



Revista EIA
ISSN 1794-1237
e-ISSN 2463-0950
Año XIX/ Volumen 20/ Edición N.39
Enero-Junio de 2023
Reia3917 pp. 1-27

Publicación científica semestral
Universidad EIA, Envigado, Colombia

**PARA CITAR ESTE ARTÍCULO /
TO REFERENCE THIS ARTICLE /**

Rincón Romero, M.; Muñoz Herrera,
W.; Leal Guancha, R.
Hacia un Campus Universitario
Inteligente. Caso de Estudio:
Aplicación para la Movilidad
Dentro del Campus Meléndez de la
Universidad del Valle
Revista EIA, 20(39), Reia3917.
pp. 1-27.
<https://doi.org/10.24050/reia.v20i39.1607>

 **Autor de correspondencia:**

Rincón Romero, M. (Mauricio)
Universidad del Valle
Correo electrónico:
mauricio.rincon@correounivalle.edu.co

Recibido: 21-03-2022

Aceptado: 12-09-2022

Disponible online: 01-01-2023

Hacia un Campus Universitario Inteligente. Caso de Estudio: Aplicación para la Movilidad Dentro del Campus Meléndez de la Universidad del Valle

 MAURICIO EDILBERTO RINCÓN ROMERO¹

WILMER MUÑOZ HERRERA¹

RODRIGO LEAL GUANCHA¹

1. Universidad del Valle

Resumen

Desde el concepto de Ciudad Inteligente se abstrae a un modelo de Campus Inteligente, soportado por geoinformación y tecnologías de la información y la comunicación para generar una herramienta de apoyo a la movilidad dentro del Campus universitario. Las preguntas a resolver con la herramienta son: “*en dónde queda*”, y “*cómo llego a*”. Adoptando un Campus de 100 hectáreas y 18 kilómetros de caminos y vías, son dispuestos en una base de datos espacial para un Sistema de Información Geográfica y se dispone a través de una aplicación móvil y Web. Después de introducir los parámetros de la consulta al sistema, se construye la respuesta identificando el destino y cómo llegar a él, a través de la ruta más corta sobre el mapa base de la Universidad del Valle, la distancia entre los puntos origen-destino y el tiempo de recorrido para un peatón entre ellos. El Sig Web se desarrolló con *Geoserver* como servidor de mapas articulado con la librería *Leaflet* para *JavaScript*, usando un motor de base de datos *PostgreSQL* y *PostGIS*. Como resultado se construyó un SIG-Web y una aplicación móvil para sistemas operativos Android que funciona tanto en línea como sin conexión a Internet, desarrollada con framework Apache cordova y las librerías de framework7 y leaflet. UVManos es el nombre asignado a la aplicación Web y móvil, siendo un primer paso en la concepción de un Campus Inteligente con el cual toda una comunidad universitaria se localiza y mueve facilitando su desplazamiento dentro de la Universidad.

Palabras claves: Sistemas de Información Geográfica”, “Campus Inteligente”, “Servicios Web”, WebMap, “ayudas para la movilidad”, Geoinformación, “Tecnologías de la información y la comunicación”, Internet, “Aplicaciones híbridas”, i-campus, “Ciudad Inteligente.

Towards an Intelligent University Campus. Case Study: Application for Mobility Within the Meléndez Campus of the Universidad del Valle

Abstract

From the concept of Smart City, an Intelligent Campus model is abstracted, supported by geoinformation and information and communication technologies to generate a tool to support mobility within the University Campus. The questions to be solved with the tool are: “*where is it*”, and “*how do I get to*”. Using a Campus of 100 hectares and 18 kilometers of paths and tracks arranged in a spatial database, a Geographic Information System is conceived and made available through the Internet as well as a mobile App. A graphical interface of its own so that users can access the application and through “three clicks” they build a question to the system and thus obtain their mobility response. After entering the parameters into the system, the response is built identifying the destination and how to get there, through a shortest route drawn it on the base map of the University, the distance between the origin-destination points and the travel time for a pedestrian. The GisWeb was developed using *Geoserver* as map server articulated with the *Leaflet* library for *JavaScript*, coupled to *PostgreSQL* database engine with the *PostGIS* plugin. As a result, a GIS-Web and a mobile application that works both online and offline for Android operating systems were built, by using *Apache Cordova* framework and *Leaflet* and *framework7* as libraries. UVManos was the name given to the mobile and Web App, and it is a first step in the conception of an Intelligent Campus with which an entire university community is located and moves, facilitating their movement within the University.

Keywords: “Geographic Information Systems”, “Smart Campus”, “Web services”, “WebMap”, “mobility aids”, Geoinformation, “Information and communication technologies”, Internet, “hybrid applications”, i-campus, “Smart city”.

1. Introducción

Uno de los principales problemas que enfrentan las personas cuando llegan a un lugar o un espacio amplio, es identificar la ubicación exacta del sitio de interés que busca; este problema es más complejo cuando se visita un sitio por primera vez, en donde el visitante debe mentalmente interpretar los patrones organizacionales de los espacios según su conocimiento previo de otros espacios y la lógica espacial que existe en el imaginario cada individuo. Esta novedad desencadena pérdida de tiempo, desgaste físico, mayores costos y/o posiblemente pérdida de oportunidades importantes. Dicha situación no es ajena a la comunidad visitante a la Universidad del Valle. El Campus Universitario Meléndez de la Universidad del Valle se localiza en la

ciudad de Santiago de Cali – Colombia. El Campus tiene una extensión de 1.000.000 m², alberga infraestructura para 208 aulas de clase, 35 salas de cómputo, 27 auditorios y 120 laboratorios, además de espacios deportivos, recreacionales y administrativos. Estos espacios se interconectan con senderos peatonales y vías que en su totalidad representan 18,56 Km de recorrido interno. La complejidad de la infraestructura y la diversidad de espacios propicia que los visitantes, estudiantes, profesores o empleados se extravíen dentro del campus intentando buscar un sitio destino que para ellos en un inicio puede ser desconocido.

Teniendo en cuenta esta problemática, en el presente trabajo se desarrolló una metodología que tiene como base la teoría general de sistemas (Von Bertalanffy, 1976) para concebir un sistema de información geográfica (SIG), la cual permite orientar personas dentro del campus universitario aprovechando las funcionalidades de dispositivos móviles (Smartphone, Tablet, entre otros). Se construye un SigWeb para ser consultado desde el dispositivo móvil o de escritorio, el cual brinda la posibilidad al usuario de acceder a información espacial en cualquier momento y lugar, para orientar su movilidad dentro del Campus universitario Meléndez e la Universidad del Valle.

Antecedentes y definición del problema

En cualquier ámbito, toda decisión se debe tomar sobre la base de buena información; desafortunadamente en muchos casos no se cuenta o no se puede acceder a la información. Dado esto, tomar una decisión en esas condiciones puede acarrear consecuencias inesperadas o poco convenientes. Afortunadamente, el desarrollo tecnológico ha alcanzado cierto nivel de desarrollo que favorece el acceso a la información por medio de articulación de redes, servidores y plataformas informáticas, las cuales hacen que la comunidad y en particular los tomadores de decisiones puedan acceder a las fuentes originales de información para apoyar sus decisiones (Abreu Freire y Painho, 2014).

La evolución tecnológica y la rápida evolución de los dispositivos móviles articulados con Internet ha conducido a favorecer el desarrollo de las sociedades en todo nivel; desde la revolución industrial del siglo pasado hasta las condiciones actuales de redes informáticas de quinta

generación, lo que catapulta la velocidad de desarrollo y productividad en una comunidad a niveles no imaginados, es la información actualizada y disponible (Ibid).

El concepto de ciudad informacional se puede aplicar a la unidad de agregación social de ciudad, donde su configuración y desarrollo dependen de la visión de los diferentes actores relacionados con ella, como administradores, planeadores o el ciudadano (Wirth, 2001); para esta propuesta, en primera instancia, la aproximación a la problemática se hará con un entorno de ciudad y eventualmente se enfocará en un entorno de un campus universitario. Las características de las ciudades se reflejan principalmente en sus actividades y servicios (comerciales, financieros y administrativos), cómo también en la infraestructura, vías de comunicación, transporte, equipamiento cultural, educativo y todo lo que genere bienestar (Ibid).

En la actualidad, la tendencia de las grandes ciudades aprovechando por un lado, la avenida de los nuevos desarrollos tecnológicos y por otro la creciente demanda de la sociedad por mejoras en servicios, bienestar y facilidades, conducen a pensar en el concepto que se está acuñando de Ciudades Inteligentes (Greco & Bencardino, 2014). Existen diferentes aproximaciones a este concepto en donde las propuestas se enfocan en satisfacer condiciones de tamaño, su población o geografía, enmarcadas principalmente en el imaginario común de las necesidades de su sociedad (Torres-Sospedra et al., 2015). De hecho, esta heterogeneidad y contrastes de enfoques dificultan tener un consenso en sus tendencias; a pesar de ello, hay aspectos comunes que se comparten en la mayoría de ciudades. El concepto de ciudades inteligentes emerge desde 2007 cuando Giffinger y otros (2010) proponen un marco adoptado para comparar estrategias de uso del desarrollo actual. A través de un amplio análisis de las ciudades medias europeas, los autores identifican seis aspectos claves de las Ciudades Inteligentes: Gobierno Inteligente, Gente Inteligente, Economía Inteligente, Ambiente Inteligente, Vida Inteligente y Movilidad Inteligente (Benedito-Bordonau et al., 2014), (Zhang et al., 2012), (Giffinger et al., 2010).

