

Visión 3D

Introducción a la Visión 3D

Luis M. Jiménez – José M. Sebastián



Ingeniería de Sistemas y Automática (UMH)

1

Problema Central de la Visión 3D

- A partir de una imagen o de una secuencia de imágenes de un objeto estacionario o en movimiento, tomada desde un observador **monocular** (una cámara) o **policular** (varias cámaras), *la comprensión del objeto o la escena, y sus propiedades tridimensionales.*
- **Ejemplos:**
 - Medida de distancias
 - Medida de velocidad y dirección de movimiento
 - Generación de modelos de superficies 3D
 - Localizar ('pose') de objetos o personas
 - Detectar obstáculos
 -

Visión 3D: Introducción

Visión 3D Humana

- Binocularidad de las imágenes. Visión de imágenes desde distintos puntos de vista.
 - Mínima distancia para la formación de imágenes tridimensionales
 - Rango de máxima utilidad
 - Máxima distancia de utilización

Visión 3D Humana

- Binocularidad de las imágenes. Visión de imágenes desde distintos puntos de vista.
- Movimiento del punto de vista. Obtención de una serie de imágenes consecutivas.
 - Desplazamiento relativo de objetos
 - Rango de utilidad

Visión 3D Humana

- Binocularidad de las imágenes. Visión de imágenes desde distintos puntos de vista.
- Movimiento del punto de vista. Obtención de una serie de imágenes consecutivas.
- Solapamientos, reflejos y sombras.
 - Añaden percepción tridimensional a las imágenes.

Visión 3D Humana

- Binocularidad de las imágenes. Visión de imágenes desde distintos puntos de vista.
- Movimiento del punto de vista. Obtención de una serie de imágenes consecutivas.
- Solapamientos, reflejos y sombras.
- Realismo de las imágenes:
 - El gradiente de textura o la proyección de perspectiva permite establecer distancias relativas

Etapas en la Visión 3D

- Recuperación de la estructura tridimensional de la escena
- Modelado y Representación de Objetos
- Reconocimiento y localización
- Interpretación de la Escena

Recuperación de la estructura 3D de la escena (I)

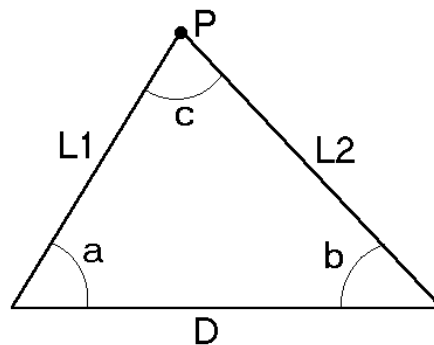
- Métodos activos
 - Proyectan haces controlados de energía (luz o sonido sobre la escena).
 - Utilizan un observador activo
- Métodos pasivos.
 - Los no considerados como activos

Los métodos se basan en principios: como el de la Triangulación Espacial

Triangulación Espacial.

$$L1 \cos(a) + L2 \cos(b) = D$$

$$L1 \sin(a) = L2 \sin(b)$$

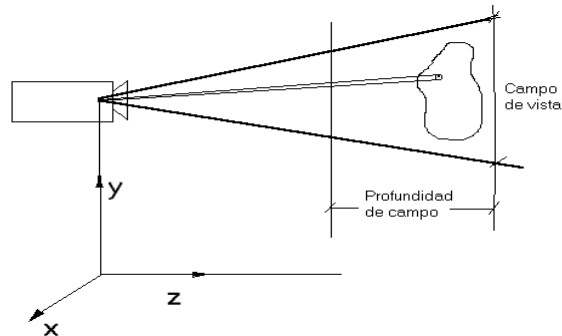


Recuperación de la estructura 3D de la escena (II)

- Tiempo de vuelo
- Disparidad, par estereoscópico.
- Proyección de luz estructurada.
- MOIRÉ
- Interferometría, Holografía.
- Enfoque.
- Forma a partir del sobreado
- Flujo óptico.

Tiempo de vuelo (I)

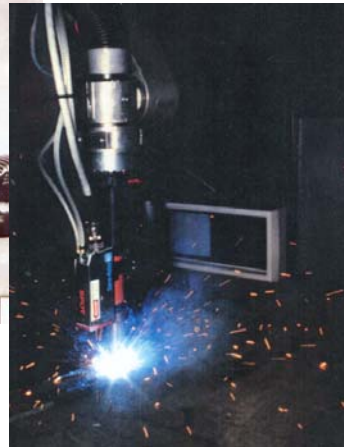
- Se basa en la medida directa o indirecta del tiempo invertido por una señal de velocidad conocida, en recorrer la distancia que separa una región de la escena del dispositivo **emisor/sensor**.



