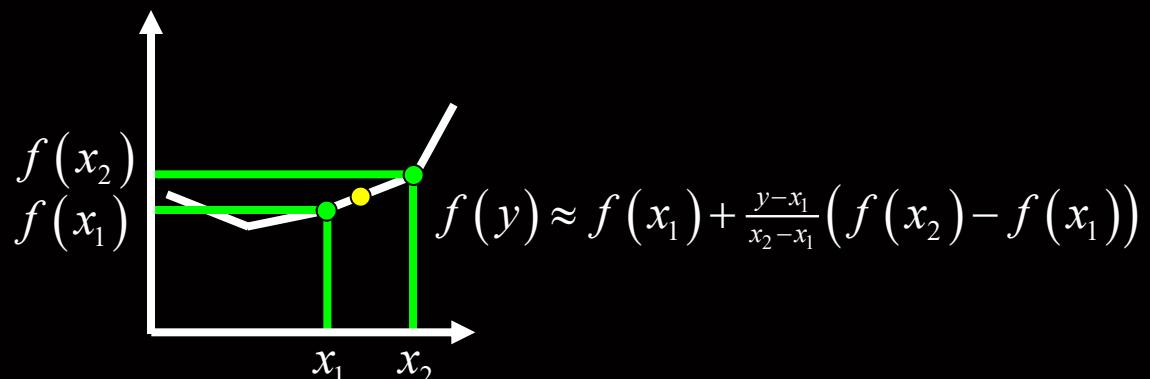
$$\nu = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N c_i$$

Interpolación

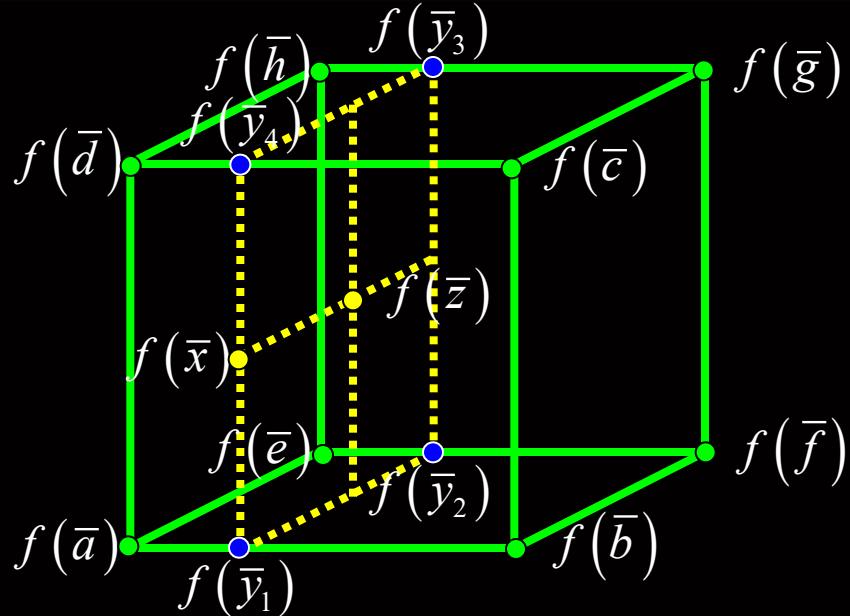
- Interpolación del Latin *interpolare* (*inter* = entre y *polare* = pulir). Al parecer introducida en matemáticas 1655 por Wallis. Al parecer se utilizaba el termino para referirse al incremento o alteración de textos al insertarles nuevo material.
- La interpolación es el proceso de hallar valores desconocidos a partir de valores conocidos.

Interpolación Lineal

- Para la interpolación lineal se asume que existen dos puntos cuyos valores se usarán como referencia y que la tasa de cambio entre dichos valores es constante.
- Para calcular un valor desconocido, se utiliza una formula simple de inclinación. El valor desconocido se halla usando uno de los puntos y la tasa de cambio.
- La interpolación lineal es un método fácil de implementar, pero a veces no produce los resultados adecuados.



Interpolación Bi-lineal



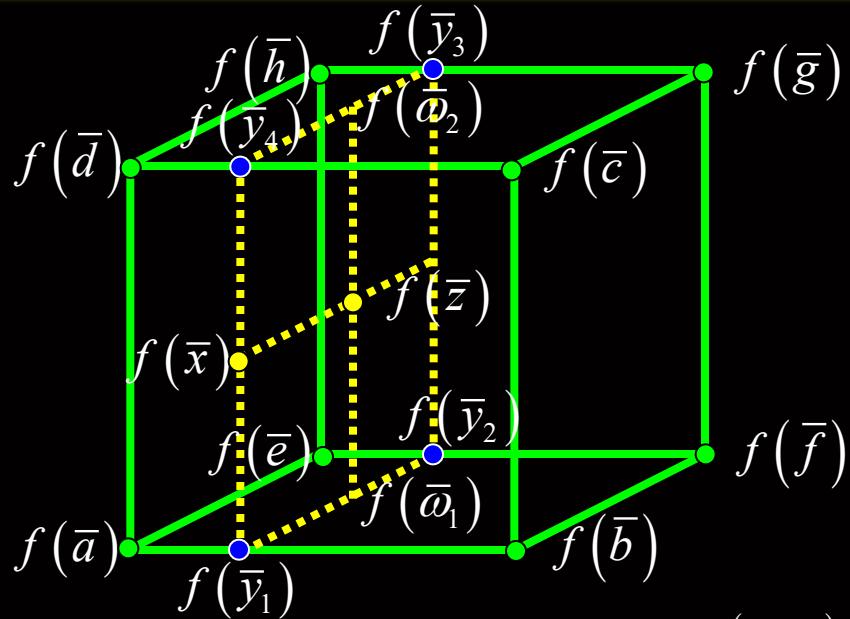
$$f(\bar{x}) \approx \frac{(b_1 - x_1)(d_2 - x_2)}{(b_1 - a_1)(d_2 - a_2)} f(\bar{a}) + \frac{(x_1 - a_1)(d_2 - x_2)}{(b_1 - a_1)(d_2 - a_2)} f(\bar{b}) + \frac{(b_1 - x_1)(x_2 - a_2)}{(b_1 - a_1)(d_2 - a_2)} f(\bar{d}) + \frac{(x_1 - a_1)(x_2 - a_2)}{(b_1 - a_1)(d_2 - a_2)} f(\bar{c})$$

$$f(\bar{x}) \approx \frac{(d_2 - x_2)}{(d_2 - a_2)} \left[\frac{(b_1 - x_1)}{(b_1 - a_1)} f(\bar{a}) + \frac{(x_1 - a_1)}{(b_1 - a_1)} f(\bar{b}) \right] + \frac{(x_2 - a_2)}{(d_2 - a_2)} \left[\frac{(b_1 - x_1)}{(b_1 - a_1)} f(\bar{d}) + \frac{(x_1 - a_1)}{(b_1 - a_1)} f(\bar{c}) \right]$$

$$f(\bar{x}) \approx \frac{(d_2 - x_2)}{(d_2 - a_2)} f(\bar{y}_1) + \frac{(x_2 - a_2)}{(d_2 - a_2)} f(\bar{y}_4)$$

$$\begin{aligned} f(\bar{y}_1) &\approx \frac{(b_1 - x_1)}{(b_1 - a_1)} f(\bar{a}) + \frac{(x_1 - a_1)}{(b_1 - a_1)} f(\bar{b}) \\ f(\bar{y}_2) &\approx \frac{(f_1 - x_1)}{(f_1 - e_1)} f(\bar{e}) + \frac{(x_1 - e_1)}{(f_1 - e_1)} f(\bar{f}) \\ f(\bar{y}_3) &\approx \frac{(g_1 - x_1)}{(g_1 - h_1)} f(\bar{h}) + \frac{(x_1 - h_1)}{(g_1 - h_1)} f(\bar{g}) \\ f(\bar{y}_4) &\approx \frac{(b_1 - x_1)}{(b_1 - a_1)} f(\bar{d}) + \frac{(x_1 - a_1)}{(b_1 - a_1)} f(\bar{c}) \end{aligned}$$

Interpolación Tri-lineal



$$f(\bar{y}_1) \approx \frac{(b_1 - z_1)}{(b_1 - a_1)} f(\bar{a}) + \frac{(z_1 - a_1)}{(b_1 - a_1)} f(\bar{b})$$

$$f(\bar{y}_2) \approx \frac{(f_1 - z_1)}{(f_1 - e_1)} f(\bar{e}) + \frac{(z_1 - e_1)}{(f_1 - e_1)} f(\bar{f})$$

$$f(\bar{y}_3) \approx \frac{(g_1 - z_1)}{(g_1 - h_1)} f(\bar{h}) + \frac{(z_1 - h_1)}{(g_1 - h_1)} f(\bar{g})$$

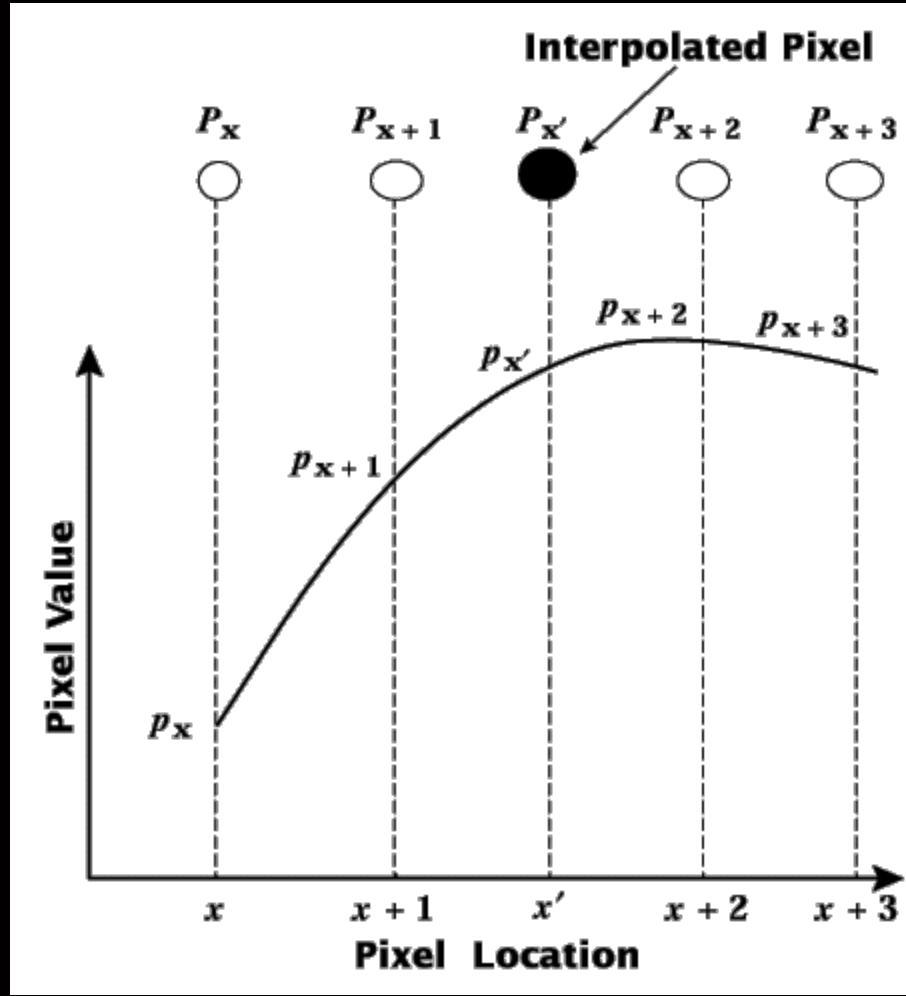
$$f(\bar{y}_4) \approx \frac{(b_1 - z_1)}{(b_1 - a_1)} f(\bar{d}) + \frac{(z_1 - a_1)}{(b_1 - a_1)} f(\bar{c})$$

$$f(\bar{\omega}_1) \approx \frac{(e_3 - z_3)}{(e_3 - a_3)} f(\bar{y}_1) + \frac{(z_3 - a_2)}{(e_3 - a_3)} f(\bar{y}_2)$$

$$f(\bar{\omega}_2) \approx \frac{(h_3 - z_3)}{(h_3 - d_3)} f(\bar{y}_4) + \frac{(z_3 - d_2)}{(h_3 - d_3)} f(\bar{y}_3)$$