Esta evolución tecnológica ha conducido a la concepción de una ciudad informacional o ciudad inteligente, la cual se apoya en los desarrollos tecnológicos e informáticos para conducir a sus actividades de progreso, aumentando la participación ciudadana y la administración de gobierno en línea. Hasta el momento, la evolución

de estos desarrollos no integra diferentes proyectos, sino más bien se enfocan en generar acceso homogéneo a plataformas comunes de información para facilitar la gestión de los datos y mejorar los servicios a la comunidad a través de la red (Torres-Sospedra et al., 2015), y con esto generar acciones que permitan aumentar los procesos de gobernanza en línea, trascendiendo a los niveles de mejoramiento de la calidad de vida de los ciudadanos. Su impacto en la comunidad es la facilidad de acceder a muchos procesos, ahorrando tiempo y dinero en las gestiones del día a día de la sociedad.

Guardando las proporciones entre ciudades medianas y grandes, se puede pensar que los Campus Universitarios son de dimensiones significativas que albergan un número de estudiantes que pueden variar desde algunos miles a más de cientos de miles de estudiantes; estas mini-comunidades podrán entenderse como una réplica proporcional de su sociedad o de su ciudad. Al igual que las ciudades, en los Campus universitarios se presentan situaciones de administración, gobernanza, gestión en diferentes temas como económicos, desarrollo o ambientales, y en particular en acceso y la movilidad. Dentro del Campus universitario se comparte infraestructura, canales de comunicación, redes de transporte, al igual que problemáticas o facilidades (Torres-Sospedra et al., 2015). En consecuencia, se podrá pensar que un Campus Inteligente al igual que una Ciudad Inteligente podrá integrar proyectos que atiendan sus necesidades operativas y funcionales, enfocadas a facilitar la gestión para su comunidad, desde los administrativos, profesores, estudiantes o visitantes, entre otros.

Owoc y Marciniak (2013) proponen cinco elementos para un Campus Inteligente: Gente Inteligente, Edificios Inteligentes, Ambiente Inteligente, Administración Inteligente y Conocimiento en grid. Tanto en la ciudad como en un Campus universitario la necesidad de movilidad y conocimiento del entorno para un normal desarrollo de sus actividades son requeridos. En los dos escenarios la movilidad con conocimiento en el entorno es vital para las gestiones de funcionamiento; reconocer en dónde queda un determinado sitio o cómo se llega a él sin la apropiada información se convierte en un reto de ensayo y error, el cual no se le puede dejar al azar. Un estudio enfocado a facilitar la movilidad a través de la geoinformación y localización en tiempo real en un Campus (Torres-Sospedra et al., 2015), se apoya en tecnologías como el GPS integrándolo con dispositivos que usan la red WIFI al interior de los edificios, generando soluciones completas de movilidad, alcanzando buenos resultados.

Esta evolución tecnológica ha conducido a la concepción de una ciudad informacional o ciudad inteligente, la cual se apoya en los desarrollos tecnológicos e informáticos para conducir a sus actividades de progreso, aumentando la participación ciudadana y la administración de gobierno en línea. Hasta el momento, la evolución de estos desarrollos no integra diferentes proyectos, sino más bien se enfocan en generar acceso homogéneo a plataformas comunes de información para facilitar la gestión de los datos y mejorar los servicios a la comunidad a través de la red (Torres-Sospedra et al., 2015), y con esto generar acciones que permitan aumentar los procesos de gobernanza en línea, trascendiendo a los niveles de mejoramiento de la calidad de vida de los ciudadanos. Su impacto en la comunidad es la facilidad de acceder a muchos procesos, ahorrando tiempo y dinero en las gestiones del día a día de la sociedad.

Guardando las proporciones entre ciudades medianas y grandes, se puede pensar que los Campus Universitarios son de dimensiones significativas que albergan un número de estudiantes que pueden variar desde algunos miles a más de cientos de miles de estudiantes; estas mini-comunidades podrán entenderse como una réplica proporcional de su sociedad o de su ciudad. Al igual que las ciudades, en los Campus universitarios se presentan situaciones de administración, gobernanza, gestión en diferentes temas como económicos, desarrollo o ambientales, y en particular en acceso y la movilidad. Dentro del Campus universitario se comparte infraestructura, canales de comunicación, redes de transporte, al igual que problemáticas o facilidades (Torres-Sospedra et al., 2015). En consecuencia, se podrá pensar que un Campus Inteligente al igual que una Ciudad Inteligente podrá integrar proyectos que atiendan sus necesidades operativas y funcionales, enfocadas a facilitar la gestión para su comunidad, desde los administrativos, profesores, estudiantes o visitantes, entre otros.

La navegación dentro de un espacio geográfico se apoya primeramente sobre una colección de elementos que están ubicados espacialmente, los cuales son usados como referencia de posición geográfica (Freire y Painho, 2014); esta referencia consta de elementos reconocibles y fácilmente identificables, sin tener que ser un experto en la lectura de mapas; apoyándose en múltiples herramientas cartográficas como las convenciones que representan elementos comúnmente conocidos y fácilmente identificables y relacionables con el entorno, se puede localizar un punto de búsqueda.

La movilidad inteligente en un Campus universitario apoya a los usuarios tanto en espacios abiertos como cerrados disponiendo de un sistema de posicionamiento interno (IPS) como externo con GPS (Freire & Painho, 2014; Torres-Sospedra et al., 2015; Zhang et al., 2012). Con las aplicaciones se ayuda a encontrar los sitios de interés o servicios sobre un interfaz basado en mapas, y así facilitar la movilidad del peatón.

Dentro de toda esta orquestación de datos informáticos y servicios en línea se destaca la información espacial que juega un papel relevante en la planificación de los entornos contemporáneos, en los procesos de desarrollo. La toma de decisiones basadas en redes de información con tecnologías de información y comunicaciones (TIC) y entre ellos el componente geográfico hoy día se hace indispensable en los procesos de planificación y toma de decisiones; se parte de la base de aceptar que todo lo que existe sobre la superficie de la tierra ocupa un lugar en el espacio, ocurre en un momento de su historia y por consiguiente es susceptible a ser representado dentro de un sistema georreferenciado o un mapa. Todo esto se construye en el entorno de lo que hoy se reconoce como entornos inteligentes o informacionales.

Estas redes de información en línea funcionalmente se valen de servicios Web para disponer la información que se puede encontrar almacenada en una o varias bases de datos enlazadas a través de redes informáticas y articuladas por medios de servidores. La comunicación y articulación entre los servidores y los usuarios con sus peticiones desde un navegador funciona sobre las redes de comunicación usando protocolos, estándares de servicios Web que facilitan el intercambio de información. En forma certera, desde una consulta generada desde el usuario, se desencadenan los procesos que construyen la respuesta desde uno o varios repositorios de información, para llegar al usuario con la respuesta a su solicitud. Esta estructura informática permite hacer llegar información al usuario a través de Internet en tiempo real y directamente a sus equipos portátiles en diversidad de formatos, textos, imágenes o multimedia según la configuración y disposición de los mismos. En el tema de información espacial el Open geospatial Consortium's (OGC) ha desarrollado estándares y especificaciones de comunicación, los cuales al adoptarlos garantizan una forma común de intercambio de información espacial a través de Internet con estándares como (Moncrieff, Turdukulov, y Gulland, 2016; Trilles et al., 2017): Web Map Services (WMS), Web Coverage Services (WCS),

Web Feature Services (WFS) y Web Processing Services (WPS), entre otros. Estos protocolos de servicios Web responden a requerimientos basados en texto, que según sus parámetros filtran y generan un formato de salida para construir la respuesta a la petición, la cual es enviada a través de la red.

La presente investigación adopta los lineamientos de ciudad informacional articulados con las tecnologías de servicios Web de geoinformación para hacer un aporte en la concepción de un Campus universitario inteligente. Se toma como base la problemática de la dificultad de accesibilidad a la información espacial para apoyar la movilidad dentro del Campus para su comunidad estudiantil y los visitantes. A partir de la geoinformación dispuesta en servidores Web se concibe un Sistema de Información Geográfica (SIG) para responder a las preguntas de geolocalización “*en dónde queda*” y “*Cómo llego a*”. Para ello, se propone que el SIG reciba la petición del usuario entregando los detalles de su conectividad origen/destino. A partir de ello se construye la respuesta que es enviada al usuario en formato espacial con un trazado de ruta sobre un mapa base e información alfanumérica complementaria, adoptando protocolos OGC, software libre e interfaces (Zainuddin, Mokhtar, & Yusof, 2011)ii. El SIG en Web puede ser desplegado en dispositivos móviles o de escritorio y ser soportados por múltiples plataformas (Zainuddin et al., 2011; Zavala-Romero et al., 2014)ii. Se toma como caso de estudio el Campus universitario Meléndez de la Universidad del Valle en Cali - Colombia.

