

# SISTEMA DE VIGILANCIA BASADO EN CUADRANTES COMO APOYO EN POBLACIONES URBANAS

## SURVEILLANCE SYSTEM BASED ON QUADRANTS AS SUPPORT IN URBAN POPULATIONS



### AUTOR

JORGE E. GÓMEZ  
Magíster en Telemática y PhD (C) en TIC  
\*Universidad de Córdoba  
Docente  
Grupo SOCRATES  
jegjorge@gmail.com  
COLOMBIA

### AUTOR

VELSSY L. HERNÁNDEZ  
Magíster en TeleInformática  
\*Universidad de Córdoba  
Docente  
Grupo SOCRATES  
Velssyliliana@gmail.com  
COLOMBIA

### AUTOR

DANIEL J. SALAS  
Magíster en Informática  
\*Universidad de Córdoba  
Docente  
Grupo SOCRATES  
dajosalas@gmail.com  
COLOMBIA

### \*INSTITUCIÓN

UNIVERSIDAD DE CORDOBA  
UNICOR  
Universidad Pública  
Carrera 6 No. 76-103  
Correo@correo.unicordoba.edu.co  
COLOMBIA

**INFORMACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN O DEL PROYECTO:** "Sistema de georeferenciación para monitoreo de patrullas y cuadrante mediante tecnologías GPS y QR CODE", financiado por la Dirección Nacional de Escuelas de la Policía Nacional de Colombia según contrato No. S-2013-007149."

**RECEPCIÓN:** Julio 23 de 2015

**ACEPTACIÓN:** Diciembre 1 de 2015

**TEMÁTICA:** Ingeniería Eléctrica, Electrónica, Telecomunicaciones y Telemática.

**TIPO DE ARTÍCULO:** Artículo de Investigación Científica e Innovación.

**Forma de citar:** Gómez, J. (2015). Sistema de vigilancia basado en cuadrantes como apoyo en poblaciones urbanas. En R, Llamosa Villalba (Ed.). Revista Gerencia Tecnológica Informática, 14(40), 55-64. ISSN 1657-8236.

## RESUMEN ANALÍTICO

El propósito de este trabajo de investigación es el desarrollo de un sistema con capacidad de procesar los datos obtenidos en tiempo real por parte de ciudadanos, los cuales ofrecen control de riesgo y de protección de privacidad y seguridad, para las comunidades urbanas. Para tal propósito, se diseñó una arquitectura capaz de gestionar las peticiones de los ciudadanos y generar las respuestas por parte del cuadrante más cercano a la solicitud. Además, el sistema tiene la capacidad de generar recomendaciones asociadas a los sitios que generen riesgo a las personas que lo visitan. Los resultados de las pruebas del sistema demostraron una mejora significativamente en los tiempos de respuesta de la Policía frente a las solicitudes de los ciudadanos. Este trabajo de investigación se desarrolló bajo los parámetros del Plan Nacional de Vigilancia Comunitaria por Cuadrantes (PNVCC) de la Policía Nacional de Colombia.

**PALABRAS CLAVES:** Computación urbana, computación ubicua, GPS, QR-Code, sistemas de recomendación, teoría de colas.

## ANALYTICAL SUMMARY

The purpose of this research is to develop a system capable of processing the data in real time by citizens, which offer risk control and privacy protection and security for urban communities. For this purpose architecture capable of managing the requests of citizens and generate responses from the nearest quadrant design application. The system also has the ability to generate recommendations associated with sites that create risk to people who visit. The results of the system tests showed significantly improved response times of the Police against citizen's requests. This research was developed under the parameters of the National Plan for Community Surveillance by Quadrants (PNVCC) of the National Police of Colombia.

**KEYWORDS:** Urban Computing, Urban Security, ubiquitous computing, GPS, QR-Code, recommender system, queuing theory.

## INTRODUCCIÓN

La computación urbana (UrbComp) es una extensión de la computación ubicua (Ubicomp) [1] [2]. Similar a Ubicomp, el objetivo principal de UrbComp es permitir a los usuarios acceder a los servicios embebidos en la infraestructura o en la Web en cualquier momento y en cualquier lugar [3], [4]. Sin embargo, los entornos UrbComp son más densos en función del número de usuarios, más grandes con respecto a los factores físicos, y más diversos en relación con el tipo de usuarios y grupos sociales [5], [6]. Microsoft Research también define a la computación urbana como un proceso de adquisición, integración y análisis de grandes volúmenes de datos que son de naturaleza heterogénea. Debido a que son generados por la diversidad de fuentes en los espacios urbanos, tales como sensores, dispositivos, vehículos, edificios y las personas, para hacer frente a los principales problemas que enfrentan las ciudades. Uno de los grandes desafíos que enfrentan las ciudades es el tema relacionado con la seguridad ciudadana, los gobiernos hacen grandes esfuerzos en materia de políticas, inversión en infraestructuras e investigaciones

con el propósito de garantizar la seguridad de los ciudadanos.

