

## II CONFERENCIA INTERNACIONAL DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN “CIPI 2019”

### Proyecto StreetQR<sup>1\*</sup>

#### Dispositivo de asistencia informativa para placas de calle y lugares de interés

#### *StreetQR Project*

#### *Device for Information Assistance in Streets and Places of Interest*

Gonzalo Ramos Jiménez<sup>1</sup>, Rafael Morales Bueno<sup>2</sup>, José del Campo-Ávila<sup>3</sup>, Andrés Matesanz Cuadrado<sup>4</sup>

1-Gonzalo Ramos Jiménez. Universidad de Málaga, España. E-mail: ramos@lcc.uma.es

2-Rafael Morales Bueno. Universidad de Málaga, España. E-mail: rmorales@uma.es

3-José del Campo-Ávila. Universidad de Málaga, España. E-mail: jcampo@uma.es

4-Andrés Matesanz Cuadrado. Universidad de Málaga, España. E-mail: matesanz.cuadrado@gmail.com

**Resumen:** En este trabajo se expone un ejemplo de transferencia de conocimiento desde la universidad hacia la sociedad, dentro del campo de la Inteligencia Artificial, con vista a obtener un encadenamiento productivo universidad-empresa. Así, se describe el proyecto StreetQR, cuyo objetivo es implementar el dispositivo de dicho nombre en el campus de la Universidad de Málaga, y que está actualmente en desarrollo. El StreetQR es un dispositivo de asistencia informativa para placas de calle y lugares de interés, que permite tres funciones: informar de manera situacional a los ciudadanos que están en una ciudad, captar información del flujo vehicular y peatonal de dicha ciudad, y alertar a la población en caso de situaciones especiales. En el trabajo se explica el dispositivo y su funcionamiento, así como el marco institucional que ha ofrecido la Universidad de Málaga para poder pasar de una patente a un proyecto que tiene por objetivo obtener un prototipo funcional del dispositivo en el campus universitario. También se expondrá el estado actual de desarrollo del proyecto.

---

<sup>1</sup>(\*) Proyecto financiado por el “I Plan Propio de Smart-Campus de la Universidad de Málaga”

**Abstract:** *In this paper we present an example of knowledge transfer from the university towards society, in the field of Artificial Intelligence, with the aim of getting a productive link between university and business. We describe the StreetQR Project, that pursue the implementation of such device in the University of Málaga's campus and that has begun its development. StreetQR device is an instrument to provide assistance information in streets or places of interest, offering three functionalities: to inform, situationally, to people in a city; to receive information about traffic (pedestrians or vehicles); and to warn people in case of special circumstances. We explain the components and operations of the device. Additionally, we present the institutional context offered by the University of Málaga to pass from a patent to a project destined to implement a real and functional device in the university campus. We also include most recent information about current state of development.*

**Palabras Clave:** Inteligencia Artificial; Ciudades Inteligentes; Transferencia Tecnológica; Aprendizaje Profundo; Visión por Computador; Código QR.

**Keywords:** *Artificial Intelligence; Smart Cities; Transfer of Technology; Deep Learning; Computer Vision; QR Code.*

## **1. Introducción**

Este trabajo presenta dos vertientes. Por una parte, se presenta un dispositivo, denominado StreetQR, que proporciona asistencia informativa para placas de calle y lugares de interés, y que permite tres funciones: informar de manera situacional a los ciudadanos que están en una ciudad, captar información del flujo vehicular y peatonal de dicha ciudad, y alertar a la población en caso de situaciones especiales.

Por otra parte, se presenta el proyecto del mismo nombre, que tiene por objetivo, a partir de una patente [1], obtener un prototipo funcional del dispositivo en el campus universitario. Esto ha sido posible gracias al impulso institucional por parte de la Universidad de Málaga.

