



Arquitectura para la implementación de un localizador inverso en aplicaciones móviles de cálculo de rutas

Architecture for implementing a reverse locator in mobile applications with route calculation

Luis Felipe Wanumen Silva¹, Darín Jairo Mosquera Palacios², Laura Ximena García Vaca³

Fecha de recepción: 11 de noviembre de 2015

Fecha de aceptación: 23 de agosto de 2016

Cómo citar: Wanumen Silva, L. F., Mosquera Palacios, D. J., & García Vaca, L. X. (2016). Arquitectura para la implementación de un localizador inverso en aplicaciones móviles de cálculo de rutas. *Revista Tecnura*, 20(Edición especial), 43-54. doi: 10.14483/udistrital.jour.tecnura.2016.SE1.a03

RESUMEN

Contexto: En general, las aplicaciones que interactúan con sistemas de información geográficos funcionan correctamente cuando los usuarios utilizan puntos geográficos previamente geo-codificados. Sin embargo, cuando se requieren otras funcionalidades como el cálculo de rutas de un punto a otro, se presentan problemas en caso que alguno de los puntos seleccionados no esté geo-codificado. En este caso particular del cálculo de rutas en que uno de los puntos no está geo-codificado, no es posible calcularlas puesto que uno o ambos puntos no son identificables, y esto constituye un problema. Por lo tanto, es necesario aproximar al punto geo-localizado más cercano los puntos que el usuario ha seleccionado. Por otro lado, se presenta a menudo el caso en que los usuarios desean interactuar con direcciones basadas en calles y carreras, independientemente de si la aplicación internamente lo hace basada en puntos de coordenadas geográficas.

Método: Una de las posibles soluciones al problema anterior es plantear la construcción de un

localizador inverso que se encargaría de hacer las traducciones de coordenadas geográficas a direcciones naturales. Para la construcción de dicho localizador se plantean los siguientes pasos: en primer lugar, la especificación del tipo de aplicación en el que se implementará el localizador inverso; en segundo lugar, el análisis de los elementos que se deben tener en cuenta para el refinamiento de la arquitectura; en tercer lugar, la creación de una primera versión de la arquitectura y, finalmente, la creación de una segunda versión de la arquitectura que correspondería a la versión final de la arquitectura.

Resultados: El resultado final es creación de una arquitectura que implemente un localizador inverso que permita a este tipo de aplicaciones geográficas solucionar los problemas planteados en la parte de contexto del resumen.

Conclusiones: Como resultado de la investigación se muestran las condiciones bajo las cuales la construcción del localizador inverso tiene validez, y los posibles problemas que se derivarán si no se aplica correctamente la arquitectura. También se muestran

- 1 Ingeniero de Sistemas, magister en Ingeniería de Sistemas y Computación. Docente de planta de la Universidad Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá, Colombia. Contacto: lwanumen@udistrital.edu.co
- 2 Ingeniero de Sistemas, especialista en teleinformática, magister en teleinformática. Docente de planta de la Universidad Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá, Colombia. Contacto: djmosquerap@udistrital.edu.co
- 3 Ingeniero de Sistemas, estudiante de la maestría en Ingeniería de Sistemas y Computación de la Universidad de los Andes. Bogotá, Colombia. Contacto: lx.garcia2748@uniandes.edu.co

conclusiones relacionadas con potenciales mejoras que permitan solucionar el problema incluyendo localizaciones adaptativas e inteligentes.

Palabras Clave: Localizador Inverso, Cálculo de rutas, Sistemas de información geográfica, Algoritmos de ruteo.

ABSTRACT

Context: In general, applications that interact with geographic information systems work correctly when users use previously geo-coded points. However, problems occur if any of the selected points are not geo-coded. In the particular case of the calculation of routes in which one of the points is not geo-coded, it is not possible to calculate the route since one or both points are not identifiable; Therefore, it is necessary to approximate the points that the user has selected to the nearest geo-located point. On the other hand, the case is often presented in which users wish to interact with addresses in common language, regardless of whether the application internally does so based on geographical coordinate points.

Method: One of the possible solutions to the previous problem is to propose the construction of an

inverse locator that would be responsible for making the translations of geographical coordinates to natural directions. For the construction of said locator the following steps are proposed: Firstly, the specification of the type of application in which the inverse locator will be implemented; second, the analysis of the elements that must be taken into account for the refinement of the architecture; third, the creation of a first version of the architecture; and finally the creation of a second version of the architecture that would correspond to the final version of the architecture.

Results: The end result is the creation of an architecture that implements a reverse locator that allows this type of geographic applications to solve the problems raised in the context part of the abstract.

Conclusions: As a result of the research, we present the conditions under which the inverse locator construction is valid, and the possible problems that will arise if the architecture is not correctly applied. The paper also presents conclusions related to potential improvements that allow to solve the problem including adaptive and intelligent locations.

Keywords: Inverso locator, Route calculation, Geographic information systems, Routing algorithms.

INTRODUCCIÓN

El proceso de geocodificación inversa es el proceso encargado de buscar una dirección o intersección más cercana dadas unas coordenadas y teniendo en cuenta la distancia de búsqueda especificada. Si las coordenadas entregadas al proceso de geocodificación no tienen asociadas una dirección o intersección que se encuentre máximo a una distancia especificada, el proceso de geocodificación no entrega datos y la aplicación que haga uso de este proceso no funcionará correctamente. Si por el contrario, existe un punto geo-codificado que corresponda a estas condiciones, el algoritmo devuelve el punto geo-codificado. Este proceso de geocodificación inversa es importante en el desarrollo de aplicaciones

que interactúan con SIG (sistemas de información geográfico), ya que permiten aprovechar los algoritmos de cálculo de rutas provistos por las bases de datos geográficas, teniendo en cuenta que estas bases de datos internamente solo trabajan con ubicaciones ya previamente digitalizadas en dichas bases de datos (Wu & Wang, 2012). Es posible desarrollar muchas variaciones de esta arquitectura; sin embargo, dadas las condiciones concretas de unos estilos de geo-codificación existentes en Colombia, la arquitectura se concreta para recopilar los elementos arquitecturales más significativos para la implementación de un modelo arquitectónico en el caso de la construcción de una aplicación android que interactúa con servicios web desarrollados sobre la plataforma ArcGIS (una de las plataformas

más robustas para el desarrollo de aplicaciones basadas en sistemas de información geográfica (Lu & Nihong, 2010).

