MAPELECTRIC: APLICACIÓN MÓVIL PARA LA CONSULTA DE ESTACIONES DE CARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ

JEIMMY LIZETH RODRÍGUEZ MORENO
JAVIER ORLANDO LADINO MURCIA

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESPECIALIZACIÓN EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA
BOGOTÁ D.C.
2016

MAPELECTRIC: APLICACIÓN MÓVIL PARA LA CONSULTA DE ESTACIONES DE CARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ

JEIMMY LIZETH RODRÍGUEZ MORENO
JAVIER ORLANDO LADINO MURCIA

PROYECTO DE GRADO EN MODALIDAD DE MONOGRAFÍA PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

ESPECIALISTA EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

DIRECTOR:

SALOMÓN RAMÍREZ

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESPECIALIZACIÓN EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA
BOGOTÁ D.C.
2016

Nota de Aceptación

_____
_____
_____
_____
_____
_____

_____

Salomón Ramírez
DIRECTOR

_____

JURADO

_____

JURADO

Contenido

1 Introducción 1
2 Planteamiento del problema 3
3 Justificación 5
4 Objetivos 7
4.1 Objetivo general 7
4.2 Objetivos específicos 7
5 Alcance 8
5.1 Alcance espacial 8
5.2 Alcance temporal 8
6 Antecedentes 9
7 Marco teórico 11
7.1 Vehículo eléctrico 11
7.2 Estación de carga 12
7.2.1 Modos de recarga 13
8 Metodología 15
8.1 Diseño 16
8.2 Desarrollo 16
8.3 Pruebas 16
9 Resultados 18
9.1 Diseño 18
9.1.1 Diagrama entidad-relación 18
9.1.2 Diagrama de casos de uso 19
9.1.3 Diagrama de componentes 20
9.1.4 Diagrama de despliegue 21
9.1.5 Mockup 22
9.2 Desarrollo 22
9.2.1 Creación del modelo de base de datos 22
9.2.2 Creación de los servicios Web 23
9.2.3 Construcción de la aplicación móvil 24
9.3 Pruebas 25
9.3.1 Funcionalidad 27

9.3.2 Usabilidad 27
9.3.3 Eficiencia 27
10 Conclusiones 28
11 Referencias 30

1 Introducción

El mundo de las aplicaciones no es desconocido para el ciudadano actual, está asociado con el uso de todo tipo de dispositivos móviles y creció un 58% durante el último año (Expansión Economía Digital, 2016), asimismo un estudio realizado por Flurry Analytics Blog (2015) revela que un consumidor estadounidense promedio invierte el 90% del tiempo que pasa en internet en aplicaciones. Estas a su vez forman parte importante de la economía actual y se consideran un negocio rentable a la hora de invertir ya que "las apps tienen el potencial de detonar nuevos canales de comercialización, empleo, educación, y negocios" (especialista en negocios de RSM como se citó en (Finanzas Personales, 2016))

Una ventaja importante de las aplicaciones móviles es que su uso se ha extendido a todo tipo de áreas puesto que evolucionan en la medida en que se identifican necesidades de los usuarios y con ellas se pretende optimizar el tiempo invertido en la realización de tareas cotidianas. Dentro de la amplia gama de oportunidades que presenta el desarrollo de aplicaciones móviles se encuentra que los usuarios ya se están familiarizando con herramientas de localización y que han incrementado su uso, la incorporación del componente espacial en las aplicaciones ha permitido que se acerque al usuario al mundo real puesto que se añade información de contexto que hace más fácil el entendimiento de las diferentes funcionalidades de la aplicación.

Así pues se pretende que una aplicación móvil de localización de estaciones de carga de vehículos eléctricos brinde la información necesaria para que los usuarios en la ciudad de Bogotá tengan mayor acceso a las estaciones y no restrinjan su uso por falta de información

o desconocimiento. Además, la incorporación del componente espacial es una oportunidad para la implementación de funcionalidades que mejoren la experiencia de usuario y se convierten en un canal de comunicación que aumenta las oportunidades de uso.

Por otra parte, la disposición de información asociada a vehículos eléctricos en la actualidad es muy limitada y está orientada principalmente a usuarios especializados, por lo que se busca que a través de las diferentes funcionalidades incorporadas a la aplicación la temática sea comprensible para cualquier usuario y su uso se convierta en amigable.

Así pues a continuación se presentan los procedimientos realizados para la elaboración del proyecto MAPELECTRIC, una aplicación móvil de consulta de estaciones de carga de vehículos eléctricos para la ciudad de Bogotá, en el documento se muestra la identificación de necesidades asociadas a la problemática, se establecen los requerimientos y las restricciones asociadas al cumplimiento del objetivo, se detalla la metodología desarrollada, los resultados obtenidos y finalmente las conclusiones relacionadas con el proyecto.

2 Planteamiento del problema

El mercado de vehículos eléctricos es cada vez más dinámico; el precio del petróleo, políticas ambientales, costos de mantenimiento y diversificación de la oferta son algunas de las razones por las que este tipo de transporte cada vez tiene más usuarios. El crecimiento de las ventas en varios países asiáticos y europeos supera el 100% al año (Inside EVs, 2016) y la Agencia Internacional de Energía ha estimado que para 2020 habrá en el mundo cerca de 20 millones de vehículos eléctricos.

Pese a las reveladoras cifras a nivel mundial los vehículos eléctricos han llegado al país modestamente, sólo 184 vehículos particulares fueron facturados durante el año 2015 (Nigrinis, 2016) y aunque existen incentivos para la compra como la eliminación de aranceles de importación, reducciones del impuesto al consumo y la eliminación de la medida del pico y placa en ciudades como Bogotá y Medellín, estos incentivos parecen ser insuficientes por lo que en la actualidad se encuentra en curso en la comisión VI de la cámara de representantes un proyecto de ley que pretende reducir el costo total de posesión (TCO) eliminando hasta el 100% del valor del IVA para ciertos vehículos, asimismo otras reducciones estarían relacionadas con el impuesto de rodamiento, el costo del servicio de parquímetro y el de semaforización, los costos de la revisión técnico mecánica y beneficios de exclusividad en parqueaderos (Arroyave, 2016), por lo que en el caso de que el proyecto de ley sea aprobado impulsará la compra de vehículos de manera extraordinaria.

Sin embargo, el mercado sigue siendo escéptico y este fenómeno ha frenado el desarrollo de plataformas y servicios para los actuales conductores quienes se enfrentan diariamente a

dificultades en la recarga de sus vehículos pues las estaciones de carga tienen condiciones especiales como horarios de funcionamiento, compatibilidad de cargadores, velocidad de carga y servicios exclusivos para suscriptores lo cual dificulta el acceso al servicio. Adicionalmente las estaciones pueden encontrarse localizadas dentro de lugares como parqueaderos, centros comerciales, estaciones de gasolina y otros; dificultando a los usuarios su rápida localización o acceso. Este inconveniente obliga a los usuarios a la complicada tarea de consultar información organizada de forma alfanumérica con la ubicación de la estación en cada una de las páginas web de las empresas prestadoras del servicio.

