

Informática Gráfica

Realidad Virtual y Aumentada

Juan Carlos Torres
Grupos C y D

Dpt. Lenguajes y Sistemas Informáticos
ETSI Informática y de Telecomunicación
Universidad de Granada

Curso 2024-25

Realidad Virtual vs Realidad Aumentada

Realidad virtual

- El usuario percibe solo el entorno virtual.
- Se siente inmerso en él.

Realidad aumentada

- El usuario percibe el entorno virtual junto con su entorno real.
- Su entorno se enriquece con información virtual.

Realidad virtual

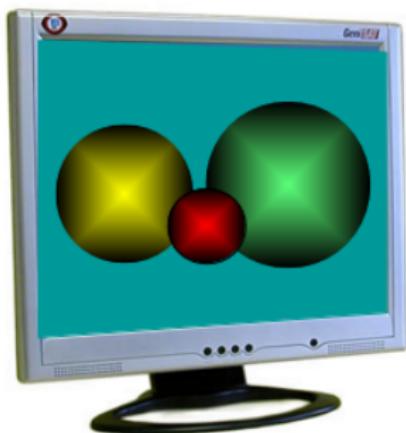
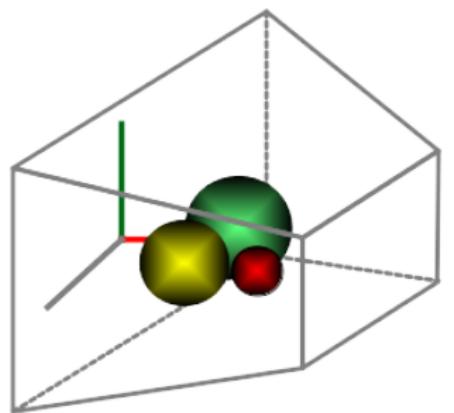


- Proyección estéreo
- Proyección envolvente
- Posicionamiento (tracking)
- Modelo 3D renderizado interactivamente
- Interacción natural

Visualización de profundidad

La percepción de profundidad es esencial para generar inmersión

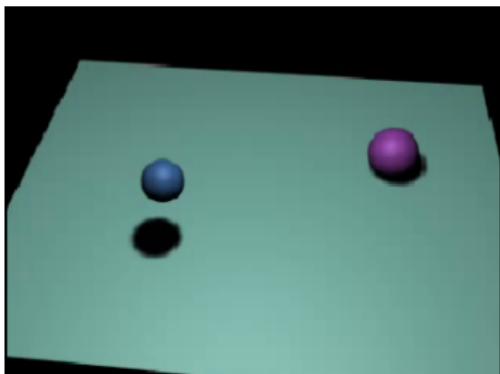
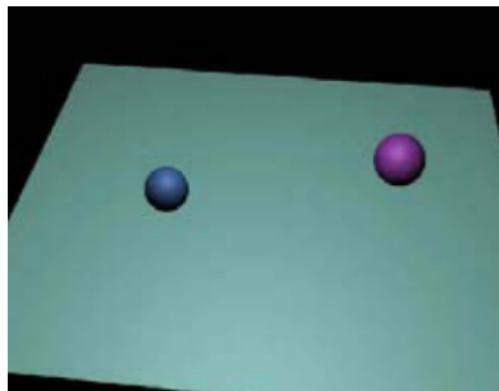
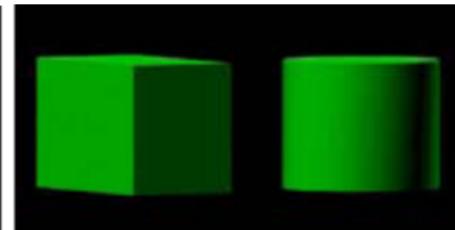
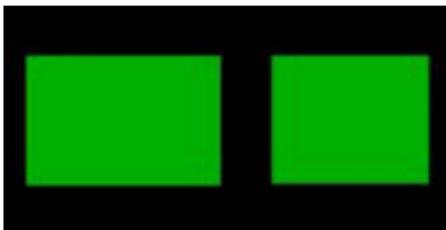
- En las imágenes no hay información de profundidad



Visualización de profundidad (II)

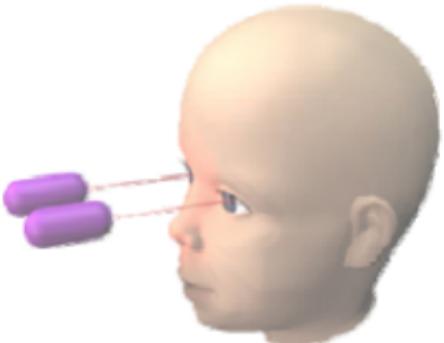
La profundidad en las imágenes se percibe por medio de:

- Las sombras
- El sombreado



Visión estereoscópica

El mecanismo mas desarrollado de percepción de profundidad es la visión estereoscópica.



Se basa en la disparidad retinal que es la diferencia entre las imágenes percibidas por los dos ojos.

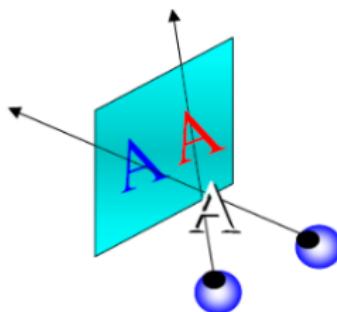
Visión estereoscópica (II)



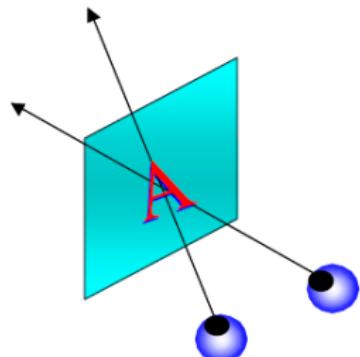
- El cerebro humano sabe combinar dos imágenes con disparidad en una única imagen con profundidad
- Esta habilidad se denomina fusión, y el correspondiente sentido tiene el nombre de estereopsis.