Formulación del problema

Como ya se mencionó, cuando se implementa un localizador inverso sobre una base de datos que tiene previamente digitalizados una serie de puntos, se debe especificar en la búsqueda un punto geográfico que coincida exactamente con un punto geográfico digitalizado para lograr que el resultado de la búsqueda no sea nulo; sin embargo, si el punto que se desea buscar está muy cercano a uno de los puntos ya digitalizados, el localizador inverso generaría un nulo. Se busca entonces solucionar el problema de la implementación de un localizador inverso que permita hacer búsquedas de coordenadas sobre bases de datos geográficas que entreguen coordenadas de puntos que correspondan a los puntos geográficos más cercanos, sin importar si el parámetro de la consulta corresponde o no a un punto previamente digitalizado. El aporte del artículo se centra en analizar qué tipo de arquitectura permitiría la adopción correcta de dicho localizador inverso y cómo se aplicaría dicho localizador en un caso de aplicación móvil bajo unas condiciones particulares.

METODOLOGÍA

Para solucionar el problema se especifican algunas actividades principales:

1. Especificación del tipo de aplicación en el que se implementará el localizador inverso.
2. Análisis de los elementos que se deben tener en cuenta para el refinamiento de la arquitectura.
3. Generación de una primera versión de la arquitectura.
4. Generación de una segunda versión de la arquitectura que corresponde a la versión final de la arquitectura.

Cuando ya se tiene la versión final de la arquitectura se efectúa el paso 5): aplicación de la arquitectura a un caso particular; finalmente se generan conclusiones sobre la implementación de la arquitectura con incorporación del localizador inverso.

RESULTADOS

En esta sección se describen los resultados obtenidos del desarrollo en cada una de las actividades definidas en la metodología. En una primera parte muestra la especificación del tipo de aplicación en el que se implementó el localizador inverso, posteriormente se plantean los análisis de los elementos que se deben tener en cuenta para el refinamiento de la arquitectura. Con estos elementos se muestra la primera versión de la arquitectura. Seguidamente se muestra una versión final de la arquitectura, y fruto de implementarla en una aplicación Android se entregan una serie de conclusiones sobre la implementación de la arquitectura con incorporación del localizador inverso.

Especificación del tipo de aplicación en el que se implementará el localizador inverso

Se pretende desarrollar una aplicación que permita al usuario entregar a una aplicación móvil tres parámetros: 1) un punto o dirección inicial, 2) un punto o dirección final y 3) un medio de transporte que se usará, potencialmente hablando, para desplazarse del origen al destino. Con estos tres parámetros la aplicación debe visualizar en forma gráfica la ruta y calcular el tiempo que tardará aproximadamente el usuario en desplazarse de dicho origen al mencionado destino.

La figura 1 muestra un modelo de dominio inicial para la aplicación propuesta, la cual será refinada en el desarrollo del artículo para finalmente llegar a una arquitectura que muestre los elementos más importantes que se deben tener en cuenta en la construcción de una aplicación que incorpore funcionalidades de geo-codificación inversa.

Análisis de los elementos que se deben tener en cuenta para el refinamiento de la arquitectura

El proceso de refinamiento de la arquitectura exige que se tengan en cuenta algunos aspectos específicos del tipo de aplicación que se desarrolla y de las características funcionales que se exigen de dicha aplicación para el caso colombiano, en donde el IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi) lidera los principales aspectos que se deben cubrir en este tipo de aplicaciones.

Sistema de coordenadas

En el caso del proyecto realizado existen varias opciones para procesar el sistema de coordenadas, pero estas varían dependiendo del tipo de sistema de coordenadas con que se esté trabajando. Surge entonces la primera decisión: ¿qué sistema de coordenadas trabajar? Una posibilidad es trabajar con el sistema convencional de referencia terrestre (ITRS: International Terrestrial Reference System) mantenido por el Servicio Internacional de Rotación Terrestre y sistemas de referencia (IERS: International Earth Rotation and Reference

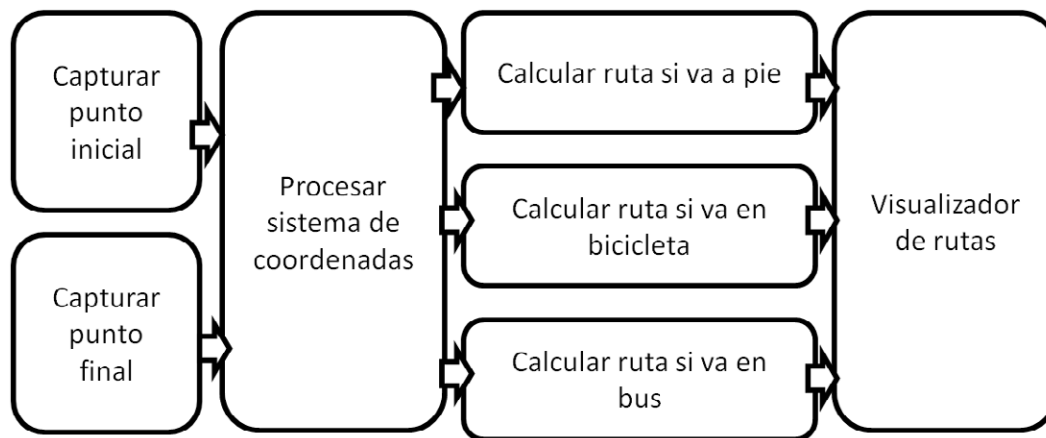


Figura 1. Modelo de dominio inicial para la aplicación propuesta.

