

TERMINAL MÓVIL, PROTOTIPO HARDWARE PARA UN SERVICIO DE  
LOCALIZACIÓN

JONATHAN ENRIQUE FIQUITIVA RICAURTE

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELAS DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y  
TELECOMUNICACIONES  
BUCARAMANGA  
2014

TERMINAL MÓVIL, PROTOTIPO HARDWARE PARA UN SERVICIO DE  
LOCALIZACIÓN

JONATHAN ENRIQUE FIQUITIVA RICAURTE

Trabajo de grado para optar el título de  
Ingeniero Electrónico

Director  
HOMERO ORTEGA BOADA  
Ph.D. Ciencias de la Información

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELAS DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y  
TELECOMUNICACIONES  
BUCARAMANGA  
2014

## DEDICATORIA

*A DIOS, sin el nada podría existir.*

*A mi madre por su sacrificio y apoyo, por todo el amor, cariño y comprensión que me ha brindado.*

*A mi padre y mis hermanos.*

*Al profe Homero mi director de proyecto, por su gran apoyo y confianza depositada en mí.*

*A mi hermana Adriana que me mostro un mejor camino.*

*Jonathan Enrique Fiquitiva Ricaurte*

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco al profesor Homero Ortega, mi director de proyecto; con su apoyo y confianza tuve las herramientas para expresar mis ideas y aplicar el conocimiento que la universidad y la vida me han brindado, a Juan Carlos Luna, a Jose Luis, a Elkin, por su conocimiento, su tiempo, etc.

Al grupo de investigación RadioGIS, todos mis compañeros son grandes personas y ejemplos a seguir; a mi familia, a mis hermanos, a mis tías, a mi padre, con su apoyo aportaron grandes valores a mi vida.

No esta demás agradecer a todos mis amigos que me han apoyado y acompañado a lo largo de la carrera, a Johana Ardila, Oscar Álvarez; a Sindi Esparza cuya empresa se dedica a hacer arte con el acrílico.

Jonathan Enrique Fiquitiva Ricaurte

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCIÓN	12
1. SERVICIOS BASADOS EN LOCALIZACIÓN LBS	14
2. METODO PROPUESTO	16
2.1. INGENIERÍA DE REQUERIMIENTOS	16
2.2. EVALUACIÓN COMPARATIVA DEL MERCADO	16
2.3. DISEÑO DE LA ARQUITECTURA DEL TERMINAL MÓVIL	16
2.4. IMPLEMENTACIÓN DE LÓGICA DE FUNCIONAMIENTO DEL TM	16
2.5. IMPLEMENTACIÓN DE HARDWARE	16
2.6. IMPLEMENTACIÓN DEL SERVICIO WEB	16
2.7. PRUEBAS Y AJUSTES	16
3. MÉTODO APLICADO A UN GUANTE	18
3.1. REQUISITOS DE FUNCIONAMIENTO Y PROGRAMACIÓN	18
3.1.1. Casos de uso	19
3.2. EVALUACIÓN COMPARATIVA DEL MERCADO	19
3.3. DISEÑO DE LA ARQUITECTURA DEL TERMINAL MÓVIL	21
3.3.1. Módulo principal	21
3.3.2. Interfaz de mando del Terminal Móvil	22
3.3.3. Sensor de posición	22
3.3.4. Modem Celular	22
3.3.5. Baterías y autonomía:	22
3.3.6. Estructura del sistema	23
3.4. IMPLEMENTACIÓN DE LÓGICA DE FUNCIONAMIENTO DEL TM	24
3.4.1. Software para el terminal móvil	24
3.5. IMPLEMENTANDO HARDWARE	25
3.5.1. Implementación de GPS	25
3.5.2. Implementación de Modem Celular	25
3.5.3. Implementando interfaz de usuario	27
3.5.4. Implementando kit de baterías	28
3.5.5. Implementando manos libres	28
3.6. APLICACIÓN DE SERVIDOR	28
3.7. PRUEBAS Y AJUSTES.	29
4. CONCLUSIONES	30
CITAS BIBLIOGRÁFICAS	
BIBLIOGRAFÍA	

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura1. Tecnología para vestir	13
Figura2. Esquema general de un servicio LBS	16
Figura3. Casos de uso para el TM	18
Figura4. Terminales móviles.	20
Figura5. Estructura del sistema.	23
Figura6. Implementado GPS	25
Figura7. PCBs del TM	26
Figura 8. SmartVest & SmartGlove	27
Figura 9. Configuración plug 25mm manos libres	28

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Puertos de conexión modulo principal	21
Tabla 2. Funciones del TM	24

## RESUMEN

**TITULO:** TERMINAL MÓVIL, PROTOTIPO HARDWARE PARA UN SERVICIO DE LOCALIZACIÓN.\*

**AUTOR:** JONATHAN ENRIQUE FIQUITIVA RICAURTE\*\*

**PALABRAS CLAVE:** APLICACIÓN DE SERVIDOR, INTERNET DE LAS COSAS, TECNOLOGÍA VESTIBLE, SERVICIOS BASADOS EN LOCALIZACIÓN (LBS), COMPUTACIÓN UBICUA.

### DESCRIPCIÓN:

Gran parte del hardware que hoy se diseña está pensado para ser conectado a Internet y formar parte de aplicaciones que corren en la nube como elemento esencial. Estos nuevos diseños electrónicos difieren de los tradicionales precisamente por ser parte de una plataforma de servicios para satisfacer necesidades concretas de diferentes tipos de usuarios, teniendo en cuenta también las necesidades de los programadores que desarrollan aplicaciones y servicios. En este artículo se propone un método de desarrollo donde el nuevo hardware puede ser visto como un servicio Web, de modo que un programador que decida incorporarlo como parte de una aplicación lo vera como un servicio software más entre los que dispone para sus desarrollos. En el método propuesto se combinan de manera original técnicas tradicionales de ingeniería de hardware con las de software y resulta útil para describir un desarrollo concreto, como se muestra en este artículo donde se presenta un desarrollo realizado en el grupo de investigación RadioGis de la Universidad Industrial de Santander para atender las necesidades de los conductores y motociclistas, como parte del proyecto "Terminal Móvil, prototipo hardware para un servicio basado en localización". El desarrollo se trata de un guante inteligente que reúne las capacidades básicas de comunicación móvil incluyendo llamadas, SMS, así como conexión remota, a través de internet móvil, con un servidor abierto a servicios basados en localización. El método es de particular interés en las áreas de Internet de las Cosas y de las Tecnologías de Vestir.

---

\* Trabajo de Grado

\*\* Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones. Director: Homero Ortega Boada, PhD. Sciences of Information.