2. Materiales y Métodos

Al SIG en Web para la movilidad en el Campus universitario Meléndez de la Universidad del Valle se le ha denominado “UVManos - La Universidad del Valle en sus Manos”. Para su desarrollo se adoptó la teoría general de sistemas como concepto fundamental de estructuración lógica y desde el punto operativo se adaptó y adoptó la estructura fundamental de desarrollo de software (Balram & Dragicévic, 2006).

Caso de estudio

La Universidad del Valle sede Meléndez se localizada en la ciudad de Santiago de Cali, perteneciente al departamento del Valle del Cauca en Colombia. El Campus universitario cuenta con un área de 100 hectáreas, donde alberga una infraestructura para 208 aulas, 35 salones de cómputo, 27 auditorios y 120 laboratorios; además cuenta con espacios de recreacionales, deportivos y administrativos, los cuales son interconectados a través de senderos peatonales y vías que en su totalidad suman 18,56 km de recorrido interno. Adicionalmente, el campus tiene una infraestructura compleja con diversidad de espacios hace que los usuarios que la visitan, entre ellos estudiantes, profesores, empleados y o personas externas se extravíen dentro de él, a pesar de existir señalización visible para facilitar la orientación de la movilidad del peatón.

La metodología propuesta para el desarrollo del sistema se segmenta en cinco etapas:

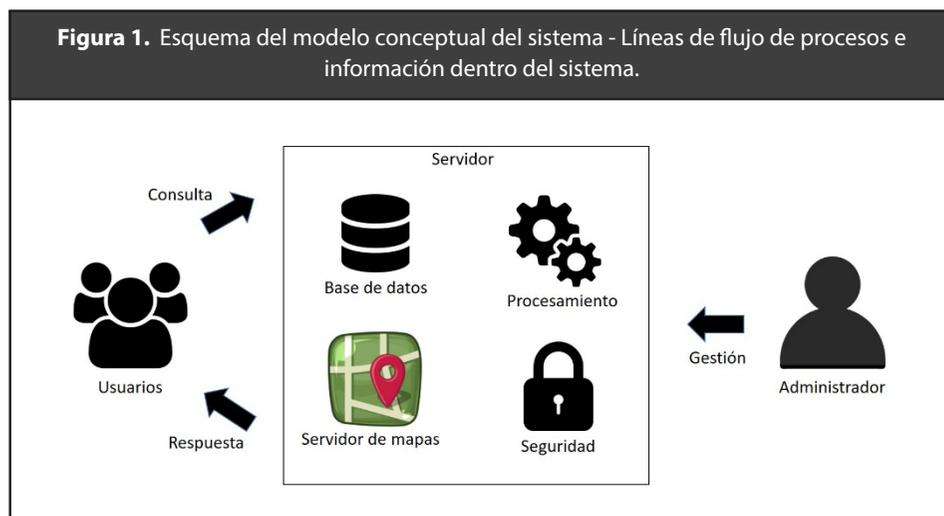
Etapa I - Definición del sistema. El principal objetivo en esta etapa es definir claramente el problema y sustentar que el problema solo puede tener solución con una respuesta geoespacial. Se concibió el problema como la dificultad de accesibilidad a información confiable, actualizada y especializada de la localización de personal (sus sitios de trabajo), lugares, oficinas, servicios, actividades y demás rasgos destacables dentro de un entorno del campus universitario Meléndez y conocer la forma (ruta) de movilidad para desplazarse dentro de ese entorno geográfico y así encontrar el sitio deseado.

Etapa II - Definición de requerimientos del sistema. Se demandó desarrollar un SigWeb usable desde cualquier tipo de periférico con acceso a Internet, con el cual se pueda interactuar y establecer las siguientes condiciones de operación: a) el SigWeb debe contar con un interfaz gráfico para visualizar el entorno geográfico del Campus Meléndez con una cartografía básica sencilla y completa. b) Su manejo debe ser sencillo e intuitivo. c) El sistema debe disponer de varios medios para que el usuario pueda definir su posición origen de la movilidad o ruta dentro del entorno geográfico del sistema al igual que la localización del punto de destino. d) El sistema debe

contar con una forma sencilla o compuesta para introducir a él la pregunta del elemento que desea encontrar dentro del campus. e) El sistema debe entregar al usuario la o las múltiples respuestas que el sistema pueda encontrar para que el usuario seleccione la que coincida con su requerimiento. f) El sistema debe establecer la ruta de acceso al lugar deseado marcando los caminos sobre el mapa básico y resaltando los hitos que se distingan en la ruta, para hacer el seguimiento del camino. g) El sistema debe informar la distancia y el tiempo estimado del recorrido al paso de un peatón. h) El sistema debe ser de libre acceso sin distinción de usuario ni restricción de la cantidad de usos. i) El sistema debe manejar errores y opciones de interrupción del proceso y reinicio sin bloqueos de transacción.

Etapas III - Diseño del sistema. El diseño se desarrolla en cinco pasos, entendidos como modelos de desarrollo:

Modelo conceptual. UVManos es un SIG funcional en Web para apoyar la movilidad del peatón dentro de la Universidad del Valle. El sistema interactúa con dos tipos de usuarios, usuarios administradores los cuales pueden realizar procesos de reingeniería o actualización del sistema, por otro lado, los usuarios públicos que son quienes usan el sistema en general con sus funcionalidades disponibles para su rol sin necesidad de tener registrar o identificar al usuario. Los usuarios públicos pueden ser: visitantes, estudiantes, docentes, personal administrativo, de mantenimiento o persona que tenga alguna relación directa o indirecta con la Universidad, donde únicamente poseen el permiso de visualización de los datos y la realización de consultas alfanuméricas. El modelo conceptual del sistema se presenta en la Figura 1.

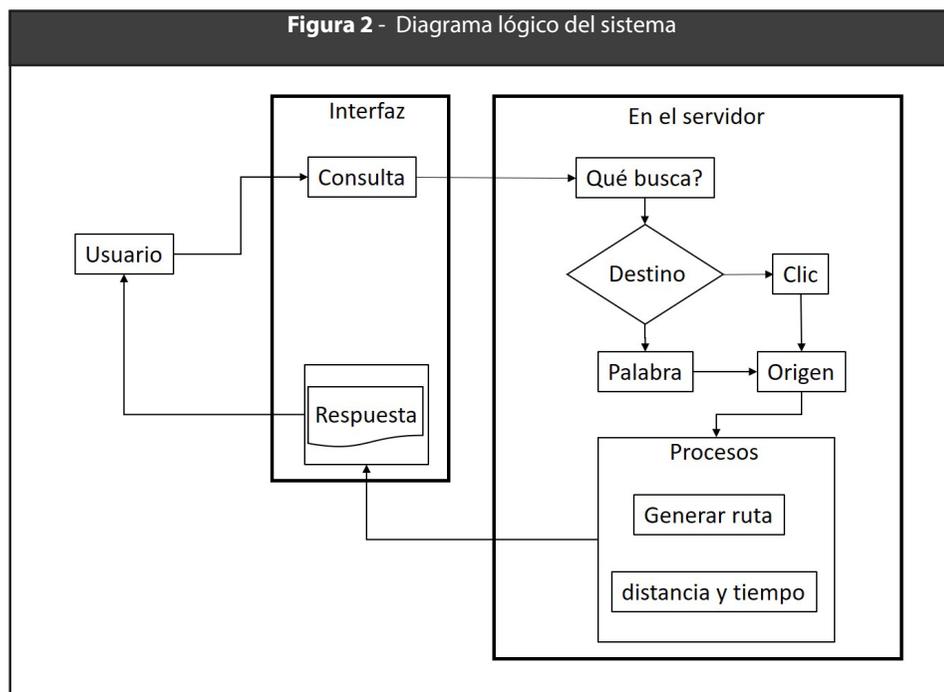


El sistema cuenta con una página de inicio en donde ofrece un menú con las siguientes opciones: *Inicio*, *Buscador*, *indicaciones* e ícono de información “*Acerca de*”. La opción de *inicio* ubica a la aplicación en el inicio del proceso, interrumpiendo cualquier proceso existente en el sistema.

