

IDI3185 - Realidad Extendida

Clase 2 - Hardware

Prof. Leonel Merino
Ayud. Agustín Gutiérrez

2025 - 1

Agenda

Renderización estéreo

Salida Visual VR/AR

HMDs, CAVEs, etc.

AR: Visor óptico vs. video translúcido

Entrada AR/VR

Controladores, tracking de movimiento, eye-tracking,
etc.

Renderización estéreo

¿Cómo vemos en 3D?



Señales de
profundidad
2D

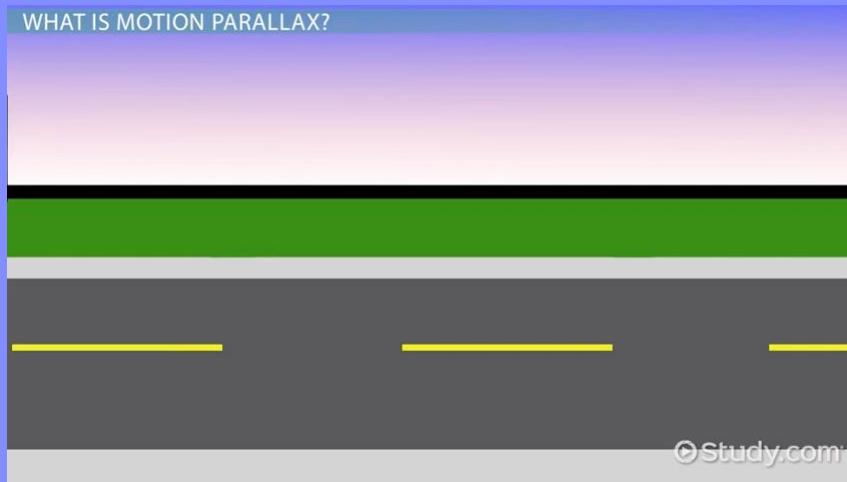


Señales de
profundidad
3D

Señales de profundidad 2D



Pistas monoculares que nos ayudan a percibir el mundo en 3D

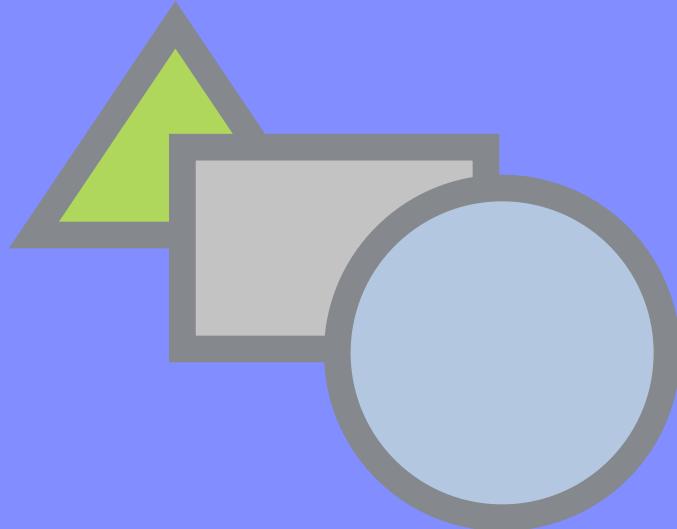


Motion parallax

Señales de profundidad 2D



Pistas monoculares que nos ayudan a percibir el mundo en 3D

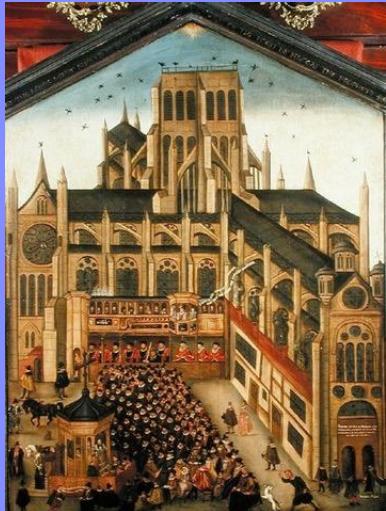


Motion parallax
Oclusión

Señales de profundidad 2D



Pistas monoculares que nos ayudan a percibir el mundo en 3D



Motion parallax
Oclusión
Perspectiva

Señales de profundidad 2D



Pistas monoculares que nos ayudan a percibir el mundo en 3D



Motion parallax
Oclusión
Perspectiva
Tamaño de objetos

Señales de profundidad 2D



Pistas monoculares que nos ayudan a percibir el mundo en 3D



Motion parallax
Oclusión
Perspectiva
Tamaño de objetos
Perspectiva aérea

Señales de profundidad 3D

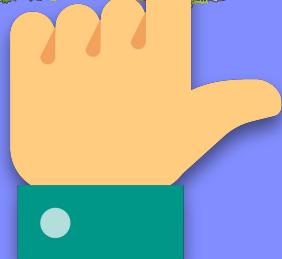


Pistas binoculares que nos ayudan a percibir el mundo en 3D

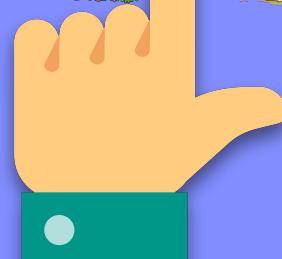
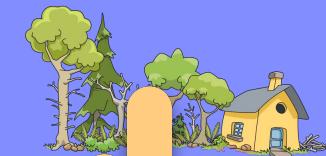
Señales de profundidad 3D



Pistas binoculares que nos ayudan a percibir el mundo en 3D



ojo izquierdo



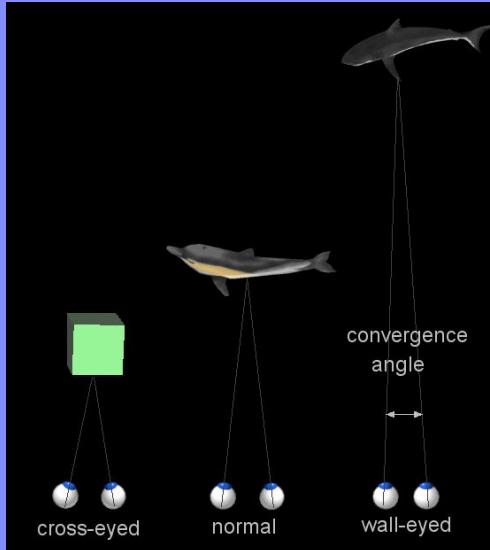
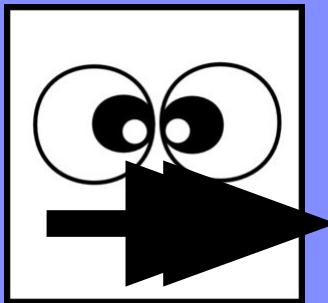
ojo derecho

Estereópsis
(disparidad
retinal)

Señales de profundidad 3D



Pistas binoculares que nos ayudan a percibir el mundo en 3D



Estereópsis
(disparidad
retinal)

Convergencia

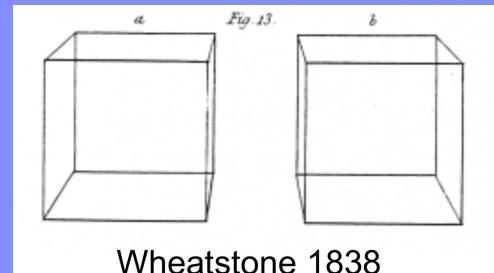
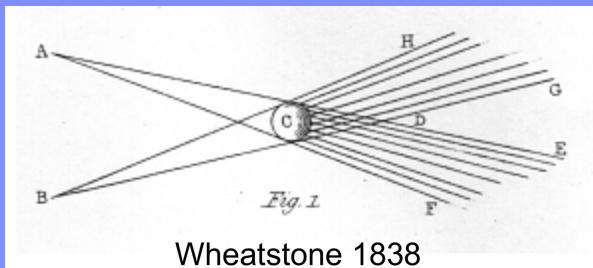
**¿Cómo renderizar
en 3D?**

Fotos: Camera estéreo

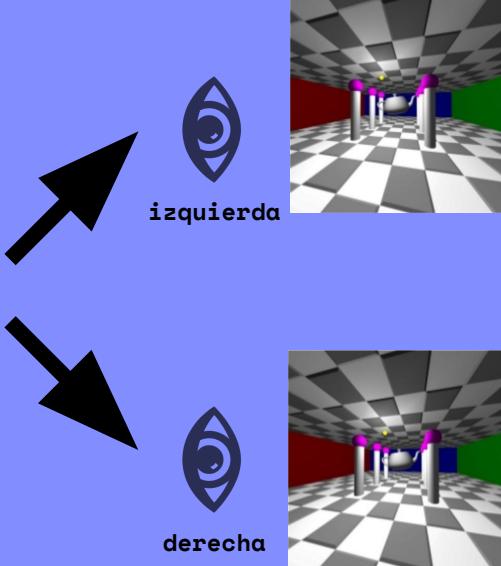
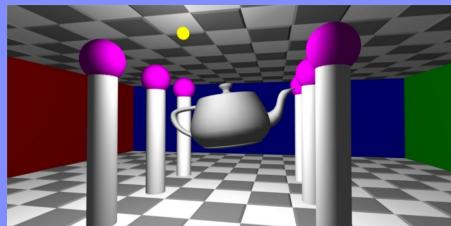


Visualización estereoscópica

- La estereopsis (sentido de la profundidad binocular) es un descubrimiento bastante reciente
- Fue descrita por primera vez por Charles Wheatstone en 1838
- La estereopsis se produce por disparidad retiniana
- El cerebro fusiona dos imágenes retinianas planas ligeramente diferentes en una sola
- Una pantalla estereoscópica es un sistema óptico cuyo componente final es la mente humana



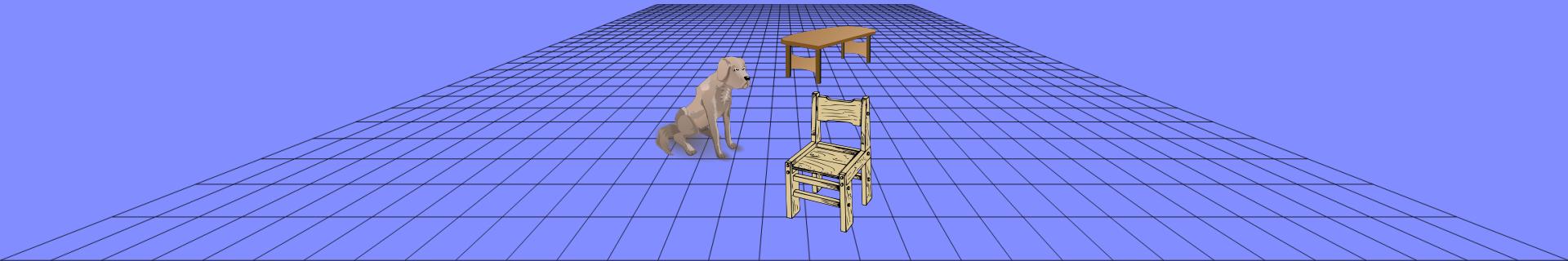
Escena virtual: Crear 2 imágenes separadas



Parallax

- Parallax = efecto por el que la posición y/o la dirección de un objeto aparecen de forma diferente cuando se ve desde distintas posiciones
- Una pantalla estereoscópica se diferencia de una plana en que es capaz de mostrar los valores de parallax de los puntos de la imagen
- El parallax produce disparidad en los ojos, dando la señal estereoscópica (sensación de profundidad)
- Cuatro tipos de parallax:
 - Parallax cero
 - Parallax positivo
 - Parallax negativo
 - Parallax divergente

Una escena simple



Proyección en el plano

izquierda



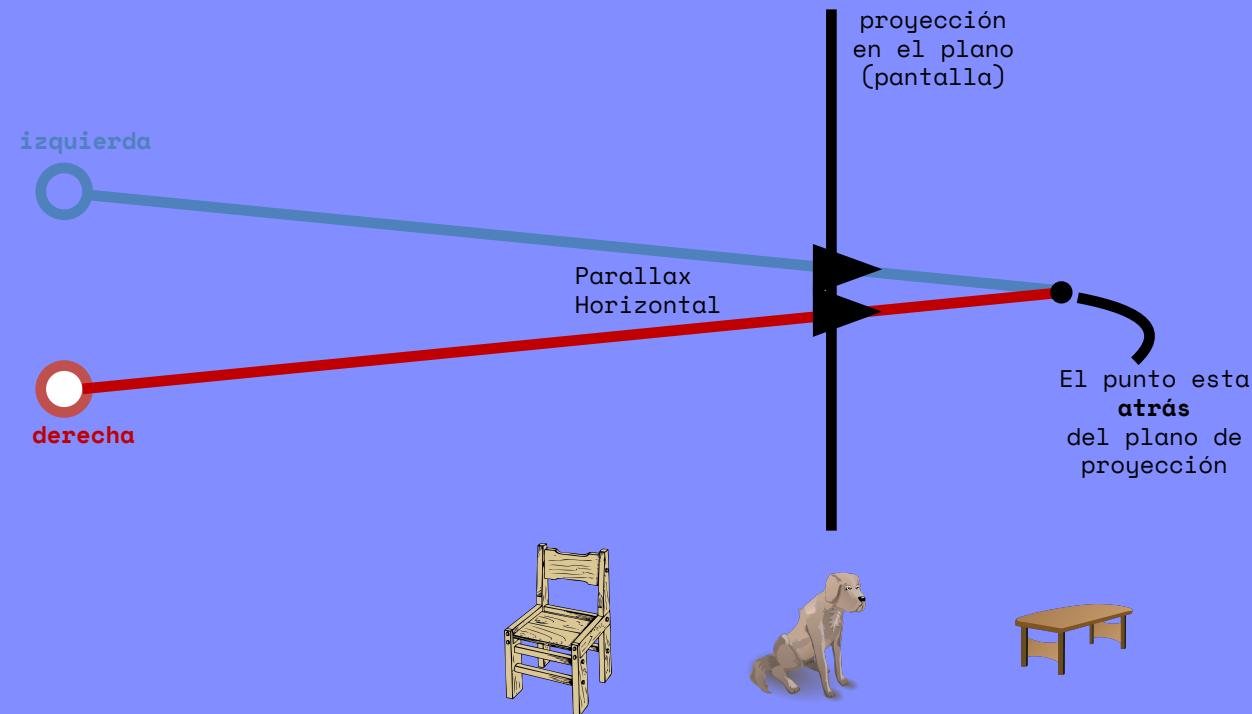
derecha



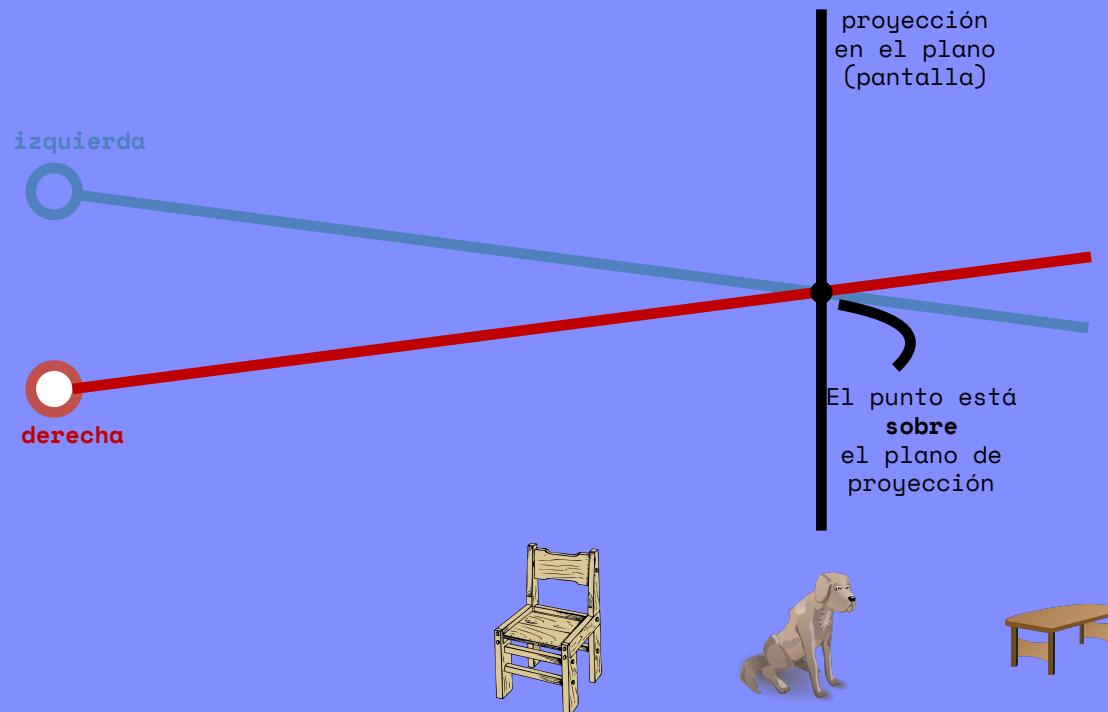
proyección
en el plano
(pantalla)



