

**QR-UD: Movilidad en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Distrital**

Johan Sebastián Ojeda Ramírez

Jeisson Andrés Romero Beltrán

Proyecto de grado en modalidad de monografía, presentado como requisito parcial para optar al

título de:

Especialista en Sistemas de Información Geográfica

Director:

MSc. Sp. Ing. Salomón Ramírez Fernández

Universidad Distrital Francisco José de Caldas

Facultad de Ingeniería. Especialización en Sistemas de Información Geográfica

Bogotá D.C., Colombia

Noviembre de 2016

## **1. Introducción**

La facultad de Ingeniería, por su centralidad administrativa y por tratarse de aquella facultad de la Universidad que integra a la mayoría de la comunidad universitaria de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, acoge una considerable cantidad de actores, tanto estudiantes y docentes como funcionarios administrativos. Asimismo, el edificio de la Facultad de Ingeniería dispone de múltiples espacios físicos, los cuales en su totalidad no son de conocimiento por parte de la comunidad universitaria.

Los dispositivos móviles están cambiando la forma en la que se puede interactuar con diferentes contextos cotidianos, por lo que crea nuevos modelos y formas de solucionar problemas y encontrar respuestas. Un dispositivo móvil se caracteriza por su facilidad para transportarse, la integración de múltiples aplicaciones que facilitan la ejecución de un conjunto de tareas en específico, y finalmente, la incorporación de opciones de conectividad a la web.

El presente trabajo plantea la necesidad de generar, diseñar e implementar una aplicación web adaptativa que mejore la movilidad y el desplazamiento de la comunidad universitaria en la facultad de Ingeniería de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, a partir del empleo de soluciones tecnológicas eficientes y de fácil uso para el usuario, desplegando a este una ruta óptima en el dispositivo de consulta desde un lugar de origen hasta un lugar de destino especificado por este.

Los instrumentos ofrecidos por el desarrollo tecnológico en información espacial, se vinculan de manera eficiente con la necesidad de implementar metodologías que organicen, integren y faciliten la consulta de la información para los procesos de desplazamiento entre espacios físicos de la facultad de ingeniería, así como la obtención de un conocimiento en general de esta.

## 2. Problema

A lo largo de un ciclo universitario de cualquier persona con cualquier tipo de vínculo hacia la Universidad Distrital (académico, administrativo, temporal, etc.), se pueden generar algunos interrogantes relacionados con el espacio físico con el cual se convive: ¿En qué salón se tiene una determinada clase? ¿Cuál es el laboratorio en donde se imparte la parte práctica de una asignatura cualquiera? ¿En dónde se encuentra el laboratorio en donde se almacenan insumos o equipos? Inclusive, con el transcurrir de los semestres se puede considerar que un integrante perteneciente a la comunidad universitaria no conoce en su totalidad los espacios físicos de la Universidad y por ende no logra diferenciar los diferentes usos que pueden ser dados a dichos espacios.

Del mismo modo, se puede deducir que esta situación genera cierto grado de inseguridad e incertidumbre en un estudiante, docente, funcionario o visitante, al no conocer en detalle cómo puede desplazarse dentro de su entorno, representando un inconveniente para la comunidad universitaria en general, considerando que una serie de desplazamientos erróneos al interior de los espacios físicos de la Universidad implica algunas ligeras inversiones de tiempo, las cuales pueden llegar a ser significativas en el evento en que se deba cumplir con algún tipo de compromiso de manera oportuna, como por ejemplo, abrir algún salón o laboratorio, presentar un examen parcial, salir rápido y eficazmente en caso de una emergencia o el simple hecho de llegar a una clase puntualmente.

De acuerdo al anterior contexto, una propuesta que permitiría tanto optimizar el conocimiento en detalle de los espacios físicos de la Universidad como mejorar los tiempos de desplazamiento al interior de la misma, consiste en el desarrollo de una aplicación web adaptativa, que permita conocer al instante por medio de un código QR, la distribución de todos los espacios físicos de la

Universidad Distrital, así como la ubicación en detalle de estos espacios, y que a su vez sea útil para los 27800 estudiantes de pregrado y 1400 estudiantes de postgrado (considerando que varios de los estudiantes de postgrado no realizaron sus estudios profesionales en la Universidad Distrital), así como para la totalidad de funcionarios administrativos, docentes y visitantes. Tomando como ejemplo la Facultad de Ingeniería, el beneficio sería para la comunidad universitaria que interactúa de una u otra manera con los 5 programas de pregrado, 11 especializaciones, 4 maestrías y 1 doctorado que se desarrollan en la sede. Con un amplio conocimiento de esta aplicación por parte de la comunidad estudiantil, docente y administrativa e inclusive por parte de los visitantes, se podrá hacer entrega de respuestas eficientes, relacionadas con la distribución de los espacios físicos de la Universidad Distrital. En consecuencia, cualquier actor de la comunidad universitaria podrá fácilmente llegar a su destino final de una manera práctica, ágil y optimizando sus tiempos.

El desconocimiento parcial o total de los espacios físicos de la Universidad Distrital puede ser considerado como un problema muy común y es un problema evidente en toda la Universidad Distrital, en diferentes escenarios. Un ejemplo de esto puede encontrarse reflejado en los estudiantes de primer semestre que llegan por primera vez a la sede en donde se impartirá su formación profesional y por lo general se encuentran con un listado de ciertos espacios físicos en donde recibirán sus respectivas clases (aulas, laboratorios o salas de informática). También es observable dicho desconocimiento de los espacios físicos en el personal nuevo de seguridad que vela por el bienestar de las personas al interior de la facultad de Ingeniería, lo mismo ocurre con los contratistas que directa o indirectamente intervienen en el quehacer diario de la facultad de Ingeniería.

### 3. Justificación

Considerando las significativas ventajas que se retribuyen a partir del uso de tecnologías de la información y, en este caso en específico al uso de una aplicación orientada a dispositivos móviles, se puede inferir que el desarrollo de la aplicación “QR-UD” pretende resolver como primera instancia, el problema planteado anteriormente y referente a la movilidad de los diferentes integrantes de la comunidad universitaria de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, quienes se trasladan y conviven con los espacios físicos de la Universidad en cada uno de los semestres académicos.

La aplicación genera una optimización no solo en los procesos de traslado o en los tiempos, sino también en la manera en que el usuario hace uso de los avances tecnológicos y de herramientas tan sencillas como un dispositivo móvil para lograr tanto su objetivo final (encontrar una ubicación concreta) como el de la aplicación (proveer un mecanismo de desplazamiento efectivo y eficiente).

La aplicación, tal como está propuesta, permite al usuario la toma de decisiones, a partir de la lectura de un código QR a través de un dispositivo móvil (indiferente al sistema operativo empleado por dicho dispositivo) y verificar su ruta a su destino; de esta manera se le ofrece la opción de seleccionar o descartar una ruta óptima.

Una solución que resolverá los inconvenientes de desplazamiento y permitirá optimizar los tiempos invertidos en estas actividades, consiste en el desarrollo y puesta en funcionamiento a la comunidad universitaria de la aplicación QR-UD, la cual puede ser considerada como una solución a los problemas ya mencionados, y que han sido manifestados en múltiples oportunidades por la comunidad universitaria, pero que no se le ha dado una solución definitiva.