Con esta doble vertiente el trabajo se organiza de la siguiente forma. A continuación, en el apartado "El dispositivo StreetQR", se hace una descripción del mismo y de su funcionamiento. En el apartado "El proyecto StreetQR" se describe el proyecto, dividiéndose en los subapartados "Financiación", "Integrantes" y "Fases", describiendo brevemente en ese último el punto en que nos encontramos dentro del proyecto.

Después, en el apartado "Implementación" se analiza, en dos subapartados, el "Hardware" y el "Software"; para terminar con el apartado "Conclusiones".

## **2. El dispositivo StreetQR**

StreetQR es un dispositivo de captación y provisión de información y contenidos multimedia accesibles a través de códigos QR.

Más particularmente es un dispositivo instalable en postes o fachadas de edificios, que se puede incorporar a una placa con el nombre de la calle, para asistir a los ciudadanos y centros de control de una ciudad en la obtención de información que se puede recabar en relación al lugar donde se instala.

El dispositivo de asistencia informativa tiene un captor de información, en concreto una cámara para capturar información en tiempo real relativa a la calle donde se sitúa la placa. La información se puede enviar a una unidad central remota de control para su acceso o procesamiento. Opcionalmente, esta información puede ser pre-procesada localmente por el dispositivo, por una unidad de procesamiento antes de enviarla.

Además, incorpora indicadores luminosos, un sensor de luz para iluminar o no la placa de calle, y un generador de audio para señalar acústicamente o informar mediante un altavoz de situaciones de emergencia en la calle. También posee una batería recargable y placas solares para recargar dichas baterías, de modo que puede funcionar sin conexión a la red eléctrica, o cuando ésta se interrumpe.

En la figura 1 se presenta un esquema del dispositivo StreetQR. Puede observarse la ranura (1) para introducir el código QR (3) removible, el cual al estar impreso en plástico es muy barato de fabricar y fácil de cambiar si fuera necesario. La cámara (2) permite captar el flujo vehicular y peatonal en el punto donde está instalado el StreetQR. El marco con leds (4) blancos se enciende para permitir ver el código QR y la placa de calle cuando el sensor de luz (9) detecta que es necesario. El altavoz (5) permite informar de situaciones especiales a los ciudadanos cuando es necesario (p.e. previsión de inundaciones, próximo corte de calle por obras, etc.). La placa (6) con el nombre de la calle o del lugar de interés no ha de cambiarse para usar este dispositivo, solo se desmonta de su ubicación y se vuelve a colocar en el mismo lugar pero esta vez sobre el StreetQR. La antena (7) permite la transmisión de la información recabada a la central correspondiente. Los leds laterales (8) sirven para avisar a los ciudadanos de alguna situación especial, invitándoles a escanear el código QR para recibir información actualizada sobre dicha situación. Se iluminan en distintos colores según el tipo de

aviso. Las placas solares (10) generan energía para alimentar el dispositivo, la cual se almacena en la batería (11).

