

## **Diseño y Desarrollo de un Sistema de Localización de Personas con Disfunción Cognitiva**

### **Design and developed of a Search Satellite System for Location of Patients with Cognitive Disorder**

#### **Autores:**

Kelly Sepúlveda, Instituto Tecnológico Metropolitano, joha1392@hotmail.com;

Luís Mercado, Instituto Tecnológico Metropolitano, luismercado119761@correo.itm.edu.co;

Federico Martínez, Instituto Tecnológico Metropolitano, federico\_2816@hotmail.com;

Andrea Pérez, Instituto Tecnológico Metropolitano, andreita1419@hotmail.com.

Miguel Hincapié, Parsoni, miguel.hincapie@parsoniisolutions.com

Carlos Valencia, Grupo de Investigación en Automatización y Robótica Pedagógica (GARPE), Institución Universitaria Pascual Bravo, carlos.valencia@pascualbravo.edu.co

Catalina Tobón, Grupo Investigación e Innovación Biomédica (GI2B), Instituto Tecnológico Metropolitano, catalinatobon@itm.edu.co (autor de correspondencia)

**Resumen del artículo:** Las personas que sufren de disfunción cognitiva presentan un alto riesgo de extravío, motivación por la cual se diseñó y desarrolló un sistema integral de búsqueda satelital para monitoreo y localización de estos pacientes. Para lo cual, fue necesario el estudio de la población objetivo, se realizaron encuestas, tanto a las instituciones como a familiares y profesionales del área que están a cargo de pacientes con disfunción cognitiva.

El prototipo de pulsera telemática con tecnología GPS/GPRS/GSM desarrollado, permite enviar las coordenadas de localización del paciente asociado a un ID de una tarjeta SIM personalizada, a la nube de internet.

Los familiares o personas a cargo del paciente pueden acceder a la información de localización, registro de desplazamientos, ubicación en Google Maps y establecer geocercas, a través de la página web desarrollada o mediante la instalación de la aplicación

móvil en su teléfono celular, y accediendo mediante usuario y contraseña previo registro, asociado al ID específico del paciente.

El desarrollo de este sistema en Colombia, permitirá favorecer las condiciones de búsqueda y la pronta ubicación de estos pacientes, disminuyendo de forma sustancial la probabilidad de que sufran efectos adversos tales como lesiones, accidentes, abusos y muerte prematura, ofreciéndoles mayor seguridad, mejor calidad de vida y una mayor tranquilidad a sus familiares y cuidadores.

**Palabras clave:** disfunción cognitiva, localización, GPS, satelital, pulsera telemática.

**Abstract:** People who suffer cognitive disorders are at high risk of loss and to suffer adverse effects, this is the motivation whereby we designed and developed a comprehensive platform of satellite search for patients who have this disease. For that, the study of the target population was necessary, surveys were applied to institutions, relatives and professionals who are in charge of patients with cognitive disorders.

The prototype bracelet telematics GPS/GPRS/GSM technology developed can send location coordinates patient associated with an ID of a custom SIM card, to the Internet cloud.

Relatives or dependents patient can access to location information, shift register, location in Google Maps and establishing boundaries, through the website developed or by installing the mobile application on your cell phone, and accessing by username and password prior registration, associated with specific patient ID.

The development of this system in Colombia will allow promoting the search conditions and the prompt location of these patients, decreasing substantially the probability of suffering adverse effects such as injuries, accidents, abuse and premature death, providing greater security, better quality of life and peace of mind to their relatives.

**Key words:** cognitive disorders, location, GPS, satelital, telematics bracelet.

## **Introducción**

Enfermedades como demencia, Alzheimer, retraso mental, entre otras disfunciones cognitivas, son un importante problema de salud pública. Un estudio en 2005, estimó 24 millones de personas con demencia en el mundo y 4 a 6 millones de nuevos casos cada año [1]. Un estudio en 2011, estimó un total de 35.6 millones de personas con Alzheimer en todo el mundo [2]. El extravío es uno de los principales riesgos; un 60% de estos pacientes a menudo vagan por fuera de su hogar sin ninguna orientación [3], lo cual está relacionado con eventos adversos como accidentes, lesiones, abusos, pérdida de peso y muerte prematura [4-7]. Los trastornos del comportamiento y de la memoria, como la pérdida de percepción espacial, provocan a su vez un sufrimiento psicológico a familiares y personas a cargo de estos pacientes.