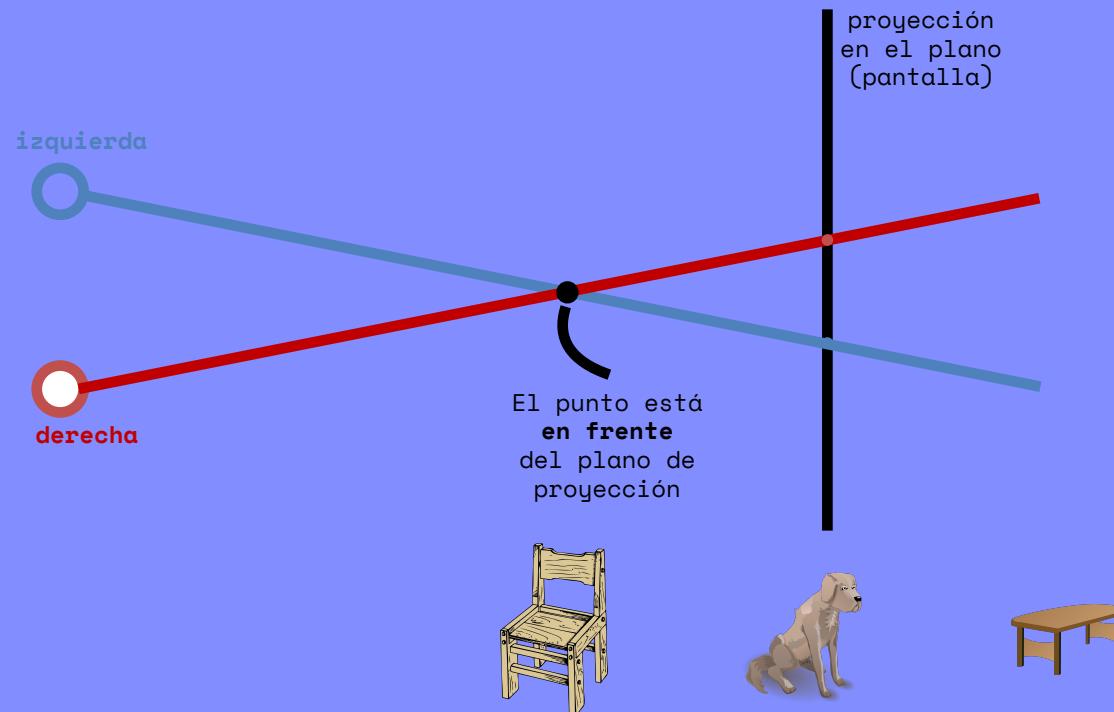
Parallax positivo



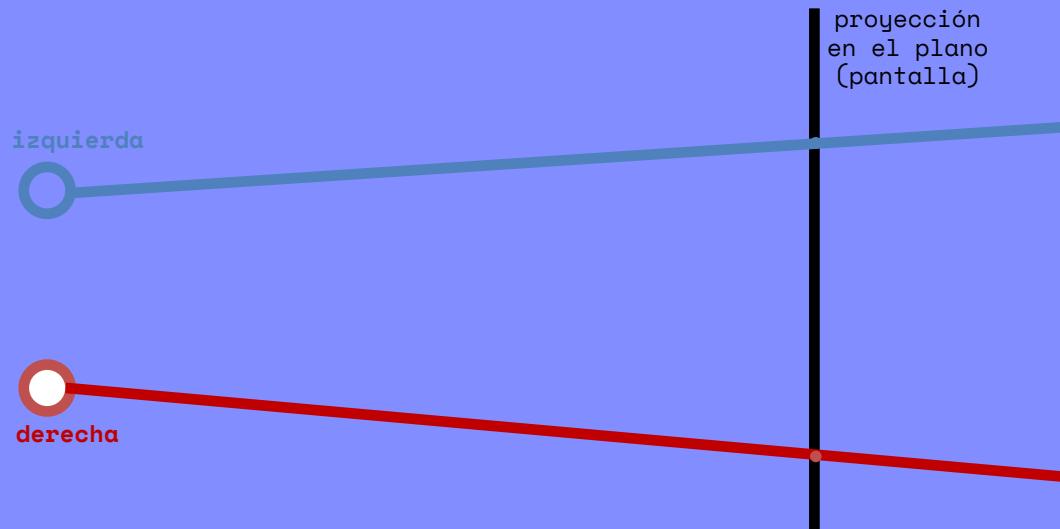
Parallax cero



Parallax negativo

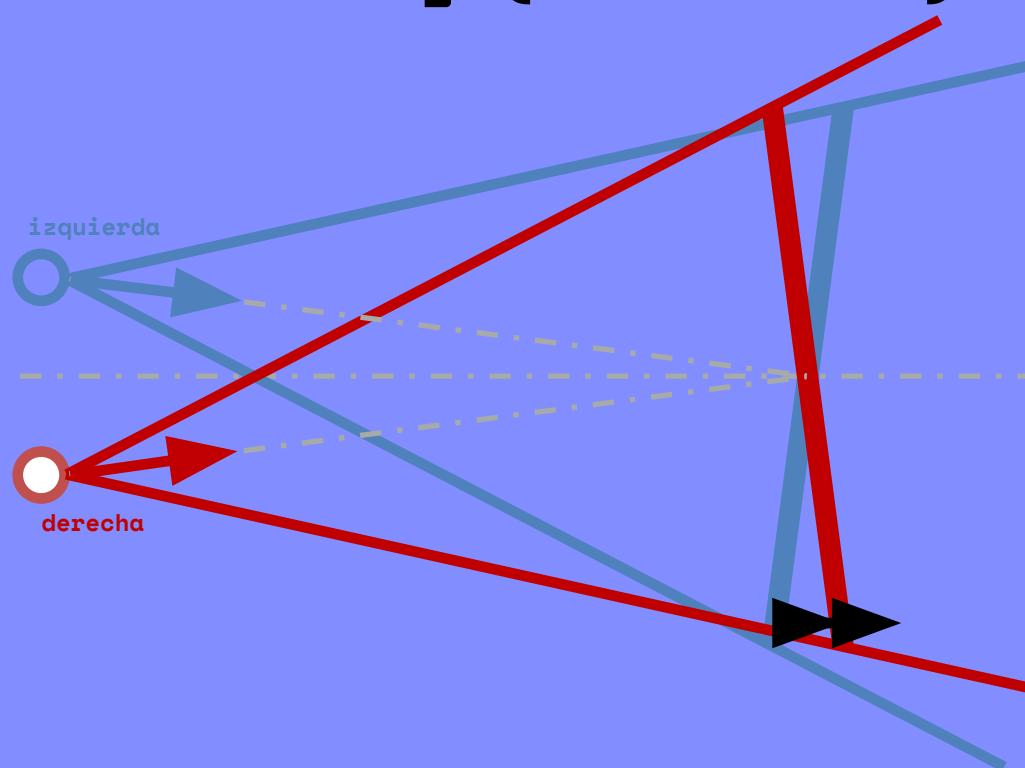


Parallax divergente



Las trayectorias ópticas nunca se cruzan (antinatural e incómodo)

Toe-in Rendering (incorrecto)

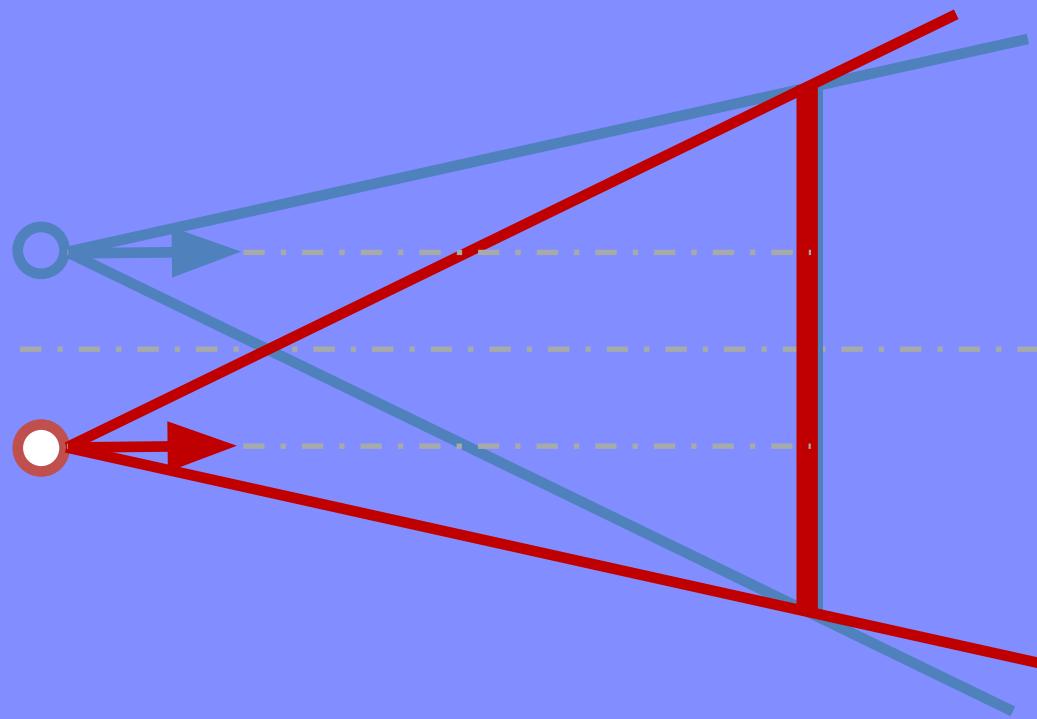


Nuestro sistema visual sólo utiliza el parallax horizontal, ¡no el vertical!

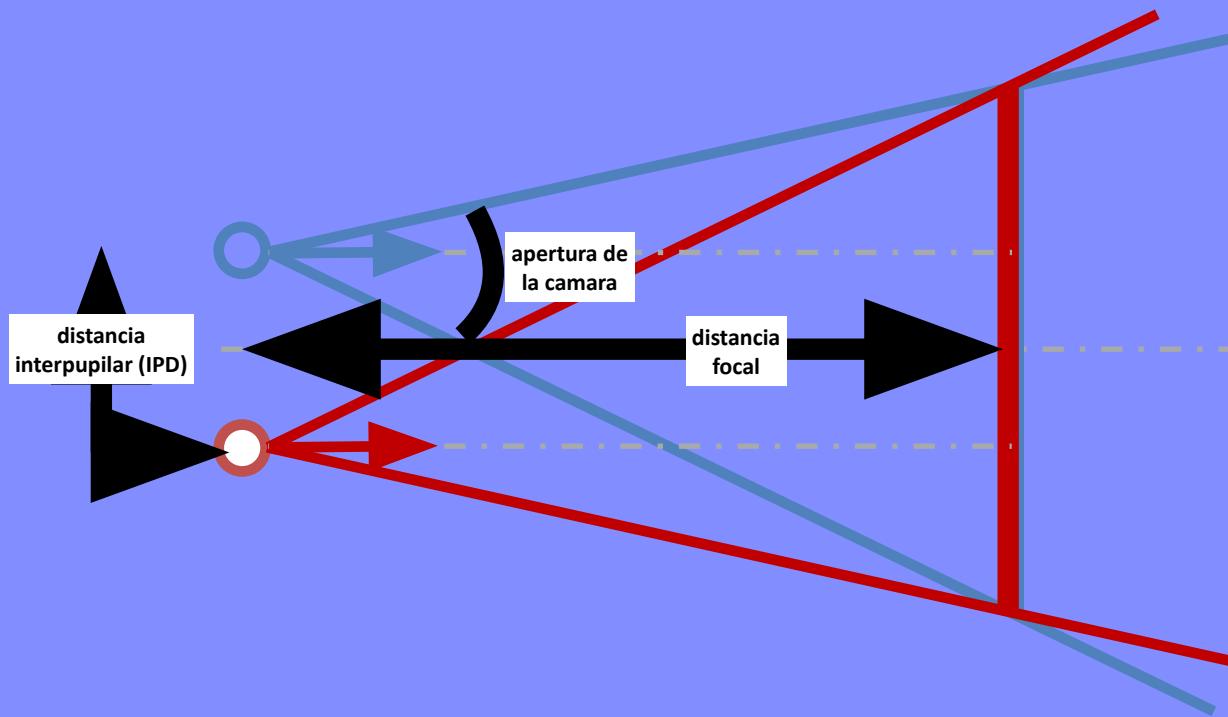
El método ingenuo de la convergencia crea un parallax vertical.

-> **visualmente desagradable**

Renderizado fuera del eje (correcto)



Parámetros a afinar



Separación de los ojos

Apertura de la cámara

- Usualmente entre 45-60 grados

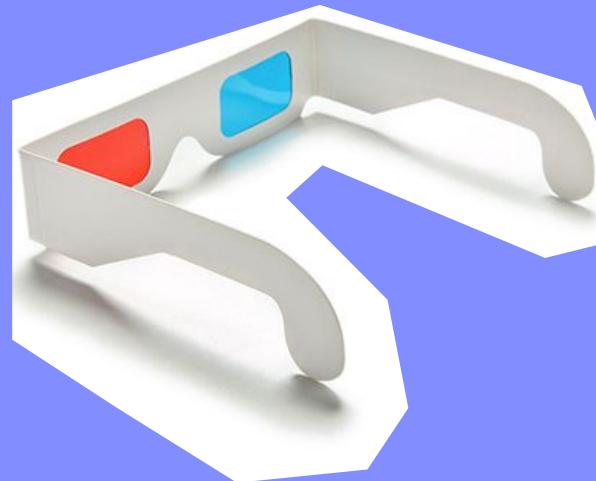
Distancia focal

- $\sim 30 * \text{IPD}$

También: Objetos no más cerca de 1/2 de la distancia focal

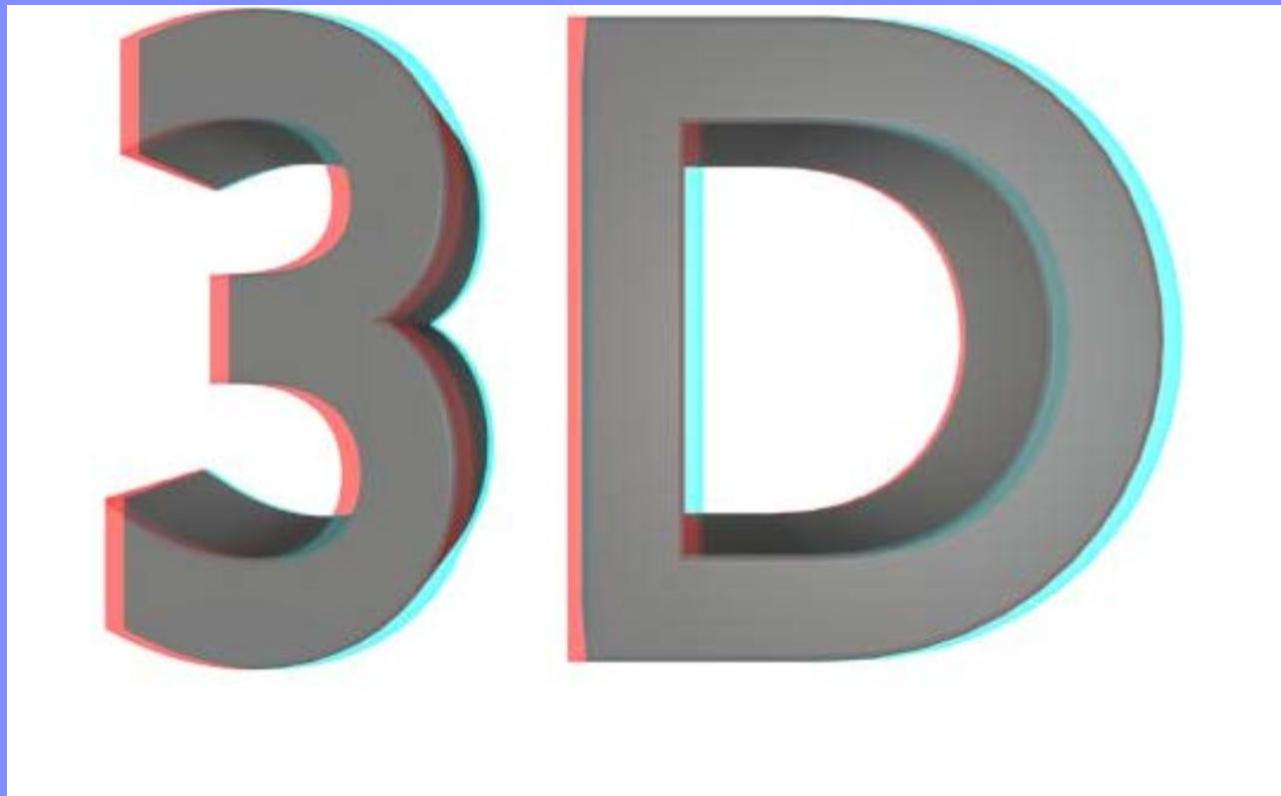
Ponte los lentes...