Tiempo de vuelo (II)

- Naturaleza del haz de energía.
 - Acústica (ultrasonidos).
 - Electromagnética (láser). Presenta una mejor direccionalidad.
- Inconvenientes
 - Baja direccionalidad (limita resolución angular)
 - Baja energía reflejada, ocasiona alto tiempo de integración y un ajuste continuo de los umbrales de detección.

Tiempo de vuelo (III)



Visión 3D: Introducción

13

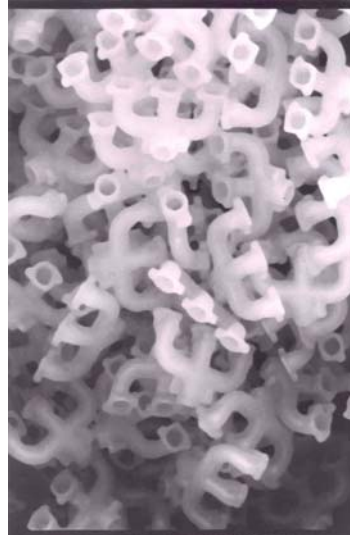
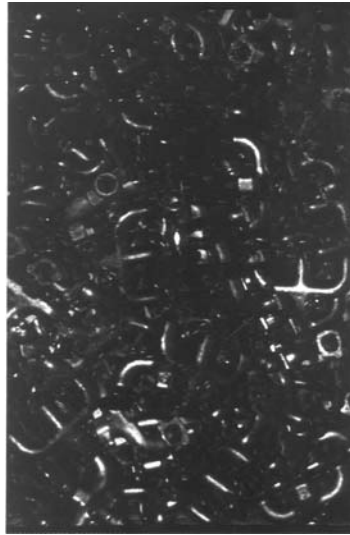
Tiempo de vuelo (IV)



Visión 3D: Introducción

14

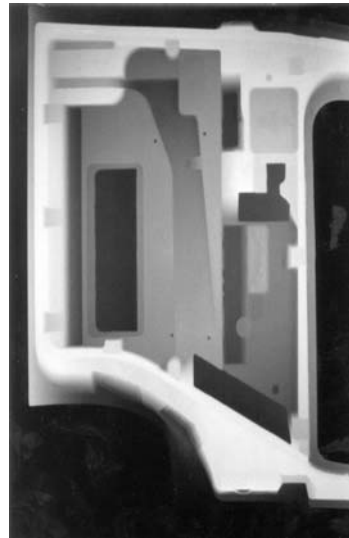
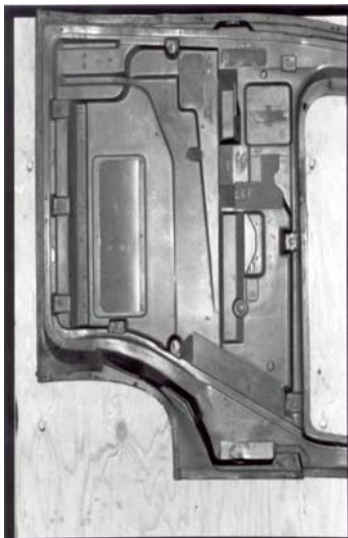
Tiempo de vuelo V



Visión 3D: Introducción

15

Tiempo de vuelo (VI)

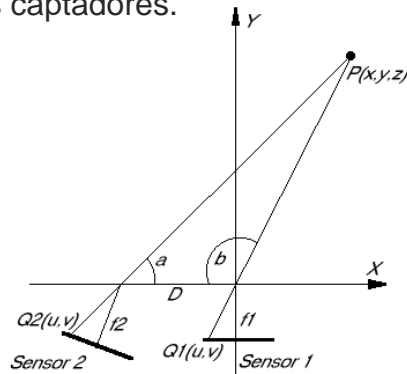


Visión 3D: Introducción

16

Disparidad, par estereoscópico (I)

