

# Aplicaciones de Realidad Aumentada en Dispositivos Móviles

Pablo Roncagliolo B., Agustín González,  
Antonio Orellana, Paolo Massaro

Jornadas Chilenas de Ingeniería Biomédica 2007  
10-12 de Octubre, Viña del Mar  
Hotel San Martín  
Organizan: EMBS/IEEE, UV, UDEC

## Presentación

- 1. Dispositivos Móviles
- 2. Realidad Aumentada
- 3. Problemática Seleccionada
- 4. Sistema Propuesto
- 5. Avances

# 1. Dispositivos Móviles

Equipo electrónico portátil y programable, con sistema de visualización y periféricos de entrada como teclado, cámara y otros.

- Teléfonos móviles (nueva generación)
- Asistentes personales digitales (PDA): Palm, IPAQ, etc.
- Computadores de Bolsillo: Pocket PC
- Computadores Portátiles: Tablet PC, Notebook

# 1. Dispositivos Móviles

Al inicio de la década, existía una clara diferenciación entre dispositivos móviles



# 1. Dispositivos Móviles

Hoy, ya no es fácil distinguir las diferencias entre clases de dispositivos móviles...



PC Magazine, November 2006

# 1. Dispositivos Móviles

El dispositivo móvil estándar de los próximos años poseerá a lo menos:



- Sistema de visualización de alta resolución (pantallas, mini proyectores)
- Sistemas avanzados de entrada (teclados, pantallas táctiles, reconocimiento de voz y de señas, etc.)
- Sistemas de comunicación digital (datos, voz y video) bajo múltiples estándares.
- Periféricos de alto rendimiento (cámara, lector de códigos de barra, sensores, etc.)
- Múltiples métodos de programación (C, Java, .Net, etc.)

# 1. Dispositivos Móviles



El dispositivo móvil estándar de los próximos años poseerá a lo menos:

- Sistema de visualización de alta resolución (pantallas mini

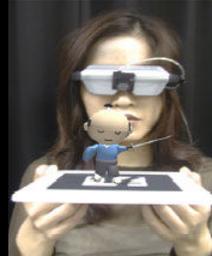
...todas estas capacidades generan una cantidad ilimitada de nuevas aplicaciones... →

- Múltiples métodos de programación (C, Java, .Net, etc.)

# 2. Realidad Aumentada

## 2. Realidad Aumentada (AR: Augmented Reality)

En el ámbito tecnológico, la "realidad aumentada" se refiere a los sistemas que permiten añadir una parte virtual a lo real.

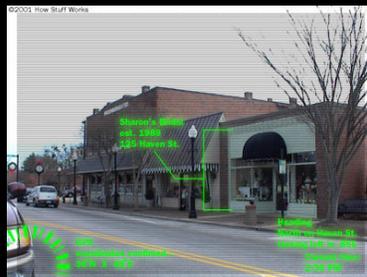


Proyecto ARtoolKit, Universidad de Washington

- A diferencia de la realidad virtual, que nos aísla del mundo en que vivimos, la realidad aumentada añade información complementaria que nos facilita nuestra relación con la "realidad".

## 2. Realidad Aumentada

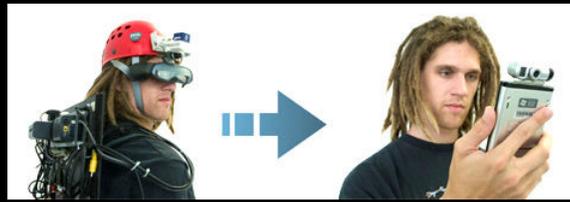
Se trata de un sistema que permite superponer gráficos, audio y otra 'mejoras' a la percepción que tenemos del mundo, sobre el contexto real y en tiempo real



Fuerte desarrollo en los '90

## 2. Realidad Aumentada

Dada las nuevas capacidades de procesamiento de los equipos móviles, actualmente existe un nuevo impulso al desarrollo de sistemas de realidad aumentada.



Graz University of Technology, Austria

A partir del 2000: RA en Dispositivos Móviles

## 2. Realidad Aumentada

- Se observa a través del visor del PDA un tren virtual sobre una pista real, el cual puede ser controlado por el usuario.

2004, Graz University of Technology, Austria



## 2. Realidad Aumentada

Una nueva aplicación de la tecnología de Realidad Aumentada ha permitido por primera vez reconstruir una iglesia de la Edad Media, que lleva varios siglos en ruinas.



Halden Virtual Reality Centre de Noruega, la Escuela de Arquitectura de Oslo y la Universidad japonesa de Kyoto

## 2. Realidad Aumentada

Aplicaciones en museos...



## 2. Realidad Aumentada

### Aplicaciones en museos...

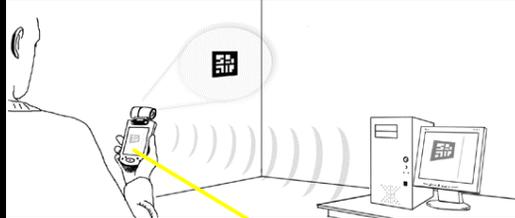


## 2. Realidad Aumentada

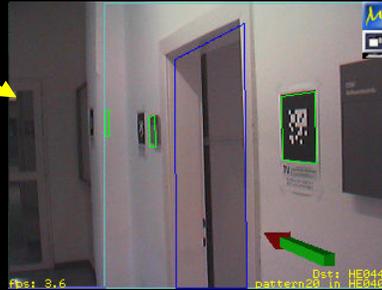
### Aplicaciones multiusuario...



## 2. Realidad Aumentada



R.A. aplicada a señalética



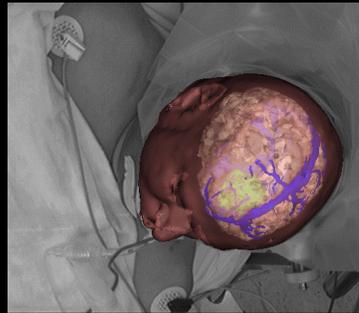
## 2. Realidad Aumentada

R.A. en juegos para celulares...



## 2. Realidad Aumentada

R.A. en aplicaciones profesionales...



## 2. Realidad Aumentada

R.A. en aplicaciones profesionales...