El menú de *buscador* despliega una ventana con una caja en donde el usuario ingresa la palabra de búsqueda del elemento que quiere encontrar en la Universidad. Según el orden de la introducción de los caracteres de la palabra (s) que ingresa, el sistema hace la búsqueda autocompletando de las posibles respuestas más parecidas que encuentran dentro de la base de datos, con el fin de establecer una consulta correcta. Una vez seleccionado el nombre de la opción, el sistema busca dentro de la información de la base de datos la más relacionada con el elemento de la pregunta, mostrando la respuesta y luego la representa espacialmente sobre el mapa con su respectiva información asociada al registro en una ventana emergente. Adicionalmente, el sistema permite que el usuario pueda determinar la ruta más corta a partir del sitio de origen mediante el botón llamado “*¿Cómo llegar?*”. Si el usuario desea generar la ruta, el sistema despliega una nueva ventana en donde se presentan dos cajas: “*Definir el Origen*”, y la del “*Destino*”, en donde esta última ya posee la información del punto a localizar. La caja de definición del punto de origen da tres opciones: 1) escribir igualmente al caso anterior las palabras claves de búsqueda si el origen está dentro de los elementos reconocidos del sistema en su base de datos, o 2) ingresar la captura de la posición del usuario por medio de su sistema GPS de su periférico o si es desde un computador de escritorio por medio de la posición que

se puede obtener por la red WIFI o Ethernet, y 3) Es la opción de dar la ubicación del punto usando el cursor sobre el mapa del campus. Una vez están definidos los dos puntos para establecer la ruta, se oprime el botón de “*Calcular Ruta*”. Seguidamente el sistema construye una ruta sobre el mapa base, uniendo los vectores de los caminos que permiten conectar los dos puntos dados, mediante el algoritmo Dijkstra (Zheng et al., 2013) Allí mismo podrá tener la opción de desplegar la información adicional como desplegar información complementaria de los hitos que encontrará en el camino, la distancia y el tiempo aproximado de recorrido al destino. Finalmente, la última opción del menú es “*Acerca de*” la cual entrega la información del origen de la aplicación. La interfaz gráfica del sistema ofrece las herramientas básicas de navegabilidad en el mapa como zoom, paneo, activar capas o cambiar el mapa base. Los mapas bases adoptados en este sistema son tomados de OpenStreetMap (OSM). Desde la página del sistema se ofrecen los enlaces a los menús generales de la página de la Universidad del Valle y el enlace a la página principal de la Universidad a través de su logo.

Modelo lógico – Siguiendo el enfoque sistémico y transaccional, se representan los elementos y los procesos del sistema, enlazados con las conexiones de dirección del flujo de la información dentro del esquema de la Figura 2. El usuario hace parte del sistema, como el elemento desencadenador de la transacción o consulta; la consulta la realiza en su interacción con la pantalla del periférico, teniendo la opción de decidir cómo entregar la información de búsqueda, bien sea a través de un clic sobre el mapa o entregando la información como se explicó en el modelo conceptual. Una vez captura la información de búsqueda se pasa al proceso de entregar al sistema la información del origen de la ruta. Con ellas dos, se entra al proceso de generación de ruta y complementar la respuesta del sistema con los datos de distancia y tiempo para generar la salida por pantalla para el usuario como respuesta de la transacción.

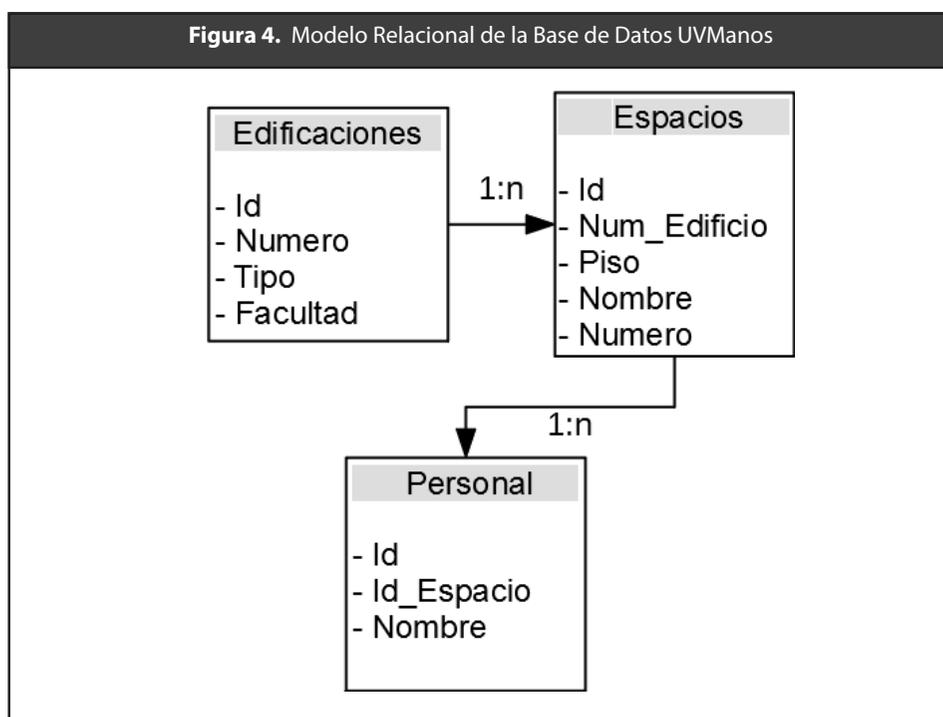
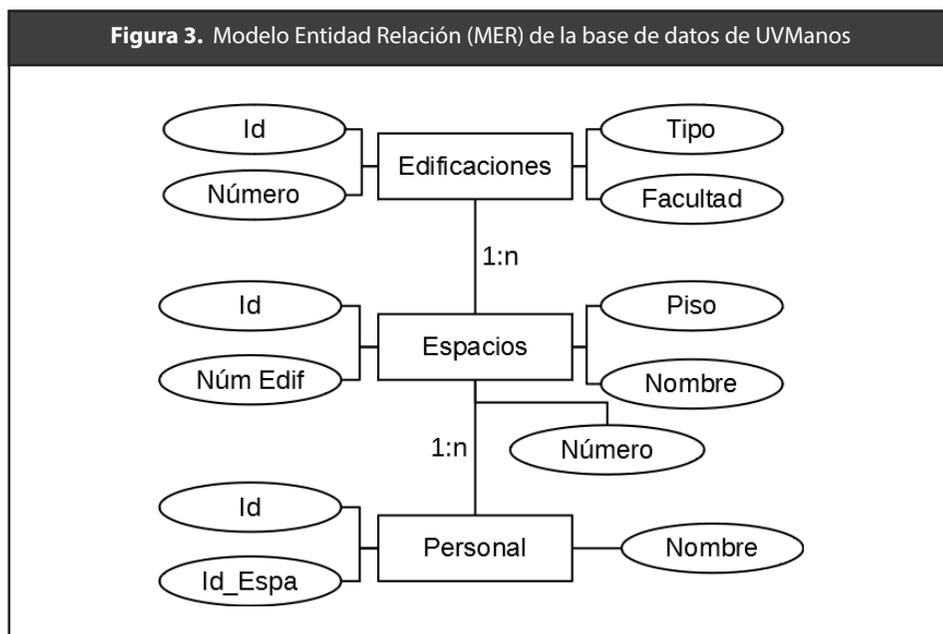


UVManos está diseñado de una forma intuitiva y amigable con el usuario. Los menús están organizados de izquierda a derecha en la parte superior, ofreciendo la secuencia en orden como se debe usar la aplicación. La secuencia lógica de operación del sistema se inicia desde la carga de la interfaz en el buscador o la carga de la App en el dispositivo portátil. A partir de ella se opera desde el menú y se inicia la transacción a partir de la selección de la opción en el menú. Todo el proceso tiene una secuencia que conduce a la conjugación de la respuesta o puede ser interrumpido el proceso con cambio de opción en el menú, sin producir error de procedimiento. El sistema permite el reinicio del proceso, la visualización de ayudas y conexión para la descarga de la Aplicación residente (App) para instalarse en el periférico en cualquier sistema Android y poder funcionar sin conexión a Internet. El proceso principal del sistema ubica al usuario con su posición dentro de un mapa base desplegado en la pantalla gráfico de su periférico y siendo auto ajustable para cualquier tamaño de pantalla. El equipo portátil o el de escritorio permitirá al usuario la captura de la posición dada a través de su GPS o su conexión a Internet. Partiendo de la captura de la posición geográfica del usuario en coordenadas geográficas y referenciadas al WGS84, se creará la entidad geográfica temporal del punto origen. Seguidamente el sistema despliega otra ventana en donde le da la posibilidad al usuario

de ingresar información para desencadenar la búsqueda del elemento a encontrar dentro del Campus.

Modelo de base de datos - Tres bloques de datos espaciales son necesarios para el funcionamiento del sistema: 1) la red de caminos y vías del Campus, con sus respectivos nodos de conexión; 2) la colección de puntos de localización de personal administrativo, docente y operativo de la Universidad, los sitios destacables y de servicios y otro tipo de amenidades de interés público; y 3) la información de cartografía básica propia del Campus, la cual es complementaria al mapa base adoptado de OSM.

