



**Herramienta para el mejoramiento de la programación de las rutas de atención  
domiciliaria**

Fredy Enmanuel Vila Solano

Trabajo de grado presentado para optar al título de Bioingeniero

Asesor

Javier Hernando García Ramos, Magíster (MSc) en Ingeniería

Universidad de Antioquia  
Facultad de Ingeniería  
Bioingeniería  
Medellín, Antioquia, Colombia  
2024

---

Cita	Vila Solano [1]
<b>Referencia</b>	[1] F. Vila Solano, “Herramienta para el mejoramiento de la programación de las rutas de atención domiciliaria”, Trabajo de grado profesional, Bioingeniería, Universidad de Antioquia, Medellín, 2024.

---



Centro de Documentación de Ingeniería CENDOI

**Repositorio Institucional:** <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - [www.udea.edu.co](http://www.udea.edu.co)

**Rector:** John Jairo Arboleda Céspedes.

**Decano:** Julio César Saldarriaga

**Jefe departamento:** John Fredy Ochoa.

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

## **Dedicatoria**

Dedicada a las personas que siempre tuvieron su fe puesta en mi a pesar de las adversidades, especialmente a mi hermana por ser mi soporte emocional durante todo el proceso.

## **Agradecimientos**

Primero, quiero agradecer a mis padres que con su gran cariño y gran sabiduría construyeron las bases de la persona que me convertí, a mi hermana que siempre estuvo a mi lado dándome su amor y su apoyo. También al Hospital Alma Máter de Antioquia por haberme aceptado como un integrante más, permitiéndome ampliar mis conocimientos significativamente como profesional y como persona, especialmente a las áreas de ingeniería biomédica, cirugía y TICs. A los profesores que mediante sus clases y asesorías contribuyeron a mi formación integral como bioingeniero. A mis amigos lejanos, que desde la distancia me dieron ánimos para continuar. Y a mis amigos de universidad, que me permitieron ser parte de su formación, al igual que ellos lo fueron para mí.

## TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN .....	7
ABSTRACT .....	8
I. INTRODUCCIÓN .....	9
II. OBJETIVOS .....	10
A. Objetivo general .....	10
B. Objetivos específicos .....	10
III. MARCO TEÓRICO .....	11
IV. METODOLOGÍA .....	14
V. RESULTADOS .....	16
VI. ANÁLISIS .....	27
VII. CONCLUSIONES .....	30
REFERENCIAS .....	32

## LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 1 Estructura subproceso atención domiciliaria. Fuente: Calipsu. ....	12
Gráfica 2 Peticiones a la API de búsqueda a lo largo del desarrollo. Fuente: Mapbox. ....	28
Gráfica 3 Peticiones a la API de optimización a lo largo del desarrollo. Fuente: Mapbox. ....	28
Gráfica 4 Peticiones a la API de mapeo a lo largo del desarrollo. Fuente: Mapbox.....	28
Gráfica 5 Peticiones realizadas. Fuente: Mapbox. ....	29

## LISTA DE FIGURAS

Fig. 1 Sprints estipulados. Fuente: elaboración propia. ....	18
Fig. 2 Ruta Home. Fuente: elaboración propia. ....	20
Fig. 3 Ruta login. Fuente: elaboración propia. ....	21
Fig. 4 Ruta principal. Fuente: elaboración propia. ....	22
Fig. 5 Ruta upload. Fuente: elaboración propia. ....	23
Fig. 6 Ruta userdata. Fuente: elaboración propia. ....	24
Fig. 7 Rute userrute. Fuente: elaboración propia. ....	25
Fig. 8 Ruta map. Fuente: elaboración propia. ....	26

## SIGLAS, ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

<b>IEEE</b>	Institute of Electrical and Electronics Engineers
<b>UdeA</b>	Universidad de Antioquia
<b>API</b>	Interfaz de programación de aplicaciones
<b>IPS</b>	Instituto prestador de salud
<b>GHIPS</b>	Gestión hospitalaria IPS
<b>SPRINT</b>	Parte del método Scrum que facilita la división de un Proyecto en etapas

---

## RESUMEN

Atención domiciliaria se entiende como la continuación del tratamiento estipulado por el personal médico después de que el paciente se le haya dado de alta. Bajo esta modalidad el hospital Alma Máter de Antioquia atiende aproximadamente dos mil pacientes mensuales. Con el fin de cubrir el mayor volumen de pacientes posible, se realiza el agendamiento previo, que permite una correcta organización del tiempo y establece las prioridades con el fin de gestionar de manera efectiva las responsabilidades, aumentando la productividad en un marco de tiempo específico. Actualmente, el agendamiento de las rutas de atención domiciliaria requiere de un proceso complejo de búsqueda. Se hace necesario contar con una herramienta que, al momento de consultar tal información, filtre algunos parámetros que sean considerados como prioritarios para la asignación de la atención, facilitando la coordinación de las actividades del personal. Por tal razón, se propone la construcción de una herramienta web la cual es capaz de tener en cuenta algunos de los parámetros considerados críticos ya sea en el filtrando de los datos o en las rutas planeadas, de manera que puedan ser programadas de forma más eficiente y permita optimizar el uso del tiempo. Como resultado se obtiene una aplicación web, que permite realizar el agendamiento de cierto número de pacientes generando grupos de rutas a seguir. Con ello se concluye que existen funciones y APIs, que pueden ser adaptadas en el ámbito médico apoyando así el proceso asistencial, tal como el agendamiento de rutas de atención.

***Palabras clave* — Agendamiento de rutas de atención domiciliaria, localización hospitalaria, aplicación web, servicio de atención hospitalaria, APIs.**

---

## ABSTRACT

Home care is understood as the continuation of the treatment stipulated by the personal doctor after the patient has been discharged. Under this modality, the "Alma Máter de Antioquia" hospital serves approximately two thousand patients per month. To cover the largest volume of patients possible, prior scheduling is carried out, which allows correct organization of time and establishes priorities to effectively manage responsibilities, increasing productivity in a specific time frame. Currently, scheduling home care routes requires a complex search process. It is necessary to have a tool that, when consulting such information, filters some parameters that are considered priorities for the allocation of care, facilitating the coordination of staff activities. For this reason, the construction of a web tool is proposed which is capable of considering some of the parameters considered critical either in filtering the data or in the planned routes, so that they can be programmed more efficiently. and allows you to optimize the use of time. As a result, a web application is obtained, which allows scheduling a certain number of patients, generating groups of routes to follow. This concludes that there are functions and APIs that can be adapted in the medical field, thus supporting the care process, such as the scheduling of care routes.

