

## Democratización de Plataforma de Georreferenciación de Software Libre con Orientación a Iniciativas de Comercio Electrónico

**Jean Carlo Játiva Quinde<sup>1</sup>**

[jjativa2126@uta.edu.ec](mailto:jjativa2126@uta.edu.ec)

<https://orcid.org/0009-0001-7106-4728>

Universidad Técnica de Ambato  
Ambato, Ecuador

**Félix Fernández Peña**

[fo.fernandez@uta.edu.ec](mailto:fo.fernandez@uta.edu.ec)

<https://orcid.org/0000-0003-0834-3377>

Universidad Técnica de Ambato  
Ambato, Ecuador

### RESUMEN

El presente trabajo de investigación es de tipo experimental. El mismo tiene como objetivo democratizar la integración de una plataforma de georreferenciación de software libre en aplicaciones de comercio electrónico. Tomando en cuenta que, en América Latina, el comercio electrónico se ha establecido en mayor medida durante los últimos años, se considera la posibilidad de soluciones que hagan uso de software libre, para ayudar a abaratar los costos en cuanto a la implementación de estas tecnologías. Se propone una alternativa que hace uso de herramientas como JavaScript, HTML5, CSS3, la biblioteca Leaflet Maps, OpenStreetMap y archivos de tipo GeoJSON. La metodología utilizada en esta investigación es de carácter cuantitativo; se aplicó la Escala de Usabilidad del Sistema para validar la usabilidad de esta propuesta, con participación de seis expertos del área. La aplicación Geo-EC-Maps, resultante del estudio llevado a cabo obtuvo un valor SUS de 82,92 puntos, considerándose satisfactoria para los objetivos planteados.

**Palabras clave:** comercio electrónico; georreferenciación; plataforma; software libre; usabilidad

---

<sup>1</sup> Autor principal.

Correspondencia: [jjativa2126@uta.edu.ec](mailto:jjativa2126@uta.edu.ec)

## **Democratization of a Georeferentiation Platform with free Software Focused on e-Commerce Initiatives**

### **ABSTRACT**

The present research work is experimental. Its objective is to democratize the integration of a free software georeferencing platform in electronic commerce applications. Taking into account that, in Latin America, electronic commerce has been established to a greater extent in recent years, the possibility of solutions that make use of free software is considered, to help reduce costs in terms of the implementation of these technologies. An alternative is proposed that makes use of tools such as JavaScript, HTML5, CSS3, the Leaflet Maps library, OpenStreetMap and GeoJSON type files. The methodology used in this research is quantitative in nature; The System Usability Scale was applied to validate the usability of this proposal, with the participation of six experts in the area. The Geo-EC-Maps application, resulting from the study carried out, obtained an SUS value of 82.92 points, being considered satisfactory for the stated objectives.

**Keywords:** electronic commerce; georeferencing; platform; free software; usability

*Artículo recibido 17 noviembre 2023  
Aceptado para publicación: 29 diciembre 2023*

## INTRODUCCIÓN

El comercio electrónico no es una actividad nueva, puesto que el mismo se viene ejerciendo desde hace más de 20 años a nivel global. En Estados Unidos, varias empresas destacan por su constante renovación dentro de este ámbito. Entre ellas se encuentran: Amazon y Ebay, que al día de hoy se constituyen como los mayores monopolios en la venta de gran variedad de artículos, a pesar de que las empresas fueron fundadas en 1994 y 1995 respectivamente (Zambrano et al., 2021).

Sin embargo, en Ecuador, se puede mencionar que es una temática relativamente nueva. Una gran cantidad de negocios aún están acoplándose a la utilización de las diferentes tecnologías existentes. De hecho, fue la pandemia del Covid-19 la causante de las adaptaciones que debieron realizarse en los negocios, para migrar a una plataforma virtual (Martínez, 2020). Así mismo, ciertos usuarios todavía no confían completamente en este sistema, mencionando que prefieren realizar sus compras de forma presencial para evitar ser víctimas de estafas o tener problemas con el producto adquirido (Alvarado & Vergara, 2018).

Por este motivo, es importante que los comercios electrónicos tomen en cuenta ciertas características a agregar a su sitio web como valor agregado para lograr que los usuarios confíen en utilizar este medio. Tal es el caso de seguridades para ambas partes, la protección de los datos proporcionados y una buena experiencia de consumo (Mesías, 2018). También, es necesario destacar, como ventajas del comercio electrónico, que para los negocios se hace más sencillo acceder al mercado comercial, los negocios obtienen la posibilidad de contactarse de forma directa con los clientes evitando a los intermediarios y se le puede brindar al cliente una atención personalizada haciendo uso de redes sociales (Fiallos, 2019).

En realidad, los negocios se encuentran en la búsqueda constante de la innovación para tratar de ofrecerle un mejor servicio a sus clientes con precios que resulten atractivos, pero sin perder el valor de los productos o servicios disponibles (Moposita et al., 2021). En consecuencia, los negocios buscan ciertos beneficios directos, como pueden ser la reducción de los costos generados y ahorrar tiempo en actividades organizacionales (Carrión et al., 2021).

Debido a esto, la posibilidad de brindarle a los propietarios de comercios electrónicos herramientas que le otorguen un aspecto más confiable les beneficia en cuanto a su credibilidad. Directamente podríamos hablar

de georreferenciación, ya que en la actualidad casi todos los dispositivos electrónicos cuentan con sistemas que hacen uso de GPS (Afanador et al., 2020). De acuerdo con esto, para lograr que el propietario pueda trabajar en la creación de mapas que le ayuden a implementar georreferenciación dentro de su sitio, se necesita hacer uso de varias herramientas que ayuden al cumplimiento de este propósito, tomando en cuenta que existen alternativas de código abierto para facilitar su utilización. Esta iniciativa ha venido incrementándose con el pasar del tiempo desde que apareció en el año de 1998 (Lenarduzzi et al., 2020).