La información base fue desarrollada por el Grupo de Investigación en Simulación y Modelación Dinámica Espacial (GISMODEL) de la misma Universidad. La información espacial se capturó en formato shapefile de ESRI (Esri Inc., 2022) para la representación de los espacios de la Universidad en su sede Meléndez. También el grupo de investigación en transporte tránsito y vías de la universidad del Valle (GITTV) aportó información en formato shapefile las vías y redes peatonales de la Universidad del Valle. Por otra parte, la oficina de planeación y desarrollo institucional de la Universidad del Valle suministró planos en formato CAD, donde permiten ser usados como guía para la validación de la información obtenida por los dos grupos de investigación. Toda la información se verificó y actualizó manualmente teniendo en cuenta el objetivo principal del proyecto, por lo tanto, solo se consideraron los atributos de los diferentes espacios. No se contó con información exacta de dimensiones geométricas como es el caso de mediciones de áreas o longitudes, ya que no es el objetivo principal del sistema, y los elementos espaciales se asumen como representación cartográfica. Para la actualización de la información, se realizó un recorrido por toda la ciudad universitaria, donde se recopiló información como: números de los edificios, números de las oficinas, números y nombres de los espacios, nombres de los profesores, nombres de los laboratorios. La actualización de la información gráfica se realizó con el software Quantum GIS de la comunidad de Quantum GIS Project (Steiniger & Bocher, 2009), al igual que la validación de topologías. El modelo Entidad-Relación y el diagrama del modelo relacional de la base de datos se presenta en las figuras 3 y 4, respectivamente.



Para el caso en que alguna de la información dispuesta para el proyecto puede tener restricciones de uso por su carácter de privacidad o seguridad institucional, estas restricciones podrán limitar en alguna medida el alcance a la propia información buscada, por lo que el sistema entregará un mensaje sobre la situación, para documentar que

la búsqueda arroja un resultado, pero no se puede mostrar. En todos los casos, el sistema ofrece la información documental de la fuente de los datos con sus respectivos metadatos, los cuales permiten conseguir el máximo beneficio de una infraestructura de datos (De et al., 2008). A través de ellos es posible obtener información sobre la calidad de la información, actualidad, disponibilidad, capacidades técnicas, restricciones, entre otras características que se puedan adjudicar a la información geográfica.

Modelo cartográfico - Todo modelo espacial debe adoptar por un lado elementos cartográficos y por el otro todas las condiciones de referencia espacial. Para el manejo de la información espacial dentro del sistema se adopta la proyección cartográfica de coordenadas geográficas latitud y longitud y DATUM referencial WGS84. Los elementos cartográficos usados en el sistema para la representación espacial son los siguientes:

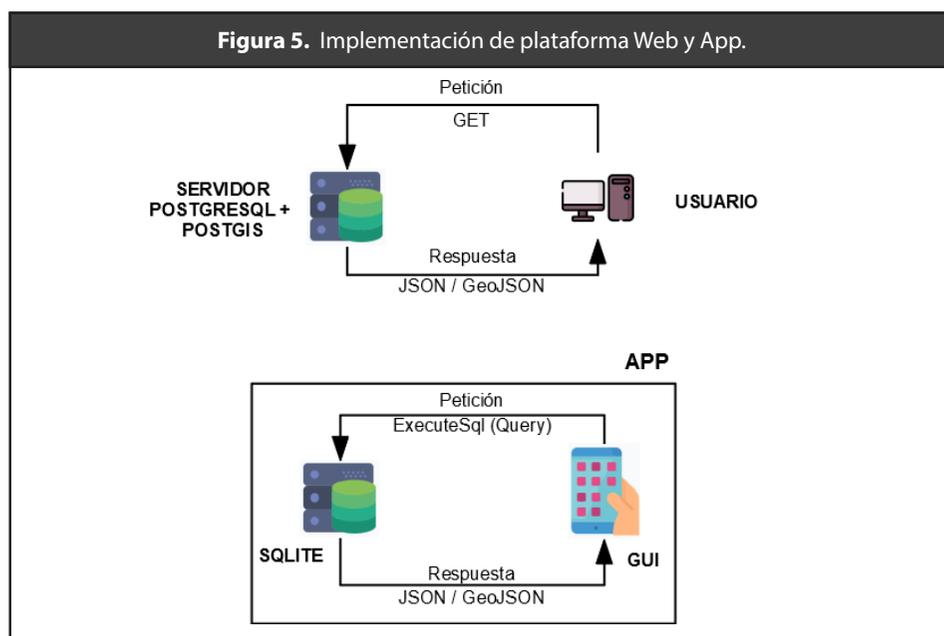
1) Vías; 2) Construcciones; 3) Zonas verdes; 4) Cuerpos de agua; 5) Puntos origen – destino; 6) Ruta de movilidad; 7) Espacios deportivos. Cada uno de ellos adopta la entidad espacial correspondiente a su representación a la escala más grande, como punto, línea o polígono, según corresponda.

Modelo físico - El sistema se implementa de la siguiente forma:

Para la orquestación de herramientas informáticas en la implementación del SIG en Web UVManos se define usar herramientas de uso libre. Para el almacenamiento de los datos espaciales se usó PostgreSQL (The PostgreSQL Global Development Group, 2022) con su extensión PostGIS (PostGIS, 2022), los cuales permiten la gestión de los datos en forma segura, organizada, facilitando las consultas por diferentes usuarios en forma simultánea y permitiendo responder ágilmente a las concurrencias. La información espacial y alfanumérica disponible de la Universidad se encontraba estructurada en formato shapefile de ESRI, lo cual hizo necesario su transformación al lenguaje estructurado de consultas SQL. En el sistema gestor de base de datos PostgreSQL existe un complemento llamado PostGIS que permite realizar geoprocetos y almacenar información espacial en SQL.

La implementación del sistema se realizó para ser accedido desde diferentes plataformas, entorno web o móvil. El desarrollo del entorno web se basó sobre las librerías de framework7

(Vladimir Kharlampidi, 2022) y Leaflet (Vladimir Agafonkin, 2022), soportado bajo el lenguaje de programación PHP (The PHP Group, 2022), siendo indispensable para realizar las consultas espaciales y alfanuméricas de la base de datos PostgreSQL. Como respuesta a la consulta, el sistema retorna a la interfaz una estructura de datos JSON (Douglas Crockford, 2022) para datos alfanuméricos y GeoJSON (Hobu Inc., 2022) para datos espaciales. Mientras que, en el entorno móvil, se compila en el framework Apache cordova (The Apache Software Foundation, 2022), en él se establece la base de datos en SQLite (SQLite Consortium, 2022) del dispositivo. En la figura 5 se presenta el diagrama de articulación entre las diferentes plataformas y herramientas informáticas para disponer el SIG en la Web.



El desarrollo de la app móvil se construyó sobre un ambiente híbrido, en el que permite conjugar en un solo lenguaje de programación JavaScript (Pluralsight, 2022) y desplegado sobre diferentes plataformas móviles, como: Android, IOS y Windows Phone, utilizando el framework Apache Cordova (The Apache Software Foundation, 2022) y las librerías de entorno gráfico Framework7 y Leaflet (Vladimir Agafonkin, 2022). Con el fin de lograr que la aplicación permita su funcionalidad en un ambiente offline, se estructura una base de datos SQLite con su respectiva base de datos espaciales en formato

WKT (Well Known Text) (Schnabel & Hurni, 2009). Por otro lado, se adopta el algoritmo Dijkstra's (Zheng et al., 2013) para el cálculo de rutas entre nodos de la infraestructura vial y peatonal. Además, para la disposición de la cartografía base de forma offline se desarrolla una estructura de imágenes PNG de tipo Tile (Olyazadeh, Sudmeier-Rieux, Jaboyedoff, Derron, & Devkota2, 2017), los cuales fueron generados con el apoyo de la herramienta QTiles de QGis (Quser Groups, 2022).

Para la gestión de los datos espaciales desde el servidor se utilizó Geoserver (OSGeo Project, 2022), representando la información capturada de la ruta como una capa GeoJson de líneas sobre el lienzo del mapa disponible en el geoportal.

Etapa IV - Implementación del sistema. El equipo de desarrolladores tomó como base lo descrito en el modelo físico. Por tal razón la calidad del trabajo alcanzado marca las cualidades del desarrollo. La implementación se desarrolló siguiendo al pie de la letra de lo descrito en la etapa de diseño. Todos los desarrollos de implementación se presentan en el Anexo 1.

Etapa V - Prueba, seguridad y mantenimiento. Una vez alcanzada la implementación del sistema, se seleccionó una muestra de usuarios para poner en uso la aplicación, diagnosticarla y emitir un concepto. De ese ejercicio se recogió retroalimentación en los diferentes aspectos: apariencia, funcionalidad, usabilidad, estabilidad, calidad de la respuesta, completitud del sistema entre otros. Con relación a la seguridad del sistema, se realizaron pruebas de accesos malintencionados, se simularon sobrecargas de peticiones y se implementó un sistema centinela que registró las peticiones realizadas, para evaluar el uso del sistema. Por otro lado, con relación a los datos y articulado con el plan de mantenimiento del sistema, se programó el respaldo del sistema y los datos en forma periódica.