## ABSTRACT

**TITLE:** MÓVIL TERMINAL, HARDWARE PROTOTIPE FOR A LOCATED BASED SERVICE.\*

**AUTHOR:** JONATHAN ENRIQUE FIQUITIVA RICAURTE\*\*

**KEYWORDS:** SERVER APPLICATION, INTERNET OF THINGS, WEARABLE TECHNOLOGY, LOCATED BASED SERVICES (LBS), PERVASIVE COMPUTING.

### DESCRIPCIÓN:

Most of hardware being designed today is intended to be connected to the Internet and to become part in a certain kind of applications that can be running in the cloud like an essential element of modern applications. New electronic design is different from traditional design it is precisely because hardware plays a key role in the overall platform for the internet of things where de services must be developed together with software experts. This article propose a designing method where a new hardware can be viewed as a Web service, so that a programmer who decides to incorporate it as part of an application could see it more as a software than as a hardware. The method combines traditional engineering software techniques with hardware development. The method is also useful to describe through this article a rider glove as a mobile terminal for a location based service, development in the research group RADIOGIS at Industrial University from Santander. It is in fact a smart glove that meets the basic capabilities for mobile communications including calls, SMS and remote connection via mobile internet to location based services. The method has a particular interest for the areas of Internet of Things Technologies and Dressing.

---

\*Work of Grade

\*\* Faculty of Engineering Physics and Mechanics. School of Electrical and Telecommunications Engineering, Electronics. Director: Homero Ortega Boada, PhD. Of Information Sciences.

## INTRODUCCIÓN

La tecnología para vestir o wearable technology tiene como principal ambición mantener conectadas a internet ciertas prendas de los usuarios, para prestar servicios específicos, sin que esto resulte notorio, incómodo o excesivamente costoso. Las aplicaciones que pueden desarrollarse a partir de estas premisas son extensas, entre ellas se encuentra el monitoreo de los niños, personas con problemas de salud, mascotas, apoyo a personal de reparto y seguridad entre otros.

La tecnología de vestir hace posible el uso prendas inteligentes no solo por moda, sino porque puede hacer parte integral de la dotación o equipo de trabajo [1], también sirve como herramienta de apoyo a la seguridad de las personas, o como respuesta a una necesidad específica [2] [3]; en la Fig.1 se muestran dos ejemplos de sistemas vestibles de grabación de video y adquisición de datos.

En el caso de un motociclista, los guantes son una prenda importante que le brinda abrigo del frío o le da cierta protección en caso de accidente. Es así como se consolida la idea de desarrollar un guante inteligente para satisfacer las necesidades básicas de comunicación de un motociclista en movimiento como: llamar sin despegar sus manos del manubrio, enviar SMS o usar la Internet para recibir servicios o reportar datos de localización del usuario.

Una prenda con estas cualidades de comunicación no es otra cosa que una nueva forma de terminal móvil (TM). Como tal un TM va acompañado de aplicaciones que le permiten intercambiar información con un lugar remoto y por lo tanto debe ser parte de una plataforma orientada a brindar servicios convergentes o Servicios de Tecnologías de la Información y las Telecomunicaciones (Servicios TIC).

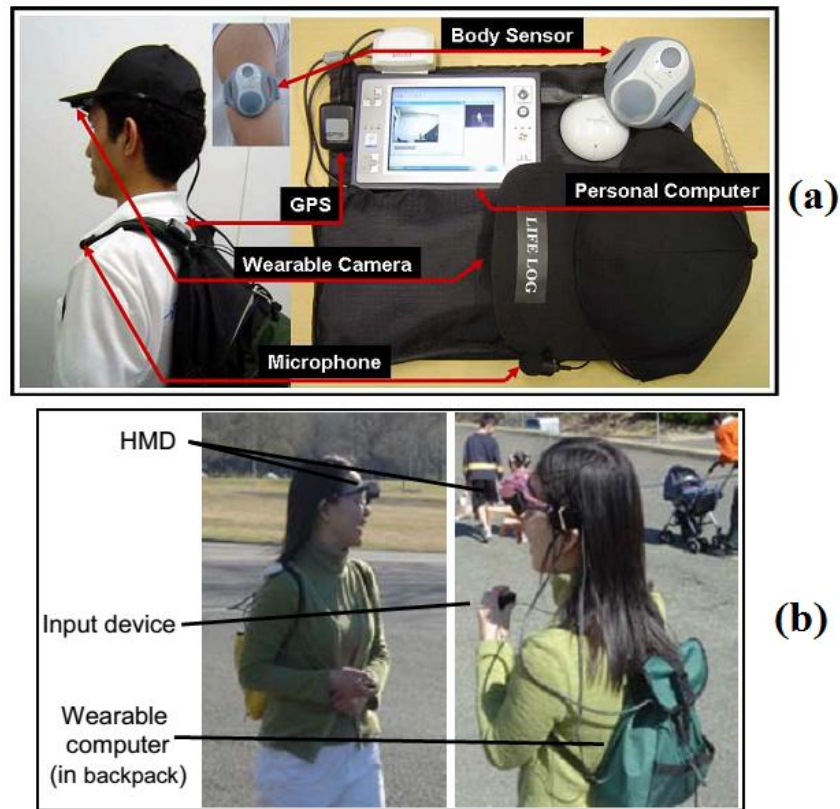
De esta manera se justifica la intención del presente artículo de ir más allá del desarrollo de un guante inteligente y más bien reunir las experiencias ganadas en un método genérico para el desarrollo de nuevos terminales móviles vestibles, incluyendo su validación mediante el desarrollo del guante inteligente.

Como parte del método para obtener este nuevo tipo de TM se realizó un prediseño con técnicas usadas tradicionalmente en ingeniería de software [4], pero ahora aplicadas también a hardware para identificar los requisitos reales de un terminal que aproveche los avances de internet de las cosas. El método también incluye pruebas de desempeño del nuevo TM para lo cual fue necesario

desarrollar una aplicación piloto en un servidor remoto que recibe los datos de identificación, localización y un evento reportado por el TM. Los resultados que aquí se presentan sirven de apoyo para cualquier tipo de solución que combine aplicaciones web para servidores, hardware y aplicaciones embebidas en los TM.

Para terminar de comprender la necesidad que motivó este trabajo, resulta importante destacar que el grupo de investigación RadioGIS de la Universidad Industrial de Santander ha venido desarrollando una plataforma de Servicios Basados en Localización (LBS) que combinan software y hardware, además almacenamiento y procesamiento en la nube, así como aplicaciones de usuario. En este proceso se ha detectado la siguiente problemática: los ingenieros de hardware y los de software necesitan un lenguaje común que les permita entenderse de modo que no resulte frustrante para los primeros conocer el software y para los segundos el hardware. El método propuesto resuelve este problema haciendo que el hardware sea visto por el ingeniero electrónico como un TM y por el de software como un servicio web, que se incorpora a una solución software de la misma manera en que se hace hoy con otras soluciones de software – consumiendo un Servicio Web.