Por tanto, se identificó que desarrollar una aplicación móvil puede permitir a los usuarios consultar la localización de estaciones de carga cercanas a su ubicación y compatibles con las características de su vehículo y sus necesidades. Además el desarrollo de este tipo de aplicaciones deja en evidencia la barrera existente para los actuales usuarios debido a las pocas electrolineras en servicio y puede contribuir con proyectos que impulsen la planeación y construcción de infraestructura, como nuevas estaciones de carga en diferentes puntos y centros principales de la ciudad de Bogotá, puesto que es una de las ciudades pioneras en políticas de libre circulación de vehículos exclusivamente eléctricos en donde se han liderado procesos para la instalación de nuevos centros de carga y activado las opciones para que nuevos actores del sector tecnológico, energético y transporte orienten sus inversiones para que estos vehículos se conviertan en una alternativa viable, en especial considerando que cada vez más países los han tomado como una estrategia para disminuir la contaminación en zonas urbanas.

3 Justificación

Una de las preocupaciones globales se refiere a los altos niveles de contaminación atmosférica que perjudica la salud humana y el medio ambiente, más del 80% de las personas que viven en zonas urbanas se exponen a niveles de contaminación que exceden los límites establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2016). Es así como anualmente en cada una de las conferencias sobre cambio climático celebrada por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) se hace hincapié en la importancia de tomar medidas urgentes para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), esta problemática es abordada especialmente en las ciudades ya que estas constituyen el principal foco de contaminación, así mismo se ha identificado que la mayor fuente de contaminación atmosférica la constituyen los vehículos automotores (Universidad Nacional Abierta y a Distancia, 2016).

Por esta razón varias de las políticas ambientales están enfocadas en el control y la reducción de emisión de gases, por ejemplo el gobierno nacional se comprometió en el marco de la COP21 a reducir el 20% de las emisiones de GEI proyectadas para el año 2030 (Gobierno de Colombia, 2015) y para alcanzar este objetivo promueve la implementación de tecnologías limpias ya que presentan grandes oportunidades para diferentes sectores, dentro de estas tecnologías se encuentran las relacionadas con los vehículos eléctricos puesto que no producen emisiones de GEI durante su operación.

Gracias a estas nuevas tendencias que impulsan el uso de la energía eléctrica como alternativa para la movilidad se identificó la necesidad de estudiar la incorporación de vehículos

eléctricos en Colombia encontrando que una de las limitaciones se refiere a la carencia estaciones de carga y a su vez a la desinformación relacionada con la operación de las mismas. Por lo tanto, esta propuesta pretende informar a la población acerca de las estaciones de carga de vehículos eléctricos en la ciudad de Bogotá, orientar a los usuarios activos de este tipo de tecnologías e impulsar de manera indirecta la circulación de nuevos vehículos eléctricos.

El proyecto MAPELECTRIC, es una herramienta útil y práctica, en la gestión de información geográfica de estaciones de carga de vehículos eléctricos, que permitirá a los usuarios obtener de manera rápida y fácil información sobre los centros más convenientes y estratégicos para el suministro de energía eléctrica de sus vehículos, convirtiéndose así en una herramienta del día a día, y una oportunidad para contribuir a la reducción de los efectos negativos de la contaminación ambiental.

Es importante fortalecer todas las políticas y filosofías que buscan un cambio de conciencia ambiental dentro de los ciudadanos, y una de las mejores estrategias para lograrlo es haciendo uso de las tecnologías de la información, que gracias al auge que viven hoy en día permiten la masificación y globalización de tendencias y mensajes positivos sobre el uso de energías alternativas en el transporte diario de las personas.

4 Objetivos

4.1 Objetivo general

Desarrollar una aplicación móvil para la consulta de estaciones de carga de vehículos eléctricos en la ciudad de Bogotá que mejore su administración e impulse el uso de este tipo de tecnologías en la ciudad.

4.2 Objetivos específicos

Identificar los requerimientos funcionales y no funcionales que permitan realizar el diseño e implementación de la aplicación móvil.

Definir la arquitectura de la aplicación móvil teniendo en cuenta los componentes y sus relaciones.

Implementar una aplicación móvil que oriente a los usuarios en la consulta de estaciones de carga de vehículos eléctricos.

5 Alcance

Se estableció que la aplicación móvil debe permitir la consulta de estaciones de carga de vehículos eléctricos a partir de la selección de las características propias de la estación, además debe disponer de manera sencilla la información de las características de las estaciones independientemente de cuales sean sus particularidades y también debe proveer a los usuarios la disponibilidad de la estación de acuerdo con los horarios de funcionamiento.

5.1 Alcance espacial

En la revisión de estaciones de carga existentes en Colombia se encontró que el distrito capital es en la actualidad la ciudad del país con mayor cantidad de estaciones de carga de vehículos eléctricos por tanto la aplicación móvil MAPELECTRIC contiene la información de estaciones de carga pública de vehículos eléctricos para la ciudad de Bogotá.

5.2 Alcance temporal

La información suministrada por la aplicación web MAPELECTRIC corresponde a las estaciones de carga de vehículos eléctricos de la ciudad de Bogotá para el mes de mayo de 2016, mes en el que se realizó la recolección de información primaria para el proyecto.

6 Antecedentes

El uso de aplicaciones móviles se remonta a los años 90 (Rojas, 2015) sin embargo su desarrollo ha ido en aumento con el surgimiento de los teléfonos inteligentes, es así como actualmente encontramos en el mercado algunas aplicaciones que están orientadas a la consulta de estaciones de carga de vehículos eléctricos, sin embargo la mayoría de ellas se desarrollan a nivel de Europa y Estados Unidos, muy pocas incluyen estaciones de carga a nivel Latinoamérica y las aplicaciones globales que incluyen estaciones de carga para el caso colombiano no cuentan con información actualizada o precisa. Por lo que se seleccionaron algunas de las aplicaciones con mayor acogida y con características similares a las propuestas para MAPELECTRIC y se describen a continuación.

