



UNIVERSIDAD DE JAÉN  
*Centro de Estudios de Postgrado*

Trabajo Fin de Máster

**DESCRIPCIÓN AUDITIVA DE  
ESPACIOS MARCADOS  
MEDIANTE UN SENSOR  
WEARABLE DE VISIÓN.  
SISTEMA INTELIGENTE DE  
VISIÓN A AUDIO (SIVIA)**

**Alumno/a:** Albín Rodríguez, Antonio Pedro

**Tutoras:** Dra. D<sup>a</sup>. Yolanda M<sup>a</sup> de la Fuente Robles  
Dra. D<sup>a</sup>. Macarena Espinilla Estévez

**Dptos:** Psicología  
Informática

**Julio 2017**





**UNIVERSIDAD DE JAÉN**  
*Centro de Estudios de Postgrado*

## Trabajo Fin de Máster

# **DESCRIPCIÓN AUDITIVA DE ESPACIOS MARCADOS MEDIANTE UN SENSOR WEARABLE DE VISIÓN. SISTEMA INTELIGENTE DE VISIÓN A AUDIO (SIVIA)**

**Alumno/a: Albín Rodríguez, Antonio Pedro**

Tutoras: Dra. D<sup>a</sup>. Yolanda M<sup>a</sup> de la Fuente Robles

Dra. D<sup>a</sup>. Macarena Espinilla Estévez

Dptos: Psicología

Informática

**Julio 2017**



# Índice General

Resumen .....	1
Abstract.....	3
1. Descripción del proyecto .....	5
2. Objetivos.....	9
3. Carácter innovador .....	11
4. Viabilidad del proyecto .....	13
5. Descripción técnica.....	17
6. Metodología y Plan de Trabajo .....	23
7. Presupuesto.....	27
8. Bibliografía.....	29
Anexo. Glosario de términos .....	31



# Índice de Tablas

Tabla 1. Planificación de tareas .....	25
Tabla 2. Presupuesto.....	27



# Índice de Figuras

Figura 1. Descripción gráfica de los elementos del proyecto.....	6
Figura 2. Gafas con dispositivo wearable de visión integrado .....	7
Figura 3. Laboratorio de Inteligencia Ambiental del CEATIC .....	14
Figura 4. Descripción gráfica de las tecnologías y herramientas del proyecto .....	17
Figura 5. Marcas visuales generadas con Aruco .....	18
Figura 6. Ejemplos de aplicación de marcas visuales generadas con Aruco.....	18
Figura 7. Ejemplo de aplicación de marcas visuales generadas con Vuforia.....	19
Figura 8. Dispositivo wearable de visión MeCam .....	20



# Resumen

El avance vertiginoso que se ha producido en el campo de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en nuestro tiempo, ha permitido una mejora indiscutible en numerosos campos de aplicación.

Uno de los campos que mayor impacto ha tenido el uso de las TIC es en el campo de la autonomía de las personas con el fin de superar la dependencia que puedan sufrir, ya sea de tipo sensorial, cognitiva o física. Esta circunstancia ha permitido el desarrollo de nuevas herramientas orientadas a dar soporte a estas personas con el fin de superar dichas limitaciones y mejorar sus capacidades en la realización de cualquier tipo de tarea.

Este Trabajo Fin de Máster (TFM) presenta una propuesta de uso de un dispositivo wearable de visión, en concreto unas gafas con una pequeña cámara, para identificar marcas visuales distribuidas en un espacio cerrado, junto al uso de un sistema inteligente instalado en un dispositivo móvil que permita realizar los procesos computacionales necesarios para describir el espacio de manera auditiva. El sistema inteligente para el dispositivo móvil fruto de esta propuesta se denominará SIViA (Sistema Inteligente de Visión a Audio).

A través de esta propuesta se pretende aumentar la autonomía de personas con diversidad funcional visual, pudiendo llegar a ser desplegada en diversos contextos; como por ejemplo en el contexto doméstico, para facilitar la realización de tareas cotidianas, en

el contexto laboral, permitiendo la realización de nuevas actividades laborales, y en el contexto sociocultural, fomentando la autonomía de estas personas en las visitas a dichos espacios.

En esta propuesta nos centraremos en el contexto doméstico, ya que es el espacio donde mayor tiempo suelen pasar las personas y donde es sencillo incorporar marcas visuales a los objetos que consideremos relevantes y que se desee obtener su descripción auditiva. Por tanto, la propuesta SIViA podrá utilizarse en el ambiente de la vivienda de la persona con diversidad funcional visual, mejorando las técnicas de reconocimiento.

La propuesta presentada seguirá una metodología evolutiva, la cual consiste en la generación de diversos prototipos del sistema hasta llegar al producto final. Cada uno de los prototipos generados será evaluado en el Laboratorio de Inteligencia Ambiental del Centro de Estudios Avanzados en Tecnologías de la Información y la Comunicación (CEATIC) de la Universidad de Jaén junto a profesionales de una clínica de terapia ocupacional de la provincia de Jaén y con pacientes que tengan diversidad funcional visual.