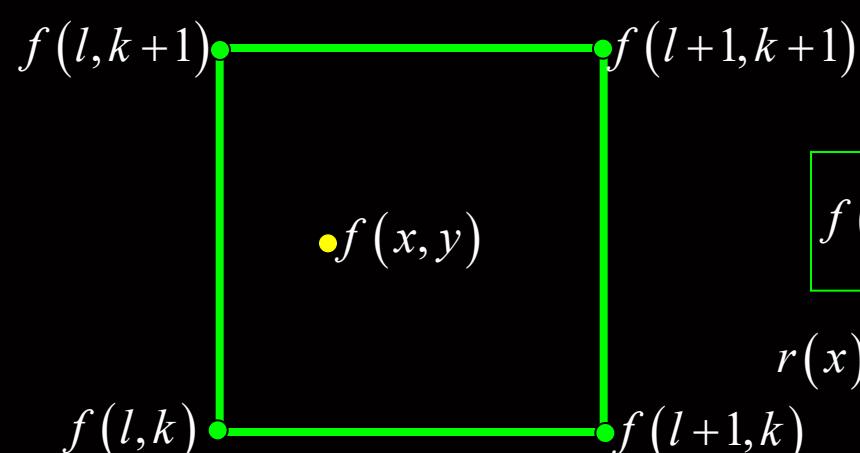
$$f(\bar{z}) \approx \frac{(d_2 - z_2)}{(d_2 - a_2)} f(\bar{\omega}_1) + \frac{(z_2 - a_2)}{(d_2 - a_2)} f(\bar{\omega}_2)$$

Interpolación Bi-Cúbica



Interpolación Bi-Cúbica

- La interpolación bicubica aproxima el valor de una función en un punto no disponible a partir de los valores de la función en los 16 puntos mas cercanos.



$$l = \lfloor x \rfloor \quad dx = x - \lfloor x \rfloor \\ k = \lfloor y \rfloor \quad dy = y - \lfloor y \rfloor$$

$$f(x, y) = \sum_{m=l-1}^{l+2} \sum_{n=k-1}^{k+2} f(m, n) r(m-l-dx)(dy-n+k)$$

$$r(x) = \frac{1}{6} \left[p(x+2)^3 - 4p(x+1)^3 + 6p(x)^3 - 4p(x-1)^3 \right]$$

$$p(x) = \begin{cases} x & x > 0 \\ 0 & x \leq 0 \end{cases}$$

Interpolación Tri-Cúbica

- Un polinomio tri-cúbico puede ajustarse dentro de la celda, usando una región de $4 \times 4 \times 4$ vóxeles que rodean la celda.
- El polinomio que se usa es la versión del Spline Catmull-Rom. En 3D, este método produce una función tri-cúbica dentro de la celda que es continua en C^1 .
- Los gradientes para los puntos interiores se hallan usando diferencias centrales estándares:

$$\nabla f(x, y, z) = (\nabla f_x(x, y, z), \nabla f_y(x, y, z), \nabla f_z(x, y, z))$$
$$\nabla f_x(x, y, z) = \frac{f(x + \Delta_x, y, z) - f(x - \Delta_x, y, z)}{2\Delta_x}$$
$$\nabla f_y(x, y, z) = \frac{f(x, y + \Delta_y, z) - f(x, y - \Delta_y, z)}{2\Delta_y}$$
$$\nabla f_z(x, y, z) = \frac{f(x, y, z + \Delta_z) - f(x, y, z - \Delta_z)}{2\Delta_z}$$

Interpolación Tri-Cúbica

$$B_{-1}(u) = \frac{1}{2}(-u^3 + 2u^2 - u)$$

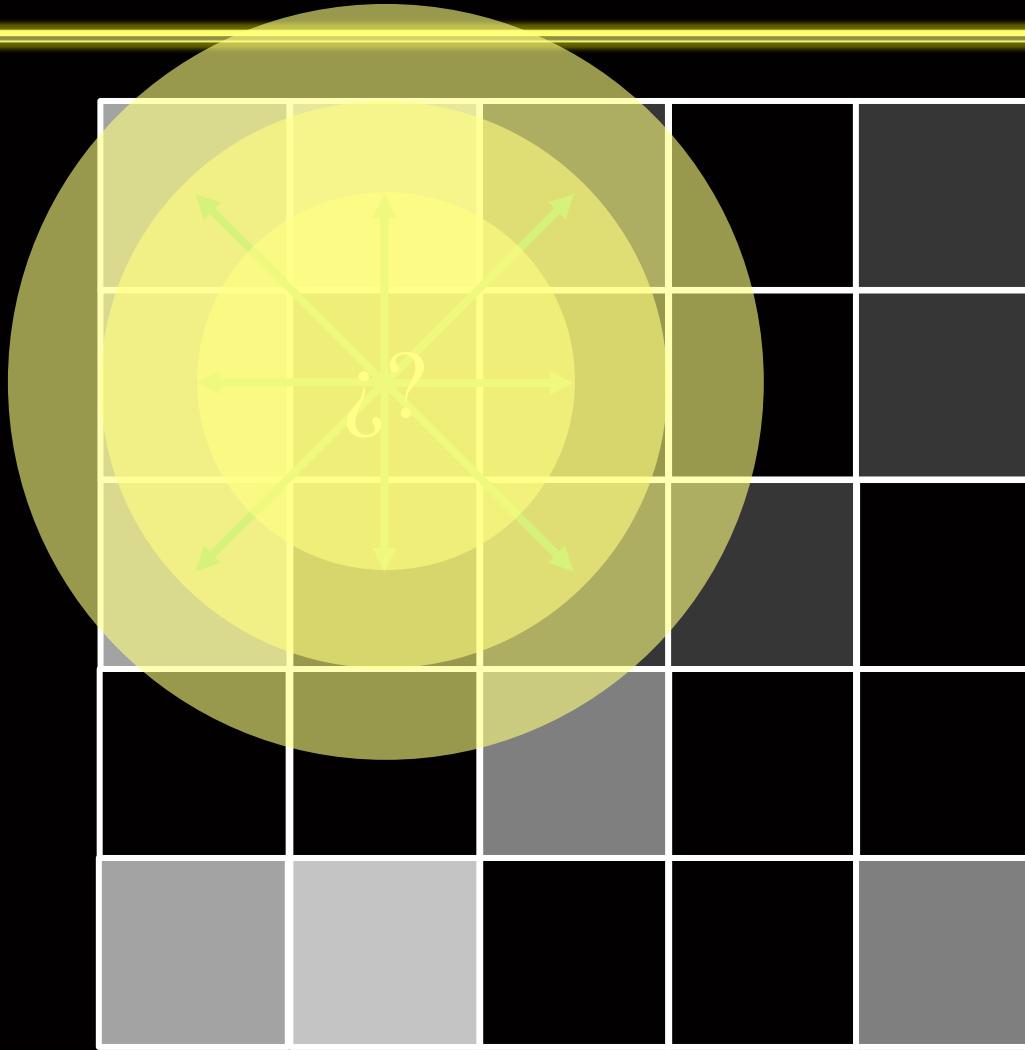
$$B_0(u) = \frac{1}{2}(3u^3 - 5u^2 + 2)$$

$$B_1(u) = \frac{1}{2}(-3u^3 + 4u^2 + u)$$

$$B_2(u) = \frac{1}{2}(u^3 - u^2)$$

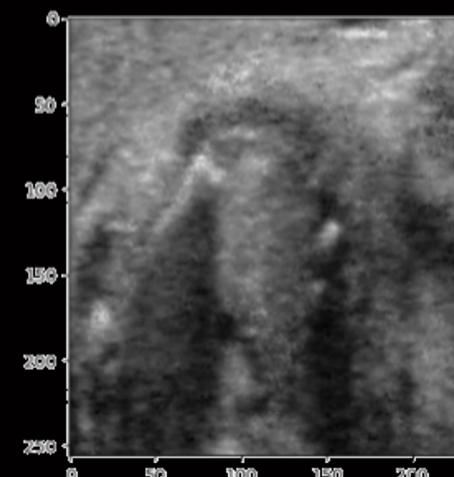
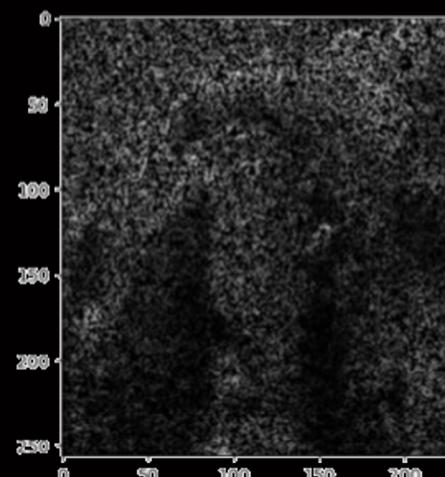
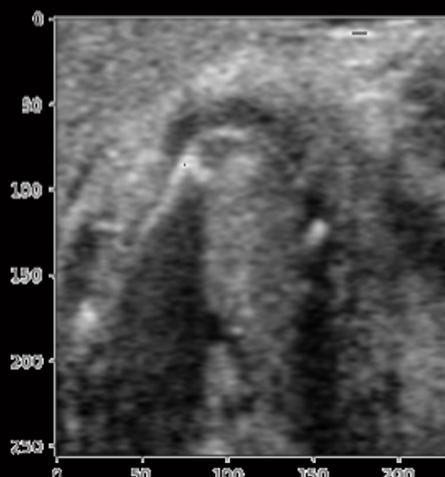
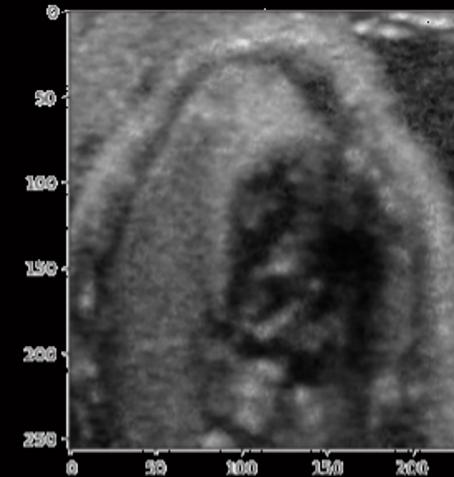
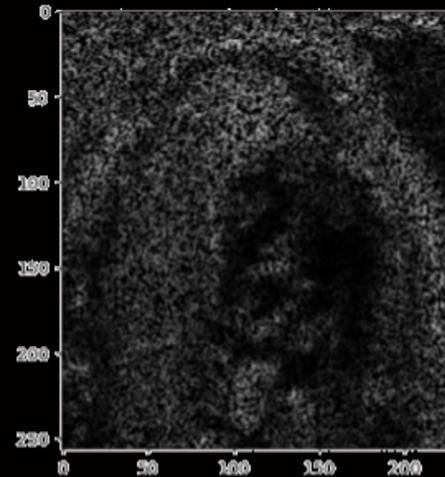
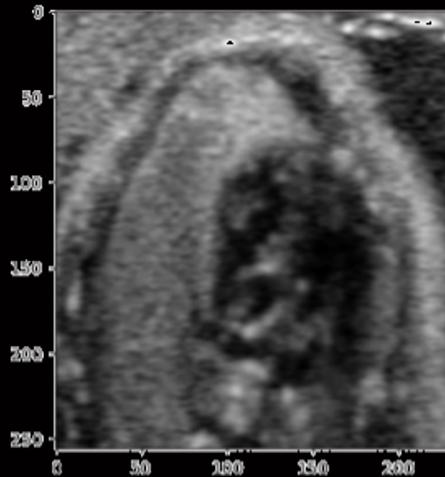
$$f(x, y, z) = \sum_{k=-1}^2 \sum_{j=-1}^2 \sum_{i=-1}^2 f(i, j, k) B_i(x) B_j(y) B_k(z)$$

Visualización Datos Faltantes



$$v = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N c_i$$

Visualización Datos Faltantes



VISUALIZACIONES

NORMALIZACIÓN

Visualización

Normalización

- La normalización es el proceso de transformar un conjunto de datos de tal forma que los resultados satisfacen alguna propiedad estadística en particular (p.ej., números en el rango [0.0,1.0]).
- Otra forma de normalización convierte los datos de tal forma que cada dimensión tiene un promedio y una desviación estándar en común.
- La normalización es una operación útil porque permite comparar variables que en apariencia no están relacionadas. Para visualización las normalizaciones son importantes porque atributos gráficos tienen un rango de valores.