Plug Share

Es una de las aplicaciones actuales con el mapa de carga pública más grande del mundo, contiene la información de estaciones de carga de las redes principales de Europa y Norte América con una cobertura de más de 90.000 estaciones de carga. La aplicación fue lanzada en el año 2011 es gratuita y está disponible para Android y para iOS, permite a los usuarios planificar los viajes, filtrar las estaciones compatibles con su vehículo, realizar pagos en las estaciones de las redes SemaCharge y GE WattStation, categoriza las estaciones de acuerdo con la opinión de los usuarios, muestra la disponibilidad de la estación en tiempo real, permite a los conductores coordinar entre sí para compartir estaciones, alerta a los usuarios de las nuevas estaciones cercanas a su ubicación y brinda información detallada de las estaciones. (PlugShare Company, 2016)

Zap Map

Es una aplicación gratuita que contiene el mapa de puntos de carga de todo el Reino Unido, es de gran envergadura teniendo en cuenta que en el Reino Unido se encuentran a la venta más de 30 modelos diferentes de vehículos eléctricos, 70.000 vehículos registrados y una infraestructura de carga de más de 4.000 estaciones y cerca de 11.000 conectores (Next Green Car Ltda, 2016). La aplicación está disponible para Android y para iOS, permite realizar cálculos de ruta a través de Apple Maps y Google Maps, consultas avanzadas de acuerdo a las características de la estación y de los vehículos, localizar las estaciones cercanas al usuario, tiene un módulo de comunidad con perfiles de usuario, chat para interacción y la posibilidad de reportar nuevos puntos de carga o cambios de una estación existente.

Open Charge Map

Es una aplicación no comercial de estaciones de carga de carros eléctricos de todo el mundo, constituida como un proyecto de código abierto para desarrollar una fuente de datos de estaciones de carga para consumidores y organizaciones, está disponible para todos los dispositivos móviles. Incursionó en los cinco continentes y en américa latina tiene información de Puerto Rico, México y Chile. La aplicación permite realizar consultas detalladas de la estación, realizar filtros de acuerdo con las características de la estación o la ubicación del usuario, agregar estaciones a favoritos, agregar información de nuevas estaciones de carga y permite la descarga de la información detallada de la estación. Así mismo al constituirse como un proyecto de código abierto permite a los usuarios alimentar la base de datos, conocer el código fuente o realizar preguntas y aportes por medio del foro (OpenChargeMap, 2016).

7 Marco teórico

7.1 Vehículo eléctrico

La característica distintiva de un vehículo eléctrico (EV) es que está propulsado por uno o más motores eléctricos, en lugar de por un motor de combustión interna. Los vehículos eléctricos se pueden separar en tres grupos, basado en el cómo y dónde se produce la electricidad; vehículos que dependen de la alimentación eléctrica continua a partir de un sistema de generación externo, vehículos que dependen de la electricidad almacenada a partir de un sistema de generación externo, vehículos que dependen de la generación eléctrica interna para abastecer sus necesidades (Faiz, Weaver, & Walsh, 1996).

La descripción de cada uno de los tipos de vehículos que se realiza a continuación es de acuerdo con la Asociación Canadiense de Automóviles (2015). En la Figura 1 se pueden observar los principales tipos de vehículos eléctricos y las diferencias asociadas a su estructura y funcionamiento.

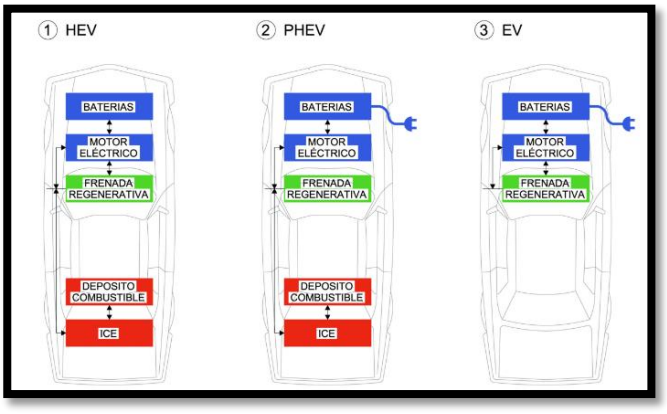


Figura 1: *Tipos de Vehículos Eléctricos.*

Fuente: *MilTecnic Enginyeria Miquel Llonch, (2016)*

En la figura 1 se encuentran tres principales tipos de vehículos eléctricos, el primero de ellos corresponde al Vehículo eléctrico híbrido (HEV) que tiene dos sistemas de accionamiento complementarios: el primero con un motor de gasolina y un depósito de gasolina y el segundo con un motor eléctrico, baterías y controles. El segundo vehículo es el vehículo eléctrico híbrido Plug-in (PHEV) que funciona sobre todo en las baterías que se recargan mediante la conexión a la red eléctrica. También está equipado con un motor de combustión interna que puede recargar la batería y / o para sustituir el tren de potencia eléctrica cuando la batería está baja y se requiere más potencia.

Asimismo, el tercer vehículo presente en la figura 1 corresponde al vehículo eléctrico de batería (EV/BEV) el cual se ejecuta por completo con una batería eléctrica y la transmisión secundaria, sin un motor convencional de combustión interna, debe conectarse a una fuente externa de electricidad para recargar sus baterías. Por otra parte, otro tipo de vehículo eléctrico importante corresponde al vehículo Eléctrico Fuel-cell el cual en lugar de almacenar y liberar energía como una batería, genera electricidad a partir de una reacción de hidrógeno y oxígeno.

7.2 Estación de carga

Es un elemento de una infraestructura que suministra energía eléctrica para la recarga de vehículos eléctricos (Guerrero & Caicedo Bravo). La estación de carga generalmente está compuesta por los diferentes conectores, el espacio de parqueo y la infraestructura para el pago del servicio, asimismo estás pueden ser públicas o privadas y están compuestas por diferentes puntos de carga los cuales se relacionan con un conector y este puede brindar una recarga convencional, semirápida y rápida. En la tabla 1 se encuentran las características asociadas al tipo de recarga disponible en un punto de carga.