Una vez llevada a cabo la implementación de SIViA, se pretende difundir y publicitar los resultados obtenidos en diversos foros de la comunidad científica y a la sociedad en general con el fin de dar continuidad al proyecto en el ámbito social, laboral y doméstico de las personas con diversidad funcional visual.

# Abstract

The breakthrough that has taken place in the field of Information and Communication Technologies (ICT) in our time, has allowed an undeniable improvement in many fields of application.

One of the areas that has had the greatest impact in the use of ICT is in the field of the autonomy of people in order to overcome the dependence they may suffer, whether of a sensory, cognitive or physical type. This circumstance has allowed the development of new tools designed to support these people in order to overcome these limitations and improve their skills in performing any task.

This Master's Final Project (MFP) presents a proposal to use a wearable vision device, specifically glasses with a small camera, to identify visual marks distributed in a closed space, together with the use of an intelligent system installed in a device which allows the computational processes necessary to describe the space in an hearing way. The intelligent system for the mobile device resulting from this proposal will be called SIViA (Intelligent System of Vision to Audio).

Through this proposal it is tried to increase the autonomy of people with visual functional diversity, being able to be displayed in different contexts; for example in the domestic context, to facilitate the accomplishment of daily tasks, in the employment

context, allowing the realization of new labor activities, and in the sociocultural context, encouraging the autonomy of these people in the visits to these spaces.

In this proposal we will focus on the domestic context, because it is the place where people spend more time and where it is easy to incorporate visual marks to the objects that are considered relevant and that it is desired to obtain their hearing description. Therefore, the SIViA proposal can be used in the living environment of the person with visual functional diversity, improving recognition techniques.

The presented proposal will follow an evolutionary methodology, which consists in the generation of diverse prototypes of the system until arriving at the final product. Each of the prototypes generated will be evaluated in the Environmental Intelligence Laboratory of the Center for Advanced Studies in Information and Communication Technologies (CEATIC) of the University of Jaén, with professionals from an occupational therapy clinic in the province of Jaén, and with patients who have visual functional diversity.

Once the implementation of SIViA is carried out, it is intended to disseminate and publicize the results obtained in various forums of the scientific community and society in general in order to continue the project in the social, labor and domestic contexts of people with visual functional diversity.

# 1. Descripción del proyecto

El proyecto “Descripción auditiva de espacios marcados mediante un sensor wearable de visión. Sistema Inteligente de Visión a Audio (SIViA)” plantea una solución innovadora que persigue describir de forma lingüística espacios marcados con marcas visuales para dar soporte a personas con diversidad funcional en este ámbito. Así, este proyecto se encuentra dentro del contexto de realidad aumentada, la cual se encarga de procesar las imágenes captadas por un dispositivo wearable de visión y reconocer las marcas visuales, con el fin realizar una descripción auditiva del espacio.

Según la literatura científica revisada en este área de conocimiento, la realidad aumentada ha sido ampliamente utilizada en múltiples campos, entre ellos el campo de la educación (Wu, 2012) y del entretenimiento (Yamabe, 2013). Sin embargo en el ámbito de la diversidad funcional no ha tenido una gran aplicación hasta el momento.

Para el desarrollo de la propuesta presentada será necesario el uso de tecnología de visión artificial para describir los espacios en forma de audio (Dramas, 2008). Tradicionalmente esta tecnología se ha aplicado en sistemas de navegación por voz en espacios exteriores basándose en GPS y en la realización de rutas (Katz, 2012) (Katz, 2012b), o en procedimientos de reconocimiento de objetos poco precisos.

La propuesta que se plantea se basa en el desarrollo de un sistema inteligente instalado en un dispositivo móvil que sea capaz de procesar en tiempo real las imágenes

capturadas por un dispositivo wearable de visión y que genere la descripción auditiva de los objetos relevantes del entorno en el que se encuentre en tiempo real.

El proyecto permitirá llevar a cabo la implantación de este sistema en diversos espacios con el fin de que sean accesibles y que puedan ser descritos por el sistema inteligente que estará integrado en el dispositivo móvil de la persona con diversidad funcional visual. En la Figura 1 se ilustra el funcionamiento de SIViA.

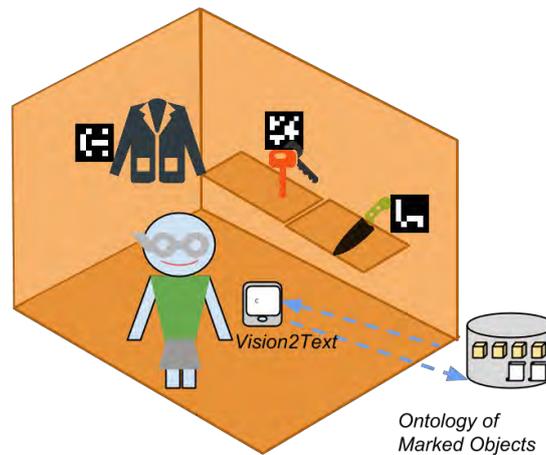


Figura 1. Descripción gráfica de los elementos del proyecto

Para conseguir esta meta será necesaria la utilización y el ensamblado de una serie de herramientas y componentes tecnológicos, que permitirán el desarrollo de esta propuesta.