See Windowing in Medical Imaging

VISUALIZACIONES SEGMENTACIÓN

Visualización

Segmentación

- De manera general, la segmentación es la selección de datos de interés. Para ello hay varios métodos para poder seleccionar los datos que son de interés, pero, en general, es un problema complicado en la realidad debido a la distribución de los datos.
- Por ejemplo, en imagenología médica uno de los métodos más utilizados es la umbralización (*thresholding*), pero este método solo funciona bien cuando hay distribuciones bien separadas.

Umbralización

thresholding

- Para realizar la segmentación por medio de umbralización se assume que el conjunto de valores en el espacio es tal que se tiene

$$S = \{\bar{x} | f(\bar{x}) > \tau\} \text{ o } S = \{\bar{x} | f(\bar{x}) \geq \tau\}$$

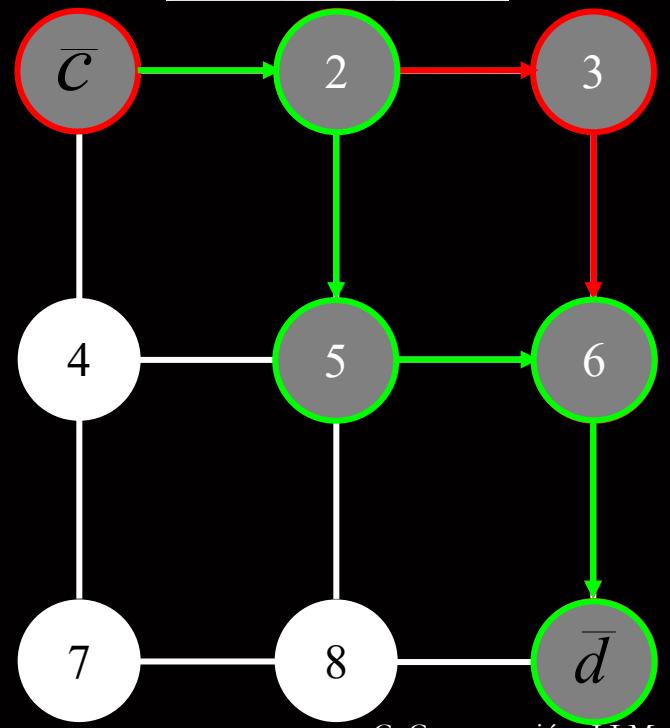
- Por lo tanto, para poder segmentar los objetos de interés consiste en hallar el valor τ (umbral), lo cual se puede hacer manualmente o con métodos como el de Otsu.

Ver Ejemplo del Diente e Imagen S

Segmentación Difusa

- Representa una imagen como un gráfico con nodos y aristas.
- Se eligen puntos que se sabe pertenecen al objeto a segmentar (semillas).
- Se buscan caminos a todos los demás nodos y se verifica si pueden agregarse a la región.
- Al final, cada nodo tiene un valor de pertenencia al objeto entre $[0, 1]$
 - 0 significa que no pertenece para nada, 1 indica que pertenece con certeza.

| | | |
|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 |
| 4 | 5 | 6 |
| 7 | 8 | 9 |

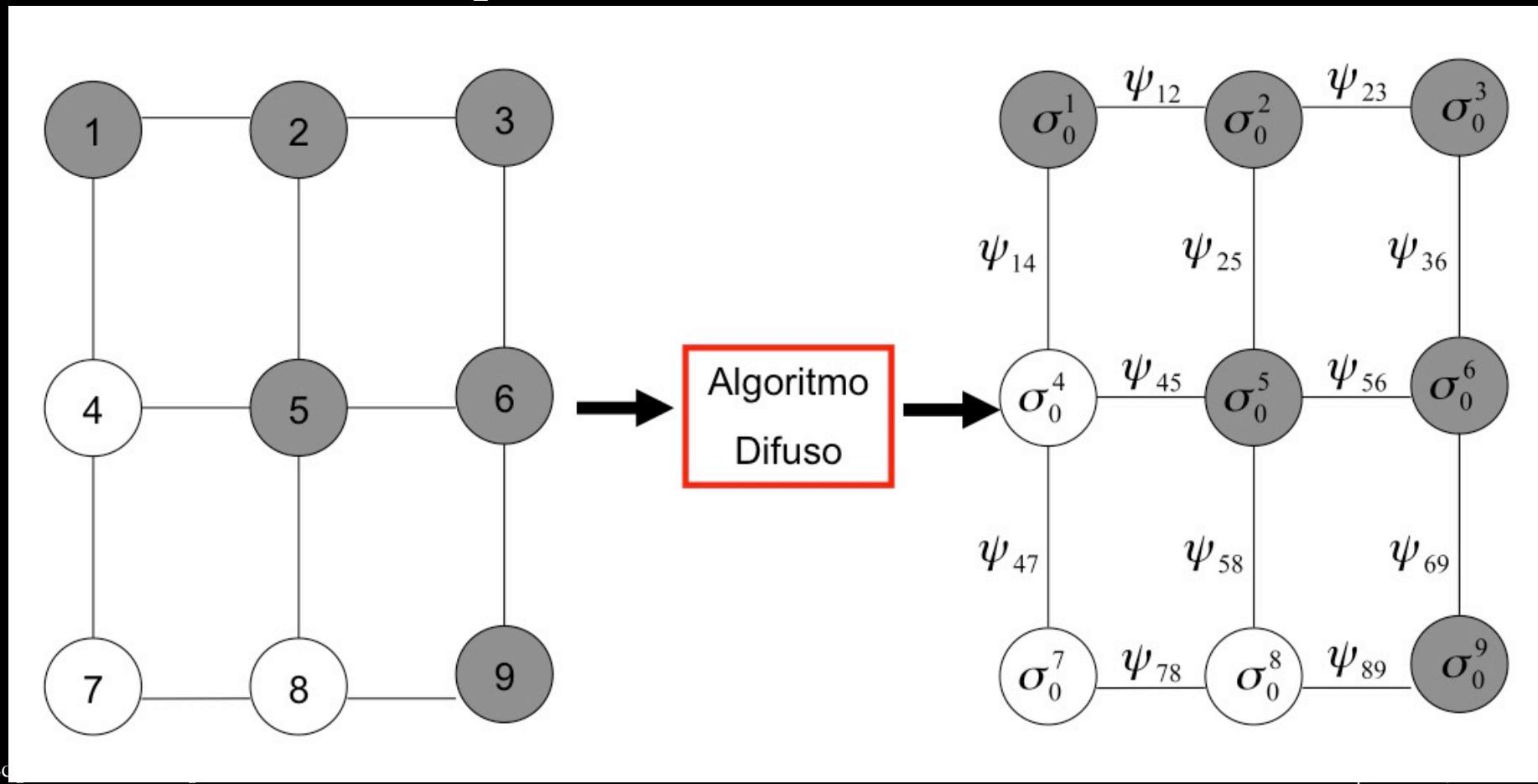


Segmentación Difusa

- Método semi-automático de crecimiento de regiones.
 - Selección de semillas.
- El proceso se repite para cada objeto (clase) en que se quiera identificar en la imagen o volumen.
- Basado en teoría de lógica difusa
 - Un elemento puede pertenecer a una o más clases con cierto grado entre [0, 1].
- Asigna valores de pertenencia a una clase a cada vóxel de todo el conjunto con respecto a las semillas.
 - Función de afinidad (local).
 - Función de conectividad (global).

Segmentación Difusa

- Como resultado del proceso de segmentación se obtiene un mapa de conectividad.



Segmentación Difusa

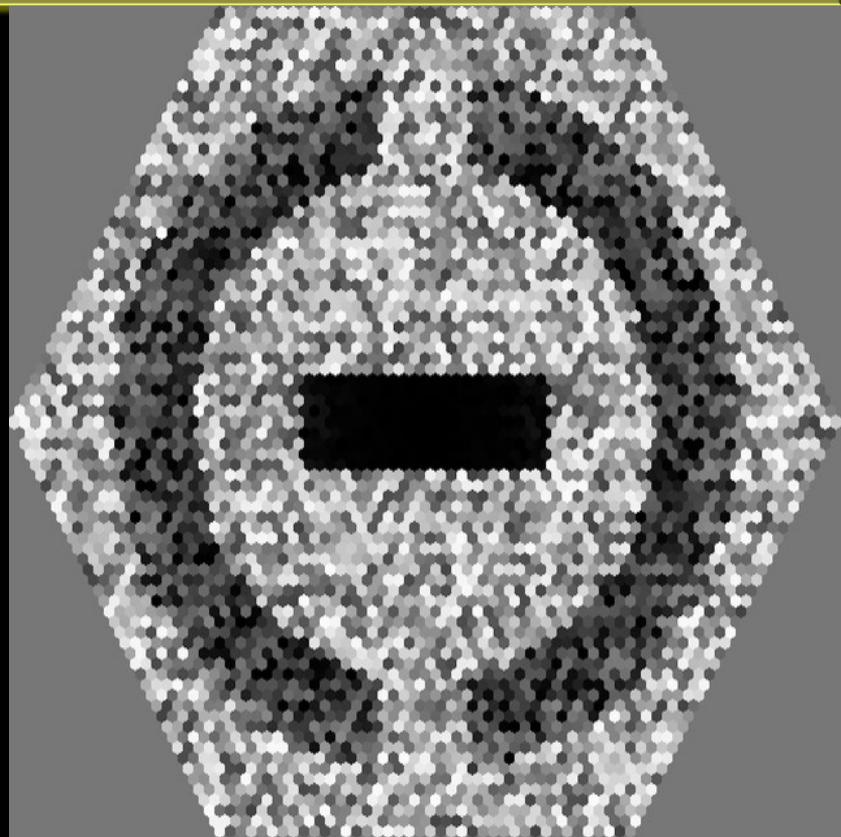
- Asume que existe un *camino* P desde cualquier vóxel a cualquier otro vóxel.
- Cada camino tiene una *afinidad* a cada clase.
 $\psi(c, d)$
 - A menor afinidad es más difícil “caminar”.
- Se plantan semillas en los vóxeles que se consideren representativos de una clase.
- Cada vóxel tiene asociada una *fuerza* (conectividad).

$$\mu(c, d) = \max_{\substack{P(c^{(0)}, c^{(L)}) \\ c=c^{(0)}, d=c^{(L)}}} \left[\min_{1 \leq l \leq L} \psi(c^{(l-1)}, c^{(l)}) \right]$$