El objetivo de la computación ubicua en la sociedad urbana, es crear espacios inteligentes, haciendo uso de un conjunto de datos que proporcionen información completamente nueva para mejorar el estilo de vida en la sociedad [7]. El uso extensivo de sensores que monitorean la calidad del aire, agua, el ruido, entre otros; tienen como finalidad hacer la vida más cómoda y segura de las personas que viven en las ciudades. También estos sensores son utilizados para monitorear el comportamiento de las personas, para identificarlos y tomar decisiones basadas en la información obtenida por estos dispositivos. Un ejemplo son las cámaras de reconocimiento facial, que permiten identificar personas mediante algoritmos de reconocimiento. Este tipo de dispositivos se encuentra muy a menudo en los aeropuertos, utilizados para mejorar la seguridad en estos escenarios.

Este trabajo de investigación está vinculado dentro de la política del plan nacional de vigilancia por cuadrantes (PNVCC), que tiene como objetivo "optimizar el servicio de

policía a través del fortalecimiento del talento humano, la delimitación territorial, la asignación de responsabilidades y la distribución eficiente de los recursos, con el fin de contrarrestar causas y factores generadores de delitos y contravenciones, contribuyendo al mantenimiento de la seguridad y convivencia ciudadana” [14]. El propósito principal de este artículo, es presentar una arquitectura con la capacidad de procesar los datos obtenidos en tiempo real, para ofrecer control de riesgo, protección de privacidad y seguridad para los ciudadanos. El resto del documento se encuentra organizado de la siguiente forma: trabajos relacionados, motivación, arquitectura del sistema, metodología, resultados, conclusiones y trabajos futuros.

## 1. TRABAJOS RELACIONADOS

A continuación se describirán algunos trabajos relacionados con la computación urbana y sus aplicaciones.

En [8] proponen desarrollar una infraestructura para proporcionar información de monitoreo del transporte en tiempo real, en la ciudad de Cambridge, Inglaterra. Lo novedoso de la investigación se orienta a la implementación de redes de sensores estáticos en la ciudad, así como sensores e identificadores electrónicos en objetos móviles. El desafío consiste en gestionar el gran volumen de salida de los sensores y presentar la información en forma de alto nivel, útil para lograr apoyo en la toma de decisiones y planificación. Las áreas que se beneficiarían incluyen el control de la congestión y de la fiabilidad y la previsibilidad del transporte público. En [9] proponen el diseño de un *framework* de Sistema de Gestión de Tráfico (TMS), cuyo objetivo es reducir la latencia de los servicios de emergencia para vehículos como ambulancias y carros de policía, con interrupciones innecesarias mínima para el tráfico regular, y la prevención de potenciales malos usos. Este sistema ajusta dinámicamente los semáforos, realiza recomendaciones de cambio de comportamiento a los conductores, así como la aplicación de controles de seguridad esenciales.

En [10] proponen un sistema de recomendación para los conductores de taxis y personas que esperan para tomar un taxi. Este sistema de recomendación proporciona a los taxistas algunos lugares que son más propensos a recoger pasajeros de forma rápida y busca maximizar las ganancias. Además recomienda a las personas con algunos lugares, dentro de una distancia a pie, donde pueden encontrar fácilmente taxis desocupados. El sistema propuesto posee un algoritmo de detección de plaza de aparcamiento y de aprendizaje de las de trayectorias recorridas.

En [11] desarrollan un modelo de simulación por computadora para el movimiento de peatones en el espacio arquitectónico y urbano basado en la teoría de colas. La característica de este modelo es que cuenta con la capacidad de visualizar el movimiento de cada peatón en un plano de animación. Mediante este modelo los arquitectos y diseñadores pueden encontrar fácilmente y comprender los problemas en sus proyectos de diseño. En este modelo, el movimiento de cada peatón se simula mediante el movimiento de un objeto magnetizado en un campo magnético. El polo magnético positivo se da a cada uno de los peatones y obstáculos como paredes y columnas. El polo magnético negativo se encuentra en el objetivo de los peatones. Cada peatón se mueve a su objetivo por la fuerza de atracción provocada por el polo magnético negativo de su objetivo, evitando las colisiones con otros peatones y obstáculos por parte de fuerzas repulsivas causados por los polos magnéticos positivos. En este trabajo concluyen que el modelo puede simular el movimiento de los peatones en espacios de cola. Este modelo puede simular no sólo el número de personas en espera y tiempo de espera, sino también el proceso detallado de movimiento en espacios de cola como acercarse a las colas, de pie en las colas, y salir de las colas.

En cuanto al tema de vigilancia y cooperación policial en [12] hacen un estudio sobre las condiciones de seguridad en las estaciones subterráneas y las zonas circundantes en Estocolmo - Suecia. El estudio se basa en un trabajo de campo, combinado con técnicas de Sistemas de Información Geográfica y modelos de regresión. Los resultados de la investigación muestran que una proporción relativamente pequeña de los sucesos notificados son catalogados como delito; los actos de alteración del orden público son más comunes en las estaciones. Que los eventos tienden a ocurrir en las horas de la tardes - noches, festivos y fines de semana, al menos para el robo. Los resultados muestran que las oportunidades para el crimen dependen de los atributos medioambientales donde se encuentren ubicadas las estaciones, dependiendo del tipo de barrio en el que se encuentran y el contexto de la ciudad. Estos hallazgos dan peso a principios de la teoría urbana criminología tradicional como actividad de rutina y la desorganización social.