Fuente: elaboración propia

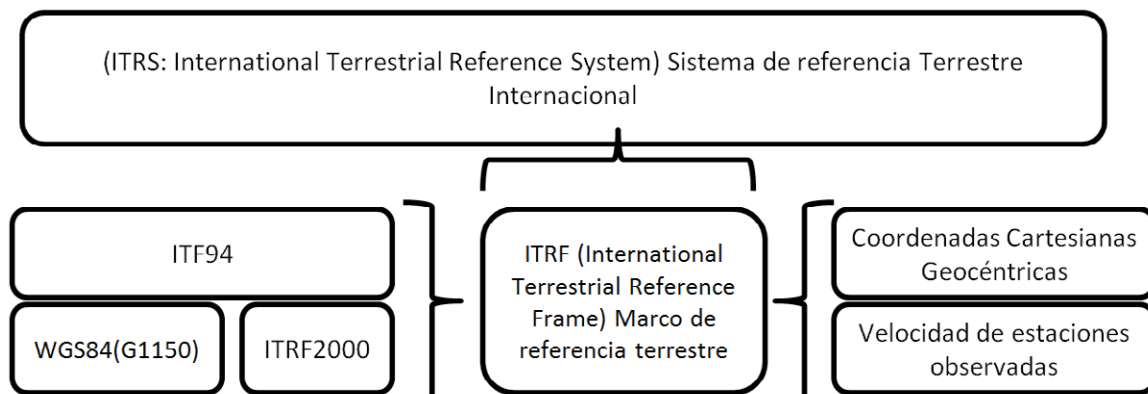


Figura 2. Sistema de coordenadas analizados en la aplicación.

Fuente: elaboración propia

System Service) (Martín & D'Addio, 2014) y otra posibilidad es trabajar con el sistema de referencia satelital (Manzano, 2014). Estos dos sistemas, el terrestre y el satelital, divergen cuando se calcula una posición en un instante de tiempo. Esta variación es natural y se debe al efecto de movimiento en el que se encuentra la tierra.

En el caso de la aplicación planteada se hace necesario tomar un sistema de coordenadas terrestre. Como muestra la figura 2, el sistema ITRS se puede implementar mediante el marco de referencia terrestre (ITRF: International Terrestrial Reference Frame) (Combrinck, 2009). Cabe mencionar que el marco de referencia terrestre requiere coordenadas geocéntricas y la velocidad de las estaciones observadas para realizar su trabajo. Existen varias versiones del ITRF (Martini, 2015); una de las versiones es la ITRF2000 y otra la WGS84(G1150) (Merrigan, 2002).

Al aplicar al proyecto el sistema mostrado en la figura 2 se presentaría la situación mostrada en la figura 3, en donde se puede apreciar que el uso directo del sistema global de navegación por satélite (GNSS) generaría que el receptor tenga poca precisión. Es importante anotar que esto no significa que el GNSS no se deba usar, sino que el GNSS es la base de sistemas locales que dan mayores precisiones, pero que de una u otra

forma se basan en la tecnología y siguen usando GNSS (Hess, 2010).

La figura 3 muestra cómo el sistema global de navegación por satélite está conformado por una cantidad de satélites, los cuales envían unas señales y con dichas señales se puede localizar y posicionar un receptor determinado. Sin embargo, se ha dejado que cada país vaya densificando (o extendiendo) este sistema, y de esta forma cada país adapta el sistema a sus necesidades particulares. En el caso de Colombia, el IGAC es el organismo que ha realizado este proceso.

Otros sistemas de coordenadas involucrados en el proyecto

Observando al detalle la literatura sobre sistemas de posicionamiento y teniendo en cuenta que el sistema por desarrollar se ejecutará en el continente americano se hace importante tener en cuenta el sistema geocéntrico para las Américas, SIRGAS (IGAC, 2004). Recordemos que este sistema no reemplaza al sistema ITRF sino que la densifica, es decir, le añade más precisión con la ayuda de más de 180 estaciones geodésicas de alta precisión. Cabe anotar que este sistema sigue estando vinculado al sistema ITRF. La figura 4 muestra cómo se aplicó este sistema a la arquitectura del proyecto.

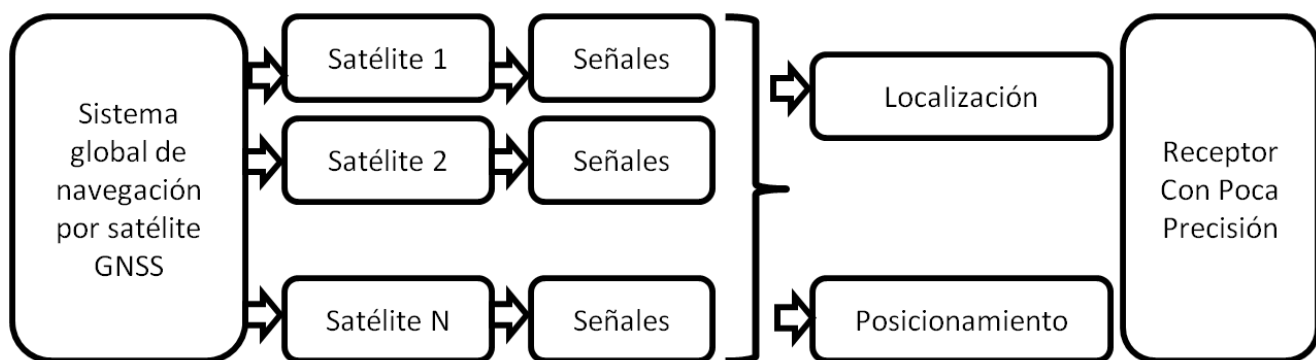


Figura 3. Impacto del uso de GNSS sin extensiones en el proyecto.