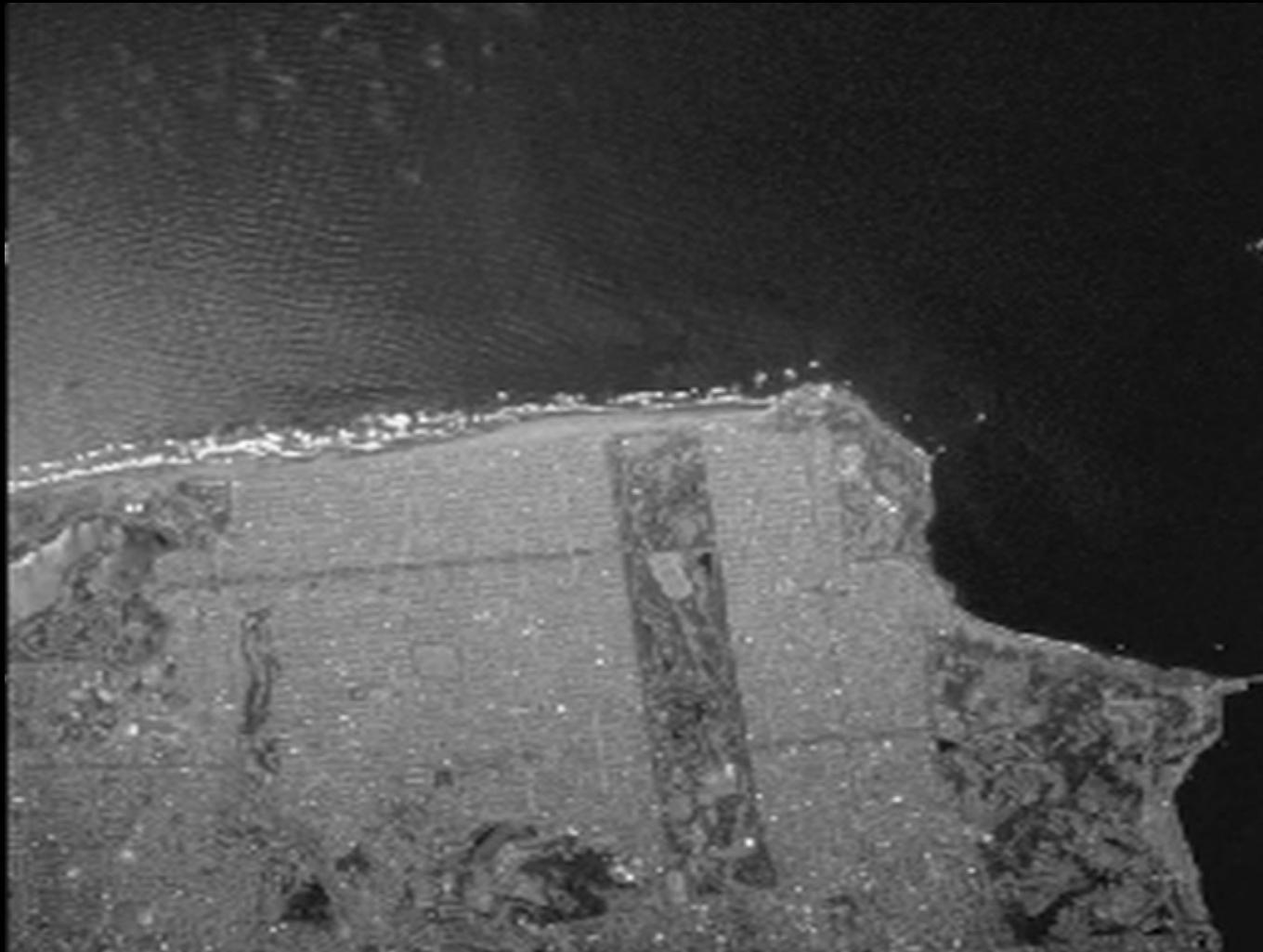
- Inicialmente, si hay semilla el valor es 1, en caso contrario es 0.
- Puede cambiar en cada iteración.

Segmentación Difusa

- En cada iteración, cada clase puede tratar de avanzar a otros vóxeles.
 - Al llegar a un vóxel, la fuerza de la clase será el mínimo entre la conectividad actual de la clase y la afinidad del camino entre el vóxel ocupado y el nuevo.
 - Si la fuerza de la clase es igual o mayor a la del vóxel destino, se marca que el vóxel pertenece a la clase.
 - Si varias clases tienen la misma fuerza, el vóxel pertenece a todas.
 - Si una clase tiene mayor fuerza que la clase actual, el vóxel cambia su pertenencia.



Segmentación Difusa



¿Dónde se usa Visualización?

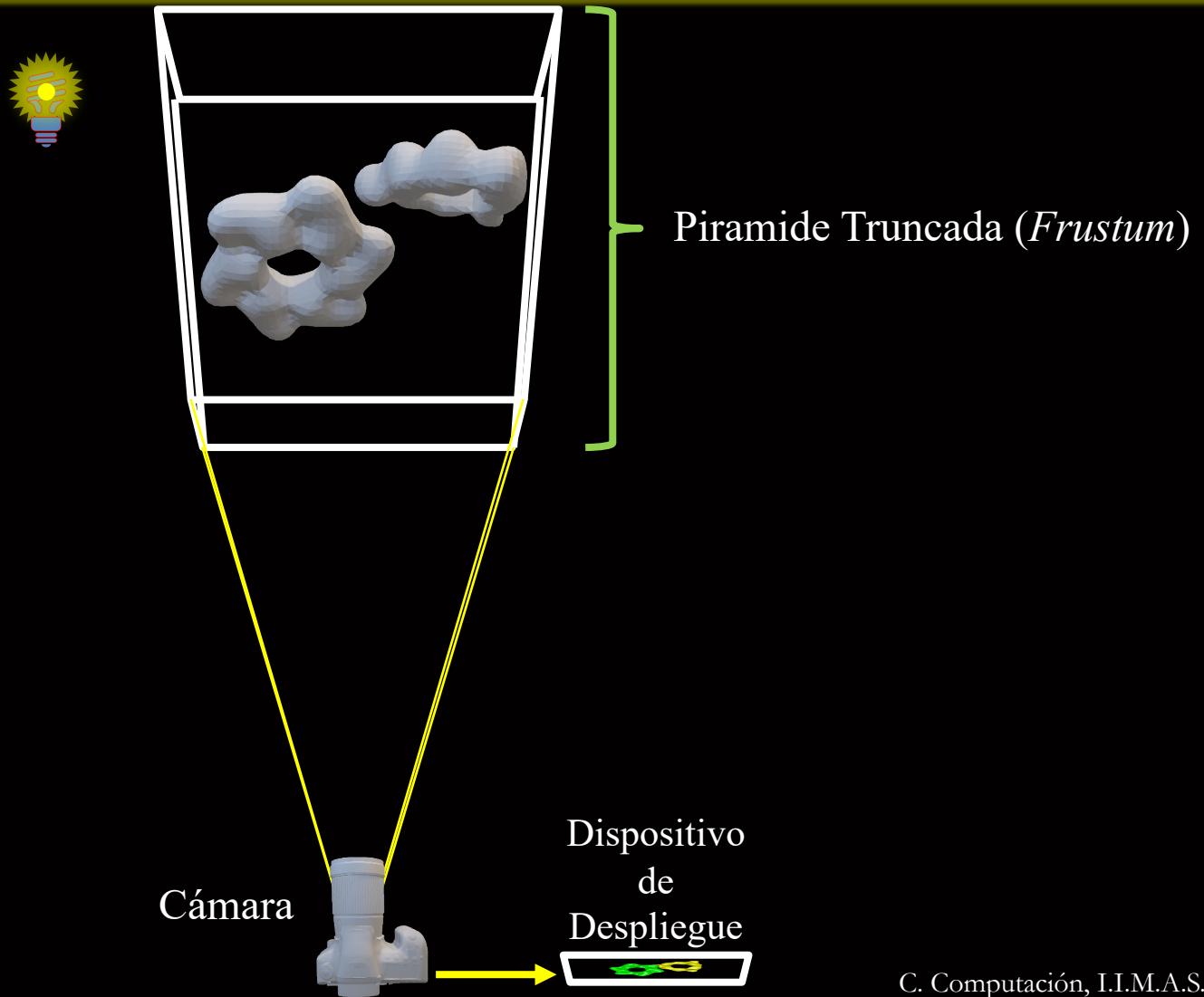
- Máquinas de Imaginología Bio-médica.
- Máquinas de Imaginología Industrial.
- Simulaciones (EDP, Dinámica de Fluidos, Elemento Finito).
- Estudios Atmosféricos.
- Datos en investigación espacial.
- Modelo geométricos en ingeniería y arquitectura.
- Estudios geológicos y topográficos.
- Topologías de red.
- Documentos y bitácoras (reconocimiento de patrones).
- Biología molecular.
- Finanzas (comportamiento y predicción de mercados).

VISUALIZACIÓN CIENTÍFICA

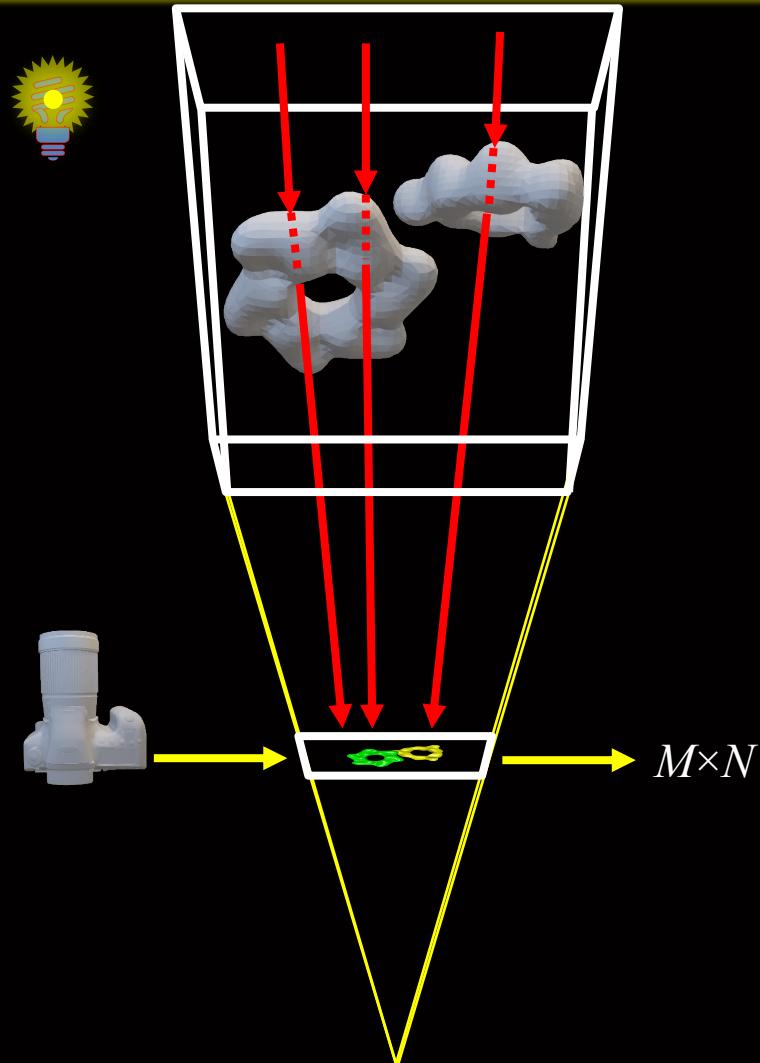
Graficación por Computadora y Visualización Científica

Mientras que Graficación por Computadora “Usa computadoras para crear Imágenes – Dibujos - Pinturas”, Visualización científica utiliza computadoras para realizar la exploración de información por medios visuales. Típicamente, se usan técnicas de graficación por computadora para estos propósitos.