En Colombia se ha determinado una prevalencia de demencia entre 1.3 % y 1.8 % en pacientes mayores de 50 años y entre 3.1 y 3.4 % en pacientes que superan los 70 años [8, 9]. Es importante considerar que dadas las condiciones sociales del país y sus altos niveles de delincuencia, la probabilidad de que personas extraviadas con disfunción cognitiva sufran eventos adversos, aumenta considerablemente.

El GPS es un sistema global de navegación por satélite por medio del cual se puede obtener la ubicación geográfica de una persona u objeto en cualquier lugar del mundo con una alta precisión [10] y ser transmitida a través de tecnología GSM-GPRS [11]. A pesar de existir en otros países tecnología de localización satelital para la ubicación de estos pacientes, en Colombia no se conoce de la existencia de este tipo de tecnología para dicho fin. Los dispositivos electrónicos de localización de personas con disfunción cognitiva que ofrecen las empresas internacionales tienen la apariencia de un reloj, convirtiéndolos en un factor que incrementaría la probabilidad de robo al paciente en nuestro país. Adicionalmente, deben ser importados a altos costos y sería necesaria la integración del dispositivo con una plataforma integral de monitoreo.

En el presente trabajo se plantea el diseño y desarrollo de un sistema de monitoreo y localización, que permita disminuir el riesgo de extravío de estos pacientes, mejorando su calidad de vida y la de sus cuidadores.

## **Materiales y métodos**

Se realizaron encuestas a 6 instituciones de la ciudad de Medellín que tienen a su cargo pacientes con disfunción cognitiva: El Comité de Rehabilitación, Hospital mental, la Colonia, Corporación Hogar Gerontológico Samana Wasi, Años Maravillosos, Hogar Geriátrico Mi Casita. Se aplicaron tres tipos de encuestas dirigidas a: las instituciones mencionadas, 38 profesionales de la salud, y 112 familiares o cuidadores; con el fin de establecer la población objetivo y viabilidad del sistema.

Para definir el lugar del cuerpo en el cual se ubicaría la pulsera telemática (dispositivo electrónico portable, encargado de enviar la información de localización del paciente), se tuvieron en cuenta los resultados de las encuestas, la comodidad del paciente y la seguridad, dada las condiciones sociales del país. Se realizó un estudio antropométrico a una muestra de 47 personas, en el cual se tomaron medidas del perímetro del miembro inferior, 1 cm arriba del tobillo, para establecer medidas promedio de la pulsera.

Para la transmisión de la información sobre la ubicación geográfica del paciente son necesarios los siguientes componentes electrónicos: módulos GPS/GPRS/GSM, microcontrolador, tarjeta SIM y batería. El GPS es un sistema global de navegación por satélite GNSS (Global Navigation Satellite System) por medio del cual se puede obtener la ubicación geográfica de una persona u objeto en cualquier lugar del mundo con una alta precisión [1]. Para que se pueda dar la transmisión de la señal y una comunicación entre el dispositivo y el centro de control, se debe tener en cuenta que el dispositivo debe contar con tecnología GSM/GPRS (Global System for Mobile Communications/General Packet Radio Services) [12]. Un microcontrolador es un circuito integrado programable, capaz de ejecutar las órdenes grabadas en su memoria. La tarjeta SIM (Subscriber Identity Module, Módulo de Identificación del Suscriptor) es una tarjeta inteligente desmontable, usada en teléfonos móviles que almacena de forma segura la clave de servicio del suscriptor usada para identificarse ante la red GSM [13]. Se seleccionó la batería de polímero de litio (Li-poly) ya que su fabricación permite tamaños pequeños y de muchas formas, dado que los electrolitos no se encuentran líquidos, por el contrario son duros o tipo gel.