Fuente: elaboración propia

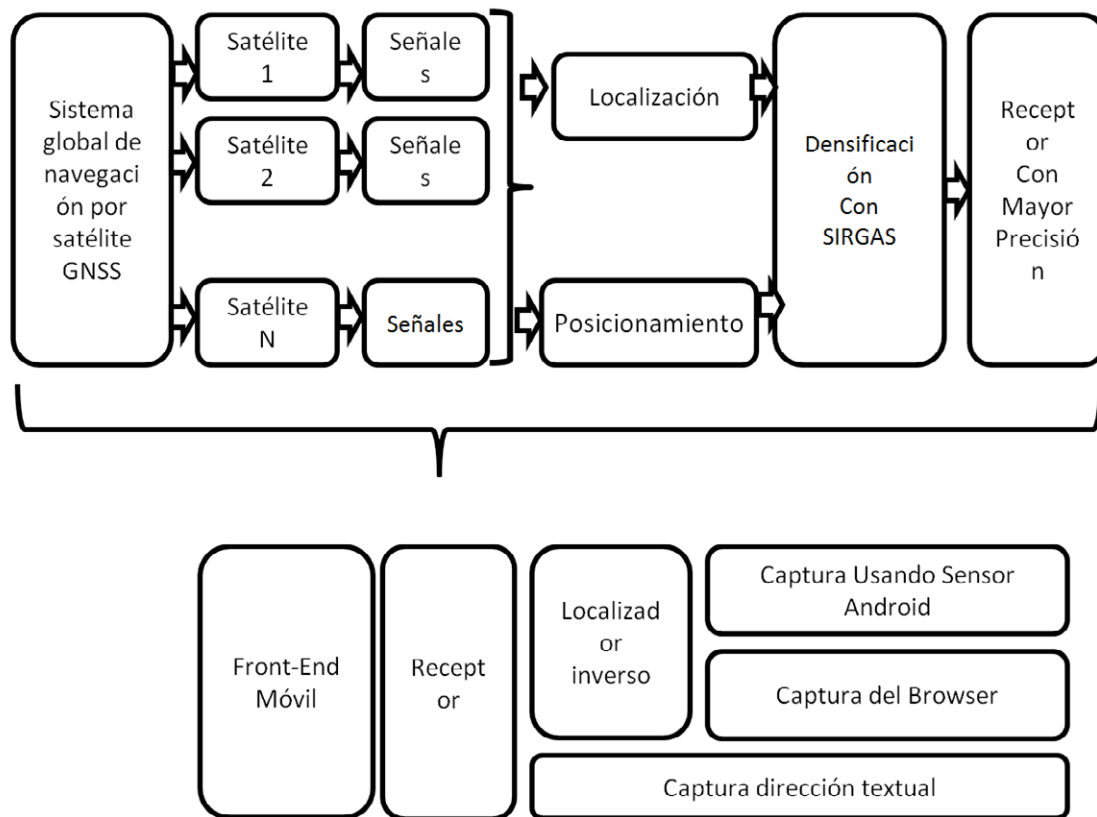


Figura 4. Impacto del uso de GNSS con extensión SIRGAS en el proyecto.

Fuente: elaboración propia

En la figura 4 se aprecia cómo el sistema de referenciación basado en SIRGAS actuaría en la arquitectura propuesta, permitiendo al receptor tener una mayor precisión. De esta forma el receptor tendría la posibilidad de recibir unas coordenadas. En la misma gráfica se puede observar que existen tres subsistemas de captura de un punto inicial y de un punto final. Con todos estos elementos mencionados se muestra en los siguientes apartados la primera versión de la arquitectura.

Generación de una primera versión de la arquitectura

Si los datos del punto capturado se consiguen con el subsistema de captura usando sensor android o con el subsistema de captura del *browser*, se hace

necesario el uso de un localizador inverso; en caso contrario, es decir, cuando la captura de datos proviene del subsistema de captura de dirección textual, no se requiere invocar el localizador inverso. El localizador inverso hace referencia a la lógica de negocio que permite convertir un punto basado en tres coordenadas a una dirección textual. Por esta razón su uso es necesario cuando se captura una dirección usando el sensor de android, debido a que este captura tres coordenadas. En el caso del subsistema de captura de *browser* se tiene un mapa mostrado al usuario, en donde este puede seleccionar un punto de este mapa como punto inicial y otro como punto final. El sistema ARCGIS captura esta posición como un punto con tres coordenadas y esto hace que en este subsistema también se haga necesario invocar el localizador inverso.

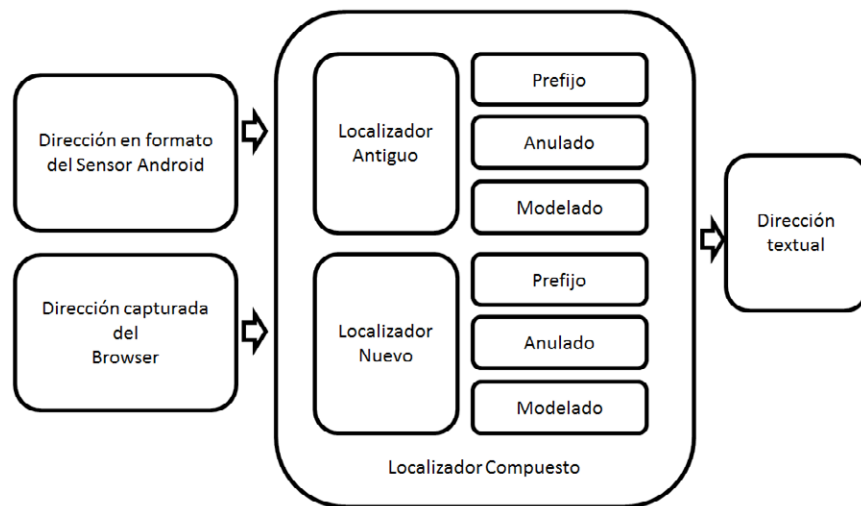


Figura 5. Primera versión de la arquitectura.