En [13] proponen un sistema de aplicación móvil para la policía, que integra el trabajo de oficina, las alertas tempranas, la vigilancia a través de las redes *Peer to Peer* y servicios de localización base. Los servicios de localización base son un valor añadido que proporciona los operadores de redes móviles a los usuarios mediante la obtención de información de posición (coordenadas geodésicas) en sus terminales móviles, con el apoyo

de los SIG (Sistema de Información Geográfica). La idea de la investigación es transformar los sistemas tradicionales de vigilancia, mejorar el ejercicio de la función de supervisión social, dar a conocer información sobre medidas y tomar decisiones apropiadas contra el crimen. Este trabajo de investigación se realizó con el departamento de Policía de la provincia de Dalian China. A diferencia de los dos últimos trabajos relacionados, las principales contribuciones de esta investigación es la asignación de patrullas mediante la teoría de colas, la integración de un sistema de recomendación basado en las técnicas de filtrado colaborativo y en contenido para recomendar sitios de acuerdo al grado de riesgo delincriminal.

## MOTIVACIÓN

La seguridad urbana o seguridad ciudadana es una actividad en cual las autoridades de un país hacen parte junto con sus ciudadanos y demás organizaciones de bien público, orientadas a fortalecer la convivencia. Con la seguridad urbana se busca combatir la violencia, como son robos, atracos, homicidios y cualquier otro acto delictivo que desestabilice la convivencia pacífica.

Basado en el concepto de la computación urbana, en este trabajo se diseñó una solución que permite mejorar los tiempos de respuesta de la policía frente a las peticiones de los ciudadanos; que pueden ser actos delictivos en un lugar determinado, una catástrofe natural o cualquier evento que requiera la interacción del ciudadano común con la policía. La implementación y experimentación del sistema, se realizaron en el municipio de Montelibano Córdoba.

## 2. ARQUITECTURA DEL SISTEMA

La arquitectura desarrollada dentro del sistema para apoyo a cuadrantes se basa en la filosofía cliente/servidor, la cual está constituida por seis (6) módulos: I gestión de solicitudes, II cuadrantes, III sistema de pánico, IV asignación de patrullas, V respuestas de patrullas y recomendación de lugares. En la figura 1 se puede apreciar el funcionamiento de la misma.

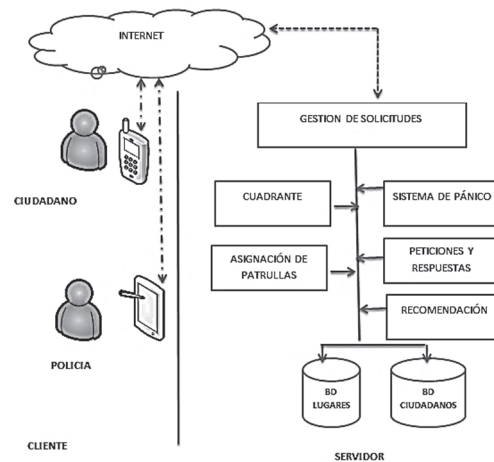
A continuación se describirán el funcionamiento de los 6 módulos:

### 2.1. MÓDULO GESTIÓN DE SOLICITUDES

El módulo de gestión de solicitudes es el encargado de direccionar a los módulos subyacentes los datos requeridos, dependiendo de las peticiones que realicen los usuarios. Las solicitudes pueden ser de un ciudadano o un agente policial dentro de un cuadrante. Este módulo siempre está en modo escucha en el servidor,

con el objetivo de leer las solicitudes que provienen de los clientes, filtrarlas y redireccionarlas.

Figura 1. Arquitectura del sistema



### 2.2. MÓDULO DEL CUADRANTE

Para determinar los cuadrantes, lo primero que se hace es un barrido mediante una aplicación móvil, que captura las coordenadas GPS (latitud y longitud), además se debe etiquetar el cuadrante que se va a georreferenciar, para este caso se tomó la precisión de 5 metros. El intervalo de tiempo para el envío de datos del móvil al servidor es de 15 segundos, con el objetivo de tomar una gran cantidad de datos que permitan delimitar la frontera de cada cuadrante. Con los datos obtenidos, se genera el delineado de cada cuadrante. Cuando se han recolectado los datos con su previo etiquetado, se cargan los datos en Google Maps para generar los cuadrantes dentro del mapa, como se puede apreciar en la figura 2.