“Entrenador Virtual”  
Apoyo a la “capacitación” (industria)  
y a la educación



## 2. Realidad Aumentada

El trabajo más influyente en el área:

Realizado por el Dr. Kato, de la Universidad de Osaka en Japón, y la Universidad de Washington



Figure 2. Using the Augmented Reality Interface.



Figure 4. Virtual Shared White Board.



Figure 3. Remote user representation in the AR interface.

*ARToolKit (Kato, 1999)*

## 2. Realidad Aumentada

Las primeras aplicaciones de R.A. Sobre teléfonos móviles (2002-2004)



Figure 1: Video see-through example on a consumer cell-phone.

*Möhring 2004, Bauhaus University*

## 2. Realidad Aumentada

Aplicaciones de R.A. Multiusuario  
sobre teléfonos móviles (2005)



Figure 5: Face to Face condition



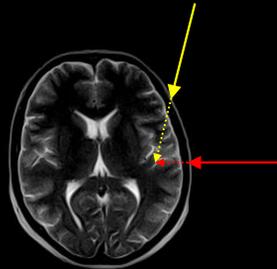
- Basado en J2ME
- Nokia 6600
- Enlace Bluetooth

Henrysson 2005, Linköping University, Suecia

## 3. Problemática Seleccionada

### 3. Problemática Seleccionada

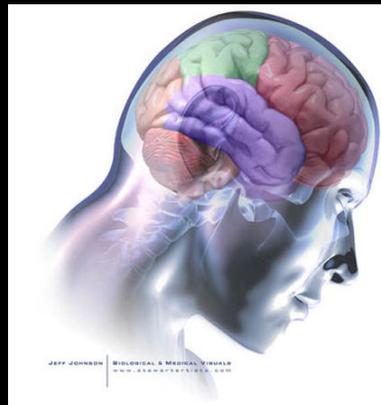
¿Cómo localizar con exactitud un punto de abordaje neuroquirúrgico?



### 3. Problemática Seleccionada

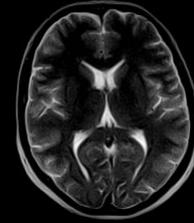
La solución ideal aun no existe

- Información visual
- Referenciada
- Información neuroanatómica
- No invasiva
- Inocua



### 3. Problemática Seleccionada

#### Alternativas de solución:



- A. En base a la experiencia del cirujano.
- B. Marcos Estereotáxicos
- C. Equipos Neuronavegadores
- D. Sistemas de realidad aumentada tradicionales
- E. Cirugía basada en TAC ó RM en tiempo real
- F. Cirugía Robótica

A. En base a la experiencia del cirujano

## En base a la experiencia del cirujano

Situación actual:



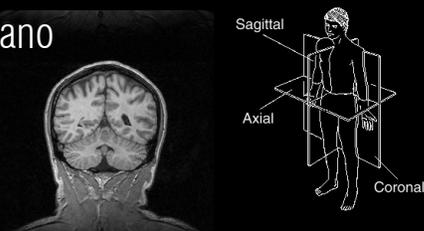
Análisis visual de imágenes médicas



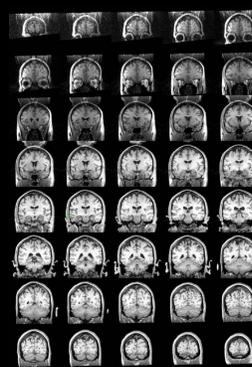
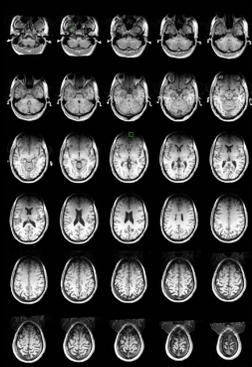
La disposición del personal, de los equipos y de los materiales utilizados, puede obstaculizar la visión general del paciente y perturbar la orientación espacial del cirujano

## En base a la experiencia del cirujano

Información disponible:



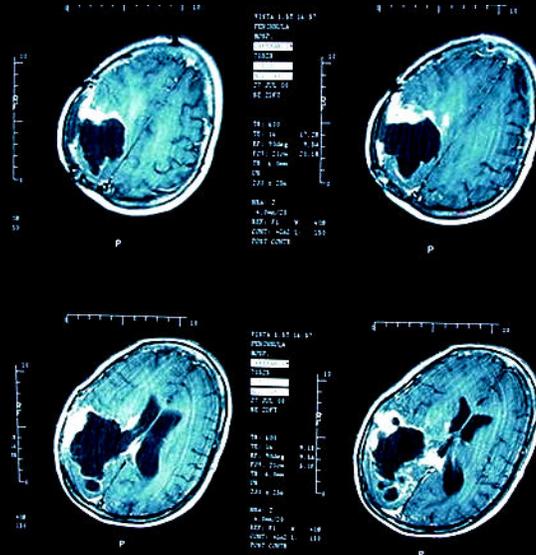
Memory Research Laboratory, University of California



## En base a la experiencia del cirujano

Existen casos evidentes:

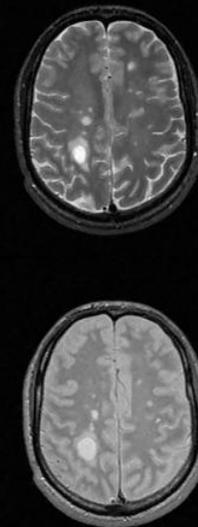
donde no es necesario el uso de tecnología adicional para determinar el punto de abordaje



## En base a la experiencia del cirujano

Sin embargo, la mayoría de los intervenciones presentan el siguiente dilema:

- ¿Cuál es el mejor punto de abordaje tal que la trayectoria sea mínima y las áreas afectadas por la cirugía dejen la menor cantidad de secuelas?



## B. Marcos Estereotáxicos

Marco Estereotáxico: representa gran incomodidad para el paciente



by Sarah Cakes



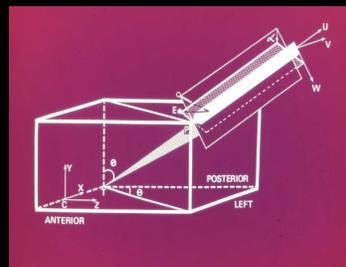
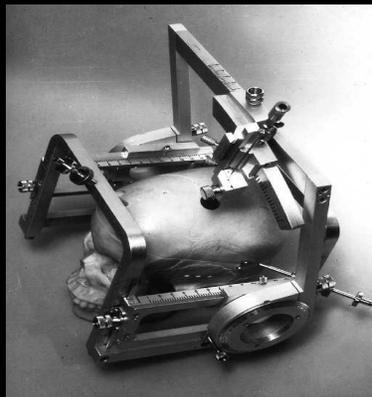
Marco Estereotáxico

Se debe utilizar durante el examen imagenológico y luego durante la cirugía.