Partiendo de la premisa anterior, se evidencia que el alcance de QR-UD consiste en otorgar múltiples beneficios a nivel tecnológico, inclusive, considerando que se trata de una herramienta que hace uso de elementos y componentes invisibles para el usuario, pero que permite de una manera práctica y eficiente representar una ruta, fácil de interpretar por parte de este.

## **4. Alcance**

Con el desarrollo de la aplicación QR-UD, se pretende generar una herramienta que permita generar una ruta óptima desde un lugar predefinido, en donde el usuario realiza la captura del código QR haciendo uso de un dispositivo móvil. Los códigos QR se encuentran ubicados en lugares comunes de fácil acceso para el usuario. Se pretende crear una herramienta fácil de manejar e intuitiva para el usuario. La aplicación QR-UD es capaz de reconocer la información espacial referente a los espacios físicos de la Universidad, así como aquella información referente a las múltiples rutas que el usuario puede generar desde un origen en específico.

Asimismo, la aplicación QR-UD se encuentra diseñada para ser un apoyo para cualquier integrante de la comunidad universitaria que requiera una guía sobre cómo alcanzar un destino específico a partir de un origen establecido.

### **4.1. Alcance Temporal**

El alcance temporal de la aplicación se encuentra referida al destino específico que el usuario desee consultar, así como al tiempo en que esta le sea desplegada. En consecuencia, este alcance está determinado por la temporalidad de la información espacial generada.

### **4.2. Alcance Espacial**

El alcance espacial de la aplicación se encuentra definido por la ruta desplegada al usuario una vez ha consultado por un destino en concreto, así como por la planta del edificio para el cual se está realizando la consulta. Por ende, este alcance está determinado por la extensión espacial de la información retornada al usuario por parte del sistema una vez ejecutada la consulta, así como por el piso en específico desde el cual se está realizando la consulta.

### **4.3. Alcance Técnico**

El alcance técnico de la aplicación se encuentra determinado por las funcionalidades de esta. La aplicación es capaz de recuperar la ubicación del usuario en el edificio, según el piso en donde este se encuentre (de acuerdo al código QR escaneado). El código QR se encuentra ubicado justo en frente de la columna que se encuentra a la salida del ascensor, siendo una ubicación común para todos los pisos.

Asimismo, la aplicación es capaz de desplegar al usuario la ruta hasta su lugar de interés, desde un origen (determinado por la ubicación del código QR escaneado). El lugar de interés puede ser seleccionado por el usuario a través del despliegue de una lista de los diferentes lugares existentes para el piso en el cual se ha realizado el escaneo del código QR. La aplicación resalta al usuario la ruta hacia el destino seleccionado, para finalmente permitirle una fácil interpretación de esta.



## **5. Objetivos**

### **5.1. Objetivo General**

Desarrollar una aplicación web adaptativa para su uso en dispositivos móviles, que permita a los integrantes de la comunidad universitaria realizar desplazamientos entre los espacios físicos de la facultad de ingeniería de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, en el edificio Sabio Caldas, de una manera eficiente, a través de la lectura de un código QR localizado en posiciones fácilmente identificables.

### **5.2. Objetivos Específicos**

- Identificar los requerimientos funcionales y los no funcionales para la correcta operación de la aplicación.
- Plantear el diseño arquitectónico que permita satisfacer de forma eficiente cada uno de los requerimientos funcionales y no funcionales identificados.
- Generar las instrucciones de código necesarias que satisfagan tanto el diseño arquitectónico planteado como la funcionalidad propuesta.
- Realizar las evaluaciones operativas orientadas principalmente a la usabilidad de la aplicación.

## 6. Estado del Arte

### 6.1. Antecedentes

La intención del presente apartado consiste en generar una base de conocimiento que permita disponer de una herramienta sencilla a partir del desarrollo de la aplicación QR-UD, amigable con los usuarios finales, práctica y eficiente a la hora de su uso, muy precisa para la consecución de su objetivo, suprimiendo opciones como reportes, conexiones a cuentas personales del usuario, requerimiento de autenticación para el acceso a la aplicación o la solicitud de algún otro tipo de información.

El desplazamiento entre los diferentes espacios físicos de la Universidad Distrital por parte de la comunidad universitaria, se realiza en el conocimiento que cada integrante de esta tiene acerca de los espacios físicos, sin hacer provecho de las ventajas ofrecidas por las actuales tecnologías de la información, teniendo en cuenta que no se dispone de una herramienta que apoye estas actividades de movilización. En principio, se hace necesario referenciar soluciones ya existentes, que permitan definir ciertos lineamientos para el desarrollo de la aplicación QR-UD, las cuales, en la actualidad brindan múltiples beneficios a usuarios finales en cuanto a soluciones de desplazamiento y movilidad. Estas soluciones se encuentran descritas a continuación:

- **Aplicación móvil “Waze”** (Waze Mobile, 2016). Consiste en una aplicación de tráfico y navegación basada en una comunidad de usuarios que informa sobre diferentes incidentes de movilidad en un espacio geográfico determinado. El principal objetivo es que el usuario obtenga en tiempo real la ruta óptima desde su sitio de origen (ubicación espacial puntual en un momento específico) hasta un destino que este especifica; esto permite ahorrar tiempo y recursos económicos en los desplazamientos indicados.

- **Aplicación móvil “Google Maps”** (Alphabet Inc., 2016). Permite encontrar sitios de interés, visualizar mapas y generar rutas óptimas, así como la obtención de tiempos de desplazamiento para un usuario según su medio de transporte (caminando, en automóvil o en transporte público).

Por otra parte, la aplicación pretende suplir una necesidad de movilidad estudiantil a través de la lectura de códigos QR. Se seleccionó este método considerando que es práctico para el usuario, así como por la fácil ubicación de estos en el edificio de la Facultad. Se tiene conocimiento de múltiples casos de éxito, algunos de ellos relacionados a continuación:

- **GeoRuta Complutense: divulgación científica mediante códigos QR y Realidad Aumentada Geolocalizada en la Ciudad Universitaria** (Ortega Menor, 2014). En el documento académico se exponen las ventajas obtenidas a partir del uso de códigos QR a través de una aplicación desarrollada para dispositivos móviles. Los códigos QR son empleados para el acceso a la interfaz de la aplicación, así como para acceder a un complemento de realidad aumentada. Con esta aplicación, se realiza la transmisión académica de bases elementales de la geología, a través de una ruta geológica urbana en el campus de Moncloa de la Universidad Complutense de Madrid, que comprende varios puntos de interés geológico.
- **Diseño Web para móviles guiado por códigos QR para promoción del patrimonio y turismo en la ciudad de Cuenca** (Méndez Quintuña, 2016). En este documento académico se exponen las ventajas obtenidas a partir del uso de códigos QR en la incentivación turística del centro histórico de la ciudad de Cuenca, Ecuador. El usuario realiza el escaneo de un código QR haciendo uso de un dispositivo móvil, y el sistema dirige al usuario a una página web que hace uso de realidad aumentada. Los códigos QR

funcionan como guía para establecer un recorrido por el centro histórico de la Ciudad. Asimismo, relaciona hechos históricos arquitectónicos de la ciudad tomando como objeto de estudio los elementos patrimoniales del Centro Histórico de la Ciudad de Cuenca.

## **6.2. Marco Teórico**

La movilidad y el desplazamiento de las personas es una práctica cotidiana. Sin embargo, existen contextos en los cuales la movilidad se realiza con mayor intensidad. La carencia de herramientas y/o comodidades para realizar actividades orientadas a movilidad y desplazamiento puede hacer que estos se conviertan en actividades estresantes.