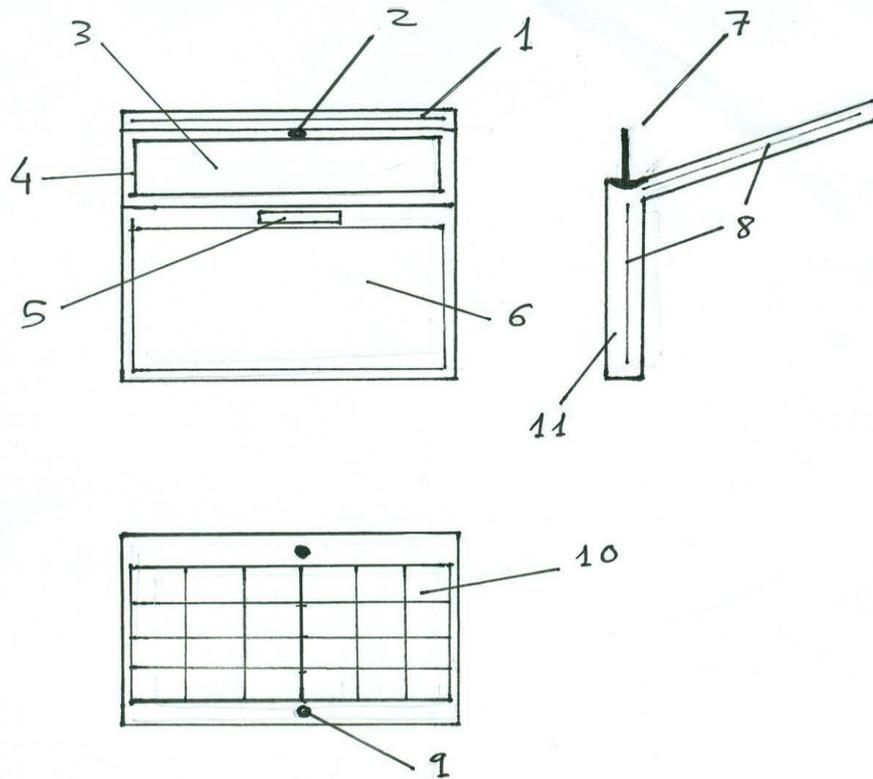


Figura 1. Esquema del StreetQR: (1) ranura; (2) cámara; (3) código QR; (4) marco con leds; (5) altavoz; (6) placa con el nombre de la calle; (7) antena; (8) leds laterales; (9) sensor de luz; (10) placas solares; (11) batería. Fuente: elaboración propia.

Habrà varios tamaños del dispositivo en concordancia con el tamaño de la placa del nombre de la calle y con la altura a la que se sitúe. También podría haber varios ángulos disponibles respecto a la horizontal del soporte del QR, el cual dependerá de la citada altura y de la anchura de la acera en la cual se instale.

Estos parámetros podrían afectar a la elección del material final con el que realizar el armazón del dispositivo: plástico o metal, y se estudiarán, como veremos más adelante, en la fase 1 del proyecto StreetQR.

El funcionamiento ya se ha esbozado al explicar el dispositivo, si bien es importante destacar que el primer preprocesamiento de la información recogida por la cámara se haría directamente en el dispositivo, de forma que la información transmitida fuera ya

preprocesada. Así, y con vistas a preservar la intimidad de los ciudadanos, el dispositivo procesaría las imágenes de la cámara, calcularía cuantos vehículos y peatones han pasado, por ejemplo, en el último minuto, y transmitiría dicha información, pero no las imágenes, que serían continuamente borradas. Esto, además de proteger la privacidad, haría que el volumen de datos a transmitir fuera mucho menor. Se pueden decidir otras formas de funcionamiento, las cuales serían compatibles con el dispositivo, pero la descrita es la que tenemos pensada por defecto para el StreetQR.

Además de la cámara, el dispositivo incorpora también, como hemos comentado, unas luces leds laterales (8) que pueden encenderse en varios colores y frecuencias de destello así como un altavoz (5). Están pensados para avisar a los peatones, con distintos códigos de colores y distintos sonidos o mensajes por el altavoz, de situaciones especiales, como por ejemplo que al día siguiente se va a cortar la calle por una obra, o que hay riesgo de inundación. La información completa de dichas situaciones especiales se podrá consultar a través del código QR. De esta forma se puede informar a los ciudadanos de una zona concreta de la ciudad de información útil de última hora.

### **3. El proyecto StreetQR**

Una vez hemos expuesto el dispositivo en el apartado anterior, en este apartado vamos a describir el proyecto que pretende construir un prototipo y llevarlo al campus universitario.

Así pues, primero describiremos el marco de financiación que estableció la Universidad de Málaga (UMA) a través de su I Plan Propio de Smart-Campus [2]. Después veremos los integrantes del proyecto y cómo hemos organizado el flujo de información; para terminar este apartado enumerando las fases que hemos establecido para la realización del proyecto.

