

Propuesta metodológica para la implementación de campus inteligentes universitarios: geolocalización *indoor*

SIABATO, Willington; ALONSO-ZÁRATE, Karen; CÁRDENAS-QUIROGA, Adriana; PENNA-SALCEDO, Jhonny; LEAL-PÉREZ, Andrea

Los Campus Inteligentes son una herramienta demandada en construcciones de gran extensión debido a que apoyan múltiples tareas de gestión. Estos sistemas son el punto de partida para estructurar entornos sostenibles y administrables, apoyando la movilidad, gestión de recursos, control de riesgos, monitorización de infraestructuras, y en general, la gestión integral de las actividades que allí se desarrollan. En el caso específico de la movilidad, ayudan al desplazamiento efectivo de los usuarios y visitantes, evitando pérdidas de tiempo a quienes no tengan conocimiento de la distribución de las locaciones e instalaciones y guiando de forma efectiva a visitantes con algún grado de discapacidad. Este artículo muestra la metodología para la implementación de la Fase I del Campus Inteligente Nueva Granada; en esta fase, se realizará el análisis general de requerimientos del sistema y el desarrollo del módulo que permite la movilidad y localización efectiva de los usuarios. Se toma como caso de estudio el Edificio Sepúlveda del Campus Cajicá de la Universidad Militar Nueva Granada. El Campus Inteligente estará soportado por un Sistema de Información Geográfica distribuido, implementado con arquitectura cliente-servidor y utilizando el SGBD PostgreSQL/PostGIS como repositorio de datos y para la implementación de la funcionalidad para el cálculo de rutas. La aplicación implementada es contextual y será capaz de calcular rutas entre dos puntos, uno de ellos determinado por la localización real del usuario.

PALABRAS CLAVE

Campus Inteligente, GIS *indoor*, Celda, Localización, Movilidad reducida, Búsqueda contextual.

INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años, el concepto de *Campus Universitario* ha cambiado en Colombia, los antiguos campus construidos dentro de las ciudades han sido sustituidos por grandes complejos universitarios caracterizados por una impresionante arquitectura, vías de acceso y amplias zonas verdes. Estos Campus han sido construidos siguiendo el ejemplo de grandes y reconocidas universidades, por ejemplo, Universidad de Pensilvania, Universidad de California, Universidad de Stanford.

Las exigencias en materia de diseño, construcción, mantenimiento y accesibilidad, hacen necesario contar con herramientas tecnológicas que faciliten la toma de decisiones relacionadas con la planeación y el desarrollo de éste tipo de actividades, así como la administración y gestión de todas las obras de infraestructura construidas. Es por esto que en algunas universidades se introdujo y posicionó el concepto de *Campus Inteligente* como una manera eficiente de administrar los espacios y apoyar la planeación de actividades académicas, cada día más complejas debido a la numerosa población estudiantil que pueden albergar y a las complejas instalaciones cuyo mantenimiento resulta dispendioso y demanda más recursos. Además de la gestión académico-administrativa, otra ventaja que ofrecen los campus inteligentes es proporcionar información actualizada acerca de sus programas académicos y servicios que puede ser consultada a través de recursos como los portales web y los dispositivos móviles, convirtiéndose en una herramienta de publicidad y visibilidad de las actividades desarrolladas a nivel interno.

En el caso Colombiano, la Universidad Militar Nueva Granada (UMNG) cuenta hoy en día con uno de los mejores ejemplos de este tipo de complejos universitarios, el Campus Cajicá (Figura 1), cuyo crecimiento tanto a nivel de infraestructura como de población universitaria requiere el diseño e implementación de un sistema de gestión. Esta propuesta se basa en el uso de las Tecnologías de la Información Geográfica (TIG), que al ser integradas con las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC), proporcionan la capacidad de administrar espacios, facilitan el planeamiento de actividades académicas además de la programación de mantenimiento de la infraestructura y proyectar el crecimiento mediante la actualización permanente de la información. Esta herramienta será un paso en firme para la unificación de la mayor parte de las actividades de gestión que se están desarrollando en los Campus de la UMNG y que hasta ahora no ha sido posible integrar teniendo como consecuencias el descontrol de procesos, repetición de actividades, y lo que es peor, uso ineficiente de los recursos universitarios al ser necesario repetir procesos y tareas ya ejecutadas por no tener en cuenta la planificación previa de otras actividades y proyectos.