Al interior de la sede de Ingeniería de la Universidad Distrital, el desplazamiento y la movilidad generan conflictos en ciertos puntos y en determinadas franjas horarias del día; esto, como consecuencia de: falta de espacios, señalización, gran cantidad de personas y desconocimiento de las instalaciones por parte de la comunidad universitaria.

En el contexto de la facultad, la implementación de una serie de buenas prácticas podría permitir la resolución de los problemas de desplazamiento dentro de esta, tales como el ingreso a tiempo a las clases, adicionar los espacios académicos en franjas no convencionales, aprovechar al máximo todos los espacios con los que cuenta la Universidad, no obstaculizar las escaleras, ni las entradas y salidas a las dependencias, ni las zonas de evacuación.

No obstante, una causa para la cual no recae ninguna culpabilidad directa sobre algún integrante de la comunidad universitaria, es el desconocimiento de las instalaciones de la facultad. De acuerdo a los casos de éxito referidos en el ítem 6.1, la solución a las actividades de desplazamiento como consecuencia al desconocimiento de la facultad, consiste en la lectura de un código QR que no es más que un tipo de códigos de barras bidimensionales en el cual la

información está codificada dentro de una geometría en forma de cuadrado, permitiendo almacenar gran cantidad de información. Son fácilmente identificables por su forma y aspecto (QR, 2014).

Para realizar la búsqueda de la ruta óptima al interior de la facultad, la aplicación QR-UD se basa, a través del componente PgRouting, en la aplicación del algoritmo Dijkstra. Se trata del algoritmo para la determinación del camino más corto. Se calcula la ruta óptima, la cual para este caso equivale a la ruta más corta desde un origen (ubicación del código QR) a cualquier destino en un grafo con valores (denominados “pesos” o “costos”). Este algoritmo se denomina de esta forma en honor a su descubridor (Edsger Dijkstra, 1959). Consiste en el algoritmo más eficiente a la hora de resolver y calcular el problema de la distancia mínima entre dos puntos (Salas, 2008)

## 7. Metodología

Para el desarrollo de la aplicación QR-UD se plantea utilizar una metodología de desarrollo en cascada. Esta se encuentra enmarcado dentro de cinco fases, según lo observado en la Figura 1: fase de análisis, fase de diseño, fase de implementación, fase de pruebas y fase de mantenimiento.

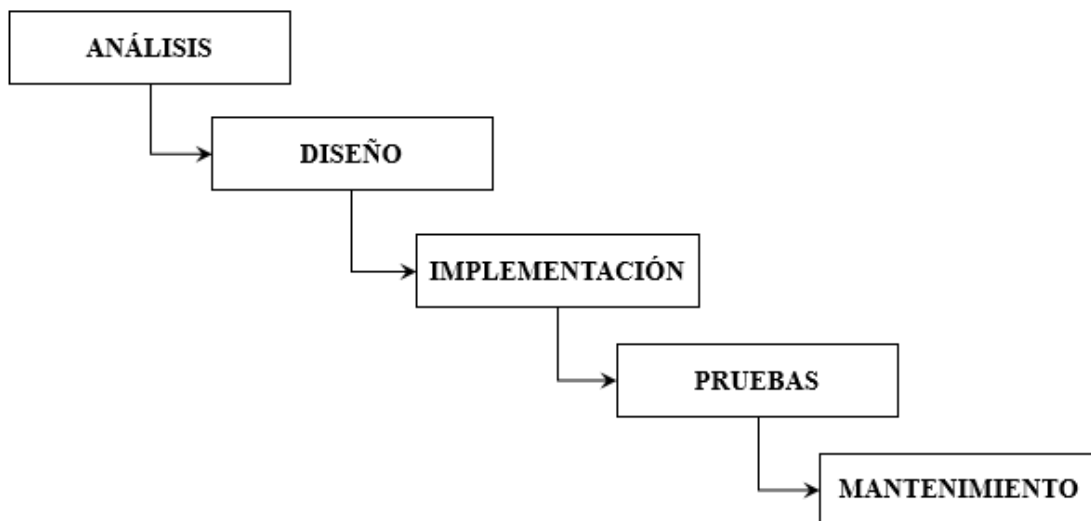


Figura 1. Metodología de desarrollo empleada para la aplicación QR-UD.

Fuente: Elaboración propia.

### 7.1. Fase de análisis

En la fase de análisis se realiza la planeación del proyecto de desarrollo de la aplicación. Asimismo, se realiza la definición del alcance, a través de la especificación de los requerimientos funcionales y no funcionales, al igual que el comportamiento que tendrá la aplicación una vez sea dispuesta para el usuario final. Finalmente, se generan los diagramas de casos de uso, en los cuales se efectúe la representación de los actores y las funcionalidades de sistema.

## **7.2. Fase de diseño**

En la fase de diseño se realiza la ingeniería de software asociada al proyecto de desarrollo de la aplicación a partir de las diferentes especificaciones relacionadas en los requerimientos funcionales y no funcionales. Del mismo modo, se relacionan aquellos requerimientos de asociados a componentes de hardware, así como la arquitectura general y definitiva de la aplicación.

## **7.3. Fase de implementación**

En la fase de implementación se procede a la generación de las líneas de código para la aplicación, según lo estipulado en fases anteriores (fase de análisis y fase de diseño). El desarrollo de la aplicación se realiza bajo un enfoque de adaptabilidad web, para lo cual se hace uso de los siguientes lenguajes de programación: HTML5, PHP5 y JavaScript, igualmente como de CSS. Del mismo modo, el desarrollo de la aplicación se encuentra orientado principalmente a que la aplicación emplee componentes en el sistema gestor de base de datos empleado (PostgreSQL) tales como PostGIS (componente espacial) y PgRouting (componente para el análisis de rutas). Este último hace uso del Algoritmo Dijkstra para la estimación de la ruta optima, entre el origen (lectura del código QR) y el destino (lugar de interés seleccionado).

## **7.4. Fase de pruebas**

En la fase de pruebas se realiza la validación de la aplicación una vez han sido generadas las líneas de código requeridas en su totalidad, en donde se verifica que esta se encuentre solucionando las necesidades y los requerimientos planteados a lo largo de las anteriores fases. Asimismo, se valida que la aplicación se encuentre operando de acuerdo al funcionamiento esperado.

## **7.5. Fase de mantenimiento**

En la fase de mantenimiento se considera que los usuarios se encuentran haciendo uso de la aplicación. Es así como se procede a realizar la resolución de inconvenientes que sean reportados por estos conforme la aplicación sea empleada de forma cotidiana. De esta manera, en esta fase se realiza la evaluación de mejorías y/o configuración de nuevas funcionalidades; de esta forma se da inicio nuevamente a la fase de análisis.



## 8. Resultados

### 8.1. Fase de análisis

En esta fase, se realizó la especificación de los requerimientos funcionales y no funcionales de la aplicación. A partir de estos, se identificó que la interacción con la aplicación es realizada por un único usuario, el cual a su vez interactúa con la aplicación a través de cuatro diferentes operaciones. Estas últimas se encuentran relacionadas en los casos de uso para la aplicación.

#### 8.1.1. -Diagrama de casos de uso

Los casos de uso identificados y relacionados en la Figura 2, permiten al usuario interactuar con la aplicación, una vez este ha realizado la lectura del código QR y ha especificado un lugar de destino.