Parallax

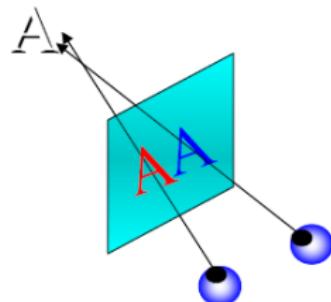
Si es cero el objeto está en el punto de enfoque



Si es positivo está mas lejos

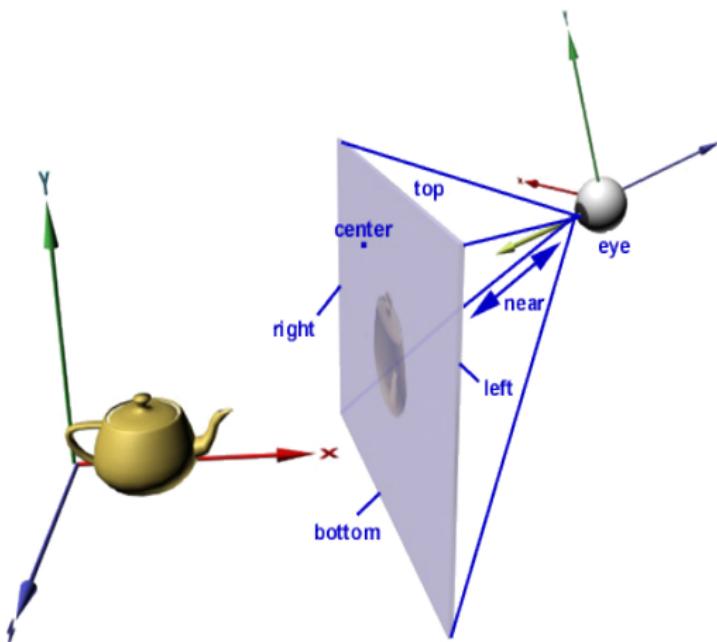


Si negativo está mas cerca



Sistemas de visualización

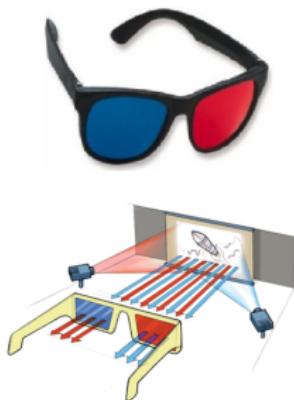
El sistema de visualización en una instalación de Realidad Virtual debe generar una imagen diferente para cada ojo.



Anaglifo

Basado en filtros de colores complementarios

- No permite visualizar color
- Barato



Sistemas de proyección

Sistemas basados en proyección

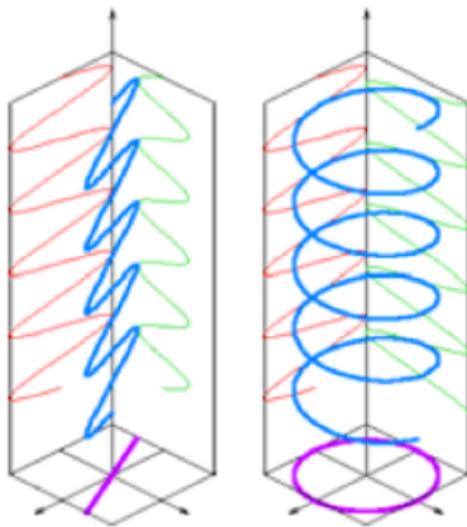
- Generan una imagen para cada ojo
- Las dos imágenes se proyectan en la misma pantalla
- Se utiliza algún mecanismo para que cada ojo vea una sola de las imágenes



Polarizadores

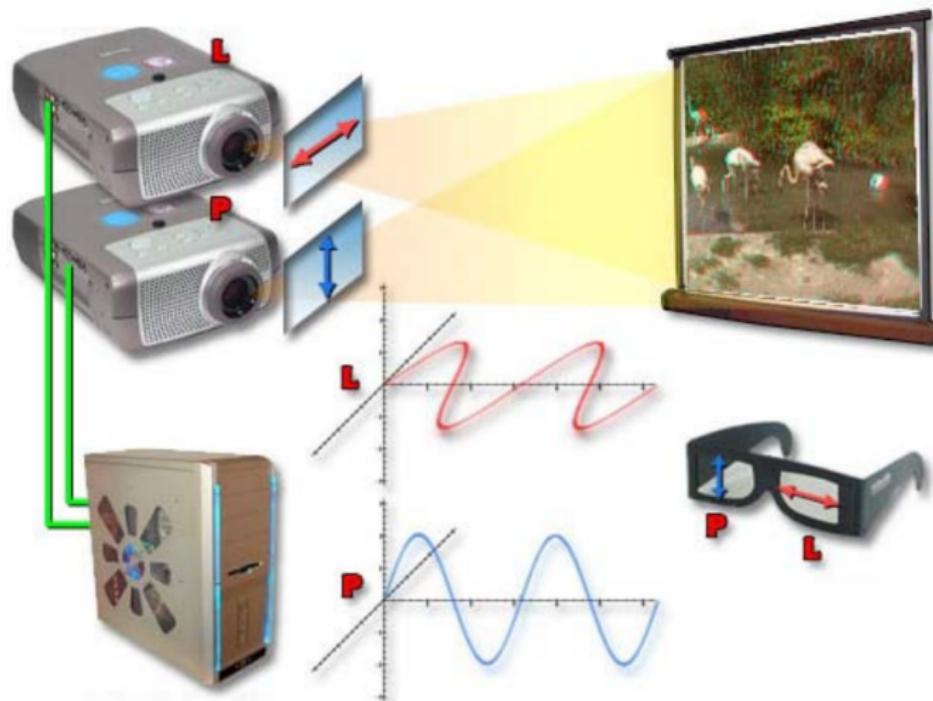
Polarización de la luz

- La polarización es el plano en el que se produce la vibración
- Hay polarización lineal cuando los fotones vibran en un plano
- Hay polarización circular cuando vibran rotando



Estéreo pasivo

Se utilizan dos proyectores con filtros polarizadores. Los cristales de las gafas son polarizadores



Estéreo activo

Estereo activo

- Utiliza un único proyector
- Se alternan los fotogramas para el ojo izquierdo y derecho
- Las gafas (shutter glasses) oscurecen alternativamente los cristales, sincronizadas con GPU
- Refresco al menos a 100 Hz
- Se puede usar también con monitor o TV



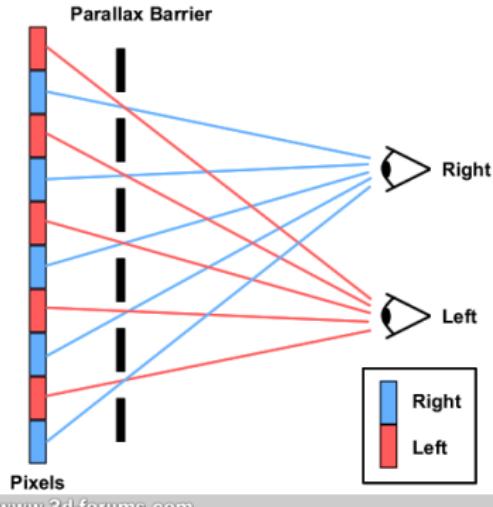
Cascos

Cascos

- Anulan completamente la visión del entorno real
- Incorporan tracking
- Tipos: HMD (Head-Mounted Displays), HCD (Head-Coupled Displays)
- Características: resolución, FOV



Monitores auto-estereoscópicos



Monitores 3D

- No necesitan gafas
- Ángulo de visión limitado
- Se puede combinar con tracking

Cueva

Sala inmersiva con proyección en tres paredes y suelo.
Se proyecta desde atrás sobre pantallas translúcidas.