La propuesta de implementación del Campus Inteligente Nueva Granada se dividirá en tres fases, cada una con una duración de un año. Para la fase I, se tendrá en cuenta (i) la definición general del proyecto (especificaciones y arquitectura) y (ii) el desarrollo del prototipo para la gestión de movilidad en el Edificio Sepúlveda del Campus Cajicá. Posteriormente, se extenderá a las demás instalaciones en las fases II y III, en las cuales se implementarán módulos de gestión de recursos. En este artículo se expone lo relacionado a la fase I.



Figura 1: Universidad Militar Nueva Granada - Campus Cajicá.

OBJETIVOS

El objetivo general es diseñar e implementar el prototipo inicial del Campus Inteligente Nueva Granada mediante la integración de Tecnologías de Información Geográfica (TIG) y de las Comunicaciones (TIC) para facilitar los procesos de planeación y gestión académico-administrativa en la Universidad Militar Nueva Granada. Para lograr este objetivo, se plantean como objetivo específicos:

1. Recopilación de información, planos record y demás cartografía actualizada. Caso de estudio Fase I Edificio Sepúlveda.
2. Conversión de capas de información CAD a formatos de datos abiertos.
3. Creación de la Base de Datos Espacial incorporando las capas definidas como estratégicas para el análisis de movilidad y accesibilidad.
4. Ejecución de algoritmos para la definición de rutas óptimas basadas en las limitaciones de movilidad de los usuarios.
5. Desarrollo e implementación de la interfaz gráfica de usuario (GUI).
6. Evaluación de rendimiento y funcionalidad del software.

TRABAJOS RELACIONADOS

Actualmente, la tendencia en implementación de redes celulares con mayor rango de cubrimiento y mayor velocidad (Tecnología 2G/3G/4G) aunado al desarrollo de dispositivos móviles con mayores recursos en cuanto a procesamiento, crecimiento e integración de los Sistemas de sensores Micro Electro Mecánicos (MEMS, por su sigla en inglés) como los acelerómetros, el E-compass, giroscopio y barómetro [1], han apoyado el desarrollo e investigación de temas referentes a posicionamiento, movilidad, gestión administrativa de recursos, espacios, entre otros, a través de aplicaciones para dispositivos móviles.

En espacios abiertos se han realizado un gran número de aplicaciones con alta precisión de posicionamiento y administración por medio de GPS (Global Positioning System), sin embargo esta tecnología no es útil en entornos cerrados debido a que la línea de visión requerida por parte de los satélites es inexistente [2]. Gran variedad de esfuerzos de desarrollo han generado nuevos diseños y pautas para controlar espacios internos, no obstante una de las mayores limitantes en los sistemas es el alto costo de instalación y la complejidad que puede llegar a tener el diseño del sistema. Algunos de los sistemas probados han utilizado tecnologías como Bluetooth y el RFID las cuales tienen gran costo de implementación y no tienen gran precisión, así mismo la tecnología UWB (UltraWide Band) con un alto grado de precisión, sin embargo su uso no es común, ya que implica altos costos y son proclives a fallos debido al bajo poder de emisión o interferencia externa de otros sistemas [2, 3].