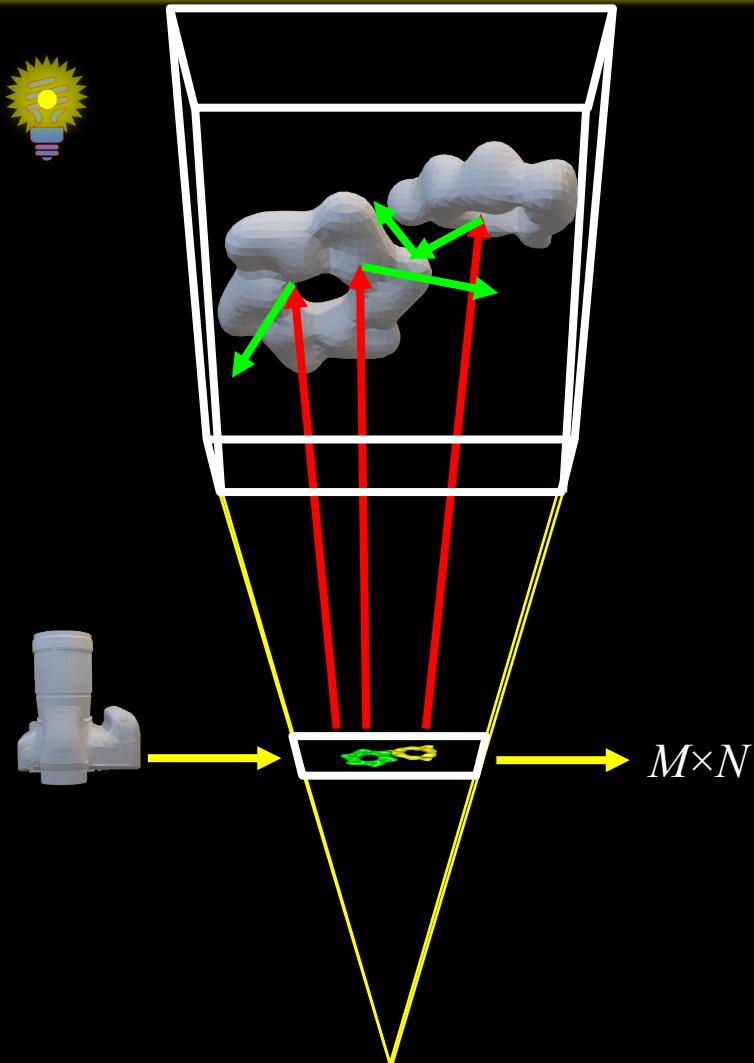
Elementos Básicos Graficación por Computadora



Elementos Básicos Graficación por Computadora



Elementos Básicos Graficación por Computadora



Elementos de Graficación por Computadora

- Herramientas en Hardware
 - Elementos de Salida: Monitores, Impresoras, Salidas de video.
 - Elementos de Entrada: Elementos tipo puntero, teclado, elementos de realidad virtual.
 - Tarjetas y Aceleradores Gráficos.
- Herramientas de Software (Bajo Nivel)
 - S.O.
 - Editores
 - Compiladores
 - Depuradores
 - Bibliotecas Gráficas

Visualización de Campos Escalares

- Caso Simple: supongamos que tenemos un campo escalar $f(\bar{x})$, donde $\bar{x} \in \mathbb{R}^3$, muestreado de manera uniforme que representa cierta función, p.e., una tomografía del cuerpo. Deseamos visualizar la función en el campo escalar.
- Para poder visualizar la función necesitamos segmentar el campo escalar (antes o durante la visualización). Supongamos que podemos segmentar el campo escalar antes de la visualización, lo que produce una imagen binaria y etiquetada.
- Debido a que la imagen segmentada es binaria, es posible visualizarla por medio de sus linderos únicamente (el interior del objeto binario es de valor constante).

Umbralización y Superficies Implícitas

- Una superficie implícita esta definida como el conjunto de puntos en el espacio que satisface

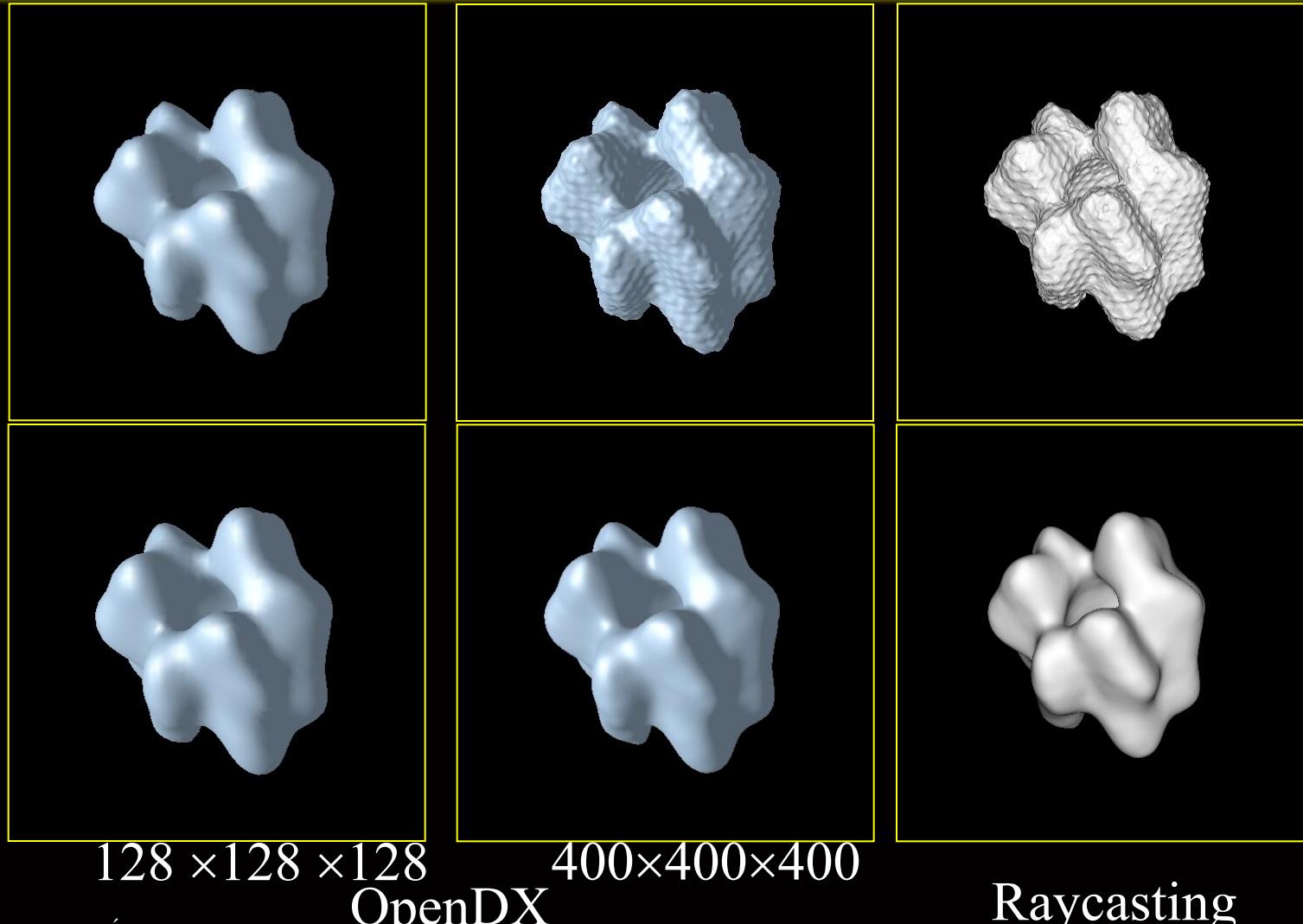
$$S = \{\bar{x} | f(\bar{x}) = \tau\}$$

- Visualizar superficies implícitas consiste en hallar el valor τ (**umbral**), esta tarea se puede realizar por medio de poligonización o *ray tracing*.
- La hipótesis detrás de la Umbralización: Existe un valor fijo t (umbral) de tal forma que los valores de la función f es mayor que el umbral pertenece al objeto de interés. Por lo tanto, al seleccionar el umbral apropiado se puede, en principio, separar el objeto de interés del resto de la imagen.

Umbralización y Superficies Implícitas

- La siguientes son las técnicas básicas para seleccionar el valor del umbral:
 - Inspección visual: Se asume que se conoce la forma del objeto de interés y es posible reconocerlo visualmente (poco confiable).
 - Inspección de histograma: Se asume que la imagen esta compuesta de el objeto de interés y fondo (basura). Por lo tanto, el histograma debe ser bimodal y el método consiste en hallar el mejor valor que separa a los valores de f que pertenecen al objeto de interés de los valores que pertenecen al fondo.
 - Comparación de Volumen: Es posible aproximar el volumen del objeto de interés por medio de saber el volumen que corresponde a cada vóxel. Por lo tanto, al seleccionar un umbral es posible relacionar el número de vóxeles con el valor $f > \tau$ y el volumen que ocupan dichos vóxeles.

Resultados Visuales



Visualización por Medio de Superficies

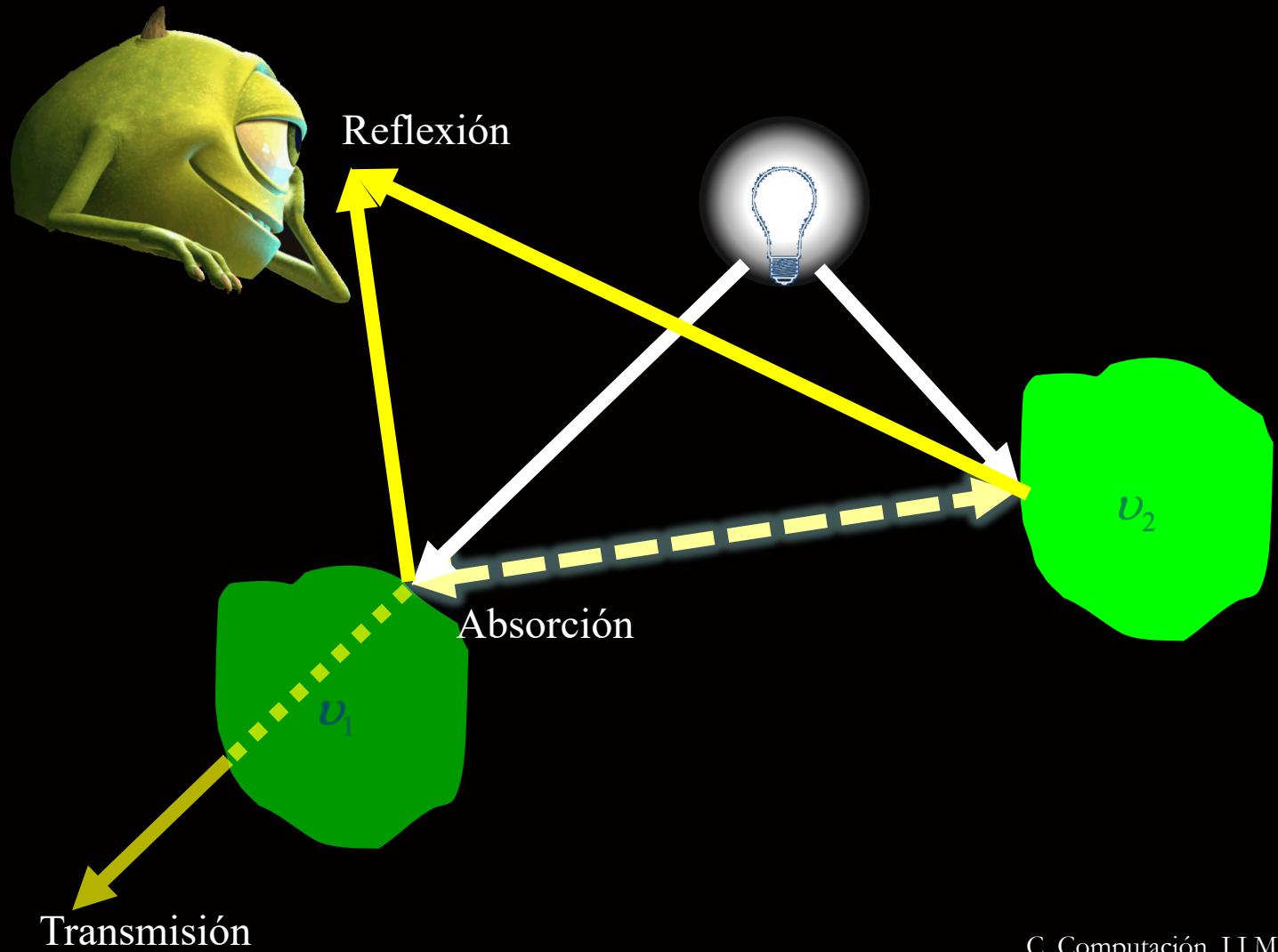
- La hipótesis de que los datos volumétricos pueden ser visualizados por medio de superficies fue central para poder hacer uso de los motores gráficos y de los principios de graficación por computadora.
- Existen varios problemas con este tipo de visualización. Pero quizás el mas importante es que visualizar exclusivamente por superficies es problemático cuando se tienen datos complicados (partículas) o varias superficies. Dichas superficies pueden quedar ocultas o ni siquiera ser generadas.
- El avance de los motores gráficos y de técnicas de graficación por computadora permiten actualmente visualizar directamente los datos volumétricos.