Fuente: elaboración propia

La figura 5 muestra el funcionamiento del subsistema de localizador inverso con sus dos posibles entradas y su única salida. En esta figura queda claro que la salida es una dirección textual y si se ingresa una dirección en un sistema de coordenadas, se entrega una dirección textual. El texto de la dirección puede corresponder con un sistema antiguo de referenciación en Bogotá o con un sistema nuevo de referenciación. Esto significa que en Bogotá se han creado dos mallas y de alguna manera se debe internamente decidir si la dirección corresponde a una dirección antigua o a una dirección nueva. Es importante no olvidar que se está proponiendo una arquitectura que funcione para el caso de establecer rutas entre dos puntos para unas condiciones específicas de la ciudad de Bogotá. Es posible que en otros países la arquitectura cambie en tanto que ellos no manejen la misma complejidad en las mallas como en Bogotá. Los subsistemas de prefijo, anulado y modelado tienen que ver con toda la complejidad que se tiene en el momento de poner los elementos en un registro de dirección para el caso de la ciudad de Bogotá. Esto se ha complicado en el sentido de que se presentan varios casos de acuerdo con el tipo de nomenclatura

empleado. Así, por ejemplo, se presentan cinco casos de nomenclatura:

1. Nomenclatura que trabaja con la malla vial
2. Nomenclatura que trabaja con manzanas, barrios, y predios
3. Nomenclatura que trabaja con barrios, malla vial, manzanas y predios
4. Nomenclatura basada en la malla vial dispuesta en barrios
5. Sitios de interés.

Los elementos de prefijo, anulado y modelado se presentan dispuestos de distinta forma en Bogotá para el caso de los dos tipos de localizadores existentes en la ciudad. Así, por ejemplo, en Bogotá se manejan dos tipos de localizadores: cuando se tiene una dirección textual en lenguaje natural se debe verificar a qué formato de nomenclatura estándar pertenece mediante un proceso de *match*, el cual arroja una probabilidad de cercanía con dicho formato. La figura 6 muestra un ejemplo en el cual la dirección textual tiene mayor probabilidad de pertenecer al formato uno con 70% de probabilidad. De esta forma se consigue asociar la dirección textual con el formato de mayor ajuste.

En el caso de la figura 6, el proceso de *match* del formato 1 presenta el mayor porcentaje de ajuste y, por tanto, se selecciona para procesar la dirección de destino o la dirección de inicio. De otra parte, es importante observar que una cosa es el formato de mayor ajuste y otra cosa la nomenclatura predial más cercana posible. En pocas palabras, es posible que un usuario haga clic sobre el mapa en un punto que no sea precisamente donde hay una placa predial, sino que hace clic cerca

de una placa predial. Como el sistema se elabora y se ejecuta con datos sobre un sistema de información basado en ArcGIS, este sistema tiene predeterminedamente unos datos georreferenciados con números de placa. Por esta razón, para efectos de cálculo de rutas entre dos puntos relacionados con unos números de placa, se deben tener dos puntos concretos que sigan el formato mostrado en la figura 7, que no es más que el identificador alfanumérico que se asocia a un predio. Este

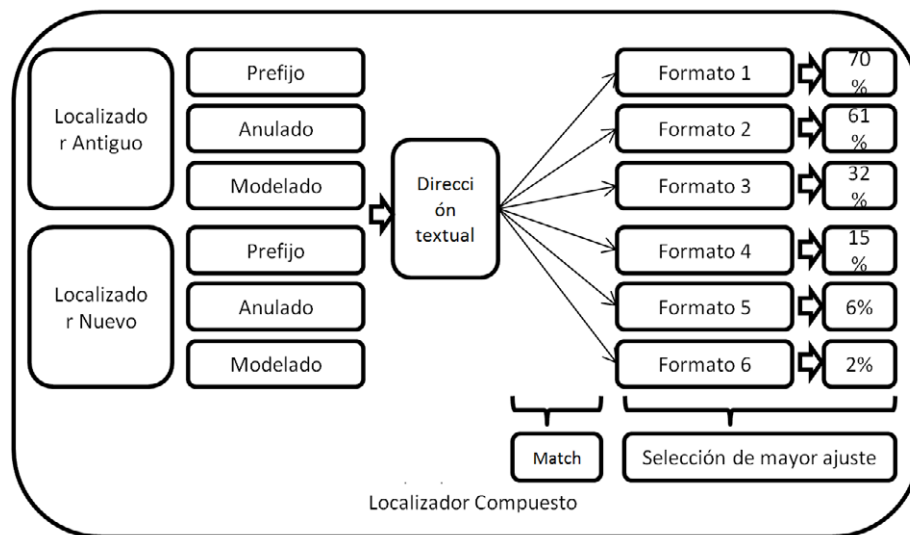


Figura 6. Arquitectura del localizador compuesto implementado en la aplicación.