El prototipo se realizó implementando un Módulo GPS/GPRS/GSM V3.0 y un Arduino Uno. El Módulo es cuatribanda SIM908, funciona en las frecuencias EGSM 900MHz/DCS

1800MHz y GSM850 MHz/PCS 1900MHz. También incorpora un receptor GPS para recuperar datos de posicionamiento. El módulo permite conocer la ubicación y comunicarse con el mundo exterior por la red móvil al mismo tiempo; se controla con comandos AT e incluye dos antenas: una antena GPS y una antena GSM de alta ganancia. Arduino UNO es una plataforma de hardware libre, basada en una placa con un microcontrolador y un entorno de desarrollo. En esta placa, el microcontrolador se programa mediante el lenguaje de programación Arduino (basado en Wiring) y el entorno de desarrollo Arduino (basado en Processing).

Se implementó el software Corel Draw® para realizar el diseño de la pulsera telemática. Posteriormente, se implementó el software libre Google Sketchup para diseñar el prototipo de pulsera para posteriormente ser impresa en una impresora 3D Prusa Tairona. Se implementó el material TPU, poliuretano termoplástico, ya que se caracteriza por: Alta resistencia al desgaste y a la abrasión, alta resistencia a la tracción y al desgarre, muy buena capacidad de amortiguación, muy buena flexibilidad a bajas temperaturas, alta resistencia a grasas, aceites, oxígeno y ozono, es tenaz, excelente recuperación elástica, y solidez a la luz (alifáticos).

Se diseñó una plataforma web y una aplicación móvil para teléfonos con sistema Android, implementando PHP 5.5, javascript, MySQL 5.5.23-55, Apache 2.2.23 y Android 4.1 en adelante. La interface gráfica está compuesta por la plataforma web y los mapas que muestran la ubicación de los pacientes en tiempo real en Google Maps. La interface web se basa en HTML5. Para la gestión de bases de datos se usó MySQL y el lenguaje de codificación PHP 5.5. El software diseñado en PHP también se encarga de conectar el mapa con el gestor de contenido para que sea visible por quién desee monitorear al paciente tanto en la aplicación móvil como en la interface de la plataforma web, con su usuario y contraseña individual, única y personal, asociada al ID del paciente.

### **Resultados y discusión**

De los encuestados, 95% encuentran útil este sistema; el 90% consideran que reduciría el riesgo de pérdida y accidentes; y el 84% que contribuirá a mejorar la calidad de vida de pacientes y cuidadores. De las instituciones encuestadas, 25 pacientes con disfunción

cognitiva se extraviaron en el último año, 10 sufrieron accidentes y 2 sufrieron abusos. Los tiempos para localizarlos estuvieron entre un día hasta 180 días. Estos resultados sugieren la necesidad y viabilidad del sistema.

La Figura 1 muestra la maqueta del sistema completo, encargado de la adquisición, procesamiento, almacenamiento, transmisión y visualización de la información.