Estos elementos se detallan en el siguiente listado:

- **Marcas visuales:** Para conseguir una mayor precisión, clasificar los objetos del entorno y minimizar los tiempos de detección, se usarán marcas que estarán integradas en los propios objetos y en el espacio.
- **Ontología de objetos marcados:** La descripción de los objetos que forman parte del entorno se realizará con el apoyo de una ontología formada por la información y descripción de cada objeto, y por la relación y lugar que ocupa en la jerarquía

del resto de objetos. En función de la posición en la que se encuentre el objeto y la persona, se especificarán relaciones espaciales de normalidad entre objetos. Por ejemplo: cuchillos dentro de la cocina, abrigo en el dormitorio, mando de la televisión en el salón, etc.

- Dispositivo wearable de visión: La persona con diversidad funcional visual portará un dispositivo wearable de visión ligero que le permita recopilar imágenes del entorno desde su punto de vista a través de una cámara. Por comodidad, el dispositivo wearable de visión irá ubicado en las gafas de la persona. En la Figura 2 se muestran dos dispositivos wearable de visión.



Figura 2. Gafas con dispositivo wearable de visión integrado

- Sistema inteligente: Este sistema será el encargado de recibir la información visual a través de una comunicación inalámbrica y procesarla con el fin de obtener una descripción lingüística en tiempo real que será transmitida de forma auditiva. El procesamiento será realizado en tres módulos:
  - Módulo de visión artificial.
  - Módulo de descripción lingüística.
  - Módulo de filtrado y ajuste de mensajes de voz.

Como se ha comentado, SIViA estará instalado en un dispositivo móvil, ya que el procesamiento y almacenamiento de información que necesita realizar es demasiado elevado y complejo para que lo pueda llevar a cabo el dispositivo wearable de visión.

El sistema inteligente integrará la metodología de computación con palabras (Computing With Words, CWW1) (Zadeh, 1996), que ha sido ampliamente utilizada en diferentes contextos que presentan incertidumbre, vaguedad o subjetividad (Kacprzyk, 2001) (Martínez, 2010).

## 2. Objetivos

El objetivo principal que persigue esta propuesta consiste en desarrollar un sistema inteligente que permita a las personas con diversidad funcional visual:

- (i) Recibir información lingüística de manera auditiva del entorno.
- (ii) Buscar e identificar objetos relevantes.

Gracias a que el proyecto cubrirá estos objetivos, SIViA se integrará en el contexto doméstico para poder llegar al mayor número de personas y por la sencillez de incluir marcas visuales en los objetos considerados como relevantes y que se desee obtener su descripción auditiva; no obstante, y por la propia versatilidad de SIViA, será posible implementarlo en otros contextos como el laboral y el sociocultural, de manera que se consiga:

- Aumentar la autonomía en contextos domésticos. En este ámbito la localización y la relevancia de los objetos serán descritas de forma automática mediante lenguaje lingüístico auditivo, facilitando la realización de actividades de la vida cotidiana utilizando las marcas visuales.
- Integrar a la persona en contextos laborales mediante el uso de marcas visuales que permitan la adaptación del contexto a la diversidad funcional visual. Debido a la descripción de objetos será posible su aplicación en espacios comunes, de manera que se facilite la integración de este tipo de personas en nuevas actividades

laborales, como por ejemplo facturación, empaquetamiento y logística de mercancías, donde las marcas visuales recogidas por el sensor de visión y su rápida velocidad de reconocimiento permitan localizar y encontrar objetos, si cabe, con mayor eficiencia que la búsqueda visual humana.

- Integrar a la persona en el contexto sociocultural, de manera que el SIViA se implante en espacios públicos, como museos y salas de exposiciones, donde las marcas visuales empleadas faciliten la autonomía de la persona en las visitas a dichos espacios, así como la descripción de los contenidos culturales.

Muchas de las innovaciones tecnológicas que en la actualidad se están produciendo, lo hacen gracias a tecnologías abiertas y al modelo colaborativo que existe en muchos colectivos sociales. Es por ello que para llevar a cabo esta propuesta se seguirá una filosofía de Open Source, en la que los desarrollos realizados y otros derechos se publiquen bajo una licencia de código abierto o que formen parte del dominio público.

Esta filosofía tiene un carácter fuertemente cooperativo y tiene entre otros objetivos, atraer a desarrolladores tecnológicos que aporten nuevas ideas, y que canalicen y empleen la herramienta en el ámbito empresarial con el fin de facilitar su implantación en diversos entornos; y por otra parte incluir e implicar a personas con diversidad funcional visual cuya experiencia y validación en esos entornos reales permita obtener soluciones de relevancia y de alto impacto.