Tabla 1: *Tipo de recarga de vehículos eléctricos*

Tipo de Recarga	Amperios	Voltaje	Potencia	Duración
Convencional	16ª	230 VAC	3,6kW	8 horas
Semirápida	32ª	230 VAC	7,3 kW	4 horas
Rápida	125ª	400 VDC	50 kW	30 minutos se puede cargar el 80% de la batería

Cálculos realizados basándose en una batería de 24kWh

Fuente: *Elaboración propia a partir de los datos de la fuente (Endesa, 2013)*

7.2.1 Modos de recarga

Como se puede observar en la Figura 2 existen 4 modos de carga según la norma UNE-EN 61851 (sistema conductivo de carga para vehículos eléctricos). Los modos con numeración más alta corresponden, en términos generales, a infraestructuras con un nivel de protocolos de comunicación más elevados. (Tesla, 2016)

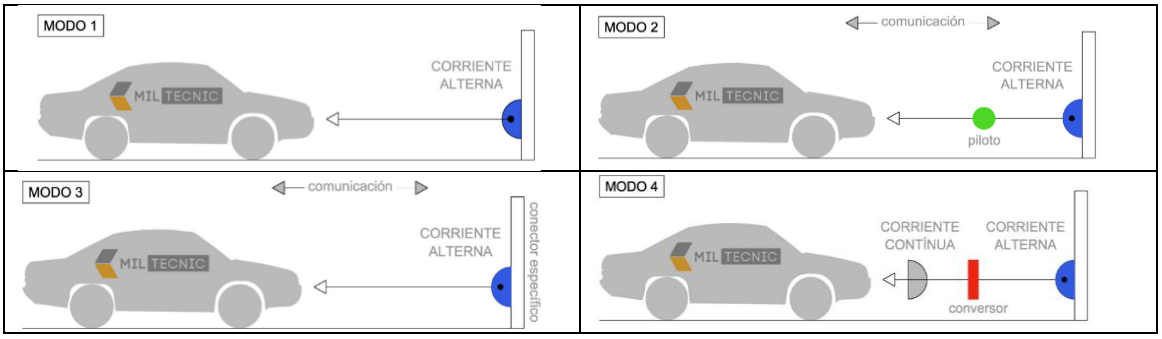


Figura 2: *Modos de recarga de vehículos eléctricos.*
Fuente: *MilTecnic Enginyeria Miquel Llonch, (2016)*

Modo 1

Se considera un modo de carga a nivel privado sin comunicación con la red. Sería el que se aplica a una toma de corriente convencional con conector schuko y sin ningún dispositivo de control entre el VE y la toma de corriente (Tesla, 2016).

Modo 2

Grado bajo de comunicación con la red. El cable cuenta con un dispositivo intermedio de control piloto que sirve para verificar la correcta conexión del vehículo a la red de recarga (Tesla, 2016).

Modo 3

Grado elevado de comunicación con la red. Los dispositivos de control y protecciones se encuentran dentro del propio punto de recarga SAVE (Sistema de Alimentación para Vehículos Eléctricos) y el cable incluye hilo de comunicación integrado (Tesla, 2016).

Modo 4

Grado elevado de comunicación con la red. Es una conexión en corriente continua y por tanto dentro de la estación de recarga hay conversores de corriente alterna a corriente continua y sólo se aplica a recarga rápida (Tesla, 2016).

8 Metodología

Teniendo en cuenta que, el propósito del proyecto esta orientado a la construcción de una aplicación movil para la consulta de información, es importante que para su desarrollo se defina y adopte una metodología. Por lo que se decidió trabajar con base en la metodología de desarrollo agíl SCRUM la cual permite seguir una especificación para cada una de las fases del proyecto, desde la especificación de requerimientos hasta las pruebas finales, que garantiza que la aplicación cumpla con los objetivos propuestos.

En la figura 3 se definen las fases de la metodología, y describe el proceso que se desarrolla en cada una de ellas desde la definición de requerimientos hasta la entrega de resultados y el diagnóstico retrospectivo.



Figura 3: *Flujo de metodología*
Fuente: *Elaboración propia a partir de la fuente (Reserv IT Solution)*

A continuación, se describen las 3 etapas principales que componen cada iteración de la metodología:

8.1 Diseño

En esta fase se realiza el diseño de la aplicación propuesta, comprendiendo actividades como la identificación de requerimientos funcionales y no funcionales de la aplicación, definición de módulos que serán desarrollados, establecimiento de características del sistema y tipos de usuarios. También la elaboración de interfaces de usuario a través de bocetos y mockups digitales, así como la generación del modelo entidad-relación y relacional de datos.

8.2 Desarrollo

En esta fase se elaboran los módulos de la aplicación móvil considerando su codificación y pruebas unitarias para garantizar el cumplimiento de cada uno de los requerimientos funcionales establecidos en la fase de diseño. Entre las actividades de esta fase se encuentra la creación y desarrollo de una capa de servicios, codificación de funciones y reglas de negocio contempladas para la aplicación y construcción de las interfaces de usuario (UI).

8.3 Pruebas

Esta fase contempla la identificación y depuración de fallas en la parte lógica de las interfaces, verificando las validaciones, el funcionamiento correcto de todos los procesos, afinación de detalles, y finalmente asegurando que la aplicación cumpla con los objetivos definidos previamente.

Como parte importante de este proceso y posterior a la ejecución de pruebas funcionales, se incluye una evaluación de usabilidad, que consiste en invitar a usuarios del común interesados en la aplicación, para que hagan uso de la misma y basados en un cuadro de preguntas y criterios proporcionen una calificación que permita conocer si la aplicación es funcional, teniendo en cuenta que cumpla con las métricas de idoneidad, exactitud y conformidad. De igual forma, que sea usable, teniendo en cuenta indicadores como operatividad, comprensión y grado de aprendizaje de la aplicación. Y finalmente que sea eficiente, es decir que sus tiempos de respuesta y consumo de recursos sean óptimos.

9 Resultados

La aplicación móvil MAPELECTRIC permite realizar la consulta de datos de estaciones de carga para vehículos eléctricos de la ciudad de Bogotá. Gracias al sensor GPS de los teléfonos móviles, MAPELECTRIC ofrece la funcionalidad de calcular la localización geográfica actual del usuario y según esta información obtener los puntos de carga más cercanos. También permite, buscar alguna estación de preferencia para el usuario, mediante una búsqueda rápida u opciones de filtro por características de la estación y los vehículos.

Los resultados para cada una de las fases de la metodología propuesta, están relacionados a continuación:

9.1 Diseño

La fase de diseño requirió la generación de diagramas en UML con el objetivo de hacer claros los requerimientos de la aplicación móvil.

9.1.1 Diagrama entidad-relación

El diagrama entidad-relación (*Figura 4*) se enfoca en las entidades y relaciones que representan datos para el sistema. Está diseñado con cuatro entidades descritas a través de sus atributos, también se muestra la relación y la cardinalidad existente entre dichas entidades.