Fuente: elaboración propia

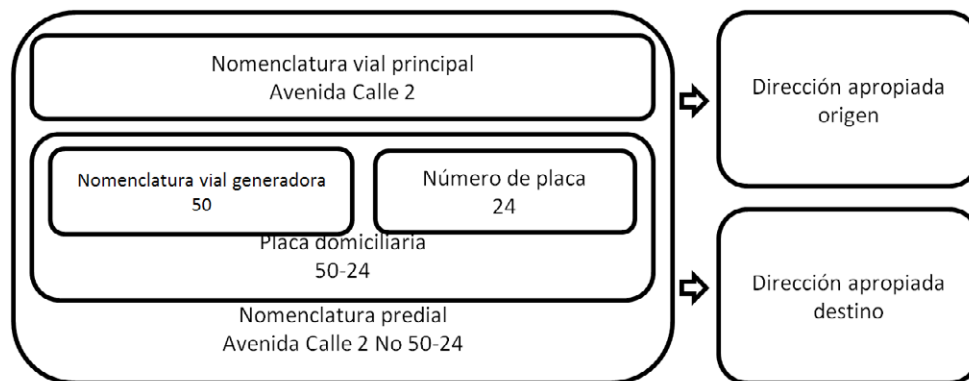


Figura 7. Composición de una nomenclatura predial para Bogotá.

Fuente: elaboración propia

identificador tiene dos partes: en la primera parte maneja la nomenclatura basada en la vía principal, y en la segunda parte maneja la placa domiciliaria. Recordemos que la placa domiciliaria está conformada por la nomenclatura vial generadora y el número de placa. El número de placa es la distancia aproximada en metros desde la vía generadora al acceso del predio. Dependiendo de si este valor es par o impar, se debe aproximar al número par si el predio está al costado derecho de las calles o de las carreras y se ajusta al número impar en el caso contrario (MEN, 2009).

Generación de una segunda versión de la arquitectura

Ahora que la dirección de origen no solo está en el formato en que debe estar, sino que al relacionarla con los datos de la base de datos geográfica corresponde a una dirección real relacionada con una nomenclatura predial bien sea para el sistema de nomenclatura antiguo o para el sistema nuevo de la ciudad de Bogotá, se tienen los insumos necesarios para invocar un servicio web rest full tal como muestra la figura 9, y de esta manera generar la segunda versión de la arquitectura, la cual recoge los elementos mencionados en el artículo.

La versión final de la arquitectura de la figura 9 tiene en cuenta que las direcciones tipo vía están compuestas por cuatro variables:

- La vía principal es sobre la cual se encuentra la puerta de acceso, la placa, o la fachada del predio con la dirección que se desea geocodificar.
- La vía generadora se intercepta con la vía principal de menor número y entre las dos determinan cuál es el eje vial sobre el cual se encuentra la dirección.
- El número de placa es un valor que describe la relación entre lo largo de la manzana y la posición del predio, medida en metros desde la puerta de acceso hasta el eje vial de dicha dirección. Es conveniente recordar que el número de placa nos indica en unos casos si el predio está al

oriente o al occidente y en otros casos indica si el predio está al costado sur o al costado norte.

- Prefijo es el cuadrante de la ciudad en donde se encuentra el predio: norte, sur, este u oeste.

Además, la arquitectura planteada tiene en cuenta que para el caso específico de Bogotá, esta ciudad cuenta con doble nomenclatura y, por tanto, para la creación de los localizadores se cuenta con dos fuentes de información: la malla vial antigua y la malla vial nueva. A partir del año 2000 este proceso de geocodificación se hace posible debido a la utilización de los estilos que son la base del localizador, estos permiten estandarizar y analizar la dirección.

La figura 8 deja ver que el sistema debe crear varios localizadores que examinan la dirección por zonas, calles, indicadores de número, es decir, están clasificados en prefijo, modificador y anulado. Estos clasificadores conforman un clasificador compuesto que permite agrupar los diferentes localizadores con el objeto de comparar la dirección y obtener resultados.

Finalmente, una vez obtenido el localizador compuesto, este tiene los elementos necesarios para invocar los servicios web geográficos. En el caso de la implementación al caso de toma de decisiones para selección de rutas en la ciudad de Bogotá, es el localizador compuesto el que hace la invocación a los servicios web *restfull* elaborados en ArcGIS Server.

Aplicación de la arquitectura a un caso particular

La arquitectura anterior fue implementada en el desarrollo de una aplicación que le permite al usuario escribir la dirección de tipo nomenclatura predial, y el sistema automáticamente muestra en el mapa el punto que corresponde a dicha dirección. Pero el caso más importante es cuando el usuario selecciona un punto sobre el mapa y la aplicación muestra automáticamente la dirección