Hammadi *et al.* [2] propusieron un desarrollo en dispositivos móviles con Sistema Operativo Android, diseñado para cualquier entorno cerrado. Este proyecto se propone con el objetivo de ahorrar tiempo y tener una navegación eficaz dentro de una construcción de entorno interno. Este sistema está conformado por 4 elementos principales: i) La interfaz de cliente, donde se dará la interacción del usuario final y la aplicación, ii) la base de datos espacial, donde se aloja el contenido de mapas e información del entorno, iii) la interfaz web manejada por usuarios administrativos donde se realizan retroalimentaciones del sistema y del sistema de encuestas integrado, y iv) el servidor donde se determina la ubicación del usuario y se calculan los algoritmos para encontrar las rutas más cortas. Este desarrollo se implementa con una tecnología Wireless llamada NFC (Near Field Communication) la cual permite el intercambio de datos entre dispositivos a un bajo costo de procesamiento, y códigos QR (Quick Response) distribuidos estratégicamente para la fácil accesibilidad y lectura de los usuarios finales y facilitar los procesos de localización.

También se han desarrollado aplicaciones para la gestión de riesgo complementando acciones para evacuación en construcciones a causa de fuego, esta iniciativa se desarrolló en el departamento de Geoinformática de la Universidad de Seúl en conjunto con el gobierno Corea del Sur [4]. Este sistema es un simulador peatonal que utiliza procesos de gestión de bases de datos espaciales y puede ser usado en emergencias en tiempo real, desarrollado en base al modelo expuesto por Kirchner *et al.* [17] el cual utiliza el fundamento de los autómatas celulares, calculando los movimientos e interacción del usuario con los objetos que están adyacentes a él. Existen dos tipos de campo para Kirchner: el estático y el dinámico, el primero se refiere a la menor distancia en la que se debe mover el agente para llegar a la salida, el segundo se refiere a rastros virtuales de otros agentes en el lugar, sin embargo para el trabajo que propone Kwak *et al.* [4] existe un tercer tipo de campo el "campo visible" donde se calcula la claridad de cada una de las celdas del edificio y establece un camino adecuado para llegar a la salida.

Trabajos recientes, permiten a los usuarios estar conscientes de su ubicación no solo a través de mapas 2D, sino por medio de realidad aumentada encontrando lugares a través de etiquetas visuales sobre los lugares destino reales. Cabe anotar, que el futuro del desarrollo estos sistemas ha tomado un enfoque basado en el desarrollo sobre nuevas plataformas de hardware, que posiblemente reemplace los dispositivos móviles, por ejemplo el dispositivo producto del proyecto Google Glass Project [5].

En las estructuras multi-nivel el problema a resolver pasa de ser 2D a un problema 3D, en donde es necesario revisar la posición en altura de cada usuario. Uno de los procesos utilizados para la navegación en entornos cerrados multi-nivel es el denominado Map Matching, el cual implementado en conjunto de métodos como el MonteCarlo secuencial (SMC, por sus siglas en inglés) permite seguir una ruta dentro de un mapa [18]. El modelo consiste en distribuir un conjunto de partículas SMC, las cuales poseen distintas características que determinan si una partícula es impenetrable, si esta permite hacer una transición de altura, o si esta es encargada de establecer la ruta de un punto a otro, en este caso es posible involucrar en el recorrido generado escaleras, paredes y ascensores. Estas partículas se rigen por [18]:

1. Una partícula no puede moverse a través de una pared.
2. Una partícula no puede entrar a unas escaleras desde atrás.
3. Una partícula no puede saltar en el aire, debe estar cerca al piso.
4. Una partícula puede dejar las escaleras o ascensores solo a través de transiciones.

Usualmente, las aplicaciones *indoor* no se conciben como espacios Euclidianos sino como espacios celulares debido a que los recorridos presentan restricciones de movimiento y el modelamiento del espacio se da de acuerdo a un conjunto de celdas y objetos representados por labels que permiten al algoritmo implementado hacer búsquedas de caminos a un nivel abstracto. Este proceso se puede representar como una búsqueda dentro de un árbol en el cual cada uno de los nodos es un espacio dentro del edificio [19].