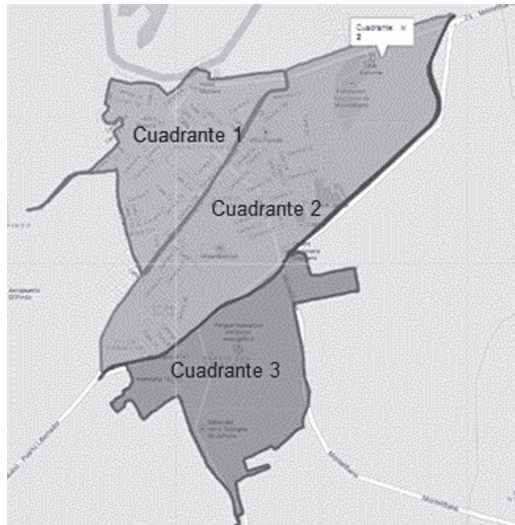
### 2.3. MÓDULO DEL SISTEMA DE PÁNICO

Para el desarrollo del sistema del botón de pánico se tomaron como referencia los cuadrantes definidos previamente. Para determinar exactamente dónde se encuentra ubicado un ciudadano que hace una solicitud mediante la aplicación de pánico instalada en su móvil; se utilizaron los algoritmos de geometría computacional que viene incluido en la versión 5.6.1 de MySQL. Las funciones utilizadas para este propósito fueron ST\_Contains, ST\_GeomFromText, y POINT; que permiten saber si unas coordenadas GPS están contenidas dentro de un polígono. -

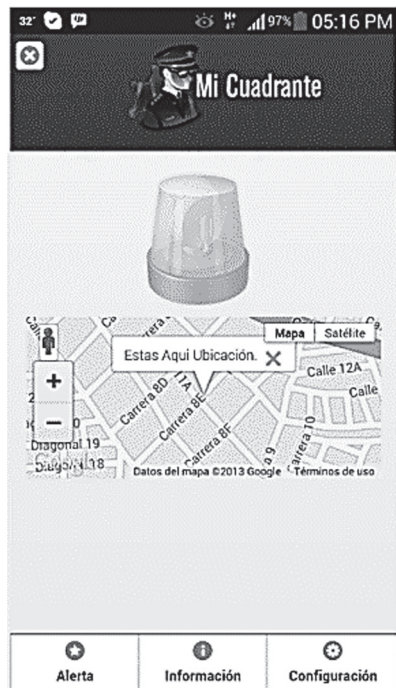
La aplicación móvil, obtiene la información del ciudadano, el IMEI del equipo, el mensaje y sus coordenadas GPS, que posteriormente son enviadas a un servidor, donde se procesa y le dice al ciudadano exactamente en qué

cuadrante se encuentra. En un centro de monitoreo, se visualiza en un mapa las peticiones y éstas son asignadas por parte del administrador a las patrullas más cercanas al cuadrante. En la figura 3, se puede ver en la aplicación del cliente móvil y la aplicación de asignación en el centro de mando. La aplicación móvil, tiene un flujo de retroalimentación que permite calificar el servicio. Esta información se procesa y analiza para la toma de decisiones, que permita mejorar el servicio.

**Figura 2.** Esquema de cuadrantes



**Figura 3.** Aplicación botón de pánico.



## 2.4. MÓDULO DE ASIGNACIÓN DE PATRULLAS

En la estación base, el administrador del sistema asigna las peticiones a las patrullas más cercanas y a las que estén disponibles en el momento que el ciudadano realice la solicitud. En la figura 4, se puede apreciar el comportamiento de las peticiones de los ciudadanos en tiempo real y las patrullas activas.

**Figura 4.** Monitoreo en tiempo real de peticiones y patrullas.



La asignación de patrullas a las solicitudes de los ciudadanos se puede hacer de dos maneras (manual y automática). En la opción manual el administrador del sistema asigna las patrullas de acuerdo a la solicitud que se haya realizado en el cuadrante.

La opción de asignación automática, se hace mediante la teoría de colas de acuerdo a la forma M/M/S. En este tipo de asignación se tiene en cuenta el número de peticiones de los usuarios y el número de patrullas asignadas a los cuadrantes. De tal forma que se cuenta con múltiples patrullas ( $S > 1$ ) y múltiples peticiones.

El número de peticiones de usuarios en cola con  $s$  patrullas es:

$$L_q = \frac{(\lambda / \mu)^s p}{s!(1-p)^2} p_0 \quad (1)$$

El número medio de peticiones de los ciudadanos en el sistema es:

$$L = L_q + \frac{\lambda}{\mu} \quad (2)$$

El tiempo medio de las peticiones de los ciudadanos en la cola es:

$$W_q = \frac{L_q}{\lambda} \quad (3)$$

El tiempo medio de las peticiones de los ciudadanos en el sistema es:

$$W = \frac{L}{\lambda} = W_q + \frac{1}{\mu} \quad (4)$$

De acuerdo a las ecuaciones (1-4) se precisa dentro del algoritmo la asignación de las patrullas correspondientes, de acuerdo a la solicitud del usuario y a su disponibilidad.