#### **3.1 Financiación**

El Vicerrectorado de Smart-Campus de la Universidad de Málaga, tiene como misión, según está establecido, "Hacer de la Universidad de Málaga un referente en Sostenibilidad, convirtiéndose en un escaparate para las ciudades de todo el mundo y en ejemplo a nivel internacional, atrayendo a los mejores estudiantes, para convertirlos en los líderes de la sostenibilidad del mañana."

Dentro de las funciones de este Vicerrectorado queremos destacar dos vinculadas directamente con la creación del I Plan Propio de Smart-Campus, que son:

- Definir y desarrollar el concepto de “UMA Smart Campus”, como un campus inteligente y sostenible, basado en la aplicación de las nuevas tecnologías.
- Promover el uso del campus como “urban-lab” en proyectos de investigación, transferencia e innovación.

Así pues, en el primer trimestre de 2018, concretamente el día 7 de marzo, se presentaba el I Plan Propio del Vicerrectorado de Smart-Campus. A través de dicho plan se ofrecían ayudas para la realización de actuaciones con las siguientes características:

- Temáticas relacionadas con las líneas estratégicas del UMA Smart-Campus:
  - Emisiones, energía y agua
  - Naturaleza y entorno
  - Movilidad
  - TICs
  - Investigación, docencia e innovación
  - Salud y bienestar
- Implicación de la comunidad universitaria en la ejecución de proyectos multidisciplinares que integren la actividad académica con la transformación del campus, donde profesores, estudiantes, investigadores y PAS trabajen juntos en su desarrollo. Las actuaciones, de un año de duración, llevarían asociadas la realización de un proyecto piloto/prototipo en el campus. Además, dichas ayudas podrán tener como objetivo la realización de Trabajos de Fin de Grado y Máster, así como proyectos de I+D+i para el desarrollo del concepto de “UMA Smart-Campus”.

Se estableció un presupuesto total de 252.000 € para personal (contratados y becarios) y de 247.728 € para prototipos e infraestructura en dicho plan. Se estableció el baremo por el que se valorarían los proyectos presentados, el cual era público, así como los plazos.

Finalmente se presentaron un total de 56 proyectos, de los cuales fueron seleccionados 16.

Puesto que no había presupuesto para personal para todos los proyectos seleccionados, hubo una fase de negociación entre el Vicerrectorado y los responsables de los proyectos a fin de poder establecer reducciones de presupuesto que aún pudieran hacer posible la realización de los mismos.

En nuestro caso finalmente se unieron dos proyectos que habíamos propuesto en uno, y nos asignaron un presupuesto final de 48.900 €, 23.200 € para personal y 25.700 € para tres prototipos de los dos proyectos que se habían unido en uno. Uno de esos tres prototipos es el StreetQR que estamos exponiendo aquí. El dinero para personal lo

distribuimos en cinco becarios a cinco meses cada uno y un contratado a tiempo parcial durante once meses, de los cuales hablaremos en el siguiente subapartado.

Señalar además que el I Plan Propio del Vicerrectorado de Smart-Campus requiere que los proyectos financiados tengan un plan de difusión y comunicación, así como la definición de unos indicadores del resultado del proyecto.

En nuestro caso el plan de difusión y comunicación contempla las siguientes acciones:

- Creación de una página web dentro de la del grupo de investigación IA2 dedicada al proyecto.
- Enlaces a dicha página en todas las páginas de los cinco grupos de investigación implicados.
- Publicitar por redes sociales el proyecto así como los distintos hitos (ver apartado 3.3) del mismo que se vayan consiguiendo.
- Cooperación con el Vicerrectorado de Smart-Campus y con Comunicación de la UMA para divulgar el proyecto por sus vías [3].
- Indicar explícitamente en cada artículo científico relacionado publicado la financiación del proyecto por parte de Smart-Campus de la UMA.

Respecto a los indicadores de resultados en nuestro caso serán:

- Los hitos programados conseguidos (ver apartado 3.3).
- Impacto comunicativo a nivel de la sociedad en redes sociales y otros medios de difusión.
- Artículos científicos relacionados publicados en congresos y revistas.
- TFM y Tesis surgidas a partir del proyecto.