***Keywords* — Scheduling of home care routes, hospital location, web application, hospital care service, APIs.**



---

## I. INTRODUCCIÓN

En el panorama actual los servicios de atención domiciliaria han tomado una relevancia considerable, lo que se ha traducido en un crecimiento en el número de pacientes a los cuales se les presta este servicio.

El hospital Alma Máter de Antioquia tiene este servicio activo desde el 2017 y actualmente agenda unos 2000 pacientes al mes, dicha programación es llevada de forma manual, por lo que la gestión y agendamiento de las citas se convierte en un factor crucial para brindar una atención de calidad y oportuna a los pacientes a los cuales se les presta este servicio.

Si bien actualmente el servicio de atención domiciliaria cuenta con mecanismos para llevar a cabo este esquema de agendamientos, realizarlo se hace cada vez más complejo debido al crecimiento de pacientes, personal disponible, rutas a trazar y equipos que se deben gestionar, por lo que hacer un correcto agendamiento requiere de una considerable experiencia y pericia por parte del personal encargado. Principalmente los mecanismos implementados se basan en los dos factores mencionados, por lo cual, debido al gran número de usuarios y factores es susceptible a errores en las rutas planteadas.

Para que este agendamiento se haga de manera más eficiente y se reduzcan los posibles errores humanos se plantea crear una herramienta basándose en los sistemas manejados por el servicio, que le permita al personal guiarse y realizar el agendamiento, de manera que esta labor se simplifique en cierta manera y pueda realizarse de acuerdo con lo esperado.

Dicha herramienta se desarrolla como una aplicación web con la finalidad que se pueda acceder a esta de forma rápida y sencilla.

Lo que se propone evalúa el sistema actual el cual se basa exclusivamente en una gran base de datos en Excel, de manera que se puedan analizar las ventajas de hacer uso de herramientas especializadas en este, buscando un agendamiento más eficiente y preciso que se traduce en una mayor calidad en la prestación del servicio, el cual no solo mejora el tiempo oportuno de la cita, sino que también busca que los recursos del hospital sean aplicados de forma eficaz.

Buscando evaluar el funcionamiento del desarrollo, se realizan simulaciones sobre cómo se realiza la programación de citas, de esta manera evaluar los tiempos requeridos para llevar a cabo la actividad implementando la herramienta.

## II. OBJETIVOS

### *A. Objetivo general*

Desarrollar una herramienta para mejorar la programación en las rutas de atención domiciliaria con el fin de disminuir tiempos de desplazamiento.

### *B. Objetivos específicos*

- Determinar los parámetros a considerar para la creación de la herramienta mediante la investigación de los mecanismos previos y actuales con los que cuenta atención domiciliaria para el agendamiento de las citas y programas.
- Definir la herramienta a desarrollar de acuerdo con la caracterización de los parámetros seleccionados y el esquema de atención domiciliaria de la institución.
- Construir una herramienta para facilitar al personal asistencial el cumplimiento de la programación de las visitas y rutas de atención domiciliaria mediante el seguimiento de la agenda asignada.
- Implementar y evaluar la herramienta creada en el agendamiento de las visitas de atención domiciliaria para proponer ajustes a la misma.

### III. MARCO TEÓRICO

La atención domiciliaria desempeña un papel crucial en la prestación de servicios de salud, permitiendo que los pacientes reciban cuidados médicos y de enfermería en la comodidad de sus hogares. Para garantizar una atención domiciliaria efectiva, es esencial optimizar las rutas de atención de manera que se reduzcan costos, se mejore el acceso a la atención y se maximice la calidad del servicio. Bajo esta premisa, el desarrollo y la implementación de herramientas tecnológicas se convierten en un enfoque clave para lograr dichas mejoras.

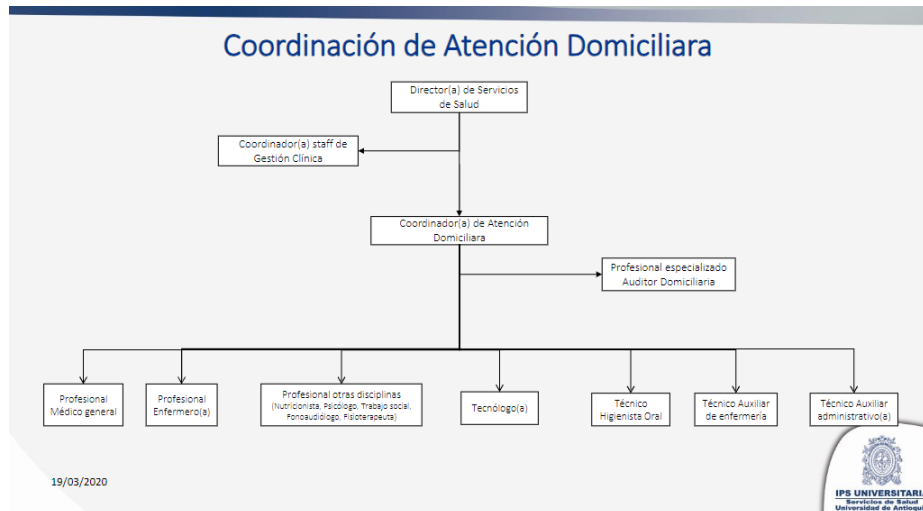
En razón a ello se investigan diferentes conceptos a analizar. Entre los que se toma en consideración ¿qué se entiende por atención domiciliaria en Colombia y en el hospital Alma Máter de Antioquia?, ¿quiénes coordinan y cómo se gestiona la atención domiciliaria dentro del HAMA?, ¿cuáles son los métodos para llevar a cabo este servicio? y ¿qué herramientas pueden ser implementadas para el mejoramiento de este servicio?