### 3. Carácter innovador

El fin de este proyecto es desarrollar un sistema inteligente que sea ubicuo y versátil, en el que se emplee tecnología de realidad aumentada para facilitar la descripción auditiva de espacios marcados mediante marcas visuales que sirvan de soporte a la realización de tareas por personas con diversidad funcional visual.

Existen estudios en los que se hace uso de marcas visuales para la detección de objetos marcados en entornos de pruebas (Ugulino, 2015). En dicha investigación se revela un dato que se considera de vital importancia, y es que, en entornos en los que se usen dispositivos wearables de visión y se realice una descripción auditiva, es necesario que la persona disponga de las manos libres en su interacción con el entorno y además se recomienda evitar el uso de auriculares para no provocar incomodidades a largo plazo.

Asimismo, el sistema GPS (Sistema de Posicionamiento Global) sirve de soporte en aplicaciones de descripción de espacios para determinar la posición de los objetos (una persona o un vehículo) con una precisión, por norma general, de unos pocos metros a través de satélites. La limitación con la que se encuentra este sistema es que sólo es aplicable en el exterior, ya que en espacios interiores la señal de satélite no se recibe.

El carácter innovador de este proyecto reside principalmente en implantar SIViA en el interior de una vivienda, permitiendo una configuración que se adapte a los

requerimientos de cada persona y a las características del hogar, con el fin de aumentar su autonomía en el contexto doméstico.

Además, la innovación del proyecto se encuentra en el contexto donde se aplica, en el contexto doméstico de la persona con diversidad funcional visual, mejorando las técnicas de reconocimiento mediante el uso de marcas visuales asociadas a los objetos cotidianos que se encuentren distribuidos en el hogar y que se consideren relevantes.

## 4. Viabilidad del proyecto

Para que el proyecto descrito pueda llevarse a la práctica es muy importante que llegue al mayor número de personas y que se permita su implantación en el mayor número de espacios. Con estas premisas se ha tenido en cuenta como factor crítico en el desarrollo que el sistema inteligente propuesto sea de bajo coste.

Por este motivo, en la elección de los elementos que formarán parte de la construcción de SIViA han primado dispositivos de coste asequible, pero sin descuidar un rendimiento óptimo y el confort de la personas.

Cabe señalar que la integración del sistema inteligente mediante el uso de ontologías, permitirá construir y desarrollar ambientes accesibles mediante espacios marcados por marcas visuales sin tener que modificar la aplicación móvil. De esta manera, el usuario con diversidad funcional visual podrá interactuar con diferentes entornos sin necesidad de usar una aplicación móvil diferente. Con esta perspectiva de trabajo se contribuye al cumplimiento de hacer accesible el sistema al mayor número de personas posible.

La viabilidad del proyecto viene marcada por la colaboración del Laboratorio de Inteligencia Ambiental, situado en el Centro de Estudios Avanzados en Tecnologías de

la Información y la Comunicación (CEATIC<sup>1</sup>) de la Universidad de Jaén. Este SmartLab es de los primeros laboratorios de inteligencia ambiental centrados en la atención sociosanitaria de las personas mayores o con algún tipo de dependencia.

El laboratorio se encuentra ubicado en la dependencia 109 del edificio C6 (Centros de Investigación) de la Universidad de Jaén y dispone del equipamiento habitual de una vivienda convencional (cocina, salón, dormitorio, aseo, etc.), incorporando más de 130 sensores conectados en red que permiten a sus investigadores llevar a cabo el estudio de las personas que se encuentren en él de un modo real o simulado. El aspecto del Laboratorio de Inteligencia Ambiental puede observarse en la Figura 3.



Figura 3. Laboratorio de Inteligencia Ambiental del CEATIC

La existencia de este laboratorio ofrece la posibilidad de poder desplegar el proyecto en su fase de desarrollo, probar su funcionamiento de un modo real e incluso realizar las primeras pruebas con personas con diversidad funcional visual. Además, al disponer del equipamiento habitual en una vivienda, permitirá poder usar un gran número de objetos cotidianos en diferentes escenas del día a día.

Asimismo se contaría con la participación de diversos profesionales de una clínica de terapia ocupacional y de alguno de sus pacientes con diversidad funcional visual, que

---

<sup>1</sup> <http://ceatic.ujaen.es/>

permitan asesorar sobre las dificultades encontradas y obtener una retroalimentación del sistema inteligente desarrollado.



## 5. Descripción técnica

Para llevar a cabo el desarrollo de este proyecto será necesario implementar un sistema inteligente basado en una arquitectura que integre los componentes y las herramientas tecnológicas consideradas necesarias. En la Figura 4 se muestra gráficamente el uso de las tecnologías y herramientas que empleará SIViA.