## 2.5. MÓDULO DE RESPUESTA DE PATRULLAS

Para la atención de las peticiones de los usuarios, las patrullas son dotadas con un módulo móvil, que permite monitorear su ubicación en tiempo real mediante GPS. El módulo móvil de las patrullas envía periódicamente al servidor su ubicación con datos de latitud y longitud, además recibe cada 30 segundos las peticiones que debe resolver. El procedimiento que realizan los funcionarios de la policía en las patrullas es el siguiente: de acuerdo a las solicitudes que tenga que atender, el sistema carga automáticamente la ruta a seguir entre la ubicación actual y la petición del ciudadano. En la figura 5, se puede apreciar el funcionamiento de la respuesta de la patrulla. El punto A corresponde a la dirección de la patrulla y el punto B corresponde a la ubicación donde el ciudadano hace la petición. Para el trazado de las rutas, se utilizaron los servicios de enrutamiento de Google Maps. El objetivo de este módulo es garantizar la atención oportuna de las solicitudes, debido a que en la práctica las patrullas tienden a gastar tiempo innecesario en la búsqueda de la ruta más corta para atender el caso. Si bien es cierto que existe un gran número de variables involucradas en las respuestas que tienen las patrullas, frente a las solicitudes de los ciudadanos, como son: fallas técnicas de los automotores, estado del tráfico, entre otras; esta investigación solo se centró en el desarrollo de un sistema capaz de contribuir a mejorar los tiempos de respuesta.

## 2.6. MÓDULO DE RECOMENDACIÓN DE LUGARES

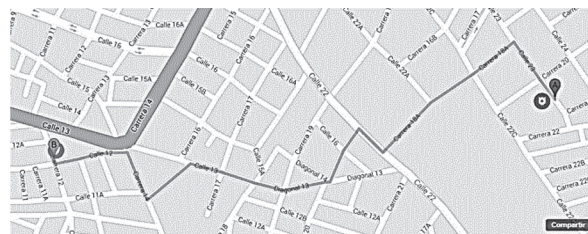
Este módulo fue diseñado con el objetivo de ofrecer a los turistas, una guía que permita garantizar su seguridad dentro de un cuadrante o en una zona. Por lo general, las personas que se desplazan de un barrio a otro, una ciudad a otra e inclusive a otro país, desconocen las zonas críticas, es decir, zonas que tienen problemas de orden público e inclusive zonas que puedan afectar su integridad y salud. Normalmente, los turistas tienden a recorrer lugares que presentan los problemas antes citados y terminan siendo víctimas de robos, violaciones, entre otras; muchas veces por desconocimiento. Frente a esta situación, el módulo cuenta con un etiquetado de puntos de interés que son categorizados. Esos sitios de interés tienen una calificación de acuerdo a su grado de peligrosidad. Es decir, hay sitios en los que frecuentemente hay atracos, venta de alcaloides y otro tipo de actividades delictivas. Para estos lugares que previamente fueron georeferenciados y están

ubicados dentro de un cuadrante, son calificados con una valoración mínima de 1, siendo ésta la más baja y 5 la más alta. Cuando las valoraciones están en el rango de 3 a 5, el lugar puede ser transitable y en el rango de 1 y 2 no se recomienda recorrer. Para este problema se utilizaron técnicas de recomendación basadas en contenido [15], [16] y filtrado colaborativo [17], [18]

Inicialmente, el sistema carga los sitios de interés con la categorización que hacen las autoridades policiales de un cuadrante. Esta parte consiste en emitir una valoración de cada uno de los sitios de interés que están circunscritos a un cuadrante; de tal forma, que cuando el sistema inicia en el dispositivo móvil del usuario, le sugiera de acuerdo a la ubicación en la que se encuentre el ciudadano, si debe cambiar de lugar debido a la peligrosidad del mismo. En la medida que el ciudadano haga uso del sistema, él podrá valorarlo de acuerdo a su experiencia. Para este caso la recomendación se basa en filtrado basado en contenido, de la forma:

R: Usuario X ítem X contexto --> clasificación (5)

**Figura 5.** Funcionamiento de la respuesta de la patrulla frente a la petición del ciudadano.



En la ecuación 5, el Usuario es el ciudadano, ítem es el sitio de interés y contexto es el lugar físico (latitud, longitud). La información contextual se puede dar de forma implícita o explícita. Es implícita cuando la persona se dirige a un lugar peligroso y el sistema mediante la ubicación, le sugiere que cambie de ruta, porque está poniendo en riesgo su vida. Hacemos uso de información contextual explícita cuando el usuario puede calificar un sitio, si piensa o ha tenido la experiencia de que el lugar no es apropiado para desplazarse.

El filtrado colaborativo se evidencia en el sistema, cuando es tomada en cuenta la valoración que hace cada uno de los usuarios, respecto a los sitios de interés. Luego de analizar las valoraciones negativas de los lugares, el sistema es capaz de recomendar a un ciudadano que se desplace a un lugar donde se presenten continuas alteraciones del orden público. Para ilustrar un poco el funcionamiento del sistema se describirá una situación.