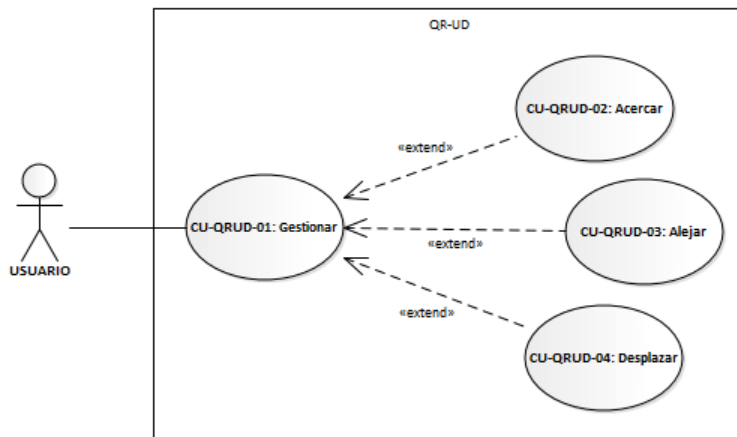


Figura 2. Diagrama de casos de uso para la aplicación.

Fuente: Elaboración propia.

La aplicación realiza la estimación de la ruta óptima de acuerdo a los parámetros anteriormente mencionados, y le realiza al usuario el despliegue de la misma en su dispositivo móvil, así como una representación de dicha ruta en el piso del edificio para el cual se efectúa la

consulta. Finalmente, el usuario puede realizar operaciones de acercamiento, alejamiento y desplazamiento para la información desplegada.

## **8.2. Fase de diseño**

Una vez concluida la fase de análisis, en la fase de diseño se establecen aquellos elementos que conforman la aplicación. Asimismo, se indica la forma en que se relacionan estos elementos con la información ingresada por parte del usuario, empleando los siguientes diagramas: diagrama de persistencia, diagrama de componentes y diagrama de despliegue. Estos diagramas se encuentran descritos en detalle en los siguientes apartados.

### **8.2.1. Diagrama de persistencia**

El diagrama de persistencia relacionado en la Figura 3, permite representar la interoperabilidad de los diferentes elementos que requieren mantener valores a lo largo del espacio y del tiempo, y hace referencia directamente al modelo conceptual de la base de datos. Los elementos persistentes consisten aquellos que realizan el almacenamiento de información directamente en la base de datos asociada al funcionamiento de la aplicación.

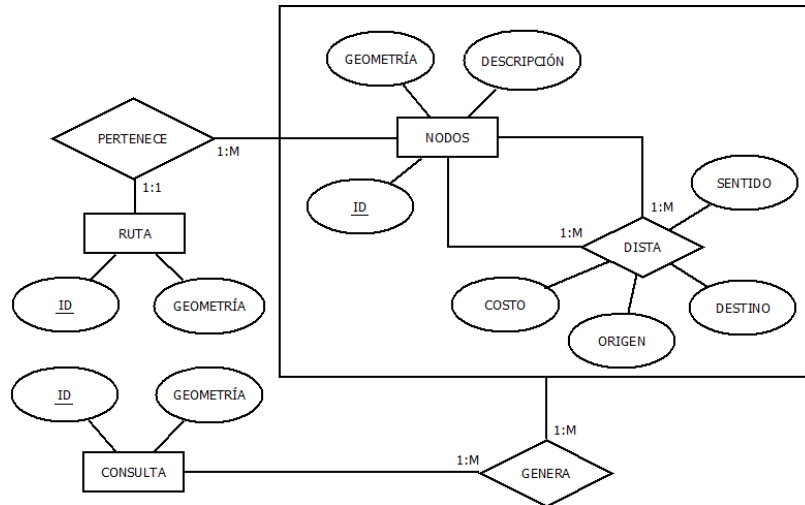


Figura 3. Diagrama de persistencia para la aplicación. Fuente: Elaboración propia.

### 8.2.2. Diagrama de componentes

El diagrama de componentes relacionado en la Figura 4, permite representar la aplicación en forma de componentes. Dentro de este diagrama se hace referencia a los componentes hechos a la medida como a los componentes reutilizables para la aplicación QR-UD. La aplicación cumple con la funcionalidad de disponer de información espacial al usuario, inclusive si estos componentes presentan cambios. Los componentes reemplazables son: la aplicación de lectura de códigos QR (cualquier aplicación que cumpla la funcionalidad de lectura, permite acceder a la aplicación), el navegador web del dispositivo (a través de cualquier navegador, se puede obtener el despliegue de la aplicación), e inclusive el dispositivo móvil del cliente (la aplicación es accesible desde cualquier dispositivo móvil). Otros componentes reemplazables son: GeoServer (versión 2.8.2 en adelante), PostgreSQL (versión 9.2 en adelante), Apache (versión 2.2 en adelante), Tomcat (versión 6.0 en adelante) y el entorno de ejecución de Java (versión 1.6.0 en adelante).

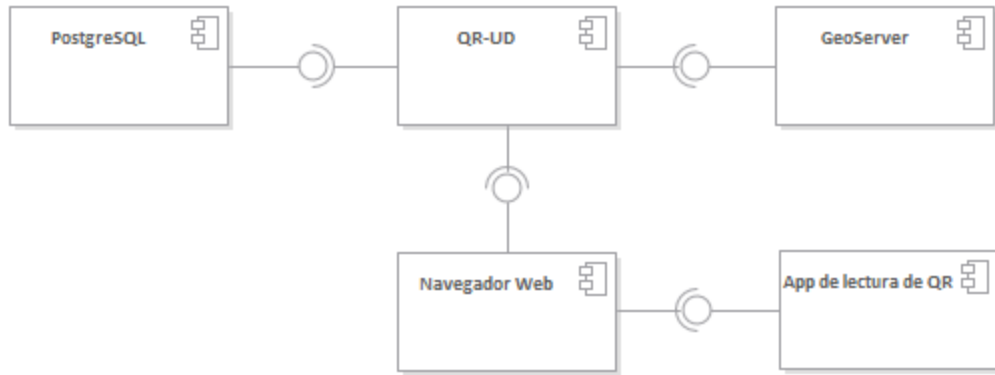


Figura 4. Diagrama de componentes para la aplicación.

Fuente: Elaboración propia.

### 8.2.3. Diagrama de despliegue

El diagrama de despliegue permite modelar la arquitectura de la aplicación a través de la representación de los componentes de hardware, así como de los elementos de software requeridos. Asimismo, permite realizar la representación de cómo los elementos y artefactos de software se trazan al interior de los nodos propuestos. De acuerdo a lo observado en la Figura 5, los elementos de hardware necesarios para el correcto funcionamiento de la aplicación conforman una arquitectura de tipo Cliente-Servidor.