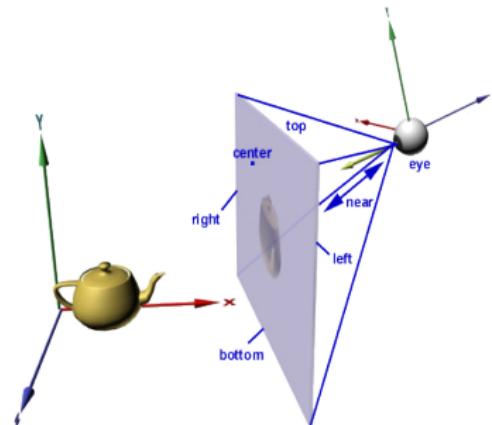


Comparación

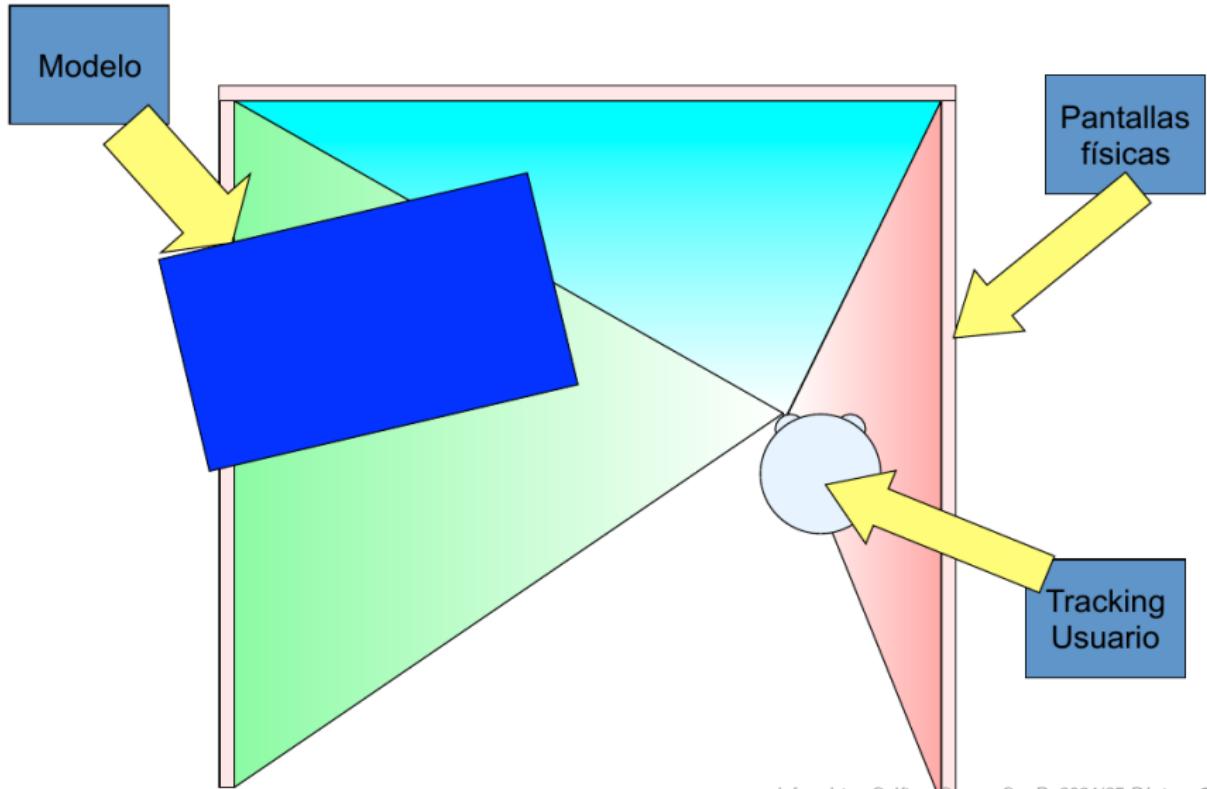
Technology	Color information	Resolution	Suitable for projection	Monitor based visualization	Number of observers	Cost
Anaglyph	complete lose	middle	yes	yes	high	very low
Active stereoscopy	full	high	yes	yes (no LCD)	restricted	high
Passive stereoscopy	full	high	yes	no	high	middle
Autostereoscopic monitor	full	middle	no	yes	very restricted	high

Generación de las imágenes

```
glMatrixMode(GL_PROJECTION);
glLoadIdentity()
glFrustum(left,right,bottom,top,near, far);
glMatrixMode(GL_MODELVIEW);
glLoadIdentity();
gluLookAt(eye1,center,up);
DibujarEscena();
...
glMatrixMode(GL_PROJECTION);
glLoadIdentity()
glFrustum(left,right,bottom,top,near, far);
glMatrixMode(GL_MODELVIEW);
glLoadIdentity();
gluLookAt(eye2,center,up);
DibujarEscena();
```



Generación de imágenes en una cueva



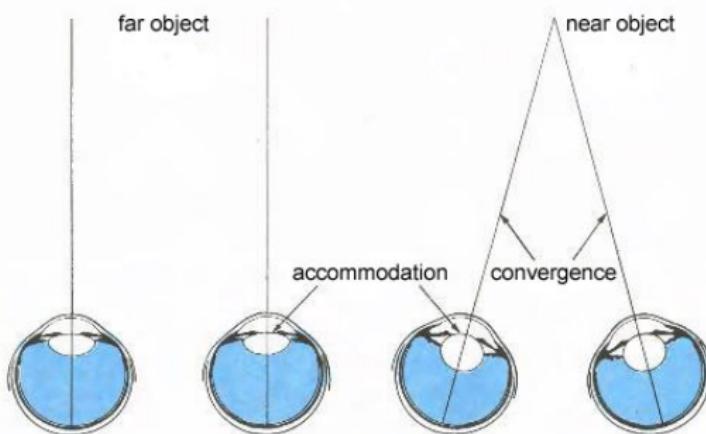
Acomodación y convergencia

Acomodación

Modificación de la potencia óptica del cristalino para enfocar (se mide en dioptrias)