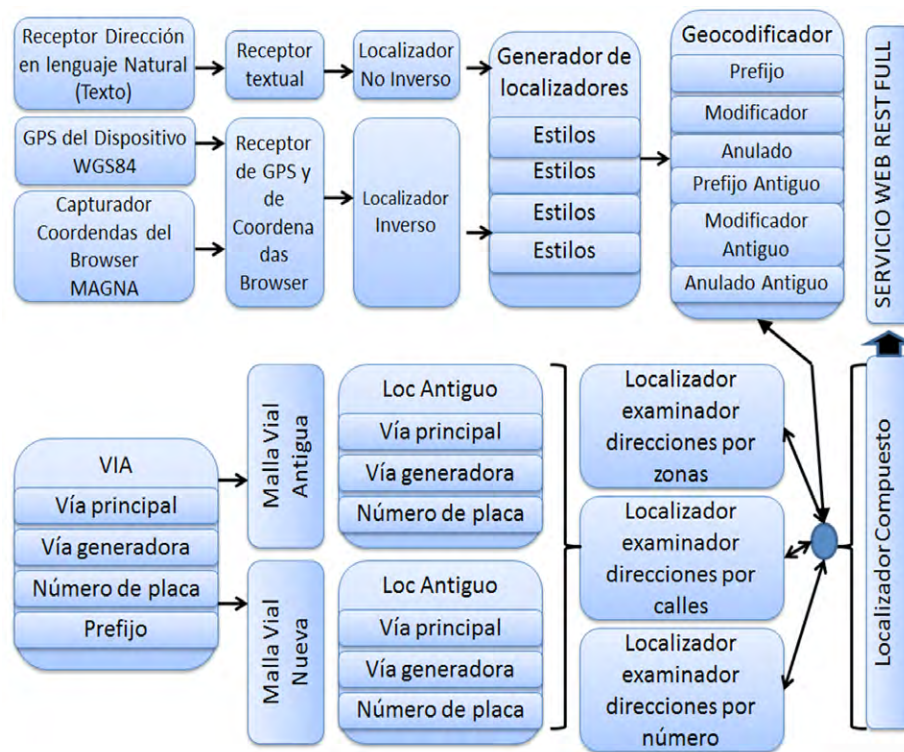


Figura 8. Arquitectura que implementa el localizador.

Fuente: elaboración propia



Figura 9. Interfaz gráfica de la aplicación construida.

Fuente: elaboración propia

más cercana a estas coordenadas y ubica unos avisos gráficos en el mapa para indicar al usuario la localización de ese sitio. El proceso de geocodificación inversa en el caso del proyecto permitió la construcción de la interfaz gráfica mostrada en la figura 8, en donde el usuario selecciona un punto, la aplicación busca la nomenclatura vial más cercana a este punto y en la primera caja de texto pone el texto en formato de nomenclatura vial.

Esta aplicación fue desarrollada con ArcGIS y la interfaz gráfica mostrada en la figura anterior fue generada con Android Studio. En esta gráfica se aprecia que se usa una versión de desarrollo de ArcGIS, lo que indica que si se desea instalar esta funcionalidad en una empresa para producción se debe adquirir la licencia comercial de la suite de ArcGIS.

CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

Las técnicas de interpolación han demostrado su efectividad en algunos problemas (Toro, 2009); sin embargo, su aplicación al problema de implementación de un localizador inverso no demostró ninguna efectividad.

Algunos problemas de geolocalización de los agentes sobre un mapa geográfico cuando se trabajan simulaciones geográficas basadas en agentes (Rivera, 2013) pueden solucionarse con la arquitectura desarrollada en el presente artículo.

Algunas metodologías para el desarrollo de aplicaciones móviles incluyen fases de análisis, diseño-desarrollo, pruebas de funcionamiento y entrega (Mantilla, 2014), y son bastante genéricas pero pueden adaptarse para el caso de aplicaciones móviles que interactúan con sistemas de información geográficos agregando actividades de geocodificación en cada una de las fases planteadas para el desarrollo de aplicaciones.

La arquitectura expuesta en el presente artículo servirá de base para mejorar simulaciones geográficas basadas en agentes.

Se requiere hacer refinamientos a la arquitectura propuesta para lograr que se puedan solucionar los problemas concretos del caso colombiano en

el que en Bogotá se tienen varias mallas viales y una forma de geocodificación basada en estilos de codificación predial.

Se debe ahondar en la investigación acerca de cómo añadir a la arquitectura una capa de manejo de errores para los casos:

1. Cuando la distancia de búsqueda es muy pequeña, por lo que el punto no puede encontrar ninguna entidad más cercana.
2. Cuando el punto dado contiene coordenadas nulas.
3. Cuando las coordenadas del punto son incorrectas y no se pueden transformar en la referencia espacial que se utilizó en el localizador de direcciones.
4. Cuando el localizador de direcciones no contiene entidades de referencia en el área que se puedan asociar con el punto.

Algunos problemas de los mencionados en el párrafo anterior fueron encontrados en ciertos casos y se tomaron medidas paliativas que lograron mejorar la situación provisionalmente. Sin embargo, se es consciente de que este tipo de errores merecen mayor trabajo e investigación por parte de investigadores futuros. Específicamente para el caso de la arquitectura desarrollada se tomaron medidas superficiales como aumentar la distancia de búsqueda de modo que la probabilidad de encontrar la dirección más cercana sea mayor.

Es posible que se sigan presentando situaciones de error si alguien quiere implementar la arquitectura propuesta en este artículo, por lo que se recomienda que si se presentan problemas con el localizador inverso, así se aumente el espacio de búsqueda y no se pueda encontrar la dirección más cercana que sea mayor en el proceso llamado *match* en este artículo, se debería proceder a utilizar un localizador de direcciones diferente que contenga más entidades o cubra un área más grande para hacer concordar los puntos de entrada.

Es posible que surjan otros inconvenientes de geocodificación inversa a las personas que intenten

usar la misma tecnología, en este caso se aconseja tener una suscripción a *ArcGIS Online for organizations* si va a utilizar estos algoritmos de geocodificación inversa, dado que ArcGIS no tiene disponibles todas las funcionalidades de geocodificación inversa cuando no hay suscripciones activas.

Dado que el sistema desarrollado provee tres formas para capturar la localización inicial:

1. Usando un punto seleccionado por el usuario
2. Usando una dirección escrita por el usuario en formato natural
3. Obteniendo las coordenadas gps en donde se encuentra ubicado el usuario en un momento dado, se puede decir que la aplicación es capaz de obtener la localización del usuario.

En este sentido, se afirma que se puede mejorar el sistema en una segunda versión potenciando los servicios basados en localización y agregando semántica que permita proveer al sistema de información importante para crear servicios de aplicación que exploten los conceptos de localización adaptativa e inteligente (Dongqing, 2010).