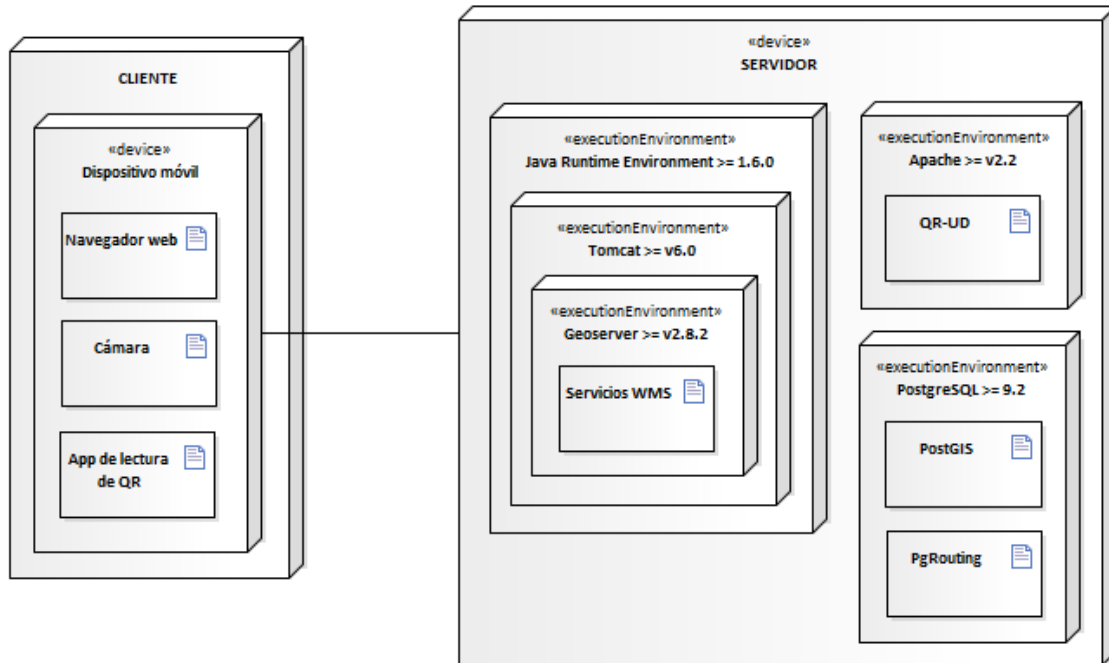


Figura 5. Diagrama de despliegue para la aplicación.

Fuente: Elaboración propia.

A través del diagrama de despliegue, se da respuesta a las especificaciones suplementarias, las cuales se encuentran relacionadas a continuación:

### 8.3. Fase de implementación

Una vez planteada la definición de la arquitectura de software de la aplicación, así como de la funcionalidad de este, se procede a generar las líneas de código necesarias que permitan cumplir con el objetivo de representar la ruta óptima y desplegar dicha ruta al usuario.

El código se desarrolló en lenguajes de programación para entornos web (HTML5, PHP, JavaScript y CSS). El código desarrollado cumple con la lógica de negocio de la aplicación, y permite la generación de resultados intermediarios, así como de resultados finales. La aplicación solicita al usuario un (1) único parámetro de entrada: su lugar de destino.

En principio, la aplicación debe mostrar al usuario los posibles lugares existentes en el piso en el cual ha realizado la lectura del código QR, para que así este realice la selección. Para este fin, se realizó la construcción en los lenguajes de programación PHP y HTML, así como en el lenguaje estructurado SQL de las líneas de código relacionadas en la Figura 6.

```
<?php
include ("php/conexion.php");
$query = "SELECT lugar FROM vertices_5to_piso_vertices_pgr WHERE lugar IS NOT NULL ORDER BY lugar ASC";
$dbquery = pg_query($db_conn, $query);
?>
<select id="destino" class="form_select" name="destino">
<option value="df" selected>(Selecione su destino)</option>
<?php
while ($fila = pg_fetch_array($dbquery)) {
echo '<option value="'. $fila['lugar']. '">'. $fila['lugar']. '</option>';
}
?>
</select>
```

*Figura 6. Líneas de código construidas para permitir la selección del lugar de interés.*

*Fuente: Elaboración propia.*

Una vez seleccionado el lugar de interés, la aplicación permite al usuario generar la consulta. Específicamente se genera una nueva tabla en la base de datos, a través de la construcción de las líneas de código relacionadas en la Figura 7, en el lenguaje de programación PHP, así como en el lenguaje estructurado SQL. La nueva tabla generada relaciona la ruta desde el origen (lectura del código QR) hasta el destino (lugar seleccionado), empleando la lógica estipulada por el algoritmo Dijkstra.

```

<?php
    include ("conexion.php");
    $destino = $_POST['parametro01'];
    $first_query = "SELECT id FROM vertices_5to_piso_vertices_pgr WHERE lugar = '$destino'";
    $db_first_query = pg_query($db_conn, $first_query);
    while ($fila = pg_fetch_array($db_first_query)) {
        $destino_nodo = $fila['id'];
    }
    $drop_table = "DROP TABLE IF EXISTS consulta_quinto_piso";
    $db_drop_table = pg_query($db_conn,$drop_table);
    $pgr_dijkstra = "CREATE TABLE consulta_quinto_piso AS SELECT pgr.id2 AS edge, piso.the_geom
        FROM pgr_dijkstra(
            'SELECT id, source, target, cost FROM vertices_5to_piso',
            11, '$destino_nodo', false, false
        ) AS pgr INNER JOIN vertices_5to_piso AS piso ON pgr.id2 = piso.id";
    $db_pgr_dijkstra = pg_query($db_conn, $pgr_dijkstra);
    echo "Destino: ", $destino, ". ID: ", $destino_nodo;
?>

```

*Figura 7. Líneas de código construidas para permitir la selección del lugar de interés.*

*Fuente: Elaboración propia.*

Posteriormente a la creación de la nueva tabla, se realiza la publicación de esta una única vez haciendo uso de la aplicación GeoServer. Esta acción permite que la aplicación sirva la cobertura generada a través de la interfaz de usuario generada, como servicio WMS (Web Mapping Service). De esta manera, se realiza la publicación de las coberturas asociadas a las diferentes plantas del edificio. Con el fin de servir al usuario los servicios WMS generados, se realizó la construcción en el lenguaje de programación JavaScript de las líneas de código relacionadas en la Figura 8.

```

var cobertura_quinto_piso = new OpenLayers.Layer.WMS(
    "cobertura_quinto_piso", "http://localhost:8081/geoserver/coberturas_rutas/wms",
    {LAYERS: 'coberturas_rutas:cobertura_quinto_piso', transparent: true},
    {singleTile: true, isBaseLayer: false, projection: 'EPSG:900913'}
);
map.addLayer(cobertura_quinto_piso);
var consulta_quinto_piso = new OpenLayers.Layer.WMS(
    "consulta_quinto_piso", "http://localhost:8081/geoserver/coberturas_rutas/wms",
    {LAYERS: 'coberturas_rutas:consulta_quinto_piso', transparent: true},
    {singleTile: true, isBaseLayer: false, projection: 'EPSG:900913'}
);
map.addLayer(consulta_quinto_piso);

```

*Figura 8. Líneas de código construidas para la visualización de los servicios WMS.*

*Fuente: Elaboración propia.*

Del mismo modo, se realizó la construcción de las líneas de código que permiten el despliegue de la información geográfica a través de un mapa base. Por último, se realizó la construcción de las líneas de código que le permiten al usuario conocer su ubicación actual, en relación a la cobertura del piso que la aplicación le está desplegando. Estas líneas de código se encuentran relacionadas en la Figura 9.

```

map = new OpenLayers.Map("Map");
var mapa = new OpenLayers.Layer.OSM();
var fromProjection = new OpenLayers.Projection("EPSG:4326");
var toProjection = new OpenLayers.Projection("EPSG:900913");
var position = new OpenLayers.LonLat(-73.8115,4.8007).transform(fromProjection, toProjection);
var zoom = 10;
map.addLayer(mapa);
map.setVisibility(false);
map.setCenter(position, zoom);
var lonLat = new OpenLayers.LonLat(-73.89377,4.71428).transform(fromProjection, toProjection);
var markers = new OpenLayers.Layer.Markers("Markers");
map.addLayer(markers);
markers.addMarker(new OpenLayers.Marker(lonLat));

```

*Figura 9. Líneas de código construidas para el despliegue del mapa base y la ubicación del usuario.*

*Fuente: Elaboración propia.*



## 8.4. Fase de pruebas

### 8.4.1. Prueba de funcionamiento

Para tener acceso a la aplicación, el usuario debe realizar la lectura de un código QR a través de una aplicación que cumpla con esta funcionalidad. Una representación gráfica de un modelo de código ubicado en el edificio de la facultad puede ser observado en la Figura 11. Los códigos QR se han dispuesto en cada uno de los pisos del edificio, de tal manera que sean fácilmente accedidos por cualquier usuario, según lo observado en la figura 12.