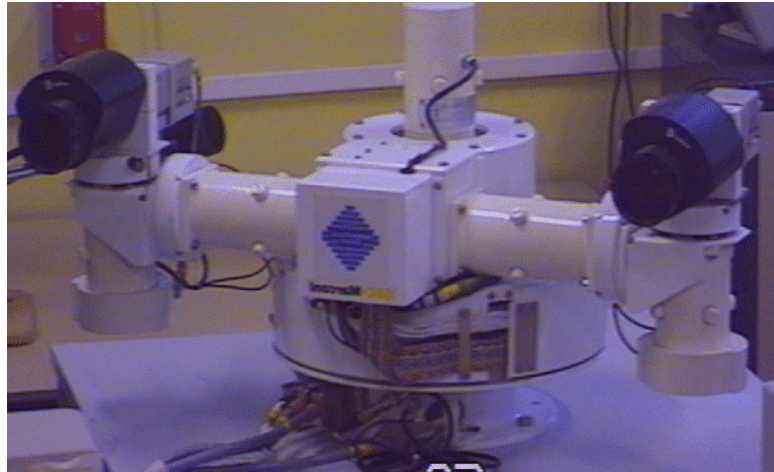
- La tercera dimensión es recuperada mediante triangulación a partir de la escena observada por dos o más captadores.



Disparidad, par estereoscópico (II)

- Ventajas
 - Se emplean soluciones tanto activas como pasivas, en función de que los captadores posean o no alguna actividad controlada (convergencia, enfoque o movimiento)
 - Sólo requiere la captura de una imagen por captador.
- Inconvenientes
 - Las inherentes a toda triangulación, oclusiones.
 - Correspondencia entre imágenes.
 - Dispersión del mapa tridimensional (regiones de la escena con gradientes elevados de luminancia o color.)

Disparidad, par estereoscópico (III)



Visión 3D: Introducción

19

Disparidad, par estereoscópico (IV)

ENTORNO: Correspondencia de Bordes

Salir | Leer RPC | Cal. Corresp. | Param. Calibración | Configuración

Leer imágenes | Criba Hipótesis

ENTORNO: Información Segmento

Imagen: Izquierda nº 33

Distancia al origen (G): 298.034 [pix]

Distancia al centro (G): 375.140 [pix]

Ángulo (theta): 1.56162 [rad]

Semilongitud (D): 163.507 [pix]

Extremo Izq (x1): 0:288.00, y:213.00

Extremo de Izq (x2): 0:291.00, y:540.00

Dir. Gradiente (m_grad): 0.000000

Num. correspondencias: 1 (Verde)

Num. vecinos: 8 (Verde)

Correspondencias | Vecinos

ENTORNO: Seg. Vecinos

Segmento: 25 (Azul) nº 0

Siguiente

ENTORNO: Seg. Correspondientes

Segmento: 48 (Rojo) nº 0

Disparidad X: -5.3254 Disparidad Y: 37.1100 [pix]

Peso: 0.631906

Pos. 3D #1: X=-0.619, Y=-18.794, Z=257.442 [cm]

Pos. 3D #2: X=-0.260, Y=13.998, Z=248.327 [cm]

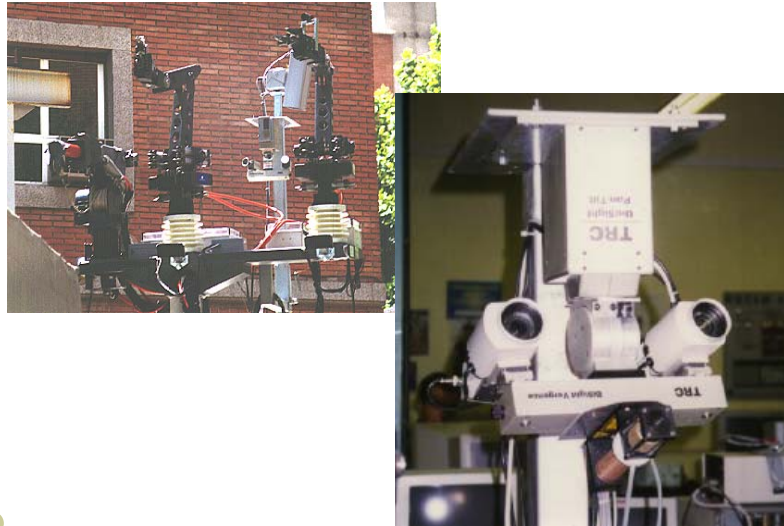
Longitud: 34.0160 [cm]

Siguiente

Visión 3D: Introducción

20

Disparidad, par estereoscópico (V)