De igual forma, los sistemas de georreferenciación tienen ciertas ventajas como los son: proporcionar la ubicación de los usuarios del mapa, para poderles ofrecer una mejor experiencia en cuanto a lo que buscan, lograr ubicar o rastrear ciertos objetos de interés, conocer las rutas por donde se puede llegar a una ubicación específica, tomar coordenadas de ciertos lugares para trabajar en zonas de interés, buscar una dirección de forma exacta para poderla visitar (Ibarra, 2013).

En este sentido, para que las personas propietarias de un comercio electrónico que se encuentren interesadas en hacer uso de un sistema de georreferenciación, puedan implementarlo sin ningún tipo de costo generado, es importante trabajar con software libre, el cual le da la libertad a quien utilice el código para generar varios estudios que desee, realizar modificaciones que se adapten a sus necesidades específicas, agregar o eliminar segmentos del código inicialmente establecido, en resumen puede trabajar con el código original o proponer un nuevo código basado en el original (Fortunato & Galassi, 2021).

Rizal y Sumaryana (2020) presentan una solución práctica para mostrar, de forma gráfica los domicilios de los estudiantes universitarios. Esta información se pone a disposición de las autoridades universitarias, para la realización de recapitulaciones acerca de estos datos. En la implementación en cuestión se hizo uso de Leaflet Maps y XP como metodología de programación.

Por su parte, Holdi et al. (2021) propuso el desarrollo de un sistema de información para que las comunidades locales conozcan las instalaciones públicas que existen en la ciudad de Pontianak de una forma gráfica. Para esto se hace uso del método cascada y para visualizar el mapa se utiliza la biblioteca de Leaflet con sus complementos y los mapas de OpenStreetMap.

En cambio, Souto et al. (2020) propuso la creación de un mapa dinámico, en el cual se representa un mapeo

del Covid-19 en Brasil, haciendo uso de OpenStreetMap y Leaflet Maps, también se exponen ciertas ventajas como, que se puede acceder a los datos desde cualquier lugar haciendo uso de internet sin importar el dispositivo o sistema operativo, un cambio inmediato entre capas de información y desventajas existentes como las limitaciones que pueden tener ciertas personas para utilizar estos mapas al hacer uso de nuevas tecnologías ya que no todas las personas están familiarizadas.

Se ha trabajado también en la creación de un mapa interactivo que contiene las diferentes reservas naturales de Egipto, en donde se hace uso de herramientas como HTML, CSS, JavaScript y la biblioteca de Leaflet Maps (Abdelwahed et al., 2021).

Bhatia et al. (2018) describieron el uso de la biblioteca de Leaflet Maps y otras herramientas como Geoserver y PostgreSQL, para la creación de un mapa que permite desplegar información de puntos haciendo uso de archivos JSON. Esto permitió manejar datos georreferenciados de forma sencilla y práctica, haciendo que personas que no tengan un amplio conocimiento en programación también puedan hacer uso de esta solución.

Edler y Vetter (2019) describen cómo los usuarios pueden manejar archivos de audio dentro de los puntos que se han insertado, tomando en cuenta que desde hace más de 25 años se viene tratando el tema de trabajar en mapas audiovisuales.

También se ha propuesto la transformación de mapas antiguos de Polonia que bordean el siglo XIX a mapas web interactivos teniendo en cuenta que utilizan archivos GeoJSON y la biblioteca de Leaflet Maps para cumplir con su objetivo (Horbiński & Lorek, 2020).

Durante la revisión de estos trabajos previos, existe un común denominador, que se centra en la forma en la cual los investigadores han decidido basar su trabajo en la utilización de herramientas de software libre, dándole un enfoque general como Holdi et al. (2021), Abdelwahed et al. (2021) para que toda la comunidad pueda hacer uso de sus propuestas. Además, se pudo corroborar cómo la biblioteca de Leaflet Maps ha sido utilizada en una gran diversidad de áreas lo que conlleva a aceptar que la georreferenciación es una temática que puede ser analizada desde varios frentes, siendo muy diversa su aplicación según el enfoque en el cual se necesite trabajar.

Es por esta razón que el presente trabajo pretende mostrar los resultados del estudio de las capacidades de la georreferenciación en soluciones funcionales para que hagan uso de software libre. Debido a que, en la revisión de literatura llevada a cabo, no se encontraron aplicaciones de georreferenciación en el área del comercio electrónico, se ha trabajado en la creación de un aplicativo que ha integrado una plataforma, para facilitar a los negocios electrónicos de América Latina, la implementación de características de georreferenciación, brindando una alternativa funcional y que además es gratuita, para que así se pueda incrementar la credibilidad de estos emprendimientos dándole un valor agregado que los diferenciaría de la competencia. El objetivo del presente trabajo es democratizar la integración de una plataforma de georreferenciación de software libre dentro de una aplicación de comercio electrónico. El trabajo está dividido en varias secciones; la primera sección le permite conocer al usuario información relevante acerca del comercio electrónico y su crecimiento durante los últimos años. La segunda sección expone la metodología utilizada para el trabajo y las herramientas con las que ha sido desarrollada la aplicación. Posteriormente se muestran los resultados que se han obtenido en cuanto al desarrollo de la aplicación y también el resultado de la encuesta al ser aplicada como un instrumento de validación del trabajo. Después se analiza el impacto del trabajo llevado a cabo y, finalmente, se arriba a conclusiones.