Figura.1. Tecnología para



vestir<sup>1</sup>

## 1. SERVICIOS BASADOS EN LOCALIZACIÓN (LBS)

A continuación se presenta lo referente a servicios basados en localización LBS, tema central en que se desarrolla este proyecto, además de mostrar de forma enfática el papel que desempeña un TM dado que el método que se propone es precisamente para elaborar los terminales móviles esenciales para ofrecer este tipo de servicios LBS.

Los LBS ofrecen un servicio personalizado a los usuarios con base en información de ubicación geográfica. La Fig.2 muestra un esquema general del servicio. Como se aprecia allí, existen dos actores principales: el usuario portador y el usuario de consulta. El usuario portador utiliza tecnología GPS para el posicionamiento, sensores y tecnología de redes de comunicación para transmitir información hacia las aplicaciones que lo requieran.

<sup>1</sup> Imagen tomada de los artículos [1][2]

Por lo general parte relevante de estos servicios son implementados en un servidor que tiene dos tareas principales:

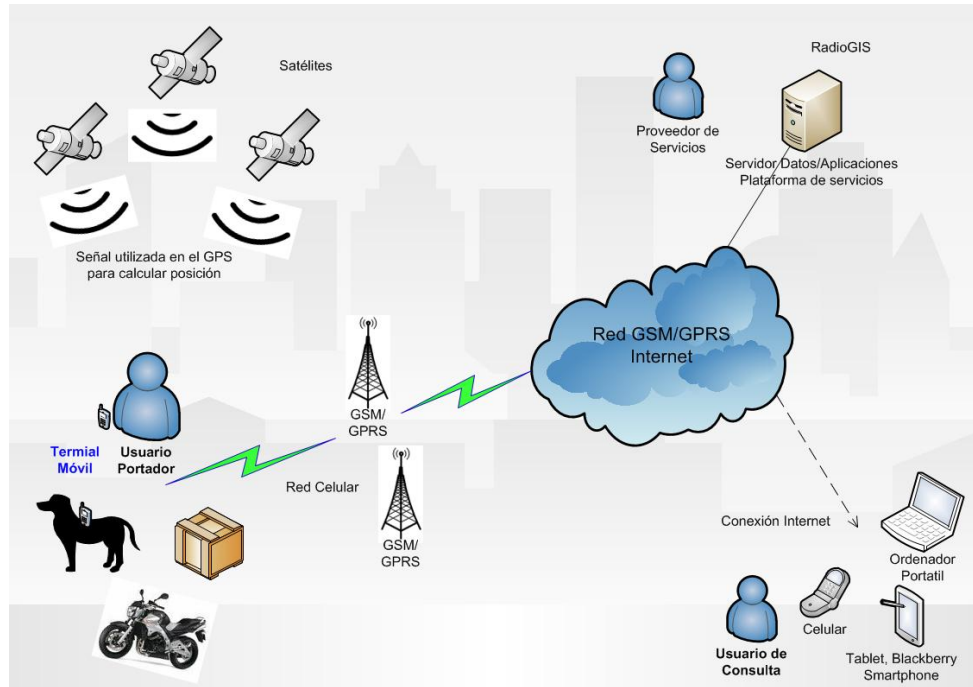
- Registrar en una base de datos información georeferenciada.
- Procesar la información para ofrecerla a las aplicaciones que lo requieran.

La presentación gráfica de información georeferenciada, se realiza a través de una aplicación de consulta que consume servicios web (*Web Services*).

El proveedor de servicios es el encargado de diseñar y gestionar diferentes servicios para necesidades específicas de los usuarios finales, usando bases de datos, aplicaciones de servidor, aplicaciones de consulta y la lógica de funcionamiento del TM, todo esto mediante Servicios Web.

Los LBS son parte de nuestra vida cotidiana, brindan información de restaurantes cercanos, hoteles, u otro contenido específicamente relacionado con la posición en mapas; al unir esto con el concepto de tecnología para vestir se llega a fabricar objetos curiosos como los presentados en los artículos [1] [2] y [3], estos fueron creados con una finalidad específica ligada al uso de internet para enviar y recibir información, internet de las cosas [7][8].

Figura 2. Esquema general de un servicio LBS



## 2. MÉTODO PROPUESTO

A continuación se describen de manera resumida los pasos propuestos para desarrollar terminales móviles para vestir, dejando para los siguientes capítulos un ejemplo de implementación que a su vez es usado para la validación del método.

- 2.1. **INGENIERÍA DE REQUERIMIENTOS:** Antes de iniciar cualquier desarrollo debemos conocer explícitamente las necesidades que se tienen. En este caso se contemplan las necesidades de los conductores, en particular el motociclista que vendría a ser un usuario portador para lo cual resulta útil usar los procedimientos tradicionales de la ingeniería de software aplicada a un pre-diseño del TM.
- 2.2. **EVALUACIÓN COMPARATIVA DEL MERCADO:** En primer lugar se debe hacer una revisión del mercado internacional y buscar productos relacionados con la tecnología de interés, Esto con el fin de determinar si ya existe algún equipo que cumpla con las necesidades que se tienen o al menos que pueda ser usado como punto de partida para satisfacer lo deseado. Es importante identificar la existencia, la viabilidad de adquisición y forma de implementación de los componentes que van a ser usados en el desarrollo del prototipo.
- 2.3. **DISEÑO DE LA ARQUITECTURA DEL TERMINAL MÓVIL:** Enlazando los diferentes elementos físicos que conforman el TM, su jerarquía y la interacción entre estos. Se complementa con la ingeniería de software para así entender mejor las necesidades de los actores en un escenario particular.
- 2.4. **IMPLEMENTACIÓN DE LA LÓGICA DE FUNCIONAMIENTO DEL TM:** Se realiza la programación necesaria para que funcione el dispositivo, lo cual implica escoger el microcontrolador apropiado y programarlo con las funciones que respondan a los requerimientos identificados.
- 2.5. **IMPLEMENTACIÓN DE HARDWARE:** Se deben elaborar los circuitos impresos necesarios para conformar el terminal, incorporar tecnologías complementarias como GPS, y fuente de polarización.
- 2.6. **IMPLEMENTACIÓN DEL SERVICIO WEB:** Esta es una de las novedades del método pues busca que el desarrollador de TMs vaya más allá del desarrollo del hardware y el software embebido para que logre entregar un producto que pueda ser visto como un Servicio Web. Esto requiere conocimientos mínimos de programación a nivel servidor, pero, como ya se ha dicho, vale la pena, pues de otra suerte difícilmente el TM sería aprovechado por los ingenieros de software.
- 2.7. **PRUEBAS Y AJUSTES:** Como parte final se realizan pruebas para evaluar el funcionamiento del TM y su desempeño respecto a los requerimientos identificados, corrigiendo las posibles fallas que usualmente serán de programación.