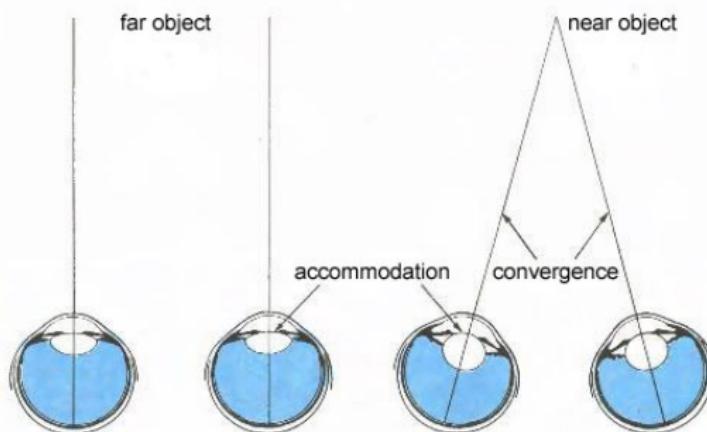
Convergencia

Ajuste del ángulo de visión relativo de los dos ojos para orientarlos al punto de atención

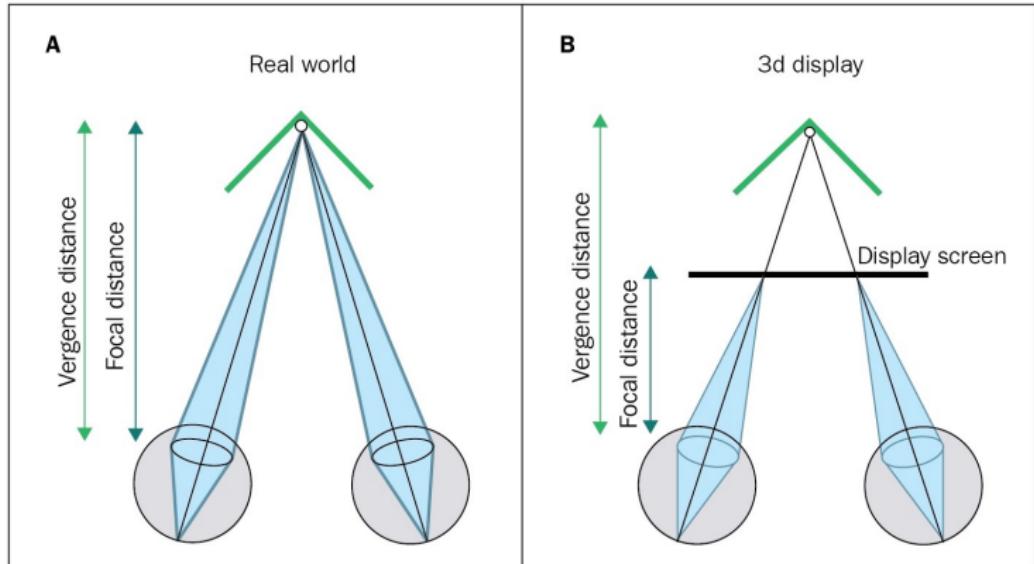


Acomodación y convergencia

- Ambas dependen de la distancia al objeto
- Están relacionadas
- En la mayor parte de los sistemas de RV esta relación está rota provocando fatiga.



Acomodación y convergencia



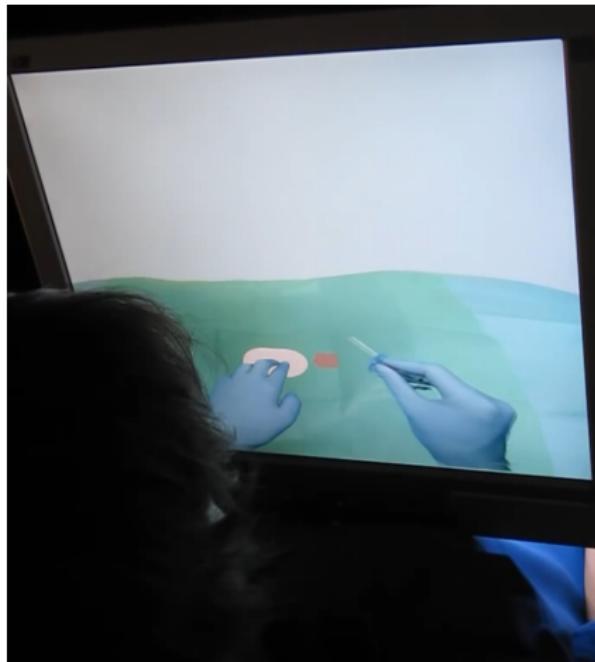
RV con Unity 3D

- Crear proyecto 3D o URP (Universal Render Pipeline).
- Activar el soporte para el dispositivo de RV en Edit > Project Settings > XR Plug-in Management.
- Añadir suelo: 3D Object > Plane.
- Crear objetos de la escena (deben tener collider para interaccionar).
- Configurar la Cámara para RV: GameObject > XR > XR Origin (VR), con el componente XR Interaction Manager.
- Importar el paquete XR Interaction Toolkit desde el Unity Package Manager para permitir interacción.
- Añadir componentes a los objetos para maniuplarlos (XR Grab Interactable).
- Optimizar: Configurar Lighting en Baked, usar niveles de detalle...
- Probar y depurar en Play mode.
- Para generar ejecutable configurar en File > Build Settings.

