

Aplicación móvil para la corrección automática de tests y encuestas con visión artificial

(ID2018/197)

Memoria de Resultados

Convocatoria de Innovación Docente – Curso 2018-2019



**VNiVERSIDAD
D SALAMANCA**

CAMPUS DE EXCELENCIA INTERNACIONAL

27 de Junio de 2019

I. CONTENIDO

I. Contenido.....3

II. Figuras.....3

III. Datos del Proyecto4

IV. Introducción.....5

V. Funcionalidades principales7

VI. Tecnologías y técnicas empleadas7

 1. *Visión Artificial* 7

 2. *Android*..... 8

 3. *Java* 8

 4. *OpenCV* 9

VII. Resultados del proyecto9

 1. *Requisitos*.....9

 2. *Implementación de las funcionalidades*..... 10

VIII. Conclusiones16

 1. *Líneas de trabajo futuras* 16

 2. *Grado de cumplimiento*..... 17

IX. Memoria económica.....17

X. Agradecimientos.....17

XI. Referencias18

II. FIGURAS

Figura 1. Frame con una hoja de tipo test donde se puede apreciar la perspectiva10

Figura 2. Hoja de tipo test después de aplicar la transformación de la perspectiva11

Figura 3. Interfaz de la APP desarrollada11

Figura 4. Vista en móvil de desarrollo Xiaomi Mi 812

Figura 5. Identificación de la hoja de test13

Figura 6. Ejemplo de identificación de recuadro de respuestas14

Figura 7. Pantalla de configuración15

III. DATOS DEL PROYECTO

TÍTULO: Aplicación móvil para la corrección automática de tests y encuestas con visión artificial

REFERENCIA: ID2018/197

CUANTÍA DE LA SUVENCIÓN: 255 €

PROFESORA COORDINADORA: Sara Rodríguez González

ORGANISMO: UNIVERSIDAD DE SALAMANCA

CENTRO: FACULTAD DE CIENCIAS

INVESTIGADORES QUE FORMAN EL EQUIPO:

Pablo Chamoso Santos, Diego Javier Valdeolmillos Villaverde, Alberto Rivas Camacho, Yeray Mezquita Martín, Alfonso González Briones, Emilio S. Corchado Rodríguez, Javier Prieto Tejedor, Juan Manuel Corchado Rodríguez, María Navarro Cáceres, Elena Hernández Nieves, Inés Xiomara Sittón Candanedo.

Departamento de Informática y Automática
Universidad de Salamanca - Facultad de Ciencias
Plaza de la Merced, s/n
37008 Salamanca

DURACIÓN: Octubre 2018 a julio 2019

IV. INTRODUCCIÓN

En la actualidad nos encontramos con una gran cantidad de investigaciones dentro del campo de la Inteligencia Artificial (IA) dirigidas a la ayuda tanto de los alumnos en tareas formativas e instructivas, como a los profesores en tareas de diseño y planificación de las actividades docentes.

Técnicas IA actuales como sistemas multi-agente, visión artificial, Deep Learning, Sistemas expertos de aprendizaje automático o Ambientes Virtuales de Aprendizaje son algunas de las estudiadas y aplicadas por los componentes del equipo en su carrera docente e investigadora. La motivación de este trabajo es demostrar la validez del uso de técnicas de IA en el ámbito educativo en una de las tareas docentes cotidianas muy concreta, la corrección y extracción de respuestas en tests. El proyecto trata de validar el uso de la visión artificial mediante la creación de una aplicación móvil que permita a los docentes llevar a cabo la corrección de los exámenes tipo test de forma autónoma o la realización de encuestas con el alumnado sin necesidad de pedir cita para la reserva y utilización de la máquina lectora y correctora de exámenes tipo test, de manera que permita la evaluación temprana de los mismos.

La Universidad de Salamanca cuenta con un sistema de lectura y corrección de exámenes de tipo test efectiva, con el objetivo de que los profesores de cualquier facultad y área puedan utilizar esta modalidad de exámenes para la evaluación del aprendizaje de sus alumnos. En este tipo de prueba de evaluación la respuesta es cerrada y el estudiante debe marcar una respuesta correcta de entre las que se propone. Este proceso facilita la rápida corrección evitando un excedente de trabajo a los docentes, puesto que lo realiza la máquina lectora disponible en el Centro de Procesamiento de Datos, localizado en la facultad de Derecho. Además, permite evaluar con objetividad a los alumnos, evitando tiempo en revisiones de exámenes, y los alumnos no necesitan esperar largos plazos para obtener su nota.

Actualmente en los grados de la Universidad de Salamanca, en el calendario de exámenes, fijado en enero y junio entre la primera y segunda convocatoria, se dispone de unos plazos muy cortos para la corrección. Esto ha conllevado en los últimos años a generar un excedente de peticiones para el uso de la máquina lectora, esto es, para su reserva de fechas y horas para la corrección de los tests. Como consecuencia directa de este excedente, en algunas ocasiones los alumnos pueden recibir con demora los resultados de sus evaluaciones, pudiendo empeorar sus resultados en segunda convocatoria y les puede producir descontento con el profesor, facultad o directamente con la Universidad.

La utilización de la máquina lectora de marcas, además, es también útil para la realización de encuestas al alumnado anónimas (o nominales), y pruebas psicotécnicas que pueden ayudar a conocer más a los alumnos, sin la necesidad de hacer un gran esfuerzo. Los cuestionarios son una de las formas más económicas de obtener datos cuantitativos. Se pueden dirigir a un público específico y administrar de diferentes maneras. Puedes seleccionar las preguntas así como el formato (abierto o de opción múltiple). Es una manera de recopilar grandes cantidades de datos sobre cualquier tema.

Las características principales de este tipo de máquinas lectoras son las siguientes:

- Son sistemas que aceptan información escrita a mano y la transforman en datos binarios inteligibles por el ordenador.
- Disponen de plantillas donde el usuario marca las áreas establecidas para este fin.
- Son dispositivos de lectura es capaz de reconocer que áreas se han marcado por el usuario.
- Los documentos que utilizan esta forma de lectura son desde cupones de quinielas, formularios de lectura de contadores, cuestionarios con respuesta de elección múltiple, etc.