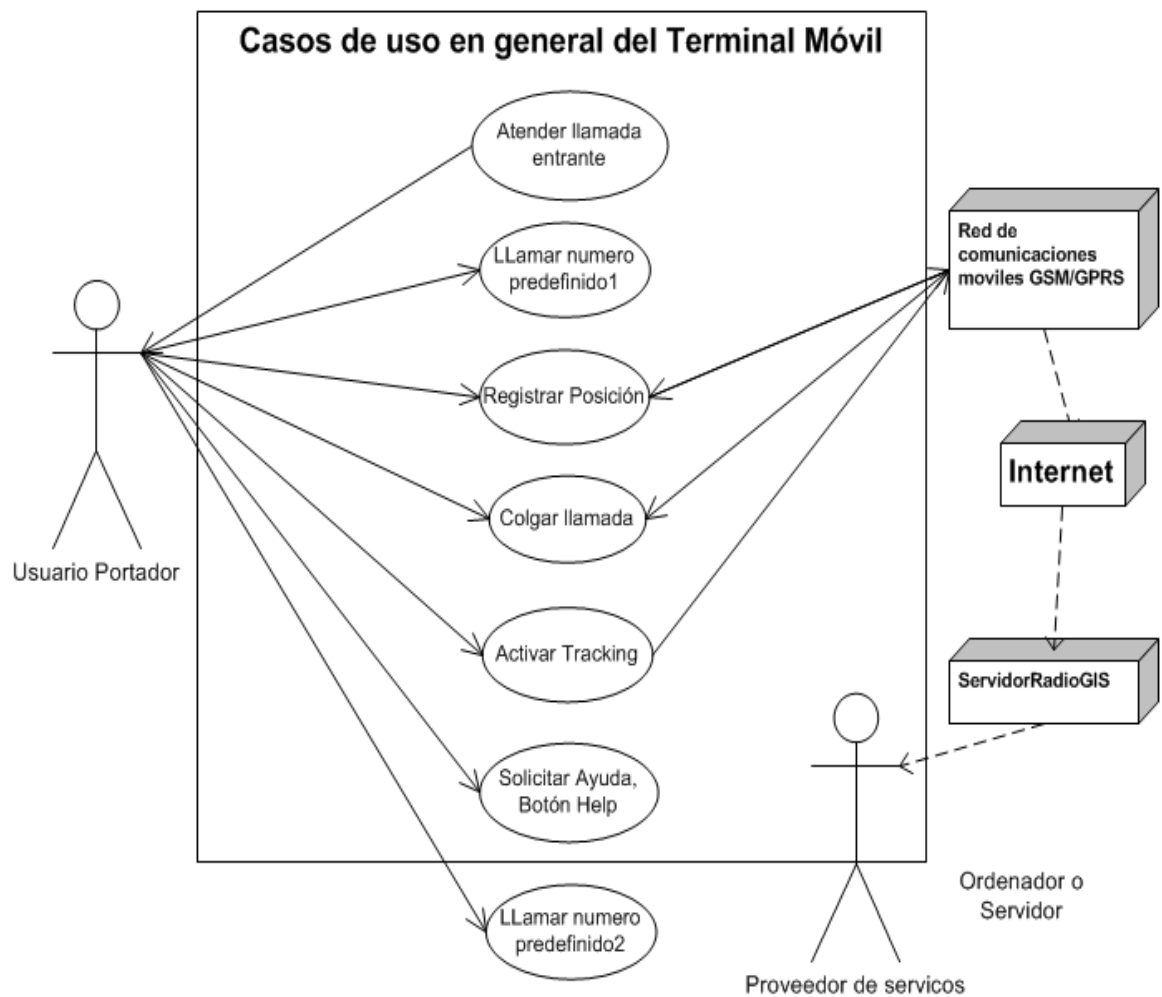
### 3. MÉTODO APLICADO A UN GUANTE INTELIGENTE

La mejor manera para comprender el método propuesto es mostrar con un ejemplo como se ha implementado un TM; a continuación se presenta la aplicación del método para desarrollar un guante inteligente (SmartGlove) solución particular para las necesidades de los conductores, en especial motociclistas.

#### 3.1. REQUISITOS DE FUNCIONAMIENTO Y PROGRAMACIÓN

La ingeniería de software es una herramienta para desarrolladores de aplicaciones y servicios que permite entender mejor todo lo relacionado con un sistema, en este caso se aplicaran estos criterios a un TM, mostrando además el papel que juega en dentro de un servicio LBS; así que se reúne lo más importante de la ingeniería de software a utilizar en el desarrollo, si se desea conocer más detalles puede referirse al documento anexo [4].

Figura 3. Casos de uso para el TM



### 3.1.1. Casos de uso

Los casos de uso se reúnen en un diagrama Fig.4 y permiten establecer una idea dinámica del sistema, también es la forma en que el analista se comunica con un grupo de desarrolladores, facilitando a estos últimos crear programas.

El usuario portador u objeto a monitorear requiere que su dispositivo le permita:

- Contestar llamada entrante.
- Llamar a número predeterminado uno: Se realiza una llamada a un número previamente grabado.
- Registrar posición en base de datos: obtiene ubicación geográfica del GPS y la envía como mensaje al servidor incluyendo evento "0000" que representa normalidad; para esto se sigue un protocolo de comunicación con el servidor el cual contiene identificación, mensaje georeferenciado, más evento de notificación.
- Colgar llamada.
- Enviar mensaje de texto SMS: obtiene coordenada del GPS y la envía a otro equipo celular incluyendo evento normalidad "0000".
- Solicitar ayuda S.O.S.: En este caso el terminal envía un SMS con las últimas dos coordenadas validas a un número celular junto notificación de alerta, e inmediatamente se conecta de forma permanente al servidor para enviar datos cada treinta segundos con "Alerta" como evento de notificación.
- Llamar a número predefinido dos: Se realiza una llamada a otro número previamente grabado.
- Activar modo tracking: En este modo de operación el usuario realiza un registro de posición cada cierto tiempo para monitorear su recorrido, especialmente si sale de viaje.
- Casos de uso particular: Un ciclista puede hacer ejercicio mientras va registrando sus recorridos.