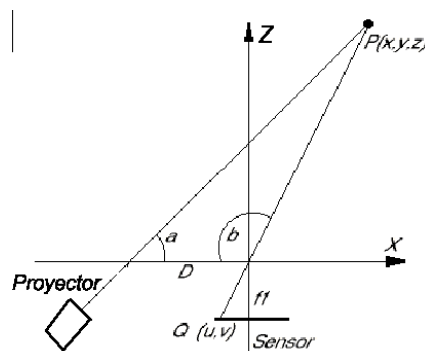


Visión 3D: Introducción

21

Proyección de luz estructurada (I)

- Realiza la triangulación espacial con un captador de imágenes y un proyector de luz de dirección controlada.
- El proyector de elevada potencia lumínica origina fuertes gradientes de luminancia en zonas arbitrarias de la escena.
- Método activo, emplea triangulación.



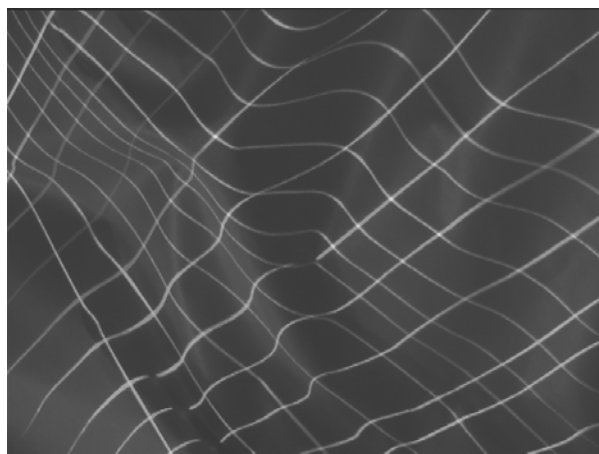
Visión 3D: Introducción

22

Proyección de luz estructurada (II)

- Ventajas
 - Proporciona mapas tridimensionales densos y precisos.
 - Procesamiento sencillo.
- Inconvenientes
 - Las inherentes de la triangulación, oclusiones.
 - Elevado número de imágenes requeridas, (alto tiempo de adquisición)
 - Mecanismo de barrido que asegure la iluminación secuencial.
 - Escenas lejanas, atenuación de energía luminosa.
 - Entornos donde el empleo de alta potencia sea peligroso.

Proyección de luz estructurada (IV)



Rejilla de luz estructurada proyectada sobre una superficie irregular

Proyección de luz estructurada (V)



Barrido mediante luz estructurada

MOIRÉ I

- Se basa en el fenómeno de interferencia de la luz
- La superposición de dos motivos de la misma frecuencia espacial produce una interferencia de baja frecuencia que únicamente varía con la diferencia de fase
- Se hace pasar la luz a través de dos rejillas
- Permite la recuperación de la información tridimensional

- Ventajas:
 - No emplea triangulación
- Inconvenientes:
 - Limitaciones que imponen sobre los gradientes y la continuidad espacial de la escena

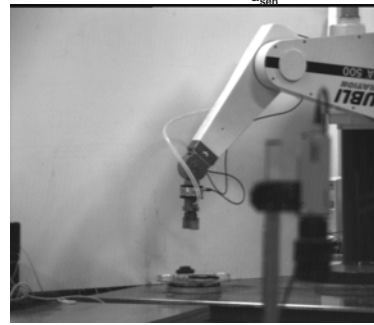
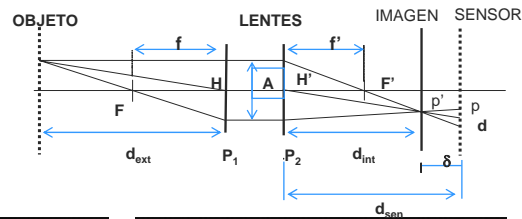
Interferometría, holografía.

- Se basa en hacer interferir dos haces de luz coherente que siguiendo caminos ópticos distintos, iluminan el punto a medir.
- La amplitud de la interferencia resulta proporcional a la diferencia de fase, lo que permite determinar unívocamente las distancias inferiores a la longitud de onda utilizada ($1 \mu\text{m}$ lo que es el principal inconveniente).