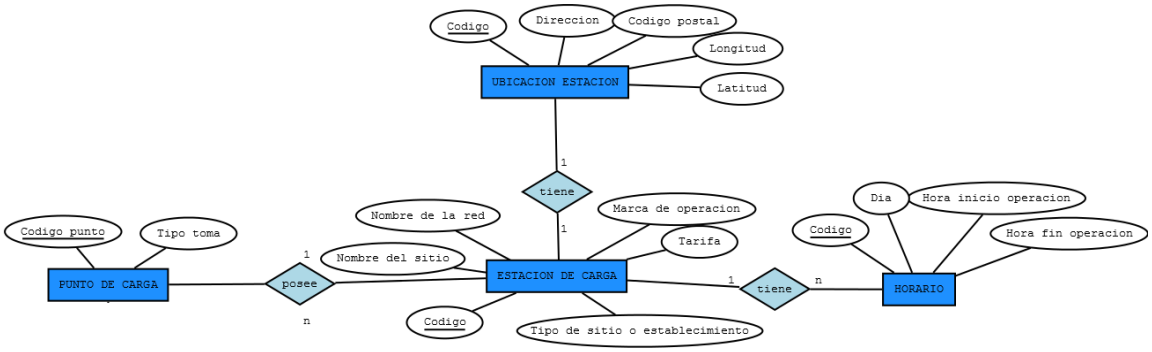


Figura 4: *Diagrama Entidad Relación*
Fuente: *Elaboración propia*

9.1.2 Diagrama de casos de uso

Permite describir los requerimientos funcionales del sistema y la relación entre ellos y el actor principal usuario. En la *Figura 5* se muestra el diagrama de usos en donde se tiene como único actor el usuario.

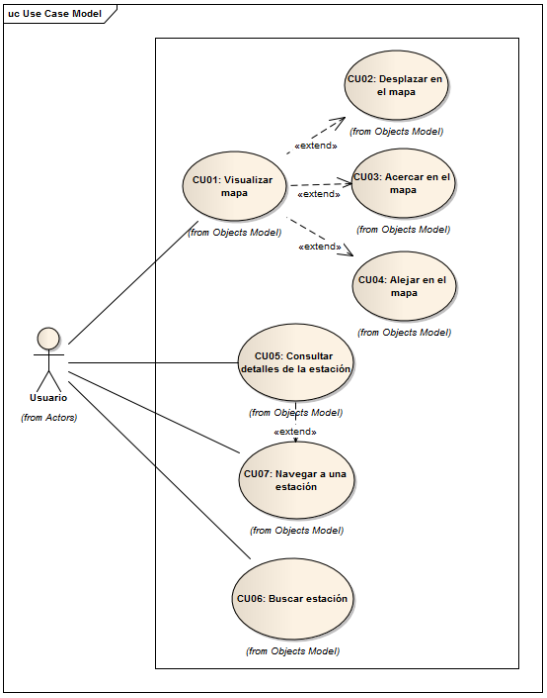


Figura 5: *Diagrama de casos de uso*
Fuente: *Elaboración propia*

9.1.3 Diagrama de componentes

En la *Figura 6* se observan los componentes del sistema, su organización y la forma como se encuentran dispuestos cada uno de ellos. Para el proyecto se cuenta con un gestor de bases de datos que permite almacenar y manipular los datos de acuerdo con las necesidades del sistema. En una capa superior un componente que se encarga de consultar la información de la base de datos. En el paquete *Controlador* se encuentran los métodos que tienen codificadas las reglas de negocio junto con los objetos y elementos que utiliza la interfaz de usuario de la aplicación móvil.

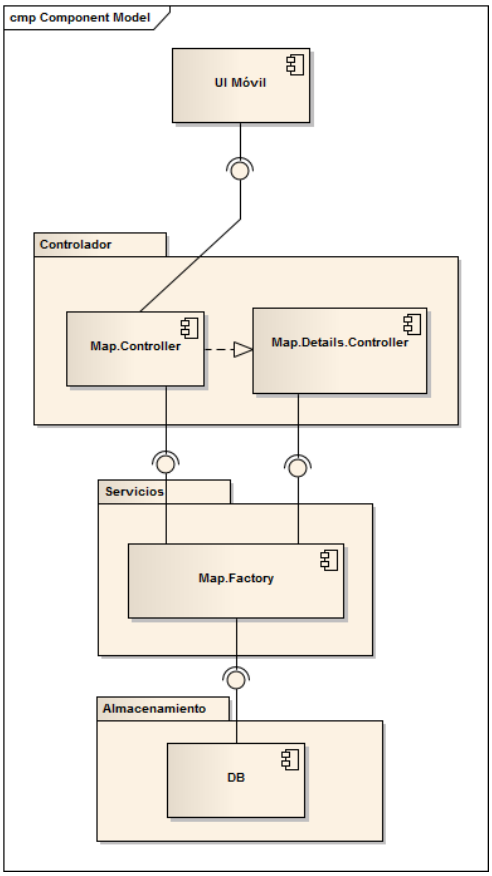


Figura 6: *Diagrama de componentes*
Fuente: *Elaboración propia*

9.1.4 Diagrama de despliegue

El diagrama de despliegue (*Figura 7*) representa la disposición en que se encuentran los ambientes de ejecución y artefactos de software de la aplicación móvil MAPELECTRIC. Cuenta con una arquitectura orientada a servicios web, donde la aplicación móvil consume los datos expuestos en una capa de servicios web soportada sobre un protocolo REST y localizados en un servidor web. Finalmente, esta capa se conecta con un gestor de base de datos Postgres versión 9.6.

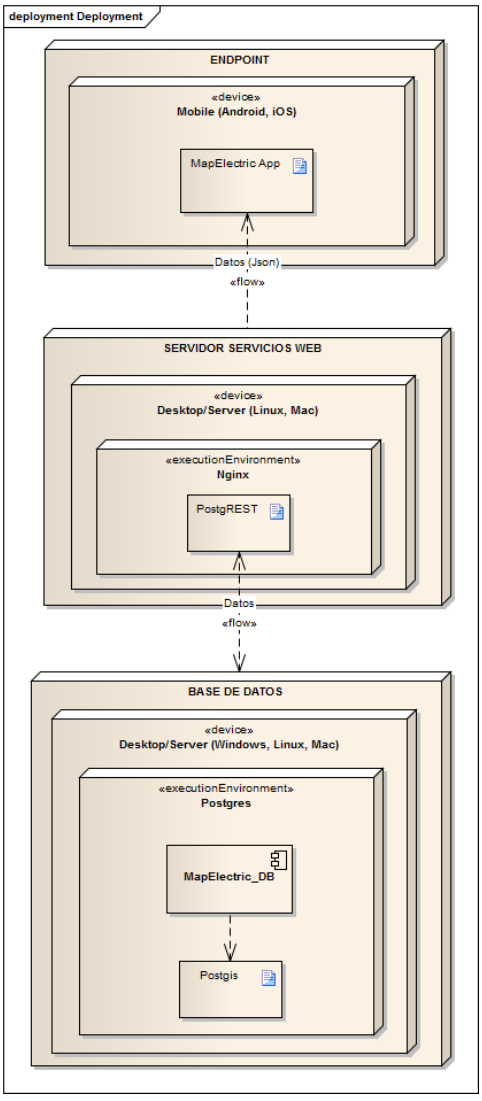


Figura 7: *Diagrama de despliegue*
Fuente: *Elaboración propia*

9.1.5 Mockup

La interfaz gráfica propuesta para la aplicación móvil es ilustrada en el siguiente mockup. Cuenta con un menú lateral deslizable donde se encuentran ubicadas las diferentes funciones de la aplicación. La ventana principal cuenta con un mapa base donde se localizan geográficamente cada una de las estaciones de carga eléctrica. En la *Figura 8* se puede ver que en el menú superior aparece una caja de texto que permite localizar una estación específica y un control de filtros que permite al usuario refinar la búsqueda de la estación que desea encontrar.