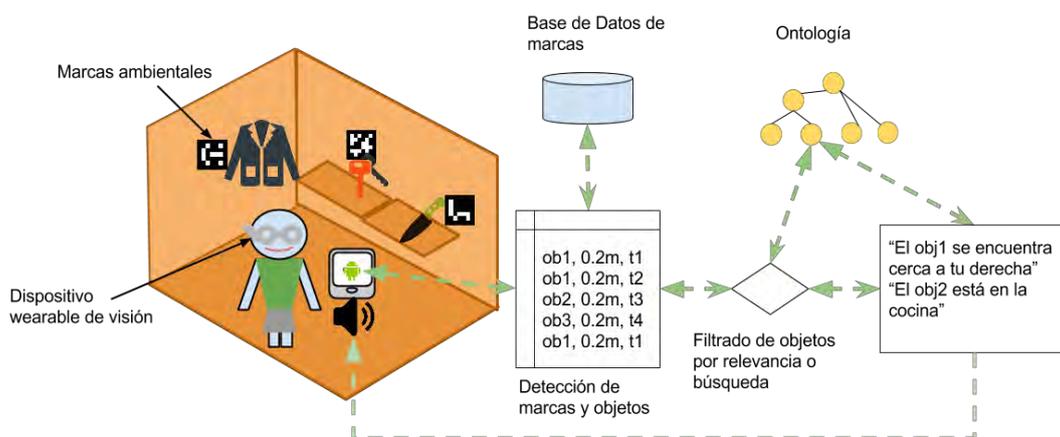


Figura 4. Descripción gráfica de las tecnologías y herramientas del proyecto

A continuación se describen en detalle cuáles son estos elementos:

- **Marcas visuales:** El objetivo que se cubre con este elemento es la identificación rápida y eficaz de los objetos a través de la visión artificial. Se han escogido dos tipos de marcas visuales para estudiar y analizar su uso en el proyecto:

- Aruco<sup>2</sup> (a minimal library for Augmented Reality applications), desarrollada en la Universidad de Córdoba. Permite la creación de marcas visuales, como las que se muestran en la Figura 5, con el fin de poderlas usar en interiores, como se refleja en la Figura 6.

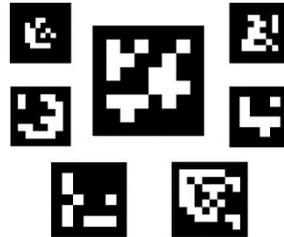


Figura 5. Marcas visuales generadas con Aruco

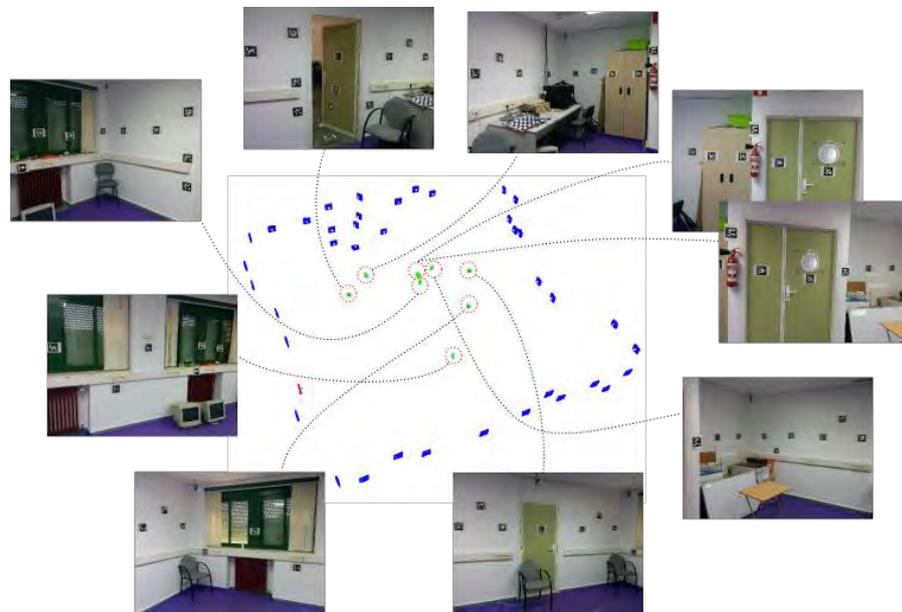


Figura 6. Ejemplos de aplicación de marcas visuales generadas con Aruco

- Vuforia<sup>3</sup> (frame markers), creada por una empresa líder en reconocimiento y procesamiento de imágenes en tiempo real. Como se observa en la Figura 7, permite mostrar información adicional sobre las imágenes capturadas.

<sup>2</sup> <https://sourceforge.net/projects/aruco/files/>

<sup>3</sup> <https://developer.vuforia.com/downloads/sdk>



Figura 7. Ejemplo de aplicación de marcas visuales generadas con Vuforia

SIViA permitirá la generación de estas marcas visuales para su posterior impresión en una pegatina que se adhiera fácilmente a los objetos del entorno.