Respondiendo a qué se entiende por atención domiciliaria, se tiene primero la definición del ACISD (Asociación Colombiana de Instituciones de Salud Domiciliaria) la cual textualmente dice: “Atención extrahospitalaria que busca brindar una solución a los problemas de salud en el domicilio y que cuenta con el apoyo de profesionales, técnicos y auxiliares del área de la salud con participación de la familia” [1].

Según la documentación de gestión clínica del HAMA, respecto a la atención domiciliaria señala lo siguiente: “Se entiende como la continuidad de atención, que va dirigido a aquellos pacientes hospitalizados que por la indicación del médico tratante cumplen unos requisitos específicos y son candidatos para terminar su tratamiento en la comodidad de su domicilio” [2].

Con relación a quienes coordinan y cómo se gestiona la atención domiciliaria en el

La estructura para atención domiciliaria en el HAMA, se encuentra representada a través de la Gráfica 1, en la cual cada proceso de la estructura planteada posee una función específica en la ejecución en el plan del servicio:



Gráfica 1 Estructura subproceso atención domiciliaria. Fuente: Calipsu.

La gestión del proceso para la programación del servicio y las rutas del personal se encuentra documentada, donde se le asignan las diferentes actividades al personal presentado en la estructura anterior y la frecuencia de esta. Resaltando la actividad realizada por los auxiliares de enfermería del servicio de atención domiciliaria, los cuales son los encargados de programar, diligenciar, verificar y revisar el agendamiento y confirmación de las rutas tanto al personal de salud asignado a las visitas como al paciente que recibe el servicio [3].

En cuanto a los métodos que se llevan a cabo por parte de los auxiliares de enfermería para la programación del esquema de atención, esta se lleva a cabo de forma manual, una vez recibidos los datos que proporciona el staff de gestión clínica diariamente. La base de datos en la cual se trabajan estos datos del paciente comprende principalmente: los datos básicos del paciente, dirección, tipo de servicio, tiempo para el que está programada la cita, entre otros. Los cuales son puntos que son tenidos en cuenta por parte del personal para realizar el agendamiento.

Varias pueden ser las herramientas planteadas para el mejoramiento del servicio, siendo el principal enfoque por parte de la presente propuesta en herramientas sobre el trabajo que se debe llevar a cabo por parte de los auxiliares de enfermería, los cuales son los encargados de procesar los datos de los pacientes encontrados en un Excel robusto con los datos mencionados anteriormente en los métodos empleados. Ya sea una herramienta complementaria y basada en el mismo Excel que ya

---

se trabaja o una herramienta externa, la cual facilite el procesamiento de estos datos por parte del personal.

Así mismo, y como elemento base de la herramienta, se hace necesario optimizar el filtrado de datos. Según Cristina Ortega, en su artículo *Filtrado de datos: Qué es, ventajas y ejemplos*, “Filtrar datos implica elegir o no elegir cierta información de un conjunto de datos utilizando un conjunto de criterios. Esto es importante para encontrar datos importantes, deshacerse de información innecesaria y mejorar la calidad general de los datos” [4]. Con el fin de agrupar los pacientes que se reciben de las bases o archivos de datos, se hace un filtrado de datos teniendo en cuenta el parámetro barrio, el cual refleja lo que se conoce en atención domiciliaria como zona, estos grupos se generan de máximo 10 pacientes.

En cuanto a lenguajes de programación se utiliza typescript y javascript ya que en estos lenguajes están desarrollados Angular y Express js. Angular es un framework orientado al frontend de aplicaciones web respaldado por Google el cual usa typescript para su programación [5]. Express es un framework enfocado en la construcción de aplicaciones web del lado del servidor haciendo uso de Nodejs que es un entorno de ejecución de JavaScript en el lado del servidor [6]. Así mismo, se opta por usar MongoDB, que es un sistema de gestión de base de datos no relacionales [7], y se implementa con el fin de guardar los datos recibidos por las API de Mapbox y datos del paciente.

---

#### IV. METODOLOGÍA

Para este punto se documentan los pasos planteados para el desarrollo del proyecto, el cual se ha dividido en cuatro puntos principales:

En primera instancia, se realiza una investigación referente a la forma en que se define el servicio de atención domiciliaria. Está, a su vez, acompañada en conjunto de cómo se entienden y se realizan los procesos involucrados en el servicio, priorizando los conceptos establecidos en Colombia y en el hospital Alma Máter de Antioquia. Para este proceso se considera inicialmente las bases de datos que provee el HAMA y la Universidad de Antioquia. Con el fin de complementar las definiciones obtenidas, también se tiene en cuenta la información suministrada por el personal involucrado en el servicio y artículos en internet relacionados al tema.

Seguidamente, con el personal del servicio se llevan a cabo dos reuniones con el fin de esclarecer los mecanismos de agendamiento de citas y programaciones con los que cuenta actualmente el servicio, además de conocer cuáles mecanismos se han empleado anteriormente y los motivos que los han llevado al cambio de estos.

Con base a los puntos previos, se procede a determinar los parámetros y consideraciones necesarias para la creación de la herramienta.

Dando continuidad a los puntos previos, se define la herramienta a desarrollar, para esto se realizan cuatro reuniones con el área de desarrollo del HAMA, para definir el planning, con la intención de concretar con qué entornos, espacios y tiempos, cuenta el proyecto, necesidades complementarias a este y de cómo puede ser posteriormente implementado e integrado por el esquema del área de atención domiciliaria para su uso. Estos tiempos se dividen en 7 sprints.

Enlazado directamente con el punto anterior, se inicia la construcción de la herramienta planteada, la cual tiene como propósito facilitar el cumplimiento de la programación de las visitas y programación de rutas al personal asistencial. Para la construcción de esta, se tienen en cuenta los frameworks estipulados por el área de desarrollo, buscando su posterior integración con proyectos previos del área y los procesos planteados para la realización de esta. De manera que la construcción pueda ser llevada a cabo con base a documentación definida, lo que permite el acceso a información clave sobre estos entornos específicos.