Figura 8: *Diseño aplicación MAPELECTRIC*
Fuente: *Elaborada por los autores*

9.2 Desarrollo

El proceso de desarrollo y codificación de la aplicación móvil contemplo tres etapas claves:

9.2.1 Creación del modelo de base de datos

Como se puede ver en la *Figura 9* se realizó la creación y despliegue de una base de datos, instalada sobre un gestor de base de datos postgres V 9.6 teniendo en cuenta el modelo relacional definido en la fase de diseño.

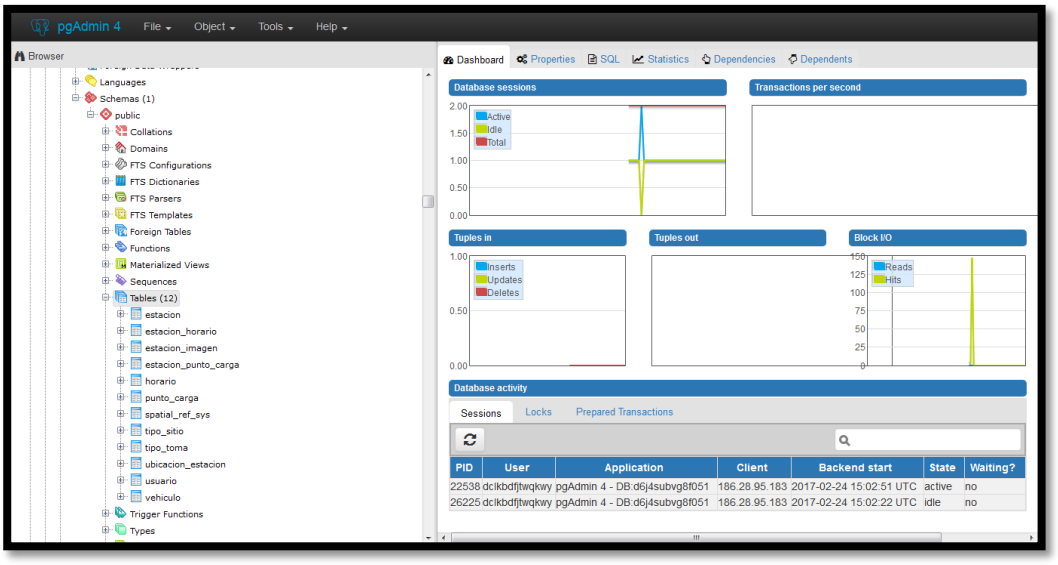


Figura 9: *Modelo de base de datos Postgres*
Fuente: *Elaboración propia*

9.2.2 Creación de los servicios Web

Se realizó la implementación de una capa de servicios que permite la interacción entre clientes web o móviles finales y el modelo implementado en base de datos. La implementación de esta capa de servicios está expuesta a través de un servidor web standalone llamado POSTGRES.

Este servidor permite convertir la base de datos desplegada sobre POSTGRES en un RESTful API que *admite operaciones y verbos de tipo POST, GET, PUT.*

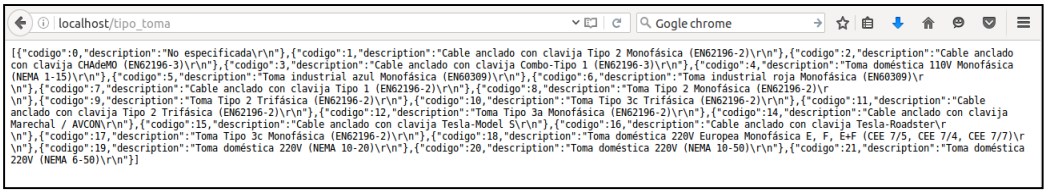


Figura 6: *Ejemplo de respuesta en formato JSON para una petición tipo GET que obtiene el Tipo de tomas para los cargadores de vehículos eléctricos.*
Fuente: *Elaboración propia*

9.2.3 Construcción de la aplicación móvil

En esta etapa se realizó la codificación de una aplicación móvil construida sobre el framework ***Ionic.*** Este framework permite la creación de aplicaciones web móviles basadas en HTML. El lenguaje de desarrollo es JavaScript bajo el framework Angular V1.3.

En las siguientes imágenes (*Figura 12*) aparecen vistas de la aplicación móvil que además cumplen con el diseño de interfaz de usuario y requerimientos funcionales definidos en la primera fase de la metodología.