Visualización por Superficies

Iluminación

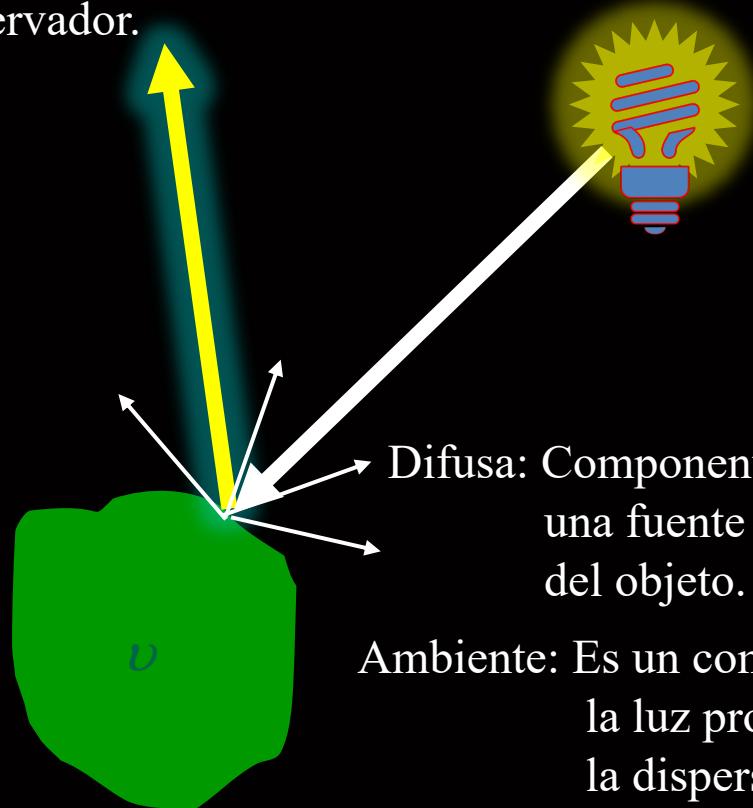
- El problema de iluminación es altamente complejo. Por ejemplo, la imagen que se crea en un instrumento óptico tal como una cámara fotográfica o la retina está compuesta por **TODAS** las interacciones de fotones en una región determinada.
- Las interacciones de los fotones son complejas: reflexiones, transmisiones, refracciones. Lo más importante: **¡¡¡Estas interacciones ocurren a nivel atómico!!!**
- Por lo tanto, se deben realizar ciertas aproximaciones.

Modelos de Iluminación



Aproximación a Iluminación

Especular: Componente que representa la luz que es reflejada directamente al observador.

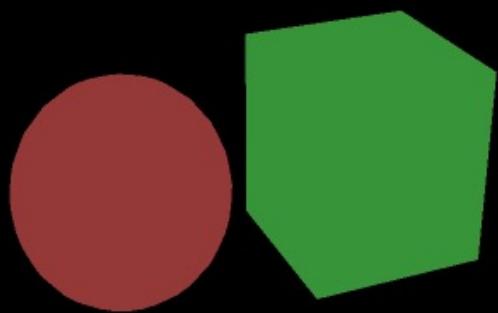


$$I = I_A + I_D + I_E$$

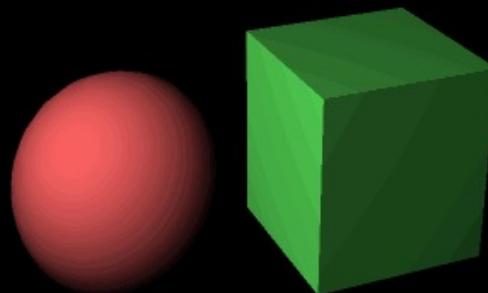
Difusa: Componente que representa la luz de una fuente dispersada por la superficie del objeto.

Ambiente: Es un componente que representa la luz producida en el fondo por la dispersión de todos los objetos en la imagen.

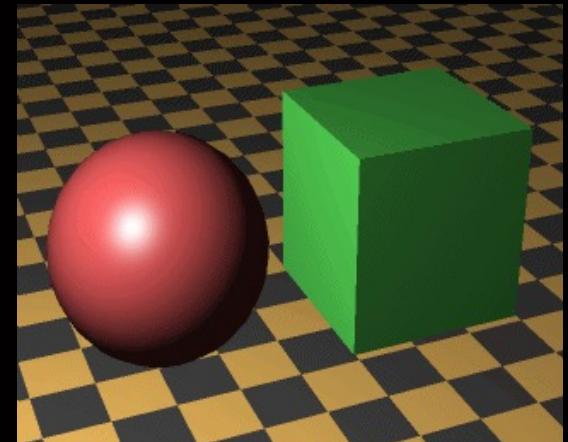
Componentes



Ambiente



Ambiente+Difusa



Ambiente + Difusa + Especular

$$I_A = \kappa_A \Lambda_A$$

Λ_A Luz Ambiente

κ_A Coeficiente de Reflexión

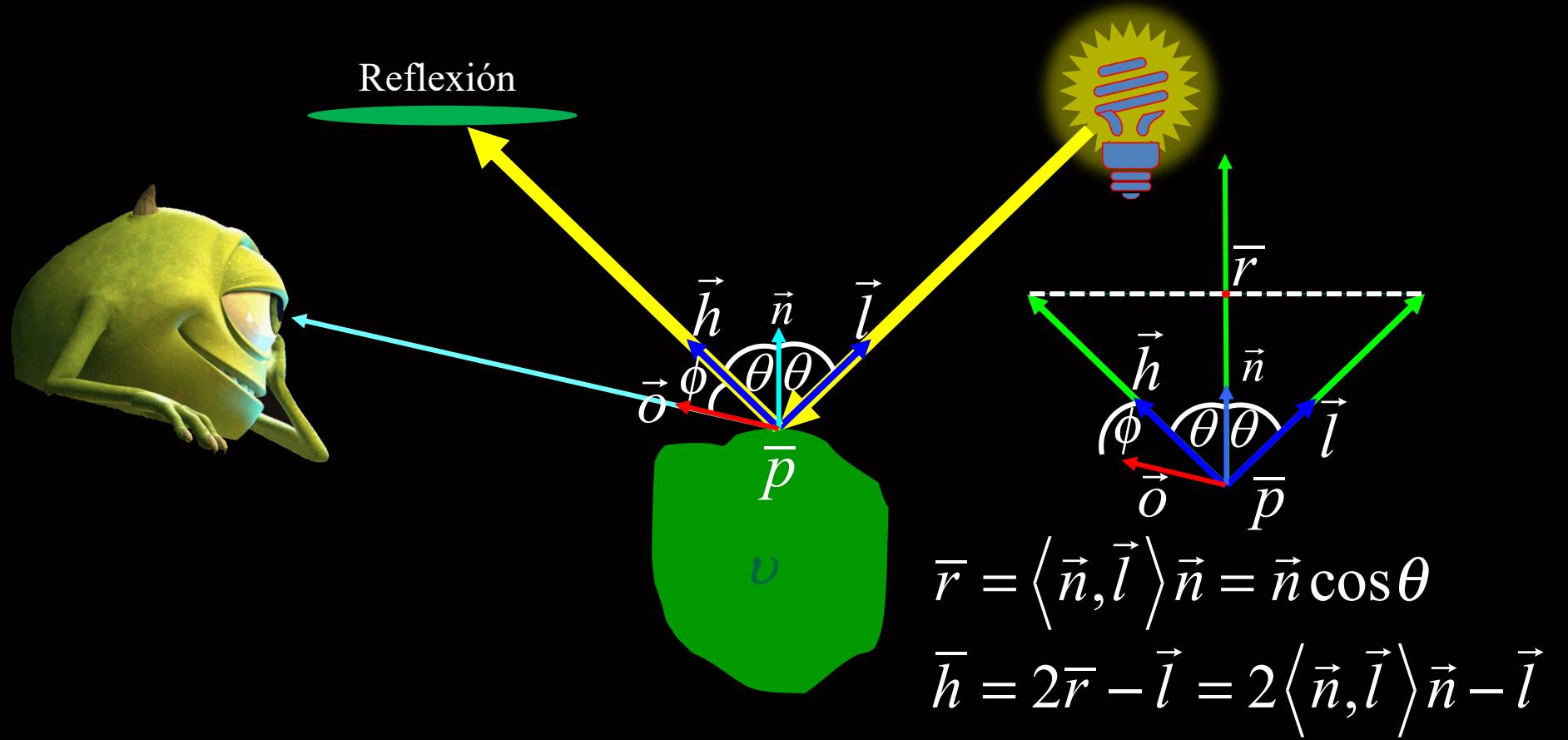
$$I_D = \kappa_D \Lambda_D \langle \vec{n}, \vec{l} \rangle$$

$$I_E = \kappa_E \Lambda_E \langle \vec{o}, \vec{l} \rangle^p$$

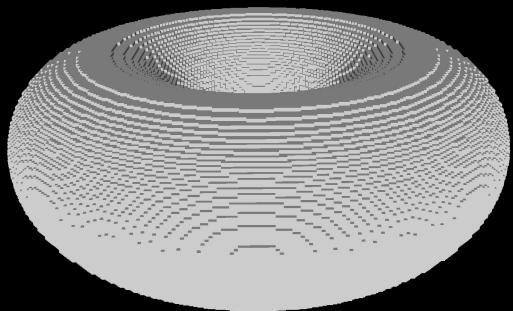
$$I_E = \kappa_E \Lambda_E \langle \vec{o}, \vec{h} \rangle^p$$