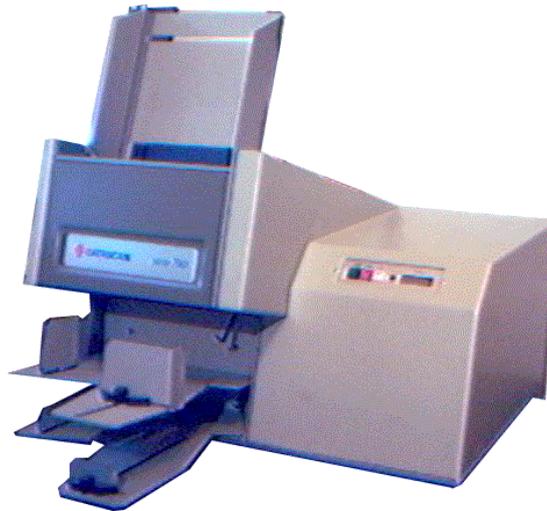


Figura 1. Ejemplo de máquina detectora de marcas.

En el sistema propuesto se puede definir:

- El examen modelo.
- El número de preguntas a responder.
- El número de fallos que restan una respuesta correcta.

Gracias al cálculo de los resultados de los alumnos y al almacenamiento de éstos en el propio teléfono, el docente puede obtener un informe con las calificaciones de todos los alumnos sin necesidad de pasar por la máquina lectora, lo cual es útil para los docentes y alumnos pudiendo obtener todos los resultados de los alumnos en minutos sin necesidad de reservar la máquina correctora.

Para ello, se utilizará la cámara trasera del móvil para obtener el modelo, una hoja con las respuestas correctas rellena por el docente, teniendo en cuenta que la hoja de marcas se puede encontrar en cualquier perspectiva, y una vez recogidas todas las notas se generará un informe con los resultados de todos los alumnos.

A lo largo de esta memoria se realizará una descripción más detallada de los aspectos más importantes en el desarrollo del proyecto. Cabe destacar que algunas de las imágenes han sido

tratadas para que allí donde aparecen nombres de usuario o datos de alumnos éstos no sean visibles.

V. FUNCIONALIDADES PRINCIPALES

Las funcionalidades principales obtenidas mediante la aplicación resultante desarrollada son las siguientes:

- Los docentes pueden utilizar la aplicación para obtener los resultados de los exámenes tipo test desde sus dispositivos móviles, para evaluar de forma rápida los resultados de sus alumnos sin la necesidad de reservar y desplazarse hasta la máquina lectora.
- El usuario, en este caso un docente, ingresará un modelo relleno con los resultados correctos, pudiendo asignar en la aplicación el número de preguntas y el número de ellas que restan una correcta.
- La cámara trasera del móvil será capaz de identificar la hoja tipo test teniendo en cuenta que ésta puede estar apuntada desde varias perspectivas, y a través de las marcas de la hoja de examen será capaz de identificar todas las marcas indicadas en ella identificando las correctas e incorrectas y calculando la nota del alumno según la configuración inicial indicada por el docente para ese examen.
- Además, incluirá un reporte donde se puedan ver las notas de los alumnos, lo cual facilitará el trabajo.

VI. TECNOLOGÍAS Y TÉCNICAS EMPLEADAS

Para el desarrollo del proyecto ha sido necesario la evaluación de las principales tecnologías y técnicas computacionales que permitían llevarlo a cabo. Este apartado recoge un resumen de las principales, aportando una descripción de cada uno y el uso dado en el proyecto.

1. VISIÓN ARTIFICIAL

La visión artificial se trata de una disciplina que engloba un conjunto de técnicas y métodos para poder obtener, procesar y analizar imágenes con el fin de poder ser tratadas por un computador, con el fin de tratar de simular los ojos y el cerebro del ser humano y la capacidad que tiene de captar el mundo que le rodea y actuar en consecuencia.

Actualmente la visión artificial se utiliza en muchas áreas, ya que el mundo tecnológico ofrece contenido en forma de imágenes de manera constante. Algunos ejemplos son la videovigilancia, el sector industrial con guiado de robots o inspección de piezas y la red social Facebook, la cual utiliza algoritmos para procesar las imágenes como por ejemplo para el reconocimiento de caras. Esta área de la inteligencia artificial ha evolucionado con el tiempo y,

apoyada con sensores de proximidad y movimiento, por ejemplo, ofrece mayor libertad de movimiento a las máquinas entre las líneas de producción o está siendo utilizada en dispositivos móviles. La visión artificial se ha utiliza en tareas como la clasificación de productos, la detección de artículos defectuosos, etcétera, y gracias al avance de tecnologías de Industria 4.0, ha sido posible añadirle técnicas de aprendizaje profundo, como las redes neuronales convolucionales, que pueden lograr una precisión sorprendente, a menudo alcanzando o incluso superando las capacidades de visión humanas.

2. ANDROID

Android es el nombre de un sistema operativo, creado por la compañía Android Inc. en 2003 y basado en el núcleo Linux, pensado inicialmente para teléfonos móviles, aunque hoy en día existen versiones de Android para otros dispositivos como televisiones (Android TV), relojes inteligentes (Wear OS) o coches (Android Auto). Se trata de un sistema de código abierto (opensource) donde las aplicaciones se programan por normal general en Java, lo cual hace que cuente con una amplia documentación para poder trabajar con él.

Entre sus características más formales y llamativas para decantarse en el presente proyecto por Android, destaca la gran capacidad de personalización que ofrece; el gran número de aplicaciones disponibles, ya que se trata de un sistema que resulta atractivo para los desarrolladores por considerarse “abierto” (al contrario por ejemplo de iOS, el sistema operativo de Android que tiene un ecosistema mucho más cerrado); y el precio, por el hecho de tratarse de un sistema opensource, implica que producir un dispositivo con Android o una aplicación tenga unos costes bajos.