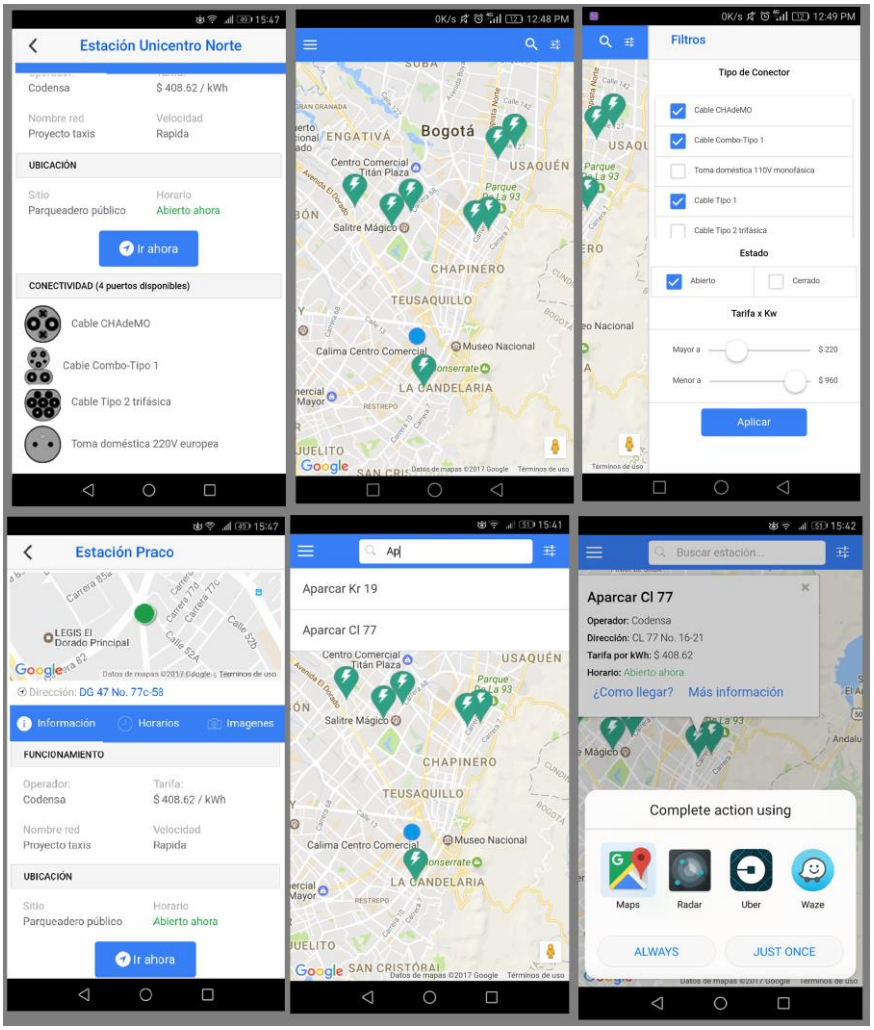


Figura 7: *ScreenShots de la aplicación móvil en plataformas Android*
Fuente: *Elaboración propia*

9.3 Pruebas

La evaluación de la aplicación móvil se realizó con respecto a la norma ISO/IEC 9126 que constituye un estándar internacional para la evaluación de la calidad de productos de software, "este estándar establece que cualquier componente de la calidad del software puede ser descrito en términos de una o más de seis características básicas, las cuales son: funcionalidad, confiabilidad, usabilidad, eficiencia, mantenibilidad y portabilidad" (Cataldi, 2000).

Por lo que una vez se realizó la revisión de cada una de las características y sus respectivas sub-características, se determinó que una correcta evaluación para la aplicación móvil teniendo en cuenta los objetivos propuestos estaría dada por la evaluación de los criterios funcionalidad, usabilidad y eficiencia.

En la tabla 2 se encuentra la evaluación de criterios realizada a 10 potenciales usuarios, la evaluación se realizó teniendo en cuenta dos opciones de calificación, para la calificación de la escala SI o NO se consignó el porcentaje obtenido por cada respuesta mientras que para la escala 1 a 5 se consignó el promedio obtenido.

Tabla 2: *Evaluación de la aplicación móvil*

FUNCIONALIDAD			
Métrica	**Pregunta**	**Calificación**	**Resultado**
Idoneidad	Puede consultar una estación de interés	SI o NO	SI 100%
	Puede seleccionar las estaciones de acuerdo con las características específicas de la estación	SI o NO	SI 100%
Exactitud	El resultado obtenido coincide con la información real de la estación	SI o NO	SI 100%
Conformidad	La aplicación está acorde con otras disponibles en el mercado	SI o NO	SI 70% NO 30%

USABILIDAD			
Métrica	**Pregunta**	**Calificación**	**Resultado**
Aprendizaje	Requiere conocimiento especializado para manejar la aplicación	SI o No	SI 10% NO 90%
	Califique el tiempo que invirtió la primera vez que realizó una consulta	1 a 5	4,5
	Si ingresa nuevamente a la aplicación, califique el tiempo que considera debe invertir en explorarla nuevamente	1 a 5	3,5
Comprensión	Entiende lo que ocurre en la aplicación cada vez que usted selecciona una opción	1 a 5	4
	Entiende las preguntas de la aplicación	1 a 5	4,5
	La manera en la que el sistema muestra la respuesta a sus peticiones le parece adecuada	1 a 5	4
	Si se equivoca en un paso la aplicación le da la oportunidad de corregirlo	SI o NO	SI 90% NO 10%
Operatividad	Le requiere esfuerzo innecesario la utilización de la aplicación	SI o NO	SI 20% NO 80%
	Considera que algunas opciones deberían estar preestablecidas	SI o NO	SI 40% NO 60%
Atractividad	Le gusta la aplicación	1 a 5	4
	La distribución de las funcionalidades es adecuada	1 a 5	4
	Califique el tamaño de la letra y los colores utilizados	1 a 5	3,5
	Entiende el lenguaje y los iconos utilizados	SI o NO	SI 70% NO 30%
Errores	La aplicación presentó errores	SI o NO	NO 100%
	La aplicación no ejecutó su petición	SI o NO	SI 20% NO 80%
EFICIENCIA			
Métrica	**Pregunta**	**Calificación**	**Resultado**
Tiempo de respuesta	Califique la velocidad de respuesta	1 a 5	3,5
Uso de Recursos	Considera que las búsquedas se realizan de manera eficiente	SI o NO	SI 70% NO 30%

Nota: Calificación: En todos los casos el usuario seleccionó solo una opción, para el caso en el que el criterio de evaluación fue 1 a 5 se tuvo en cuenta que 1 corresponde a la peor calificación y 5 a la mejor calificación posible. Algunas de las fuentes utilizadas para la construcción de esta tabla corresponden a Enriquez & Casas (2013) y Barreto Nieto et al. (2015)

9.3.1 Funcionalidad

De acuerdo con los resultados obtenidos se encuentra que la aplicación cumple con los requerimientos funcionales y no funcionales establecidos en el diseño, así mismo la información proporcionada cumple con características de calidad y es acorde con la realidad, sin embargo, la aplicación no tiene características de interoperabilidad con otras aplicaciones ni de seguridad asociadas a restricciones de uso de la información.

9.3.2 Usabilidad

Se encuentra que la aplicación resulta intuitiva y cómoda para los usuarios, podemos afirmar que se tiene calidad en la experiencia de uso de acuerdo con las calificaciones otorgadas. Asimismo, resulta atractiva para los usuarios ya que comprenden las funcionalidades incorporadas y tiene facilidad en la corrección de errores o acciones involuntarias realizadas.

9.3.3 Eficiencia

Se encuentra que la eficiencia es aceptable, sin embargo, se debe mejorar la respuesta a las peticiones de los usuarios con el fin de optimizar el tiempo utilizado en cada una de las operaciones, se aconseja evaluar el número de peticiones periódicamente para garantizar la experiencia a medida que el volumen de usuarios aumenta.

10 Conclusiones

Teniendo en cuenta los resultados de la evaluación del sistema, se determina que el proyecto MAPELECTRIC cumple con las funcionalidades necesarias para la consulta de estaciones de carga de vehículos eléctricos en la ciudad de Bogotá, así mismo la aplicación es amigable con el usuario y satisface sus necesidades.