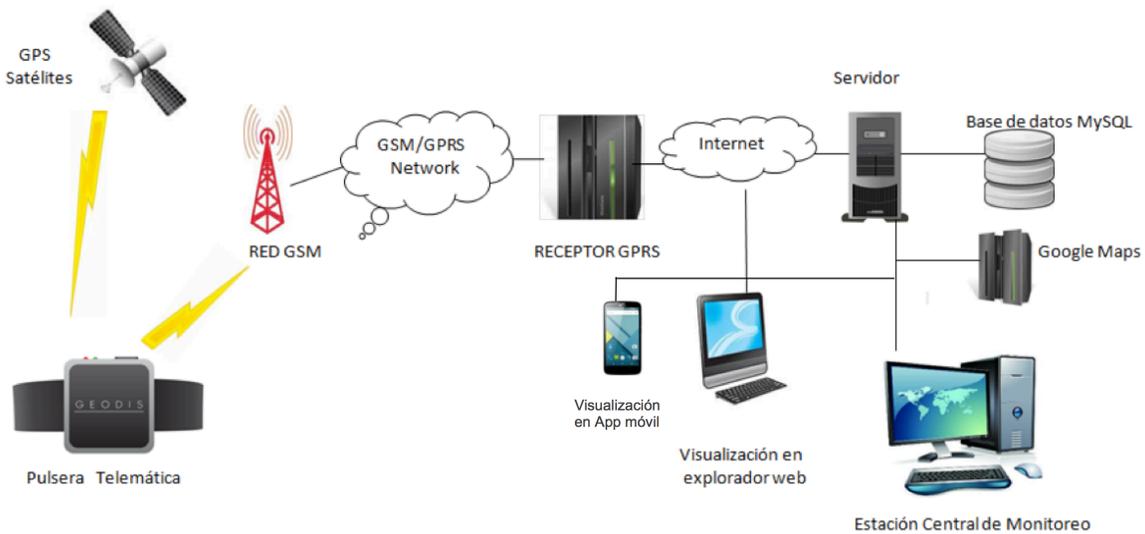


FIGURA 1. MAQUETA DEL SISTEMA DE LOCALIZACIÓN DE PERSONAS CON DISFUNCIÓN COGNITIVA.

Para ello se requiere de la pulsera telemática con tecnología GPS, la cual ayuda a establecer las coordenadas de latitud y longitud de la persona que porta el dispositivo, la tecnología GSM/GPRS se encarga de transmitir la información obtenida a la nube de internet. Esta información posteriormente ingresa al servidor donde se procesa y almacena en una base de datos en MySQL y a su vez interactúa con el sistema Google Maps, el cual a través de un mapa permite conocer la ubicación de la persona extraviada o que se encuentra fuera de la geo-cerca predeterminada por los familiares, ya sea a través de una aplicación web o de una aplicación para teléfono móvil, mediante la cual se puede acceder a consultar la ubicación del usuario que porta el dispositivo, para ello es necesario contar con el usuario y la contraseña que se otorgan cuando se adquiere la pulsera y el servicio de localización.

A continuación se presenta el diagrama de bloques del sistema:

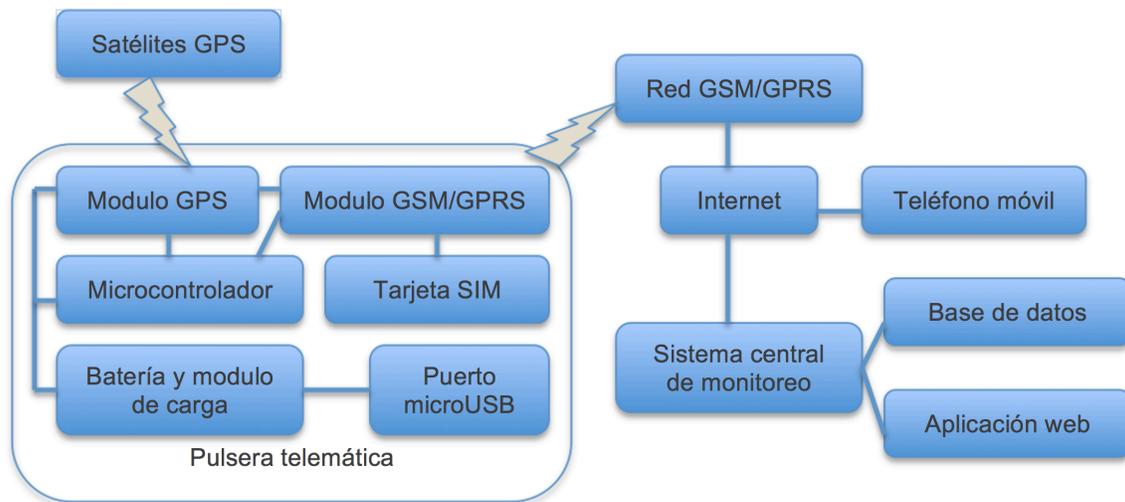


FIGURA 2. DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA DE LOCALIZACIÓN DE PERSONAS CON DISFUNCIÓN COGNITIVA.