Investigaciones lideradas por Imad Afyouni, conducen a considerar dentro de los sistemas de ambiente cerrado no solo dimensiones como la localización de las entidades involucradas sino a entender y explotar sistemas sensibles al contexto que permitan analizar dimensiones centradas en el usuario, de contexto ambiental, de contexto temporal y de contexto de ejecución, las cuales permiten entre otras cosas analizar capacidades físicas y cognitivas del usuario, factores del entorno como la luz, la ubicación, considerar recursos cercanos y conectividad a redes, dándole flexibilidad y una óptima decisión al usuario [9]. El modelo de datos *indoor* propuesto por Afyouni [6, 7, 9] está compuesto por el conjunto $\langle S, F, A \rangle$, donde:

- S es el componente espacial, constituido por un conjunto de capas que representan el espacio *indoor* las cuales son jerárquicamente ordenadas. Su representación basada en celdas soporta el modelado de propiedades estructurales como conexiones y relaciones entre nodos como se muestra en la Figura 2. Cada uno de los nodos tiene solamente un valor ya que cada uno pertenece solamente a una unidad espacial, pudiéndose segmentar para dar una mayor precisión.

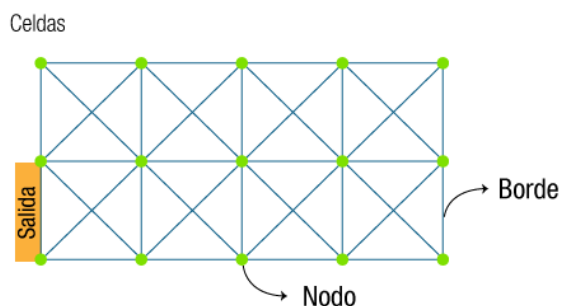


Figura 1: Representación de nodos, bordes (conexiones) y celdas.

- F son los componentes característicos, los cuales abarcan las características del entorno y se componen por la unión de personas y objetos de interés (puertas, ventanas, mesas y fenómenos que van evolucionando). Cada objeto tiene atributos, propiedades estáticas y potencialmente dinámicas, y puede tener una lista de acciones que se generan por disposiciones dependientes de la aplicación. Asimismo, los objetos pueden ser asociados a un espacio con información semántica usada para propósitos de interacción. Los espacios de interacción pueden ser: i) El espacio de características, ii) El espacio operacional, iii) El espacio funcional y iv) El espacio de rango
- A son los componente de acción, los cuales se conforman por acciones predefinidas y disparadas automáticamente por el sistema, en forma de mensajes sensibles al contexto (SA) o generado por una característica del entorno (FA).

Este tipo de sistemas permite acceder y hacer consultas a los datos de dos formas: i) Pull Mode el cual es impulsado por una petición o requerimiento directo del usuario y ii) Push Mode en donde el servidor da información automáticamente sin necesidad que el usuario genere acciones. Estas consultas, sensibles al tiempo, a la ubicación y al usuario, de ser continuas implicarían un alto costo computacional, por lo que se plantea la validación de acuerdo al tipo consulta [7, 9].

METODOLOGÍA

La propuesta metodológica presentada para el desarrollo de Fase I del Campus Inteligente Nueva Granada, se desplegará siguiendo un modelo de arquitectura cliente-servidor como se muestra en la Figura 3. Por una parte actuará el servidor el cual recibirá y dará respuesta a solicitudes de búsqueda de rutas, alojará información como perfil de usuario, registros, datos de localización para procesamiento de ubicación actual y objetivo, entre otros; por otra parte el cliente, el cual permitirá visualizar los planos del edificio Sepúlveda posibilitando actividades como zoom, revisión de tags del espacio, paneo, visualización gráfica del recorrido de interés de acuerdo a la condición de cada usuario (Movilidad reducida y movilidad completa).



Figura 3: Componentes de la arquitectura básica del sistema de localización.

En la realización del proyecto se establecen tres etapas (ver Figura 4) en las cuales se llevará a cabo un proceso de verificación y validación.

Etapas 1: Levantamiento de Información y Diseño.