Interacción háptica

Háptico

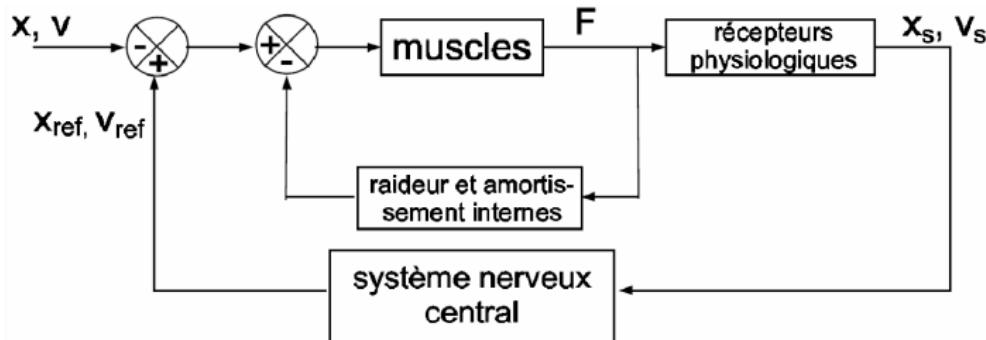
- Del griego haptein
- Def: Estudio científico del tacto
- En entornos virtuales: Dispositivos y técnicas para la interacción por medio del tacto



Control del movimiento

Se realiza con dos lazos de realimentación

- Lazo interno (100Hz)
- Lazo externo (1-10Hz)

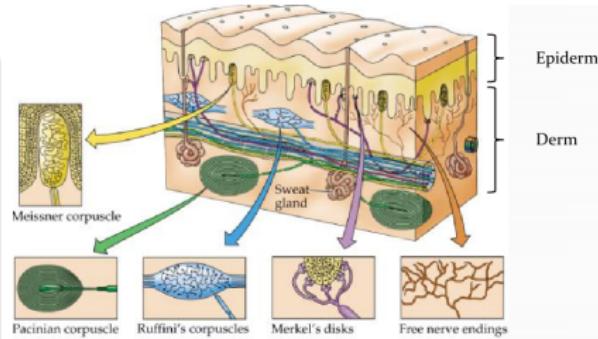


Percepción háptica

Táctil

Información del contacto con el entorno:

- Rugosidad
- Adherencia
- Aristas
- Distribución espacial de presión



Kinestético

Información del esfuerzo y posición de nuestros músculos

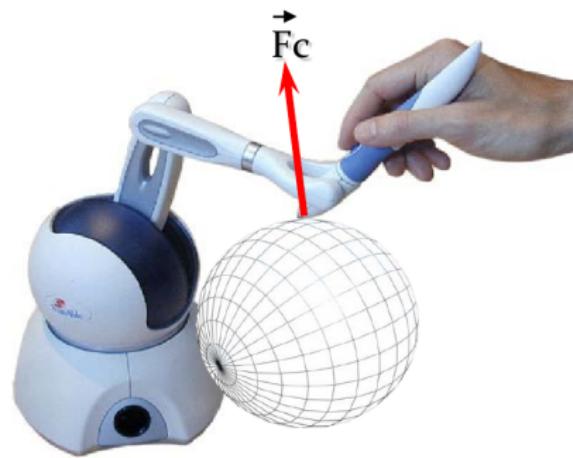
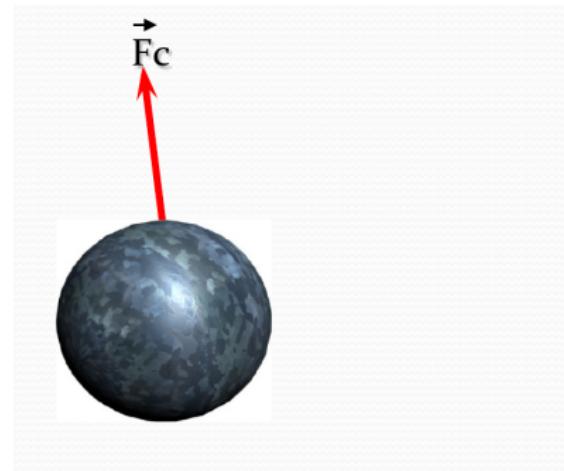
- Configuración de las articulaciones
- Fuerzas de contacto
- Dureza
- Peso