Rojo =
ojo
izquierdo



Cyan =
ojo
derecho

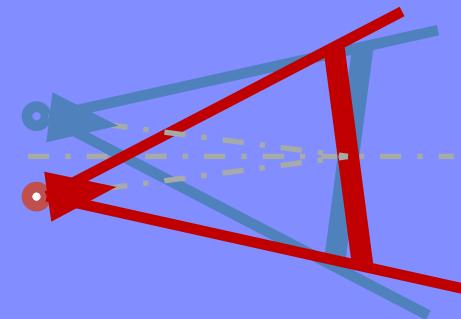
Parallax – bien logrado



Mucho parallax (Hiperestéreo)



Parallax Vertical

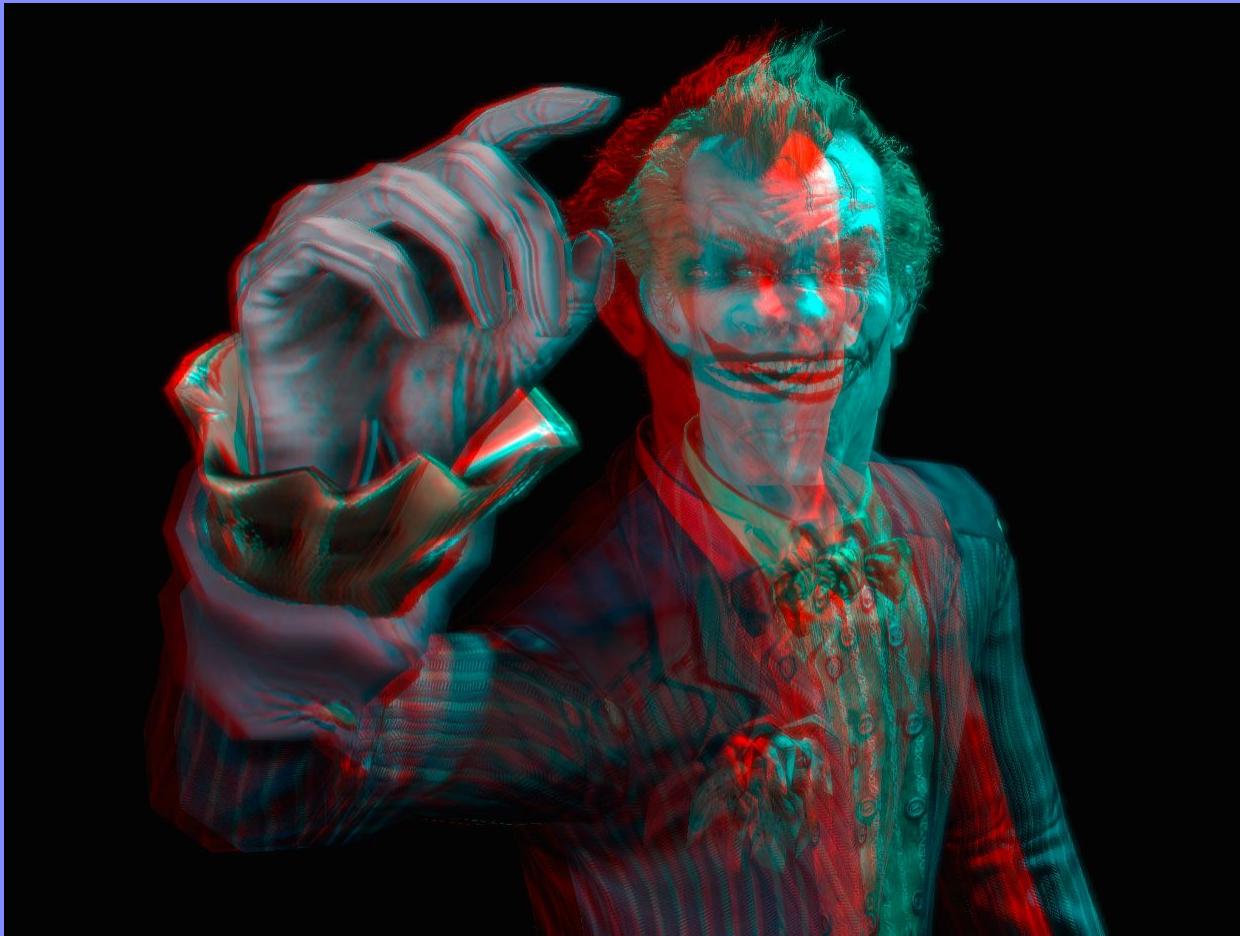


Parallax – bien logrado

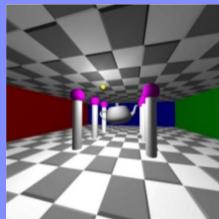
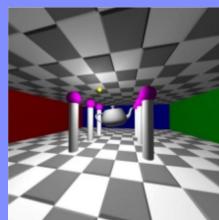
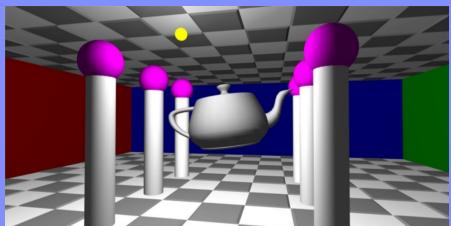


1862

“Tending wounded Union soldiers at Savage’s Station, Virginia, during the Peninsular Campaign”, Library of Congress Prints and Photographs Division



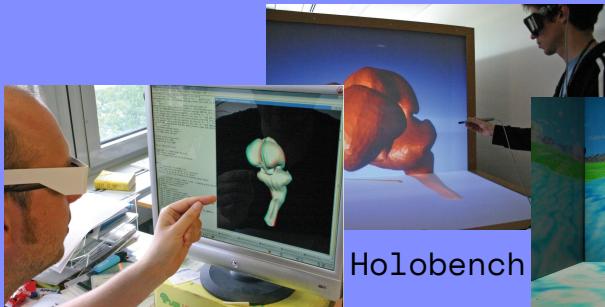
Escena virtual: Crear 2 imágenes separadas



Salida VR

¿Qué hardware utilizar para renderizar en 3D estéreo?

Diferentes enfoques en VR



Pantalla



+

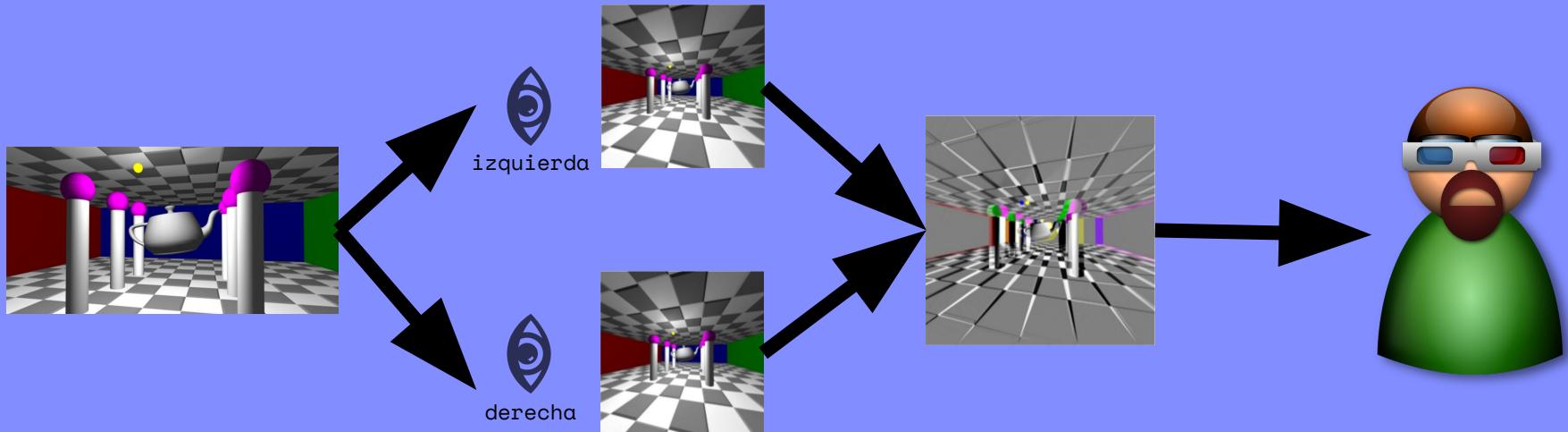


Estéreo con
lentes



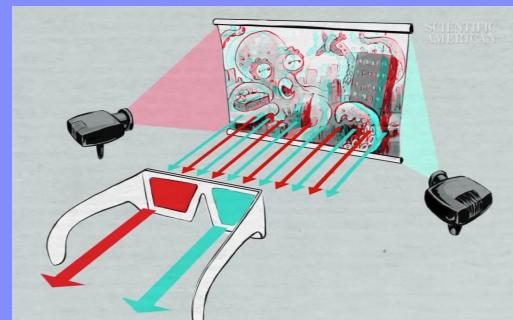
Pantallas montadas en
la cabeza

Estéreo con lentes

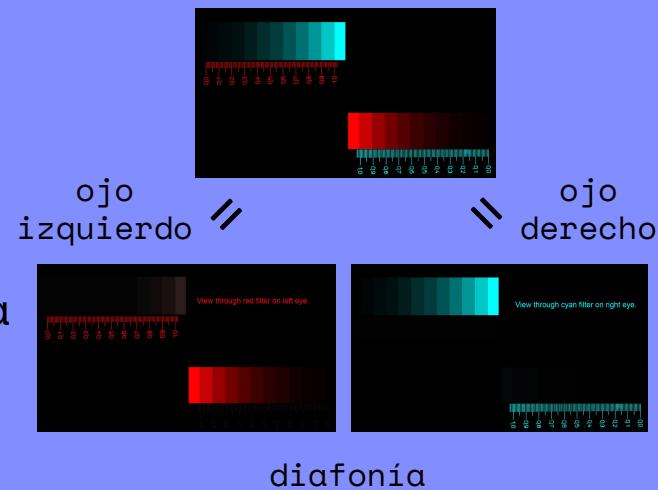


Lentes anaglifos

- Lentes pasivos
- Beneficios:
 - Muy barato
 - No es necesario modificar la pantalla (sólo hay que renderizar las imágenes estereoscópicas en diferentes colores)
- Inconvenientes
 - diafonía (= el ojo izquierdo ve la imagen derecha y viceversa)
 - No hay representación de colores rápida (pero en la práctica no suele ser tan mala)



2 proyectores no son realmente necesarios

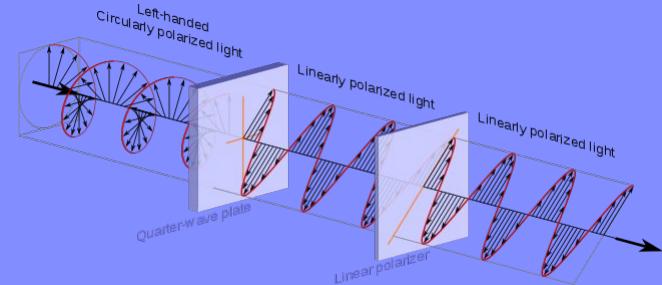
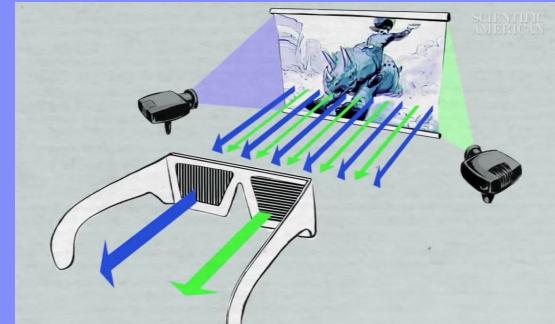


http://jm-derochette.be/Pictures_3d/how_to_get_the_crosstalk_of_3d.htm

Lentes polarizados

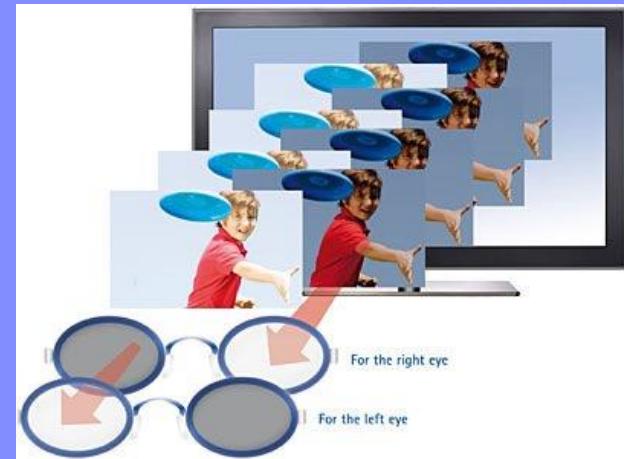


- Lentes pasivos
- Los pares de polarización pueden ser horizontales/verticales o en el sentido de las agujas del reloj/en sentido contrario
- Beneficios
 - Menos diafonía
- Inconvenientes
 - Se necesita un proyector especializado o pantallas con filas/columnas alternadas (se pierde la resolución de la pantalla)
 - Horizontal/vertical sujeto a problemas de orientación de la cabeza
- A menudo se utiliza en las salas de cine 3D
 - Lentes baratos
 - Proyección que mantiene la polarización



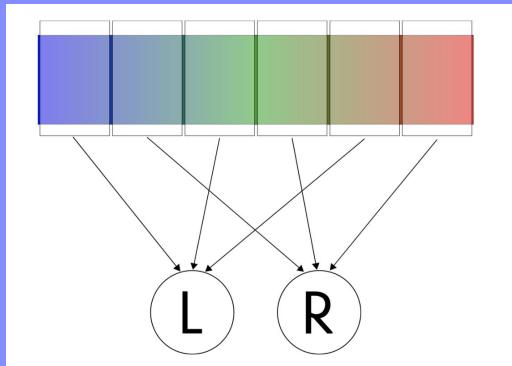
Lentes de persiana

- Lentes activos
- Multiplexación temporal de la pantalla
- Sincronización de la pantalla y los lentes
- Se necesita una pantalla rápida (mín. 120 Hz)
- Los lentes son un poco más caras

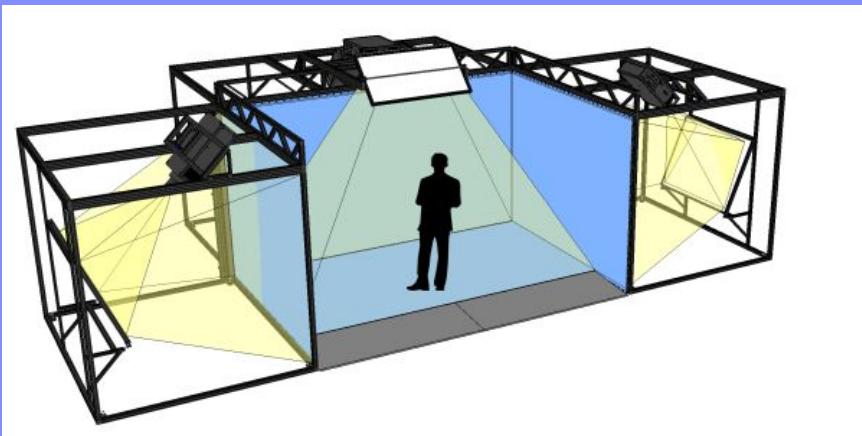


Multiplexación espectral

- El espectro visual de colores se divide en seis bloques distintos, tres para cada ojo
- Cada ojo recibe la mitad de la luz de las gamas de rojo, verde y azul
- Como las partes visibles para cada ojo se reparten por todo el espectro cromático, los usuarios pueden ver colores casi normales en comparación con lentes rojo-cian



CAVE Automatic Virtual Environment



వెంకట

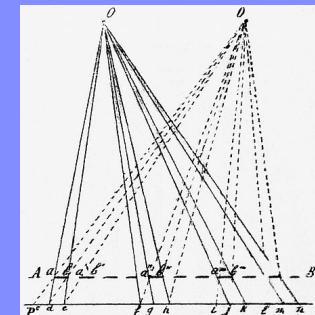
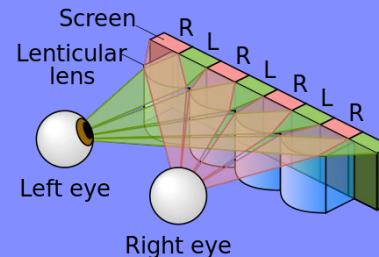
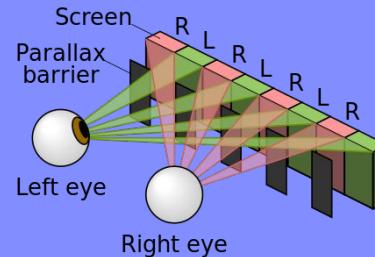


Holobench

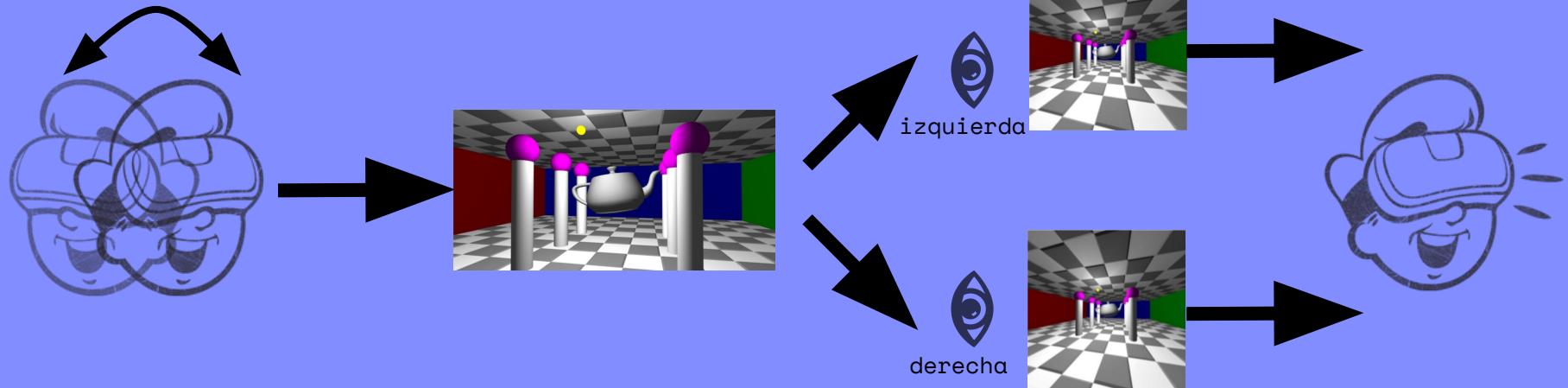


Pantallas autoestereoscópicas

- No requiere que el espectador lleve lentes especiales.
- Técnicas:
 - Barreras de paralaje (la más común)
 - Láminas lenticulares
 - Elementos ópticos holográficos
- Los inconvenientes típicos de las pantallas autoestereoscópicas son la diafonía, la reducción de la resolución y una zona de visión limitada



Pantallas montadas en la cabeza (HMD)



HMDs de última generación para VR



Meta Quest 3



2 cámaras 4MP frontales
1 sensor profundidad
2 sensores de tracking

Meta Quest 3



Peso: 515 gr.