## **METODOLOGÍA**

El presente trabajo es de carácter cuantitativo puesto a que se trata de una evaluación experimental de las capacidades de integración de una plataforma de georreferenciación software libre en una aplicación de comercio electrónico. Para determinar el nivel de usabilidad del resultado obtenido se utilizó la Escala de Usabilidad del Sistema (Brooke, 1996). Este trabajo constituye, además, una investigación aplicada, ya que se busca resolver una problemática planteada de una forma práctica.

En cuanto a las técnicas de recolección de datos, se ha utilizado la encuesta propuesta por Brooke (1996), ampliamente aceptada como instrumento para medir el nivel de usabilidad de un software.

En la validación de resultados se involucró un total de seis expertos en el ámbito de los sistemas computacionales.

El/detalle/del/instrumento/de/validación/utilizado/se/puede/consultar/en:[https://drive.google.com/drive/fo](https://drive.google.com/drive/folders/1QXXKTfmGrBXCE_MhLRciyDa4NPieX5-i?usp=sharing)lders/1QXXKTfmGrBXCE\_MhLRciyDa4NPieX5-i?usp=sharing. En la tabla 1 se muestra información relevante en cuanto a los expertos participantes en la evaluación de los resultados del presente trabajo.

**Tabla 1.** Información acerca de los expertos que participaron en la validación de la aplicación.

<b>Experto</b>	<b>Años de experiencia profesional en el área de software</b>	<b>Años como docente</b>
Número 1	23	21
Número 2	14	6
Número 3	14	11
Número 4	8	1
Número 5	7	3
Número 6	5	3

Nota: Datos que aportan para demostrar que las personas tomadas en cuenta para la encuesta cuentan con suficiente experiencia para validar el producto.

Además, la aplicación fue desarrollada según varias consideraciones éticas que se establecen de forma general, como, por ejemplo, que la ubicación que proporcionan los usuarios para generar estos mapas no sea utilizada con otros fines más que para representarla en el mapa.

## **RESULTADOS**

El principal resultado alcanzado es la aplicación de código abierto denominada Geo-EC-Maps, que les permite a las iniciativas de comercio electrónico implementar funcionalidades de georreferenciación para incrementar el nivel de confianza de sus potenciales compradores, aportando a que los comercios electrónicos tengan la posibilidad de aumentar su credibilidad al agregar estas características.

La principal característica que le aporta un valor agregado a la aplicación desarrollada, es que la misma ha sido construida con herramientas de software libre ayudando a los negocios de comercio electrónico a disminuir los costos de implementación tecnológica, pero brindando una solución segura y funcional.

Para lograr que la aplicación sea utilizada sin la necesidad de tener amplios conocimientos en cuanto al manejo de herramientas de personalización de mapas, la interfaz implementada resulta sencilla de entender ya que ha sido desarrollada tomando en cuenta las posibles acciones que un usuario puede realizar dentro

de la aplicación, por lo cual existen controles y se muestran mensajes informativos que ayudan a completar de forma correcta la acción en la cual el usuario está trabajando.

De esta forma, al enfocarse en el ámbito de la georreferenciación es necesario conocer qué herramientas son utilizadas para el desarrollo de esta aplicación. En la figura 1, se presenta un esquema en donde aparecen las herramientas de georreferenciación de software libre que han sido utilizadas.

**Figura 1.** Herramientas de Georreferenciación.



Nota: Las herramientas integradas a la aplicación desarrollada.

Para la realización de la aplicación se utilizaron varias tecnologías que se describen a continuación; el lenguaje de programación JavaScript (Theisen, 2019) que en el trabajo aporta en la creación de las diferentes funciones para desplegar el mapa y trabajar en el mismo, también se ha hecho uso del protocolo HTML5 para definir el modelo de los objetos y de CSS3 para configurar el estilo que se le muestra al usuario en la interfaz (Theisen, 2019). Además, la biblioteca Leaflet Maps, que resalta por ser una integración para JavaScript, proporciona todos los métodos y funcionalidades necesarias para desplegar el mapa, siendo su principal característica la facilidad para ser implementada Holdi et al. (2021), que en conjunto con los mapas de OpenStreetMap donde el usuario puede trabajar de forma gratuita Vargas et al. (2021), se complementan para la visualización final del mapa. Por último, se utilizó GeoJSON que se considera como un formato para trabajar con datos geográficos haciendo uso de coordenadas exactas para



cada punto creado, conociendo que es una variación directa de los archivos JSON que obtuvieron una gran popularidad al inicio del nuevo milenio por manejar gran cantidad de datos, pero con un formato ligero (Zhou, 2022).

Resulta fundamental explicar acerca de las funcionalidades de georreferenciación tomadas en cuenta para brindarle un valor agregado a la aplicación desarrollada. En la tabla 2, se realiza una clasificación de las funcionalidades de forma detallada.

**Tabla 2.** Clasificación de funcionalidades de la aplicación.

<b>Funcionalidad</b>	<b>Descripción</b>
Despliegue del mapa	Contiene a las configuraciones iniciales del mapa.
Personalización del mapa	La aplicación permite trabajar con puntos, rutas, figuras y zonas de calor.
Gestión de características geográficas	Es posible realizar una inserción, edición y eliminación de características directamente en el mapa y el archivo GeoJSON.
Gestión de archivos	Permite cargar o descargar los archivos GeoJSON generados en la aplicación.
Limpieza del mapa	Se puede limpiar el mapa y el archivo GeoJSON para trabajar en una nueva creación.
Visualización de información	Se presenta información acerca las características agregadas tomando en cuenta un nombre, una descripción, el ícono y fotos cargadas.

Nota: Una clasificación general acerca de las funciones con las que cuenta la aplicación desarrollada.