Un ciudadano se desplaza por el cuadrante N1, el cual tiene unos puntos de interés que han sido calificados de forma negativa por otros usuarios y por las mismas

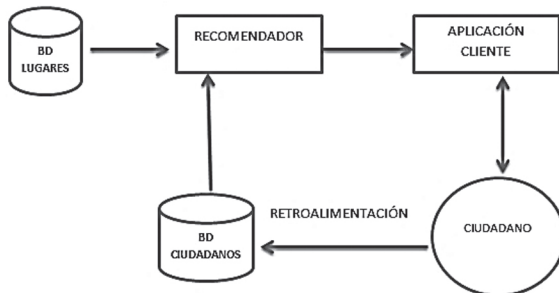
autoridades policiales. Cuando el ciudadano se acerca al sitio de interés con una distancia de N metros, el sistema le informa al ciudadano que debe cambiar su ruta, debido a que el lugar al cual él se dirige es de alta peligrosidad y le recomienda que tome otro destino, en la figura 6, se muestra el caso de aplicación. Cuando el ciudadano decide aceptar la sugerencia, el sistema almacena la respuesta, para posterior análisis de eficiencia del mismo. La figura 7 se puede apreciar cómo funciona el motor de recomendación.

El motor de recomendación cuenta con una base de datos de lugares que han sido almacenados en el sistema, con información sobre el riesgo de cada uno de los cuadrantes. Una base de datos de ciudadanos con sus respectivos perfiles, quienes son los que hacen las solicitudes. El sistema de recomendación basado en contenido, recomienda basado en los perfiles de los usuarios y lugares, de tal forma, que por medio de la aplicación que tiene el cliente, ésta se encarga de retroalimentar al sistema.

**Figura 6.** Recomendación de lugares en los cuadrantes.



**Figura 7.** Sistema de recomendación y clasificación



### 3. METODOLOGÍA

Para evaluar el sistema propuesto, se demarcaron tres cuadrantes en el municipio de Montelíbano Córdoba-Colombia. Este municipio se caracteriza por tener problemas de orden público. La Policía Nacional adscrita al departamento de Policía Córdoba, utilizó el sistema

para georreferenciar los cuadrantes con su respectivo etiquetado, además definió los puntos de interés y los clasificó de acuerdo a su nivel de riesgo. Cada cuadrante tenía a su disposición tres patrullas, las cuales contaban con teléfonos inteligentes (Samsung S3). Estos dispositivos contenían las aplicaciones móviles que se desarrollaron para el propósito de esta investigación. Las aplicaciones del botón de pánico fueron instaladas de forma gratuita en los equipos de los ciudadanos, a los que se les socializó el propósito y funcionamiento del sistema. Para efectos de prueba, se tomó como referencia el cuadrante 1, que se caracteriza por tener un alto índice de violencia. En este cuadrante se encuentran las oficinas del gobierno, bancos, universidades, entre otros. Los datos fueron obtenidos el 13 y 14 de diciembre de 2013. Para el 13 de diciembre se realizó una prueba sin el sistema propuesto y el 14 diciembre se realizó con la infraestructura desarrollada. Se *determinaron los tiempos* de respuesta de la policía frente a las peticiones de los ciudadanos. Para ello se realizaron 2 pruebas en el cuadrante 1, con un total de 60 peticiones, de las cuales las primeras treinta corresponden al cuadrante 1 sin sistema y las treinta restantes corresponden al mismo cuadrante, con el sistema desarrollado.

### 4. RESULTADOS

Para analizar el experimento se realizaron pruebas de normalidad para el cuadrante sin sistema y con sistema.

#### 4.1. PRUEBAS DE NORMALIDAD PARA EL CUADRANTE SIN EL SISTEMA

Los datos recolectados en el cuadrante sin la intervención del sistema se obtuvieron el 13 de diciembre de 2013, para tal propósito se utilizó el sistema tradicional de la policía. Los datos se agruparon como cuadrante sin sistema. En la figura 8, se puede apreciar la distribución de los datos.

Debido a que el valor-P más pequeño de las pruebas realizadas es menor a 0,05, se puede rechazar la idea de que el cuadrante sin sistema proviene de una distribución normal, con 95% de confianza. En la tabla 1, se puede apreciar el resumen estadístico.

**TABLA 1.** Pruebas de Normalidad para Sin\_Sistema

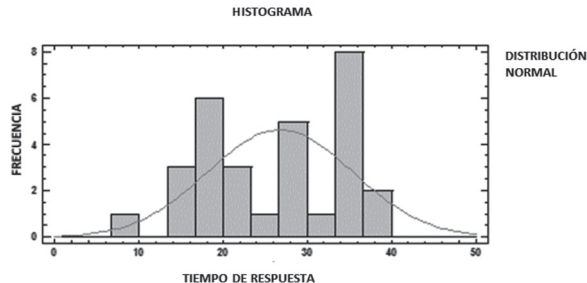
Prueba	Estadístico	Valor-P
Estadístico W de Shapiro-Wilk	0,923259	0,0372397

#### 4.2. PRUEBAS DE NORMALIDAD PARA EL CUADRANTE CON EL SISTEMA

Los datos fueron obtenidos el día 14 de diciembre de 2013, mediante el sistema desarrollado, las patrullas y el cuadrante contaban con las funcionalidades del sistema descritas anteriormente en este documento. Como el

sistema fue divulgado ampliamente en el casco urbano del municipio de Montelíbano, las personas instalaron la aplicación de pánico en sus dispositivos móviles con Android. Estas personas finalmente fueron las que utilizaron el sistema y permitieron la interacción con el resto de la plataforma que estaba a cargo de la Policía Nacional. En la figura 9, se puede apreciar la distribución de los datos.