Para la realización de esta etapa se establecen tres sub-etapas que garantizarán el desarrollo final del diseño del sistema:

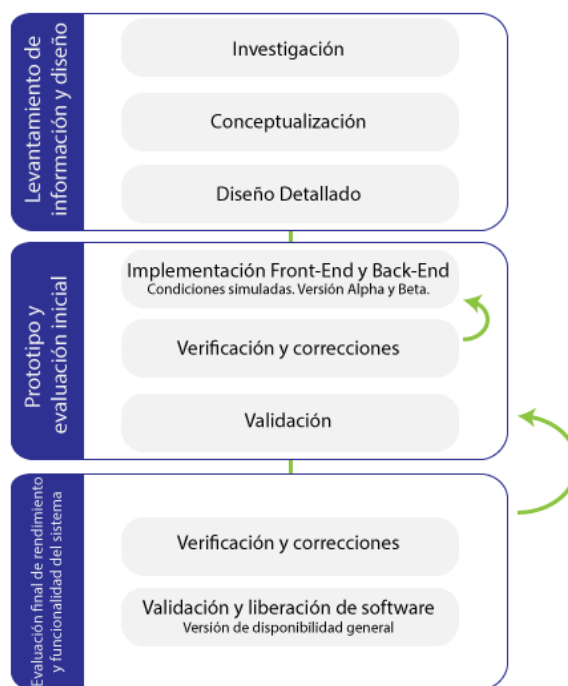



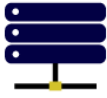
Figura 4. Etapas para el desarrollo del Campus Virtual (Fase I).

- Etapa de Investigación: En esta etapa se establece el problema central y el alcance del proyecto. Se realiza el levantamiento de los planos record y la cartografía actualizada necesaria en la implementación del sistema, se realizarán análisis de las tecnologías a implementar, las formas de visualización de la aplicación, la usabilidad según el tipo de usuario, el diseño de la interfaz, el estudio de usuarios finales, necesidades y requerimientos técnicos y de usuario que permitan establecer la definición del conjunto de celdas activas que se utilizará para la movilidad según el contexto. Igualmente, se investigarán distintos algoritmos de búsqueda inteligente que resuelvan eficientemente la necesidad de localización de los usuarios dentro de un ambiente cerrado.
- Etapa de Conceptualización: A partir del levantamiento de información de la Etapa de Investigación se procederá a analizar los requisitos y especificaciones del sistema que den paso a sesiones de innovación interdisciplinar que resulten en la creación de una lista de características, permitiendo la realización de bocetos del proyecto, que satisfagan los objetivos propuestos.
- Etapa de Diseño Detallado: Se establecerán los parámetros técnicos de la Base de Datos Espacial para asegurar el correcto funcionamiento y alojamiento de la información (perfil de usuario, planos record, conjunto de celdas agrupadas de acuerdo al contexto). Igualmente, se seleccionará el algoritmo de búsqueda más eficiente y efectivo. Posteriormente, se realizará un documento de especificaciones técnicas finales que se contendrá el análisis de los casos de uso, principales acciones a implementar en el prototipo del sistema del Campus Virtual (Tabla 1) y los parámetros finales de la interfaz gráfica de usuario.

Para el desarrollo del sistema se contemplan 3 roles de usuario: i) Super-usuario, el cual tendrá todos los privilegios de acceso al *back-end* y se encargará del desarrollo de actividades como mantenimiento, escalamiento y refinación del sistema, ii) Usuario administrador, responsable de realizar análisis acerca de los recursos del Campus Nueva Granada con el fin de ejecutar procesos de toma de decisión efectivos y eficientes, los datos de estudio se visualizarán a través de interfaz *front-end* con acceso restringido, por último el iii) Usuario final directo, quien interactúa y tiene acceso al *front-end* y datos catalogados como públicos a través de un dispositivo móvil que le

permitirá la localización dentro del campus. Para la fase de interés de esta propuesta metodológica, se considera solamente el Super usuario y el Usuario final directo.