Se diseñó la pulsera telemática (Figura 3), ubicada 1 cm por encima del tobillo. De las mediciones antropométricas se obtuvo un promedio del perímetro de 22.7 cm. La pulsera cuenta con cierre de seguridad mediante llave hexagonal.

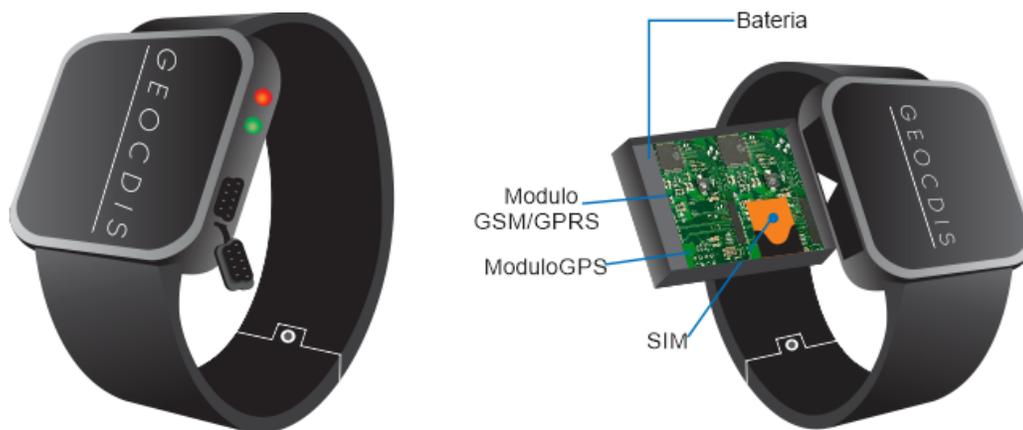


FIGURA 3. DISEÑO DE LA PULSERA TELEMÁTICA.

La Figura 4 muestra el montaje realizado del prototipo del sistema electrónico de la pulsera telemática, implementando un módulo Módulo GPS/GPRS/GSM V3.0 y un Arduino Uno.

El modulo GPS/GPRS/GSM V3.0 (Figura 4B) contiene tanto el hardware GPS, encargado de recibir la señal satelital dando las coordenadas geográfica de la localización del paciente en tiempo real y de forma continuada, como la transmisión de datos por la red GSM. El Arduino UNO (Figura 4A) es el encargado de procesar la información y ordenar el envío de los mismos al servidor web.

Para identificar a cada usuario (paciente con disfunción cognitiva), es necesaria la tarjeta SIM, la cual almacena de forma segura el ID de servicio del usuario para identificarse ante la red.

La pulsera telemática del paciente envía datos hacia el servidor web, mediante la generación de una trama de dirección compatible con Google Maps, que se compone del acceso al servidor mediante la dirección web seguida del identificador “saddr=” y las coordenadas expresadas en sus componentes de latitud y longitud. Esta trama se envía mediante la red GSM/GPRS y al momento de ser introducida en un navegador web con acceso a internet, se visualiza la ubicación del paciente en tiempo real mediante intervalos de tiempo definidos.

**A**



**B**

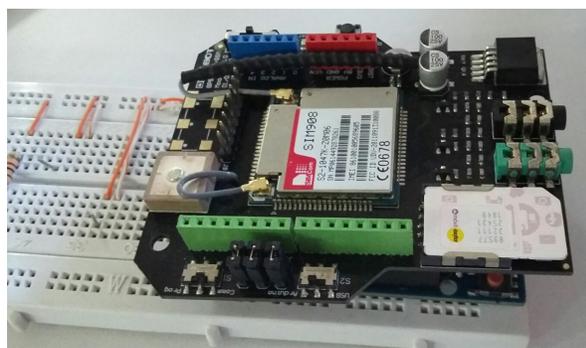


FIGURA 4. PROTOTIPO DEL SISTEMA ELECTRÓNICO DE LA PULSERA TELEMÁTICA. A) ARDUINO UNO. B) MÓDULO GPS/GPRS/GSM V3.0.