FOV: 110°H 97°V

Tracking: 6DoF

Refresco vertical: 120

Hz

8GB RAM

Meta Quest 3



Meta Quest 3



Meta Quest 3



Chipset Qualcomm Snapdragon 8 XR Gen 2
CPU 8-core Kryo (1x3.19GHz + 3x2.8GHz + 2.0GHz)

Meta Quest 3



Batería de
iones de litio
4879 mAh
19.44Wh. 2.2Hr
de uso

Meta Quest 3



2064x2208 pixels
por ojo. 4K+
Infinite Display
con 25 PPD.
IPD 58-71 mm

Meta Quest 3

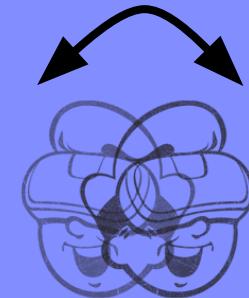


Desafío 1: Latencia

- El objetivo de un sistema gráfico de VR es lograr la "presencia", engañando al cerebro para que piense que lo que está viendo es real.
- Lograr la presencia requiere que el sistema tenga una latencia excepcionalmente baja
 - La latencia debe permanecer baja cuando se mueve la cabeza.
 - Latencia de extremo a extremo: tiempo que transcurre desde que se mueve la cabeza hasta que las nuevas fotos llegan a los ojos
 - Medir el movimiento
 - Actualizar la posición de la escena/cámara
 - Renderizar la imagen
 - Transferencia de la imagen al dispositivo y, a continuación, a la pantalla del dispositivo
 - Mostrar la imagen en la pantalla
 - Objetivo de latencia en VR: 10-25 ms
 - Requiere un seguimiento de la cabeza de baja latencia
 - Requiere una baja latencia en el renderizado y la visualización

Experimento mental sobre la latencia

- Considere un campo de visión de 1.000 x 1.000 que abarca 100° .
 - 10 píxeles por grado
- Supongamos:
 - Usted mueve la cabeza 90 grados en 1 segundo (velocidad modesta)
 - La latencia del sistema es de 50 ms
- Por lo tanto:
 - Los píxeles mostrados se desvían en $4,5^\circ$
~ 45 píxeles

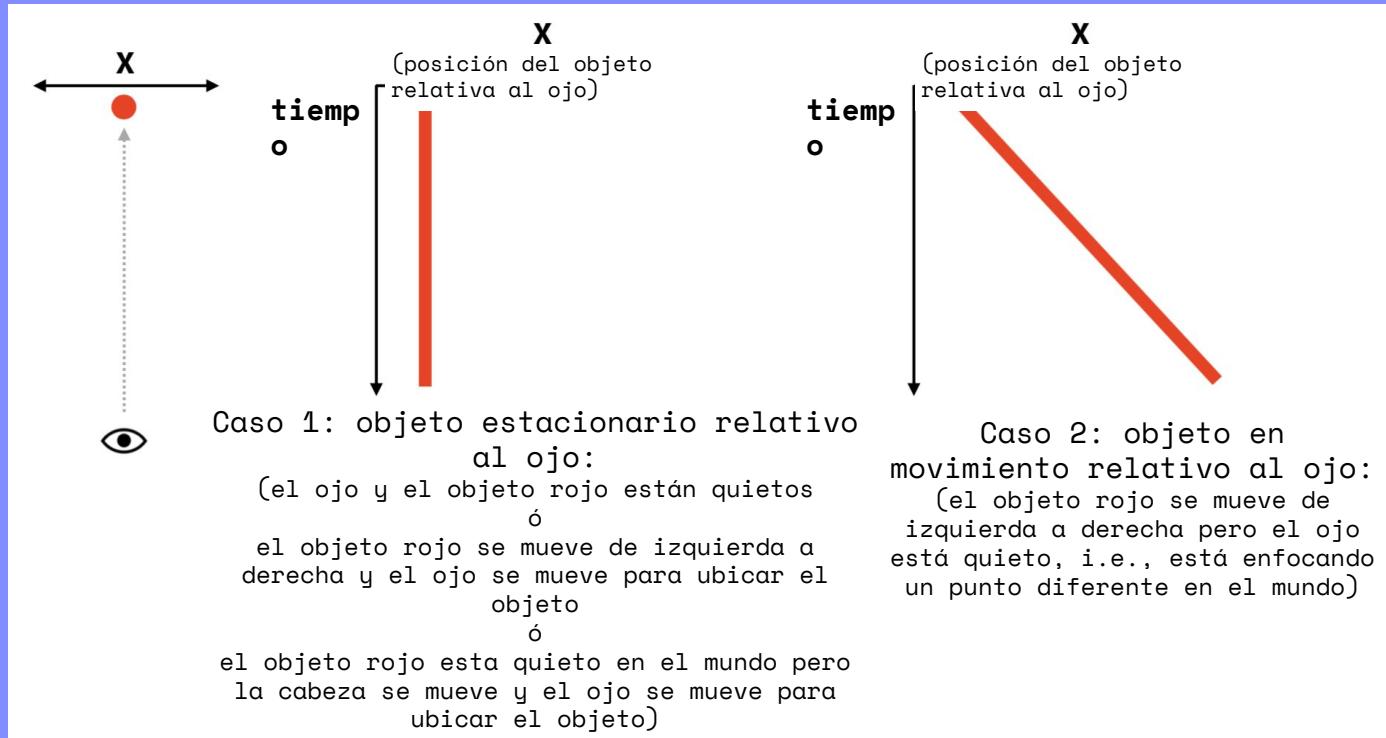


A photograph of two people playing ping pong on an indoor court. A man in a grey sweatshirt and black shorts stands on the left, wearing a VR headset and holding a ping pong paddle. A woman in a black top and grey pants stands on the right, also holding a ping pong paddle. A ping pong ball is in the air between them. In the background, there's a large wall graphic with the text "LIVING WITH LAG*" and a small inset image showing a person using a VR headset.

LIVING WITH LAG*

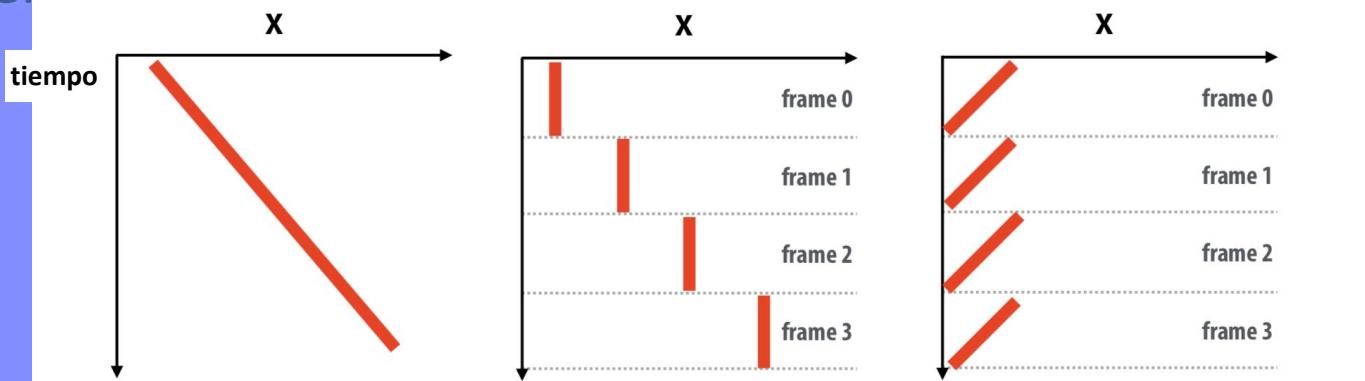
"when active internet causes disruption or delay to the user"

Considerar la posición del objeto en relación con el ojo



Nota: Los gráficos trazan la posición del objeto en relación con el ojo
El movimiento rápido de la cabeza con los ojos siguiendo un objeto es una forma del caso 1.

Considerar la posición del objeto en relación con el ojo



Caso 2: el objeto se mueve de izquierda a derecha y el ojo está quieto (el ojo está quieto respecto de la pantalla)

Representación continua.

Caso 2: el objeto se mueve de izquierda a derecha y el ojo está quieto (el ojo está quieto respecto de la pantalla)

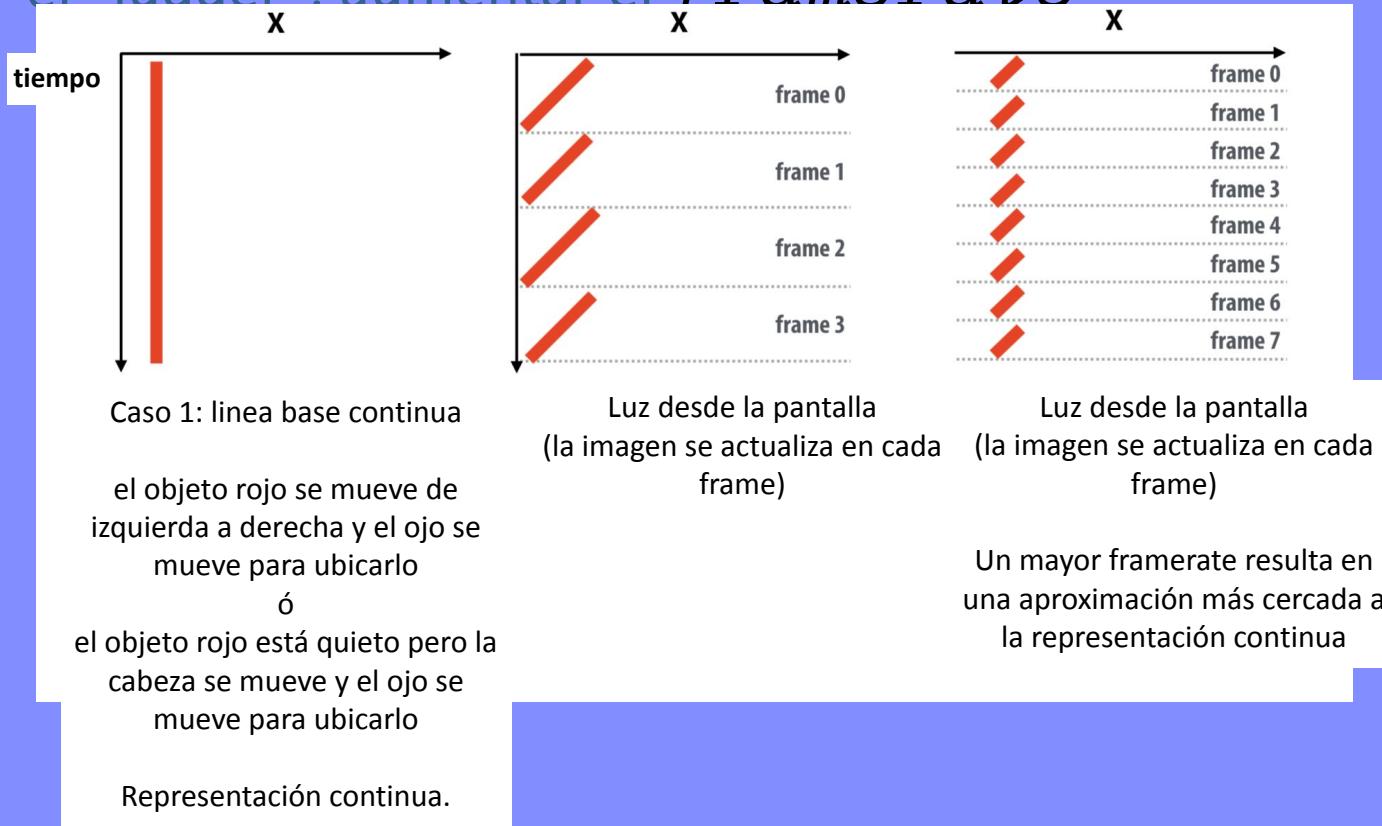
Luz desde la pantalla (la imagen se actualiza en cada frame)

Caso 1: el objeto se mueve de izquierda a derecha,
el ojo se mueve continuamente para ubicar el objeto (el ojo se mueve respecto de la pantalla)

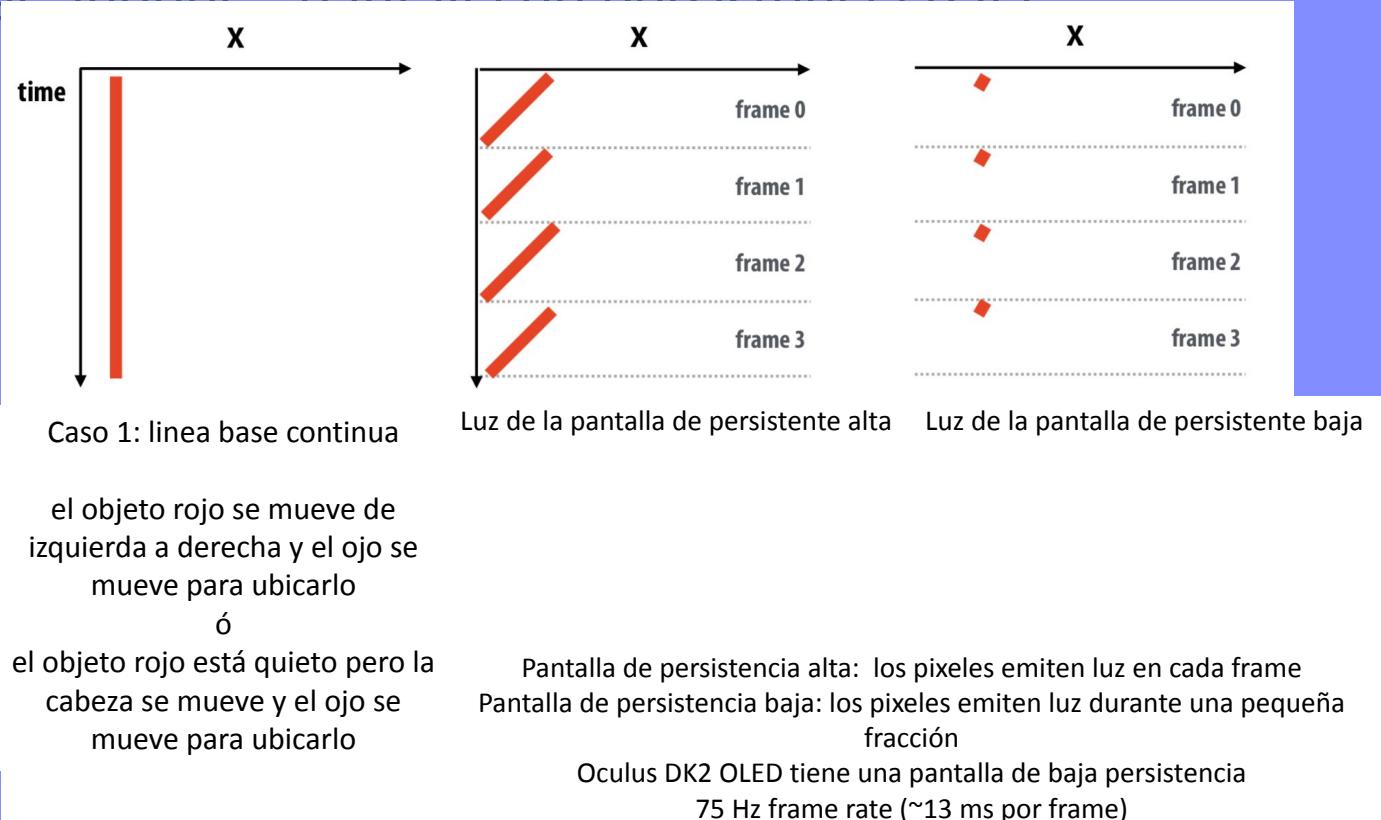
Luz desde la pantalla (la imagen se actualiza en cada frame)