- Ontología de objetos marcados: Estará formada por la información y descripción de cada objeto, y por la relación y jerarquía con el resto de objetos. Esta ontología estará definida con el editor Protégé<sup>4</sup> para establecer las relaciones semánticas y de localización de los objetos. Además se relacionará la normalidad de la ubicación de los objetos respecto al espacio (habitaciones, salas o dependencias). Estos datos serán tratados para detectar anomalías (un cuchillo en el baño, en lugar de la cocina).
- Dispositivo wearable de visión: Inicialmente se ha valorado la posibilidad del uso del dispositivo MeCam<sup>5</sup>, debido a las grandes posibilidades que proporciona y sus características de pequeñas dimensiones, bajo peso y precio asequible. En la Figura 8 se muestra el dispositivo MeCam.

---

<sup>4</sup> <http://protege.stanford.edu/>

<sup>5</sup> <https://mecam.me/>



Figura 8. Dispositivo wearable de visión MeCam

- Base de datos de marcas visuales: Los principios de la seguridad del sistema de información propuesto indican que se debe garantizar la integridad, confidencialidad y disponibilidad de los datos. Es por esto que la persistencia de los datos de este proyecto se logrará a través de una base de datos relacional MySQL que estará protegida.
- Sistema inteligente: Para analizar la información visual y obtener una descripción en tiempo real se desarrollará una aplicación móvil que será la encargada de realizar todo el procesamiento y almacenamiento de información, ya que delegar esa responsabilidad en el dispositivo wearable de visión es inviable por ser un procesamiento demasiado complejo. Este procesamiento será realizado en tres módulos que se describen a continuación:
  - Módulo de visión artificial: Este módulo se basa en la detección, la identificación y el cálculo de las distancias entre las imágenes recogidas por el dispositivo wearable de visión y las marcas visuales.

En el desarrollo de este módulo se hará uso de la metodología de computación con palabras a través de un enfoque lingüístico difuso (Zadeh, 1975), con el fin de construir un modelo que se encargue de la interpretación del flujo de imágenes (vídeo) del dispositivo wearable de visión.

Para ello se usará la ontología de objetos marcados descrita anteriormente, que determine las relaciones de cercanía, normalidad y anormalidad de los objetos en el espacio. Asimismo, la relevancia de los objetos se calculará, permitiendo modelar el tiempo de observación, la distancia y la localización de los objetos.

- Módulo de descripción auditiva: En base a la información recabada por el módulo de visión artificial y de la ontología de objetos marcados, se describirán los objetos, la distancia y la posición en referencia al dispositivo wearable de visión. Este módulo integrará un filtro de información para detectar los objetos relevantes en base al tiempo, la distancia y la posición de la persona.

Los objetos detectados se describirán mediante voz usando términos lingüísticos y expresiones cualitativas complejas (Rodríguez, 2012) cuya interpretación sea cercana al modelo cognitivo humano.

- Módulo de filtrado y ajuste de mensajes de voz: La persona con diversidad funcional visual podrá ajustar y filtrar la información proporcionada, para buscar la que es relevante para él o ajustar el nivel de detalle de las descripciones proporcionadas por el sistema.
- Entorno de desarrollo: El desarrollo de este sistema inteligente en el dispositivo móvil se realizará con el entorno de desarrollo Android Studio<sup>6</sup> para versiones del sistema operativo de Android superiores a la 2.4. Este entorno de desarrollo es el oficial para la plataforma Android y está basado en el software IntelliJ IDEA<sup>7</sup> de la compañía JetBrains. Permite el uso del lenguaje de programación Java para

---

<sup>6</sup> <https://developer.android.com/studio/index.html?hl=es-419>

<sup>7</sup> <https://www.jetbrains.com/idea/>

realizar los desarrollos. Es gratuito a través de Licencia Apache 2.0. De esta manera se conseguirá la integración de las tecnologías descritas en este apartado.

Todas estas tecnologías y herramientas en su conjunto, permitirán el desarrollo del sistema inteligente que será instalado en el dispositivo móvil de la persona con diversidad funcional visual.

Para permitir la conexión entre el dispositivo móvil y el dispositivo wearable de visión, será necesario utilizar protocolos inalámbricos que faciliten el uso de SIViA en un entorno real a través de Bluetooth Low Energy (BLE-IEEE 802.15.1).

El funcionamiento de comunicación consistirá en que el dispositivo móvil se conecte por conexión WiFi (IEEE 802.11b) a una base de datos situada en un servidor. Esta base de datos almacenará las marcas visuales utilizadas y el contexto de los objetos interiores de manera personalizada, con el fin de facilitar la implantación de SIViA en entornos reales. Es importante señalar la flexibilidad que proporciona el sistema propuesto, ya que para implantarlo en distintos espacios y contextos sólo es necesario un dispositivo wearable de visión, un dispositivo móvil con el sistema inteligente instalado y conexión con Bluetooth Low Energy.

