

# DISEÑO DE UN PROTOTIPO MÓVIL DE PERCEPCIÓN ESPACIAL

Juan Carlos Albaladejo González y Raquel Pérez Martín  
jcalbala@ull.es racheloca@hotmail.com

## RESUMEN

Proyecto de investigación llevado a cabo desde el departamento de Escultura y Pintura de la Facultad de Bellas Artes, como entidad colaboradora del proyecto Espacio Acústico Virtual. Una breve contribución durante la cual se han aportado soluciones a problemas estéticos y tecnológicos del diseño de prototipo anteriores. Ya desde varios años la facultad de Bellas Artes ha colaborado en este proyecto aportando su experiencia y conocimientos en el ámbito artístico-tecnológico.

PALABRAS CLAVE: Universidad de La Laguna, espacio acústico virtual, percepción espacial, prototipo, departamento escultura pintura.

## ABSTRACT

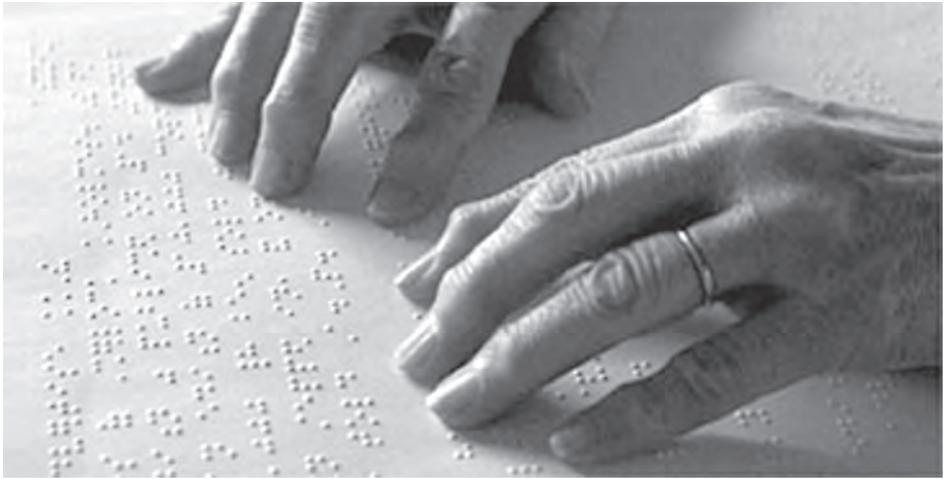
Contribution by the Department of Sculpture and Painting of the Laguna University to the Acoustic Space project —an interdisciplinary project—, consisting in designing a device which allows visual space to be translated into acoustic space, helping to adapt the surrounding world of the visually impaired.

KEY WORDS: Sound view, image, surroundings, glasses, information technology, design, prototype.

Proyecto de investigación llevado a cabo desde el departamento de Escultura y Pintura de la Facultad de Bellas Artes, como entidad colaboradora del proyecto Espacio Acústico Virtual. Una breve contribución durante la cual se han aportado soluciones a problemas que venían de atrás, en lo referido a la parte estética del diseño de prototipo anteriores, así como ubicación de componentes para una mejor adaptabilidad para el usuario. Ya desde varios años la facultad de Bellas Artes ha colaborado en este proyecto aportando su experiencia y conocimientos en el ámbito artístico-tecnológico.

La dirección del proyecto corre a cargo de Juan Carlos Albaladejo González Catedrático y Raquel Pérez Martín como becaria adscrita a aquél.





Son varias las instituciones que, de una u otra manera, han estado vinculadas al proyecto Espacio Acústico Virtual. Los pilares que sustentan el proyecto son la Universidad de La Laguna, mayoritariamente a través del Departamento de Fisiología de su Facultad de Medicina y el Instituto de Astrofísica de Canarias, a través de su Área de Instrumentación. Estas dos instituciones son las encargadas de coordinar el proyecto, formar investigadores y proporcionar las instalaciones y los medios técnicos adecuados para su puesta en marcha.