Nota: como el ojo se mueve, la posición del objeto relativa es constante al ojo (como debiera ser, el ojo lo está ubicando). Pero como la tasa de frames es discreta, los objetos se ven retrasados, causando un efecto *smearing/strobing* (movimiento entrecortado). Por ejemplo, un movimiento en 90° con una latencia de 50 ms resulta en 4.5 grados de *smear*

Reducir el "judder": aumentar el *framerate*



Reducir el "judder": pantalla de persistencia baja



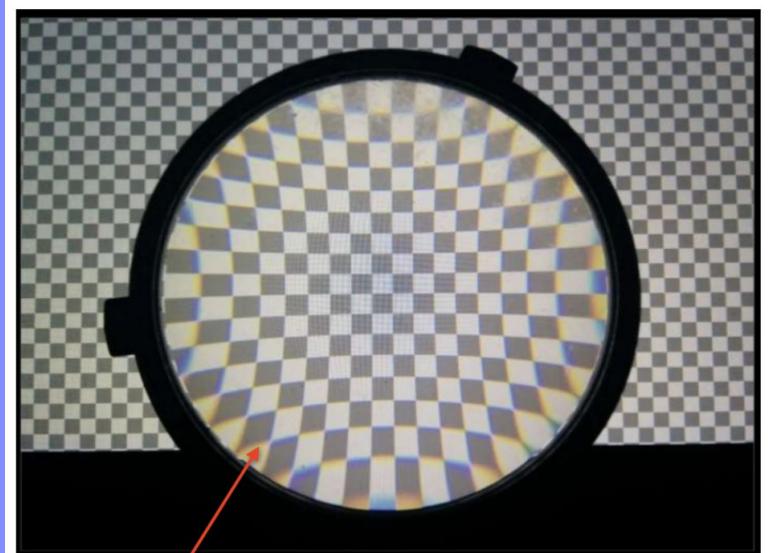
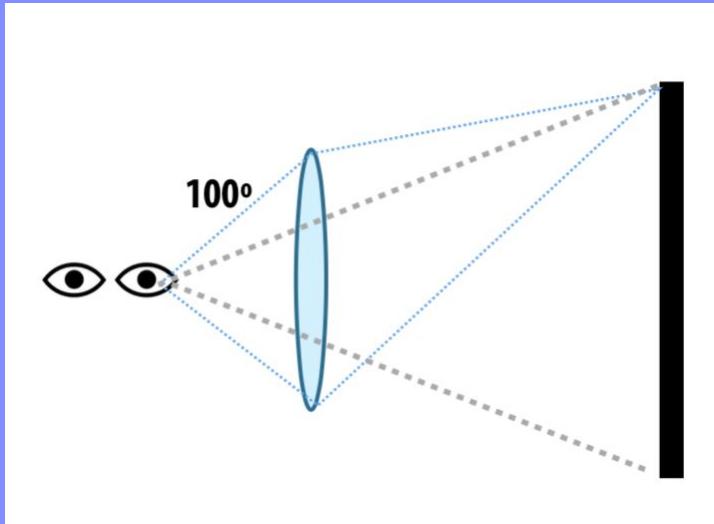
Desafío 2: Pantalla de alta resolución

- Humano: ~160 grados de visión de campo por ojo (~200 grados en total)
 - Sin considerar la rotación de la cabeza



- Oculus DK2
 - Resolución: 1920 x 1080, 960 x 1080 por ojo
 - Campo de visión de 100 grados (~10 píxeles/grado)
- Compara con la pantalla Retina del Macbook Pro de 15 pulgadas:
 - Resolución: 2880 x 1800
 - Abarca ~ 30 grados a una distancia de visión normal en un escritorio (~100 píxeles/grado)
- Pantalla de VR con resolución Retina que cubre un campo de visión de 160 grados:
 - **Pantalla de 16K x 16K por ojo!**
 - Posibles soluciones:
 - (1) seguimiento oculqr y renderizado foveado (el ojo sólo puede percibir detalles alrededor del punto de mirada);
 - (2) resolución diferente para el foco y la zona periférica.
- Estado del arte - Varjo VR-3
 - Campo de visión de 115 grados
 - Área de enfoque (campo de visión de 27 grados) a 70 píxeles/grado, 1920 x 1920 px por ojo
 - Área periférica a más de 30 píxeles/grado, 2880 x 2720 px por ojo

Requisito: amplio campo de visión

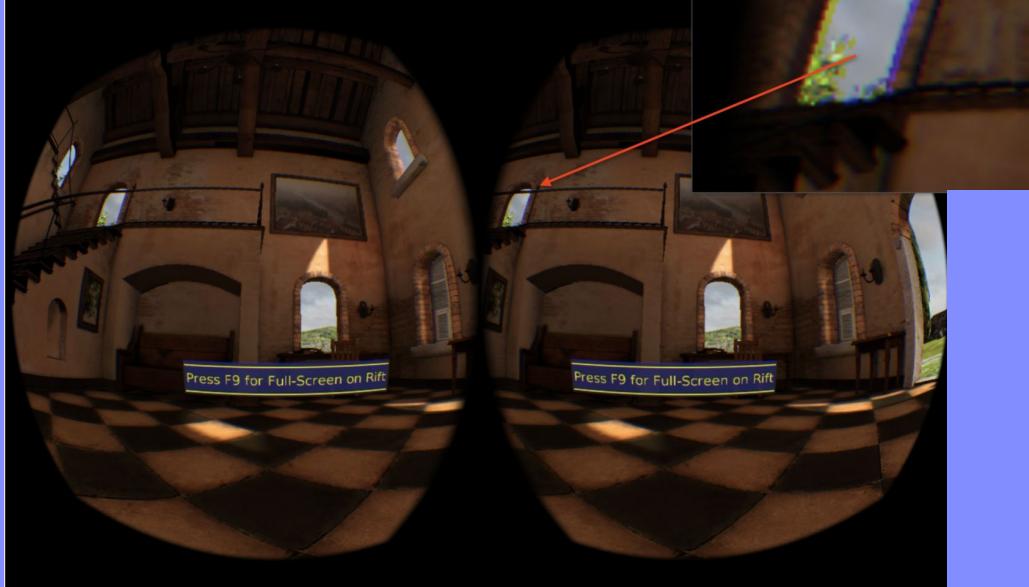


View through Oculus lens

La vista a través de un
lente Oculus

El objetivo introduce
distorsión

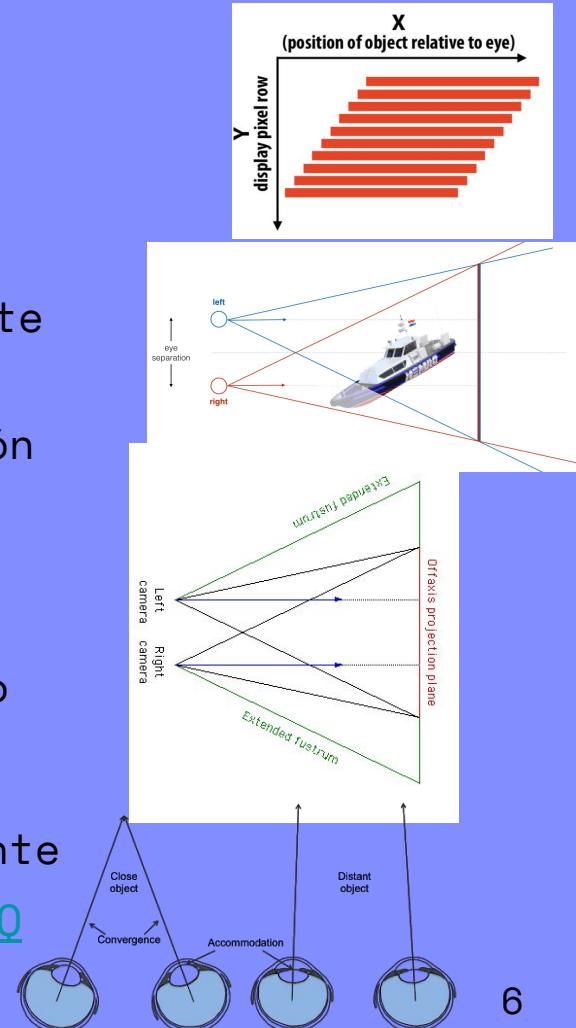
La salida renderizada debe compensar la distorsión prevista del objetivo



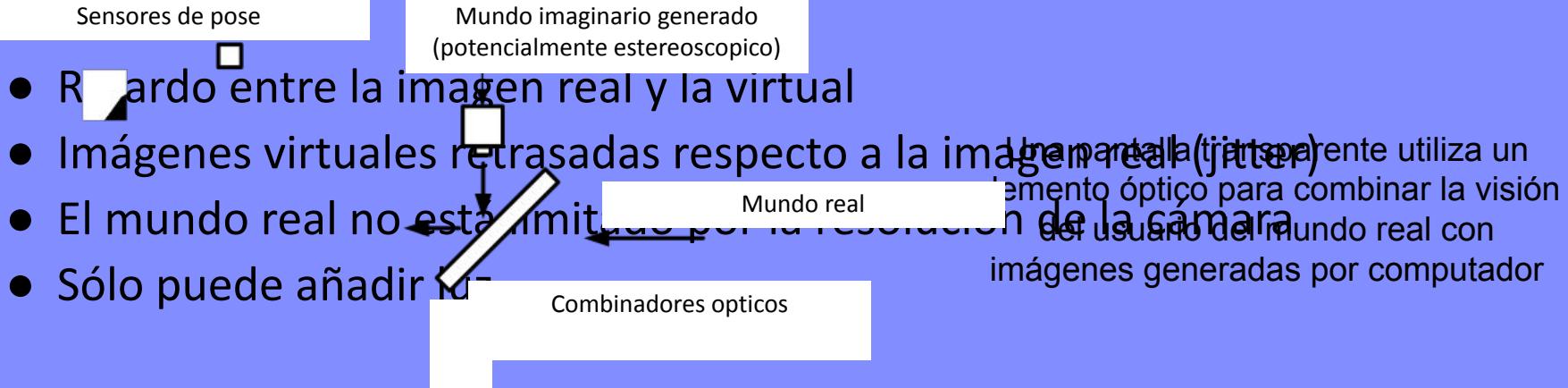
- Paso 1: la escena se renderiza utilizando la línea de gráficos tradicional a resolución completa para cada ojo
- Paso 2: el pase de distorsión deforma la imagen para que se vea correctamente después de la distorsión de la lente. Puede aplicar diferentes distorsiones a R, G, B para aproximar la corrección de la aberración cromática

Otros desafíos

- Pantallas OLED "Rolling backlight"
 - Ilumina las filas de píxeles en secuencia
 - ¡las imágenes de la parte inferior de la pantalla son más "viejas" que las de la parte superior!
- Idea: Utilizar predicciones para compensar
- Aumentar el framerate mediante la reproyección ("time warp")
- ¿Objetos grandes delante del plano de proyección?
- ¿El renderizador no soporta conos de mirada asimétricos?
- Estereotipo correcto, pero profundidad 2D y/o otros canales (p. ej., audio) incorrectos.
- Conflicto vergencia-acomodación
- Otras tecnologías de visualización, por ejemplo, pantallas de campo de luz. Interesante charla de Gordon Wetzstein (Stanford):
<https://www.youtube.com/watch?v=c8Ge08MwSLQ>



HMD óptico transparente



Salida AR

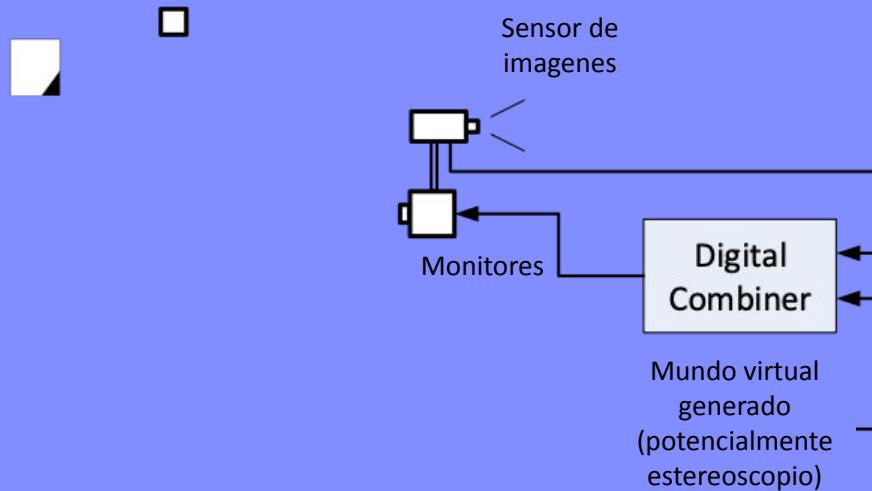
Ejemplo: Microsoft HoloLens



- HMD óptico transparente
- No se necesita un PC externo
- Cámara de profundidad para la adquisición de escenas en 3D
- Seguimiento y reconocimiento de gestos desde dentro hacia fuera

HMD transparente basado en vídeo

Sensor de pose (opcional)

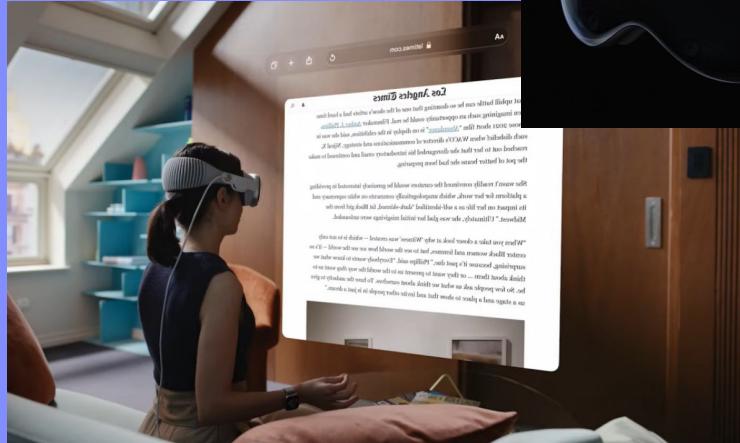


Un visor de vídeo captura el mundo real con una cámara de vídeo y modifica electrónicamente la imagen resultante mediante un procesador gráfico para ofrecer al usuario una imagen combinada real + virtual

- Sin retardo entre la imagen real y la virtual
- Ambas imágenes se retrasan frente al movimiento real (cybersickness)
- El mundo real está limitado por la resolución de la cámara
- Puede añadir y restar luz

Apple Vision Pro

- Dos pantallas micro-OLED, 23 MP a 90Hz
- M2 CPU, 5 sensores, 6 microfonos y 12 cámaras
- Finger- & Eye-tracking, speech recognition
- Eyesight, Bluetooth





Ejemplos: Varjo XR-1/XR-3, Handhelds, ...

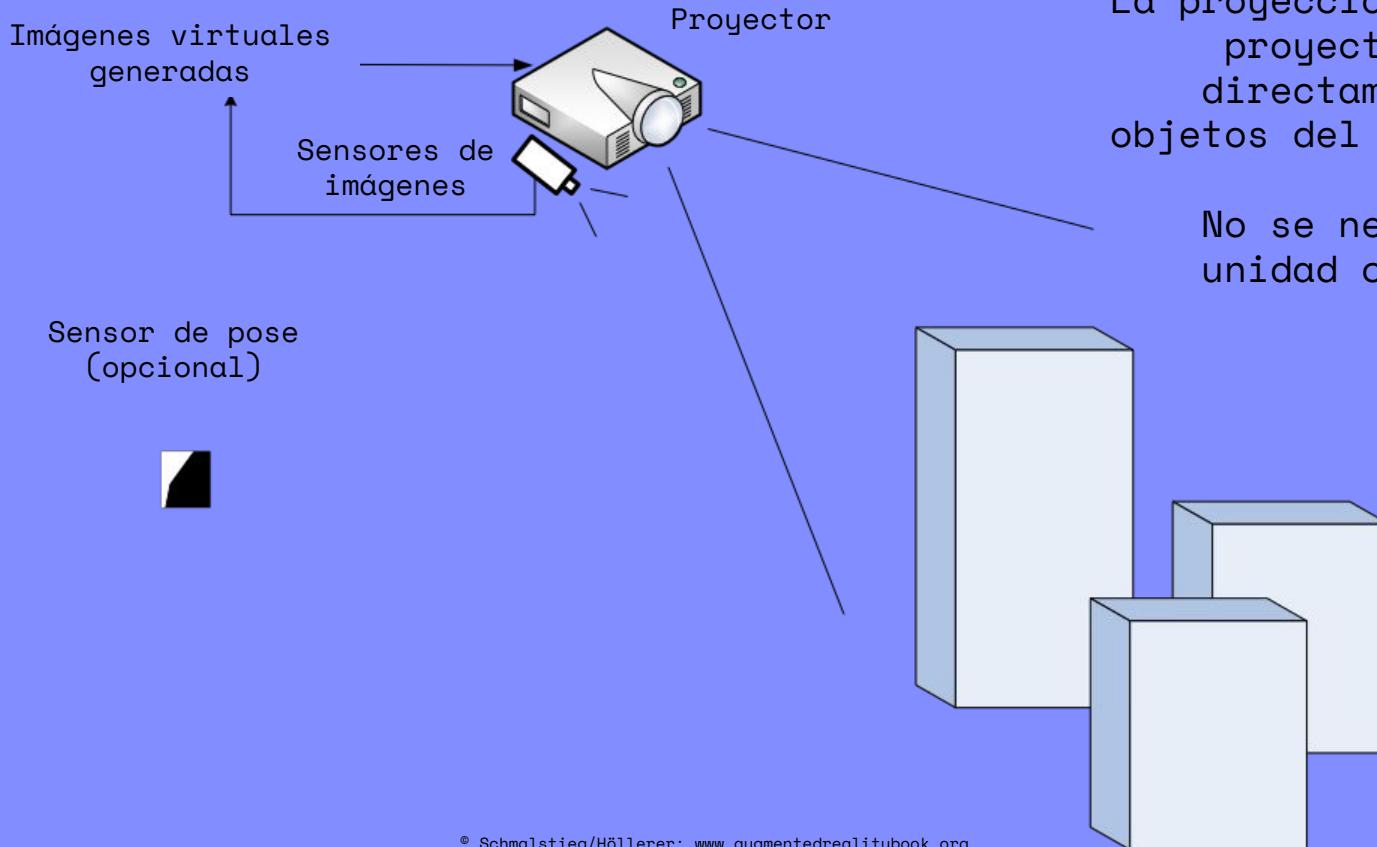


- La cámara (estéreo) permite ver el vídeo a través de la AR
- El ejemplo más extendido: La AR de mano con vídeo transparente

A dark, atmospheric landscape featuring a dense forest on a hillside above a body of water. The sky is overcast and hazy.