## 6. Metodología y Plan de Trabajo

El presente proyecto se desarrollará bajo una metodología evolutiva. Este tipo de metodología se basa en la idea de obtener iterativamente diversos prototipos, que se evaluarán de manera periódica por parte de todos los integrantes del proyecto, con el fin de ir refinando los requerimientos funcionales del sistema inteligente a través de sucesivas versiones del prototipo hasta alcanzar el producto final.

Bajo esta metodología, los prototipos se construyen rápidamente con el fin de comprender con facilidad y aclarar los aspectos que garanticen este desarrollo progresivo. De esta forma, se minimiza el riesgo de cometer errores y la incertidumbre en el desarrollo y evolución del propio del proyecto.

En proyectos como el descrito en esta propuesta, es indispensable realizar una división del trabajo en diferentes etapas. Con esto se facilita la evaluación del desarrollo, con la finalidad de detectar rápidamente los problemas para proponer soluciones y para proponer requerimientos de posibles nuevas especificaciones.

En este proyecto se pretenden desarrollar 4 prototipos para lo que es necesario dividir el desarrollo completo en 11 tareas. A continuación se realiza una descripción de cada una de ellas:

- Prototipo 1:

- Tarea 1: Integración de las capturas del dispositivo wearable de visión en tiempo real con el dispositivo móvil.
- Tarea 2: Integración de la lectura de marcas ambientales usando las librerías Aruco y Vuforia de realidad aumentada. Estimación de la marca y cálculo de distancia respecto al observador
- Tarea 3: Informe de resultados y rendimiento. Tiempos de respuestas, cuellos de botella y propuesta de resolución basadas en paralelización.
- Prototipo 2:
  - Tarea 1: Integración de conocimiento en el dispositivo móvil basado en ontologías. Sincronización de los datos y relaciones de los objetos a partir de las marcas ambientales.
  - Tarea 2: Sistema de cálculo de relevancia para secuencias de marcas de objetos. Estimación de objetos relevantes en base a:
    - Tiempo y monotonía de observación por el usuario, primando los objetos recientes y novedosos.
    - Normalidad / anormalidad basada en la estructura de la ontología, primando objetos alejados de sus espacios cotidianos.
  - Tarea 3: Informe de resultados y rendimiento. Estudio de la relevancia obtenida por el sistema respecto observadores humanos.
- Prototipo 3:
  - Tarea 1: Integración de mensajes entre usuario y dispositivo móvil Texto-Voz y Voz-Texto.
  - Tarea 2: Generación automática de mensajes basados en la descripción ontológica de los objetos detectados. Generación de comandos de ajuste por voz.

- Tarea 3: Informe de resultados y rendimiento. Estudio de la adecuación de los mensajes de voz obtenidos por el sistema respecto oyentes humanos.
- Prototipo 4:
  - Tarea 1: Integración de componentes.
  - Tarea 2: Evaluación conjunta de los prototipos modulares. Rendimiento en dos entornos reales. Refinamiento y validación.

Asimismo, es conveniente realizar una estimación del tiempo que va a ser necesario para llevar a cabo la propuesta. Para ello se propone el siguiente cronograma, recogido en la Tabla 1, en el que se identifica un tiempo estimado de 12 meses para el desarrollo de SIViA y las tareas que se realizarán a lo largo de ese tiempo en correspondencia con la descripción de tareas anterior:

Tabla 1. Planificación de tareas

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
P1-T1	X											
P1-T2	X	X										
P1-T3			X									
P2-T1				X								
P2-T2				X	X							
P2-T3					X							
P3-T1						X						
P3-T2						X	X					
P3-T3							X	X				
P4-T1								X	X			
P4-T2										X	X	X



## 7. Presupuesto

Para que el proyecto pueda alcanzar sus objetivos con éxito y tenga la utilidad que merece, se ha tenido en cuenta como factor crítico que el desarrollo final sea de bajo coste. Además, una vez llevada a cabo la implementación, se pretende difundir y publicitar los resultados obtenidos con el fin de darlos a conocer en diversos foros de la comunidad científica y a la sociedad en general. Según estos criterios, los elementos necesarios para llevar a cabo el proyecto se recogen en la Tabla 2:

Tabla 2. Presupuesto

Concepto	Descripción	Coste
2 x Dispositivo wearable de visión.		<b>2 x 200 €</b>
2 x Dispositivo móvil con capacidad de cómputo (Android).		<b>2 x 100 €</b>
2 x Marcas visuales, impresión e integración en objetos.		<b>2 x 100 €</b>
Contratación de validación/ evaluación por una entidad de personas con diversidad funcional visual.	Evaluación e implantación del producto durante un mes en dos entornos de pruebas reales.	<b>2.000 €</b>

Remuneración del equipo de investigación.	Prototipo 1 = 6.000 € Prototipo 2 = 6.000 € Prototipo 3 = 4.000 € Prototipo 4 = 4.000 €	<b>20.000 €</b>
2 x Diseminaciones en foros de innovación, emprendimiento y start up.	Viajes asociados a la difusión de SIViA.	<b>1.200 €</b>
<b>TOTAL</b>		<b>24.000 €</b>

## 8. Bibliografía

Dramas, F., Oriola, B., Katz, B. G., Thorpe, S. J., y Jouffrais, C. (2008). Designing an assistive device for the blind based on object localization and augmented auditory reality. En S. Harper (Presidencia), *Assets '08 Proceedings of the 10th international ACM SIGACCESS conference on Computers and accessibility*, pp. 263-264.