Figura 10. Representación gráfica de un modelo de código ubicado en el edificio.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 11. Disposición de los códigos QR para el primer piso (izquierda) y para el cuarto piso (derecha).

Fuente: Elaboración propia.

Tan pronto como el usuario realice la lectura del código, obtiene la dirección URL de acceso a la aplicación, tal como se observa en la Figura 12.



Figura 12. Lectura del código QR y obtención de la dirección URL correspondiente al cuarto piso.

Fuente: Elaboración propia.

Al seleccionar la URL obtenida a partir de la lectura del código QR, se genera la apertura de la aplicación en el navegador web del dispositivo móvil del usuario y se le ofrecen lugares asociados al piso desde el cual se haya realizado la lectura, según lo observado en la Figura 13.

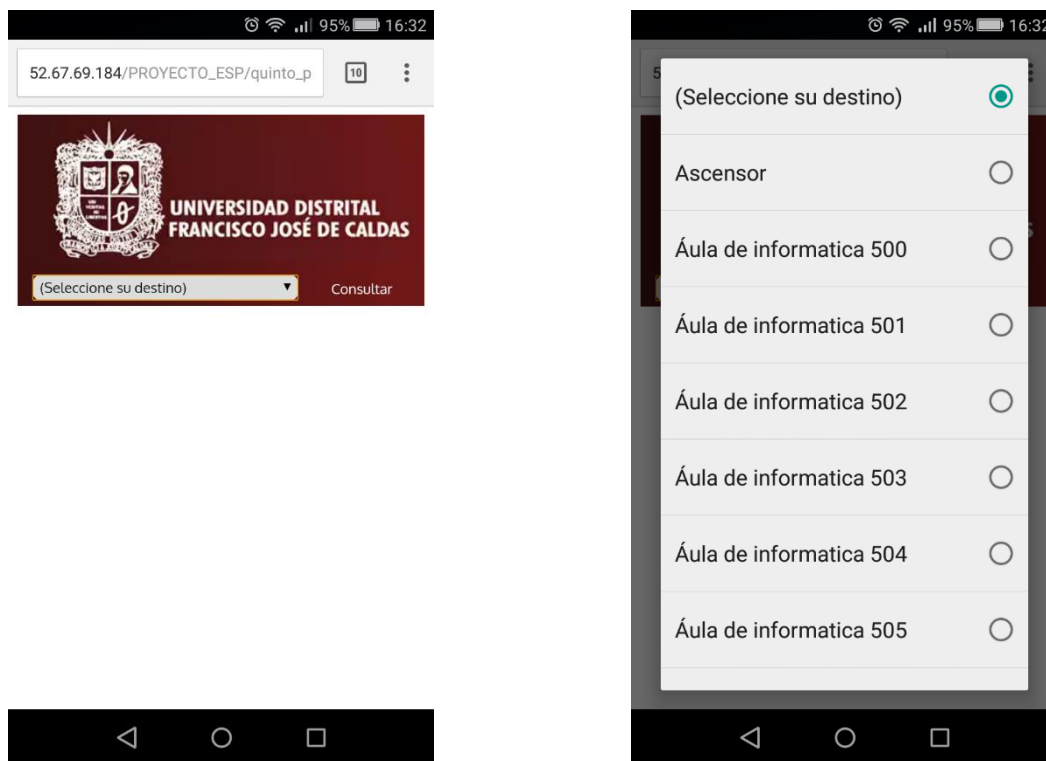
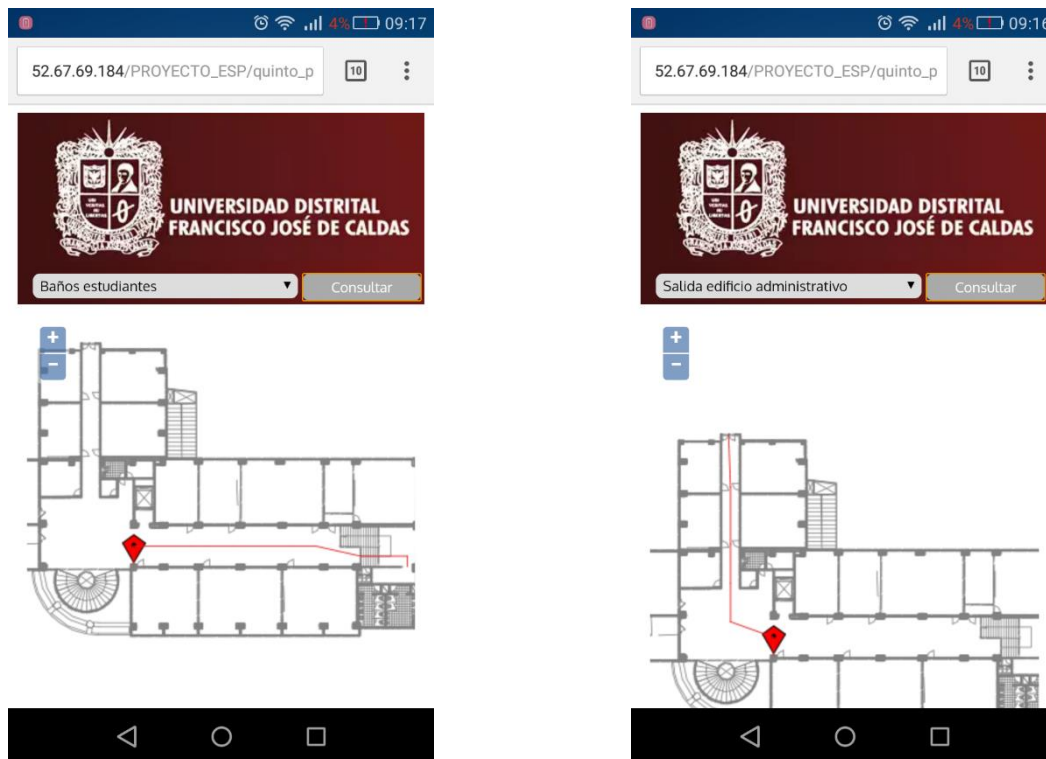


Figura 13. Apertura de la aplicación en el navegador web de un dispositivo móvil, empleando el código QR dispuesto en el quinto piso del edificio (izquierda). Despliegue de lugares asociados al quinto piso del edificio (derecha).

Fuente: Elaboración propia.