Si bien la aplicación comienza a explotar la capacidad que tienen los dispositivos móviles para obtener la localización y también esta funcionalidad provee nuevas oportunidades que son reconocidas a nivel mundial como características de los ambientes computacionales del futuro, aún no se ha incorporado a la investigación elementos que protejan al usuario frente a potenciales intrusiones a causa de la entrega que el sistema hace de la localización. Se plantean trabajos futuros de incorporación de técnicas para mantener la seguridad y la privacidad de la localización. Como un ejemplo representativo de estas técnicas tenemos la estimación de la seguridad de la localización a partir de acuerdos de seguridad regional e identificación de un nivel de seguridad (Kasori & Sato, 2015).

Sabiendo que existen tecnologías que permiten deducir la localización del usuario final si llega a presentarse problemas técnicos que impidan al sistema obtener esta localización usando el GPS

(Liang & Li, 2012), se plantea un trabajo de incorporación de estas técnicas a fin de aprovechar las ventajas de este tipo de tecnologías.

Teniendo en cuenta que el valor de las aplicaciones que permiten almacenar en un repositorio unificado el histórico de las ubicaciones es extremadamente alto (Baccelli & Bolot, 2012), se puede asegurar que el potencial de explotación económica del prototipo desarrollado es bastante alto.

Los destinos a los que se dirige un usuario generalmente son la casa, el lugar de trabajo y con el paso del tiempo gran parte de estos sitios de destino son recurrentes. Teniendo en cuenta que existen métodos para predecir estos destinos basados en el procesamiento de datos históricos (Jingqing, Xiantong & Jiegui, 2012), es posible proveer al sistema de estos mecanismos para entregar mayores funcionalidades a los usuarios.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, institución que ha brindado el apoyo institucional, los espacios de trabajo y los tiempos necesarios en los planes de trabajo para el desarrollo de artículos en el área de sistemas de información geográficos.

REFERENCIAS

- Baccelli, F., & Bolot, J. (2012). Modeling the economic value of the location data of mobile users. INFOCOM, 2011 Proceedings IEEE, 1467-1475.
- Combrinck, L. (2009). The MOBLAS-6 Satellite Laser Ranging station at Hartebeesthoek, South Africa; Technology and data applications. 2009 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, IV-161-IV-164.
- Dongqing, Z., & Xiguang, Z. (2010). Location semantics in positioning services. Future Computer and Communication (ICFCC), 2010 2nd International Conference on, V3-615-V3-619.
- Hess, M. (2010). The ACES GNSS subsystem and its applications. EFTF-2010 24th European Frequency and Time Forum, 1-8.

- IGAC (16 de 10 de 2004). *Adopción del Marco Geocéntrico Nacional de Referencia MAGNA-SIRGAS como datum oficial de Colombia*, Instituto Geográfico Agustín Codazzi–División de Geodesia. Recuperado el 21 de 07 de 2016, de: <http://www.igac.gov.co/wps/wcm/connect/4b831c00469f7616afeebf923ecdf8fe/adopcion.pdf?MOD=AJPERES>
- Jingqing, L.; Xiantong, M.; Jiegui, W. (2012). Location by position observing information tolerance synthesize. Information Science, Electronics and Electrical Engineering (ISEEE), 2014 International Conference on, Sapporo, 485-488.
- Kasori, K., & Sato, F. (2015). Location Privacy Protection Considering the Location Safety. Network-Based Information Systems (NBIS), 2015 18th International Conference on, 140-145.
- Liang, R., & Li, H. (2012). Construction of semantic location model based on typonym ontology. Geoinformatics, 2011 19th International Conference on, 1-6.
- Lu, H., & Nihong, W. (2010). The Research on the Web-GIS Application Based on the J2EE Framework and ArcGIS Server. Intelligent Computation Technology and Automation (ICICTA), 2010 International Conference on, 942-945.
- Manzano, M. (2014). Use of weak GNSS signals in a mission to the moon. 2014 7th ESA Workshop on Satellite Navigation Technologies and European Workshop on GNSS Signals and Signal Processing (NAVITEC), 1-8.
- Mantilla, M.C.G.; Ariza, L.L.C., & Delgado, B.M. (2014). Metodología para el desarrollo de aplicaciones móviles. *Tecnura: Tecnología y Cultura Afirmando el Conocimiento*, 18(40), 20-35.
- Martín, S., & D'Addio, S. (2014). Modeling and Analysis of GNSS-R Waveforms Sample-to-Sample Correlation. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 1545-1559.
- Martini, M. (2015). Laser ranging positioning metrology for Galileo and the Moon. *Metrology for Aerospace (MetroAeroSpace)*, 2015 IEEE, 77-81.
- MEN, Colombia (16 de 3 de 2009). *Propuesta de Estándar de las direcciones Urbanas para los Equipamentos del Ministerio de Educación*. Recuperado el 21 de 07 de 2016, de: http://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-193290_estandar_direcciones_urbanas.pdf
- Merrigan, M.; Swift, E.; Wong, R.; Saffer, J., (2002). *A refinement to the world Geodetic System 1984 Reference Frame*. Presented at the Institute of Navigation, ION-GPS-2002, Portlan, OR, September.
- Rivera, R.A.G., & Silva, L.F.W. (2013). Hacia la integración de un sistema de información geográfico y una simulación basada en agentes. *Tecnura: Tecnología y Cultura Afirmando el Conocimiento*, 17(2), 141-154.
- Toro, G.A. (2009). Aplicación de métodos de interpolación geoestadísticos para la predicción de niveles digitales de una imagen satelital con líneas perdidas y efecto sal y pimienta. *Tecnura: Tecnología y Cultura Afirmando el Conocimiento*, (24), 55-67.
- Wu, F.; & Wang, X. (2012). A geocoding algorithm for natural language address with neighborhood properties. *Computer Science and Network Technology (ICCSNT)*, 2012 2nd International Conference on, 807-810.