La aplicación incorporó una base de datos espaciales en la que las relaciones establecidas fueron óptimas para la consulta de información por lo que se evidencia que se tiene la posibilidad de agregar información de nuevas estaciones de carga en caso de ser necesario para un siguiente versionamiento.

La incorporación de una metodología ágil de desarrollo representó una ventaja en el desarrollo del proyecto puesto que se tenía una evaluación constante de las funcionalidades de la aplicación y se implementaban las modificaciones necesarias para el resultado final de manera eficiente.

El uso de IONIC para la creación de la aplicación móvil resulto ser adecuado ya que además de ser open source se utiliza un lenguaje de marcado y programación sencillo, además permite la incorporación de plugins de Cordova bajo los cuales se pudo incorporar el componente geográfico a la aplicación de manera exitosa. (Pérez Rivas, 2015).

El proceso de desarrollo de la aplicación móvil, permitió aplicar y fortalecer los diferentes conceptos estudiados durante la especialización y el reconocimiento de herramientas y

frameworks de software que permiten el desarrollo web y móvil de sistemas de información geográfico.

Durante cada una de las fases del proyecto fue posible aprender del comportamiento, características y atributos de los distintos puntos de carga, así como del estado del arte y tendencias de este tipo de tecnologías en Colombia y el mundo.

11 Referencias

Arroyave, M. (19 de 05 de 2016). *Se construye proyecto de ley para aumentar los incentivos de los carros eléctricos.* Obtenido de Vehículo Eléctrico Colombia: http://vehiculoelectrico.co/se-construye-proyecto-de-ley-para-aumentar-los-incentivos-de-los-carros-electricos/

Atos Worldgrid. (2016). *ecarga EV charging points solution.* Obtenido de https://atos.net/en/industries/utilities?utm_source=/en-us/home/your-business/utilities/energy-wholesale-and-retail/atos-worldgrid-ecarga-ev-charging-points-solution.html&utm_medium=301

Barreto Nieto, A., Suaréz Poveda, G., & Mora Cortés, C. (2015). *QUTLINE: Segmentación de líneas a partir de distancias o partes equivalentes.* Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Canadian Automobile Association. (2015). *Types of Electric Vehicles.* Obtenido de electric vehicles: http://electricvehicles.caa.ca/types-of-electric-vehicles/

Cataldi, Z. (2000). *Metodología de diseño, desarrollo y evaluación de software educativo.* La Plata: Universidad Nacional de La Plata.

Cinco buenas razones para invertir en apps. (2016). Obtenido de Finanzas Personales: http://www.finanzaspersonales.com.co/trabajo-y-educacion/articulo/buenas-razones-para-invertir-apps/54869

Endesa. (s.f.). *Recarga del vehículo eléctrico.* Obtenido de http://www.endesavehiculoelectrico.com/vehiculo-electrico/recarga/tipos

Enriquez, J., & Casas, S. (2013). *Usabilidad en Aplicaciones Móviles.* Río Gallegos: Universidad Nacional de la Patagonia Austral.

Faiz, A., Weaver, C., & Walsh, M. (1996). *Air Pollution from Motor Vehicles.* Washington D.C.: The World Bank.

Flurry Analytics Blog. (26 de 08 de 2015). *Seven Years Into The Mobile Revolution: Content is King… Again.* Recuperado el 2016, de Flurry Analytics Blog: http://flurrymobile.tumblr.com/post/127638842745/seven-years-into-the-mobile-revolution-content-is

Gobierno de Colombia. (24 de 11 de 2015). *Colombia presenta en la COP21 su compromiso para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.* Obtenido de Presidencia de la República: http://wp.presidencia.gov.co/SitePages/DocumentsPDF/HD_COP21.pdf

Guerrero, J., & Caicedo Bravo, E. (s.f.). *Conceptos Generales de Vehículos Eléctricos.* Cali: Universidad del Valle.

Inside EVs. (2016). Obtenido de Plug-In Electric Car Sales Visualized From 2011 to 2015: http://insideevs.com/plug-in-electric-car-sales-visualized-from-2011-to-2015/

Las aplicaciones móviles no se desinflan: siete años de crecimiento imparable. (16 de 01 de 2016). Recuperado el 2016, de Expansión Economía Digital: http://www.expansion.com/economia-digital/companias/2016/01/16/5697cd9c22601dce088b461f.html

MilTecnic Enginyeria Miquel Llonch. (2016). Obtenido de Estaciones de recarga de vehiculos electricos: http://www.miltecnic.com/es/servicio/miltecnic-automotive/estaciones-de-recarga-para-vehiculos-electricos

Next Green Car Ltda. (septiembre de 2016). *zap-map.* Obtenido de Charging point statistics 2016: https://www.zap-map.com/statistics/

Nigrinis, R. (2016). *RENAULT-SOFASA Cerró 2015 con 18,6% de participación en el mercado, la cifra más alta de los últimos años.* Obtenido de Carros y Clásicos: http://www.carrosyclasicos.com/noticias/item/1637-RENAULT-Sofasa-cerr%C3%B3-2015-con-18,6%-de-participaci%C3%B3n-en-el-mercado,-la-cifra-m%C3%A1s-alta-en-los-%C3%BAltimos-10-a%C3%B1os

OpenChargeMap. (2016). *Open Charge Map.* Obtenido de http://openchargemap.org/site/about

PlugShare Company. (2016). *For EV Drivers.* Obtenido de http://company.plugshare.com/products/drivers/

Recargar coches electricos. (s.f.). *Tipos de recarga de vehiculos electricos.* Obtenido de http://www.recargacocheselectricos.com/tipos-recarga-vehiculos-electricos/#more-6062

Reserv IT Solution. (s.f.). *Metodología de trabajo.* Obtenido de http://www.reserv.com.ar/metodologia.php

Rojas, P. (1 de 12 de 2015). *Creación de Aplicaciones para Celulares.* Obtenido de Historia de las Aplicaciones Moviles: http://pedromrojas12.blogspot.com.co/2015/12/historia-de-las-aplicaciones-moviles.html

Tesla. (2016). *Guía de recarga de coches eléctricos.* Obtenido de clubtesla: http://www.clubtesla.es/foro/index.php?topic=73.0

TICbeat. (2016). *Ecarga, la app para saber dónde recargar tu vehículo eléctrico.* Obtenido de http://www.ticbeat.com/devs/ecarga-app-para-saber-donde-recargar-vehiculo-electrico/

Universidad Nacional Abierta y a Distancia. (08 de 2016). Obtenido de Emisiones atmósféricas producidas por fuentes móviles: http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358022/contenidoLinea/leccin_12_emisiones_atmosfricas_producidas_por_fuentes_mviles.html

World Health Organization. (2016). *WHO Global Urban Ambient Air Pollution Database (update 2016).* Obtenido de http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/databases/cities/en/