A lo largo del desarrollo se llevan a cabo las simulaciones de programación pertinentes para evaluar la herramienta desarrollada, de manera que se puedan determinar las mejoras necesarias e integraciones posteriores.

Los lenguajes de programación y entornos de desarrollo estipulados por el área son:

Como lenguajes de programación principales se usan javascript y typescript.

Como framework's de frontend y de backed se utiliza Angular y Express.

Angular se usa para hacer la parte del frontend, la conexión con el back (hecho en Express) y las API tanto del hospital para login como las API de mapas para la obtención de direcciones, rutas óptimas y la visualización del mapa de rutas.

Express js se usa para hacer la conexión entre los datos obtenidos por las API de mapas y la base de datos.

Para la base de datos se usa mongoDB un sistema de base de datos no relacionadas o noSQL, con el fin de guardar los pacientes cargados, el orden de los pacientes y las rutas generadas.

Finalmente, las APIs de mapeo que se usan son las proporcionadas por Mapbox, dado que estas cuentan con los requerimientos necesarios para desarrollar la aplicación, además, al contar con un margen amplio de peticiones gratuitas evita generar costos adicionales por el uso de estas.

---

## V. RESULTADOS

Dando cumplimiento a los objetivos planteados se realiza el siguiente orden de actividades.

Primer objetivo:

Previamente al inicio del proyecto se realiza una investigación sobre el servicio de atención domiciliaria, haciendo uso de las bases de datos del hospital Alma Máter, Universidad de Antioquia y repositorios web.

Una vez consolidados estos datos se plantea una primera reunión con el servicio de atención domiciliaria del hospital Alma Máter, con el fin de conocer los mecanismos con los cuales ha contado el servicio y cómo se gestionan actualmente.

De esta forma es posible identificar los parámetros con los que el servicio cuenta a la hora de realizar el agendamiento de pacientes. Los parámetros principales considerados son: especialidad, zona y dirección. Con ellos se pueden delimitar los lugares hacia los cuales el personal médico deberá trasladarse:

La especialidad: responde a requerimiento específico que tiene asociado cada paciente.

La zona: es un concepto fronterizo creado por el hospital, para responder mejor a la atención de los pacientes en los domicilios.

La dirección: el concepto de dirección se entiende tal cual aparece definido en la RAE, *domicilio (lugar en que alguien se considera establecido)* [8].

Segundo objetivo:

Para lograr definir la herramienta a desarrollar con base en los parámetros seleccionados anteriormente, se plantean cinco reuniones con el área de desarrollo del hospital alma máter (TIC's).

En las dos primeras reuniones se da a conocer la idea inicial del proyecto, se concreta la finalidad requerida de este para su integración y se define cuáles son los tiempos de desarrollo establecidos y esperados para el desarrollo de la herramienta.

Para las reuniones tres y cuatro, se especifica la herramienta como una aplicación web, dando paso así a determinar los entornos de desarrollo a trabajar, la documentación necesaria, se pone a disposición la API de autenticación del área de desarrollo para su integración con la aplicación y se establecen los servicios necesarios para obtener la geolocalización.



---

Para los servicios de geolocalización se opta por usar un proveedor de mapas ya existente. Con este proveedor se pretende obtener las direcciones en un mapa coordinado y de esta manera, a su vez, usar este mismo para que realice los cálculos y procesamientos de las direcciones y así obtener la ruta óptima de las direcciones entregadas. Por tal razón se opta por utilizar Mapbox. Se hace uso de Mapbox web service APIs, las cuales permiten acceder a las herramientas y servicios de Mapbox. Estas API *proporcionan información dependiendo de la carga que se realice, las cuales para este caso se usan las API de mapeo, búsqueda y navegación, con el fin de buscar las direcciones, obtener una ruta calculada con base a estas direcciones y ver las rutas resultantes en un mapa* [9].

Por último, en la quinta reunión, se genera el espacio de trabajo dentro del repositorio web de TIC's y se asignan las tareas para los sprints estipulados en el proyecto. Paralelamente se establecen los tiempos para la revisión de los avances realizados por sprint (quince días calendario para cada revisión), permitiendo así, agregar tareas de ser necesario.

Tercer y cuarto objetivo:

Dada la metodología establecida por el área de desarrollo, para la construcción de la herramienta se realizan las tareas establecidas en cada uno de los siete sprints mostrados en la figura 2:

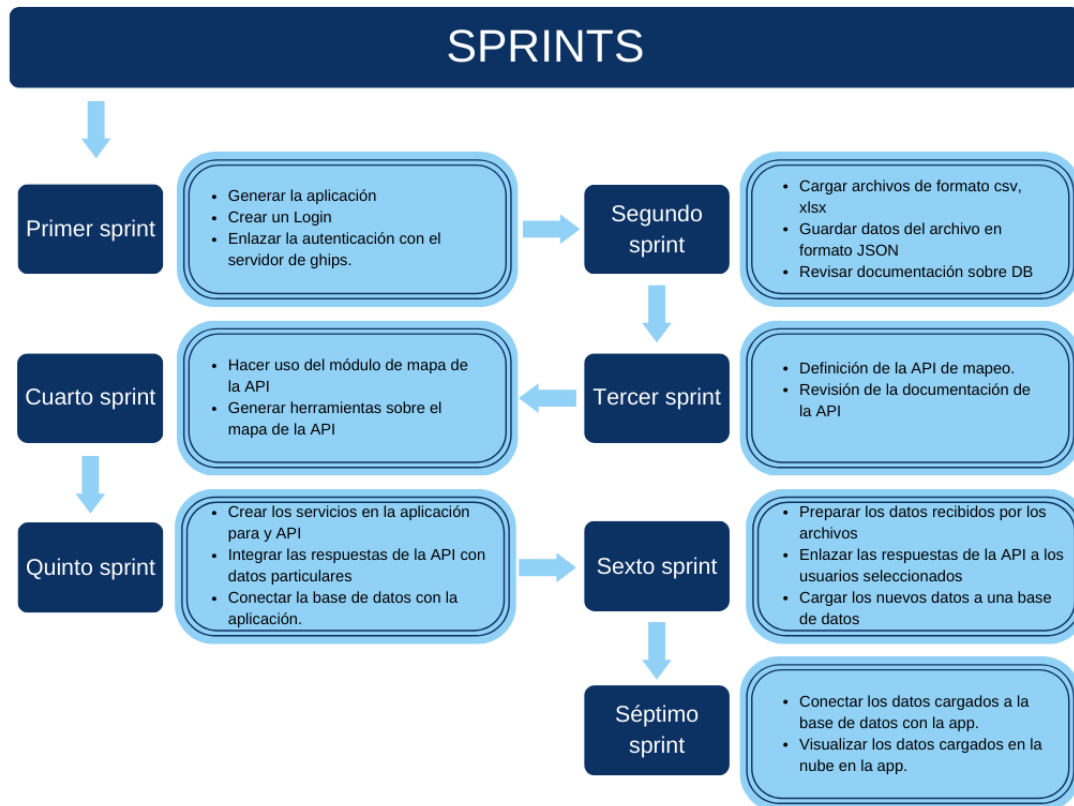


Fig. 1 Sprints estipulados. Fuente: elaboración propia.

A lo largo de los sprints planteados (Fig. 1), se evalúa la funcionalidad de la aplicación con el fin de dar cumplimiento al cuarto y último objetivo, para dar cumplimiento a la ley de tratamiento de datos personales, se utilizan datos ficticios tanto en nombre como direcciones, los cuales se basan en los parámetros seleccionados en los objetivos anteriores. De manera que así, a lo largo del desarrollo, se prueba la aplicabilidad de las API de geolocalización implementadas.

También, con el fin de clasificar el costo de la aplicación (implicado principalmente en el número de peticiones realizadas a las API's de geolocalización implementadas en la aplicación: búsqueda, optimización y mapeo), se efectúan una serie de cálculos y aproximaciones con base al promedio de pacientes atendidos mensualmente.

Primero se estima el número mínimo de peticiones a la API de búsqueda, el cual, basándose en el número promedio de pacientes atendidos en el servicio, se espera un número de al menos, dos mil peticiones.

Con base a la estimación anterior, se calcula un rango de peticiones a la API de optimización. Para el rango mínimo de peticiones se agrupa a todos los dos mil pacientes en grupos de diez, y para rango máximo, se agrupan a todos los pacientes en grupos de cuatro. Dando como resultado un rango aproximado de doscientas a quinientas peticiones.

Por último, teniendo en cuenta el valor del rango máximo de peticiones a la API de optimización, se calcula el rango del número de veces que es solicitada la API de mapeo (cada que se carga el mapa en la aplicación). Asumiendo que el mapa se cargue entre una y tres veces por grupo, el rango de peticiones da como resultado un total de entre quinientas y mil quinientas peticiones.

La aplicación desarrollada cuenta con siete direcciones web, las cuales individualmente cumplen con una función específica dentro de la aplicación:

A excepción de la ruta del mapa, todas las direcciones muestran la barra de navegación, donde se encuentran los botones para dirigirse a la pantalla de inicio de la aplicación, la pantalla principal y la de login.

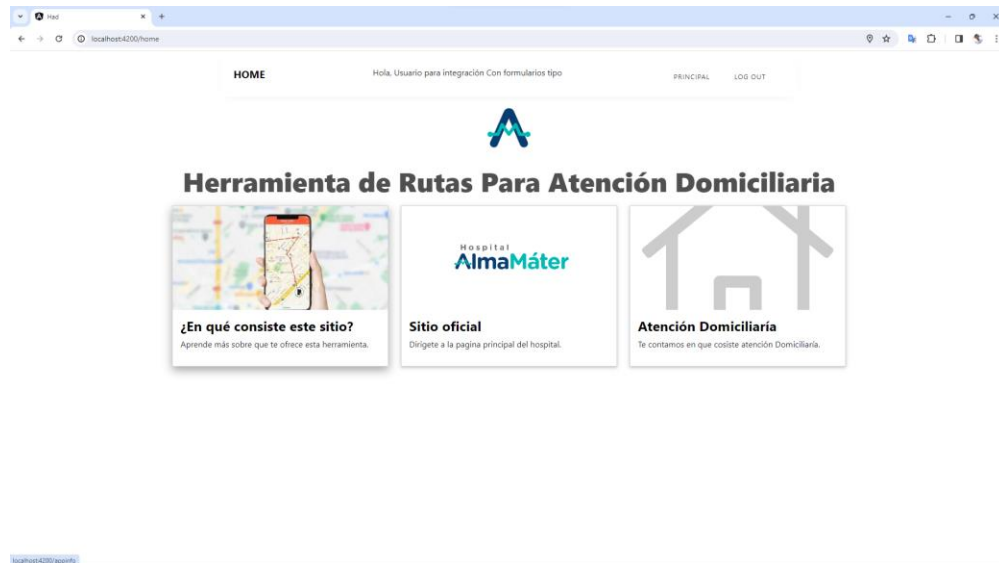


Fig. 2 Ruta Home. Fuente: elaboración propia.

### Ruta home:

En esta ruta (Fig. 2) se encuentran tres opciones en forma de tarjeta, las cuales redireccionan a sitios de interés.

- La tarjeta ‘¿En qué consiste este sitio?’: redirecciona a una ruta donde explica brevemente el propósito principal de la aplicación.
- Tanto la tarjeta ‘Sitio oficial’, como la tarjeta ‘Atención domiciliaria’ enrutan a la página principal del hospital, la primera opción al menú de inicio y la segunda al apartado específico de atención domiciliaria.