### 3.2. EVALUACIÓN COMPARATIVA DEL MERCADO

En el mundo se están suscitando todo el tiempo diversas soluciones que pueden ser útiles para el desarrollo, y dado que el método propuesto es precisamente para elaborar terminales móviles, esto implica el ejercicio de revisar con que proveedores cuento para adquirir los elementos esenciales para elaborar el TM y una revisión también a los servicios LBS que existen, haciendo énfasis en que este proyecto concentra sus esfuerzos en el equipo de hardware.

Los terminales móviles con GPS son diseñados para usos específicos es decir el equipo utilizado en un vehículo difiere del que es llevado por una persona Fig.5

(c,d), los TM para vehículos (Trackers) son robustos y funcionan conectados directamente a la batería del carro así que por lo general no incluyen baterías internas para su funcionamiento, se mencionan solo por mostrar su existencia mas no son de interés en este proyecto.

Es necesario aclarar que existe una necesidad de contar con un equipo electrónico con características particulares y que es posible encontrar algo similar en el mercado que cumpla con algunas necesidades, comercialmente existen muchos dispositivos similares que no cuentan con las capacidades requeridas; un reloj inteligente, (SmartWatch) Fig.5 (a,b) equipo que se ajusta mucho a las necesidades por tener comunicación celular, algunos incluso tiene GPS, mas estos terminales, ni los tracker de vehículos, permiten ser adaptados a una prenda o necesidad ergonómica particular pues no permiten la adaptación de botones de mando. Otros accesorios que se les dice inteligentes (Smart) en realidad no lo son pues dependen de un Smartphone para enviar información a internet, como la pulsera inteligente (SmartBracelet) cuya comunicación entre dos dispositivos se realiza vía Bluetooth, otros equipos Smart utilizan WiFi o Ethernet para acceder a internet como los SmartTV.

Figura 4. Terminales móviles.



Vale la pena mencionar que la tecnología e-textil ofrece accesorios que se incorporan a la ropa como: hilos conductores, leds, botones pulsadores, porta baterías, entre otros, lo cual facilita incorporar elementos electrónicos o parte de ellos en prendas que lo requieren, esto es conocido como computación ubicua o persistente y aporta muchos elementos interesantes para nuestro propósito.

Concretamente para el desarrollo de este prototipo se requiere integrar módulos electrónicos de comunicación móvil, posicionamiento global y control, los cuales se explicaran detalladamente más adelante.

### 3.3. DISEÑO DE LA ARQUITECTURA DEL TERMINAL MÓVIL:

En este trabajo el principal reto de diseño fue integrar el concepto de tecnología para vestir con tecnologías GPS/GSM/GPRS en un par de prendas, para satisfacer las necesidades ergonómicas de un motociclista, así que se personalizo la interfaz de mando del usuario portador junto con otras consideraciones en un guante inteligente.

Con el fin de distribuir los componentes en una prenda, el equipo está dividido en cinco partes de la siguiente manera: módulo interfaz de mando, módulo receptor GPS, módulo GSM/GPRS, módulo de control principal, y módulo de batería. Sin embargo el dispositivo debe poder incorporarse a otra prenda, por ello se deben dejar pines de conexión diferentes para cada módulo y así evitar conectarlos erradamente.

#### 3.3.1. Módulo principal:

El módulo de control principal debe contener un microcontrolador con mínimo dos puertos SCI a donde se conectan el módulo GPS, y el módulo GSM/GPRS; este chip contiene toda la lógica de funcionamiento establecida mediante los casos de uso para el TM; además debe disponer cuatro puertos de conexión para integrar otros elementos como nos muestra la Tabla I; además se deben disponer tres leds que muestren su estado.

Tabla 1. Puertos de conexión modulo principal

<b>Característica del puerto</b>	<b>Elemento a conectar</b>
Conector de tres pines	GPS
Conector de seis pines	Interfaz de mando
Conector de dos pines	SCI de modem celular
Conector de dos pines	Batería
Socket de cuatro pines hembra 2.5 mm	Manos libres

### 3.3.2. Interfaz de mando del Terminal Móvil:

Para el terminal se estableció elaborar una interfaz de mando con cuatro botones dispuestos en los dedos: índice, medio, anular, y meñique en el guante del usuario portador Fig.5; los cuales activan alguna función específica, correspondiendo directamente a algún caso de uso.

El diseño presentado es versátil pues permite hacer una interfaz adecuada a otra prenda para conectarla al módulo de control principal, permitiendo fácilmente integrar el equipo en otra prenda como un chaleco.

### 3.3.3. Sensor de posición:

El módulo GPS puede verse como un sensor de posición siendo este el principal elemento para ofrecer un servicio LBS; se recomienda usar tecnología omnidireccional con una antena helicoidal, según el documento [10] dan el mejor resultado cuando se requiere que el GPS sea llevado por una persona, más adelante se detalla el desarrollo de este módulo; el GPS a utilizar debe transmitir los datos de forma serial, para poder conectarlo directamente al microcontrolador, es decir no podemos utilizar un GPS bluetooth.

### 3.3.4. Módem celular:

Para conectarse a internet el SmartGlove requiere un módem celular, preferiblemente pequeño y liviano, en lo posible de cuatro bandas; con capacidad para realizar y recibir llamadas, enviar mensajes de texto, etc. Algunos proveedores y modelos son Siemens XT55/56, SIMCom SIM908, Telit GE863, Sagem HiLo, Sony Ericsson GM47/48, Motorola G24.

Implícitamente la conexión a internet requiere establecer un protocolo de comunicación entre dos tecnologías, del lado cliente y del lado del servidor; se recomienda usar el protocolo TCP por ajustarse adecuadamente a las necesidades, además que otros protocolos como ftp o pop3 están orientados a otro tipo de servicios como administración archivos, correo, etc.

### 3.3.5. Baterías y autonomía:

Así como autonomía se refiere a la distancia máxima recorrida por un vehículo con el tanque de combustible lleno sin reabastecer, análogamente entiéndase como autonomía de un dispositivo electrónico el máximo tiempo que puede durar encendido con una sola carga de batería.