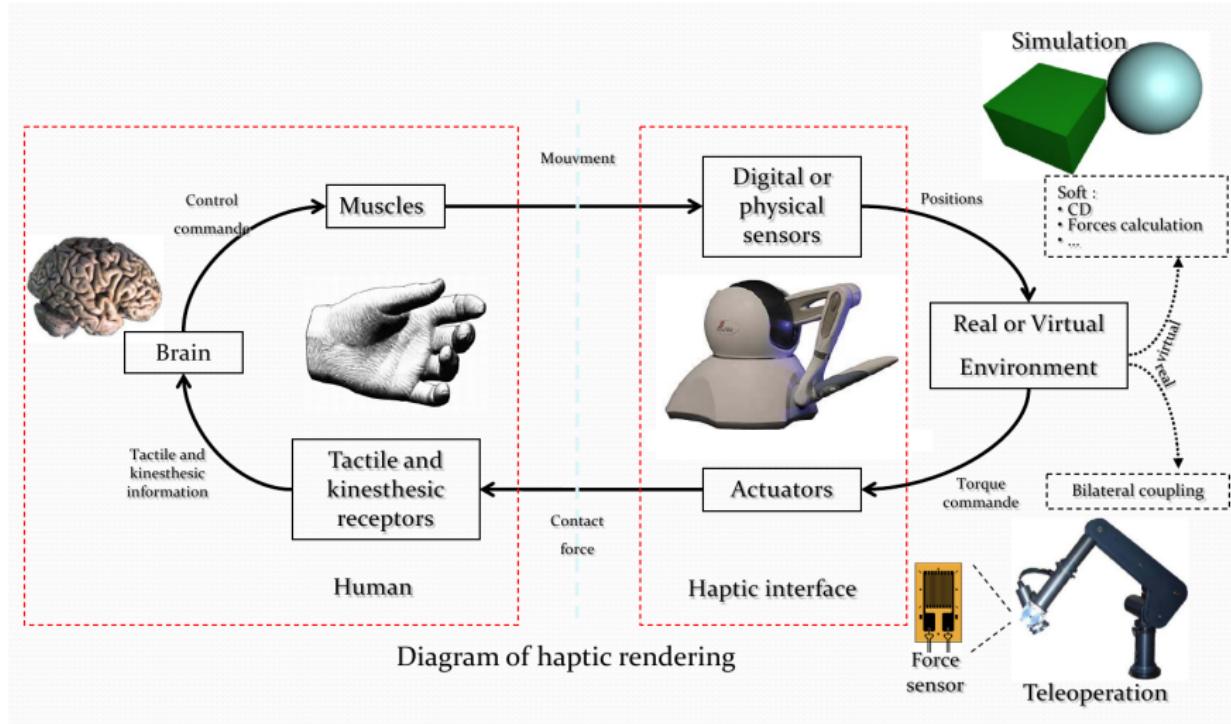
Rendering háptico

Al tocar un objeto percibimos una fuerza de reacción

El dispositivo debe transmitir esa fuerza



Interacción háptica



Componentes de un dispositivo háptico

Sensores

- Posición
- Fuerza

Actuadores de fuerza

- Neumáticos
- Motorizados

Actuadores de feedback táctil

- Vibración
- Array de agujas
- Piezoelectricos
- Electrotáctil

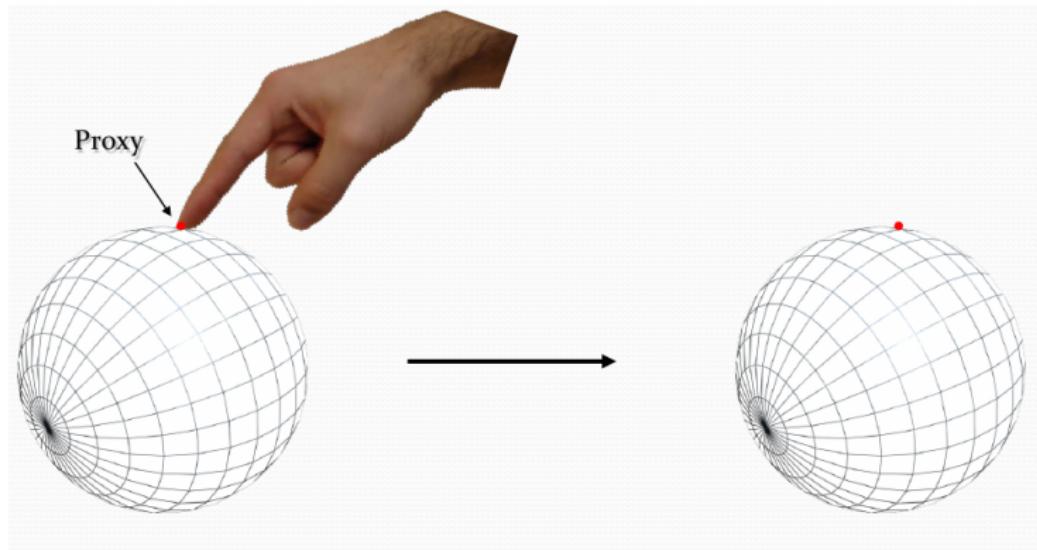
Propiedades de un dispositivo háptico

- Grados de libertad (DoF)
- Volumen de trabajo
- Resolución de fuerza y posición
- Fuerza máxima



Cálculo de fuerza

Una vez determinado el punto de contacto hay que determinar la fuerza de reacción.

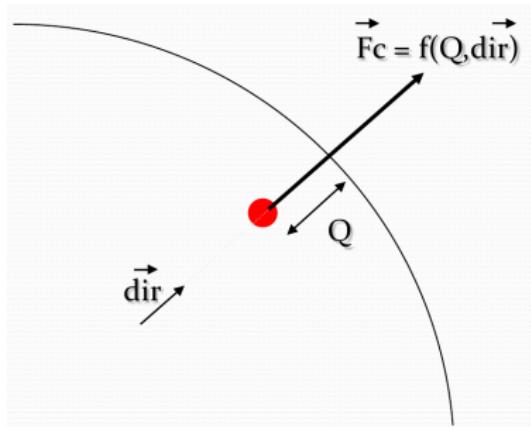
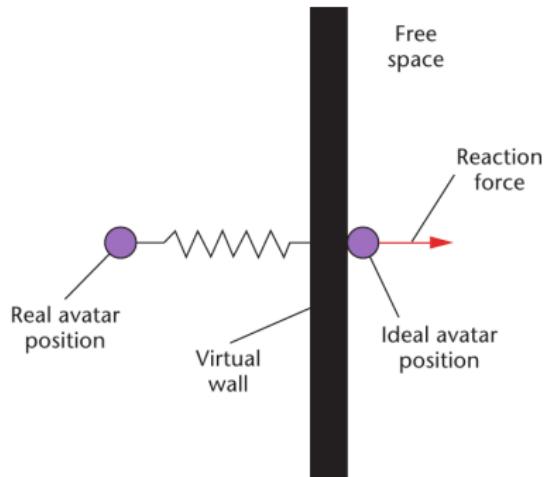


Cálculo de fuerza (II)

Para determinar la fuerza de reacción

- Se utiliza la posición de contacto (proxy, C) y la posición real del dispositivo (Q)
- La fuerza se calcula usando una función de C y Q que se anule en la superficie

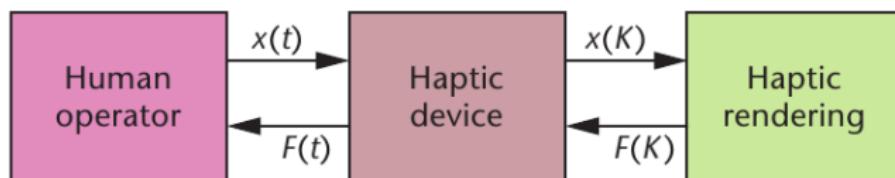
$$F_c(C, Q) = k \cdot \|C - Q\| \cdot \vec{n}$$



Arquitectura

Sistemas hápticos

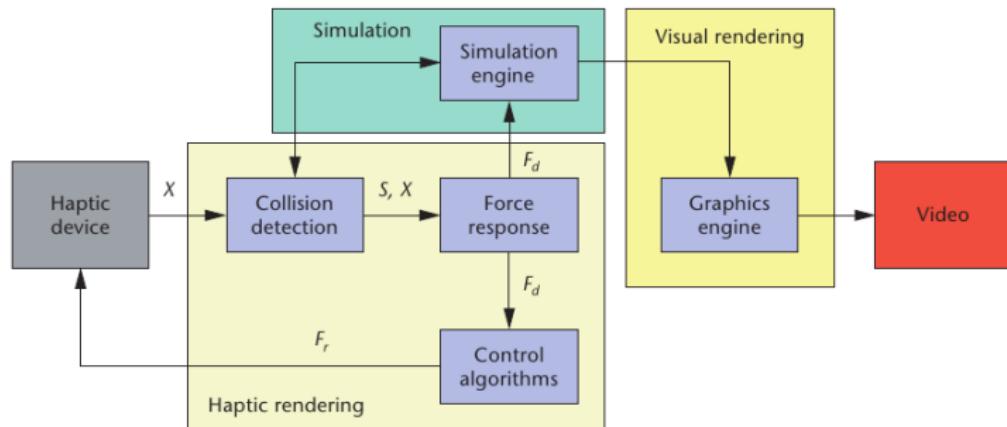
- Al proceso de actualizar la fuerza en el dispositivo se le llama **haptic rendering**
- La actualización del dispositivo (escritura de $F(K)$) debe hacerse al menos a 1KHz