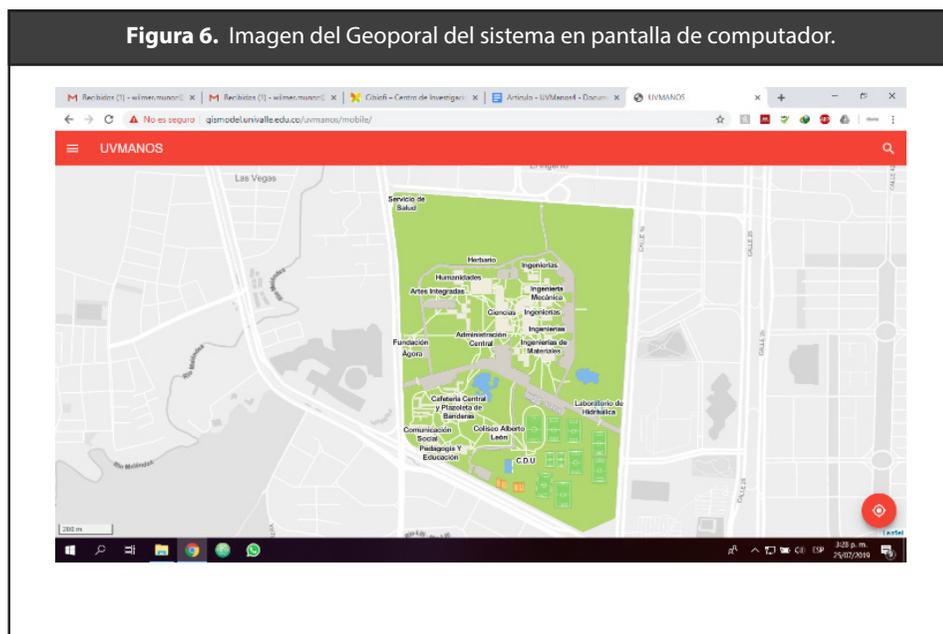
3. Resultados

El resultado de esta investigación se materializa en la implementación del sistema UVManos y su disposición para el servicio a la comunidad vía Web. “UVMANOS” es una iniciativa en el que permite ubicar y orientar destinos de movilidad dentro del campus Meléndez de la Universidad del Valle en Cali – Colombia, a través de esta plataforma.

La integración de herramientas de software emergentes y los sistemas de información geográfica permitieron la consolidación del producto.

La Figura 6 presenta una imagen de la interfaz gráfica del aplicativo web y el sistema creado; este puede ser consultado en el enlace <http://gismodel.univalle.edu.co/uvmanos/>. Desde este enlace se puede acceder a la plataforma y realizar la búsqueda del elemento por parte del usuario, a su vez conocer la ruta que debe recorrer desde el punto de origen.

Figura 6. Imagen del Geoportal del sistema en pantalla de computador.



En las figuras 7 y 8, se presenta la apariencia del aplicativo desplegada en pantalla móvil para Android. El aplicativo está disponible para dispositivos Android con versiones superiores a 4.4 (KitKat).

Además, permite la consulta y cálculo de rutas de forma “offline”, sin embargo, para mejorar la precisión del GPS es necesario contar con conexión a internet.

Figura 7. Vista del sistema en pantalla móvil.

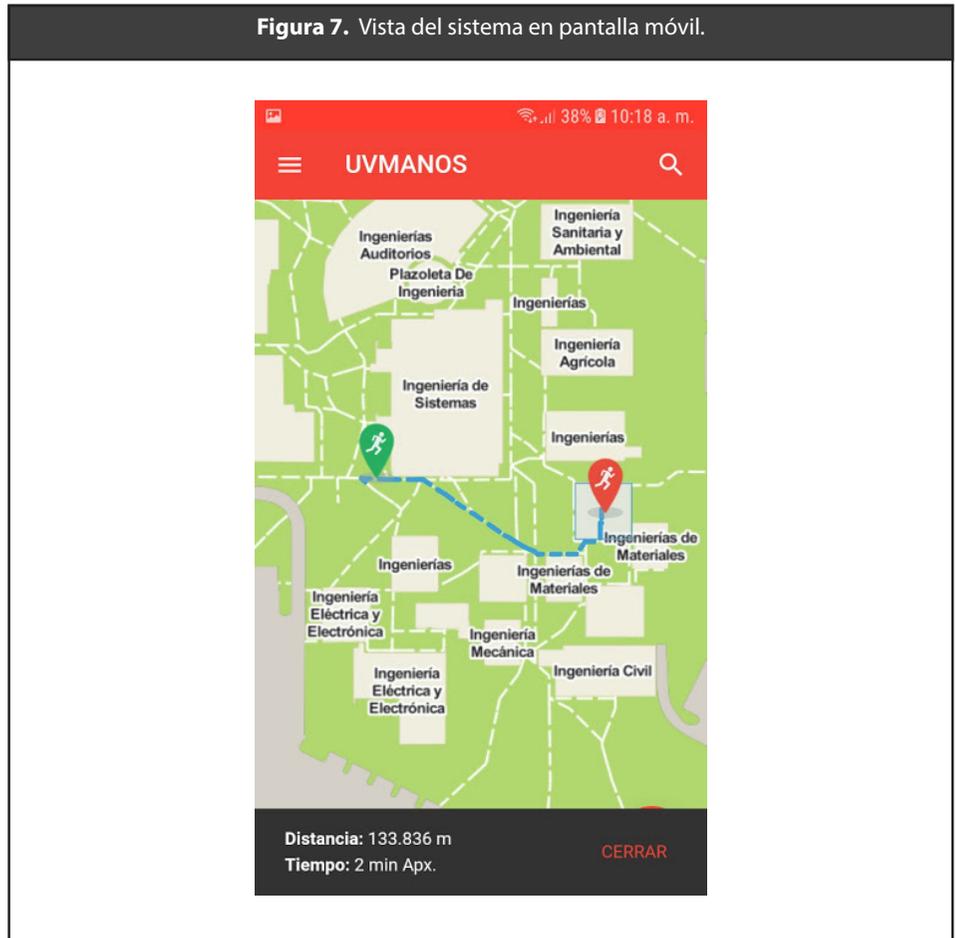
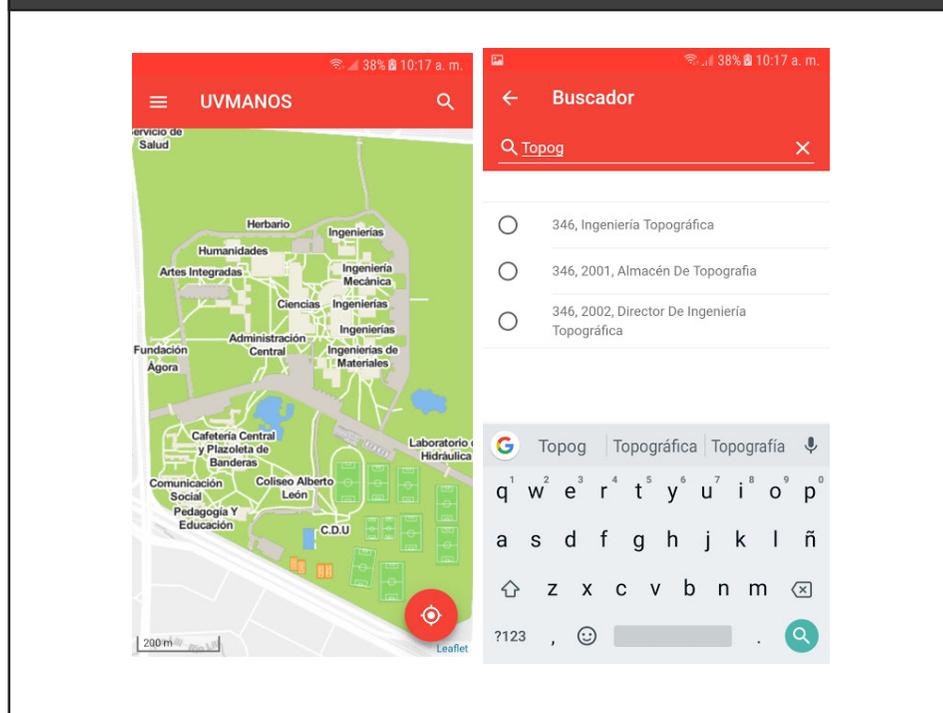


Figura 8. Vista de la consulta y presentación de la respuesta de ruta del sistema en pantalla móvil.



El sistema UVManos satisfizo los requerimientos formulados al inicio del proceso, con el objeto de cumplir con las necesidades planteadas.