Marco Estereotáxico

Cirugía Estereotáxica, asistida por computador (inicios 1970)



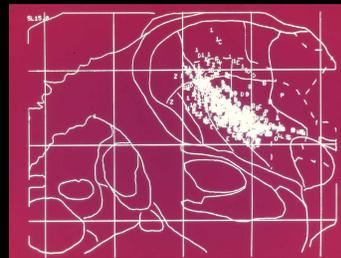
Principal aplicación: para el tratamiento del parkinson

## Marco Estereotáxico

1. Thompson C J and Bertrand G: "A computer program to aid the neurosurgeon to locate probes used during stereotaxic surgery on deep cerebral structures". Comp Prog in Biology 2: 265-276 (1972)



La imagen muestra una computadora PDP-12 durante una operación. Un plotter permitía respaldar las imágenes del procedimiento. Un terminal Tektronix, permitía visualizar una imagen de 1024x768 pixels con una frecuencia de actualización de 3-5 segundos.

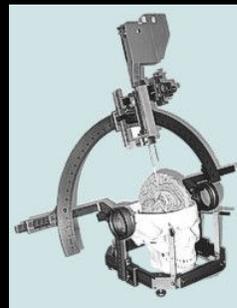


## Marco Estereotáxico

Existen numerosos sistemas comerciales para cirugía esterotáxica, basados en arcos.



ThomasRECORDING.com

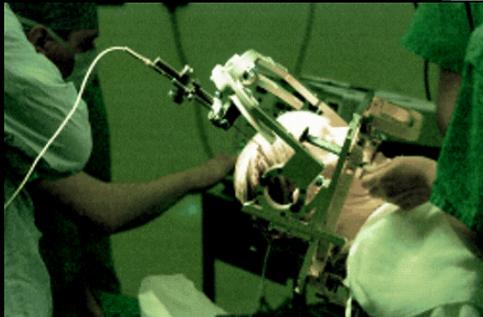


## Marco Estereotáxico

Su uso está restringido a intervenciones específicas y no representa una solución general para la localización neuroquirúrgica en la mayoría de los tipos de intervenciones.



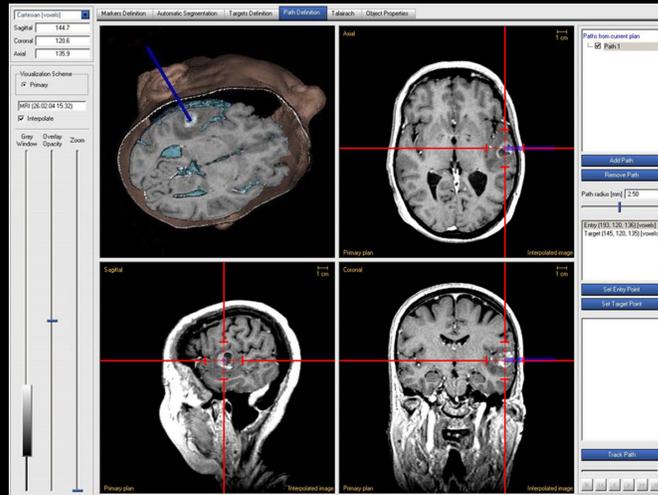
Bloomsburg University



## C. Neuronavegación

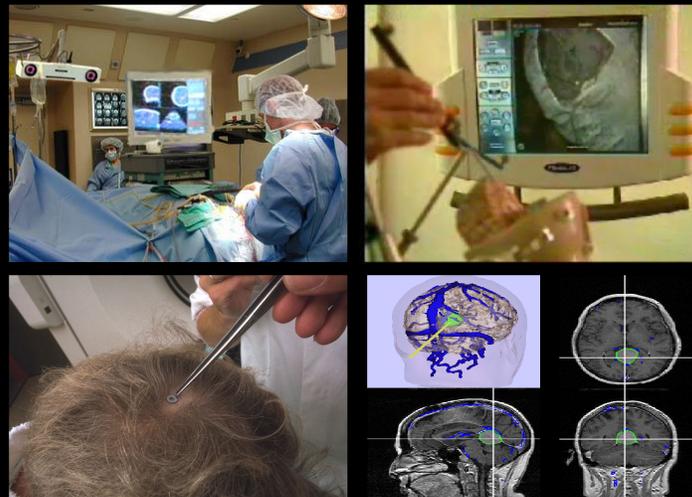
## Neuronavegación

Son equipos que permiten localizar instrumental quirúrgico en relación a la posición del paciente.



## Neuronavegación

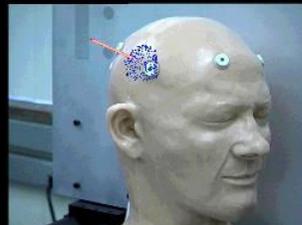
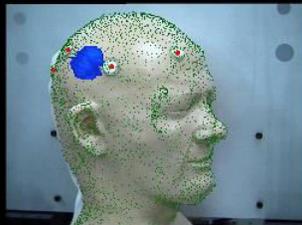
Utilizan Cámaras IR (visión estereoscópica) para localizar marcas de referencia en el instrumental y el paciente.



## D. Realidad Aumentada en Neurocirugía

### Realidad Aumentada en Neurocirugía

Utilizan cascos de realidad virtual, cámara IR y estándar, e iluminación IR para detectar marcas reflectantes en el paciente

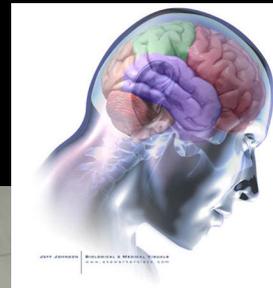


Department of Computer Science, University of Rochester , University of Rochester Medical Center and Siemens Corporate Research

## E. Cirugía guiada por RM o TAC en línea

### Cirugía guiada por RM o TAC

Corresponden a la solución "ideal".  
Están orientado a cirugías complejas.