### **3.2 Integrantes**

Una de las fortalezas del proyecto StreetQR es su multidisciplinariedad. Sus integrantes son de cinco departamentos distintos, distribuidos de la siguiente forma:

· Departamento de Lenguajes y Ciencias de la Computación:

José del Campo Ávila (Grupo Investigación y Aplicaciones en Inteligencia Artificial) [jcampo@uma.es]; Ezequiel López Rubio (Grupo Inteligencia Computacional y Análisis de Imágenes) [ezeqlr@lcc.uma.es]; Llanos Mora López (Grupo Investigación y Aplicaciones en Inteligencia Artificial) [llanos@lcc.uma.es]; Rafael Morales Bueno (Grupo Investigación y Aplicaciones en Inteligencia Artificial) [rmorales@uma.es]; Gonzalo Ramos Jiménez (Grupo Investigación y Aplicaciones en Inteligencia Artificial) [ramos@lcc.uma.es]; Andrés Matesanz Cuadrado (Contratado)

[matesanz.cuadrado@gmail.com]; Antonio Miguel Pérez Segarra (Becario) [nono.amps@gmail.com].

· Departamento de Expresión Gráfica, Diseño y Proyectos:

Elidia Beatriz Blázquez Parra (Grupo Ingeniería Gráfica y Diseño) [ebeatriz@uma.es]; Manuel Damián Marín Granados (Grupo Ingeniería Gráfica y Diseño) [mdmarin@uma.es]; Eleazar Florido Cobos (Becario) [eflorido@uma.es].

· Departamento de Arquitectura de Computadores:

Manuel Ujaldón Martínez (Grupo Computación de Propósito General en GPUs) [ujaldon@uma.es]; Fernando Gallego Donoso (Becario) [fgallegodonoso@gmail.com];

· Departamento de Comunicación Audiovisual y Publicidad:

Salvador Doblas Arrebola [salvador.doblas@uma.es]; Laura Vargas Aguilar (Becaria) [laurava96@hotmail.es];

· Departamento de Física Aplicada II:

Mariano Sidrach de Cardona Ortín (Grupo Sistemas Fotovoltaicos) [msidrach@uma.es]; Marina González López (Becaria) 0619422347@uma.es.

Cada uno de los integrantes colabora en sus áreas afines con el objetivo de llegar a un prototipo operativo instalado en el campus universitario. Los responsables de los becarios en cada departamento se encargan de orientar a los mismos en la resolución de las tareas asignadas, siendo Andrés Matesanz (el contratado) el encargado de coordinarlos, junto con el responsable del proyecto (Gonzalo Ramos).

Dado su tamaño y multidisciplinariedad, para optimizar el funcionamiento del grupo que integra el proyecto utilizamos la herramienta "Trello" a fin de tener actualizadas las tareas que se van realizando. Si bien es una herramienta colaborativa en la que todos participamos, Andrés Matesanz (el contratado) es el responsable de la misma.

También con el objetivo de facilitar el buen funcionamiento del grupo, hemos establecido un diagrama con los principales flujos de información entre sus distintos integrantes. Esto no quiere decir que no se produzcan otros flujos, que sí los hay, pero estos son los principales. En la figura 2 se muestra dicho diagrama.

Además realizamos reuniones periódicas presenciales tanto del personal del proyecto (becarios y contratado) como de todos los integrantes del mismo. Las primeras con más frecuencia que las segundas.