Arquitectura (II)

Para realizar el refresco a 1KHZ se independizan las tareas en hebras

- Simulación: calcula la dinámica y cinemática del sistema
- Visual rendering: Genera la visualización a 50Hz
- Haptic rendering: Calcula las colisiones y la respuesta háptica

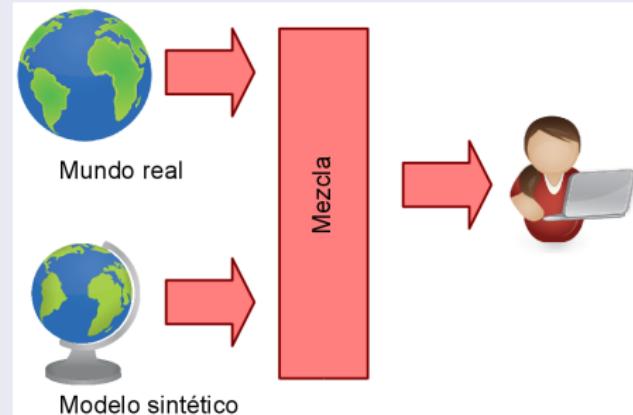
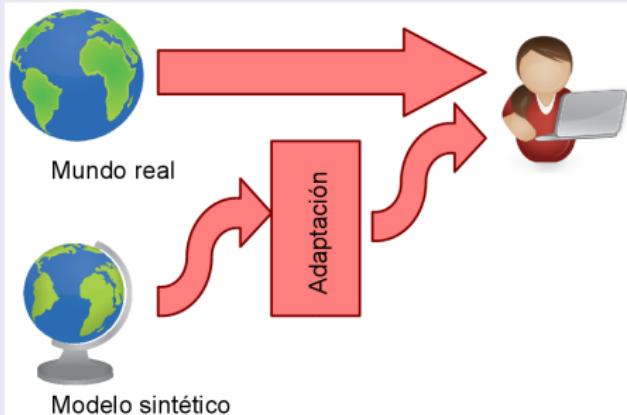


Realidad Aumentada

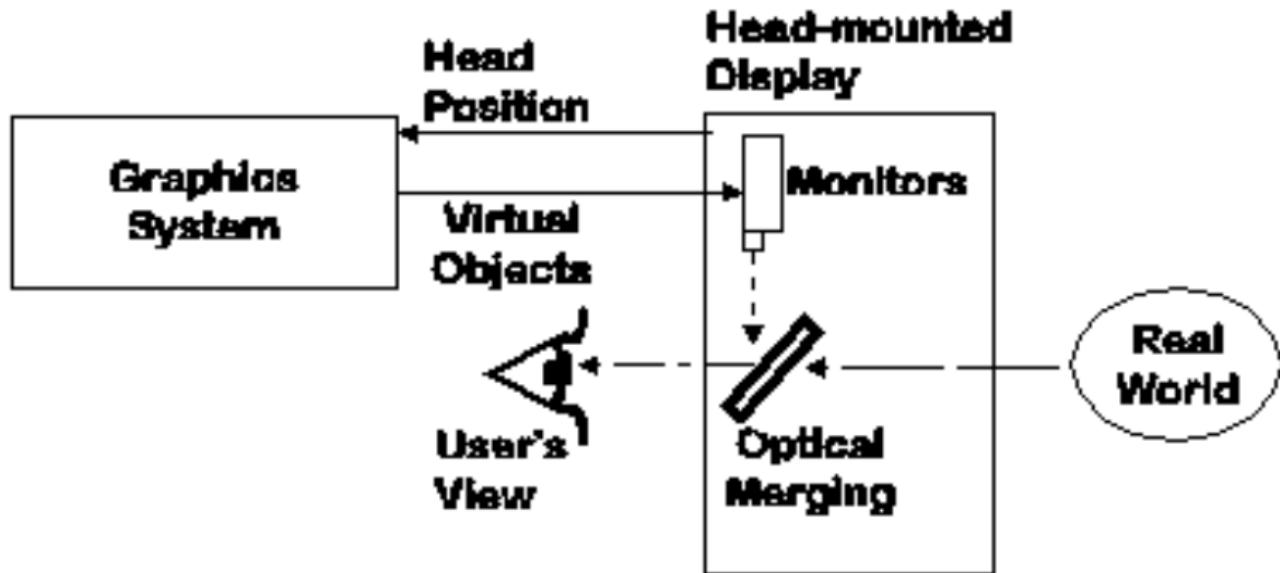
Un sistema de Realidad Aumentada enriquece el mundo real con elementos virtuales, que coexisten en un mismo espacio con la imagen de los objetos reales.

La combinación puede realizarse de dos formas

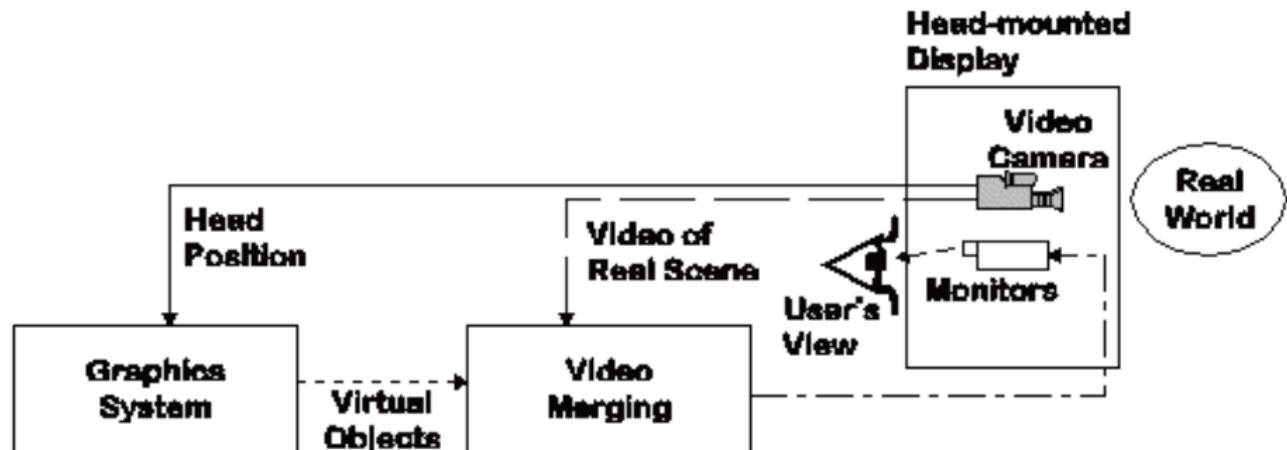
- Superponiendo la imagen sintética a nuestra visión
- Combinando la imagen sintética y la real en el dispositivo