Se desarrolló una aplicación web y una aplicación móvil para Android. Con estas aplicaciones se recopila, gestiona, monitorea y muestra de forma amigable, la ubicación de los pacientes que utilicen las pulseras telemáticas.

La aplicación web (Figura 5) permite: 1) Administrar los usuarios de todo el sistema, estos se dividen en usuarios de administración y usuarios finales, los usuarios administradores

son los encargados de gestionar toda la plataforma (generar reportes, crear/eliminar pacientes y/o familiares, modificar geocercas, entre otros) y los usuarios finales son los familiares del paciente que estén interesados en vigilar/supervisar y ser alertados sobre donde se encuentra su familiar. 2) Administrar los dispositivos GPS a utilizar, es decir, se pueden agregar/eliminar o modificar datos relacionados con estos dispositivos. La aplicación web solo recibe información de los dispositivos registrados en el sistema (esto para efectos de seguridad). 3) Los usuarios administradores pueden realizar el proceso de adición, modificación o eliminación de dispositivos. 4) Agregar y almacenar en una base de datos la ubicación GPS registrada y enviada por los dispositivos DLPDC colocados en el paciente. 5) Visualizar las ubicaciones del paciente en un mapa digital en cualquier momento. 6) Visualizar la geocerca definida por los familiares del paciente. 6) Modificar la geocerca. 7) Activar o desactivar (temporalmente) alarmas para saber si el paciente se salió de la geocerca. 8) Generar informes relacionados con el uso del sistema. 9) Visualizar un sitio web con toda la información de este servicio. 10) El sitio web tiene una simulación de un sistema de pagos (pasarela de pagos). 11) El sitio web permite a un familiar, registrar un nuevo paciente. Para este procedimiento, el familiar llena un formulario virtual y adjunta algunos documentos médicos necesarios; al finalizar, el sistema genera un usuario y contraseña que son enviados al correo del familiar. 12) Un familiar con una cuenta ya creada, puede vincular mas familiares a su cuenta, agregando el correo electrónico.



FIGURA 5. APLICACIÓN WEB, PÁGINA DE ACCESO.

La aplicación móvil permite a los usuarios finales (familiares del paciente), una forma rápida de interactuar con las funcionalidades relacionadas con la geocerca y la localización del paciente. Cuenta con Log in en la aplicación para poder utilizar la aplicación. Permite ver el mapa con la geocerca de su pariente y activar o desactivar la alarma de la geocerca.