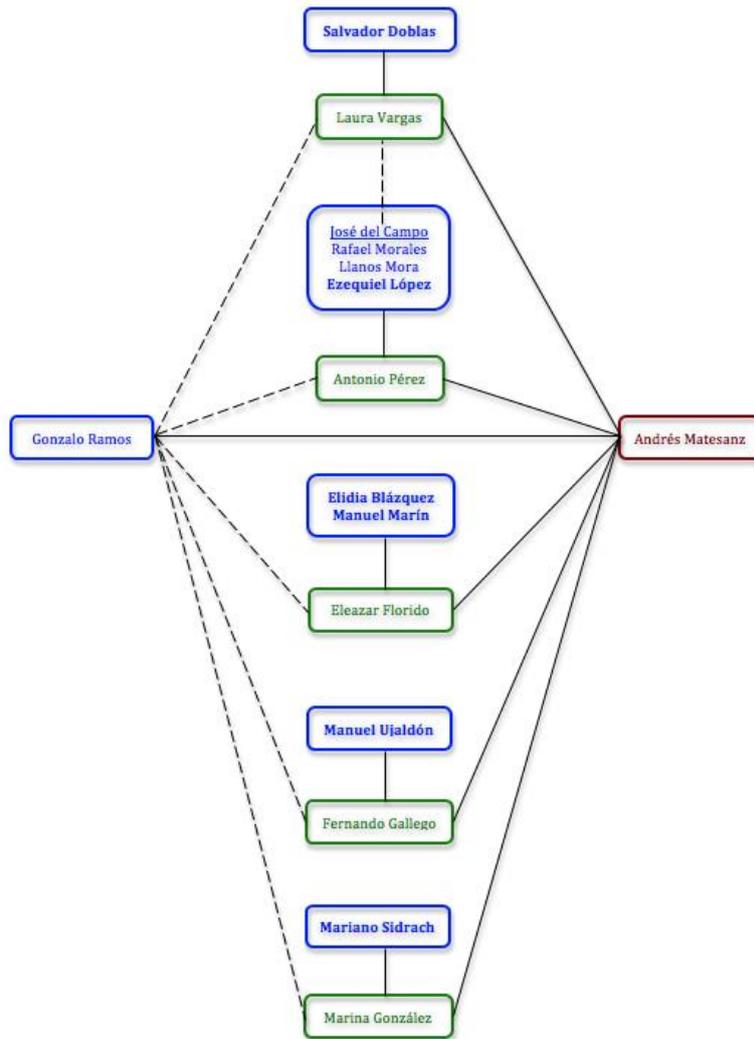


Figura 2. Principales flujos de información dentro del proyecto. Fuente: elaboración propia.

### 3.3 Fases

El plan de trabajo dentro del proyecto se divide en cuatro fases. La primera de cuatro meses de duración, la segunda y la tercera de duración trimestral, y la cuarta de dos meses de duración. Al final de cada una de la cuales se obtendrá un hito del proyecto, y se realizará un informe para el Vicerrectorado de Smart-Campus sobre dicho hito y una difusión en medios de su consecución. La duración propuesta de las fases es estimada, pudiendo variar según el desarrollo del proyecto. A continuación se describen las cuatro fases.

FASE 1: Creación del grupo de trabajo y asignación de tareas. Realización de las especificaciones técnicas de cada subsistema del dispositivo, y de sus requerimientos de

espacio, energía y computación. Diseño industrial del prototipo a partir de las especificaciones y requerimientos establecidos.

Hito 1: El diseño industrial de prototipo.

FASE 2: A partir del diseño industrial obtenido, estudiar los componentes a adquirir y seleccionarlos en base a sus especificaciones y precios. Adquirir dichos componentes. Ensamblar los componentes de los distintos sistemas del dispositivo siguiendo el diseño industrial de partida. Ensamblar los distintos sistemas para obtener un prototipo operativo.

Hito 2: El prototipo realizado físicamente.

FASE 3: Instalación del prototipo en su ubicación real en la calle. Puesta en marcha. Detección de problemas de funcionamiento y solución de los mismos. Obtención de los primeros datos y ajuste de los parámetros de los algoritmos para afinar su funcionamiento.

Hito 3: El prototipo operativo.

FASE 4: Seguimiento del funcionamiento del dispositivo en situación real y continua de funcionamiento. Recopilación de datos masivos para su análisis posterior. Detección de mejoras a realizar en la siguiente fase industrial.