Realidad Aumentada: Sistemas See through

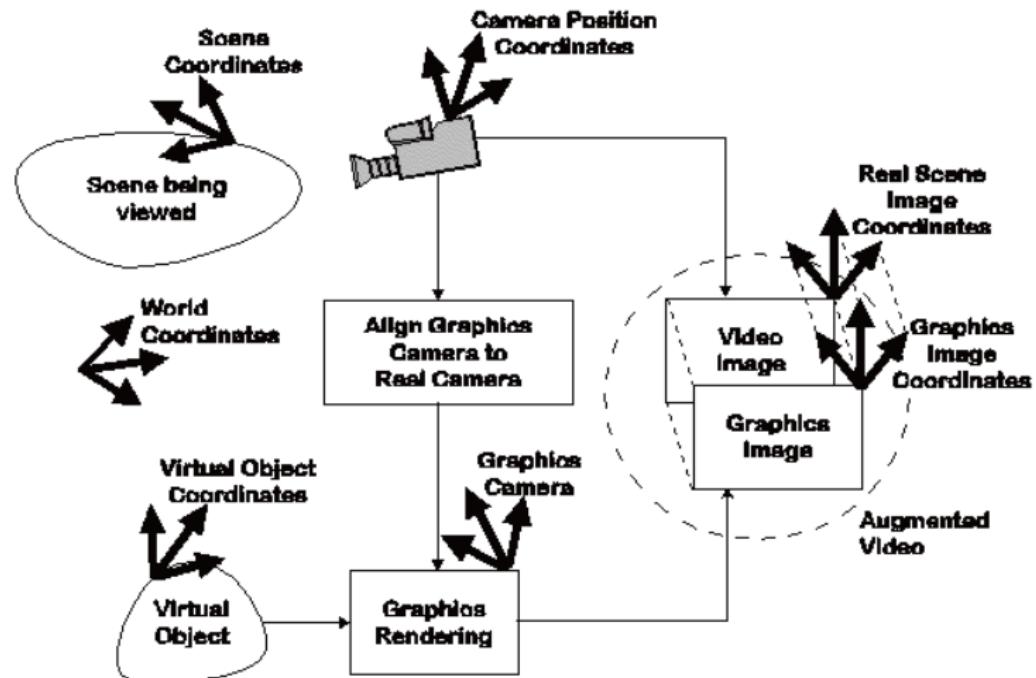


Realidad Aumentada: Sistemas basados en video



Realidad aumentada: ajuste de sistemas de coordenadas

Se debe hacer un proceso de conversión de sistemas de coordenadas para ajustar la imagen del entorno real con la sintética.



Comparación Rv / RA

Realidad Virtual

- El usuario percibe solo el entorno virtual.
- Se siente inmerso en él.

Realidad aumentada

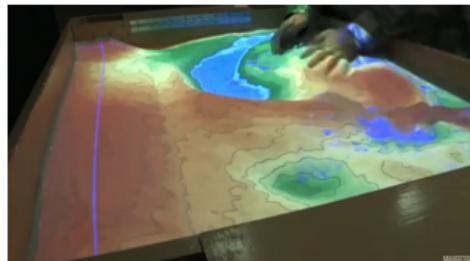
- El usuario percibe el entorno virtual junto con su entorno real.
- Su entorno se enriquece con información virtual.

Espacio de composición de imágenes

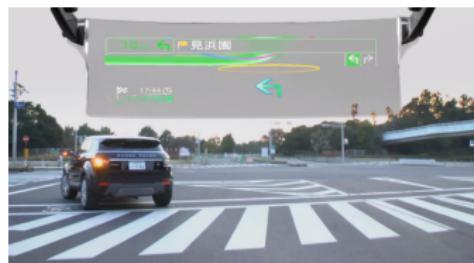
En la retina (Retinal displays)



Proyector sobre cristal



Gafas see-through



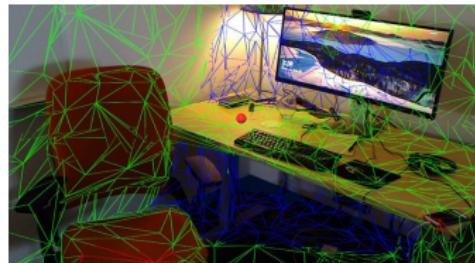
Proyector sobre objeto

Métodos de alineación

Marcadores



Georreferenciado



Uso de imagen como marcador



Posicionado en modelo 3D del entorno

RA con Unity 3D y Vuforia

- Crear proyecto 3D.
- Agregar SDK de Vuforia: Window > Package Manager, pulsar en + e introducir com.ptc.vuforia.engine en Add package by name.
- Activar Vuforia Augmented Reality: Edit > Project Settings > XR Plug-in Management.
- Introducir la clave de licencia de Vuforia en Window > Vuforia Configuration en el campo App License Key (se puede generar una licencia gratuita registrándose en Vuforia Developer Portal).
- Añadir una nueva cámara de Vuforia: GameObject > Vuforia Engine > AR Camera, y elimina la Main Camera.
- Crear una imagen de marcador y añadirla como Target: GameObject > Vuforia Engine > Image Target. En el Inspector, se selecciona el tipo de imagen usada como marcador.
- Para colocar Objetos 3D se arrastra el modelo 3D a la jerarquía, colocándolo como hijo del objeto Image Target.
- Se puede probar y depurar en Play mode usando la cámara del ordenador.
- Para probar en móvil se debe cambiar la plataforma de construcción a Android o iOS desde File > Build Settings y activar Vuforia Engine en el Player Settings.