El proyecto necesita para su ejecución contar con un grupo multidisciplinario que engloba a ingenieros, físicos, médicos, informáticos, etc. Por otro lado, es necesaria la participación de una parte del sector industrial canario, que participe tanto desde el punto de vista técnico, financiero, comercial, etc.

Cuenta, además, con la ayuda de otras instituciones colaboradoras que proporcionan instalaciones y financiación extra, así el Gobierno de Canarias, el Ministerio de Ciencia y Tecnología, Instituto Tecnológico de Canarias.

Actualmente en nuestra sociedad existe un alto número de personas afectadas por alguna discapacidad, que les impide realizar aquellas tareas que para nosotros resultarían del todo cotidianas. Sin embargo, contamos con proyectos dedicados a intentar suplir esas incapacidades; mediante el desarrollo o adaptación de diferentes dispositivos, permitirán su plena integración en las tareas diarias.

## DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El presente proyecto consiste en el desarrollo de un dispositivo capaz de generar señales acústicas que contengan información espacial tridimensional, al objeto de que una persona pueda lograr una percepción del espacio que le rodea sin apoyarse en la visión. Esto es posible ya que tanto las imágenes como los sonidos



son consecuencia de una transmisión de fenómenos a distancia mediante soporte físico ondulatorio. Este hecho permite la captación de las características físicas del espacio que nos rodea, una vez activados los mecanismos neuronales que el cerebro humano utiliza para ello.

Los constantes progresos en el conocimiento de los procesos neurofisiológicos del procesamiento binaural, los importantes avances tecnológicos alcanzados tanto en visión artificial para su uso en robótica, así como el desarrollo de la representación tridimensional de sonidos, una técnica relativamente nueva orientada a la realidad virtual, nos ha llevado a sugerir la unión de ambas tecnologías, con la finalidad de que consigan conjuntamente generar a nivel cerebral una percepción tridimensional del espacio, tanto en personas ciegas como en las que presentan algún tipo de visión residual.

A tal fin, en este proyecto se ha desarrollado un prototipo que capta información tridimensional a partir de imágenes digitalizadas, así como posiblemente otras características físicas (color, textura...), transformándola posteriormente a parámetros sonoros binaurales espacializados, generándose así de cara al sujeto un espacio acústico virtual representativo de dichas características. Todo este proceso se realiza en tiempo real, al objeto de permitir el aprendizaje mediante la interacción con dicho entorno.

La idea intuitiva que puede servir de base para ilustrar el objetivo propuesto se puede expresar como un intento de emular informáticamente la continua llegada de información al cerebro, a través de la vista, procedente del espacio que rodea al sujeto y transportada en la luz que ilumina dicho espacio. En este esquema, las imágenes del entorno se forman en la retina a partir de la luz que proviene de los objetos, y son procesadas por el cerebro hasta alcanzar la percepción mental de



dicho entorno. La analogía que se propone consiste en simular que los objetos del entorno son capaces de generar información sonora, que «suenen», y que esos sonidos contengan suficiente información de forma que puedan provocar la percepción del entorno. Esta simulación generaría un resultado análogo al que se obtendría de llenar los objetos (paredes, puertas, ventanas, sillas...) con pequeños altavoces que generasen sonidos representativos de sus cualidades físicas. Su audición en conjunto permitiría formarse una idea perceptual de cómo es el espacio que rodea al sujeto, de forma que este complejo escenario acústico le permita desenvolverse de modo conceptualmente análogo a si lo estuviera viendo.

Son diversos los prototipos que se han llevado a cabo durante los ocho años que ha durado el proyecto, más simples, más complejos, más pesados, más ligeros... Es nuestro cometido la realización de un prototipo mejorado estéticamente, tanto en sus dimensiones, adaptabilidad, facilidad de manejo, tacto, etc. Intentando adaptar el prototipo para su utilización en entornos no controlados, como pueden ser un domicilio, un edificio público, etc.

No se pretende, con la creación de este tipo de dispositivo, suplir el uso del perro o del bastón, sino ofrecer un instrumento de ayuda adicional para la realización de las tareas cotidianas.