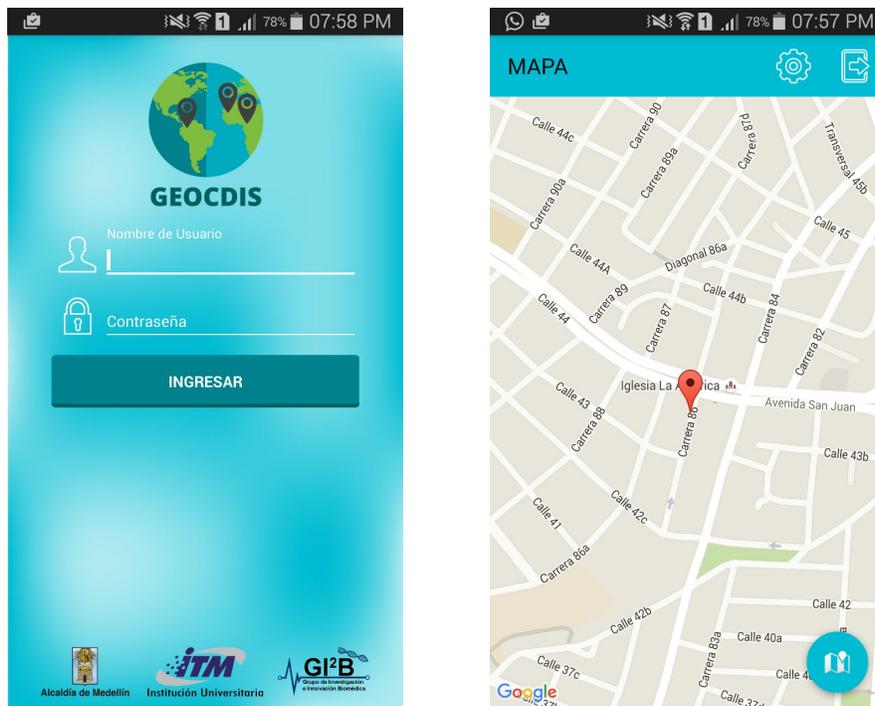


FIGURA 6. APLICACIÓN MÓVIL. A) VENTANA DE ACCESO. B) MAPA DONDE SE MUESTRA LA LOCALIZACIÓN DEL PACIENTE.

Las personas que han sido diagnosticadas con disfunción cognitiva presentan un importante riesgo de desorientación, lo que incrementa la probabilidad de extravío con todos los efectos adversos que esto conlleva. Las nuevas tecnologías han contribuido en los últimos años a facilitar el camino hacia la integración social y laboral de las personas con disfunción cognitiva.

A pesar de existir tecnología de localización satelital en otros países [14-17] utilizados para la ubicación de personas, principalmente con Alzheimer; en Colombia no existen empresas que presten este servicio de forma exclusiva. Las pocas empresas prestadoras de servicios de localización, ofertan al mercado dispositivos de gran tamaño y con poca seguridad, que cumplen la función de localizar principalmente vehículos o motos y eventualmente personas, pero ninguno es apto para individuos con problemas cognitivos, ni tiene la presentación en pulsera telemática.

Los tres servicios encontrados en Colombia [18-20] a pesar de ofrecer en sus páginas web localización de personas, vía telefónica informan que no prestan este servicio, venden el dispositivo y es el usuario quien decide su aplicación.

Los dispositivos electrónicos de localización de personas con disfunción cognitiva que ofrecen las empresas en el mundo [14-17] tienen, la gran mayoría, la apariencia de un reloj, convirtiéndolos en un factor que incrementaría la probabilidad de robo al paciente en nuestro país. Adicionalmente, estos dispositivos deben ser importados a altos costos y sería necesaria la integración del dispositivo con una plataforma integral de monitoreo. La pulsera telemática desarrollada, tiene ubicación en miembro inferior en una zona poco visible como es en cercanías al tobillo, ya que la ubicación en la muñeca no sería recomendado en países con alta tasa de delincuencia como Colombia. Adicionalmente el sistema de amarre de los dispositivos tipo reloj son de fácil retiro por parte del usuario, lo cual no es recomendado ya que se incrementaría la probabilidad de extravío sin posibilidad de ubicación.

El único dispositivo encontrado para miembro inferior [16] posee dimensiones mayores a la pulsera telemática diseñada y está dirigida a prisioneros.

## **Conclusiones**

En el presente trabajo, se diseñó y desarrollo un sistema integral de búsqueda satelital para monitoreo y localización de pacientes con disfunción cognitiva.

El estudio de la población objetivo permitió conocer la necesidad y viabilidad de proyecto, presentándose una gran acogida por parte de familiares y cuidadores de estos pacientes.

El prototipo de pulsera telemática con tecnología GPS/GPRS/GSM desarrollado, permite enviar las coordenadas de localización del paciente asociado a un ID de una tarjeta SIM personalizada, a la nube de internet. Los familiares o personas a cargo del paciente pueden acceder a la información de localización, registro de desplazamientos, ubicación en Google Maps y establecer geocercas, a través de la página web desarrollada o mediante la instalación de la aplicación móvil en su teléfono celular, y accediendo mediante usuario y contraseña previo registro, asociado al ID específico del paciente.

El desarrollo de este sistema en Colombia, permitirá favorecer las condiciones de búsqueda y la pronta ubicación de estos pacientes, cuando se extravíen; disminuyendo de forma sustancial la probabilidad de que sufran efectos adversos tales como lesiones, accidentes, abusos y muerte prematura, ofreciéndoles mayor seguridad, mejor calidad de vida y una mayor tranquilidad a sus familiares y cuidadores. Adicionalmente, es una idea de negocio potencial.