Después de conocer las funcionalidades implementadas en la aplicación, se comparte el código utilizado para lograr comprender como se ha estructurado a estas funciones.

**Despliegue del mapa:** La aplicación tiene la capacidad de ser flexible para mostrarle al usuario diferentes tipos de capas en el mapa desplegado, como demostración en la aplicación se implementaron las siguientes capas; la capa estándar presenta información acerca de carreteras, caminos y nombres de lugares, por lo general es la vista utilizada de forma común; en la capa de satélite se utiliza imágenes de la geografía real de la Tierra capturada desde el espacio, proporcionando una vista más realista del entorno; la capa de

transporte tiene como principal objetivo resaltar redes de transporte y la capa de ciclista establece rutas y senderos adecuados para esta actividad (Vargas et al., 2020).

En la figura 2, se muestra el código necesario para inicializar el mapa en donde se le brindan varios parámetros para su despliegue.

**Figura 2.** Uso de Leaflet Maps para manejar mapas.

```
//Se inicializa el mapa escogiendo coordenadas y nivel de zoom, mientras mayor sea el número más zoom se le da
let map = L.map('mapa_general', {
  zoomControl: false, // Desactiva el control de zoom predeterminado
});
var drawnItems = new L.FeatureGroup().addTo(map);
var drawControl;
var dibujando = false; // Variable para rastrear si se está dibujando
L.control.zoom({
  zoomInTitle: 'Acercar',
  zoomOutTitle: 'Alejar'
}).addTo(map);
map.addLayer(drawnItems);

// Se crea capa para mostrar el mapa
var tileLayer = L.tileLayer('https://{s}.tile.openstreetmap.org/{z}/{x}/{y}.png', {
  maxZoom: 19,
  attribution: '&copy; <a href="http://www.openstreetmap.org/copyright">OpenStreetMap</a>' //Atribución del mapa
}).addTo(map);
```

Nota: Integración de la plataforma para construir un mapa implementando capas.

**Personalización del mapa:** La aplicación proporciona la posibilidad de personalización del mapa según las necesidades del usuario. Para utilizar las capas existentes la aplicación ofrece la personalización usando funciones para anexar estilos, como se demuestra en la figura 3.

**Figura 3.** Manejo de estilos de capas.

```
function cambiarLayerMapa(nuevoLayer) {
  // Define las URL de los layers según tus necesidades
  var urlEstandar = 'https://{s}.tile.openstreetmap.org/{z}/{x}/{y}.png';
  var urlSatelite = 'https://api.maptiler.com/maps/hybrid/{z}/{x}/{y}.jpg?key=0DAuktblFyxLjvuFK6EM';
  var urlTransporte = 'https://c.tile.thunderforest.com/transport/{z}/{x}/{y}.png?apikey=6e5478c8a4f54c779f85573c0e399391';
  var urlCiclista = 'https://a.tile.thunderforest.com/cycle/{z}/{x}/{y}.png?apikey=6e5478c8a4f54c779f85573c0e399391';

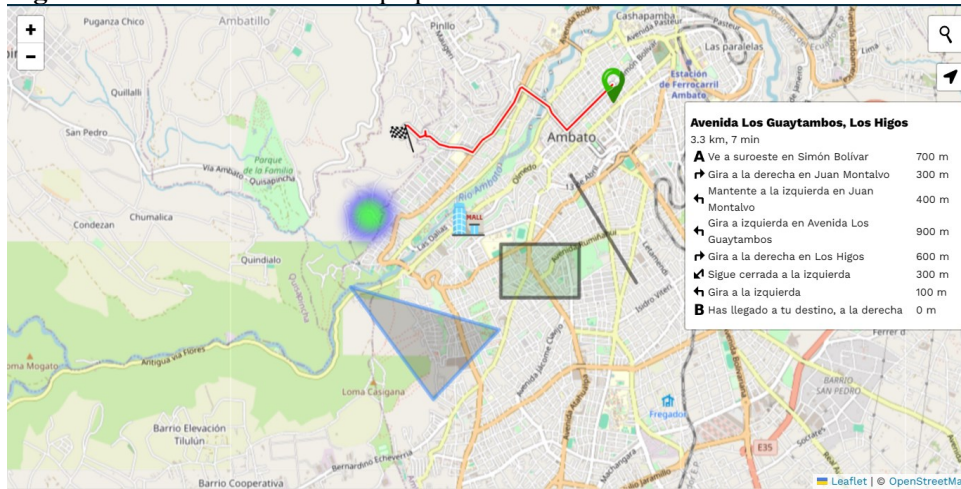
  // Agrega más URL según tus capas

  // Actualiza el estilo del mapa según el nuevoLayer
  if (nuevoLayer === 'estandar') {
    tileLayer.setUrl(urlEstandar);
  } else if (nuevoLayer === 'satelite') {
    tileLayer.setUrl(urlSatelite);
  } else if (nuevoLayer === 'transporte') {
    tileLayer.setUrl(urlTransporte);
  } else if (nuevoLayer === 'ciclista') {
    tileLayer.setUrl(urlCiclista);
  }
}
```

Nota: La aplicación es capaz de manejar estilos de capas que pueden provenir de diversas fuentes, para abarcar diferentes requerimientos.

Por esto se ha tomado en cuenta que se puede trabajar con características que pueden ser; puntos, rutas, figuras, zonas de calor. En la figura 4, se muestra el resultado luego de trabajar con estas características en el mapa de la aplicación.