VOLVO VÄRJO

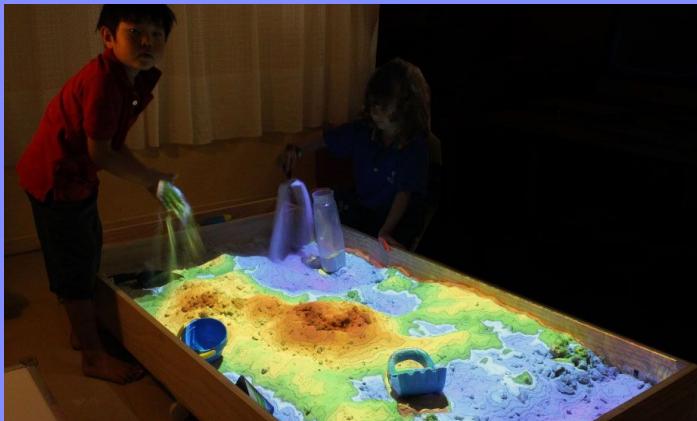
Realidad aumentada espacial



Ejemplos: Spatial AR



Dibujando con AR

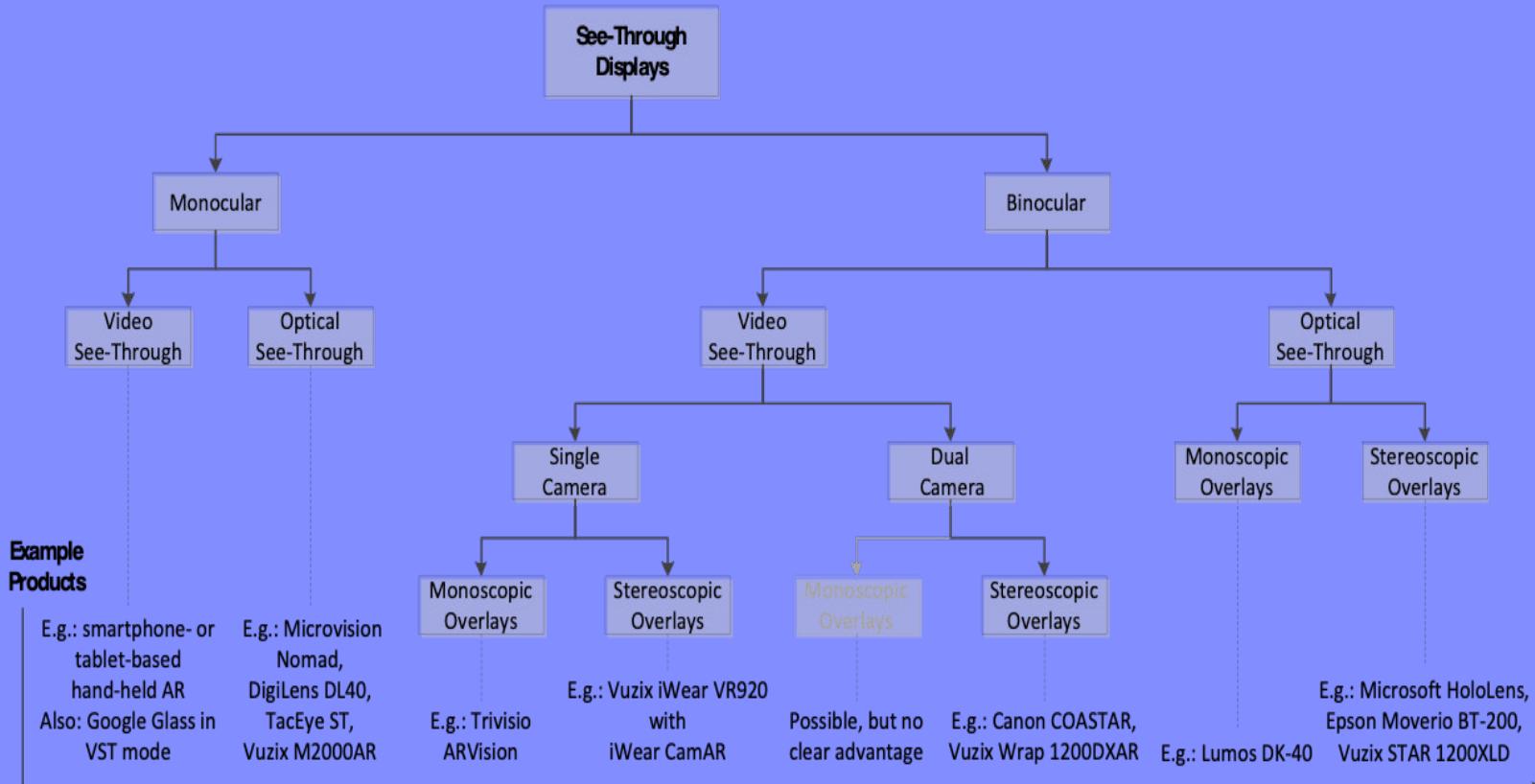


AR caja de arena



Usando la piel como entrada

Taxonomía de las pantallas transparentes



Sombras oclusivas

La técnica de las sombras de oclusión utiliza una iluminación controlada para dejar en blanco aquellas partes del mundo real en las que los gráficos opacos deberían ser visibles

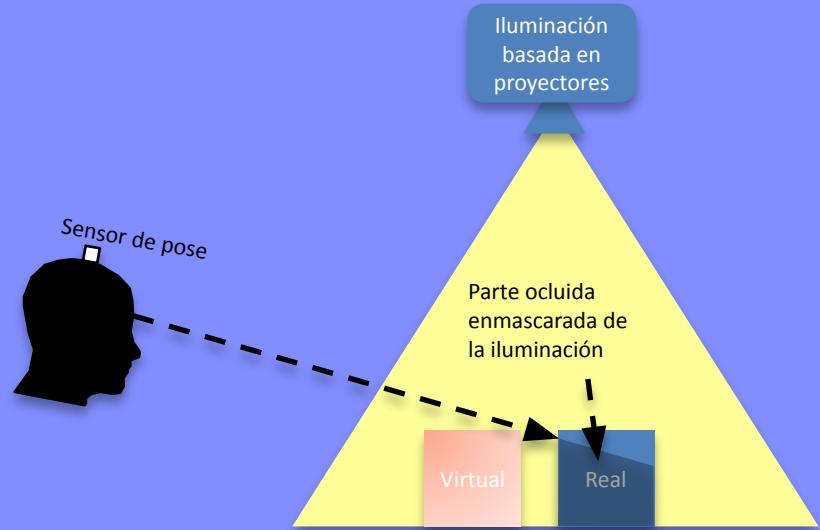
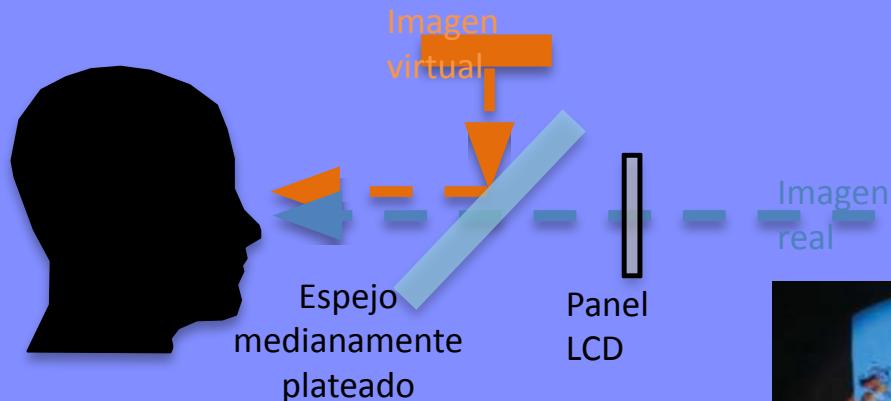


Imagen: Oliver Bimber

Transparencia óptica con oclusión real

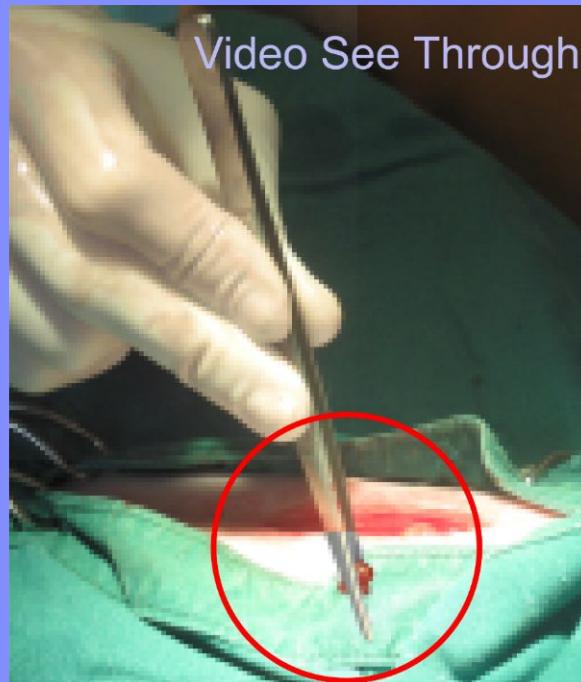
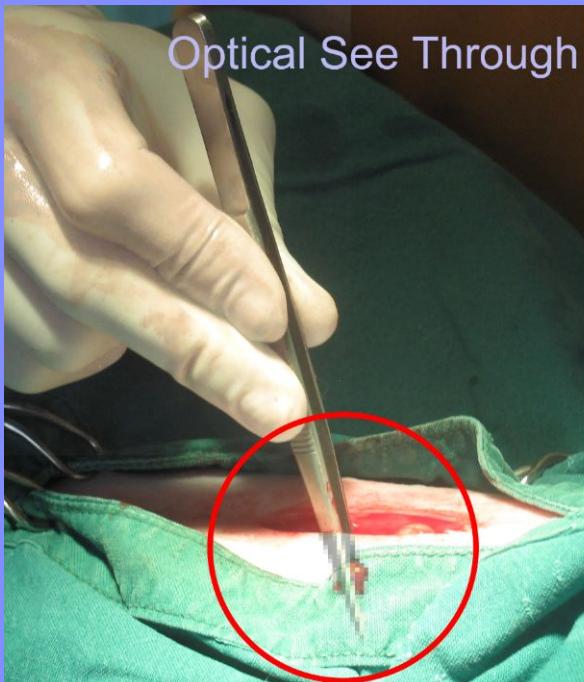


El ELMO HMD utiliza un panel LCD adicional entre la pantalla y el combinador óptico para el bloqueo por píxeles de los objetos ocluidos del mundo real



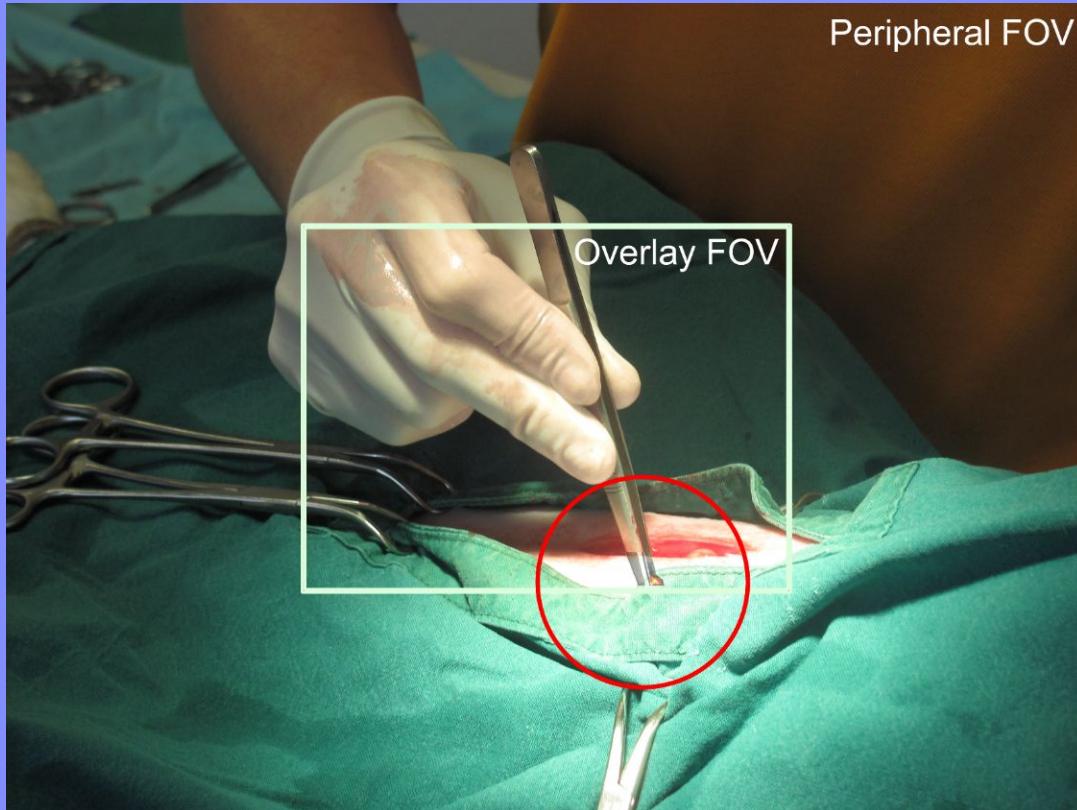
Imagen: Kiyoshi Kiyokawa

Comparación de la calidad de la imagen



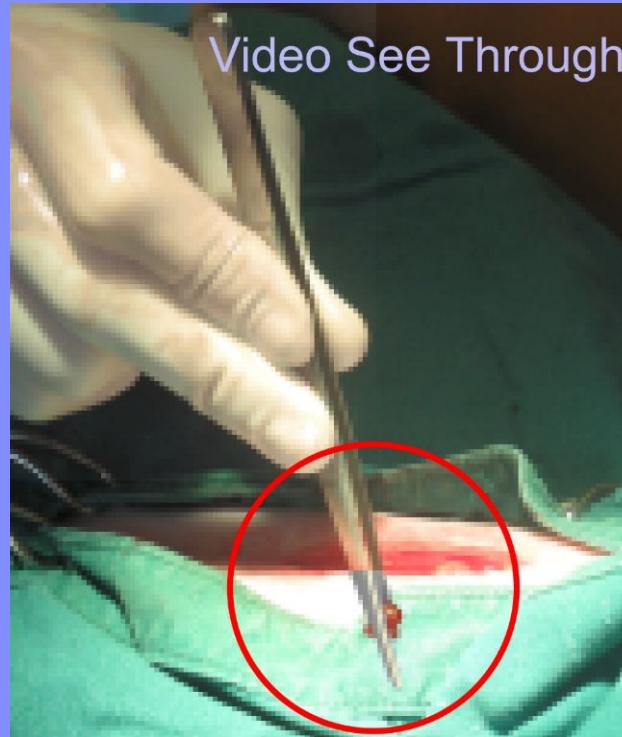
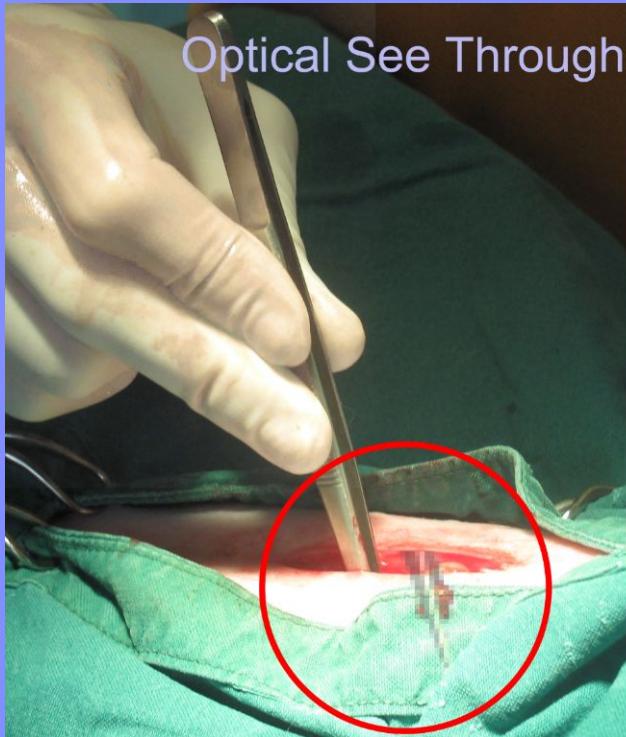
La calidad de la imagen en las pantallas ópticas transparentes es mayor para el mundo real, pero generalmente es inconsistente. Las puntas de las pinzas (normalmente ocluidas) se representan como aumentos. Esta maqueta ilustrativa muestra artefactos de resolución exagerados para la parte del aumento a la izquierda y la imagen completa a la derecha

Comparación del campo de visión



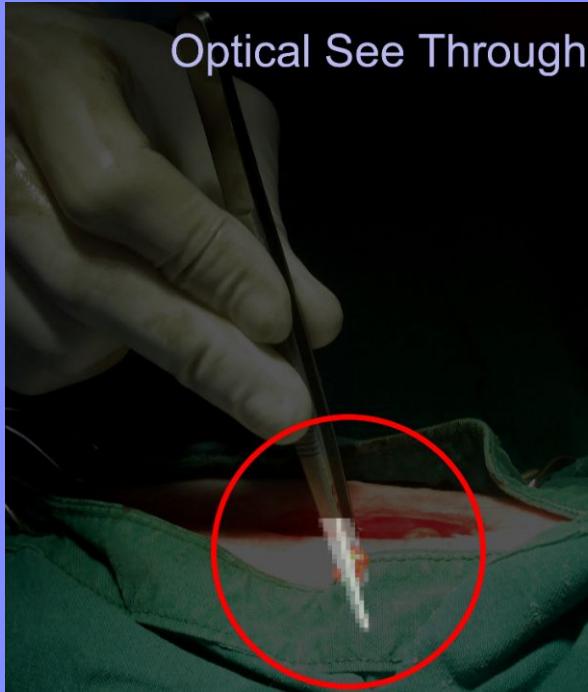
Los sistemas de AR suelen tener un campo de visión limitado, lo que da lugar a una zona de "FOV superpuesto", en la que los aumentos son visibles, y una zona de "FOV periférico", en la que no lo son.