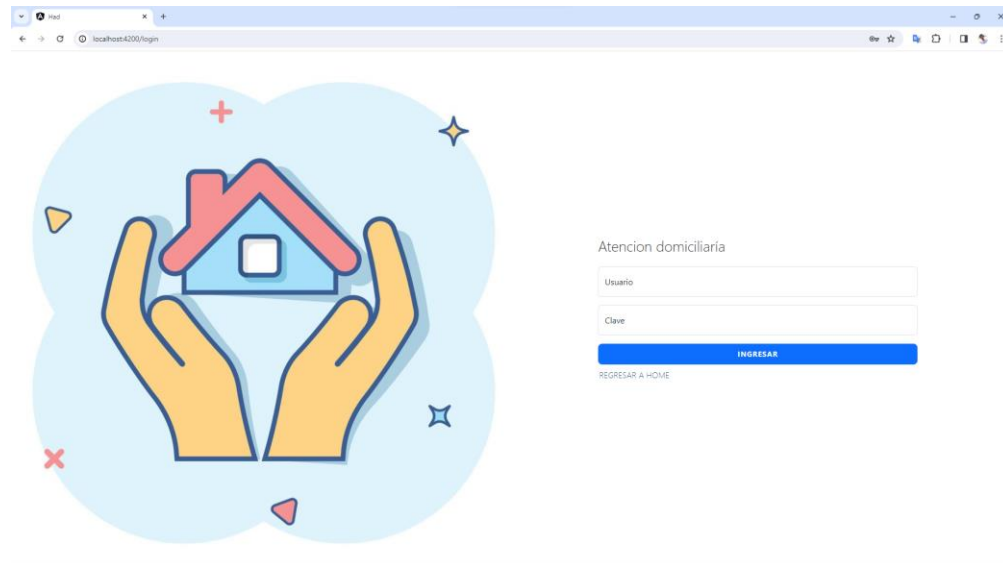


Fig. 3 Ruta login. Fuente: elaboración propia.

### Ruta login:

En esta ruta (Fig. 3) se encuentra el formulario de ingreso a la aplicación, donde se valida el usuario, habilitando las demás funciones del sitio.



Fig. 4 Ruta principal. Fuente: elaboración propia.

### Ruta principal:

Esta ruta (Fig. 4) se basa en la estructura encontrada en la dirección 'home', agregando una tarjeta adicional. En estas se encuentran contenidas las funcionalidades de la aplicación. Cada tarjeta está ubicada estratégicamente, para que el uso de la aplicación sea secuencial, siendo cada función, dependiente de lo implementado en la tarjeta anterior.

- La tarjeta 'Carga tus pacientes': redirige a la ruta upload.
- La tarjeta 'Mira los pacientes': redirige a la ruta userdata.
- La tarjeta 'Genera las rutas': redirige a la ruta userrute.
- La tarjeta 'Mapa': redirige a la ruta map.

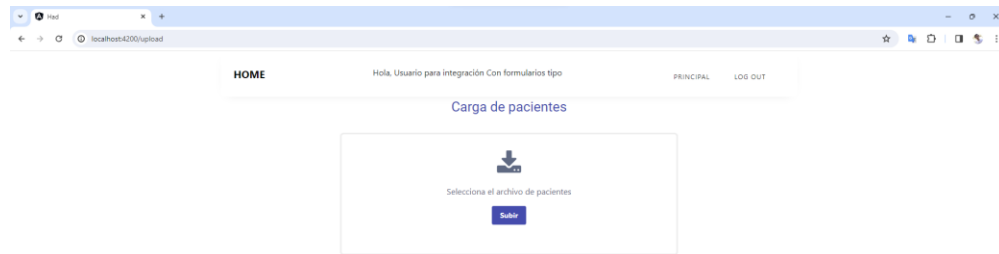


Fig. 5 Ruta upload. Fuente: elaboración propia.

### **Ruta upload:**

En esta ruta (Fig. 5) se encuentra el cuadro principal de carga, donde al hacer clic en este es posible seleccionar un archivo tipo CSV o XLSX (formatos en los cuales se encuentran las tablas de pacientes). Si el documento cuenta con la estructura adecuada, este se carga y se pre-visualiza en la página, además de habilitar un botón para subir el archivo a la base de datos.

HOME Hola, Usuario para integración Con formularios tipo PRINCIPAL LOG OUT

Cargar grupos de pacientes.

**PACIENTES 1**

Direcciones Calcular Ruta Asignar orden y Cargar

BARRIO	DIRECCION	ESPECIALIDAD	FECHA	MUNICIPIO	NOMBRE
1	Cra 45	especialidad 1	45231	Medellin	Maria Garcia
1	Calle 35	especialidad 1	45241	Medellin	Carlos Martinez
1	carrera 50A 61	especialidad 1	45242	Medellin	Marta Sánchez
1	Calle 30 29	especialidad 1	45246	Medellin	Isabel Fernández
1	Cra 47 65	especialidad 1	45249	Medellin	Daniel Cruz
1	calle 43 50	especialidad 1	45252	Medellin	Valeria Ramirez
1	Carrera 49 50	especialidad 1	45253	Medellin	Sergio Torres
1	Cra 48 30	especialidad 1	45254	Medellin	Natalia Martinez
1	Calle 35 40	especialidad 1	45255	Medellin	Javier Herrera
1	Carrera 43 45	especialidad 1	45258	Medellin	Maria González

**PACIENTES 2**

Direcciones Calcular Ruta Asignar orden y Cargar

BARRIO	DIRECCION	ESPECIALIDAD	FECHA	MUNICIPIO	NOMBRE
1	Carrera 43 51	especialidad 1	45259	Medellin	Carlos Rodriguez
1	Carrera 43 44	especialidad 1	45260	Medellin	Laura Pérez
1	Carrera 43 53	especialidad 1	45261	Medellin	Alejandro Martinez
1	Carrera 42 54	especialidad 1	45262	Medellin	Isabel Fernández
1	Carrera 41 42	especialidad 1	45263	Medellin	Marina Ortega