## OBJETIVOS

### 1. OBJETIVO GENERAL Y DEFINICIÓN DEL PROTOTIPO A REALIZAR

Con la ayuda de la información recopilada sobre los anteriores prototipos, se pretende diseñar uno nuevo que servirá de soporte para los sensores del entorno y para la salida de los auriculares.

Desde de el punto de vista descriptivo, las gafas llevan una pareja de cámaras de vídeo en miniatura, a partir de cuyas imágenes el procesador calcula las distancias hasta los objetos, y genera los sonidos correspondientes a la situación en la que existieran fuentes sonoras ubicadas en esos objetos, los cuales han sido calculados específicamente para el usuario mediante el uso de sus funciones de transferencia HRTF. Esos sonidos se presentan a la persona ciega mediante unos auriculares que también forman parte de las gafas.

El objetivo es la creación un nuevo prototipo mejorando sus prestaciones técnicas, así como más ligero, menos voluminoso, estéticamente más aceptable con el que los invidentes se sientan cómodos al emplearlo en su vida cotidiana. Ha sido siempre ante todo un trabajo de colaboración mutua entre el equipo de montaje y los invidentes. Pues al final son ellos los que han de dar su aceptación al modelo.

La participación del usuario ha sido de vital importancia para la realización del prototipo.

Podríamos afirmar que ha sido un trabajo realizado entre todos, pero son ellos los que dan su aprobado al sistema. Tras diversas pruebas durante el proceso de desarrollo se han ultimado ciertos detalles que sin su ayuda nos hubiesen pasado desapercibidos.



Su colaboración muy útil ha sido no sólo para las pruebas electrónicas, auditivas etc., sino incluso para nosotros, que hemos dedicado nuestro trabajo a la mejora estética del prototipo.

## EVOLUCIÓN DEL PROCESO DE DISEÑO

### 1. INTRODUCCIÓN

El proceso de diseño se base fundamentalmente en la búsqueda de un prototipo portátil con ciertas limitaciones físicas, tamaño y peso que vienen preestablecidos por el mecanismo electrónico que debemos integrar al modelo. La unión de la estética y el sistema electrónico logrando su integridad es nuestro objetivo. Ocultando lo más posible cables, placa, etc., para que el usuario se sienta lo más cómodo posible al llevarlo.

Las gafas constituirán la imagen del proyecto y el proceso de evolución se basa principalmente en su diseño. Intentando suplir las carencias de modelos anteriores, con soluciones prácticas y eficaces.

Basándonos en los antecedentes del prototipo tenemos conocimiento de todas aquellas mejoras, novedades y cambios que se han llevado a cabo durante el tiempo que ha perdurado este proyecto. Desde que se iniciara el proyecto hace 8 años varios han sido los prototipos realizados. Cada uno de ellos se fue modificando atendiendo a las exigencias del momento. Cambios estructurales en la placa de circuitos, logrando así un menor volumen de ésta, y cada vez menor número de cables y demás componentes.



◁ 1<sup>er</sup> prototipo.

2<sup>o</sup> prototipo. ▷



◁ 3<sup>er</sup> prototipo.



# PROTOTIPO FINAL

## 1. INTRODUCCIÓN

Analizando en profundidad los antecedentes del prototipo se intentan buscar soluciones tanto técnicas como estéticas para las carencias que aquél poseía. Soluciones que dan como resultado un prototipo muy cercano al que podría comercializarse en un futuro, con características muy específicas en lo que se refiere al sistema electrónico-técnico y ante todo, lo que más nos preocupa, el aspecto estético, lográndose un gran avance en este campo.

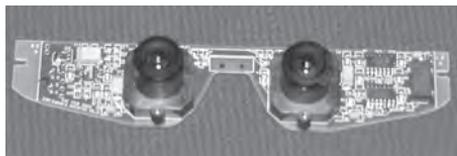


Podemos dividir las modificaciones en dos grupos:

## 2. MODIFICACIONES-ASPECTOS TÉCNICOS

### 2.1. *La placa*

Desde los prototipos preliminares se ha intentado la integración de la placa en un solo cuerpo, lo que ha cobrado una vital importancia en el trabajo. Primeramente consistía en un cuerpo para cada placa, pero a medida que avanza el proceso se creyó que la mejor solución sería unirlos en una única estructura. Esta única estructura está ya presente en el último prototipo precedente, sin embargo se producen una serie de modificaciones importantes en este último modelo.