## Referencias

- [1] Ferri, C., Prince M., Brayne, M., Brodaty, H., Fratiglioni, L., Ganguly, M., Hall, K., Hasegawa, K., Hendrie, H., & Huang, Y. (2005). Global prevalence of dementia: a Delphi consensus study. *The Lancet*, 366(9503): 2112-2117.
- [2] Prince, M., Bryce, R., & Ferri, C. (2011). *World alzheimer report 2011. The benefits of early diagnosis and intervention* (3<sup>a</sup> ed.). London: Alzheimer's disease international.
- [3] Heimberg, R. G., Dodge, C. S., Hope, D. A., Kennedy, C. R., Zollo, L. J., & Becker, R. E. (1990). Cognitive behavioral group treatment for social phobia: Comparison with a credible placebo control. *Cognitive Therapy and Research*, 14(1): 1-23.
- [4] Gaugler, J. E., Edwards, A. B., Femia, E. E., Zarit, S. H., Stephens, M. A. P., Townsend, A., & Greene, R. (2000). Predictors of Institutionalization of Cognitively Impaired Elders Family Help and the Timing of Placement. *Journals of Gerontology Series B: Psychological Sciences and Social Sciences*, 55(4), P247-P255.
- [5] Hope, T., Keene, J., Gedling, K., Fairburn, C. G. & Jacoby, R. (1998). Predictors of institutionalization for people with dementia living at home with a carer. *Int J Geriatr Psychiatry*, 13(10): 682–690.
- [6] Volicer, L., Seltzer, B., Rheaume, Y., Fabiszewski, K., Herz, L., Shapiro, R., & Innis, P. (1987). Progression of Alzheimer-type dementia in institutionalized patients: a cross-sectional study. *J Appl Gerontol*, 6: 83-94.
- [7] Algase, D. L. (1992). Cognitive discriminants of wandering among nursing home residents. *Nurs Res*, 41(2): 78-81.

- [8] Rosselli, D., Ardila, A., & Pradilla, G. (2000). The Mini-Mental State Examination as a selected diagnostic test for dementia: a Colombian population study. *Revista de Neurología*, 30(5): 428–432.
- [9] Pradilla, G., Vesga, B. E., & Leon-Sarmiento, F. E. (2002). Neuroepidemiology in the eastern region of Colombia. *Rev Neurologia*, 34(11): 1035–1043.
- [10] Rey, J.R. (2010). *El Sistema de Posicionamiento Global – GPS*. Recuperado de <http://edis.ifas.u.edu/in657>.
- [11] Tisal, J. (2001). *The GSM network the GPRS evolution. One step towards UMTS* (2<sup>a</sup> ed.). London: Wiley.
- [12] Halonen, T., Romero, J., & Melero, J. (2004). *GSM, GPRS and EDGE Performance. Evolution Towards 3G/UMTS* (2<sup>a</sup> ed.). England: John Wiley & Sons.
- [13] Castillo, C., Gómez-Casseres, J. L., & Torres E. (2007). *Blue MAC Spoofing: El Backdoor de Bluetooth*. Pontificia Universidad Javeriana. Recuperado de [http://www.criptored.upm.es/guiateoria/gt\\_m142c1.htm](http://www.criptored.upm.es/guiateoria/gt_m142c1.htm).
- [14] Asister Asistencia Familiar. Recuperado de <http://www.asister.es/tienda/brazalete-s-911-gps/>.
- [15] Keruve Family Direct Locator. Recuperado de <http://www.keruve.com>.
- [16] XYTRACKING. Recuperado de [www.moralwinhk.com](http://www.moralwinhk.com).
- [17] Max 4 Technologies. Recuperado de <http://max4rastreosatelital.com.mx/>.
- [18] UBIKMEGPS. Recuperado de <http://ubikmegps.com/>.
- [19] Qtrack Equipo de Rastreo Satelital Portátil. Recuperado de [www.qtrackonline.com](http://www.qtrackonline.com).
- [20] Eleinco. Recuperado de [www.eleinco.com.co](http://www.eleinco.com.co).