Durante el funcionamiento del terminal el GPS se encuentra permanentemente encendido y consume alrededor de 300 milivatios hora mWh; mientras que el módem celular se enciende a conveniencia, y el consumo de potencia oscila entre los 7000 mWh en modo activo y cerca de 5 mWh en modo stand by, se resalta que el módem puede requerir una corriente de hasta dos amperios en llamada; razón principal para tener una buena fuente de energía, que además permita utilizar el equipo durante largos periodos de tiempo sin recargar. Utilizar el TM en llamada todo el tiempo ocasiona que el dispositivo se descargue en poco más de

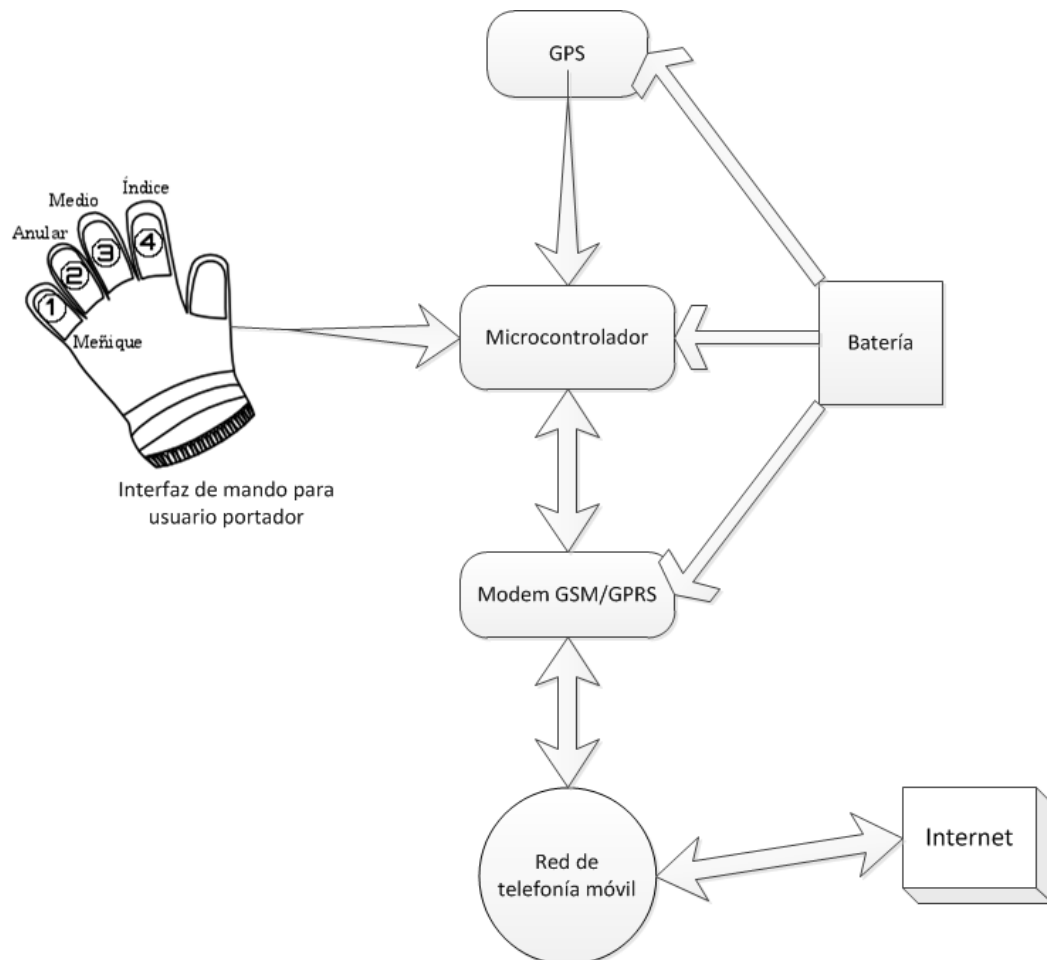
una hora, mientras que si hacemos un uso moderado del equipo su batería puede llegar a durar más de cuarenta horas.

### 3.3.6. Estructura del sistema

La Fig.4 nos presenta los componentes del TM y la estructura del sistema, además muestra la dependencia de los elementos o jerarquía, por ejemplo: El GPS, el microcontrolador y el módem están conectados a la batería y dependen directamente de esta; la interfaz de mando y el GPS se conectan al microcontrolador y este depende de ellos durante su funcionamiento.

En el módulo de control principal se incorporaron el microcontrolador, los leds indicadores de estado y los puertos de conexión con otros módulos. A este módulo se conecta la batería y de allí se distribuye para el GPS y el módem GSM/GPRS que además se comunican con el microcontrolador a través de dos interfaces de comunicación serial SCI así: por un puerto SCI recibe datos del GPS, y por el otro puerto interactúa con el módem.

Figura 5. Estructura del sistema.



### 3.4. IMPLEMENTACIÓN LÓGICA DE FUNCIONAMIENTO

En el desarrollo del TM implícitamente se debe elaborar el software o lógica de funcionamiento para programar el microcontrolador, el cual debe reconocer cuales son los datos de interés provenientes del GPS para enviarlos a internet vía GPRS, también se debe mostrar a través de los leds en que momento entra una llamada, o si el modo tracking se encuentra activo, etc.

Sin embargo todo este desarrollo toma mayor interés con la elaboración de una aplicación piloto de servidor para el registro remoto de datos enviados desde el TM; a continuación describimos detalladamente las aplicaciones realizadas durante el trabajo.

#### 3.4.1. Software para el terminal móvil

Como se mencionó anteriormente este software esta embebido en el microcontrolador y para comunicarse bien por los puestos SCI se debe establecer la velocidad de conexión apropiada, en este caso se establece trabajar con las velocidades por defecto de cada módulo, en el caso del GPS 4800 baud y con el modem a 9600 baud; además se crea una función que constantemente esta almacenando las tramas válidas y deseadas del GPS, se elaboran las funciones propias para atender cada caso de uso en particular, la primera versión este software se encuentra detallada en [16], poco a poco se fue robusteciendo hasta tener una versión final que incluye la conexión con el servidor RadioGIS mediante el uso del protocolo TCP.

Todos los casos de uso descritos anteriormente están directamente relacionados con las funciones del equipo, la Tabla.2 especifica las funciones que este debe realizar tras recibir la activación de los pulsadores ubicados en la interfaz de usuario. Especialmente enviar datos a través de la red de comunicaciones móviles al servidor RadioGIS, también la programación del microcontrolador debe incluir una función para llevar el modem a modo sleep y así ahorrar batería.