Tabla 1. Principales acciones sobre los módulos del sistema.

 <p>Operaciones sobre módulo cliente</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Creación/actualización del perfil. 2. Visualización panorámica de las instalaciones. 3. Selección/edición salón de interés para búsqueda contextual. <ol style="list-style-type: none"> i. Visualización lista de salones. ii. Selección a través de interacción directa con plano. 4. Salida de la aplicación.
 <p>Operaciones sobre módulo servidor</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Alojamiento/manejo de información de perfil. 2. Alojamiento/manejo plano e información <i>indoor</i> 2D. 3. Procesamiento de posición actual de usuario. 4. Procesamiento/devolución de peticiones de cliente.

Etapas 2: Prototipo y Evaluación Inicial en condiciones simuladas.

Para asegurar la calidad del desarrollo y disminuir costos de implementación, se realizará un prototipo en condiciones simuladas que permita validar las especificaciones técnicas dadas y realizar una evaluación inicial que conforme una lista de defectos e inconformidades que permitan realizar los ajustes pertinentes para la implementación final del sistema.

Para el desarrollo del prototipo se poblara la Base de Datos Espacial con los vectores resultantes de los planos del Edificio Sepúlveda y se procederá a predefinir las celdas en las cuales transitarán las personas según su perfil (Figura 5). Adicionalmente, se creará el diseño gráfico y la diagramación de la interfaz gráfica de usuario que permita una navegación sencilla e intuitiva que mejore el aprendizaje e interacción; se codificará el algoritmo de búsqueda inteligente de rutas sobre el SDK de Android y se realizarán las respectivas pruebas en *smartphones* con el SO Android *Ice Cream Sandwich* (4.0) y superiores, estos prototipos implementarán e integrarán el *front-end* y el *back-end* de la aplicación en versiones iniciales cerradas que permitan evaluar la interacción de los usuarios con los módulos del software.

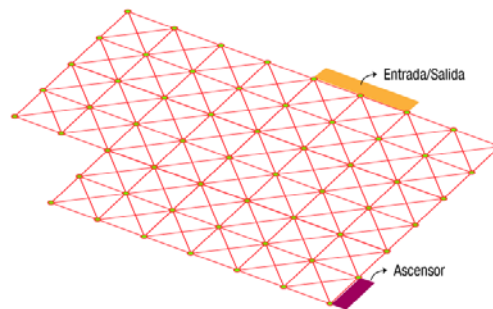
La validación de la presente etapa demanda un prototipo funcional evaluado en condiciones simuladas y en versión RC (Candidata a Definitiva), este debe cumplir con la lista de requerimientos y correcciones.

Etapas 3: Evaluación final de rendimiento y funcionalidad del Sistema

En esta etapa se realizan pruebas de campo, refinando las características del servidor y el cliente. Igualmente, se corrigen errores no visibles en las pruebas simuladas. Para asegurar la calidad del sistema a implementar se tendrán en cuenta aspectos como:

- La usabilidad la cual será evaluada desde dos perspectivas, la del usuario y la del desarrollador. Para determinar cuantitativamente y objetivamente la experiencia del usuario con el sistema, se definirán test in situ con objetivos claros a evaluar y se procederá a reclutar participantes que cumplan con el perfil de usuario de la población objetivo del sistema (Personas con movilidad reducida y movilidad completa), en el test se hará un acompañamiento a los participantes para evaluar la interacción de los usuarios y la aplicación. Asimismo, se evaluará la facilidad de aprendizaje y la cantidad de procesos que cada usuario debe hacer para llegar hasta el objetivo final.