## Cirugía guiada por RM o TAC

La Radiocirugía, consiste en la posibilidad de “operar” tumores sin la necesidad de una cirugía.

Corresponde a sesiones de radioterapia de gran intensidad y alto grado de focalización



## F. Cirugía Robótica

## Cirugía Robótica

Existen grandes avances en el campo de la oftalmología.

**Video juegos?**

**No!**



## Cirugía Robótica

Actualmente sólo es a nivel experimental

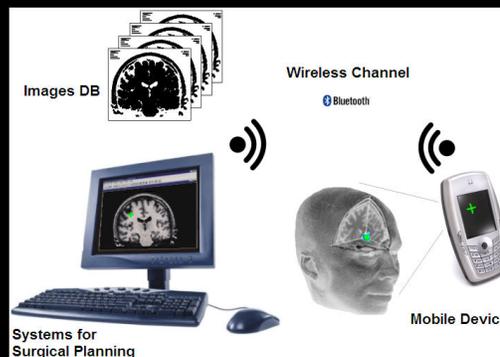


## 4. Sistema Propuesto

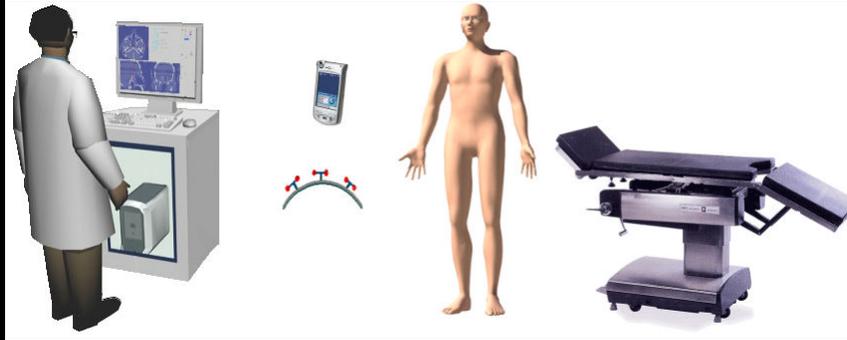
## 4. Sistema Propuesto

*Hipótesis:* Es posible implementar un sistema de realidad aumentada de alta precisión y en tiempo real sobre dispositivos móviles, como apoyo a la planificación neuroquirúrgica

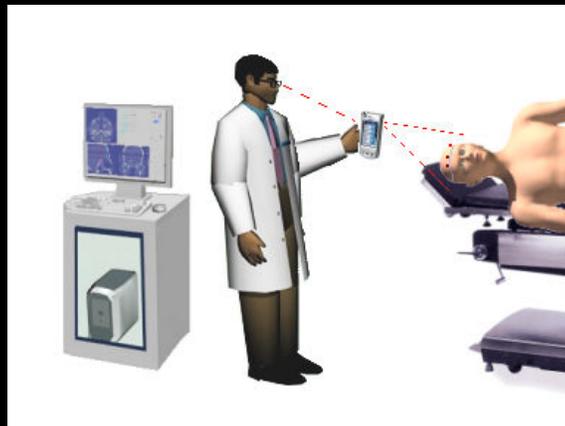
- No invasivo
- Inocuo
- Uso masivo
- Bajo Costo
- Alta Precisión
- Uso intuitivo
- Gran movilidad
- Patentable



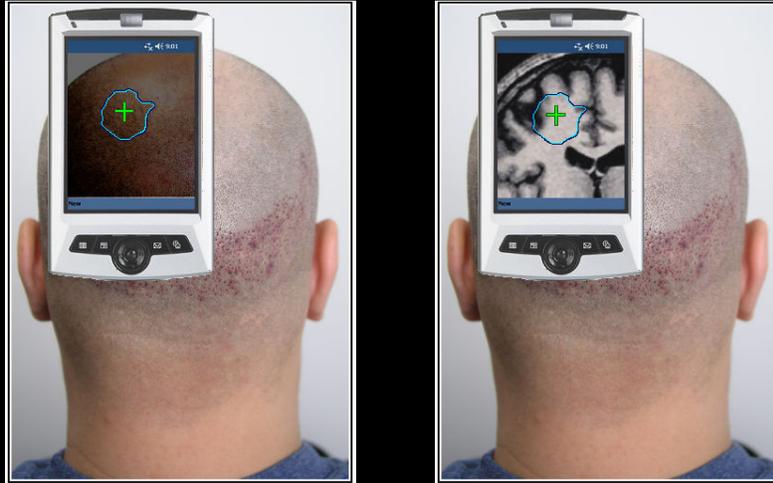
### Elementos del Sistema Propuesto



### Escenario de Uso del Sistema Propuesto



Simulación del resultado esperado:

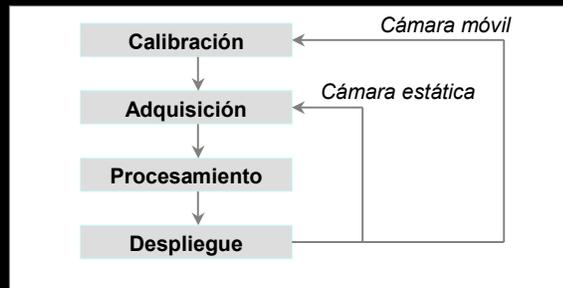


## 4. Sistema Propuesto

Temáticas involucradas en el desarrollo de la tesis:

- Desarrollo de Aplicaciones JAVA/J2ME
- Equipos Móviles
- Protocolos de Comunicación Inalámbricos
- Sistemas Distribuidos
- Procesamiento de Imágenes, detección de patrones
- Rendering 3D en J2ME
- Compresión y Codificación de Imágenes
- Realidad Aumentada
- Aplicaciones con restricciones de calidad (Médicas)
- Decodificación de Formatos de Imágenes Médicas (DICOM)