3. JAVA

Java es un lenguaje de programación orientado a objetos publicado en 1995 cuya filosofía es permitir que los programadores escriban el código una sola vez y lo ejecuten en cualquier dispositivo.

Una de las cualidades que hace distintivo a Java es que compila el código, generando código byte el cuál posteriormente es utilizado por la Java Virtual Machine (JVM), que es la que se encarga de proporcionar la portabilidad. A día de hoy existen prácticamente JVMs para diferentes arquitecturas de todas las plataformas.

Java es el lenguaje de programación más utilizado para Android y el elegido para el desarrollo del proyecto. En Android, desde su versión 5.0, el encargado de la compilación Ahead Of Time (AOT) y Just In Time (JIT) es el Android Runtime (ART), la máquina virtual de este sistema operativo.

4. OPENCV

OpenCV (“Open Source Computer Vision”) es una librería de visión por computador de código abierto y multiplataforma, desarrollada inicialmente por Intel, la cual provee toda una infraestructura para las aplicaciones de visión artificial, con más de 2500 algoritmos para realizar todo tipo de acciones: identificar objetos, caras, permitir el seguimiento de objetos o reconocer escenarios entre otras muchas acciones.

Se trata de la librería más conocida y utilizada en este ámbito, tanto a nivel comercial como particular. Esto se debe en gran medida a que OpenCV busca ser una librería fácil de utilizar, con una buena documentación que permite familiarizarse rápido sin necesidad de llegar a tener unos conocimientos matemáticos o físicos extensos para entender el funcionamiento de los algoritmos que utiliza.

VII. RESULTADOS DEL PROYECTO

A continuación, se muestra algunas de las consideraciones más relevantes del desarrollo y resultados obtenidos del proyecto.

1. REQUISITOS

El proyecto inicialmente se pensó para que se probase y funcionase en un Xiaomi 8, aunque siempre tratando de buscar el carácter más general.

Los requisitos básicos para que la aplicación funcione correctamente son los siguientes:

- Versión mínima de Android, Android 6.0 Marshmallow. Esta versión tiene el mayor porcentaje de distribución de las distintas versiones de Android que hay actualmente.
- Resolución mínima de pantalla FullHD (1920x1080 píxeles). La mayoría de los teléfonos actuales de gama media/alta tienen una resolución de pantalla que es FullHD o superior. En los de gama alta, incluso llegando 4K/UHD (3840x2160 píxeles).
- Aplicación complementaria OpenCV Manager. En caso de que al compilar el código fuente hubiera algún problema con la librería de OpenCV, se puede instalar OpenCV Manager. Aunque aparezca un mensaje de instalar desde Google Play, esta versión no es compatible con la versión de la librería que estamos usando en el proyecto, por lo que se incluye la apk de OpenCV Manager para diferentes arquitecturas, siendo la más común arm64.

2. IMPLEMENTACIÓN DE LAS FUNCIONALIDADES

Este apartado recoge la descripción del proceso de implementación de las principales funcionalidades de la aplicación desarrollada. Esto es: Identificación de la hoja de cuestionario, interfaz, tomar modelo, configuración, obtener nota y ver resultados.

A) IDENTIFICACIÓN DE LA HOJA DE CUESTIONARIO

El principal reto que surge al intentar conseguir que la aplicación funcione correctamente es sin duda la identificación de la hoja de tipo test, que estará contenida en la imagen o frame que la cámara va tomando en cada instante y procesa la aplicación.

Hay que tener en cuenta aquí el concepto de la perspectiva, característica que permite representar objetos tridimensionales en una superficie plana, dando una idea de la posición, volumen y situación que ocupan respecto a la vista de un observador.

A diferencia de las máquinas correctoras de la Universidad de Salamanca donde ya se les proporciona directamente el examen, y se puede presuponer que realizan un escaneo o procedimiento similar de la hoja, teniendo con ello ya una representación plana, esta aplicación aparte de reconocer dónde está la hoja de tipo test debe conseguir la perspectiva de la misma pues se encontrará desplazada dentro de las tres dimensiones que representan la realidad: alto, ancho y profundidad. Por tanto, se necesitará aplicar una transformación de la perspectiva para lograr tener la hoja de tipo test en dos dimensiones.