CELDAS HABILITADAS PARA
PERSONAS CON MOVILIDAD REDUCIDA



CELDAS HABILITADAS PARA
PERSONAS CON MOVILIDAD COMPLETA

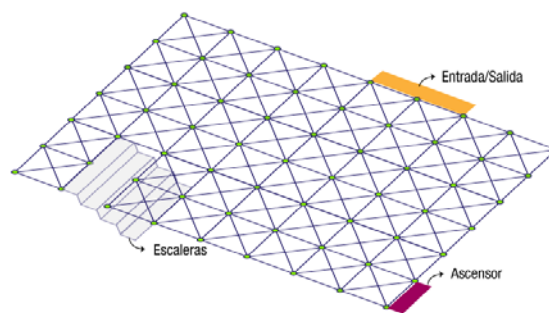


Figura 5. Agrupación de celdas de localización según contexto.

- La funcionalidad medida con el cumplimiento del software con los objetivos y el alcance diseñado. Adicionalmente, se tendrá en cuenta la portabilidad analizada a partir de la cantidad de pasos para instalación, el rendimiento del software en coexistencia con otras aplicaciones, la capacidad de integración entre los diferentes módulos del sistema y pruebas de concurrencia.
- La fiabilidad del software el cual será expuesto a condiciones de uso anormales o inesperadas, para establecer la robustez y la disponibilidad por medio de mediciones en cuanto a los tiempos de respuesta, el comportamiento, tolerancia a fallos, y precisión de las salidas del sistema bajo las condiciones dispuestas.

Posteriormente y de acuerdo a los datos obtenidos en cada uno de los test, se dará un diagnóstico inicial que permita extraer información referente a los fallos y posibles nuevos defectos de las características y funcionalidades del sistema, con lo que se iniciara una nueva iteración sobre las fases metodológicas del proyecto de ser necesario, en caso de éxito, se pondrá el Campus Virtual en Disponibilidad General en la tienda Google Play.

REFERENCIAS

- [1] Deng Zhongliang; Yu Yanpei; Yuan Xie; Wan Neng; Yang Lei, "Situation and development tendency of indoor positioning," *Communications, China*, vol.10, no.3, pp.42,55, March 2013.
- [2] Hammadi, O.A.; Hebsi, A.A.; Zemerly, M.J.; Ng, J.W.P., "Indoor Localization and Guidance Using Portable Smartphones," *Web Intelligence and Intelligent Agent Technology (WI-IAT), 2012 IEEE/WIC/ACM*, vol.3, pp.337,341, 4-7 Dec. 2012.