△ Placa prototipo final.

### 2.1.1. Modificación-medidas

El primer aspecto que se varía son sus medidas, ya no se adapta el frontal a la placa de circuito electrónico sino que es ésta la que se adapta a las exigencias del frontal.

### 2.1.2. Modificación-forma

La adaptabilidad al frontal requiere además cambios en la forma de la placa. Estas modificaciones en la placa reducen considerablemente el peso con respecto a los anteriores prototipos. Además de mejoran la manipulación de aquélla.



△ Detalles de las ranuras laterales.

### 2.1.3. Modificación-modo de sujeción

Dos ranuras laterales a ambos lados de la placa de circuitos sirven de modo de contención junto con las bisagras de la montura frontal. En anteriores prototipos la placa se sujetaba en una pared de refuerzo que era prolongación de las patillas.

La no deformación de la placa es una de las ventajas de este mecanismo de manipulación de la placa. No se fuerza la estructura de las patillas hacia fuera y se evita que ceda el cuerpo de la placa, produciendo la curva que en el anterior prototipo era motivo de preocupación técnica. Al deformarse la placa, la dirección correcta de las cámaras integradas a la placa se pierde. Esto no sucede en el presente prototipo.

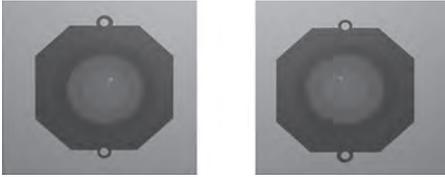


△ Con alabeo.

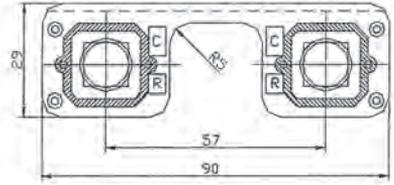


△ Sin alabeo.

CUADRO COMPARATIVO



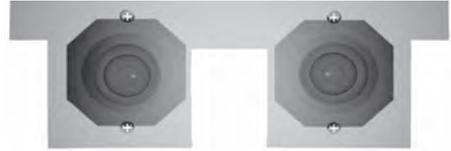
△ Primer modelo.



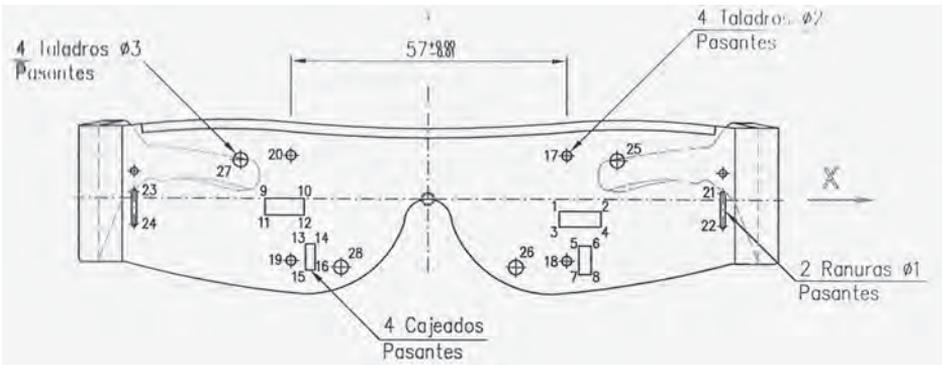
△ Segundo modelo.