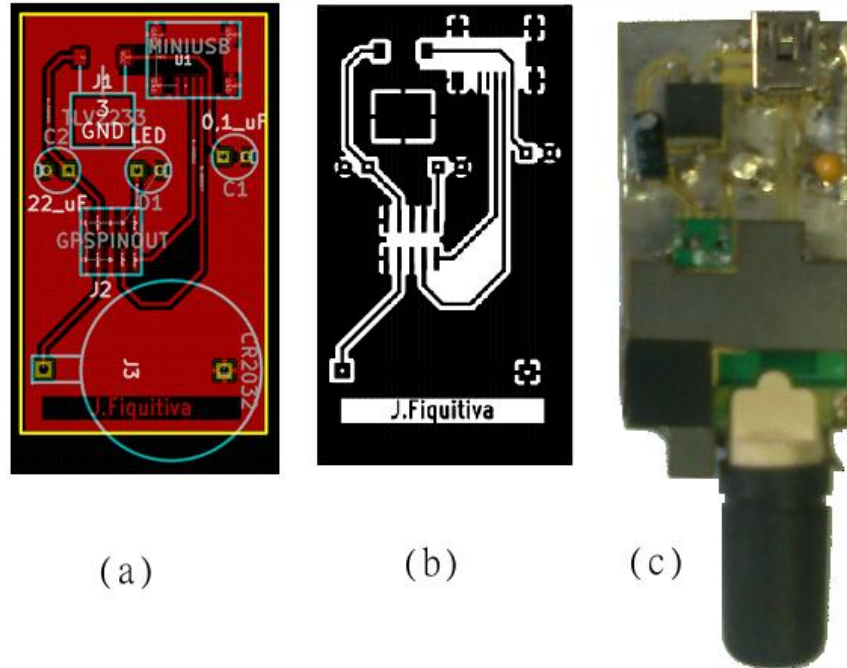
Tabla 2. Funciones del TM

<b>Acción</b>	<b>Función activada con:</b>
Contestar llamada entrante	Botón 1
Llamar a numero predefinido	Botón 2
Registrar posición	Botón 3
Colgar llamada	Botón 4
Enviar mensaje de texto con trama GPS	Botón 1 y 2
Envía alerta S.O.S. a numero celular y registrarse en la base de datos el evento	Botón 2 y 3
Llamar a número predefinido 2	Botón 3 y 4
Activar tracking	Botón 1 y 4

### 3.5. IMPLEMENTANDO HARDWARE

A continuación se describe detalladamente cada uno de los módulos implementados que componen el terminal móvil.

Figura 6 Implementado GPS



(a)

(b)

(c)

#### 3.5.1. Implementación de GPS:

Se escogió el modulo GS-405 (receptor GPS con antena omnidireccional) [13], puede hacer seguimiento de veinte satélites simultáneamente, actualiza datos de navegación cada segundo; el formato de datos que emite corresponde con el estándar NMEA-0183 [11] y lo hace a través de una interfaz SCI RS232 con niveles lógicos estándar, soporta varias velocidades, 4800 baud por defecto.

Se realizó un circuito impreso PCB de acople para el módulo GPS con el modulo principal el cual lo protege en caso de conectarse por equivocación a un puerto USB, la tecnología omnidireccional le da una mayor sensibilidad para recibir la señal transmitida por los satélites.

El diseño del PCB de acople para el GS-405 se realizó con el programa KiCad Fig.4.a.b y finalmente podemos ver la implementación Fig.4.c. La secuencia a seguir durante esta implementación se presenta detalla en el tutorial [14].

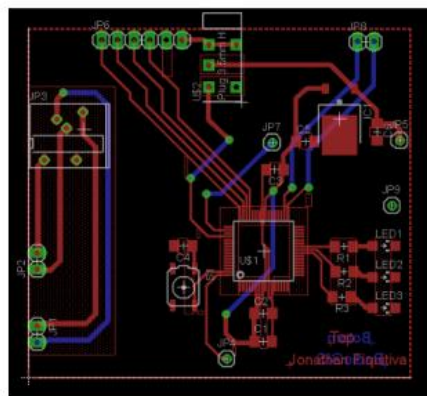
#### 3.5.2. Implementación de módem celular

En este desarrollo se utilizó el módulo de comunicación GSM/GPRS Sagem HiLo que soporta cuatro bandas de operación 850, 900, 1800 y 1900 MHz, escogido entre otras razones por su pequeño tamaño, fácil integración a tarjetas mediante un mini conector de cuarenta pines, interfaz serial SCI que soporta varias

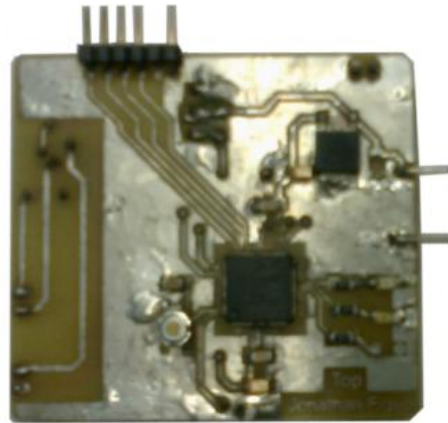
velocidades, 9600 baud por defecto; a través de este puerto recibe los comandos de control AT [10]; soporta voz, datos, fax y mensajes cortos SMS.

El GPS se conecta al módulo principal según la configuración de la Tabla I, cada pin tiene una señal específica asignada: transmisión, tierra y poder (Tx, Gnd, y Vcc); el microcontrolador es el encargado de discernir las tramas de interés emitidas por el GPS de acuerdo al estándar NMEA [11]. El módem funciona mediante comandos AT [12] enviados por el microcontrolador a través del puerto SCI tras recibir alguna señal de mando del guante; este elemento es imprescindible para conectarse a internet. Al conectar el módem al módulo principal no solo se conecta el puerto SCI sino que también se conecta un socket hembra de 2.5 mm para la conexión de un manos libres.

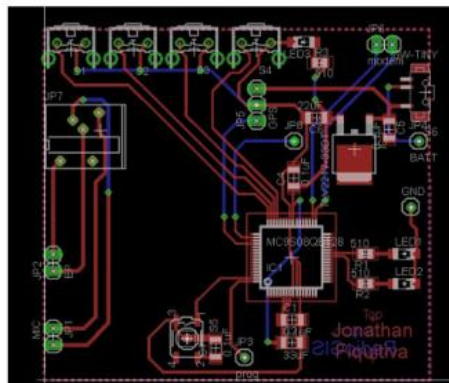
Figura.7 PCBs del TM



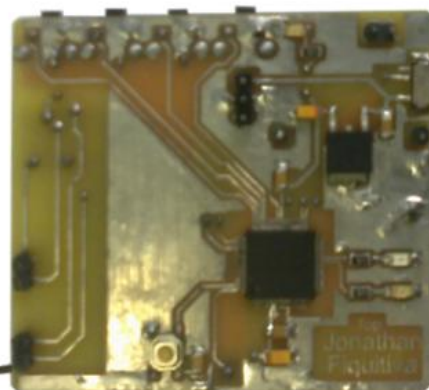
(a)



(b)



(c)



(d)

El módulo de control principal se conecta a una tarjeta de desarrollo que tiene el módem, unidos conforman vascamente lo que es un celular, este PCB se realizó con el programa Eagle Fig.5.a.c como se puede ver se trabajó a doble capa y el dispositivo final se muestra en la Fig.5.b.d si desea saber más detalles acerca de

cómo se hizo consulte el documento anexo [15] donde se describen unos pasos para realizar los footprints y las librerías necesarias.