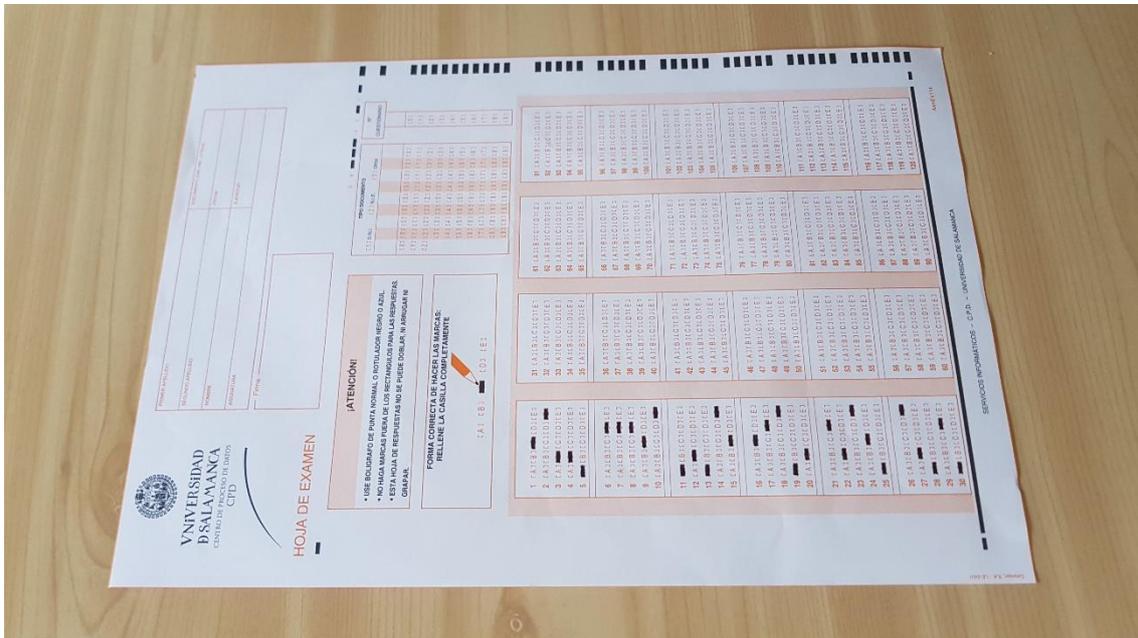


Figura 1. Frame con una hoja de tipo test donde se puede apreciar la perspectiva

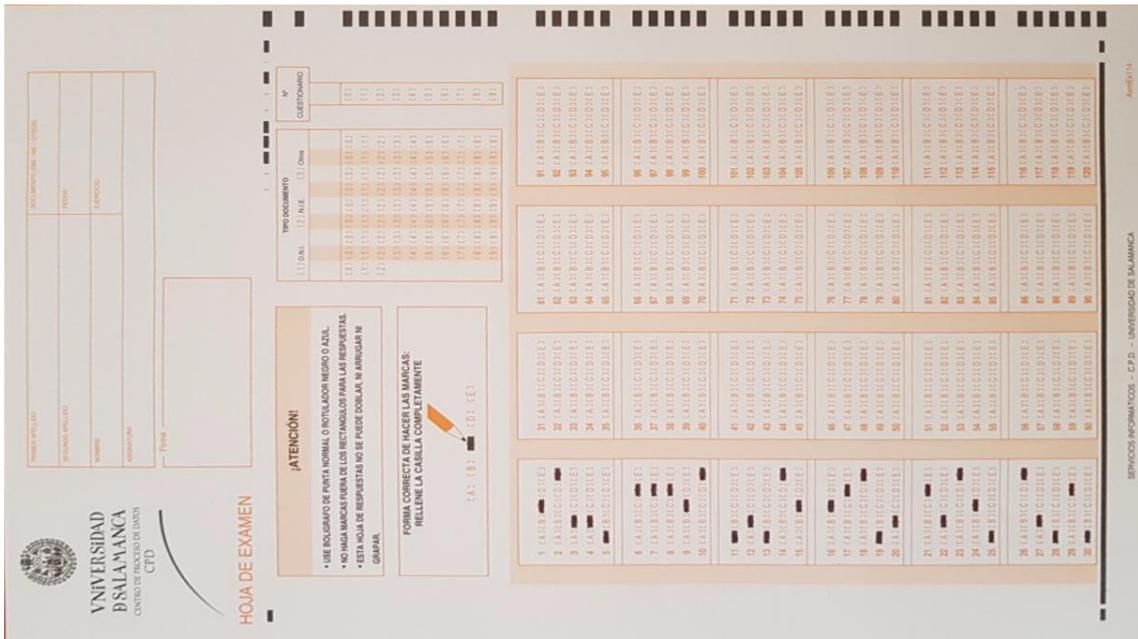


Figura 2. Hoja de tipo test después de aplicar la transformación de la perspectiva

B) INTERFAZ DE LA APP

En primer lugar, al iniciar la aplicación tenemos un menú principal, donde podremos navegar a las diferentes opciones que nos ofrece la aplicación. Al iniciarse la aplicación se carga el último modelo que haya guardado en la base de datos en caso de haber alguno.