**PACIENTES 3**

Direcciones Calcular Ruta Asignar orden y Cargar

BARRIO	DIRECCION	ESPECIALIDAD	FECHA	MUNICIPIO	NOMBRE
2	Calle 40	especialidad 1	45241	Medellin	Ana Rodriguez
2	Calle 33 27	especialidad 1	45245	Medellin	Roberto Mendoza
2	calle 49 45	especialidad 1	45247	Medellin	Juan Rodriguez
2	Calle 30 40	especialidad 1	45250	Medellin	Laura Pérez
2	Calle 40 40	especialidad 1	45256	Medellin	Paula Diaz

**PACIENTES 4**

Direcciones Calcular Ruta Asignar orden y Cargar

BARRIO	DIRECCION	ESPECIALIDAD	FECHA	MUNICIPIO	NOMBRE
3	Carrera 41 27	especialidad 1	45243	Medellin	Alejandro Vargas
3	Cra 46 48	especialidad 1	45244	Medellin	Ana González
3	Carrera 42	especialidad 1	45248	Medellin	Carolina Morales
3	Calle 48 40	especialidad 1	45251	Medellin	Andrés López
3	calle 50 41	especialidad 1	45257	Medellin	Gabriel Salazar

Fig. 6 Ruta userdata. Fuente: elaboración propia.

### Ruta userdata:

Esta ruta (Fig. 6) contiene los botones donde se hace el llamado a las API's de geolocalización.

Presionando el botón 'Cargar grupo de pacientes.', se muestran los pacientes cargados previamente en la base de datos, los cuales mediante una función se muestran separados por grupos de máximo diez personas. Función que toma como criterio de particularización los valores contenidos en el parámetro barrio.

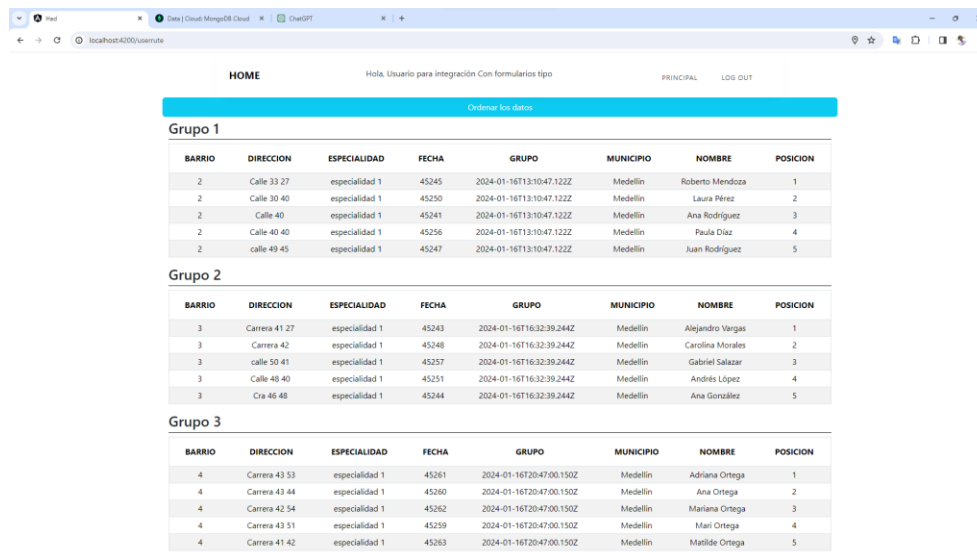
Por grupo de pacientes se generan tres botones: 'Direcciones', 'Calcular Ruta', 'Asignar orden y Cargar'. Con el fin de llevar un mayor control de las peticiones a las API's de direcciones y optimización e ingresos de nuevos valores a la base de datos, se decide crear estos tres botones mencionados. De manera que cada botón solo tenga asignada una de estas funciones y así evitar que peticiones erróneas sean solicitadas a las API's y que estas a su vez sean cargadas en la base de datos.

Una vez presionado el botón 'Direcciones' en una de las tablas, este deshabilita los demás botones e internamente con base en las direcciones de los pacientes, la API retorna las coordenadas de dicha dirección.

El botón 'Calcular Ruta' con base a las coordenadas calculadas anteriormente construye la estructura que se envía como petición a la API de optimización.



Por último, el botón ‘Asignar orden y Cargar’ se utiliza para reordenar los datos obtenidos anteriormente, asignando un orden numérico a cada usuario y a su vez cargando los datos actualizados del paciente y la ruta calculada a la base de datos.



HOME Hola, Usuario para integración Con formularios tipo PRINCIPAL LOG OUT

Ordenar los datos

**Grupo 1**

BARRIO	DIRECCION	ESPECIALIDAD	FECHA	GRUPO	MUNICIPIO	NOMBRE	POSICION
2	Calle 33 27	especialidad 1	45245	2024-01-16T13:10:47.122Z	Medellin	Roberto Mendoza	1
2	Calle 30 40	especialidad 1	45250	2024-01-16T13:10:47.122Z	Medellin	Laura Pérez	2
2	Calle 40	especialidad 1	45241	2024-01-16T13:10:47.122Z	Medellin	Ana Rodríguez	3
2	Calle 40 40	especialidad 1	45256	2024-01-16T13:10:47.122Z	Medellin	Paula Díaz	4
2	calle 49 45	especialidad 1	45247	2024-01-16T13:10:47.122Z	Medellin	Juan Rodríguez	5

**Grupo 2**

BARRIO	DIRECCION	ESPECIALIDAD	FECHA	GRUPO	MUNICIPIO	NOMBRE	POSICION
3	Carrera 41 27	especialidad 1	45243	2024-01-16T16:32:39.244Z	Medellin	Alejandro Vargas	1
3	Carrera 42	especialidad 1	45248	2024-01-16T16:32:39.244Z	Medellin	Carolina Morales	2
3	calle 50 41	especialidad 1	45257	2024-01-16T16:32:39.244Z	Medellin	Gabriel Salazar	3
3	Calle 48 40	especialidad 1	45251	2024-01-16T16:32:39.244Z	Medellin	Andrés López	4
3	Cra 46 48	especialidad 1	45244	2024-01-16T16:32:39.244Z	Medellin	Ana González	5

**Grupo 3**

BARRIO	DIRECCION	ESPECIALIDAD	FECHA	GRUPO	MUNICIPIO	NOMBRE	POSICION
4	Carrera 43 53	especialidad 1	45261	2024-01-16T20:47:00.150Z	Medellin	Adriana Ortega	1
4	Carrera 43 44	especialidad 1	45260	2024-01-16T20:47:00.150Z	Medellin	Ana Ortega	2
4	Carrera 42 54	especialidad 1	45262	2024-01-16T20:47:00.150Z	Medellin	Mariana Ortega	3
4	Carrera 43 51	especialidad 1	45259	2024-01-16T20:47:00.150Z	Medellin	Mari Ortega	4
4	Carrera 41 42	especialidad 1	45263	2024-01-16T20:47:00.150Z	Medellin	Martide Ortega	5

Fig. 7 Rute userrute. Fuente: elaboración propia.