4. Discusión

El sistema UVManos de movilidad para el campus universitario Meléndez de la Universidad del Valle – Colombia, se puede entender como una componente de un proyecto piloto en el inicio de la construcción de un Campus-inteligente. UVManos deberá articular soluciones para todos los ámbitos funcionales que puede requerir una universidad como un *campus inteligente*, para volcar su gestión de procesos a un sistema al cual su comunidad tenga acceso para operar, funcionar y lograr sus objetivos, principalmente en la gestión y toma de decisiones, tal como un apoyo que se presenta aquí para la movilidad.

La condición de desarrollo de una ciudad, región o espacio en el cual convergen actividades y situaciones funcionales establecen procesos que implica ser articulados. Una ciudad y como lo es este caso un Campus universitario cuenta con las cualidades de complejidad

para tender estrategias de concebir un i-Campus o Campus inteligente. La articulación de los procesos informáticos, bases de datos y servicios Web permiten aportar una estructura organizada de servicio que busca solucionar una problemática que es sentida y vivida por toda una comunidad. En este caso, la problemática de movilidad abordada con esta investigación ha existido siempre y la cual ha sido atendida por diversos medios como mapas, volantes, directorios, señalización, entre otros; dichas soluciones son condicionadas en su acceso, momento y distribución; o sea, tienen una duración limitada mientras se dispone de ella, pero posiblemente no en el momento en que se demanda. Una herramienta como la presentada aquí implica tener acceso a una plataforma a través de un periférico o computador, a los que hoy en día un gran porcentaje de la población tiene acceso a través de sus equipos móviles inteligentes. Esto hace que la propuesta solución de movilidad esté al alcance de un clic en el momento en que la demande, disponiendo con una solución a la medida de cada caso, con información actualizada y en la forma más útil y complementada con información de tiempo y distancia para llegar al destino, lo cual la hace más útil. Sin duda esto es un aporte a la concepción del término que se viene acuñando como i-Campus.

Con relación a la coincidencia en entender un proceso de funcionamiento y desarrollo de una comunidad, como lo puede ser la de una ciudad que adopta los lineamientos para una ciudad inteligente, un campus universitario y más propiamente un i-campus o Smart campus se entiende como una versión o formato comprimido pero integral de lo que puede ser una ciudad inteligente; esta es la aproximación adoptada en esta investigación y compartida con varios autores (Benedito-Bordonau et al., 2014; Chen, 2021; Giffinger et al., 2010; Greco & Bencardino, 2014; Torres-Sospedra et al., 2015; Wirth, 2001; Zhang et al., 2012) using the Internet of things, the Internet, using the virtualization and intelligent technology, is based on the mature development of Internet technology and Radio Frequency Identification (RFID, quienes ven a los i-campus como un laboratorio experimental a escala grande de lo que se puede iniciar a aplicar como estrategias de desarrollo con Internet de las Cosas (IoT) las Tecnologías de la Información y la Comunicación (ICT) para ser luego replicadas en una ciudad inteligente.

Fu y Karan (2015) demostraron la importancia de disponer de una interfaz en Web simple, comprensible y en el lenguaje con el que

la comunidad está familiarizada, más que tratar de usar un lenguaje universal. Esto resalta lo importante que es que los desarrollos Web estén acorde a la comunidad a la cual va dirigida, en términos de su uso inmediato. En el caso de UVmanos, su lenguaje en castellano, la sencillez de sus íconos y la presentación de un mapa base simple, destacando sólo los elementos indispensables, que pueden ser agregados según el usuario quiera adicionar más capas a la parte gráfica, o también al incrementar el zoom los detalles pueden aumentar, permiten que el usuario pueda tener más información de referencia para alcanzar con mayor facilidad a su destino. Igualmente, Fu y Karan (Fu & Karan, 2015) resaltaron que el uso de un interfaz basado en un lenguaje propio puede ser más común, en contraste con una lengua foránea, y que el uso de un interfaz en lengua foránea depende del nivel de conocimiento y madurez de los usuarios para sacar más provecho del sitio Web, así éste último ofrezca más información. Esto indica que lo que es más comprensible tendrá mayor aceptación por la comunidad.

Para todo esto, es importante resaltar la necesidad de integrar tecnología que permita a la comunidad móvil estar en permanente comunicación (por medio de tablets y teléfonos celulares con conectividad a Internet) con enlaces a bases de datos que permitan acceder en tiempo real a datos actualizados (Freire & Painho, 2014; Shao et al., 2013; Zhang et al., 2012). Esto conduce a disponer lo básico de una infraestructura inteligente, flotante, conectada y dispuesta en las manos de la comunidad que funciona y se articula apoyada en los medios esa condición de un Smart Campus. Los autores Zhang et al. (2012), Zainuddin, Mokhtar y Wan Yusof (2011)ii y Koch (2014) during which operators perform activities to provide a comfortable living and working environment as well as to upkeep equipment to prevent functional failures. In current practice operators need a considerable amount of time to manually process dispersed and unformatted facility information to perform an actual task. Existing research approaches rely on expensive hardware infrastructure or use artificial, thus unesthetic Augmented Reality (AR coinciden con esta aproximación enfocando el tema de la movilidad como uno de los aspectos más importantes en el inicio de un entorno inteligente apoyado por IoT y ICT, con sistemas inteligentes con permanente actualización y mantenimiento.

El sistema UVmanos se presenta como una solución personalizada a una problemática de movilidad, que por un lado (del lado del

usuario) se sustenta en los aspectos básicos de conocimiento, intuición y estructura mental que le permite asociar los elementos que percibe con conocimientos previos adquiridos a lo largo de su vida, y por otro lado (del lado del servidor) con algoritmos de búsqueda que apoyados en la escaza información que el usuario proporciona y en las bases de datos disponibles realiza búsquedas inteligentes para proporcionar una respuesta que alcance a satisfacer la necesidad de información del usuario. Abreu Freire y Painho (Freire & Painho, 2014) coinciden con esta aproximación y resaltan como un fenómeno revolucionario y muy importante la integración de las tecnologías de la información de bajo costo con los equipos móviles integrando los datos espaciales y disponiéndolos en manos de los usuarios, con gran flexibilidad tanto para consulta como para la colección de información; más información a menor costo, esfuerzo y tiempo, con protocolos de rápida comunicación y alta productividad imprimiéndole un gran atractivo a los datos espaciales.

Para una universalidad en la articulación informática de datos, información, estructuras de gestión, entre otros, es importante resaltar la necesidad de contar con estándares compartidos por esa comunidad, lo que permite la comunicación y entendimiento entre los sistemas sin discriminar sistemas operativos, periféricos o plataformas. UVmanos fue creado bajo esos lineamientos, adoptando herramientas de libre distribución y estándares de manejo gestión de información espacial como los propuestos por la The Open Geospatial Consortium OGC (The Open Geospatial Consortium, 2022), lo que permite una interoperabilidad, conectividad y entendimiento entre los sistemas, aplicaciones, herramienta y bases de datos. Hare, Rossi, Frigeri, & Marmo (2018) y Abreu Freire y Painho (2014) coinciden plenamente con esta aproximación de la adopción de estándares para la gestión de información espacial, más su articulación los lenguajes de marcado como HTML5, JS, CSS como medios tecnológicos que facilitan la conectividad y multimedia, dándole éxito a las aplicaciones móviles destacando su diseño y desempeño, ofreciendo más capacidades de servicio con la integración de los SIG y las bases de datos en línea y en tiempo real.

El uso de herramientas de desarrollo de tipo “híbridas” como Apache Cordova son muy importantes para dar soluciones mediante el uso de dispositivos móviles, puesto que, el uso de estas herramientas permite el desarrollo en un solo lenguaje de programación (Javascript)

(Zavala-Romero et al., 2014)an open source Java web application that creates Web GIS sites by automatically writing HTML and JavaScript code. OWGIS is configured by XML files that define which layers (geographic datasets y poder ser compilado en diferentes plataformas móviles como: Android, iOS y Windows Phone. Además, la existencia de una gran variedad de plugins de uso libre permite la reducción del esfuerzo de programación, bien sea en el Frontend o Backend. Esta idea presente en UVManos coincide plenamente con los argumentos de Abreu Freire y Painho (2014) quienes argumentan que las tecnologías de la información integradas con los desarrollos, plataformas y medios mencionados juegan un papel importante en el desarrollo de comunidades sostenibles, siendo de bajo costo, amigables, personalizables e integración de los datos.

Esta investigación resalta la versatilidad que tienen las herramientas de software libre para la implementación de sistemas inteligentes, los cuales no los exime de estar sujetos al licenciamiento para posibles ciclos de vida del sistema, como las actualizaciones y desarrollos de nuevos componentes o incursión de nuevas tecnologías que estén a la vanguardia, y principalmente aportadas y disponibles para toda la comunidad. Aquí se resalta que todo desarrollo debe contar con un permanente mantenimiento, supervisión y reingeniería para garantizar su servicio en el tiempo, más aún con todos los aspectos cambiantes en tecnología, nuevos desarrollos y versionados de cada uno de los aspectos del ecosistema informático.