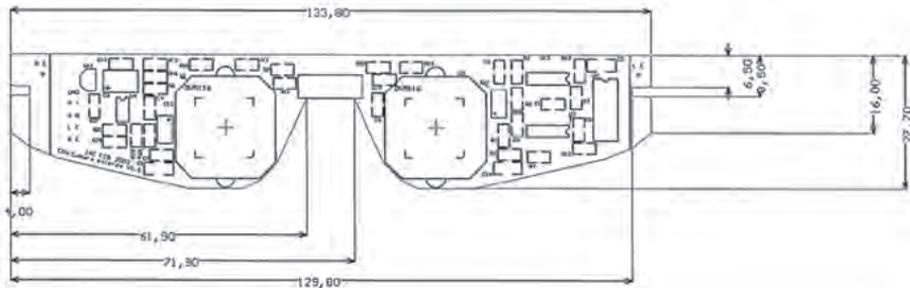
△ Tercer modelo (A).



△ Tercer modelo (B).



△ Cuarto modelo.



△ Modelo prototipo final.

### 3. MODIFICACIONES-ASPECTOS ESTÉTICOS

#### 3.1. *División de la estructura anterior*

Para el prototipo final se propone romper esa unión y eliminar la pared de refuerzo donde se apoya la placa. Como hemos comentado en los aspectos técnicos la placa se sujeta por sí misma y es la que divide la estructura de las gafas. Ya nos es necesaria esta pared, y cada una de las patas es independiente uniéndose al frontal mediante un mecanismo de bisagras convencionales. Ello permite que la posible rotura de una patilla no conlleve la realización de toda la estructura del prototipo.

La eliminación de esta pared de refuerzo, y como soporte de la placa de circuito, supone una ventaja desde el punto de vista del peso. A menor material empleado, menor es el peso, aspecto que favorece mucho al usuario.



△ Con pared de refuerzo.



△ Sin pared de refuerzo.

#### 3.2. *Estructura de las patillas*

Se estudia detenidamente la búsqueda de un sistema en el cual los cables estuvieran protegidos y al mismo tiempo ocultos, además de no molestar al usuario durante la manipulación del prototipo. Sin lugar a dudas esto supone el mayor avance realizado con respecto al prototipo anterior.

Recordemos que la patilla, en los modelos precedentes, estaban realizadas con una placa de metacrilato, recortada en ella una forma similar a la de una pata convencional de unas gafas, donde sus bordes habían sido redondeados. Además los cables se guiaban a través de unas ranuras mecanizadas y se cubrían con unas tapas del mismo material, es decir, metacrilato, para no ser vistos. En este sistema los cables únicamente se protegían mediante ese método de tapas.



△ Patilla.

Se crea así un sistema en el cual el cable se ubique dentro de la estructura de la patilla. Se realizan unas patas a modo de caja contenedora de los cables. Hueca en todo su espacio, donde se colocan los cables. El material empleado en la creación de las patillas sigue siendo el metacrilato. El proceso de creación de las patillas supone un trabajo manual y minucioso<sup>1</sup>.

Se tienen en cuenta varios aspectos, como la trayectoria de los cables, habilitando agujeros de entrada y de salida, evitando así su rotura por estrangulamiento.



△ Agujero de entrada.



△ Agujero de salida.

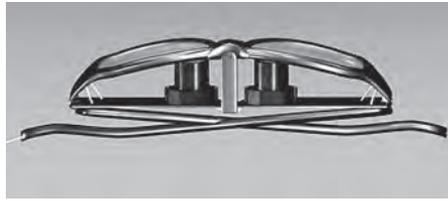
### 3.3. Plegado

En la totalidad de los antecedentes el prototipo no permitía el plegado de las patas. Manteniéndose una estructura fija, siempre en la misma posición, dificultando en gran medida el proceso de guardado en un simple estuche.

Este problema ha sido solucionado mediante la incorporación al cuerpo de las patas de un conjunto de bisagras que, junto con las bisagras del frontal, suponen un mecanismo de plegado fácil y seguro, sin peligro para la totalidad de los componentes que forman el prototipo. Por ejemplo, el tema de los cables con los orificios de entrada y de salida habilitados en las patillas, así como los orificios en cada extremo de la placa, aseguran que en el proceso de plegado los cables se muevan a través de ellos, con un movimiento libre.