Hito 4: Informe final del prototipo, sobre su funcionamiento en el entorno real y sobre las posibles mejoras futuras a realizar.

En el momento de escribir estas líneas (segunda quincena de febrero) podemos decir que nos encontramos en la mitad de la primera fase. Ya hemos creado el grupo de trabajo y hemos asignado las primeras tareas. Hemos realizado las primeras pruebas de campo sobre el terreno con cámaras provisionales para probar en el laboratorio distintos algoritmos a fin de realizar las especificaciones técnicas de cada subsistema del dispositivo, y de sus requerimientos de espacio, energía y computación. Cuando dichas especificaciones estén terminadas pasaremos al diseño industrial del prototipo a partir de ellas y de los requerimientos establecidos, con lo que terminaríamos con esta primera fase.

#### **4. Implementación**

En este apartado exponemos el hardware y software del StreetQR previstos en el estado actual de desarrollo. Es posible que algunos aspectos de esta implementación cambien, como resultado de las pruebas que se realicen durante la primera fase del proyecto e

incluso durante la segunda fase. De cualquier forma la descripción expuesta es la más actualizada al escribir este trabajo.

#### **4.1 Hardware**

El dispositivo en su versión inicial consta de un sistema de alimentación fotovoltaico apoyado por baterías, un sistema empotrado de procesamiento de información, componentes activos (altavoces, luces LED) y pasivos (Código QR [4]) de emisión de información, colectores de información (cámaras) y conectores de red para la transmisión de datos.

Alimentación. Enfocado a la autosuficiencia del prototipo. Íntimamente ligado a las exigencias técnicas de computación, el prototipo está siendo diseñado para maximizar la eficiencia de la alimentación a la vez que se minimizan las exigencias energéticas. La toma de energía consta de un sistema de placas fotovoltaicas colocadas en la parte superior. Una batería mantiene el sistema activo cuando las condiciones lumínicas son insuficientes.

Sistema Empotrado. Las primeras pruebas a pie de campo están siendo realizadas con un Getac que incorpora una tarjeta Gráfica Nvidia 950M. Sin embargo, el software (apartado 4.2) está siendo optimizado para su aplicación en una Nvidia Jetson TX2 que realizará en local, y de forma autónoma, el procesamiento de imágenes. En estadíos posteriores, está previsto que dicho procesamiento en local sea reemplazado por computación en remoto, y más adelante, por computación en la nube.

Código QR. Sistema pasivo de presentación física, colocado en la parte superior (cara interna de las placas), de tamaño suficiente para ser captado por un smartphone. El modelo inicial cuenta con una superficie de 0.5 metros cuadrados, unas dimensiones considerablemente elevadas, durante la fase de pruebas, que serán reducidas a necesidad hasta alcanzar un ratio tamaño/calidad de captación aceptable.

Señalizadores. Sistemas activos, luces led y altavoces, utilizados para indicar al peatón cualquier tipo de información relevante.

Cámara. Para la captación de imágenes, preparada para su utilización en exteriores y bajo condiciones climatológicas adversas.

Antenas de emisión-recepción para la transmisión de datos.

Todo ello ensamblado bajo un cuerpo de metal o plástico.

#### **4.2 Software**

La viabilidad del proyecto depende de la eficiencia de los algoritmos seleccionados para el procesamiento de imágenes, los cuales deben ofrecer una relación velocidad/eficiencia alta. Dichos algoritmos se basan en redes neuronales (en adelante RN) profundas, constituidas por millones de parámetros, lo que conlleva unas necesidades de energía y computación muy altas.