La lógica de funcionamiento permite modificar el número predeterminado de llamada, con un SMS o desde el servidor.

### 3.5.3. Implementando interfaz de usuario

Para este fin se implementaron dos posibles interfaces para el usuario portador ambas con cuatro botones, la Fig.8(a,b) muestra una configuración distribuida en un chaleco, la Fig.8.c.d deja ver la distribución de componentes en un guante.

Según los requisitos de diseño propuestos a la interfaz de mando se le colocaron los botones pulsadores unidos a un conector de seis pines para conectar al módulo principal; tras presionar algún botón el TM ejecuta cierta acción o ingresa al modo de funcionamiento deseado.

Figura 8. SmartVest & SmartGlove.



#### 3.5.4. Implementando kit de baterías

El módulo GSM/GPRS del TM se energiza con una tensión de 3.6 voltios (V) y puede llegar a necesitar una corriente de hasta 2 amperios (A) en modo activo. Esta polarización puede realizarse con baterías de ion litio, también puede hacerse con tres baterías AA en serie; en el desarrollo se debe disponer un puerto de conexión con dos pines a prueba de error, permitiendo utilizar cualquier tipo de baterías; se recomienda que sean Li-ion o NiMH.

Desde que se inicia a trabajar con el módem se observa la necesidad de contar con una buena fuente de energía capaz de polarizar el prototipo con corrientes pico de hasta 2 (A); se hicieron pruebas con batería AA y baterías de litio en paralelo, siendo esta última configuración la que presento un mejor desempeño.

Las baterías representan el corazón de los dispositivos electrónicos; la nueva era del transporte eléctrico permitió que los resultados de investigaciones contribuyan en la independencia del petróleo. En la Universidad de Saint Andrews han desarrollado un prototipo de batería [9] que abre el camino hacia los dispositivos electrónicos o vehículos eléctricos con baterías de verdadera larga duración. La tecnología propuesta por estos científicos alargaría la duración de las baterías hasta diez veces más que una convencional de litio.

#### 3.5.5. Implementando manos libres

Se tiene un componente adicional en el terminal que es el manos libres, el cual nos permite usar el terminal como un teléfono celular para hacer o recibir llamadas. La fabricación del manos libres se hizo tomando el manos libres de un celular Nokia 1100 y reconfigurando sus pines de conexión así:

Figura 9. Configuración plug 25mm manos libres.



### 3.6. APLICACIÓN DE SERVIDOR

Con el fin de lograr la comunicación con el TM se decidió hacer una sencilla aplicación piloto de servidor que abre un socket para recibir datos, bajo el protocolo TCP, y los almacena en una base de datos MySQL; esta aplicación se hizo en lenguaje de programación Java, bajo el entorno de desarrollo NetBeans IDE 7.4; también se utilizó el software Xampp para crear la base de datos MySQL.

Sin embargo, lo que se recomienda en el método no es precisamente eso, pues el desarrollador del hardware se ve implicado en desarrollo de software de alto nivel que es una tarea natural de un ingeniero de software. Resulta más conveniente elaborar un Servicio Web que permita al ingeniero de software aprovechar este

terminal en sus desarrollos sin necesidad de conocer los detalles del hardware. Vale la pena resaltar que, como se explicó en la presentación del método, lo que buscamos es poder manejar un mismo lenguaje con los ingenieros que desarrollan aplicaciones y servicios y ese lenguaje corresponde al de los servicios web.

### 3.7. PRUEBAS Y AJUSTES.

Como parte final de toda implementación deben realizar una serie de pruebas con el desarrollo que permitan verificar el correcto funcionamiento del equipo, de haber errores se debe modificar la programación realizada hasta alcanzar un comportamiento deseado, además de esto las pruebas permiten observar parámetros del equipo como consumo de potencia, autonomía, entre otros.

Al vincular el equipo a la base de datos logramos registrar en esta los diferentes puntos deseados durante un recorrido por un lugar con vista cielo (sin edificios o arboles) por la cobertura del GPS.

#### 4. CONCLUSIONES

Este artículo presentó un método para desarrollar terminales móviles vestibles a partir de módulos electrónicos que se distribuyen en una prenda. La implementación del guante inteligente nos permitió verificar que este método funciona, además de mostrar las ventajas de aprovechar el internet para otorgar funcionalidades adicionales a un TM sin requerir de esta gran capacidad de proceso.

Para el prototipo se comprobó que la tecnología omnidireccional permite mayor exactitud en cuanto la posición del objeto que otros tipos de antenas de GPS, debido a la independencia de planos de masa para sensar la señal recibida de los satélites, así mismo la fuente de alimentación con baterías en paralelo junto a otros detalles que tiene el desarrollo permitirá que otros estudiantes aprovechen estos aportes y tengan un punto de partida para darle rienda suelta a sus ideas.

## CITAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Datchakorn Tancharoen, "Wearable Video Retrieval and Navigation System using GPS Data," IEEE, 2010.
- [2] Masakazu Miyamae, "An Event-driven Navigation Platform for Wearable Computing Environments" Grad. School of Info. Sci. and Tech., Osaka University, Ninth IEEE International Symposium on Wearable Computers (ISWC'05), 2005.
- [3] Sho Matsuo and Nobuo Nakajima, "Research on Personal Assistant Services Using Wearable Equipment", Department of Human Communication, The University of Electro-Communications.
- [4] Omar Barrera, Jonathan Fiquitiva, Jholbert Ladino vega, Fedor Pérez, Yesid Suárez "Sistema GPS en la red GSM", documento no publicado, 2009.
- [5] "ENAIKOON Iommy-55", 2012.
- [6] Samsung, "Manual Samsung gear two", 2014.
- [7] Prahlada Rao B. B, "Cloud computing for internet of things & sensing based applications", IEEE 2012.
- [8] Liu Chunli, "Intelligent Transportation based on the Internet of Things", IEEE 2012.
- [9] Takeshi Ogasawara, "Rechargeable Li2O2 Electrode for Lithium Batteries" UniVersity of St. Andrews, North Haugh, St. Andrews, Fife, KY16 9ST, U.K., and Electrochemistry Laboratory, Paul Scherrer Institut, CH-5232 Villigen PSI, Switzerland, May 2006.
- [10] Jesús Santos Sánchez-Crespo, "Aspectos de integración de módulos receptores GPS", 2003.
- [11] SiRF Technology, Inc. "NMEA Reference Manual-Rev2.1", 2007.

## BIBLIOGRAFÍA

ENAIKOON LOMMY-55", 2012

INTERNET OF THINGS legal perspectives

Wearable Sensor Badge & Sensor Jacket for Context Awareness