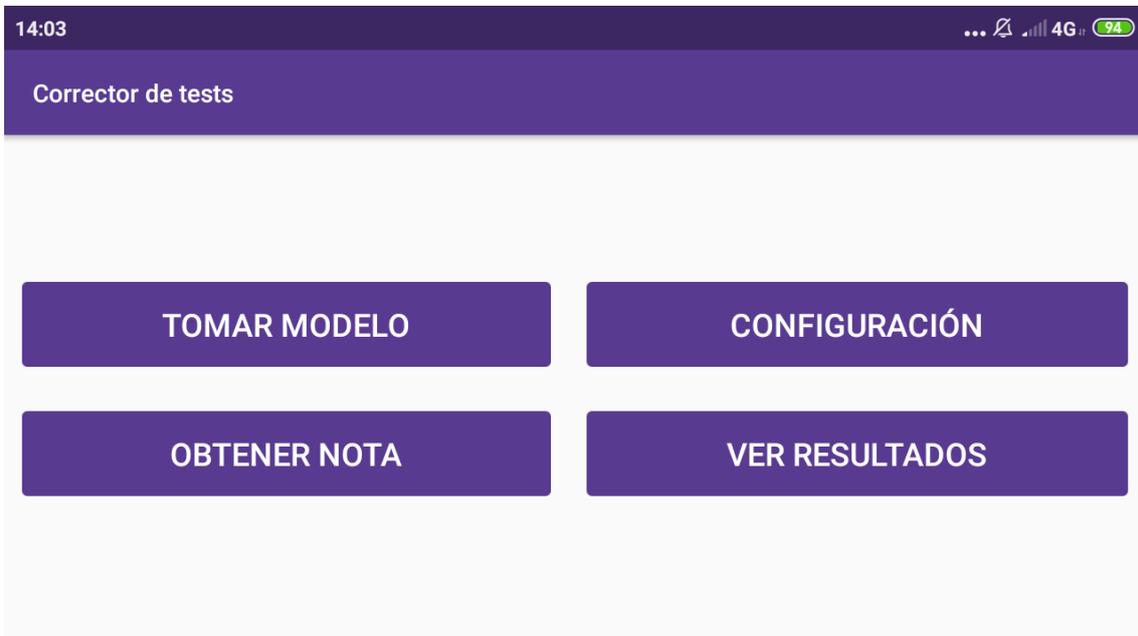


Figura 3. Interfaz de la APP desarrollada

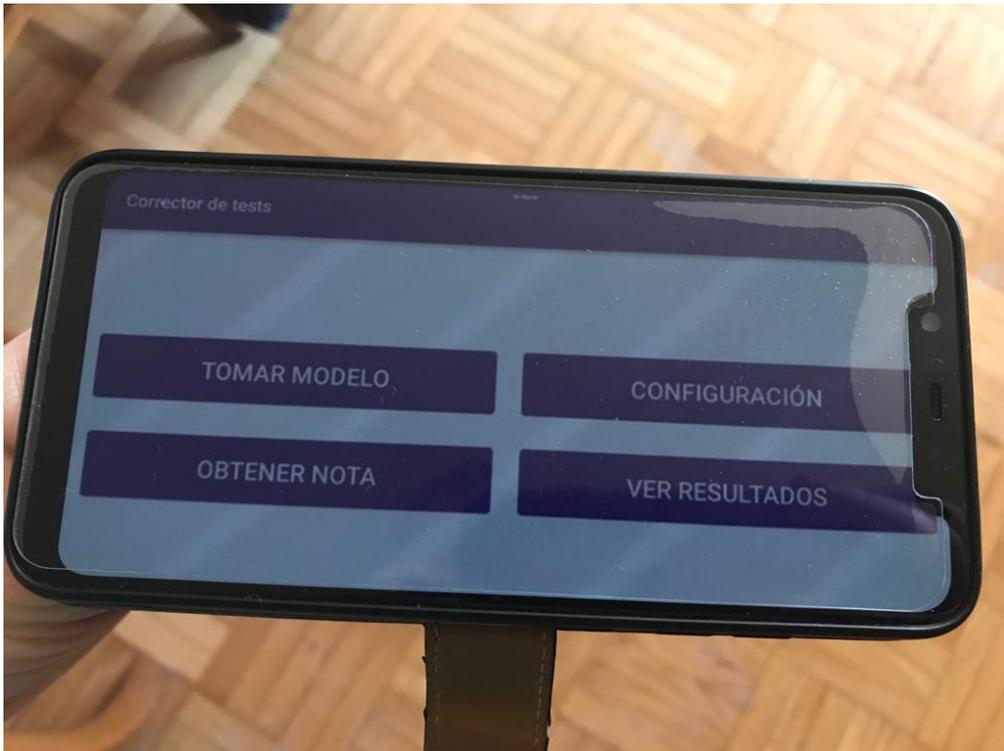


Figura 4. Vista en móvil de desarrollo Xiaomi Mi 8

C) TOMAR MODELO

Esta opción inicia la cámara del teléfono móvil para detectar la hoja de tipo test. Por código, se busca en cada frame el contorno más grande que se detecta marcando dicho contorno de color amarillo.