## 5. Avances



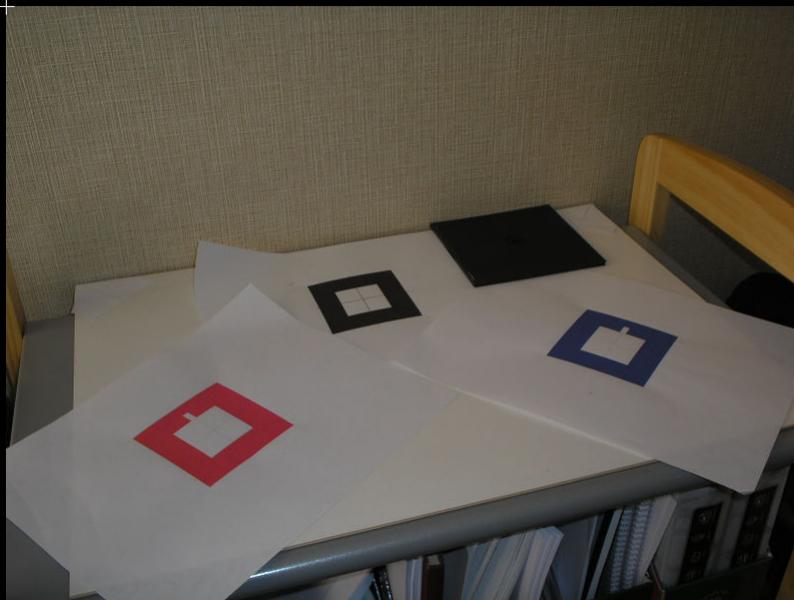
## Equipos disponibles



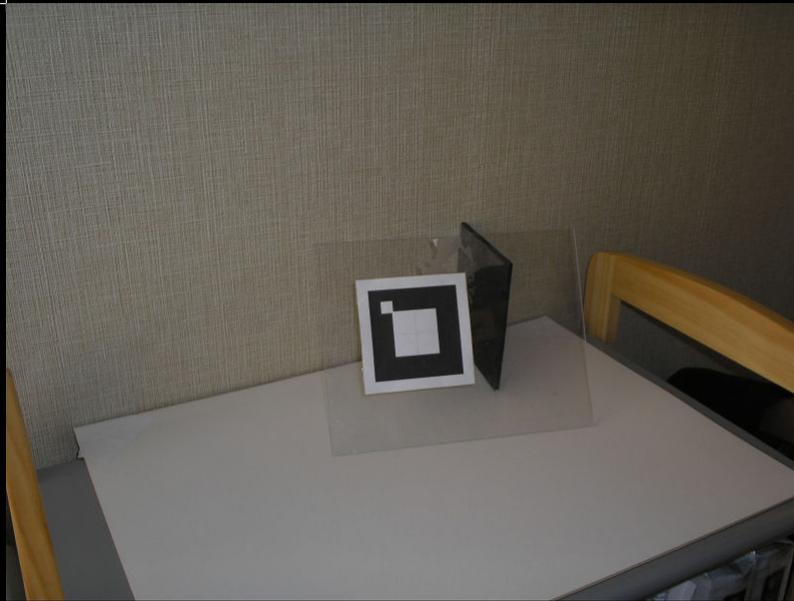
### Equipos disponibles



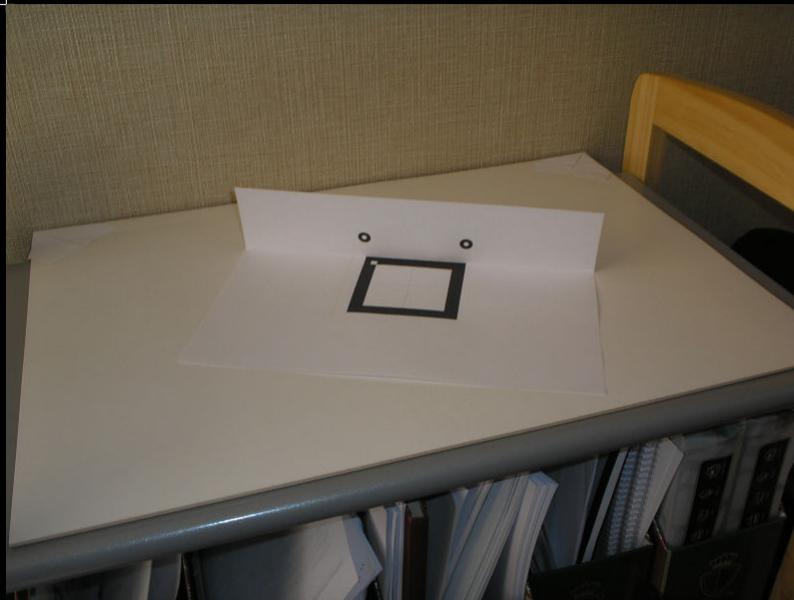
### ERE: Elemento de Referencia Externo



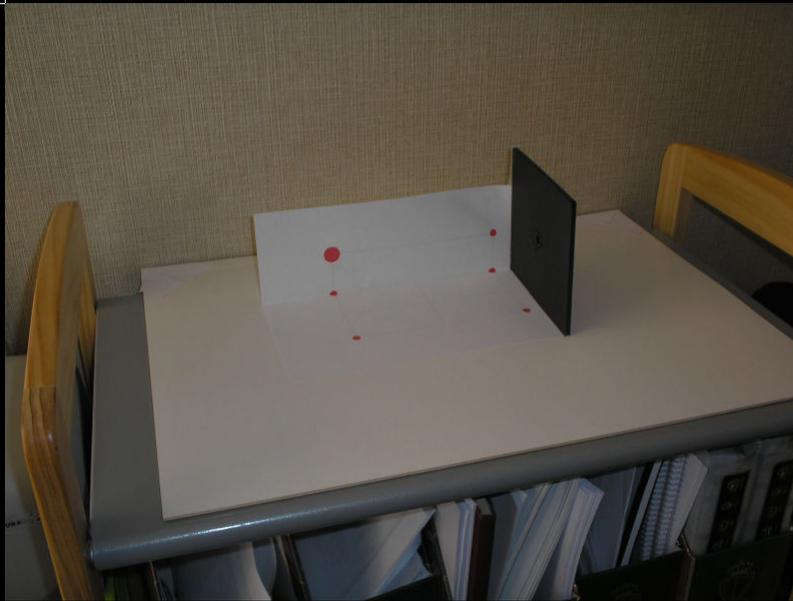
ERE: Elemento de Referencia Externo



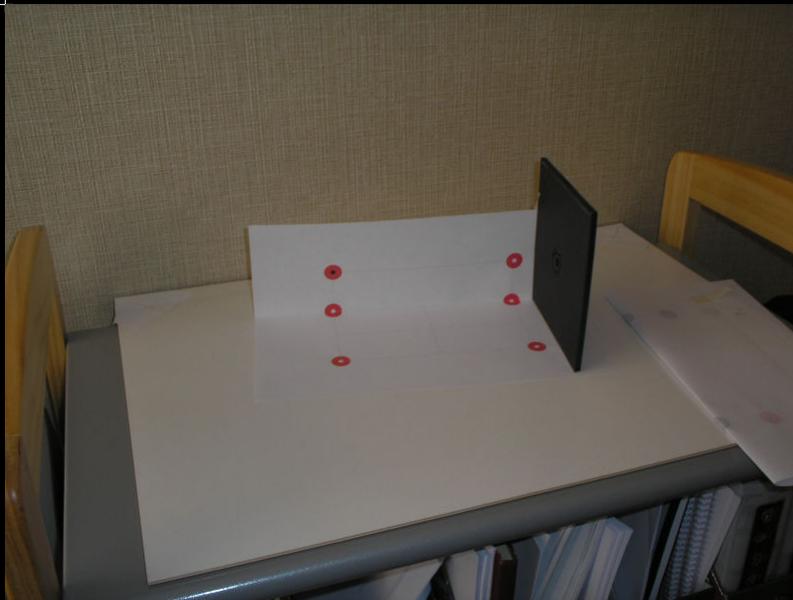
ERE: Elemento de Referencia Externo



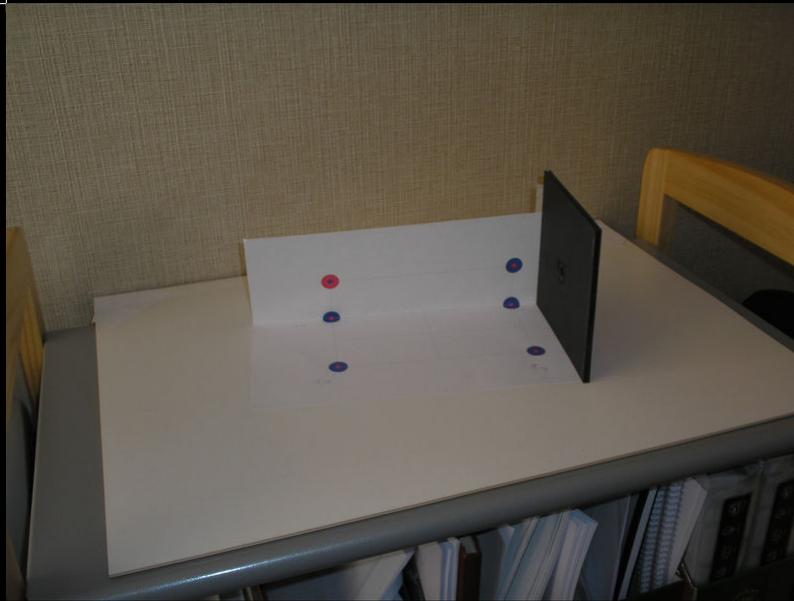
ERE: Elemento de Referencia Externo



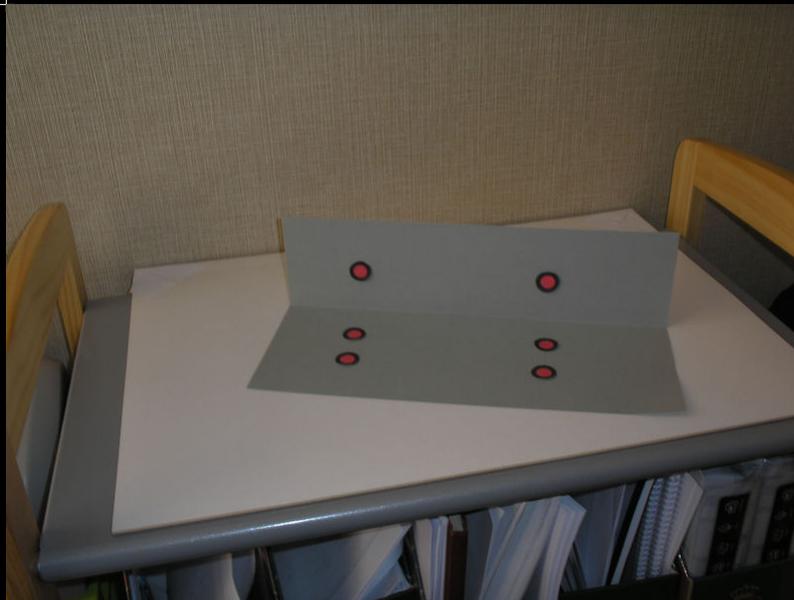
ERE: Elemento de Referencia Externo



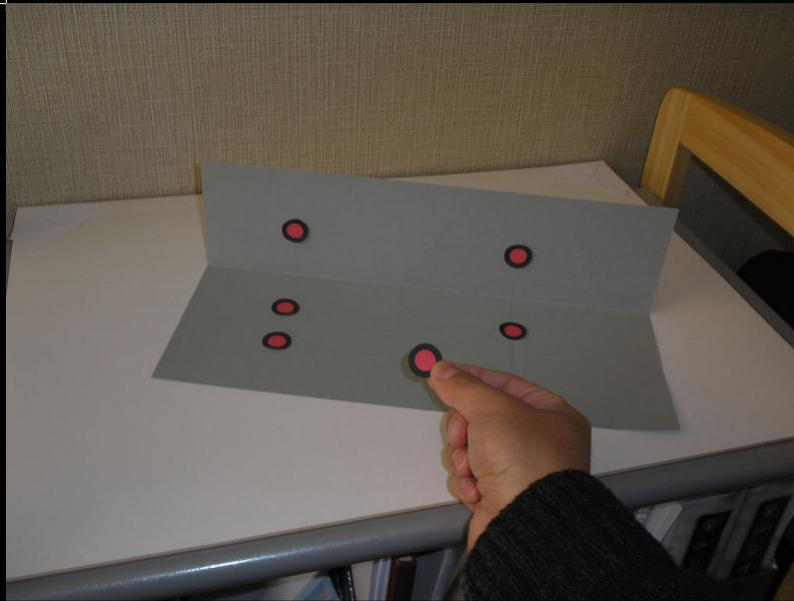
ERE: Elemento de Referencia Externo



ERE: Elemento de Referencia Externo



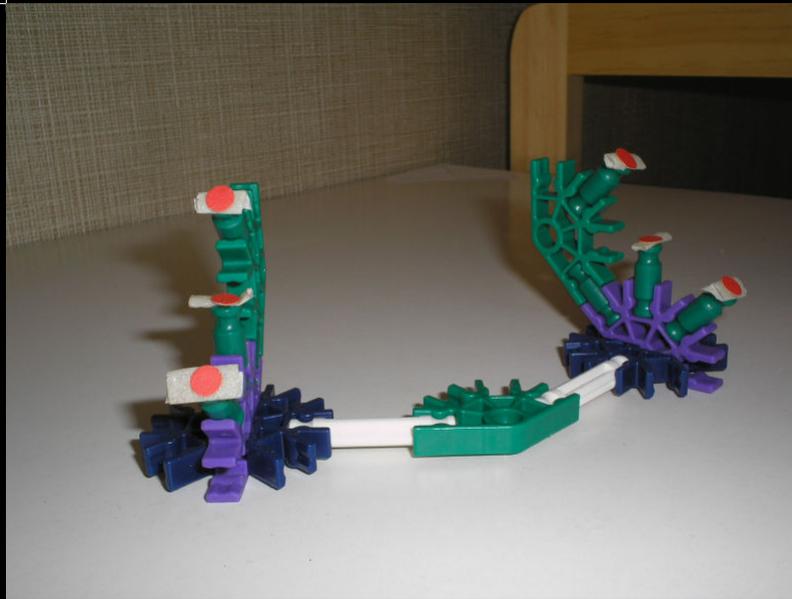
ERE: Elemento de Referencia Externo



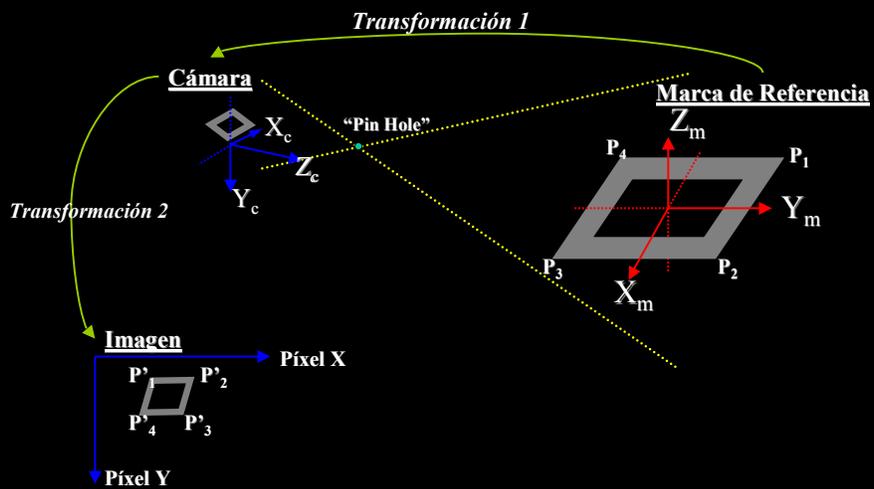
ERE: Elemento de Referencia Externo