**Figura 8.** Prueba de normalidad para el cuadrante sin sistema.



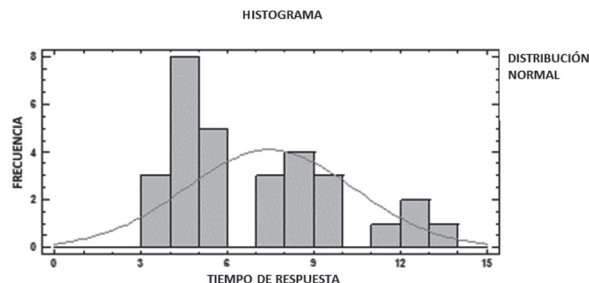
Debido a que el valor-P más pequeño de las pruebas realizadas es menor a 0,05, se puede rechazar la idea de que el cuadrante con sistema proviene de una distribución normal, con 95% de confianza. En la tabla 2, se puede apreciar el resumen estadístico.

**TABLA 2.** Pruebas de Normalidad para el cuadrante con sistema

Prueba	Estadístico	Valor-P
Estadístico W de Shapiro-Wilk	0,884874	0,00343693

Como los datos obtenidos del cuadrante con sistema y del cuadrante sin sistema no provienen de una distribución normal, se hizo una prueba de hipótesis no paramétrica. A continuación en la tabla 3, se muestra el resumen estadístico del experimento.

**Figura 9.** Prueba de normalidad para el cuadrante con sistema.



**TABLA 3.** Resumen estadístico

	Cuadrante con sistema	Cuadrante sin sistema
Recuento	30	30
Promedio	7,46667	26,7667
Desviación Estándar	2,93297	8,61307
Coefficiente de Variación	39,2808%	32,1784%
Mínimo	4,0	10,0
Máximo	14,0	40,0
Rango	10,0	30,0
Sesgo Estandarizado	1,68204	-0,404256
Curtosis Estandarizada	-0,515378	-1,42901

### 4.3. COMPARACIÓN DE MEDIANAS

Mediana de muestra 1: 6,0  
Mediana de muestra 2: 30,0

Prueba W de Mann-Whitney (Wilcoxon) para comparar medianas

Hipótesis Nula: mediana1 = mediana2  
Hipótesis Alt.: mediana1 <> mediana2

Rango Promedio de muestra 1: 15,6833  
Rango Promedio de muestra 2: 45,3167

W = 894,5 valor-P = 4,71625E-11  
Se rechaza la hipótesis nula para alfa = 0,05.

Prueba W de Mann-Whitney para comparar las medianas de dos muestras. Esta prueba se construye combinando las dos muestras, ordenando los datos de menor a mayor, y comparando los rankeos promedio de las dos muestras en los datos combinados. Debido a que el valor-P es menor que 0,05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas con un nivel de confianza del 95,0%.

De acuerdo a lo anterior se puede deducir que el sistema desarrollado mejora significativamente los tiempos de respuesta con un promedio de 7,46667 minutos, frente al mismo cuadrante sin el sistema con un promedio de 26,7667 minutos. Aunque el promedio de 7.46667 es mayor que el deseado por la Policía Nacional (5 minutos), esta es una propuesta que puede mejorar significativamente los tiempos de respuesta de la Policía frente a las solicitudes de los ciudadanos.



## 5. CONCLUSIÓN Y TRABAJOS FUTUROS

En términos generales se puede evidenciar que el sistema desarrollado mejoró los tiempos de respuesta de la policía frente a las solicitudes de los ciudadanos. Cabe señalar que para que el sistema funcione de forma óptima es necesaria la participación de los ciudadanos, los cuales desconocen en gran medida que estos sistemas existen y que pueden ayudarlos a mejorar su seguridad. Para tener resultados más detallados es necesario hacer pruebas en varios cuadrantes y analizar la información en términos de semanas, e inclusive meses.

La principal contribución de este trabajo de investigación, fue la implementación de un sistema que con capacidad de procesamiento de datos en tiempo real basado en las peticiones de los ciudadanos, para ofrecer control de riesgo, protección de privacidad y seguridad en zonas urbanas. El sistema cuenta con la capacidad de gestionar las peticiones de los ciudadanos ubicados en cuadrantes y genera respuestas eficientes mediante la asignación de patrullas bajo el concepto de teoría de colas. Además cuenta con un módulo de recomendación de sitios de acuerdo al grado de peligrosidad del mismo. A diferencia de los trabajos relacionados, en este sistema se abordaron aspectos como asignación eficiente de patrullas basadas en cuadrantes y teorías de colas; sistema de recomendación con capacidad de generar alertas a los ciudadanos dependiendo del grado de riesgo del sector.

De acuerdo a Mark Weiser [4], "la tecnología es un medio para un fin y que por lo tanto debería quedar en un segundo plano, para así permitir que el usuario se concentre totalmente en la actividad que está desarrollando", (integración de las computadoras al mundo físico), término denominado por computación ubicua. Partiendo de este concepto la tecnología no debería convertirse en obstáculo para las personas sino un medio que les haga más fácil la vida. Por lo tanto, es necesario dar a conocer a las personas que estas soluciones existen y que ellos mismos pueden contribuir a mejorar su seguridad.