Con lo anterior, en el futuro inmediato y permanentemente, UVmanos deberá contar con procesos de mantenimiento como para toda herramienta que está en Web. Adicionalmente se debe diseñar un programa de actualización del sistema, dado que la dinámica universitaria hace cambiar las realidades en el entorno geográfico y de personal, lo cual impacta directamente en la desactualización de las bases de datos, las cuales son las fuentes de operación del sistema.

4. Agradecimientos

El proyecto se desarrolló con recursos bajo el marco de una convocatoria interna de la Vicerrectoría de Investigaciones de la Universidad del Valle en 2015 asignados al grupo GISMODEL (#789). Los autores agradecen a la Universidad del Valle por facilitar la información para la

realización del proyecto, al grupo de investigación GITTV por facilitar parte de la información usada.

6- Bibliografía

- Balram, S., & Dragićević, S. (2006). Modeling Collaborative GIS Processes Using Soft Systems Theory, UML and Object Oriented Design. *Transactions in GIS*, 10(2), 199–218. Retrieved from <http://www.omg.org>
- Benedito-Bordonau, M., Gallego Tarín, Di., Pere Avariento, J., Sanchis, A., Gould, M., & Huerta, J. (2014). UJI Smart Campus: Un ejemplo de integración de recursos en la Universitat Jaume I de Castelló. *IV Jornadas Ibéricas de Infraestructuras de Datos Espaciales*, 1–12. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3362.6728>
- Chen, T. (2021). Smart campus and innovative education based on wireless sensor. *Microprocessors and Microsystems*, 81. <https://doi.org/10.1016/j.micpro.2020.103678>
- De, D., Modelo, U. N., De, S., De Metadatos, B., Luna Ramírez, E., Ambriz, H., ... Mondragón, J. N. (2008). DESIGN OF A WEB SEMI-INTELLIGENT METADATA SEARCH MODEL APPLIED IN DATA WAREHOUSING SYSTEMS. In *Revista chilena de ingeniería* (Vol. 16).
- Douglas Crockford. (2022, March 25). Introducción a JSON.
- Esri Inc. (2022, March 25). Environmental Systems Research Institute.
- Freire, C. E. de A., & Painho, M. (2014). Development of a Mobile Mapping Solution for Spatial Data Collection Using Open-Source Technologies. *Procedia Technology*, 16, 481–490. <https://doi.org/10.1016/j.protcy.2014.10.115>
- Fu, T., & Karan, K. (2015). How Big is the World you can Explore? A Study of Chinese College Students' Search Behavior via Search Engines. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 174, 2743–2752. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.01.961>
- Giffinger, R., Gudrun, H., & Haindlmaier, G. (2010). Smart cities ranking: An effective instrument for the positioning of cities? POSITIONING OF CITIES? *Año IV*, 7–25. Retrieved from http://www-cpsv.upc.es/ace/Articles_n10/Articles_pdf/ACE_12_SA_10.pdf AccessUPCommons:<http://hdl.handle.net/2099/8550>
- Greco, I., & Bencardino, M. (2014). LNCS 8580 - The Paradigm of the Modern City: SMART and SENSEable Cities for Smart, Inclusive and Sustainable Growth. In *LNCS* (Vol. 8580). Retrieved from https://link-springer-com.bd.univalle.edu.co/content/pdf/10.1007%2F978-3-319-09129-7_42.pdf
- Hare, T. M., Rossi, A. P., Frigeri, A., & Marmo, C. (2018). Interoperability in planetary research for geospatial data analysis. *Planetary and Space Science*, 150, 36–42. <https://doi.org/10.1016/j.pss.2017.04.004>
- Hobu Inc. (2022, March 25). draft-ietf-geojson-04 .
- Koch, C., Neges, M., König, M., & Abramovici, M. (2014). Natural markers for augmented reality-based indoor navigation and facility maintenance. *Automation in Construction*, 48, 18–30. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2014.08.009>
- Kowk, L.-F. (2015). A vision for the development of i-campus _ Enhanced Reader. *Smart Learning Environments*, 2(2), 1–12. Retrieved from <https://slejournal.springeropen.com/articles/10.1186/s40561-015-0009-8>
- Moncrieff, S., Turdukulov, U., & Gulland, E. K. (2016). Integrating geo web services for a user driven exploratory analysis. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 114, 294–305. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2016.01.015>
- Olyazadeh, R., Sudmeier-Rieux, K., Jaboyedoff, M., Derron, M.-H., & Devkota2, S. (2017). An offline–online Web-GIS Android application for fast data acquisition of landslide hazard and risk. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 17, 549–561. Retrieved from <https://nhess.copernicus.org/articles/17/549/2017/>

- OSGeo Project. (2022, March 25). GeoServer is an open source server for sharing geospatial data.
- Owoc, M., & Mrciniak, K. (2013). *Knowledge Management as Foundation of Smart University* (Proceedings of the 2013 Federated Conference on Computer Science and Information Systems, Ed.). Retrieved from <https://ieeexplore-ieee-org.bd.univalle.edu.co/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6644177>
- Pluralsight. (2022, March 25). CELEBRATING 25 years of JavaScript.
- PostGIS. (2022, March 25). Spatial and Geographic objects for PostgreSQL.
- Quser Groups. (2022, March 25). QGIS Un Sistema de Información Geográfica libre y de Código Abierto.
- Schnabel, O., & Hurni, L. (2009). CARTOGRAPHIC WEB APPLICATIONS-DEVELOPMENTS AND TRENDS. *Proceedings of the 24th International Cartography Conference*. Retrieved from https://icaci.org/files/documents/ICC_proceedings/ICC2009/html/nonref/13_4.pdf
- Shao, D., Tan, X., Liu, H., Yang, H., Xiao, C., & Yang, F. (2013). Performance analysis of on-farm irrigation tanks on agricultural drainage water reuse and treatment. *Resources, Conservation and Recycling*, 75, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2013.03.011>
- SQLite Consortium. (2022, March 25). SQLite .
- Steiniger, S., & Bocher, E. (2009). An overview on current free and open source desktop GIS developments. *International Journal of Geographical Information Science*, 23(10), 1345–1370. <https://doi.org/10.1080/13658810802634956>
- The Apache Software Foundation. (2022, March 25). Apache Cordova.
- The Open Geospatial Consortium. (2022, March 25). The Home of Location Technology Innovation and Collaboration.
- The PHP Group. (2022, March 25). PHP is a popular general-purpose scripting language that is especially suited to web development.
- The PostgreSQL Global Development Group. (2022, March 25). PostgreSQL: The World's Most Advanced Open Source Relational Database.
- Torres-Sospedra, J., Avariento, J., Rambla, D., Montoliu, R., Casteleyn, S., Benedito-Bordonau, M., ... Huerta, J. (2015). Enhancing integrated indoor/outdoor mobility in a smart campus. *International Journal of Geographical Information Science*, 29(11), 1955–1968. <https://doi.org/10.1080/13658816.2015.1049541>
- Trilles, S., Calia, A., Belmonte, Ó., Torres-Sospedra, J., Montoliu, R., & Huerta, J. (2017). Deployment of an open sensorized platform in a smart city context. *Future Generation Computer Systems*, 76, 221–233. <https://doi.org/10.1016/j.future.2016.11.005>
- Vladimir Agafonkin. (2022, March 25). Leaflet.
- Vladimir Kharlampidi. (2022, March 25). Build full featured iOS, Android & Desktop apps.
- Wirth, L. (2001). *Revista de Estudios Sociales Leer la ciudad. Ensayos de Antropología Urbana El urbanismo como forma de vida * * **.
- Zainuddin, K., Mokhtar, E. S. ., & Yusof, K. W. (2011). Developing a UiTM (Perlis) Web-Based of Building Space Management System_ A Preliminary Study in Locating a Specified Space_Room Area Using Open Source GIS Tool_ Elsevier Enhanced Reader. *Procedia Engineering*, 20(1), 154–158. <https://doi.org/10.1016/J.PROENG.2011.11.150>
- Zavala-Romero, O., Ahmed, A., Chassignet, E. P., Zavala-Hidalgo, J., Fernández Eguiarte, A., & Meyer-Baese, A. (2014). An open source Java web application to build self-contained web GIS sites. *Environmental Modelling and Software*, 62, 210–220. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2014.08.029>
- Zhang, L., Liu, Y., Zhan, X., Yang, X., Chi, X., & Zhao, S. (2012). Campus View: An innovative location and context-aware video sharing application on smart phone. *Wireless Personal Communications*, 66(3), 493–509. <https://doi.org/10.1007/s11277-012-0737-9>
- Zheng, J., Zhang, Z., Ciepluch, B., Winstanley, A. C., Mooney, P., & Jacob, R. (2013). A PostGIS-based pedestrian way finding module using OpenStreetMap data. *International Conference on Geoinformatics*. <https://doi.org/10.1109/Geoinformatics.2013.6626049>