ERE: Elemento de Referencia Externo



Transformaciones Involucradas



Transformaciones Involucradas

$$\begin{bmatrix} Xc \\ Yc \\ Zc \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_{11} & R_{12} & R_{13} \\ R_{21} & R_{22} & R_{23} \\ R_{31} & R_{32} & R_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Xm \\ Ym \\ Zm \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} T_1 \\ T_2 \\ T_3 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} wXc \\ wYc \\ wZc \\ w \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_{11} & R_{12} & R_{13} & T_1 \\ R_{21} & R_{22} & R_{23} & T_2 \\ R_{31} & R_{32} & R_{33} & T_3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Xm \\ Ym \\ Zm \\ 1 \end{bmatrix}$$

Transformaciones Involucradas

$$\begin{bmatrix} h \cdot P \\ h \cdot Q \\ h \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f_x & 0 & x_0 \\ 0 & f_y & y_0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Xc \\ Yc \\ Zc \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} h \cdot P \\ h \cdot Q \\ h \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & a_{34} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_m \\ Y_m \\ Z_m \\ 1 \end{bmatrix}$$

### Transformaciones Involucradas

$$h \cdot P = a_{11}X_m + a_{12}Y_m + a_{13}Z_m + a_{14}$$

$$h \cdot Q = a_{21}X_m + a_{22}Y_m + a_{23}Z_m + a_{24}$$

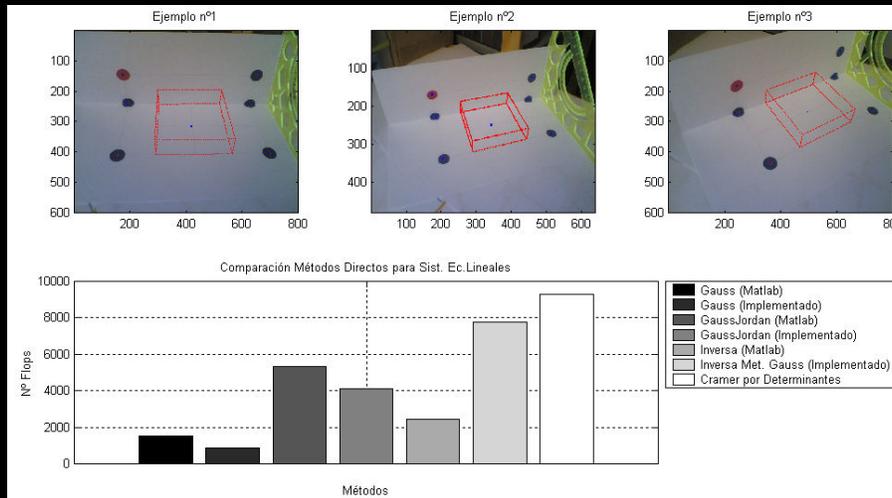
$$h = a_{31}X_m + a_{32}Y_m + a_{33}Z_m + a_{34}$$



$$a_{11}X_m + a_{12}Y_m + a_{13}Z_m + a_{14} - a_{31}X_mP - a_{32}Y_mP - a_{33}Z_m - a_{34}P = 0$$

$$a_{21}X_m + a_{22}Y_m + a_{23}Z_m + a_{24} - a_{31}X_mQ - a_{32}Y_mQ - a_{33}Z_m - a_{34}Q = 0$$