Katz, B. F., Dramas, F., Parseihian, G., Gutierrez, O., Kammoun, S., Brilhault, A., ... Truillet, P. (2012). NAVIG: guidance system for the visually impaired using virtual augmented reality. *Technology and Disability, volumen (24(2))*, 163-178.

Kacprzyk, J. y Zadrozny, S. (2001), Computing with Words in Decision Making: Through Individual and Collective Linguistic Choice Rules. *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems*, volumen (9(4)), 89-102.

Katz, B. F., Kammoun, S., Parseihian, G., Gutierrez, O., Brilhault, A., Auvray, M., ... Jouffrais, C. (2012). NAVIG: augmented reality guidance system for the visually impaired. *Virtual Reality*, volumen (16(4)), 253-269.

Martínez, L., Ruan, D. y Herrera F. (2010), Computing with Words in Decision support Systems: An overview on Models and Applications. *International Journal of Computational Intelligence Systems*, volumen (3(4)), 382-395.

Rodríguez, R. M., Martínez, L., y Herrera, F. (2012). Hesitant fuzzy linguistic term sets for decision making. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, volumen (20(1)), 109-119.

Ugulino, W., y Fuks, H. (2015). Landmark identification with wearables for supporting spatial awareness by blind persons. En K. Mase (Presidencia) *UbiComp '15 Proceedings of the 2015 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing*, pp. 63-74.

Wu, H. K., Lee, S. W. Y., Chang, H. Y., y Liang, J. C. (2012). Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education. *Computers & Education*, volumen (62), 41-49.

Yamabe, T., y Nakajima, T. (2013). Playful training with augmented reality games: case studies towards reality-oriented system design. *Multimedia Tools and Applications*, volumen (62(1)), 259-286.

Zadeh, L. (1996), Fuzzy Logic = Computing with Words. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, volumen (94(2)), 103-111.

Zadeh, L. (1975), The concept of a linguistic variable and its applications to approximate reasoning. *Information Sciences, Part I, II, III*, volumen (8,9), 199-249, 301-357, 43-80.

## Anexo. Glosario de términos

### **Bluetooth Low Energy**

Tecnología abierta de comunicación inalámbrica, que ofrece comunicación entre dispositivos móviles y otros dispositivos más pequeños.

### **Computación con palabras**

Metodología que permite realizar procesos de computación complejos y razonamiento mediante el uso de palabras pertenecientes a un lenguaje en lugar del uso de variables numéricas.

### **Dispositivo wearable de visión**

Dispositivo electrónico que se integra en la ropa o como accesorio, que actúa como complemento a la visión de la persona.

### **Dominio público**

Situación en que queda un desarrollo software que implica que cualquier persona puede obtener el código fuente, modificarlo e incluso publicar sus modificaciones bajo una licencia diferente.

### **Enfoque lingüístico difuso**

Metodología basada en la lógica difusa que mejora la precisión y la interpretación de resultados en ambientes con incertidumbre, vagos e imprecisos a través del uso de variables lingüísticas.

**Espacio marcado**

Ubicación física en la que se emplean marcas visuales con una geometría definida que se utilizan para describir los objetos a los que van asociadas.

**Ontología**

En el ámbito de la ciencia de la computación es una definición formal de tipos, propiedades y las relaciones entre entidades que existen para un dominio en particular.

**Open Source**

Software cuyo código fuente y otros derechos son publicados bajo una licencia de código abierto o que forman parte del dominio público.

**Metodología evolutiva**

En ingeniería del software, se refiere al diseño rápido centrado en una representación de los aspectos del software que serán visibles para el cliente o el usuario final, con el fin de ser evaluado por el cliente para que haya una retroalimentación y se refinen los requisitos en la siguiente iteración.

**Modelo colaborativo**

Modelo de desarrollo de software cuyas bases son la disponibilidad pública del código y la comunicación vía Internet.

**Realidad aumentada**

Visión de un entorno físico del mundo real, a través de un dispositivo tecnológico.

**SmartLab**

Laboratorio de Inteligencia Ambiental.

**Tecnología abierta**

Tecnología que permite utilizarse cómo y cuándo se desee, garantizando el acceso y el estudio de su funcionamiento, con el fin de poder publicar y compartir esa información con terceros, y poder modificar o adaptar dicho funcionamiento.