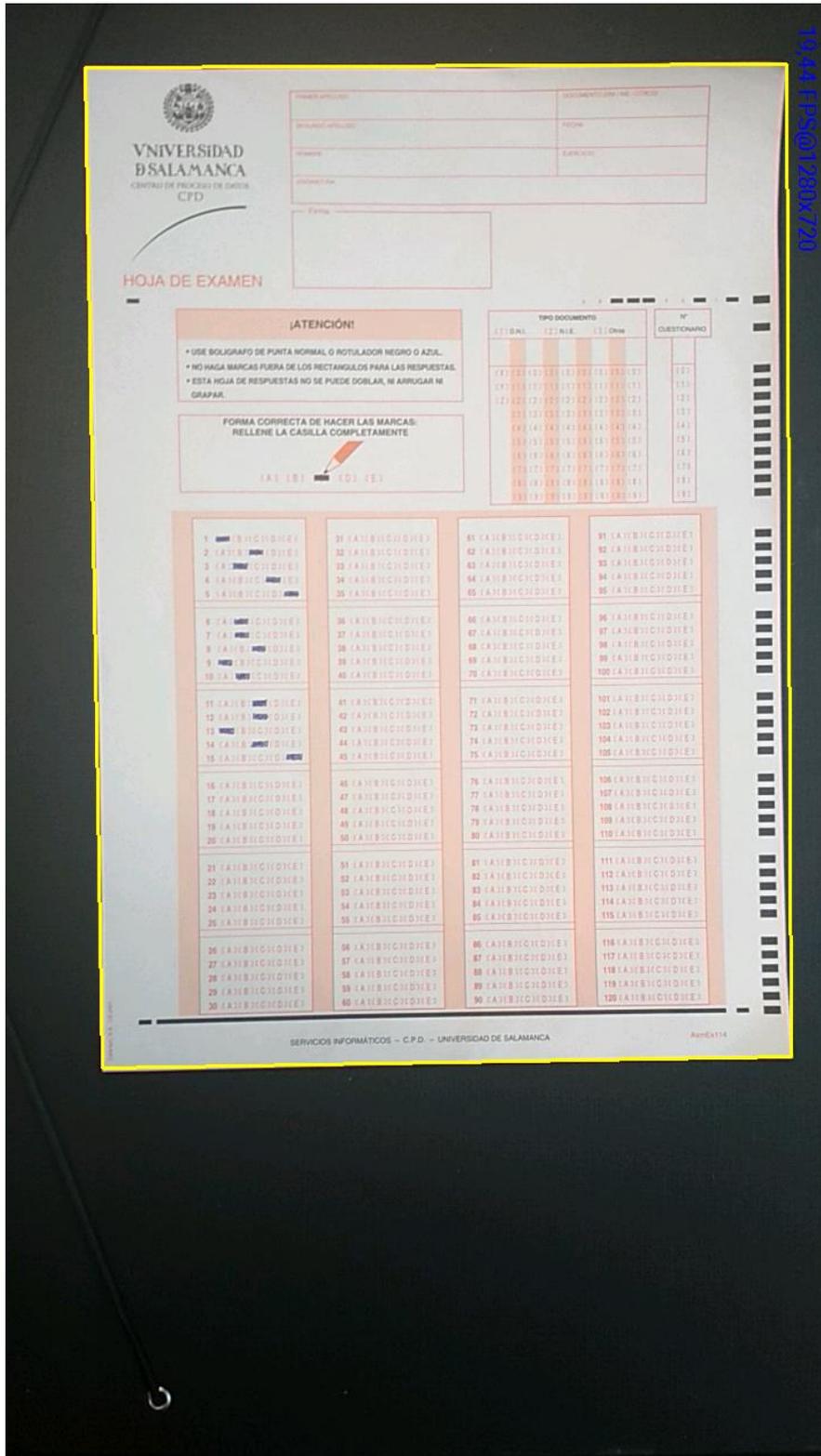


Figura 5. Identificación de la hoja de test

Cuando ya se detecta el contorno, el usuario debe pulsar en la pantalla y en ese momento aplicación se queda solamente con el recuadro de las respuestas y en blanco y negro para poder aplicar los algoritmos necesarios. El resultado es similar al siguiente:

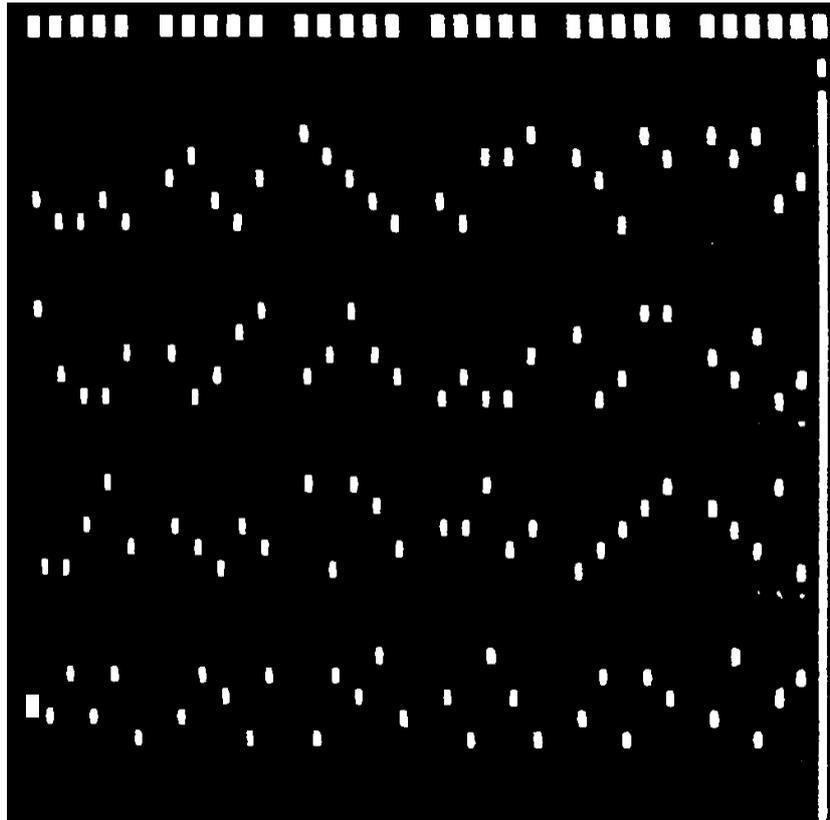


Figura 6. Ejemplo de identificación de recuadro de respuestas

Esta primera parte es compartida con la funcionalidad de Obtener Nota. Además, en este caso se guardará el resultado en la base de datos y se utilizará posteriormente para poder comparar con el test que se quiere corregir.

D) CONFIGURACIÓN

En esta pantalla, se pueden introducir dos variables para su uso en la aplicación: el número de respuestas que se corregirán y el número de fallos que restan una respuesta correcta. Al iniciarse, en caso de haber introducido y guardado ya algún valor se cargará. Si no indicamos nada, por defecto se corregirán todas las respuestas del examen y la pregunta fallida no restará nada.