Comparación de registros



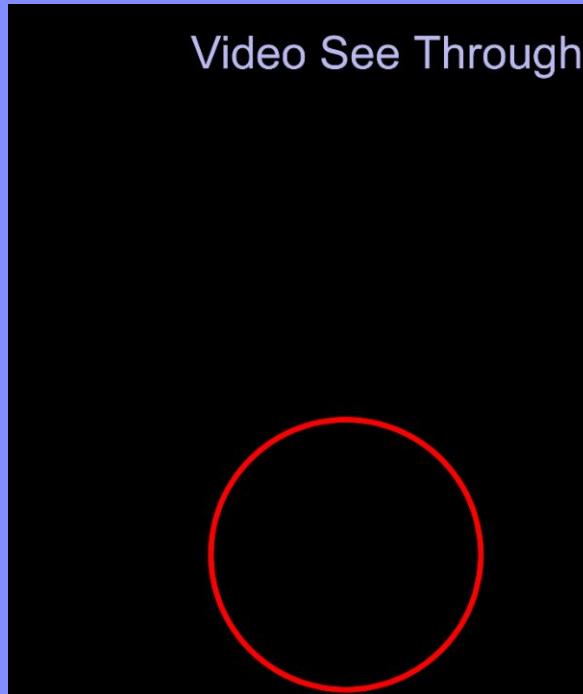
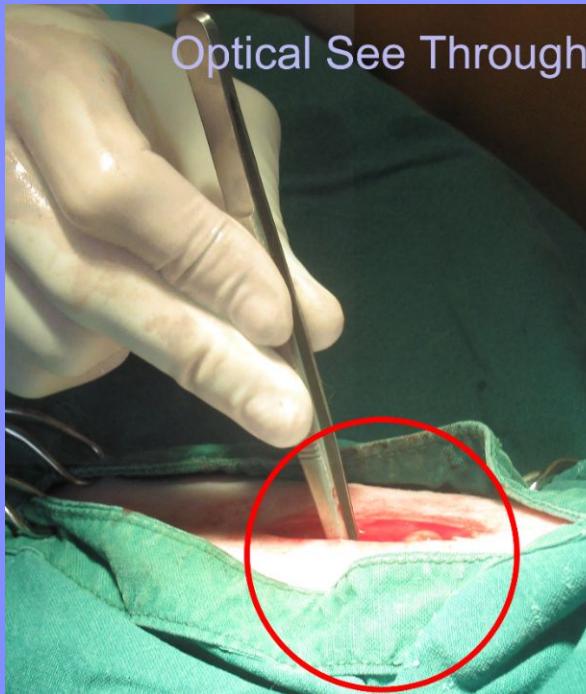
Una calibración insuficiente del ojo a la pantalla puede provocar desviaciones molestas. En las pantallas transparentes de vídeo, es más fácil conseguir un registro preciso de los píxeles

Comparación de la luminosidad



Las pantallas transparentes ópticas dependen de la transparencia del combinador óptico, mientras que las pantallas transparentes de vídeo pueden cambiar el brillo y el contraste de forma arbitraria, siempre que la propia pantalla pueda ofrecer un contraste suficiente. A la derecha, se alcanza el límite de contraste y se pierden algunos detalles del mundo real.

Comparación de fallos

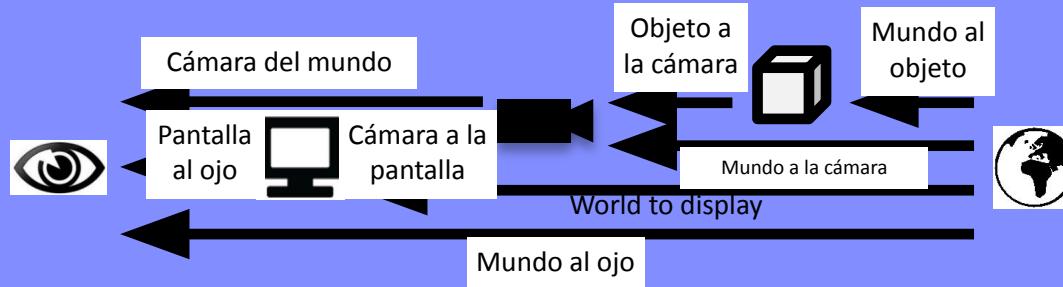


Si la pantalla falla, la visión de vídeo no permitirá al usuario ver nada.

Esto puede ser peligroso en situaciones críticas como la cirugía o el pilotaje de un avión.

Mostrar sistemas de coordenadas

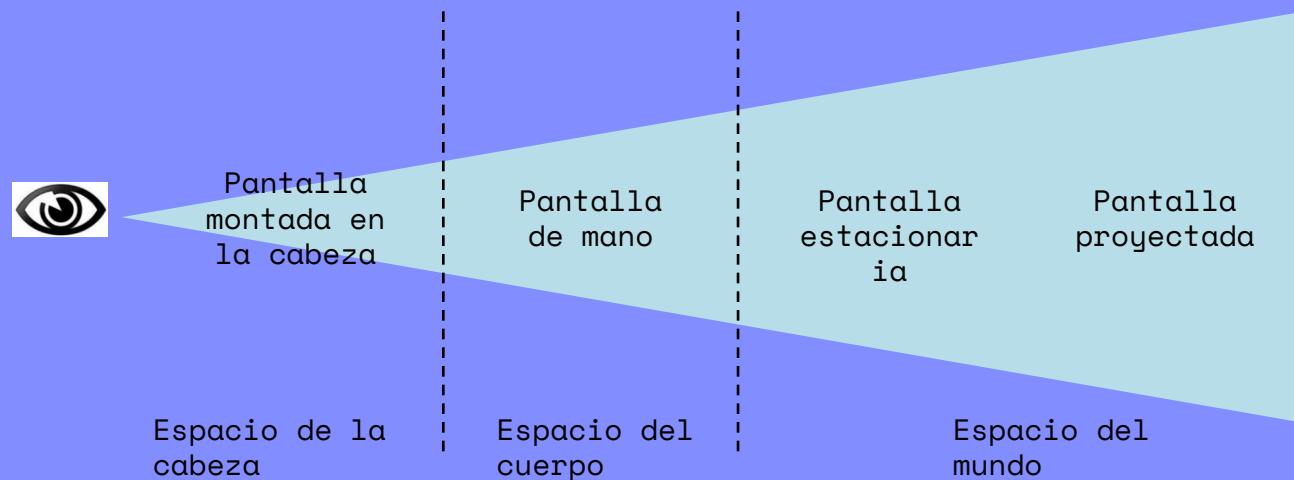
El modelo espacial de la mayoría de las pantallas de AR puede definirse como la relación espacial de hasta cinco componentes: el ojo del usuario, la pantalla, la cámara, un objeto que se va a aumentar y el mundo.



Cada transformación de coordenadas puede ser fija y calibrada (C), rastreada (T) dinámicamente, o dejada sin restricciones.

Taxonomía del espacio de visualización

Las pantallas de AR pueden clasificarse según la distancia del ojo a la pantalla



Pantallas montadas en la cabeza



Casco
Rockwell
Collins SimEye



Clip-on
Google
Glass



Visor
Epson
Moverio

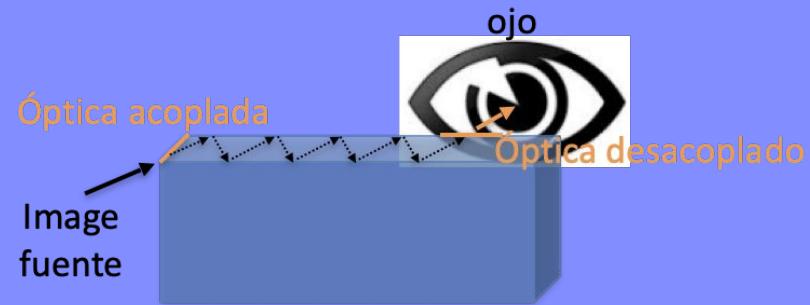
Ejemplos de transparencia óptica

Sony Glasstron LDI-D100B,
instalada a posteriori en una
montura personalizada como
parte del sistema Columbia
MARS



Imagen: Columbia
University

Pantalla transparente con prisma óptico



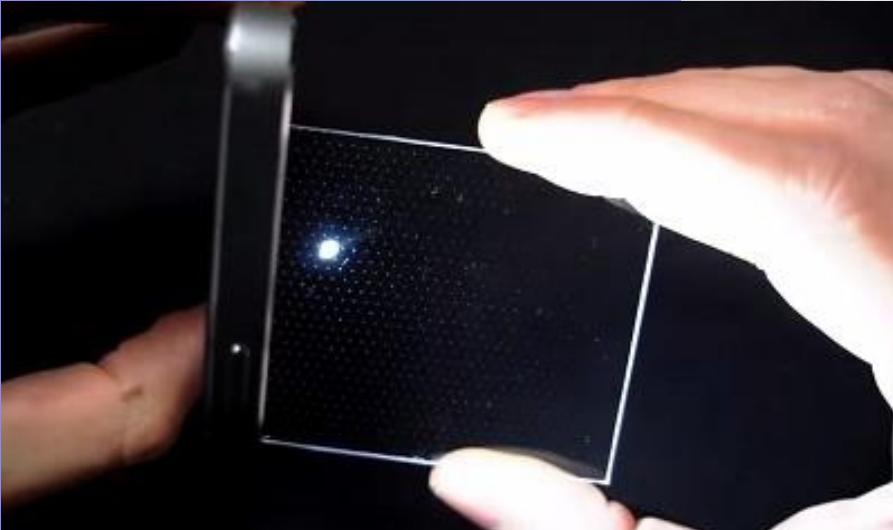
La tecnología de elementos ópticos Light-Guide de Lumus propaga una imagen a través de un prisma óptico especial

Imagen: Jens Grubert

Pantalla Pinlight

<https://www.youtube.com/watch?v=P407DFm0PFQ>

Panel con un denso conjunto de fuentes de luz puntuales



Prototipo de pantalla
Pinlight



Vista a
través de
la pantalla

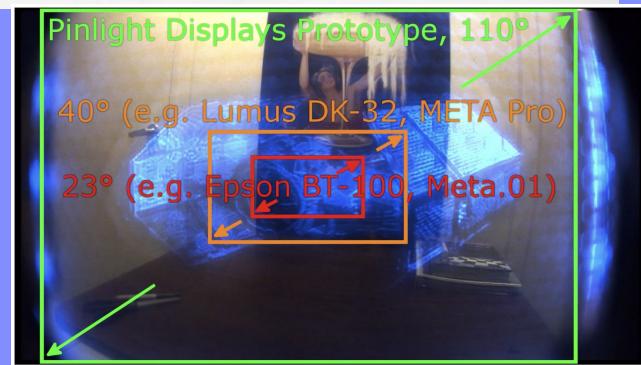
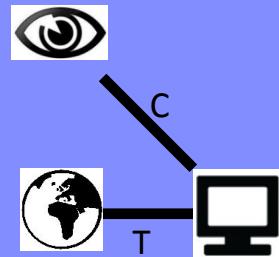


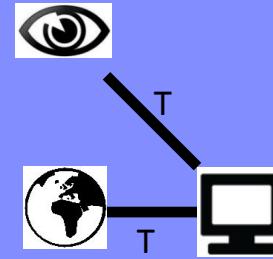
Imagen: Andrew Maimone, UNC Chapel Hill



Visor óptico transparente

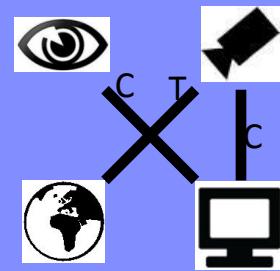


Sin eye
tracking

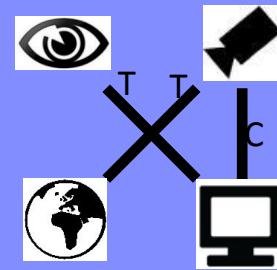


Con eye
tracking

Video transparente



Sin eye
tracking



Con eye
tracking

Vídeo transparente con espejo semiespejado

Ejemplo de HMD VST que utiliza cámaras sobre los ojos con óptica de espejo.

Diseño de Andrei State, 2005.



Imagen: Andrei State, UNC Chapel Hill

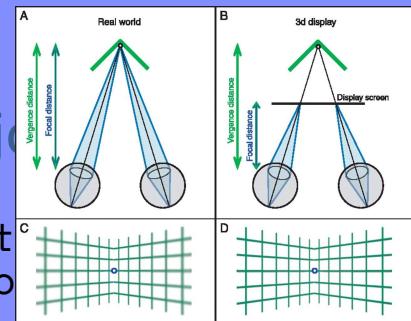
Oculus Rift con vídeo estereoscópico

El AR-Rift, un Oculus Rift modificado con dos cámaras de vídeo



Imagen: William
Steptoe

La pantalla de realidad aumentada perfecta para los ojos

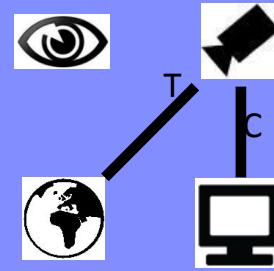


- Imperceptible (por ejemplo, el factor de forma de las lentes)
- Cómodos (por ejemplo, imperceptibles o incluso beneficiosos en la comodidad de los ojos)
- Pervasivas (siempre activas, sin necesidad de cambiarlas ni mantenerlas)
- Transparencia óptica (no afecta negativamente a nuestra visión en el mundo real)
- Alto rango dinámico (funcionan bien en todas las condiciones de luz posibles)
- Resolución limitada al ojo (no se perciben píxeles)
- Campo de visión humano completo (sin anteojeras y con un campo de visión completo)
- Visualización binocular con verdadera profundidad 3D (sin conflicto acomodación-vergencia)
- Oclusión real (sin superposiciones transparentes de tipo fantasma, a menos que se deseé)
- Todos los sensores con un seguimiento sólido y estable, modelado de escenas y soporte de aplicaciones de AR
- ... ¡menos de 100 bugs!

Pantalla de mano



Image: Daniel Wagner



Se puede construir una pantalla de AR portátil a partir de un smartphone o una tableta sin modificar

Pantalla manual con perspectiva del usuario

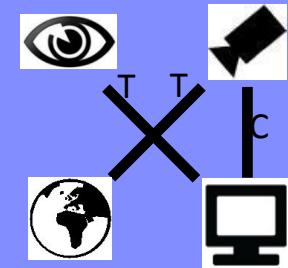
Pantalla de mano con perspectiva del dispositivo



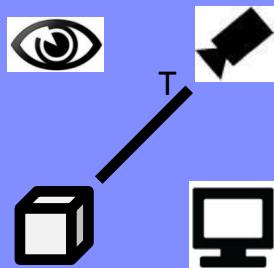
Pantalla de mano con perspectiva de usuario



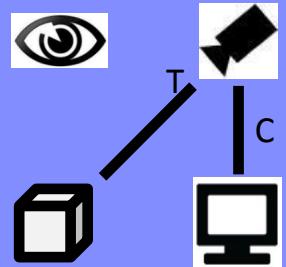
Imagen: Domagoj Baričević



AR estacionaria, por ejemplo, AR de escritorio



Una pantalla de AR de sobremesa puede construirse utilizando la metáfora del ojo en la mano, en la que la cámara es rastreada y sus grabaciones son alimentadas a la pantalla. En la aplicación representada aquí ([Lee y Höllerer 2007]), seguimos la cámara en relación con un objeto (la mano del usuario), que se reconoce como un marcador y posteriormente se aumenta.