---

<sup>1</sup> Proceso a base de recortar la placa de metacrilato, una pared para cada cara de las patillas, en conjunto 4 lados. Trabajo minucioso redondeando aristas y puliendo la superficie para sacar el brillo del material empleado.



△ Plegado.

### 3.4. Elección del frontal

Los cambios no se han limitado únicamente a la estructura de la gafas, sino también al frontal. Se ha intentado buscar un modelo que, a pesar de estar limitado por las exigencias de la estructura en la cual va ir montada, medidas verticales, ubicación de las cámaras, poseyera unas características más estilizadas que en los anteriores prototipos.

REQUERIMIENTOS EN LA ELECCIÓN DEL FRONTAL	
<i>Color</i>	Negro preferiblemente o color oscuro.
<i>Patillas</i>	No importa, creación propia de patillas.
<i>Largo de patillas</i>	Igual que en apartado anterior.
<i>Anchura horizontal</i>	Adaptado a la fisonomía del usuario. Elección individualizada.
<i>Cristales</i>	Oscuros. Filtros a cargo de los electrónicos.

La colaboración del usuario ha sido de gran ayuda para la elección del frontal. Con su ayuda se examinaron varios modelos; a través del tacto y la colocación sobre su fisonomía, exploró cada uno de los modelos que se le fueron mostrando. Y finalmente sería el usuario quien daría el visto bueno al frontal definitivo.



△ Frontal definitivo.



Diversos tipos de monturas fueron analizados hasta llegar al modelo final, que poseía las características requeridas.

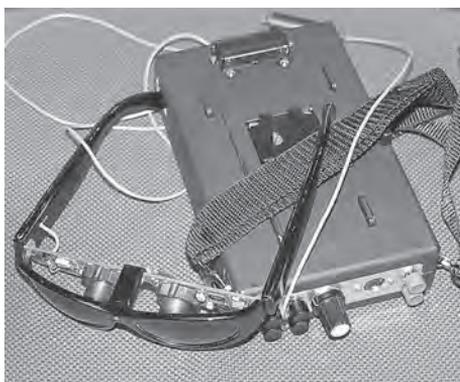
Este cambio en el frontal aporta una modernidad de la que carecían los modelos preliminares. Casi se podría decir que pasa inadvertida ante la sociedad; al haber eliminado volumen, su parecido es grande con unas gafas convencionales.

### 3.5. AURICULARES

La integración de los auriculares ha sido el mayor problema en la realización del prototipo. Primeramente durante el proceso de evolución se ha empleado un sistema de auriculares con diadema. El resultado exigía un cambio que integrara los auriculares en el cuerpo del prototipo, que fueran en definitiva, una sola estructura. Ahí radica el problema principal, buscar un medio de integración que no interfiriera en el sistema electrónico y de fácil colocación para el usuario. Incluso diseñar una pieza que fuera un proyección de la patilla para evitar posibles movimientos indeseados que dieran como resultado una mala audición del sistema de sonido.

Una de las primeras opciones sería la de los auriculares de botón o lenteja, pero rápidamente se desechó la idea, pues no poseían las características adecuadas, privando al usuario de sonidos provenientes del entorno, lo que suponía una desventaja, al mismo tiempo que un peligro para el usuario al encontrarse en entornos no controlados, calles, edificios, etc.

Tras muchos intentos, se pensó que mejor sería volver a la idea principal, emplear un sistema de auriculares de diadema, más fáciles de colocar para el usuario. Pues en caso contrario no se alcanzaría uno de los objetivos primordiales, la adaptación al usuario, la utilización del prototipo con facilidad, sin lío de cables ni de otros elementos anexos a la estructura de las gafas.