Enfoque I

- Determina la distancia entre sensor y escena buscando máximo contraste, mediante la variación del enfoque.
- Ventajas
 - No emplea triangulación.
- Inconvenientes
 - La precisión disminuye con la distancia.
 - Necesita puntos con alto contraste lumínico

Enfoque (II)



Visión 3D: Introducción

29

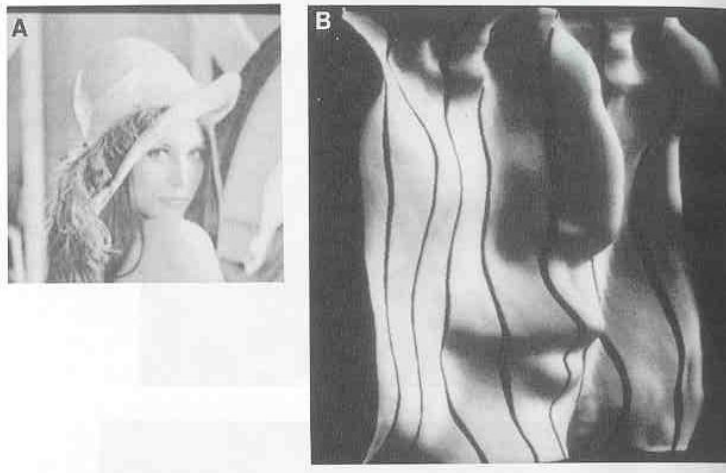
Forma a partir del sombreado (I)

- [*Shape from shading*](#) La luminancia medida por un observador sobre un punto de una superficie se relaciona con la geometría local a través del producto escalar entre la normal y la dirección de iluminación.
- Se utiliza esta relación para el cálculo de un campo de normales asociado a las escena.
- La resolución del problema se basa en la minimización de alguna función de coste (no lineal) relacionada con la diferencia entre la imagen original y la esperada

Visión 3D: Introducción

30

Forma a partir del sombreado (II)



Visión 3D: Introducción

31

Forma a partir del sombreado (III)

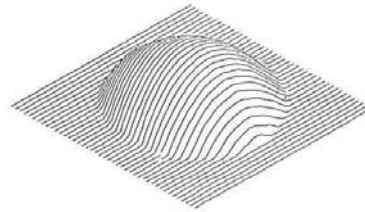
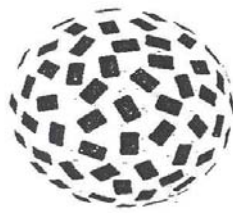
- Ventajas
 - Ideal para cooperar con otros métodos
 - no emplea triangulación.
- Inconvenientes
 - No es adecuado en escenas con discontinuidades
 - Requiere un alto tiempo de análisis.

Visión 3D: Introducción

32

Forma a partir de la textura

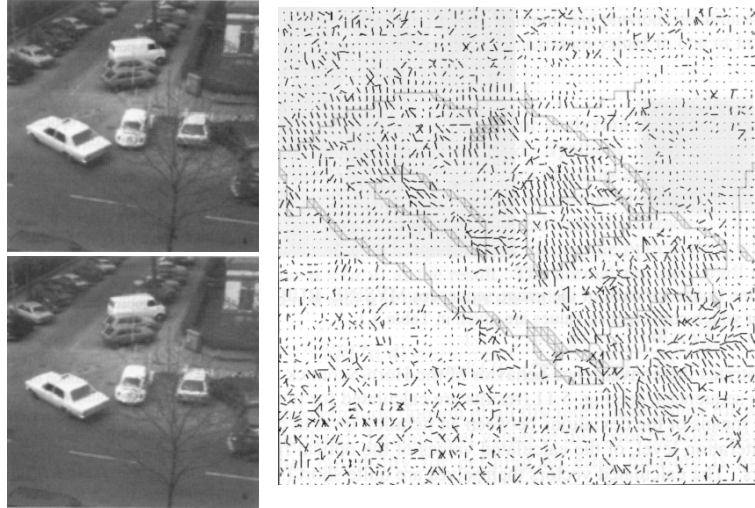
- Shape from Patterns Si una superficie se encuentra cubierta con pequeños patrones (denominados texels), se puede determinar la forma de la misma en función de la deformación que sufren los patrones.