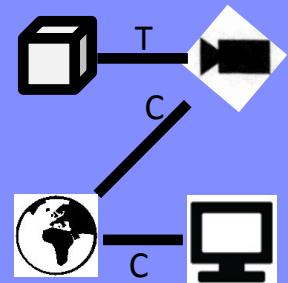
A menudo, la cámara está inmóvil y cubre un volumen de trabajo en el que pueden producirse aumentos. De nuevo, seguimos la cámara en relación con un objeto en movimiento (patrón de tablero de ajedrez)

Vídeo-Ver a través del espejo mágico

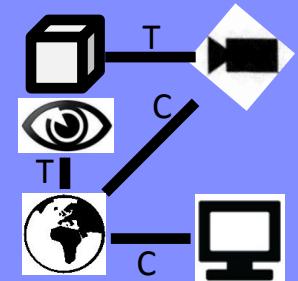


Imagen: Matthias Straka and Stefan Hauswiesner

El usuario (=caja) debe ser rastreado con respecto a la cámara.



La pantalla siempre muestra al usuario, independientemente del ángulo de visión.



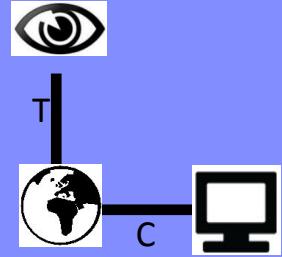
La pantalla se comporta como un espejo real. 99

Espejo mágico óptico transparente

Andy Wilson de Microsoft Research mostrando el HoloFlector



Imagen: Microsoft Research



Espejo inteligente casero

100

Escaparate virtual

El escaparate virtual es una pantalla óptica estacionaria transparente destinada a exposiciones, museos y salas de exhibición

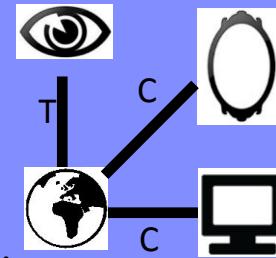


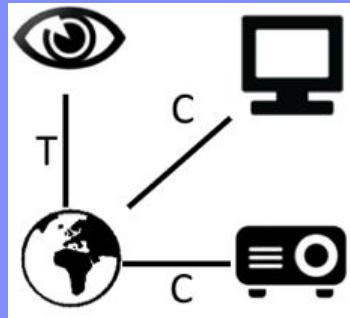
Imagen: Oliver Bimber

Pantalla transparente

Pantalla Samsung Transparent Smart Window presentada en CES 2012



Pantalla inmaterial



Las personas pueden aumentarse mutuamente e interactuar a través del FogScreen

FogScreen interactivo de doble cara



Dos FogScreens en una configuración en forma de L producen un renderizado 3D fusionado en profundidad para un observador rastreado





Realidad aumentada espacial (AR proyectada)

La AR espacial puede utilizarse para convertir objetos genéricos en modelos texturizados



Imagen: Michael Marner



AR espacial
independiente de la
vista

Realidad aumentada espacial dependiente de la vista

La AR espacial dependiente de la vista requiere el seguimiento del usuario, pero puede presentar objetos 3D en el espacio libre

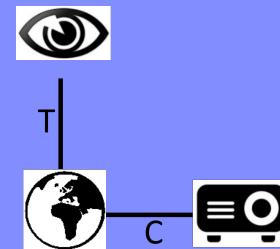
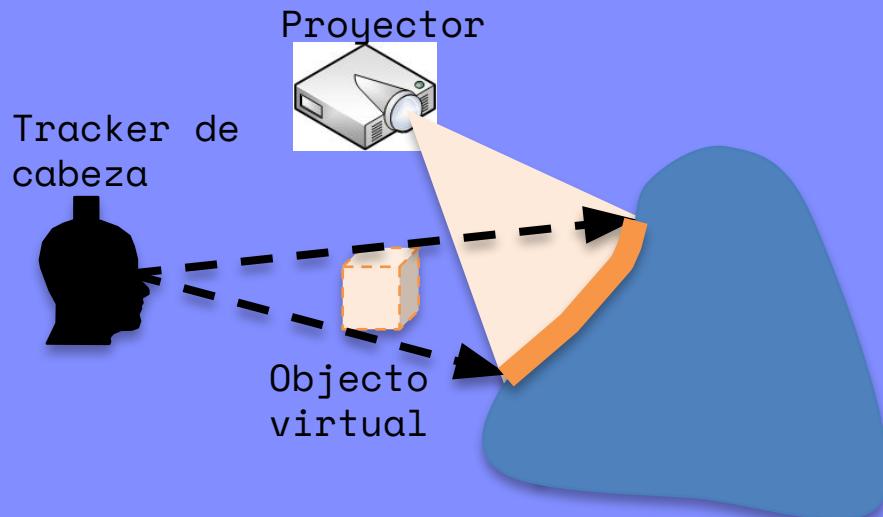
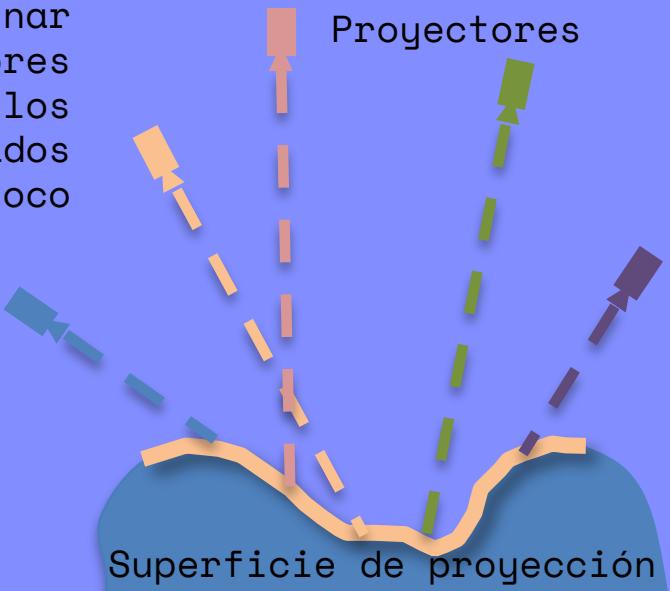


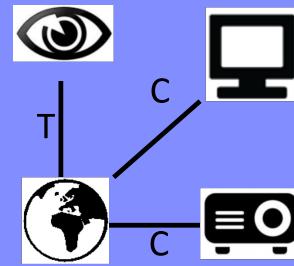
Imagen: Oliver Bimber

Realidad aumentada espacial con un conjunto de proyectores

Se pueden combinar varios proyectores para minimizar los píxeles proyectados fuera de foco



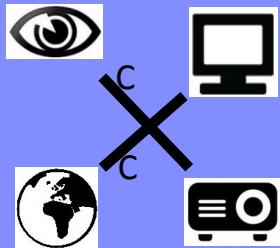
Es necesario conocer la geometría de la superficie de proyección (en este caso: una pantalla calibrada para el mundo)



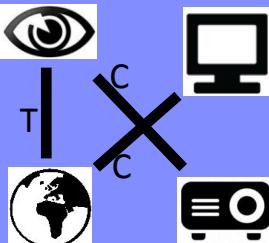
Pantalla proyectiva montada en la cabeza



Los materiales retrorreflectantes devuelven los rayos incidentes a la fuente de iluminación, por lo que funcionan bien con las pantallas de los proyectores montados en la cabeza



Esquemas de relaciones espaciales para los HMPD sin seguimiento de la cabeza



Esquemas de relaciones espaciales para los HMPD con seguimiento de la cabeza: los objetos virtuales son estables en el espacio, mientras el espectador se mueve

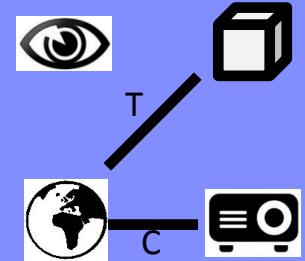
Lámparas de sombreado dinámico

Pintar con luz sobre superficies reales



Imagen: Michael Marner

Las lámparas de sombreado dinámicas proporcionan AR espacial en los objetos rastreados



Personaje animatrónico con proyección facial animada



Imagen: Greg Welch, UNC Chapel Hill

Proyector orientable

Pantalla del proyector en cualquier lugar



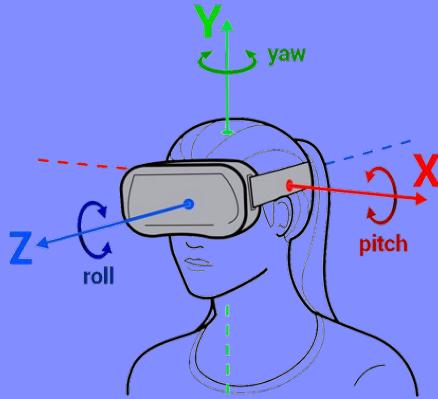
Un proyector orientable
y con seguimiento puede
mostrar imágenes en
cualquier lugar

Image: Claudio Pinhanez, IBM Research

Entrada XR

Tracking

- Seguimiento de la cabeza
- Seguimiento del mando
- Seguimiento del movimiento (manos, cuerpo, ...)
- Seguimiento de los ojos



Hololens con rastreador ocular de laboratorios de pupilas



Leap motion



Controles Vive



MS Kinect

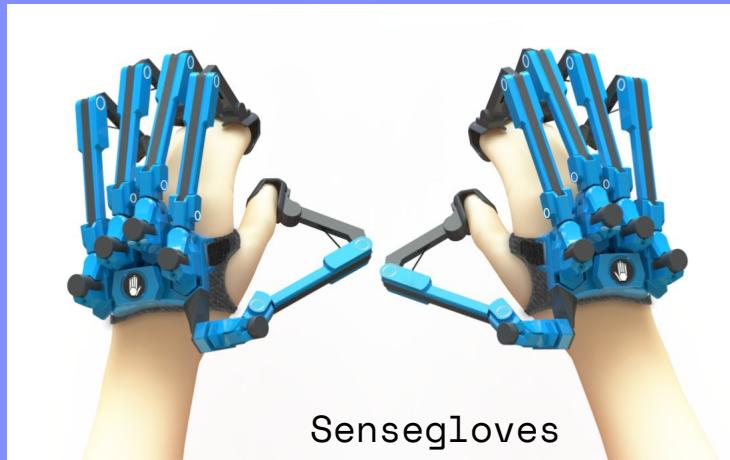
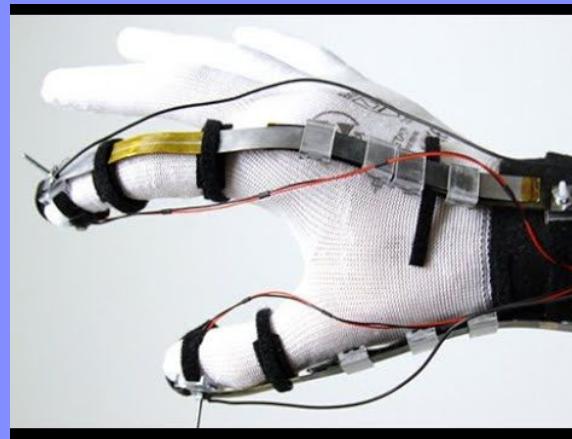


Sistema de movimiento Vicon

Guante de datos de Jaron Lanier (1987)



Guantes hápticos y con retroalimentación de fuerza

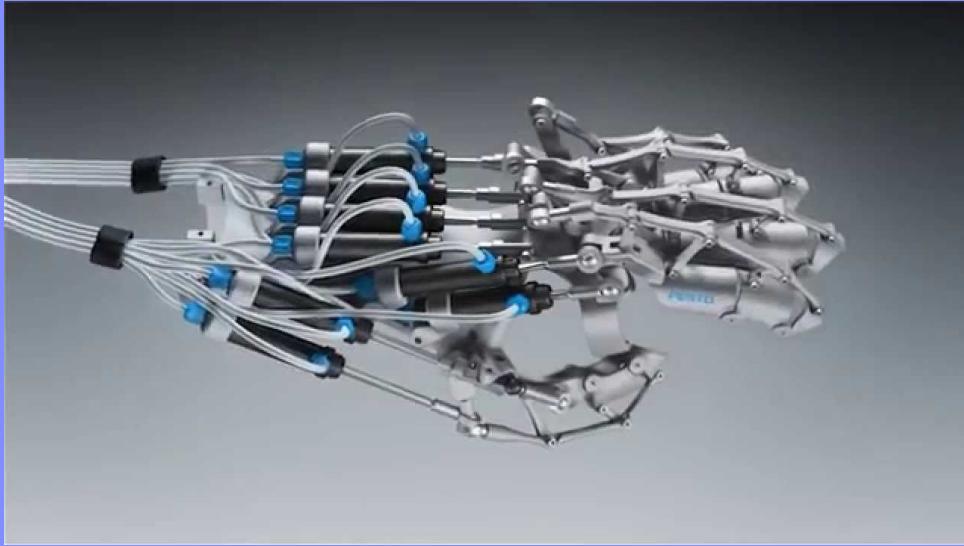


Sensegloves



DextrES: Retroalimentación haptica portátil para el agarre en la VR mediante un freno electrostático de forma delgada – UIST 2018

Exoskeleton



Registro viso-háptico

El lápiz óptico de un dispositivo háptico PHANTOM se destaca por la AR visual



Imagen: Ulrich Eck and Christian Sandor

The Haptipedia Project ▾

HAPTIPEDIA

Device Gallery Timeline Device Output Workspace Size User Experience Applications

Sort by Year (descending) ▾

FILTER DEVICES (105) Advanced Filter

General

Device Type Research Prototype □ Commercial Product ▲

Accessibility of mechanism design

Not sure Patent-protected
 Open-source Public-domain, no CAD
 Other

Degree of Freedom

N. of user reachable DoF 1 21

User reachable DoF □ Translational Rotational Grasping Other

Rating

Cost	Very low	Low	Medium	High	Very High
Obtainability	Low	Medium	High		
Fabricability	Low	Medium	High		
Ease of Programming	Low	Medium	High		
Robustness	Low	Medium	High		
Repairability	Low	Medium	High		
Portability	Low	Medium	High		

Performance

Translational force (N) - peak 0 1181
Rotational torque (Nm) - peak 0 550

Devices

CNRS6DOF2018 (Delphaptic)

Stanford2DOF2017a (Graphkit)

Stanford2DOF2017b (Haplink)

ETHZ2DOF2017 (NeuRoGrasp)

Haply2DOF2016 (Haplet or Haply 2DoF)

UMASS2DOF2016

DLR2DOF2016 (RJo)

Stanford1DOF2016 (Hapkit 3.0)

RPI2DOF2016 (VTEST Haptic Device)

KTH3DOF2015 (Woody (WoodenHaptics) TEI2015)

A hand interacting with a black haptic device.

A hand interacting with a haptic device mounted on a stand.

A hand interacting with a haptic device connected to a laptop screen showing a simulation.

A hand interacting with a haptic device with various internal components labeled.

A hand interacting with a haptic device with internal components labeled.

A hand interacting with a haptic device with internal components labeled.

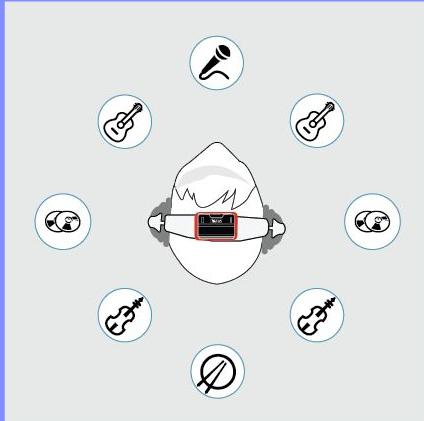
Cintas de correr para la realidad virtual



OMNI VR
Treadmill

Otros sentidos

- Audio 3D
- Pantallas olfativas
- Gusto virtual
- Táctil (no sólo los dedos)
 - Conducir un auto
 - Sentir el viento





**¿Cuál es el
límite?**





Attribution-ShareAlike 4.0 International (CC BY-SA 4.0)

You are free to:

Share — copy and redistribute the material in any medium or format

Adapt — remix, transform, and build upon the material for any purpose, even commercially.

The licensor cannot revoke these freedoms as long as you follow the license terms.

Under the following terms:



Attribution — You must give appropriate credit, provide a link to the license, and indicate if changes were made. You may do so in any reasonable manner, but not in any way that suggests the licensor endorses you or your use.



ShareAlike — If you remix, transform, or build upon the material, you must distribute your contributions under the same license as the original.

No additional restrictions — You may not apply legal terms or technological measures that legally restrict others from doing anything the license permits.

<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>