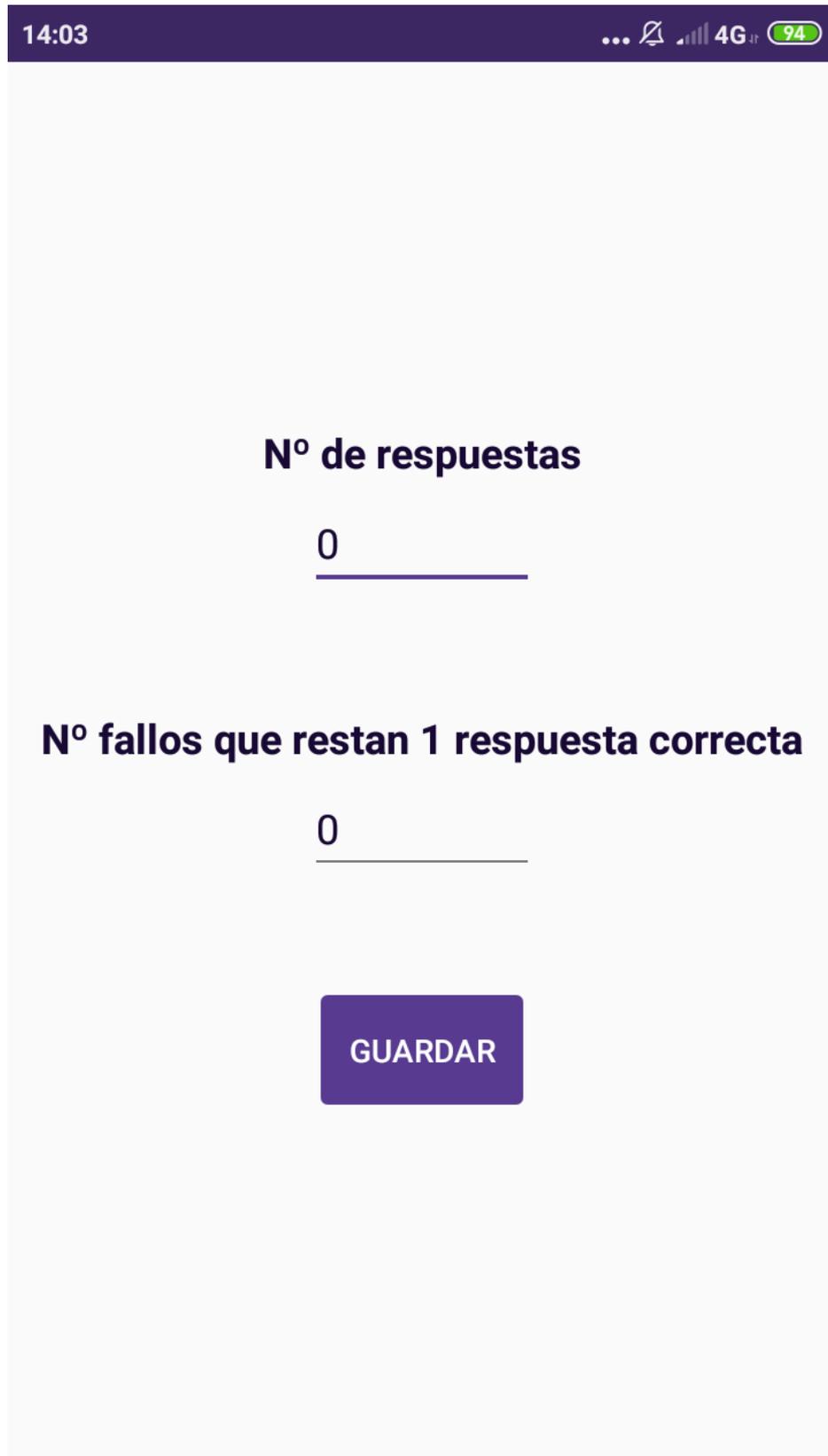


Figura 7. Pantalla de configuración

E) OBTENER NOTA Y VER RESULTADOS

La primera parte, como se ha comentado, es igual que para tomar modelo. En este caso, además, una vez se tiene ya el modelo y las “respuestas”, se realizará una comprobación de la posición de cada una de las opciones para cada respuesta, comprobando si dicha posición se encuentra “rellena” o no, pudiendo así saber si una respuesta es correcta o no. Este método implica que si las respuestas se quieren tachar se deben borrar con una cinta de t pex, al igual que sucede con la máquina lectora tradicional.

Una vez calculada la nota, se pasa a otra pantalla donde se muestra la nota calculada y se solicitará el documento de identificación de la persona que realizó el test

VIII. CONCLUSIONES

Los resultados experimentales confirman que el modelo presentado permite realizar la corrección en un tiempo mínimo con un dispositivo móvil de gama media.

La contribución más relevante de este trabajo es la inserción de tecnologías inteligentes basadas en IA en una tarea docente común, en la que los profesores pueden llegar de forma autónoma y rápida a los resultados obtenidos de una hoja de test.

En cuanto a la efectividad de la aplicación se puede decir que en general es buena, aunque es cierto que existen limitaciones a tener en cuenta, como el hecho de que una iluminación inadecuada provoque una salida no esperada o que si no la hoja de test no tiene un cierto contraste con el fondo no sea detectada, lo cual, aunque tiene una solución sencilla, hace que la aplicación no pueda usarse libremente.

1. LÍNEAS DE TRABAJO FUTURAS

Una posible futura versión será poder sacar el documento de identificación también a través de las marcas, en vez de solicitarlo a través de la aplicación, que es como se realiza ahora mismo. Además, podrá adaptarse el uso de la aplicación a otras universidades que también utilicen hojas de tipo test de este formato.

Otra mejora, podrá ser la posibilidad de exportar la lista con los resultados a una hoja Excel o incluso que el profesor pudiera mandarse por correo dicha lista, para poder facilitar el traspaso de los resultados proporcionados por la aplicación a las actas donde se publican las notas.

También se podrá incluir una gestión de la base de datos, para poder borrar modelos o resultados obtenidos que no queramos por algún motivo.

Con la implementación de la aplicación y la experiencia de su funcionamiento **en este proyecto se comprueba la viabilidad del uso de visión artificial en el proceso de corrección.**

2. GRADO DE CUMPLIMIENTO

De acuerdo con la metodología y el plan de trabajo llevados a cabo, se tuvieron en cuenta dos tipos de indicadores para las medidas aplicadas para la evaluación de los resultados y su incidencia en la mejora del aprendizaje de los estudiantes:

- Indicadores del proceso clave: enseñanza/aprendizaje del alumno: indicadores sobre los procesos de apoyo, esto es, las etapas definidas para llevar a cabo el proyecto (revisión de literatura y análisis del estado del arte de las tecnologías empleadas, selección de técnicas y tecnologías a emplear, implementación de la aplicación en el dispositivo seleccionado).
- Revisiones del diseño y baterías de pruebas del modelo en las fases del proyecto tanto individuales como de forma integrada.

Debido a los buenos resultados obtenidos, se asegura una línea de investigación que merece la pena ser explorada en sucesivos proyectos con una extrapolación del modelo a diferentes asignaturas y ámbitos.

Durante toda la duración del proyecto se ha llevado a cabo una coordinación entre los profesores del equipo. El equipo de investigación está especialmente satisfecho con la labor de innovación puesta en marcha del modelo y con las colaboraciones de investigación surgidas entre los integrantes.

IX. MEMORIA ECONÓMICA

En el proyecto de innovación presentado se solicitaban 700 Euros para las pruebas de la aplicación móvil propuesta en este proyecto. En este caso se consideraba al menos un dispositivo móvil de prueba, necesario para obtener, procesar y analizar imágenes con el fin de poder ser tratadas, y actuar en consecuencia. Se propone en este caso la utilización de sistemas Android, por su porcentaje mayor de uso en la población frente a otros sistemas. La cantidad concedida fue de 255 euros, lo que nos ha permitido llevar a cabo las pruebas en un dispositivo Android abierto de marca Xiaomi.

X. AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer a la institución, la Universidad de Salamanca, su esfuerzo por mantener este tipo de proyectos de innovación. La dotación económica de este proyecto nos ha permitido adquirir material para el desarrollo del proyecto y la motivación de este trabajo nos posibilita seguir trabajando en colaboración entre miembros de la USAL. También agradecer la colaboración desinteresada de aquellos alumnos que se ha prestado a colaborar en este proyecto.

XI. REFERENCIAS

- Bradski, G., & Kaehler, A. (2008). Learning OpenCV: Computer vision with the OpenCV library. " O'Reilly Media, Inc."
- Candanedo, I. S., Nieves, E. H., González, S. R., Martín, M. T. S., & Briones, A. G. (2018, August). Machine learning predictive model for industry 4.0. In International Conference on Knowledge Management in Organizations (pp. 501-510). Springer, Cham.
- Chamoso, P., & De La Prieta, F. (2015). Swarm-based smart city platform: a traffic application. ADCAIJ: Advances in Distributed Computing and Artificial Intelligence Journal, 4(2), 89-98.
- Chamoso, P., PÉREZ-RAMOS, H., & GARCÍA-GARCÍA, Á. (2014). ALTAIR: supervised methodology to obtain retinal vessels caliber. ADCAIJ: Advances in Distributed Computing and Artificial Intelligence Journal, 3(4), 48-57.
- Chamoso, P., Raveane, W., Parra, V., & González, A. (2014). UAVs applied to the counting and monitoring of animals. In Ambient Intelligence-Software and Applications (pp. 71-80). Springer, Cham.
- Chamoso, P., Rivas, A., Martín-Limorti, J. J., & Rodríguez, S. (2017, June). A hash based image matching algorithm for social networks. In International Conference on Practical Applications of Agents and Multi-Agent Systems (pp. 183-190). Springer, Cham.
- Chamoso, P., Rivas, A., Rodríguez, S., & Bajo, J. (2018). Relationship recommender system in a business and employment-oriented social network. Information sciences, 433, 204-220.
- García, E., Rodríguez, S., Martín, B., Zato, C., & Pérez, B. (2011). MISIA: middleware infrastructure to simulate intelligent agents. In International Symposium on Distributed Computing and Artificial Intelligence (pp. 107-116). Springer, Berlin, Heidelberg.
- García, O., Chamoso, P., Prieto, J., Rodríguez, S., & de la Prieta, F. (2017, June). A serious game to reduce consumption in smart buildings. In International Conference on Practical Applications of Agents and Multi-Agent Systems (pp. 481-493). Springer, Cham.

- González-Briones, A., Valdeolmillos, D., Casado-Vara, R., Chamoso, P., Coria, J. A. G., Herrera-Viedma, E., & Corchado, J. M. (2018, June). Garbmas: Simulation of the application of gamification techniques to increase the amount of recycled waste through a multi-agent system. In *International Symposium on Distributed Computing and Artificial Intelligence* (pp. 332-343). Springer, Cham.
- Kaehler, A., & Bradski, G. (2016). *Learning OpenCV 3: computer vision in C++ with the OpenCV library*. " O'Reilly Media, Inc."
- Marti-Puig, P., Rodríguez, S., De Paz, J. F., Reig-Bolaño, R., Rubio, M. P., & Bajo, J. (2012). Stereo video surveillance multi-agent system: new solutions for human motion analysis. *Journal of Mathematical Imaging and Vision*, 42(2-3), 176-195.
- Montero, A., Rodríguez, S., Sánchez, F., & Yébenes, A. Self-Organization through a multi-agent system for orders distribution in large companies. *ADCAIJ: Advances in Distributed Computing and Artificial Intelligence Journal*, 7(4), 65-71.
- Omatu, S., Wada, T., Rodríguez, S., Chamoso, P., & Corchado, J. M. (2014). Multi-agent technology to perform odor classification. In *Ambient Intelligence-Software and Applications* (pp. 241-252). Springer, Cham.
- Pulli, K., Baksheev, A., Korniyakov, K., & Eruhimov, V. (2012). Real-time computer vision with OpenCV. *Communications of the ACM*, 55(6), 61-69.
- Rangel, J. C., & Pinzón, C. (2018, June). Multiagent System for Semantic Categorization of Places Mean the Use of Distributed Surveillance Cameras. In *International Symposium on Distributed Computing and Artificial Intelligence* (pp. 457-464). Springer, Cham.
- Rodríguez, S., de La Prieta, F., Tapia, D. I., & Corchado, J. M. (2010, June). Agents and computer vision for processing stereoscopic images. In *International Conference on Hybrid Artificial Intelligence Systems* (pp. 93-100). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Rodríguez, S., De Paz, J. F., Bajo, J., Tapia, D. I., & Pérez, B. (2009, June). Stereo-MAS: multi-agent system for image stereo processing. In *International Work-Conference on Artificial Neural Networks* (pp. 1256-1263). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Rodríguez, S., De Paz, J. F., Sánchez, P., & Corchado, J. M. (2010). Context-aware agents for people detection and stereoscopic analysis. In *Trends in Practical Applications of Agents and Multiagent Systems* (pp. 173-181). Springer, Berlin, Heidelberg.

- Rodríguez, S., Gil, O., De La Prieta, F., Zato, C., Corchado, J. M., Vega, P., & Francisco, M. (2010, May). People detection and stereoscopic analysis using MAS. In 2010 IEEE 14th International Conference on Intelligent Engineering Systems (pp. 159-164). IEEE.
- Sittón, I., & Rodríguez, S. (2017, June). Pattern extraction for the design of predictive models in industry 4.0. In International Conference on Practical Applications of Agents and Multi-Agent Systems (pp. 258-261). Springer, Cham.
- Valdeolmillos, D., Mezquita, Y., & Ludeiro, A. R. (2019, June). Sensing as a Service: An Architecture Proposal for Big Data Environments in Smart Cities. In International Symposium on Ambient Intelligence (pp. 97-104). Springer, Cham.