Una vez el usuario ha seleccionado un lugar de interés, debe pulsar el botón “consultar”, dispuesto al costado derecho de la lista que relaciona los lugares para el piso del edificio. Finalmente, el usuario obtiene el despliegue de la ruta a seguir en el dispositivo móvil, desde el lugar de origen (lectura del código QR) hasta el destino seleccionado. En la Figura 14, se puede observar que la ruta a seguir le es ofrecida al usuario en relación a los espacios físicos del piso

del edificio desde el cual ha consultado la información. Asimismo, la ruta le es ofrecida en una tonalidad de color que le permita diferenciarla con facilidad de la información adicional.



*Figura 13. Consulta de la ruta a seguir desde la posición de lectura del código QR hasta el lugar “Baños estudiantes”, para el quinto piso (izquierda). Consulta de la ruta a seguir desde la posición de lectura del código QR hasta el lugar “Salida edificio administrativo”, para el quinto piso (derecha).*

*Fuente: Elaboración propia.*

Las pruebas de funcionamiento para la aplicación QR-UD arrojaron resultados exitosos en diferentes dispositivos móviles. La aplicación fue accesible desde los dispositivos móviles empleados, y se obtuvo la ruta a seguir a partir de la lectura del código QR, y hasta diferentes destinos seleccionados aleatoriamente. Considerando que la aplicación QR-UD se trata de una aplicación web adaptativa, es irrelevante el sistema operativo del dispositivo móvil desde el cual se accede a la aplicación.

### **8.4.2. Prueba de Calidad**

La prueba de calidad permite realizar las validaciones requeridas con el fin de determinar si la aplicación QR-UD se desarrolló conforme a los parámetros y requerimientos definidos a lo largo de la etapa de diseño, así como los niveles mínimos que debe alcanzar para que sea considerado como software de calidad.

La norma ISO-9126 define los lineamientos a seguir para la evaluación de productos de software, y permite el establecimiento de características de calidad para estos productos. Asimismo, este estándar establece que cualquier componente asociado a la calidad software se basa en las características relacionadas a continuación: funcionalidad (¿las funciones y propiedades satisfacen las necesidades explícitas e implícitas?), confiabilidad (¿puede mantener el nivel de rendimiento, bajo ciertas condiciones y por cierto tiempo?), usabilidad: (¿el software es fácil de usar y de aprender?), eficiencia (¿es rápido y minimalista?), mantenibilidad (¿es fácil de modificar y verificar?) y portabilidad (¿es fácil de transferir de un ambiente a otro?).

Para la evaluación de la calidad, se adaptó un conjunto de métricas ponderadas entre 0 y 10, que representan cada uno de los atributos de calidad. El 0 se considera como la calificación menos satisfactoria, mientras que el 10 se considera como la calificación más satisfactoria. Esta ponderación permite la obtención de una calificación final a partir de la sumatoria de todas las calificaciones asignadas a cada atributo.

La prueba de calidad para la aplicación QR-UD, se encuentra relacionada en la Tabla 1, de acuerdo a lo especificado por la norma ISO-9126.

Tabla 1. Evaluación de calidad para la aplicación QR-UD, según la norma ISO-9126.

Característica	Atributo	Calificación	Observaciones
Funcionalidad	Idoneidad	10	La aplicación ofrece un conjunto de funcionalidades que permiten la obtención del resultado esperado.
	Exactitud	10	La aplicación despliega los resultados esperados.
	Interoperabilidad	10	La aplicación se encuentra desarrollada para su uso en cualquier dispositivo móvil.
	Seguridad	10	La aplicación es de libre acceso, no requiere autenticación ni algún otro tipo de patrón de seguridad.
	Conformidad	10	La aplicación ha sido creada de acuerdo a estándares de diseño y desarrollo.
	<b>TOTAL</b>	<b>10</b>	
Confiabilidad	Madurez	10	La aplicación depende de un único parámetro de entrada por parte del usuario, para que realice la generación de la ruta a seguir.
	Recuperación	5	La recuperación de la aplicación depende del servidor web que está ofreciendo los servicios.
	Tolerancia a Fallos	10	La tolerancia a fallos para la aplicación depende directamente del navegador web desde el cual se esté desplegando.
	<b>TOTAL</b>	<b>8,333</b>	
Usabilidad	Comprensión	10	La aplicación es fácilmente comprensible para el usuario.
	Facilidad de aprender	10	La aplicación demanda un esfuerzo mínimo por parte del usuario para su uso.
	Operatividad	10	La aplicación es fácil de manejar para el usuario.
	<b>TOTAL</b>	<b>10</b>	
Eficiencia	Comportamiento en el tiempo	10	La aplicación toma muy poco tiempo en entregar una respuesta al usuario, una vez este ha efectuado una consulta.
	Comportamiento de recursos	10	La aplicación demanda de recursos mínimos por parte del usuario (dispositivo móvil) para su despliegue.
	<b>TOTAL</b>	<b>10</b>	
Mantenibilidad	Estabilidad	10	La aplicación es estable. No presenta ninguna incompatibilidad entre sus componentes, que pueda significar interferencias con la consulta generada por un el usuario
	Facilidad de análisis	10	La aplicación puede ser analizada con facilidad. No exige tener conocimientos avanzados para su análisis.
	Facilidad de cambio	10	La aplicación se encuentra orientada a que se puedan efectuar mejoras en las líneas de código con facilidad.
	Facilidad de pruebas	10	La aplicación puede ser probada con facilidad. Se puede realizar la presente ponderación conforme se lancen nuevas versiones o se realicen mejoras a la aplicación.
	<b>TOTAL</b>	<b>10</b>	
Portabilidad	Adaptabilidad	10	La aplicación es fácilmente adaptable. Es compatible con cualquier navegador web y puede ser desplegada en cualquier dispositivo móvil.
	Facilidad de instalación	10	La aplicación no requiere ser instalada por parte del usuario.
	Cumplimiento	10	La aplicación no requiere adherirse a normas relacionadas con portabilidad. El usuario simplemente accede a esta a través de una dirección URL.
	Capacidad de reemplazo	10	La aplicación no requiere reemplazo en el lado del cliente. El reemplazo de esta se encuentra dado por la habilitación de mejoras o nuevas versiones.
	<b>TOTAL</b>	<b>10</b>	
<b>TOTAL PRUEBA DE CALIDAD</b>		<b>9,917</b>	

Fuente. Elaboración propia.

La evaluación de calidad para la aplicación QR-UD arrojó un valor ponderado de 9,917, lo cual permite inferir que se trata de una aplicación con un alto nivel de confiabilidad.

### **8.4.3. Prueba de usabilidad**

La prueba de usabilidad permite asegurar el desarrollo de la aplicación. Esta prueba alberga un conjunto de pautas que abarcan diversos aspectos tales como el acceso a la aplicación, conseguir que la aplicación sea más eficiente, obtener una experiencia de navegación rápida e intuitiva a través de esta, forma de despliegue de los contenidos, entre otros.

La prueba de usabilidad para la aplicación QR-UD fue desarrollada a través de la aplicación de una serie de preguntas agrupadas en componentes. Asimismo, la prueba de usabilidad propuesta se encuentra basada en los principios heurísticos de Jakob Nielsen. Estos principios son considerados idóneos para la ejecución de pruebas de usabilidad para aplicaciones ejecutadas en ambientes web (Nielsen, 1994). Haciendo uso de estos principios, se pretende ofrecer una aplicación altamente amigable con el usuario.