Para el reconocimiento de objetos están siendo estudiadas aproximaciones distintas:

1. En el primer caso está siendo empleada una estructura de dos redes: una Region Proposal Network, alimentada con la imagen original preprocesada, que determina las áreas de interés o ROIs y una segunda Red que toma dichas áreas y clasifica los objetos en su interior. La fiabilidad es alta, pero en detrimento de la velocidad de procesamiento. Las redes implementadas con este tipo de estructura son la Faster-RCNN [5] con caffe2 como backend, y en segundo lugar la Mask-RCNN [6] con Tensorflow (variante de la primera).
2. Una segunda aproximación formada por una única red en la que la imagen de entrada es procesada en una sola ocasión. Con este tipo de redes se consigue incrementar el número de frames procesados por segundo, en detrimento de la efectividad o fiabilidad en la detección. Para este apartado la red YOLOv3 [7] será la aplicada a lo largo del proyecto.

Tras la identificación del objeto (vehículos, viandantes...) se procede al seguimiento del mismo, de manera que el flujo de personas y vehículos pueda ser contabilizado.

Para los sistemas de tracking de objetos se están empleando variantes del filtro de Kalman [8]. Una nueva aproximación por aprendizaje reforzado [9] está siendo estudiada, aunque aún está por probar su eficacia.

## **5. Conclusiones**

Hemos presentado en este trabajo un dispositivo, el StreetQR, para asistencia informativa para placas de calle y lugares de interés, que permite tres funciones: informar de manera situacional a los ciudadanos que están en una ciudad, captar información del flujo vehicular y peatonal de dicha ciudad, y alertar a la población en caso de situaciones especiales. Además se ha expuesto dentro del proyecto que lleva su nombre, como ejemplo de transferencia de conocimiento desde la universidad hacia la sociedad, dentro del campo de la Inteligencia Artificial, con vista a obtener un encadenamiento productivo universidad-empresa.

Creemos, por una parte, que el dispositivo será útil, y que podría llegar a generalizarse su uso en multitud de lugares. Por otra parte también creemos que el marco institucional proporcionado por la Universidad de Málaga, que hemos expuesto, en su I Plan Propio de Smart-Campus puede servir de inspiración, con las adaptaciones que sean necesarias, para otras universidades que quieran impulsar un primer paso hacia el encadenamiento productivo universidad-empresa.

## 6. Referencias bibliográficas

- [1] Página de patentes de la Universidad de Málaga. (2019). Recuperado de <http://umapatent.uma.es/es/patent/streetqr-dispositivo-de-asistencia-informativ95b>
- [2] I Plan Propio de Smart-Campus de la Universidad de Málaga. (2019). Recuperado de <https://www.uma.es/smart-campus/info/111661/i-plan-propio-de-smart-campus>
- [3] DIAS2P + STREETQR - I Plan de Smart-Campus de la UMA. (2019). Recuperado de <https://eventos.uma.es/29978/detail/dias2p-streetqr-i-plan-de-smart-campus.html>
- [4] The QR Code Generator. (s. f.). What is a QR Code? (2019). Recuperado de <https://www.the-qr-code-generator.com/whats-a-qr-code>
- [5] Ren, S., He, K., Girshick, R., & Sun, J. (2017). Faster R-CNN: Towards Real-Time Object Detection with Region Proposal Networks. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 39(6), 1137–1149. <https://doi.org/10.1109/TPAMI.2016.2577031>
- [6] He, K., Gkioxari, G., Dollar, P., & Girshick, R. (2017). Mask R-CNN. In 2017 IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV) (pp. 2980–2988). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICCV.2017.322>
- [7] Redmon, J., & Farhadi, A. (2018). YOLOv3: An Incremental Improvement. Recuperado de <http://arxiv.org/abs/1804.02767>
- [8] Chen, X., Wang, X., & Xuan, J. (2018). Tracking Multiple Moving Objects Using Unscented Kalman Filtering Techniques. Recuperado de <http://arxiv.org/abs/1802.01235>
- [9] Yun, S., Choi, J., Yoo, Y., Yun, K., & Choi, J. Y. (2018). Action-Driven Visual Object Tracking With Deep Reinforcement Learning. *IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems*, 29(6), 2239–2252. <https://doi.org/10.1109/TNNLS.2018.2801826>