- [3] Ozdenizci, B.; Kerem Ok; Coskun, V.; Aydin, M.N., "Development of an Indoor Navigation System Using NFC Technology," *Information and Computing (ICIC), 2011 Fourth International Conference*, pp.11,14, 25-27 April 2011.
- [4] Kwak, S.; Nam, H.; Jun, C., "An enhanced indoor pedestrian model supporting spatial DBMSs," *Proceedings of the 2nd ACM SIGSPATIAL International Workshop on Indoor Spatial Awareness*, pp.25-32 Nov. 2010.
- [5] Delail, B.; Weruaga, L.; Zemerly, M.; Ng, Jason W.P., "Indoor localization and navigation using smartphones augmented reality and inertial tracking," *2013 IEEE 20th International Conference on Electronics, Circuits, and Systems (ICECS)*, pp.929,932, 8-11 Dec. 2013.
- [6] Afyouni, I.; Ray, C.; Claramunt, C., "A fine-grained context-dependent model for indoor spaces". In *Proceedings of the 2nd ACM SIGSPATIAL International Workshop on Indoor Spatial Awareness (ISA '10)*. pp.33-38. Sep. 2010.
- [7] Afyouni, I.; Ray, C.; Ilarri, S; Claramunt, C., " A PostgreSQL extension for continuous path and range queries in indoor mobile environments," *Journal Of Pervasive and Mobile Computing*, Sep. 2013.
- [8] Han, J.; Chiang, J.Y.; Chee, S.; Chen, J.; Chen, Q.; Cheng, S.; Gong, W.; Kamber, M; Koperski, K; Liu, G; Lu, Y; Stefanovic, N.; Winstone, L.; Xia, B.; Zaiane, O.; Zhang, S.; Zhu, H., "DBMiner: a system for data mining in relational databases and data warehouses". In *Proceedings of the 1997 conference of the Centre for Advanced Studies on Collaborative research (CASCON '97)*, pp. 8 1997.
- [9] Afyouni, I.; Ray, C.; Ilarri, S; Claramunt, C., "Context-aware modelling of continuous location-dependent queries in indoor environments" *Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments*, vol. 5, pp. 65 -88 Jan. 2013
- [10] Ganchev, I.; Stojanov, S.; O'Droma, M.; Meere, D., "An InfoStation-Based Multi-Agent System Supporting Intelligent Mobile Services Across a University Campus." *Journal Of Computers*, vol. 2, no. 3, pp.21-33 May 2007.
- [11] Li, H.; Ma, G.; Cui, L., "Digitized OA system construction of University based on web service technology". In *Proceedings of the 7th international conference on Electronic commerce (ICEC '05)*. pp.698-702. August 2005.
- [12] Chen, Y., Zhang, R., & Zhang, S. "Service Encapsulation-Based Model for Smart Campus." *Journal of Electronic Commerce in Organizations (JECO)*, vol. 10, no. 4, 31-41 May 2012.
- [13] Delail, B.A.; Weruaga, L.; Zemerly, M.J., "CAViAR: Context Aware Visual Indoor Augmented Reality for a University Campus," *Web Intelligence and Intelligent Agent Technology (WI-IAT), 2012 IEEE/WIC/ACM*, vol.3, pp.286,290, Dec. 2012
- [14] Ng, J.W.P.; Azarmi, N.; Leida, M.; Saffre, F.; Afzal, A.; Yoo, P.D., "The Intelligent Campus (iCampus): End-to-End Learning Lifecycle of a Knowledge Ecosystem," *Intelligent Environments (IE), 2010 Sixth International Conference*, pp.332,337 July 2010.
- [15] Valmayor, A. F; Cristobal, J.; Navarro, A.; Fernández, A.; Merino, J.; Peralta M.; Roldán, Y., "CampusVirtual de la Universidad Computlense de Madrid," *Pixel-Bit*, no. 32, pp. 55-65, Marzo 2008.
- [16] Nuñez, A., "Una Comparación del Campus Virtual de British Open University y el Campus Virtual de Florida State University: Constructivismo vs. Conductismo," [En línea]. Available: http://cvc.cervantes.es/ensenanza/formacion_virtual/campus_virtual/nunez.htm. [Último acceso: Mayo 2014].

- [17] Kirchner, A.; Schadschneider, A., "Simulation of evacuation processes using a bionics-inspired celular automaton model for pedestrian dynamics," *Physica A*, pp. 312, 260-276, 2002.
- [18] Ascher, C.; Kessler, C.; Weis, R.; Trommer, G., "Multi-Floor Map Matching in Indoor Environments for Mobile Platforms" In *International Conference on Indoor Positioning and Indoor Navigation*, Nov. 2012.
- [19] Alamri, S.; Taniar, D.; Safar, M.; Al-Khalidi, H., "A connectivity index for moving objects in an indoor cellular space" In *Pers Ubiquit Comput*, pp. 287-301, 2014

AUTORES

Willington SIABATO

wlsiabatov@unal.edu.co
Universidad Militar Nueva Granada
Universidad Nacional de Colombia
Departamento de Geografía

Karen ALONSO-ZÁRATE

ingkaren.alonso@gmail.com
Universidad Militar Nueva Granada
Especialización en Geomática

Adriana CÁRDENAS-QUIROGA

elsa.cardenas@unimilitar.edu.co
Universidad Militar Nueva Granada
Especialización en Geomática

Jhonny PENNA-SALCEDO

jhonny.psalcedo@gmail.com
Universidad Militar Nueva Granada
Especialización en Geomática

Andrea LEAL-PÉREZ

andreaaleal08@gmail.com
Universidad Militar Nueva Granada
Especialización en Geomática