**Figura 4.** Demostración del mapa personalizado.



Nota: Se demuestra la capacidad de la aplicación para implementar características de personalización

**Gestión de características geográficas:** La aplicación le brinda al usuario la posibilidad de realizar una gestión de las características que se agregan al mapa y al archivo GeoJSON, que se construye según las modificaciones realizadas por parte del usuario. En cuanto a las acciones que se pueden realizar, se puede mencionar que en la inserción se admite la creación de diferentes características, como; puntos, puntos para una calcular una ruta, figuras como una línea, un polígono o un rectángulo, que pueden ser trazados por el usuario en el mapa proporcionado, además puede agregar zonas de calor configurando la intensidad con la que se muestra. Luego para la edición, se puede trabajar modificando las propiedades de un punto agregado, o de un punto que sirve para calcular una ruta, también se pueden editar las propiedades de una figura tomando en cuenta el color del borde y el color del relleno de la misma. En consecuencia, se puede realizar una eliminación tanto de un punto agregado, además se puede eliminar un punto de ruta o la ruta generada y también se puede eliminar una figura que ha sido agregada al mapa. Un factor importante que hay que destacar es que la aplicación cuenta con funciones que permiten que una característica implementada en el mapa sea almacenada, editada o eliminada de forma simultánea también en el archivo GeoJSON que se construye. Para ejemplificar estas acciones se mostrará el código correspondiente que permite trabajar con un punto. En la figura 5, se muestra el llamado de las funciones con los comportamientos descritos.

**Figura 5.** Función para manejar inserción de puntos al mapa.

```
marcador.bindPopup('<b>${nombre}<br>${descripcion}</b>').openPopup();
marcador.addTo(puntos);

// Agregar evento para editar el marcador
marcador.on('click', function () {
  editarYEliminarMarcador(marcador);
});

// Antes de llamar a agregarPuntoGeoJSON
mapalayer = mapStyleSelect.value;

agregarPuntoGeoJSON(latlng, nombre, descripcion, iconoseleccionado, fotos, marcador);

Swal.fire('Éxito', 'Punto Agregado Correctamente.', 'success');
```

Nota: Se demuestra que un punto es agregado de manera simultánea al mapa y al archivo GeoJSON.

Como se mencionó anteriormente, cuando un punto es agregado al mapa también es agregado al mismo tiempo al archivo GeoJSON. Por lo cual, se muestra a las funciones que se encargan de realizar estas acciones, pero para el archivo GeoJSON, como se puede revisar en las figuras 6, 7 y 8.

**Figura 6.** Atributos del archivo GeoJSON.

```
function agregarPuntoGeoJSON(latlng, nombre, descripcion, iconoUrl, imagenes, marcador) {
  // Obtener el nivel de zoom actual del mapa
  var zoom = map.getZoom();

  // Verificar si la información del punto es válida
  if (latlng && nombre && descripcion) {
    puntoFeature = {
      "type": "Feature",
      "properties": {
        "id": marcador.options.id, // Genera un identificador único para el punto
        "nombre": nombre,
        "descripcion": descripcion,
        "iconoUrl": iconoUrl,
        "layer": mapalayer, // Utiliza el estilo actual del mapa como layer
        "fotos": [],
        "zoom": zoom // Nuevo: Agregar el nivel de zoom
      },
      "geometry": {
        "coordinates": [latlng.lng, latlng.lat],
        "type": "Point"
      }
    };
  }
};
```

Nota: Se muestran las propiedades y atributos de las clases dentro del archivo GeoJSON.

**Figura 7.** Edición de un punto en el archivo GeoJSON.

```
function actualizarPuntoGeoJSON(marcador, nombre, descripcion, iconoUrl) {
  // Encuentra el punto correspondiente en el GeoJSON
  var puntoGeoJSON = geojsonData.features.find(function (feature) {
    // Compara las coordenadas para identificar el punto
    return (
      feature.geometry.coordinates[0] === marcador.getLatLng().lng &&
      feature.geometry.coordinates[1] === marcador.getLatLng().lat
    );
  });

  // Actualiza las propiedades del GeoJSON con los nuevos valores
  puntoGeoJSON.properties.nombre = nombre;
  puntoGeoJSON.properties.descripcion = descripcion;
  puntoGeoJSON.properties.iconoUrl = iconoUrl;
}
```

Nota: La función integra los pasos para actualizar los datos en el archivo GeoJSON.

**Figura 8.** Eliminación de un punto en el archivo GeoJSON.

```
function eliminarPuntoGeoJSON(marcador) {
  // Encuentra el índice del punto correspondiente en el GeoJSON
  var index = geojsonData.features.findIndex(function (feature) {
    // Compara las coordenadas para identificar el punto
    return (
      feature.geometry.coordinates[0] === marcador.getLatLng().lng &&
      feature.geometry.coordinates[1] === marcador.getLatLng().lat
    );
  });

  // Elimina el punto del GeoJSON
  if (index !== -1) {
    geojsonData.features.splice(index, 1);

    // Elimina el marcador del mapa
    todosLosPuntos.removeLayer(marcador);
    // Actualiza la tabla de información de puntos
    mostrarInformacionDePuntos();
  }
}
```

Nota: La función integra los pasos para eliminar los datos en el archivo GeoJSON.

**Gestión de archivos:** La aplicación permite respaldar los datos con las modificaciones realizadas mediante la descarga del archivo GeoJSON, para que el usuario pueda utilizar estos datos más adelante, ya que en la aplicación desarrollada también se puede cargar un archivo que contenga las propiedades establecidas para poder retomar el trabajo y agregar o eliminar características según sea necesario. En la figura 9, se visualiza la función que permite llevar a cabo todo el comportamiento descrito.