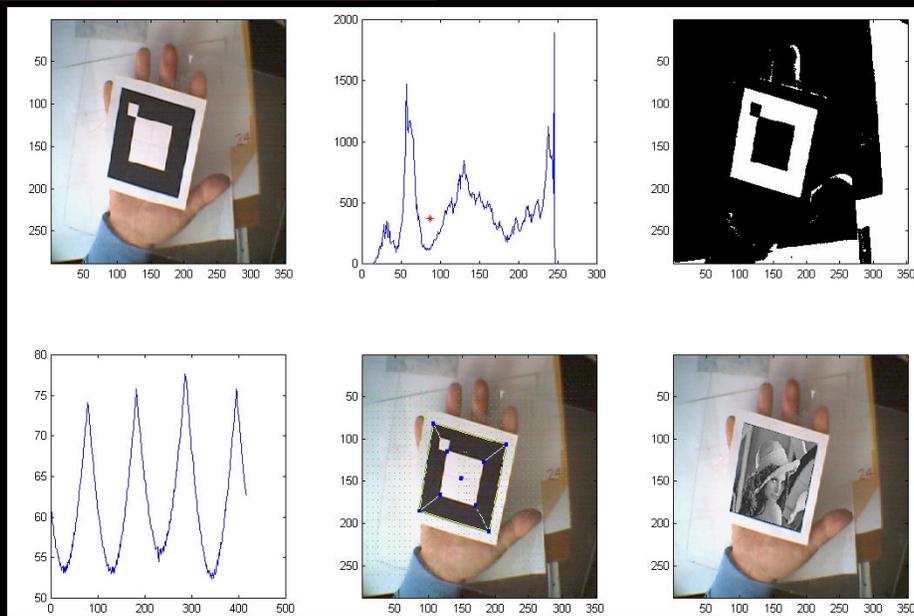
### Transformaciones Involucradas



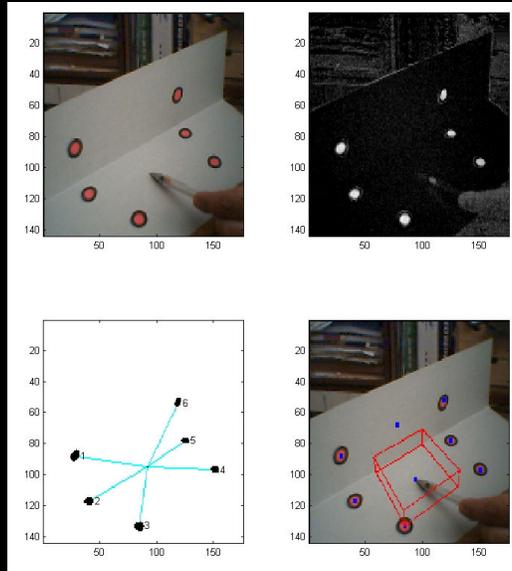
### Transformaciones Involucradas

```
function x=Gauss(A,b)
n=size(A,1);
A=[A b];
for piv=1:n %Eliminación de las incógnitas "hacia adelante"
    %Busca Mayor
    maxp=A(piv,piv);
    maxi=0;
    for i=piv:n
        if A(i,piv)>=maxp,
            maxp=A(i,piv);
            maxi=i;
        end;
    end;
    Aux=A(maxi,:);
    A(maxi,:)=A(piv,:);
    A(piv,:)=Aux;
for index=piv+1:n
    if A(index,piv)~=0,
        FilaAux=A(piv,:)*A(index,piv)/A(piv,piv);
        A(index,:)=A(index,:)-FilaAux;
    end;
end;
end;
x=zeros(n,1);
x(n)=A(n,n+1)/A(n,n);
for piv=n-1:-1:1 %Sustitución "hacia atrás"
    sum=0;
    for i=piv+1:n,
        sum=sum+A(piv,i)*x(i);
    end;
    x(piv)=(A(piv,n+1)-sum)/A(piv,piv);
end;
end;
```

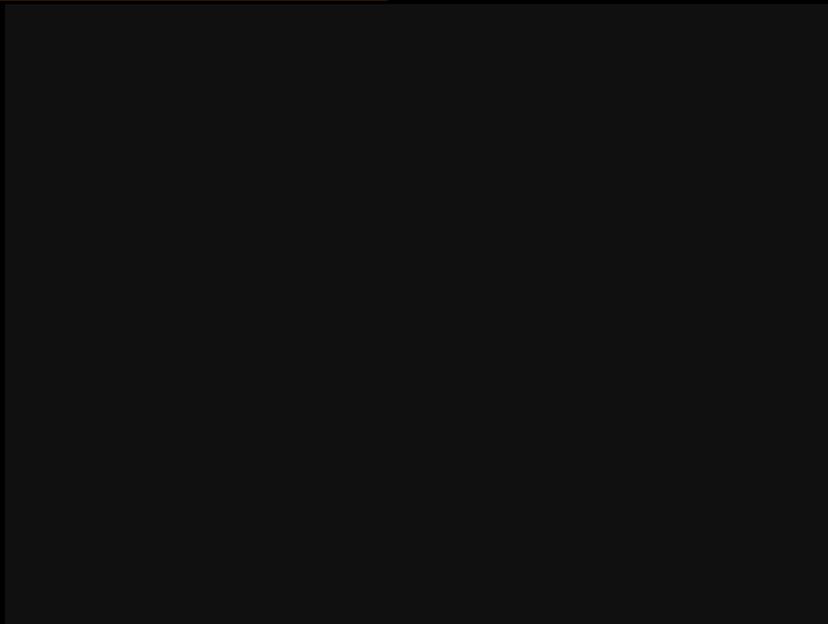
### Resultados al 22 de Sept: Proyección de una imagen virtual sobre un patrón 2D real



### Resultados al 4 de Oct.: Proyección de un cubo virtual sobre un patrón de ref. 3D



### VIDEO: Prueba de Factibilidad en Nokia 6670



FIN

---