$$\vec{h} = 2 \langle \vec{n}, \vec{l} \rangle \vec{n} - \vec{l}$$

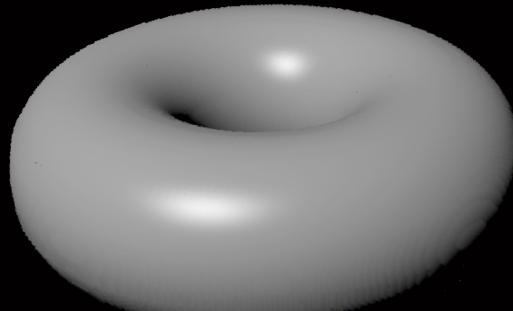
Esquema de Reflexión Especular



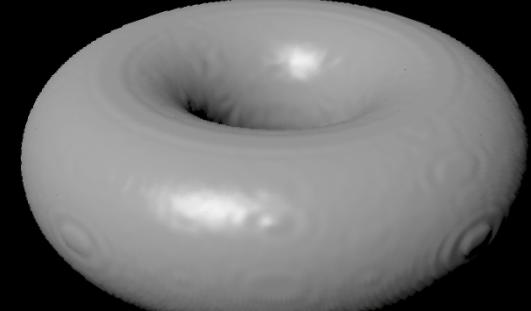
Diferentes Modelos de Iluminación



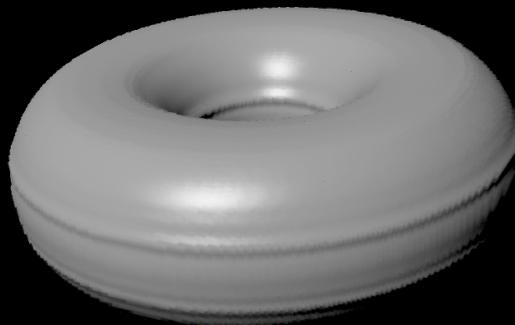
Face Normals



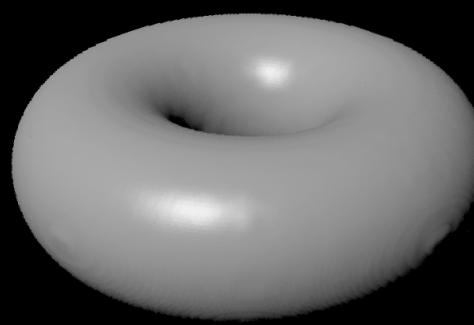
Analytical Normals
per Vertex



Normals per Vertex from
Linear Combination without
Known Coefficients

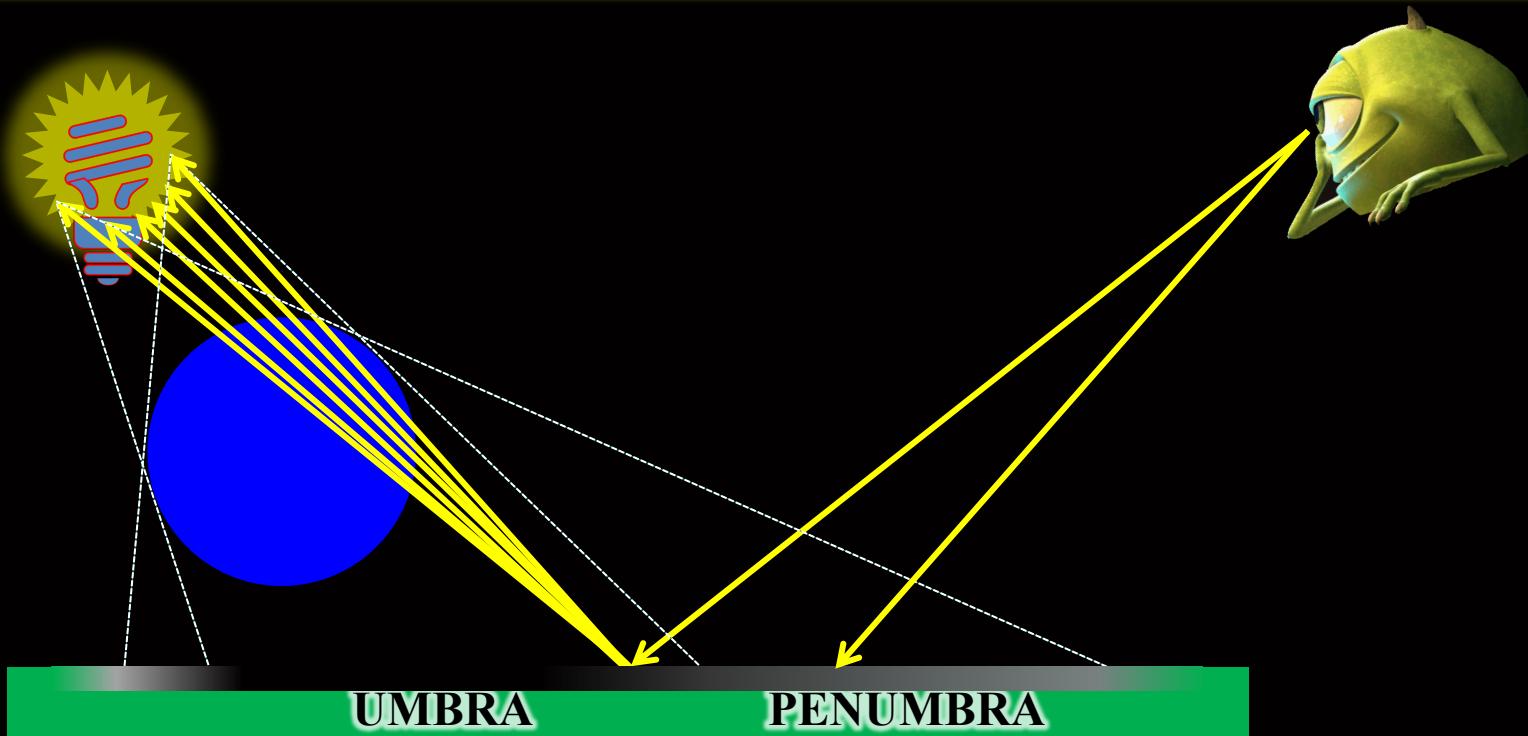


Normals per Vertex from
Linear Combination with
Known Coefficients



Normals from “Robust and
convergent curvature and
normal estimators with
digital integral invariants”

Sombras Difusas



Umbra: Área del objeto sombreado que no es visible desde ninguna parte de la Fuente de iluminación.

Penumbra: Área del objeto sombreado que puede recibir parte de la luz.

Visualización Directa de Volúmenes

- Visualización directa de volúmenes se refiere a las técnicas que producen una imagen proyectada directamente de la información en los datos tridimensionales, sin elementos intermedios tales como superficies por polígonos.
- Un modelo volumétrico se refiere a un objeto representado por información en volúmenes (3D).
- Se accredita a Robert A. Drebin, Loren Carpenter y Pat Hanrahan de Pixar (1988) con la introducción del concepto de **Volume Rendering** también conocido como **Direct Volume Rendering** (Visualización Directa de Volúmenes).

Idea Básica de Visualización Directa de Volúmenes

- En esta técnica se asume que el campo escalar está compuesto de objetos translúcidos. Por lo tanto, la imagen que se crea en la pantalla es una proyección del campo escalar translúcido.
- Para crear dicha imagen, el campo escalar se discretiza en pequeños elementos volumétricos (vóxeles) y las contribuciones de opacidad y color de cada objeto en el campo escalar se calculan localmente para cada vóxel.

Puntos Sobre Visualización Directa de Volúmenes

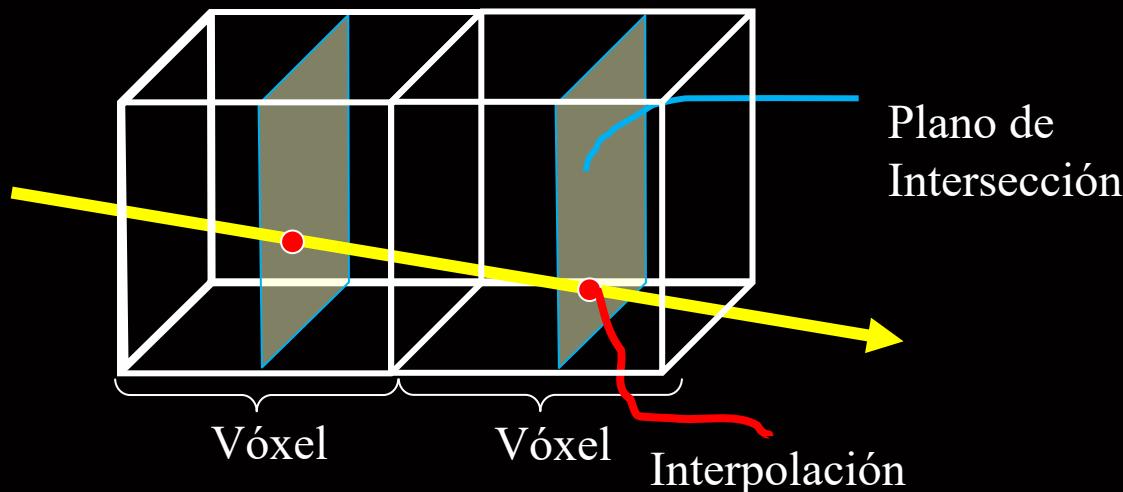
- El proceso de reconocimiento de estructuras se deja al observador. Aunque el proceso puede ser complicado por la oclusión de estructuras.
- Para evitar la oclusión de estructuras, se asignan opacidades que reducen la obstrucción de regiones “importantes” del campo escalar.
- Es una operación costosa computacionalmente ya que requiere la proyección de “todos” los vóxeles sobre la pantalla cada vez que se cambia la dirección de observación.
- “Indiferente” a la complejidad de los datos y de los objetos.
- Modela naturalmente densidades.
- Discretización genera *aliasing*.
- Requiere del diseño de buenas funciones de transferencia (asignación de propiedades de opacidad), algo que se puede considerar como una función de segmentación.
- “Frecuentemente” demanda grandes cantidades de memoria.
- En el pasado esta técnica proveía un nivel bajo de interacción (rotaciones, acercamientos, etc.)

Métodos Típicos para VDV

- Existen dos métodos tradicionales para llevar a cabo la generación de imágenes en VDV:
 - *Raytracing* (Emisión de Rayos): Rayos (simulados por una línea) son emitidos desde la pantalla (uno por cada píxel) hacia el volumen. En la trayectoria de cada rayo se acumulan opacidades al cruzar píxeles y al terminar de cruzar el volumen (o a un valor predeterminado) se refleja el valor de opacidad en el píxel.
 - *Splatting* (Proyección): se proyectan los véxeles uno sobre otro y se acumulan sus valores de densidad.