Para la evaluación de cada pregunta, se adoptó una ponderación entre 0 y 5. El 0 se considera como la calificación menos satisfactoria, mientras que el 5 se considera como la calificación más satisfactoria. En la Tabla 2, se encuentra relacionada la prueba de usabilidad para la aplicación QR-UD.

Tabla 2. Prueba de usabilidad para la aplicación QR-UD, según los principios heurísticos de Jakob Nielsen.

ITEM	COMPONENTE	USUARIO					PROMEDIO	ESPERADO
		U1	U2	U3	U4	U5		
<b>1.</b>	<b>VISIBILIDAD</b>							
1.1.	¿Se obtiene un despliegue adecuado de la aplicación en el dispositivo móvil?	5	5	5	4	5	4,8	Mayor a 4
1.2.	¿La disposición de los elementos de la interfaz gráfica de la aplicación es coherente?	5	4	5	5	5	4,8	Mayor a 4
1.3.	¿La aplicación dispone de la información y los elementos necesarios para la obtención del resultado?	5	5	5	5	5	5,0	Mayor a 4
1.4.	¿La respuesta entregada por el sistema es coherente con el entorno real?	5	5	5	5	5	5,0	Mayor a 4
<b>2.</b>	<b>ADAPTABILIDAD</b>							
2.1.	¿La aplicación hace uso de palabras familiares y fácilmente interpretables?	5	5	5	5	5	5,0	Mayor a 4
2.2.	¿Son fácilmente entendibles los textos empleados en la aplicación?	5	5	5	5	5	5,0	Mayor a 4
<b>3.</b>	<b>CONTROL</b>							
3.1.	¿La aplicación despliega alertas cuando se ha cometido una equivocación?	5	5	5	5	5	5,0	Mayor a 4
3.2.	¿Es fácil la actividad de indicar un lugar de interés?	5	5	5	5	5	5,0	Mayor a 4
<b>4.</b>	<b>SIMPLICIDAD</b>							
4.1.	¿La aplicación exige la ejecución de muchas operaciones para obtener un resultado?	1	1	1	1	1	1,0	Menor a 2
4.2.	¿Es claro que se la aplicación exige realizar una selección?	4	5	4	5	5	4,6	Mayor a 4
<b>5.</b>	<b>RENDIMIENTO</b>							
5.1.	¿La aplicación tarda en desplegarse en el dispositivo móvil?	1	2	2	1	1	1,4	Menor a 2
5.2.	¿La aplicación toma tiempos razonables para la entrega de respuestas?	5	5	4	5	5	4,8	Mayor a 4
<b>6.</b>	<b>FLEXIBILIDAD</b>							
6.1.	¿Se distingue con facilidad cuál es la función de cada uno de los elementos de la interfaz gráfica de la aplicación?	4	5	5	4	5	4,6	Mayor a 4
6.2.	¿El uso de la aplicación requiere tener algún grado de experticia?	1	1	1	1	1	1,0	Menor a 2

Fuente: Elaboración propia.

## 8.5. Fase de mantenimiento

Dentro de la fase de mantenimiento, se consideran aquellos cambios que puede tener la aplicación, una vez ejecutada la fase de pruebas. Estos cambios se encuentran sujetos a: detección de errores, adaptabilidad a nuevos requerimientos o a que se contemple el desarrollo de nuevas versiones orientadas a la inclusión de nuevas funcionalidades.



## 9. Conclusiones

- El diseño web adaptativo se considera como una buena alternativa a la hora de brindar al usuario una aplicación eficaz donde este pueda visualizar y consultar información de su interés. Se genera compatibilidad para múltiples dispositivos móviles, siendo una funcionalidad totalmente transparente para el usuario.
- La ruta óptima que genera la aplicación QR-UD fue probada en el edificio Sabio Caldas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, en el cual todas las consultas realizadas a través de la aplicación fueron 100% confiables.
- La aplicación web adaptiva es una herramienta que cumple a cabalidad con su objetivo principal, es útil y fácil de usar. Asimismo, permite mejoras y optimizaciones en el futuro.
- La comunidad universitaria requería disponer de una aplicación con las mismas funcionalidades ofrecidas por QR-UD. Esto, considerando el ingreso semestral de nuevos integrantes de la Universidad, así como la cantidad de personal que cumple con diversas actividades en la facultad de Ingeniería.
- La ubicación estratégica de los códigos QR fue exitosa; estos son visibles y se encuentran ubicados en un punto de tránsito frecuente en cada uno de los pisos. Lo anterior, facilita a los usuarios su fácil identificación.
- El diseño de la arquitectura del software para la aplicación, al igual que las líneas de código construidas para su funcionamiento, alcanzan su objetivo y cumplen los estándares requeridos.

## 10. Referencias bibliográficas

Abud Figueroa, M. A. (s.f.). Obtenido de Calidad en la Industria del Software. La Norma ISO-9126:

[http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/2737/0053L864e\\_anexo.pdf?sequence=2](http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/2737/0053L864e_anexo.pdf?sequence=2)

Alphabet Inc. (2016). *Information - Google Maps*. Obtenido de

<https://www.google.com/maps/about/>

Carvajal, M., & Saab, J. (23 de Agosto de 2010). *Programa Gobierno en Línea*. Obtenido de Lineamientos y metodologías en Usabilidad para Gobierno en línea:

[http://estrategia.gobiernoenlinea.gov.co/623/articles-8237\\_guia\\_usabilidad.pdf](http://estrategia.gobiernoenlinea.gov.co/623/articles-8237_guia_usabilidad.pdf)

Cruz Pérez, M. R. (s.f.). *Aplicación de la ISO 9126 a una red WiFi*. Obtenido de Aplicación de la Norma ISO 9126 a las Herramientas Nestumbler e InnSIDer:

[http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/2737/0053L864e\\_anexo.pdf?sequence=2](http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/2737/0053L864e_anexo.pdf?sequence=2)

International Software Testing Qualifications Board. (2016).

<http://istqbexamcertification.com/what-are-the-software-development-life-cycle-sdlc-phases/>. Obtenido de Software Development Life Cycle.

Méndez Quintuña, D. E. (2016). *Diseño Web para móviles guiado por códigos QR para promoción del patrimonio y turismo en la ciudad de Cuenca*. Cuenca, Ecuador. Obtenido de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/25591>

- MINTIC. (2016). *Ciclo de Vida de los Sistemas de Información*. Obtenido de Arquitectura TI - Colombia: <http://www.mintic.gov.co/arquitecturati/630/w3-propertyvalue-8091.html>
- Nielsen, J. (1994). Enhancing the Explanatory Power of Usability Heuristics. *Proceedings on the ACM CHI'94 Conference*, (págs. 152-168).
- Ortega Menor, L. (2014). *GeoRuta Complutense: divulgación científica mediante códigos QR y Realidad Aumentada Geolocalizada en la Ciudad Universitaria*. 65 p. Madrid, España: Facultad de Ciencias Geológicas. Obtenido de <http://eprints.sim.ucm.es/34932/>
- ProjectSmart. (2016). <http://www.projectsmart.com/project-management/the-stages-of-a-project.php>. Obtenido de The stages of a project - Project management resource.
- Salas, A. (1 de Octubre de 2008). *Acerca del Algoritmo de Dijkstra*. (C. University, Ed.) Manizales, Caldas, Colombia. doi:arXiv:0810.0075
- Waze Mobile. (2016). Obtenido de Aplicación de mapas, tráfico y navegación: <https://www.waze.com/es-419>