**Figura 9.** Función para respaldar los datos.

```
function descargarGeoJSON() {
  // Obtener el GeoJSON actualizado
  var geoJSONContenido = generarGeoJSON();

  // Verificar si hay puntos agregados
  if (geojsonData.features.length === 0) {
    Swal.fire({
      icon: 'warning',
      title: 'Aviso',
      text: 'Para descargar un archivo, debes agregar al menos un punto o una figura al mapa.',
    });
    return;
  }
  var geoJSONContenido = JSON.stringify(geojsonData);
  descargarArchivo(geoJSONContenido, 'mapa_personalizado.json');
}

// Función para descargar el GeoJSON actualizado
function generarGeoJSON() {
  // Aquí generas el GeoJSON actualizado con las propiedades de tus puntos
  // Retorna el GeoJSON como texto JSON
  return JSON.stringify(geojsonData);
}
```

Nota: La función demuestra el proceso para llevar a cabo el respaldo del archivo GeoJSON con los datos.

La función de carga de datos tiene la capacidad de validación del archivo GeoJSON para su correcta lectura y carga, tal y como se muestra en la figura 10.

**Figura 10.** Lectura, validación y carga de los datos.

```
// función para procesar el geoJSON
function procesarGeoJSON(contenidoArchivo) {
  console.log("Entrando en procesarGeoJSON");
  var nuevoGeoJSON;

  try {
    nuevoGeoJSON = JSON.parse(contenidoArchivo);
  } catch (error) {
    throw new Error("Error al parsear el JSON del archivo: " + error.message);
  }

  // obtener el nivel de zoom del primer punto en el GeoJSON
  var zoomDelPrimerPunto = obtenerZoomDelPrimerPunto(nuevoGeoJSON);

  // Limpiar todos los puntos existentes
  todosLosPuntos.clearLayers();
  todasLasFiguras.clearLayers();
  puntosCalientes = [];

  // Verificar si hay un layer en el JSON y cambiar el layer del mapa si es necesario
  if (nuevoGeoJSON.features.length > 0 && nuevoGeoJSON.features[0].properties && nuevoGeoJSON.features[0].properties.layer) {
    cambiarLayerMapa(nuevoGeoJSON.features[0].properties.layer);
  }

  // Variables para el centrado del mapa
  var centerLatLng;
  var isFirstGeometry = true;
}
```

Nota: La función valida el formato y la integridad del archivo antes de realizar la carga.

**Limpieza del mapa:** La aplicación cuenta con la opción que le permite al usuario generar una nueva creación, luego de descargar el código con el cual ha estado trabajando para brindarle un respaldo, antes de iniciar una configuración de características nueva en el mapa. En la figura 11, se muestra la función para manejar la situación descrita.

**Figura 11.** Función de restauración del mapa.

```
function limpiarMapa() {
  // Verifica si hay puntos agregados
  if (puntos.getLayers().length === 0 && rutas.length === 0 && todosLosPuntos.getLayers().length === 0) {
    Swal.fire({
      icon: 'info',
      title: 'Nada que limpiar',
      text: 'No hay puntos, rutas ni figuras agregadas en el mapa.'
    });

    // Llama a la función para limpiar la tabla de información de puntos
    limpiarTablaInformacion();

    return;
  }

  // Elimina todos los puntos del mapa
  todosLosPuntos.clearLayers();

  // Elimina todas las capas de ruta almacenadas
  for (var i = 0; i < rutas.length; i++) {
    map.removeControl(rutas[i]);
  }

  // Limpia el arreglo de rutas
  rutas = [];

  // Limpia el arreglo de puntos del GeoJSON
  geojsonData.features = [];

  // Llamada a la función para cargar el estado inicial
  cargarEstadoInicial();
}
```

Nota: Esta función libera la memoria utilizada con el anterior mapa, termina procesos vinculados y retorna el mapa a su estado predeterminado.

**Visualización de información:** La aplicación le permite al usuario revisar la información que contiene cada una de las características agregadas al mapa desplegado, tomando en cuenta el nombre, la descripción, el ícono y si existen fotos agregadas a esa característica, estas se mostrarán dentro de una tabla en la aplicación. En la figura 12, se muestra la función que permite desplegar los datos de cada característica, la misma que es recuperada del archivo GeoJSON, en donde se recorre al mismo para determinar todas las

características existentes y agregarlas a la tabla.

**Figura 12.** Función para mostrar los datos de los puntos.

```
function mostrarInformacionDePuntos() {
  // Obtén el div donde mostrarás la información
  var infoDiv = document.getElementById('infoDiv');

  // Crea una tabla HTML
  var table = document.createElement('table');
  table.id = 'miTabla'; // Asigna un id a la tabla
  table.border = '1';
  table.style.textAlign = 'center';
  table.style.margin = 'auto'; // Establece márgenes automáticos
  table.style.width = '100%'; // Ajusta el ancho según tus necesidades

  // Crea la fila de encabezado
  var headerRow = table.insertRow(0);
  var headers = ['Nombre', 'Descripción', 'Icono', 'Fotos']; // Agrega más encabezados según sea necesario

  // Agrega los encabezados a la fila de encabezado
  for (var i = 0; i < headers.length; i++) {
    var headerCell = headerRow.insertCell(i);
    headerCell.innerHTML = '<b>' + headers[i] + '</b>';
  }

  // Recorrer los puntos cargados y agregar a la tabla
  for (var i = 0; i < gejsonData.features.length; i++) {
    var punto = gejsonData.features[i].properties;

    // Crea una nueva fila en la tabla
    var row = table.insertRow(i + 1);

    // Agrega las celdas con la información del punto
    var nombreCell = row.insertCell(0);
```

Nota: Los datos manejados son recuperados del archivo GeoJSON existente en el momento de trabajar en el mapa.