Flujo óptico

- Determina la posición de un punto en el espacio, basándose en un campo instantáneo de velocidades. Para determinar este campo se utiliza una secuencia de imágenes.
- *Secuencia de imágenes*, son distintas imágenes tomadas en intervalos conocidos de tiempo, y dotadas de un movimiento también conocido

Flujo óptico



Visión 3D: Introducción

35

Etapas en la Visión 3D

- Recuperación de la estructura tridimensional de la escena
- **Modelado y Representación de Objetos**
- Reconocimiento y localización
- Interpretación de la Escena

Visión 3D: Introducción

36

Modelado y representación de objetos

- Forma en que se almacenan los objetos percibidos y los modelos conocidos
- Características:
 - Fiabilidad
 - Mantener la información relevante
 - Estabilidad ante errores en el proceso de captación
 - Estabilidad ante distintas vistas
 - Eficiencia computacional
 - Soporte local (oclusiones)

Modelado y representación de objetos

- Se pueden emplear:
 - Primitivas de bajo nivel: puntos, elementos de borde, ...
 - Primitivas de alto nivel: contornos, superficies, descriptores volumétricos
- Los métodos de representación pueden estar:
 - Centrados en el objeto
 - Centrados en el observador

Etapas en la Visión 3D

- Recuperación de la estructura tridimensional de la escena
- Modelado y Representación de Objetos
- **Reconocimiento y localización**
- Interpretación de la Escena

Reconocimiento y Localización

- El reconocimiento de los objetos captados se define como el proceso de emparejamiento de cada uno de los componentes de la escena con los modelos o clases de objetos de los que el sistema tiene referencia
- Etapas:
 - Extracción de los objetos presentes en la escena.
 - Selección del modelo. Correspondencia con un modelo. Incluye situación y orientación

Reconocimiento y Localización

- Enfoques usados en el reconocimiento:
 - Emparejamientos de características modelo-datos.
 - Utilización de vistas representativas del objeto
 - Obtención de medidas invariantes ante modificaciones en el punto de vista y la iluminación

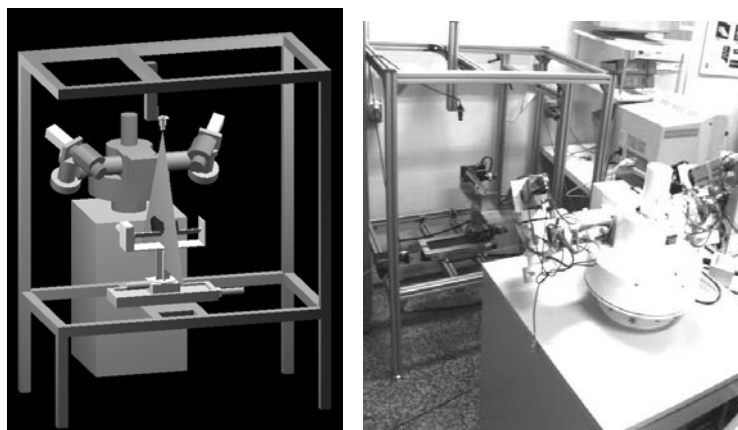
Etapas en la Visión 3D

- Recuperación de la estructura tridimensional de la escena
- Modelado y Representación de Objetos
- Reconocimiento y localización
- **Interpretación de la Escena**

Interpretación de la Escena

- La interpretación va dirigida a soportar un proceso de toma de decisión, por lo que depende de la aplicación:
 - Control de calidad
 - Guiado de un robot móvil
 - Ingeniería Inversa. Prototipado rápido.
 - Cartografía. Observaciones aéreas
 - Seguimiento de objetos

Control de Calidad



Sistema de inspección de piezas tridimensionales con alta precisión, de DISAM-UPM

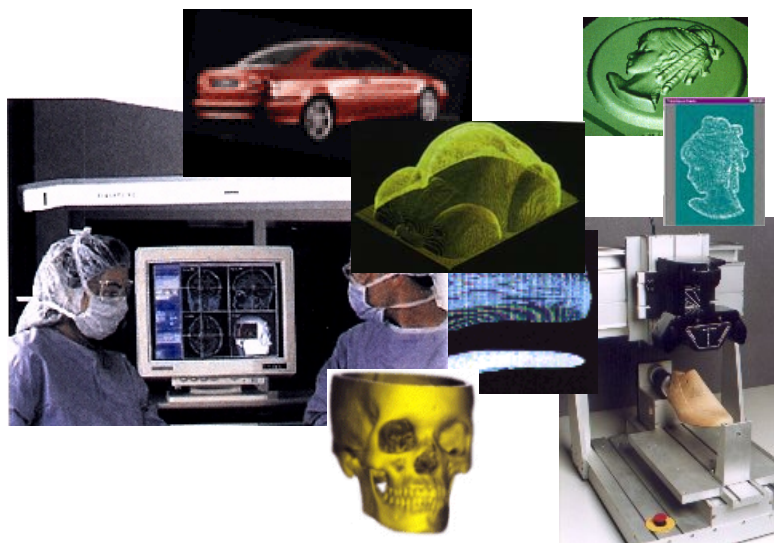
Guiado de Vehículos Móviles



Visión 3D: Introducción

45

Ingeniería inversa:



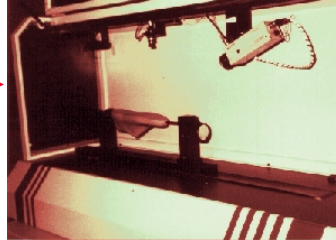
Visión 3D: Introducción

46

Ingeniería Inversa: Digitalizador de hormas de calzado.



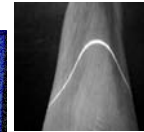
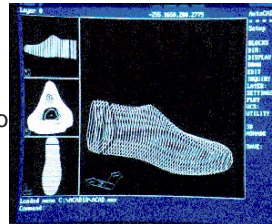
Se parte de un horma artesanal hecha a mano.



Detalle de la sujeción.

Se sitúa en el digitalizador y se obtiene un modelo CAD a base de polilíneas

Con el modelo se hace un escalado para la fabricación de los distintos número de zapatos, así como una simetría para fabricar las hormas del otro pie.

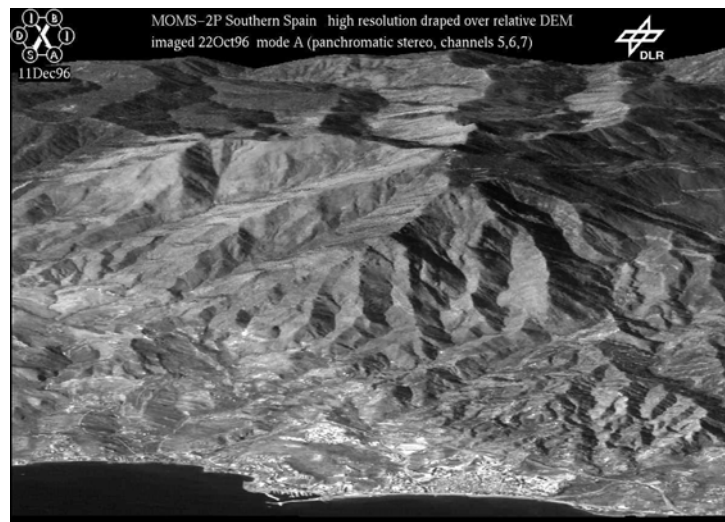


Detalle de la polilínea generada por el plano láser.