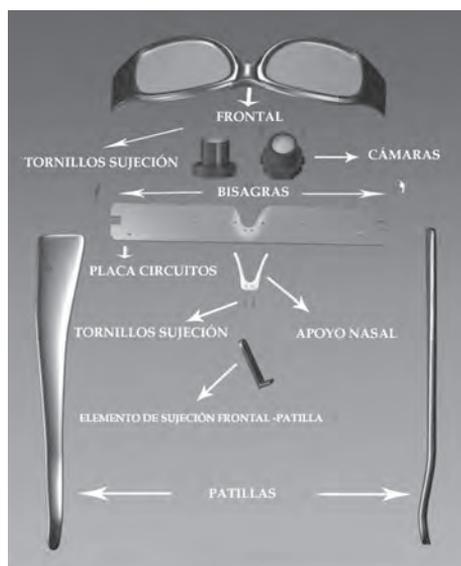
△ Prototipo final y procesador.

## ESTADO ACTUAL DEL PROYECTO

En la actualidad se sigue en el proyecto, para el cual se ha recibido una financiación de más de 700 millones de pesetas. Se está en la segunda fase del proyecto (EAV II), en que se trata de adaptar el prototipo para su utilización en entornos no controlados, como pueden ser un domicilio, una instalación deportiva, un edificio público, etc., así como mejorarlo y minimizar el tiempo necesario para la adquisición de las funciones de transferencia del movimiento de la cabeza, que es un parámetro indispensable para la adaptación del prototipo a cada persona.

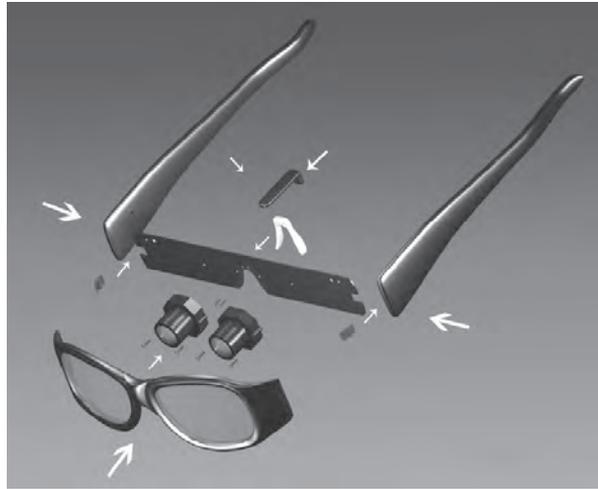
Sin embargo, el trabajo se centra ahora en las investigaciones que tienen que ver con la percepción del espacio usando únicamente sonidos, que es lo que siempre se ha hecho, dejando para el avance de la técnica y la colaboración de otros grupos la solución práctica de un sistema capaz de captar las distancias hasta los objetos. En este momento se utiliza un simulador, actualmente en construcción, y un sistema de cálculo de distancias basado en motivos conocidos que instalarán para las pruebas en el laboratorio.

A pesar de todo, no se ha pensado en ningún momento en desechar la solución práctica de las gafas. Previsiblemente cualquier sistema de captación del entorno, que se utilice en un futuro para un dispositivo comercial, debería ir ubicado en unas gafas, ya que son un elemento práctico y simple en su utilización. Se está intentando mejorar la estereovisión que se ha utilizado hasta el momento, es decir, el cálculo a partir de dos cámaras.

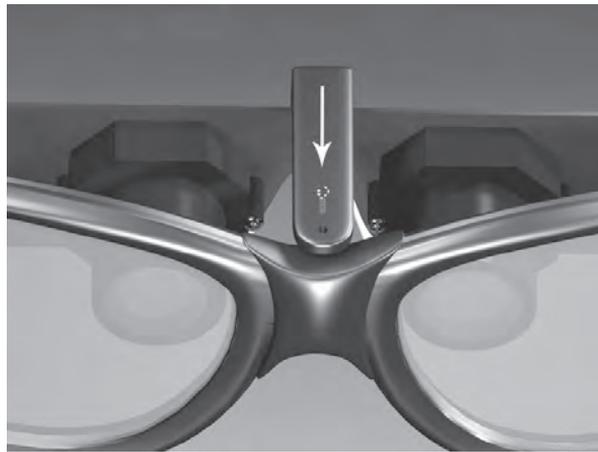


△ Componentes del prototipo.





△ Vista lateral.



△ Detalle desenganche frontal.