Después de haber presentado información necesaria respecto al código generado, es importante mencionar como se pueden integrar las funcionalidades de georreferenciación dentro de un negocio de comercio electrónico. Tomando en cuenta que el objetivo de la investigación es la democratización de una plataforma de georreferenciación dentro de la aplicación, los usuarios interesados en implementar esta propuesta tienen a su disposición el acceso directo a las funcionalidades desarrolladas.

De esta forma, el proceso para adaptar la aplicación a los requerimientos del usuario, toma en cuenta ciertas características principales que son la adaptabilidad y la flexibilidad existente para ser acoplada a dichos requerimientos. Gracias a la estructura con la cual se desarrolló la aplicación, el usuario puede cargar o reemplazar la información correspondiente según sus necesidades, tanto en la estructura que maneja un archivo GeoJSON el cual puede tener las características implementadas, que pueden ser añadidas o eliminadas, además puede modificar otros aspectos relevantes de la personalización del mapa, por ejemplo, los marcadores que se agregan, tomando en cuenta que existe un directorio donde se alojan todas las representaciones de los mismos.

También el sistema ha sido desarrollado bajo un paradigma declarativo, lo que le permite al usuario trabajar con sus propios datos y configuraciones. Para lograr esto, el usuario tiene a su disposición, además de las funcionalidades ya mencionadas en la tabla 2, métodos de carga y adaptación de la nueva información.

Este trabajo se encuentra respaldado por una validación la cual fue aplicada con personas expertas en el área de sistemas informáticos. En la tabla 3 se observan los resultados obtenidos luego de realizar el procesamiento de estos valores.

**Tabla 3.** Valores obtenidos de la encuesta SUS aplicada.

<b>Respuesta</b>	<b>Puntuación Final SUS (System Usability Scale)</b>
Encuestado 1	80 /100
Encuestado 2	75 /100
Encuestado 3	92,5 /100
Encuestado 4	80 /100
Encuestado 5	95 /100
Encuestado 6	75 /100
Promedio	82,92 /100

Nota: Se muestran los valores después de haber sido tratados con las indicaciones de esta herramienta de validación y se obtiene el valor final del mismo.

Como se visualiza en la tabla 2 el resultado que se ha obtenido luego de realizar el tratamiento de los datos que son obtenidos de las respuestas brindadas por varios expertos, se puede corroborar que la aplicación desarrollada se encuentra dentro de un rango aceptable acercándose a excelente, puesto a que la misma ha obtenido una puntuación final de 82,92 puntos sobre 100. Lo que nos quiere decir que la aplicación desarrollada se ha calificado según los expertos como una aplicación que es fácil de utilizar y entender por parte del usuario, ya que la misma ha sido desarrollada tomando en cuenta los aspectos fundamentales en cuanto a la experiencia del usuario.

## **DISCUSIÓN**

Luego del desarrollo de la aplicación se puede confirmar lo dicho por Holdi et al. (2021), ya que fue relativamente sencillo implementar y desplegar las diferentes características que la biblioteca Leaflet Maps posee, además de poder ser utilizado sin ningún problema en dispositivos móviles o de escritorio.

También se comprueba lo dicho por (Rizal & Sumaryana, 2020), porque la biblioteca de Leaflet Maps ha funcionado de forma correcta para generar mapas interactivos que pueden ser modificados según el usuario lo necesite.



De esta forma, se ha podido validar lo mencionado por (Alvarado & Vergara, 2018), ya que al hacer uso de herramientas de software libre se reducen los costos de inversión en tecnologías de los comercios electrónicos, además, se les brinda a los negocios de comercio electrónico información relevante para que pueda incrementarse la posibilidad de que los usuarios realicen compras en el sitio web.

Con esto se puede mencionar que la novedad científica de este proyecto se basa en el desarrollo de una aplicación para la democratización de una plataforma de georreferenciación software libre la cual ha sido validada por expertos, haciendo uso de una encuesta SUS, lo que refuerza a la aplicabilidad de esta propuesta. Los comercios electrónicos que hagan uso de la aplicación no deberán cancelar ningún monto económico incluso si lo están utilizando a nivel de desarrollo, que sería una de las mayores ventajas frente a otras herramientas de paga, en donde se suelen mostrar fondos de agua o versiones no funcionales en su totalidad hasta que el usuario adquiera el servicio.

## **CONCLUSIONES**

Después de concluir el trabajo realizado, se arribó a las siguientes conclusiones:

La utilización de herramientas de software libre para el desarrollo de la aplicación ha permitido implementar las funcionalidades deseadas.

Se han identificado varias funcionalidades de la georreferenciación existentes en el ámbito del software libre, como la inserción de puntos, la generación de rutas, la personalización de figuras e incluso la generación de zonas de calor, que pueden ser agregadas a los diferentes mapas generados con aplicación al comercio electrónico.

Se ha implementado Leaflet Maps dentro de una aplicación funcional, para facilitar la implementación de georreferenciación dentro de negocios de comercio electrónico, permitiéndole al usuario trabajar en la personalización de un mapa.