Visión 3D: Introducción

47

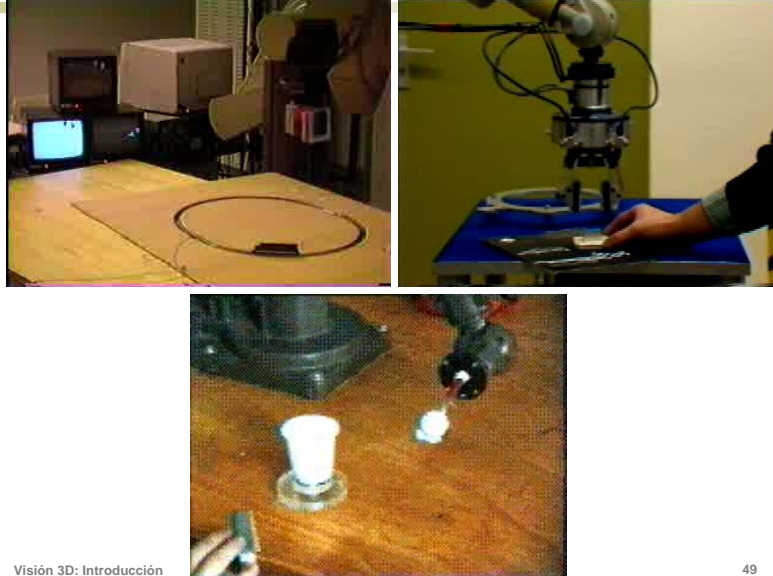
Cartografía. Observaciones aéreas



Visión 3D: Introducción

48

Seguimiento de Objetos



Visión 3D: Introducción

49

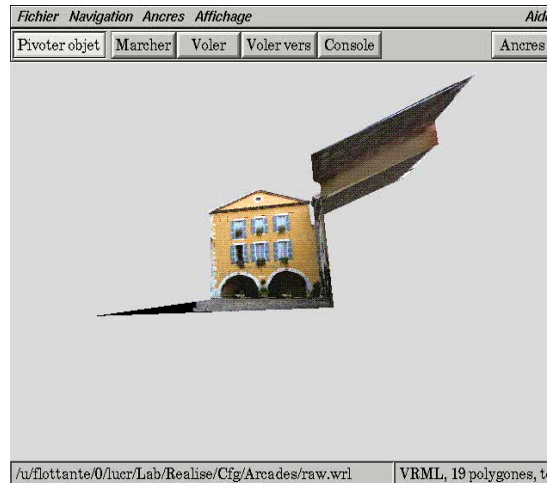
Fotogrametría - Modelado 3D



Visión 3D: Introducción

50

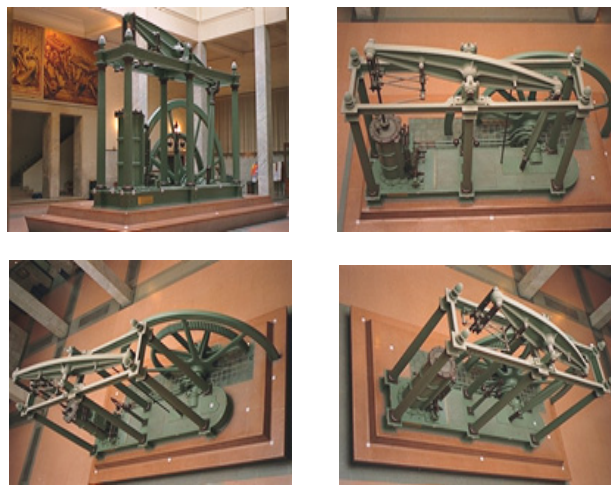
Fotogrametría - Modelado 3D



Visión 3D: Introducción

51

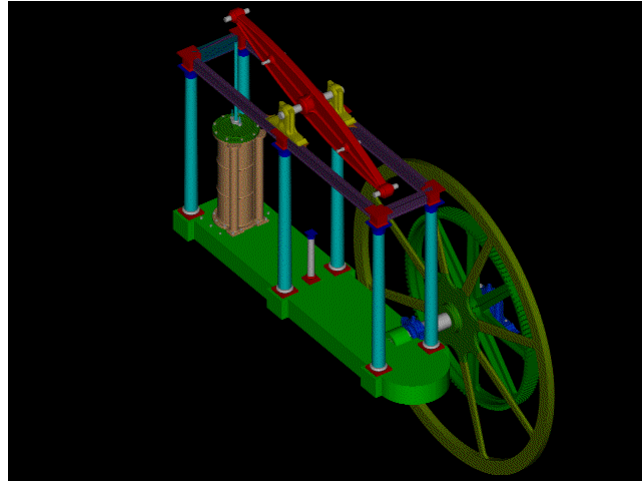
Modelado 3D



Visión 3D: Introducción

52

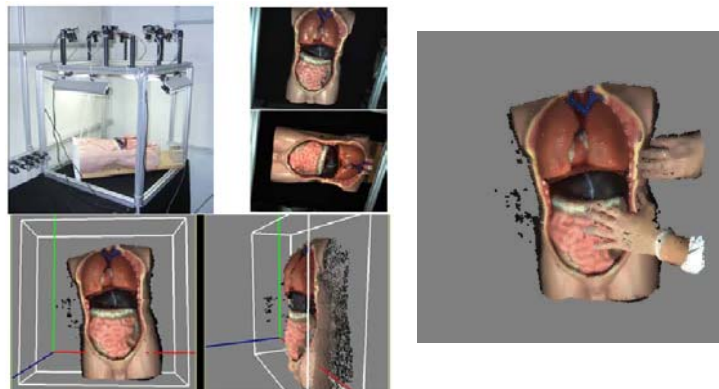
Modelado 3D



Visión 3D: Introducción

53

Telecirugía – (Enseñanza)



Visión 3D: Introducción

54

Análisis Forense

- PhotoModeler



Mosaicos



Captura de Movimiento