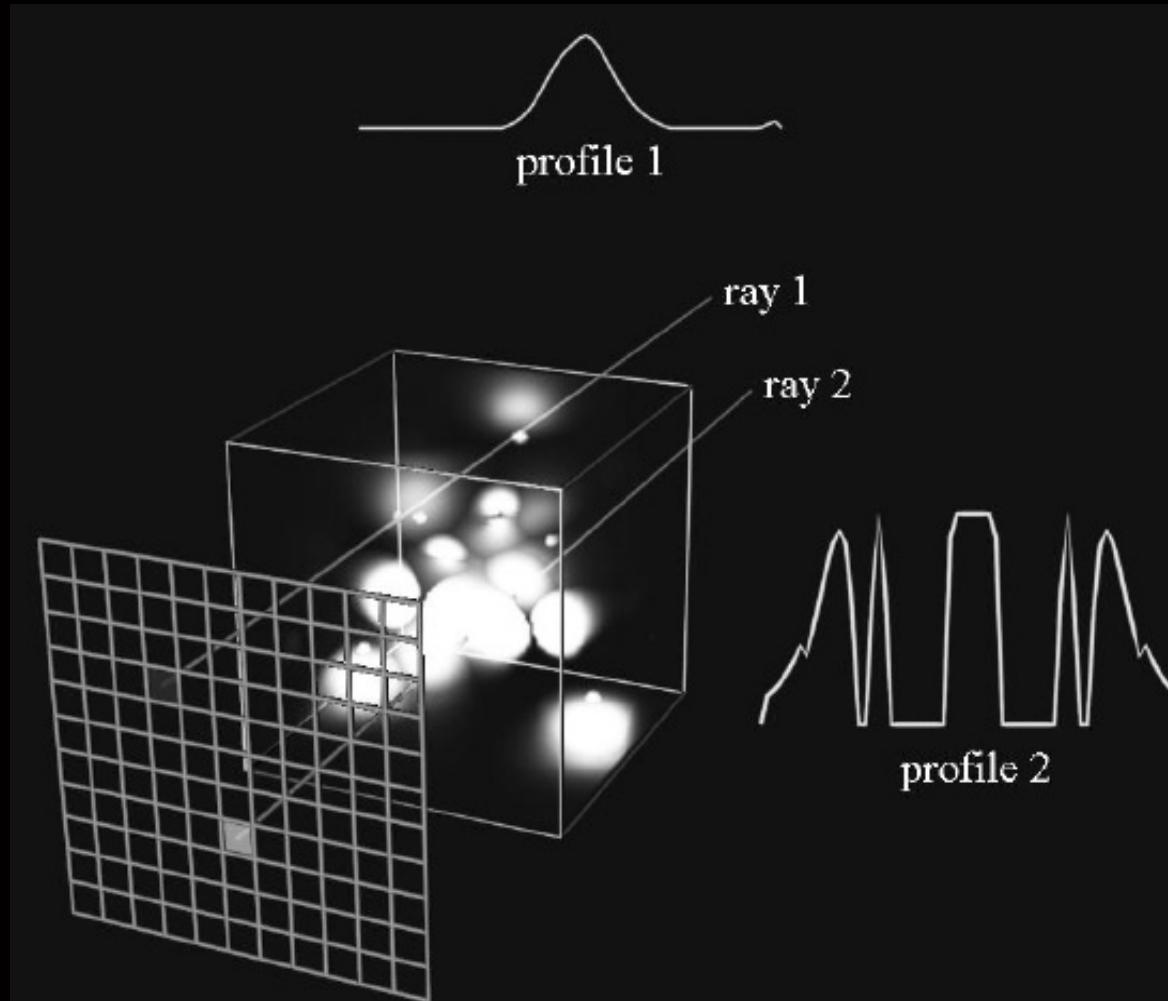
Proyección de Vóxeles

- La proyección de vóxeles es un método rápido para la generación de la imagen. Vale la pena hacer notar que es necesario hacer una implementación de barrido de línea para llevar a cabo la integración de las opacidades dentro del vóxel:



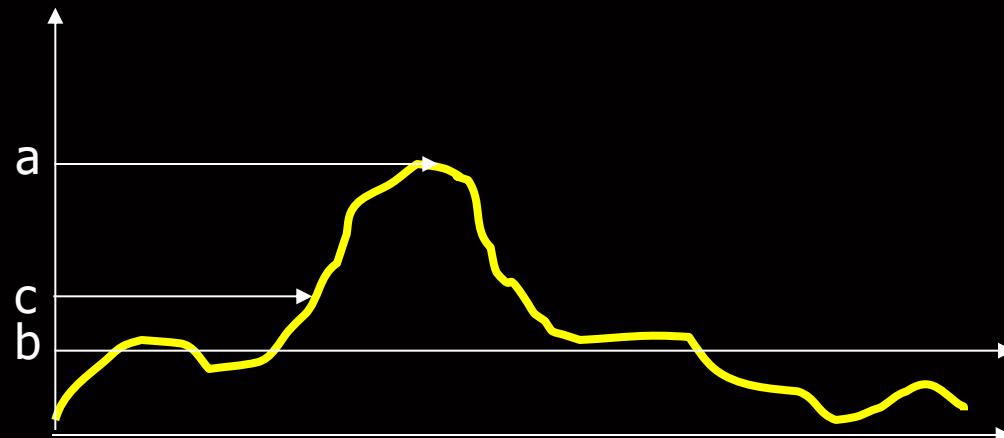
- El problema con la proyección de vóxeles es que pueden resultar en imágenes con hoyos debido a su naturaleza discreta.
- Una solución es llevar a cabo una ampliación de los vóxeles sobre varios píxeles (*splatting*).

Ray-Casting

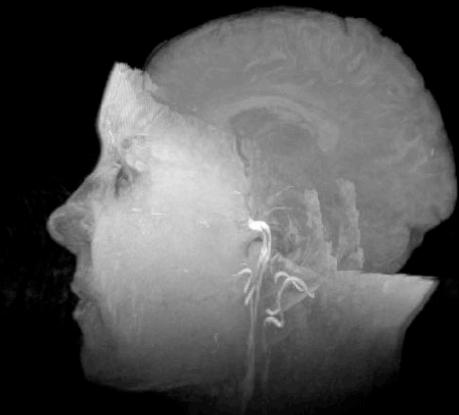


Esquemas de Proyección

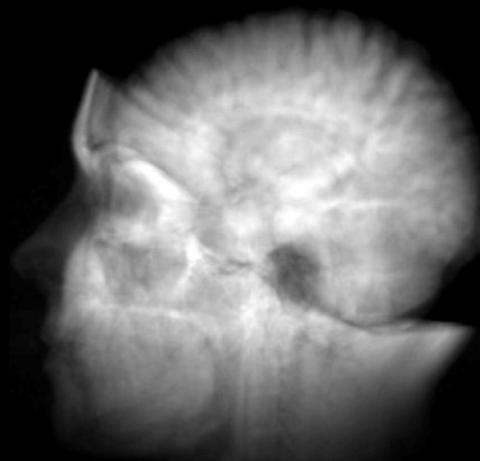
- a) Proyección de Máxima Intensidad (MIP).
 - Proyección de Máxima Intensidad Generalizada (GMIP).
- b) Promedio de Opacidades.
- c) Primer Valor de la Proyección (Primer valor mayor o igual a un valor predefinido).
- d) Composición Simple (valor del voxel proporcional a opacidad).
- e) Composición con FT (utilización de funciones de transferencia, a verse después).



Esquemas de Proyección



MIP



Promedio



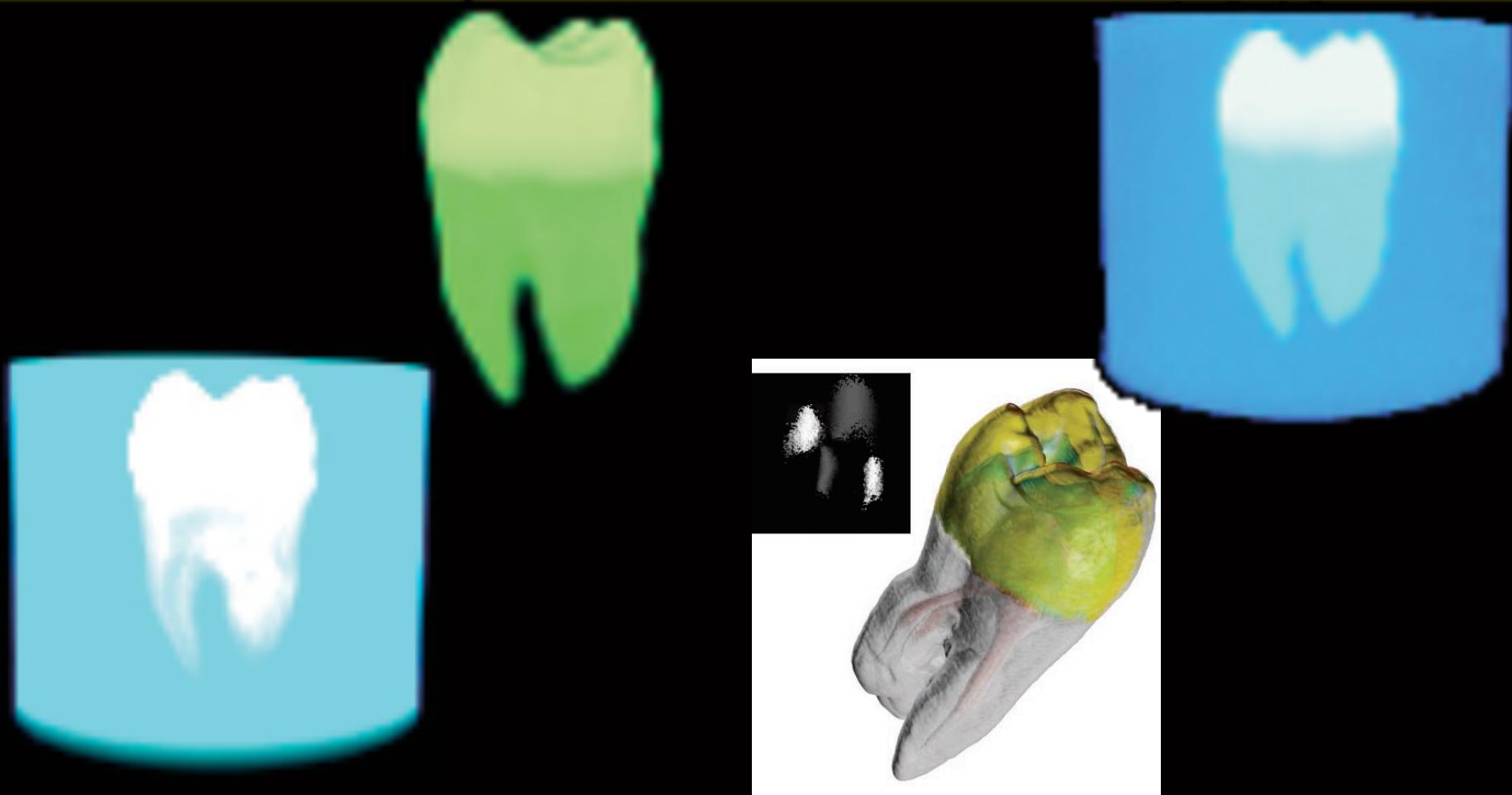
Composición Simple

Funciones de Transferencia

- Métodos automáticos:
 - Ahorran tiempo de diseño.
 - Omiten retroalimentación del usuario.
- Métodos manuales:
 - Prueba y error puede ser ineficiente y tedioso.

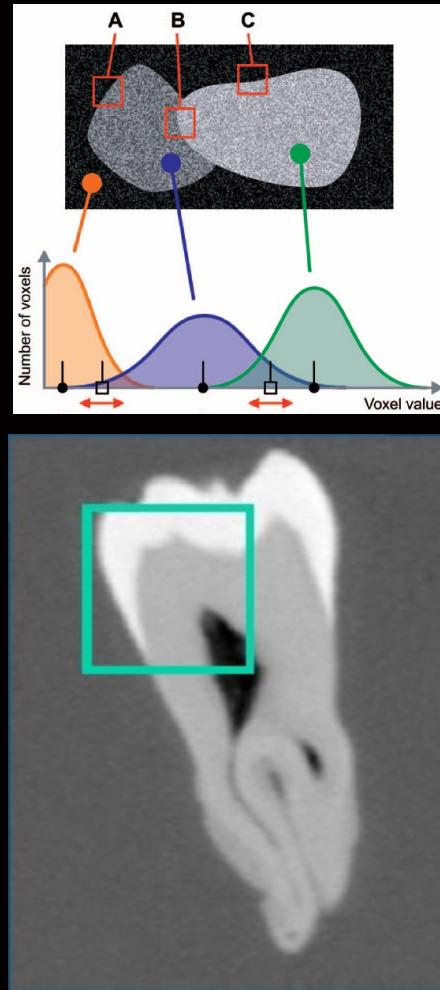
- Funciones de Transferencia conocidas:
 - Máxima intensidad y Valor mínimo a lo largo de la integral de línea.
 - Suma a lo largo de la integral de línea.
 - Histogramas de visibilidad
 - Histogramas de volumen
 - Selección de área de interés (Semillas) y renderizado local

Funciones de Transferencia



Imágenes obtenidas con Amira® y de H. Pfister, B. Lorensen, and C. Bajaj, “*The transfer function bake-off*,” *IEEE Computer Graphics and Applications*, pp. 16–22, 2001.

Ejemplo Gráfico



Ejemplos