Se ha validado satisfactoriamente, de una forma experimental, el trabajo llevado a cabo, posicionando a la aplicación como un software sencillo de utilizar, según los expertos encuestados.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdelwahed, A. M., Shawesh, A. M., & Farag, D. M. F. (2021). Interactive map of natural reserves in Egypt using open-source web gis tools. *The Egyptian Journal of Environmental Change*.  
<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:241251842>
- Afanador, I. J. J. C., Rivero, A. J. L., & Gallego, J. A. R. (2020). Analysis of geolocation accuracy by GPS: dedicated support signal integration and collaborative network in location-based services. 2020 15th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI).  
<https://ieeexplore.ieee.org/document/9140929>
- Alvarado-Gastiaburo, Á. C., & Vergara-Díaz, N. S. (2018). El desafío del comercio electrónico en la economía/del/Ecuador./Polo/del/Conocimiento,/3/(1/Mon),/67-86.  
<https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/681>
- Bhatia, T. S., Singh, H., Litoria, P., & Pateriya, B. (2018). Web GIS development using open source Leaflet and/Geoserver/toolkit./<https://www.semanticscholar.org/paper/cdcc290a3c52b93dee74166eb19014fe8b8abc86>
- Brooke, J. (1996). SUS: A “quick and dirty” usability scale. En *Usability Evaluation In Industry* (pp. 207–212). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781498710411-35>
- Carrión-Carrión, J., Muñoz-Jimbo, S., Romero-Black, W., & Mora-Sánchez, N. (2021). TIC's como herramienta para el comercio electrónico en las MIPYMES del Cantón Machala. 593 Digital Publisher CEIT, 6(3), 382–393. <https://doi.org/10.33386/593dp.2021.3.605>
- Edler, D., & Vetter, M. (2019). The simplicity of modern audiovisual web cartography: An example with the open-source JavaScript library leaflet.js. *KN - Journal of Cartography and Geographic Information*, 69(1), 51–62. <https://doi.org/10.1007/s42489-019-00006-2>
- Fiallos Moncayo, D. (2019). Influencia del comercio electrónico en el turismo. *Journal of business and entrepreneurial studies*, 3(2), 32–38. <https://doi.org/10.31876/jbes.v3i2.24>
- Fortunato, L., & Galassi, M. (2021). The case for free and open source software in research and scholarship. *Philosophical Transactions. Series A, Mathematical, Physical, and Engineering Sciences*,

- 379(2197). <https://doi.org/10.1098/rsta.2020.0079>
- Holdi, A., Irwansyah, M. A., & Novriando, H. (2021). Aplikasi WebGis Fasilitas Umum Menggunakan Library Leaflet dan OpenStreetMap. *Jurnal Sistem Dan Teknologi Informasi (JustIN)*, 9(3), 334. <https://doi.org/10.26418/justin.v9i3.44442>
- Horbiński, T., & Lorek, D. (2020). The use of Leaflet and GeoJSON files for creating the interactive web map of the preindustrial state of the natural environment. *Journal of Spatial Science*, 67(1), 61–77. <https://doi.org/10.1080/14498596.2020.1713237>
- Ibarra Ruiz, G. (2013). Aplicaciones del sistema de información geo referenciado en el ecuador. *Yachana Revista Científica*, 2 (2). <https://doi.org/10.1234/yach.v2i2.66>
- Lenarduzzi, V., Taibi, D., Tosi, D., Lavazza, L., & Morasca, S. (2020). Open source software evaluation, selection, and adoption: A systematic literature review. 2020 46th Euromicro Conference on Software Engineering and Advanced Applications (SEAA). <https://ieeexplore.ieee.org/document/9226353>
- Martínez, B. A. (2020). Privacidad, geolocalización y aplicaciones de rastreo de contactos en la estrategia de salud pública generada por la COVID-19. *Actualidad jurídica iberoamericana*, 12, 848–859. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7435593>
- Mesías, P. S. (2018). Comercio electrónico en Ecuador. *Observatorio de la Economía Latinoamericana*, septiembre. <https://www.eumed.net/rev/oel/2018/09/comercio-electronico-ecuador.html>
- Moposita-Lagua, W., Parrales-Bejeguén, K., & Calvache-Vargas, C. (2021). Marketing de proximidad: La geolocalización, como estrategia de publicidad en las marcas de centros comerciales en la ciudad de Ambato. *593 Digital Publisher CEIT*, 6(2), 229–241. <https://doi.org/10.33386/593dp.2021.2.487>
- Rizal, R., & Sumaryana, Y. (2020). Pemetaan Sebaran Domisili Mahasiswa Menggunakan Leaflet Maps Pada Sistem Informasi Eksekutif. *Jurnal ICT : Information Communication & Technology*, 19(2), 25–30. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:234443475>
- Souto, R. D., Cintra, D. P., & Oliveira, L. B. de. (2020). Mapa dinâmico com OpenStreetMap e biblioteca Leaflet: Um estudo de caso de mapeamento da COVID-19 no Brasil. *Anais do XVII Congresso*

- Latino-Americano de Software Livre e Tecnologias Abertas (Latinoware 2020).  
<https://sol.sbc.org.br/index.php/latinoware/article/view/18610>
- Theisen, K. J. (2019). Programming languages in chemistry: a review of HTML5/JavaScript. *Journal of Cheminformatics*, 11(1). <https://doi.org/10.1186/s13321-019-0331-1>
- Vargas-Munoz, J. E., Srivastava, S., Tuia, D., & Falcao, A. X. (2021). OpenStreetMap: Challenges and opportunities in machine learning and remote sensing. *IEEE geoscience and remote sensing magazine*, 9(1), 184–199. <https://doi.org/10.1109/mgrs.2020.2994107>
- Zambrano Velasco, B., Castellanos Espinoza, E. B., & Miranda Guatumillo, M. A. (2021). El E-Commerce en las empresas ecuatorianas: Un análisis de los informes de la Cámara Ecuatoriana de Comercio Electrónico (CECE) en el marco de la pandemia covid-19. *Revista Publicando*, 8(29), 13–20. <https://doi.org/10.51528/rp.vol8.id2176>
- Zhou, M. (2022). A review of JavaScript object notation in data analysis. *Advances in Social Science, Education and Humanities Research*. <https://www.atlantis-press.com/proceedings/ichssr-22/125975018>