Para trabajos futuro se incluirá *social tagging* para filtrado de peticiones, con el objetivo de priorizar las respuestas de las peticiones y no basado en la teoría de colas, como funciona actualmente.

## 6. AGRADECIMIENTOS

Este proyecto fue financiado por la Dirección Nacional de Escuelas de la Policía Nacional de Colombia No. S-2013-007149. De igual forma se agradece a la Teniente Coronel Yolanda Contreras Bello, al Intendente Helmer Muñoz Hernández, a los ingenieros Ludys Lopez, Alfredo

Racero y Sebastián Chavarro, por su valiosa contribución a este trabajo de investigación.

## 7. REFERENCIAS

- [1] ZHENG, Y., CAPRA, L., WOLFSON, O., & YANG, H. (2014). Urban computing: concepts, methodologies, and applications. *ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology (TIST)*, 5(3), 38.
- [2] KUKKA, H., YLIPULLI, J., LUUSUA, A., & DEY, A. K. (2014, October). Urban computing in theory and practice: towards a transdisciplinary approach. In *Proceedings of the 8th Nordic Conference on Human-Computer Interaction: Fun, Fast, Foundational* (pp. 658-667). ACM.
- [3] SATYANARAYANAN, M. (2001). Pervasive computing: Vision and challenges. *Personal Communications, IEEE*, 8(4), 10-17.
- [4] WEISER, M. (1991). The computer for the 21st century. *Scientific american*, 265(3), 94-104.
- [5] PAULOS, E., & GOODMAN, E. (2004, April). The familiar stranger: anxiety, comfort, and play in public places. In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems* (pp. 223-230). ACM.
- [6] SHKLOVSKI, I., & CHANG, M. F. (2006). Guest Editors' Introduction: Urban Computing--Navigating Space and Context. *Computer*, (9), 36-37.
- [7] CHEN, X., ZHENG, Y., CHEN, Y., JIN, Q., SUN, W., CHANG, E., & MA, W. Y. (2014). Indoor air quality monitoring system for smart buildings. In *Proceedings of the 2014 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing* (pp. 471-475). ACM.
- [8] UNIVERSITY OF CAMBRIDGE COMPUTER LABORATORY. (2004). A Transport Information Monitoring Environment (TIME): Event Architecture and Context Management (TIME-EACM), disponible en <http://www.cl.cam.ac.uk/users/jmb/TIME-EACM.htm>
- [9] DJAHEL, S., SALEHIE, M., TAL, I., & JAMSHIDI, P. (2013). Adaptive traffic management for secure and efficient emergency services in smart cities. In *Pervasive Computing and Communications Workshops (PERCOM Workshops), 2013 IEEE International Conference on* (pp. 340-343). IEEE.
- [10] YUAN, J., ZHENG, Y., ZHANG, L., XIE, X., & SUN, G. (2011). Where to find my next passenger. In *Proceedings of the 13th international conference on Ubiquitous computing* (pp. 109-118). ACM.
- [11] Okazaki, S., & Matsushita, S. (1993). A study of simulation model for pedestrian movement with evacuation and queuing. In *International Conference on Engineering for Crowd Safety* (Vol. 271).

- [12] CECCATO V., UITTENBOGAARD A., BAMZAR R. (2013). Security in Stockholm's underground stations: The importance of environmental attributes and context. *Security Journal*, vol. 26, no 1, p. 33-59.
- [13] Yao, W., He, P., & Xu, S. (2015). P2P & LBS Technology-Based Mobile Police System Design. *Journal of Computer and Communications*, 3(09), 51.
- [14] POLICÍA NACIONAL. (2009). ESTRATEGIA INSTITUCIONAL PARA LA SEGURIDAD CIUDADANA: PLAN NACIONAL DE VIGILANCIA COMUNITARIA POR CUADRANTES (PNVCC), Ediciones Policía Nacional, oficina de planeación, Colombia.
- [15] LOPS, P., DE GEMMIS, M., & SEMERARO, G. (2011). Content-based recommender systems: State of the art and trends. In *Recommender systems handbook* (pp. 73-105). Springer US.
- [16] ZHANG, B. W., YIN, X. C., CUI, X. P., QU, J., GENG, B., ZHOU, F. & HAO, H. W. (2014). Social Book Search Reranking with Generalized Content-Based Filtering. In *Proceedings of the 23rd ACM International Conference on Conference on Information and Knowledge Management* (pp. 361-370). ACM.
- [17] SHI, Y., LARSON, M., & HANJALIC, A. (2014). Collaborative filtering beyond the user-item matrix: A survey of the state of the art and future challenges. *ACM Computing Surveys (CSUR)*, 47(1), 3.
- [18] YI, A. L. C., & KANG, D. K. (2014). Friends-and-native-people-aware approach for Collaborative Filtering. In *Soft Computing and Intelligent Systems (SCIS), 2014 Joint 7th International Conference on and Advanced Intelligent Systems (ISIS), 15th International Symposium on* (pp. 976-979). IEEE.