### Ruta userrute:

En esta ruta (Fig. 7) se muestra el botón ‘Ordenar los datos’ muestra los grupos actualizados de pacientes a los cuales se les ha generado una ruta. En este grupo de tablas, ya no se asigna algún botón adicional, sin embargo, este grupo de usuarios, provenientes de la base de datos, ya cuentan con el parámetro ‘GRUPO’ el cual muestra la fecha en la cual se generó la petición y el orden de visita sugerido por la API de optimización.

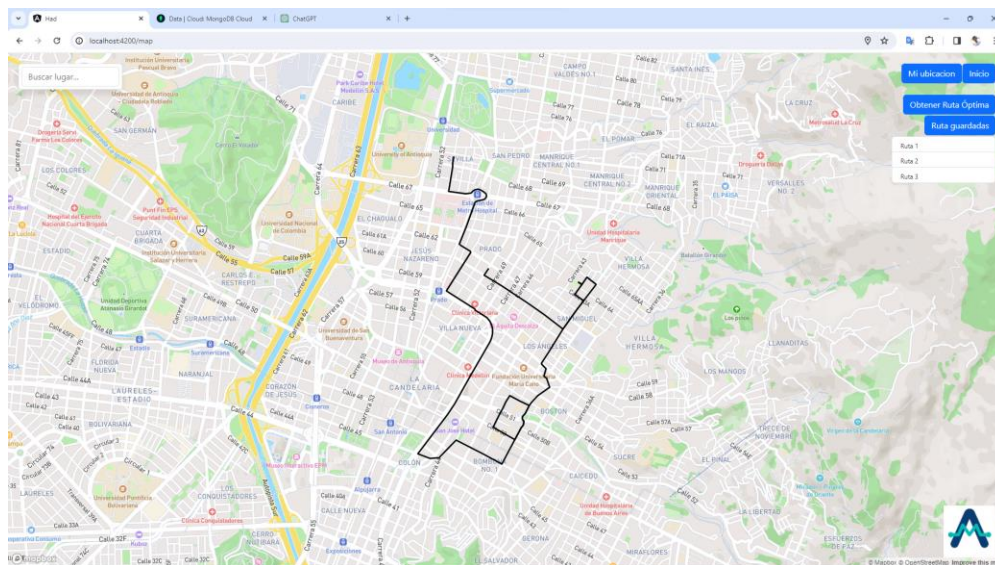


Fig. 8 Ruta map. Fuente: elaboración propia.

### Ruta map:

La ruta map (Fig. 8), permite diferentes funcionalidades prácticas para su uso.

Se cuenta con un recuadro de búsqueda en el cual es posible escribir la dirección de alguna ubicación y este mostrará el resultado en un recuadro, el cual al hacer clic se dirige al lugar en el mapa.

También se cuenta con cuatro botones, los cuales cuentan con una función específica:

- ‘Mi ubicación’: Este botón permite retornar en el mapa a la ubicación actual del usuario.
- ‘Inicio’: Redirige la ruta al menú principal.
- ‘Obtener Ruta Óptima’: Esta función requiere que previamente se hayan marcado ubicaciones en el mapa [estas marcas se generan haciendo clic en el mapa (máximo diez)], al presionar este botón, se calcula la ruta óptima y se muestra.
- ‘Rutas guardadas’: Este botón permite consultar la base de datos que contiene las rutas óptimas previamente guardadas para los grupos presentes en 'userrute'. Al activarlo, se muestra un listado con las rutas correspondientes a dichos grupos.

Cabe mencionar que la aplicación hace uso de la herramienta de diseño web Bootstrap e implementaciones adicionales en CSS, para que el diseño se adapte tanto en computador, como en dispositivos móviles.

## VI. ANÁLISIS

El primer análisis que se plantea en el proyecto son los puntos considerados para la definición de la herramienta. Esta se plantea con base en las necesidades planteadas, buscando la practicidad de uso y la accesibilidad de la misma y, por tanto, concretada como una aplicación web que pueda ser utilizada tanto en computador como en dispositivo móvil.

La aplicación web hace uso de los servicios de GHIPS (para la autenticación de usuario) y los servicios de Mapbox (encargado de proveer los servicios de direcciones, ruta y mapeo).

El servicio de GHIPS, se cuenta dentro del mismo hospital ya implementado, y se hace uso de este para verificar la identidad del usuario, permitiendo así validar si este puede o no acceder al servicio que provee la aplicación.

Por otro lado, los servicios de Mapbox constituyen en gran medida el funcionamiento de la aplicación, ya que es por medio de las API que provee que se obtienen los datos necesarios para la obtención de direcciones, rutas óptimas y el mapa de navegación.

Es importante tener en cuenta que estas API se manejan bajo un modelo de cobro conocido como 'Pay as you go', el cual, depende del uso o solicitudes que se le hagan a estos servicios. Sin embargo, Mapbox ofrece un margen gratuito de solicitudes antes de generar algún costo, por lo que se hace un análisis de cómo es el comportamiento de las API ante las solicitudes realizadas durante el desarrollo, además de analizar los rangos gratuitos que este servicio ofrece respecto a los estimados calculados, de manera que se realicen las consideraciones pertinentes sobre la capacidad con la que se cuenta antes de generar costos adicionales por el uso de la aplicación desarrollada.

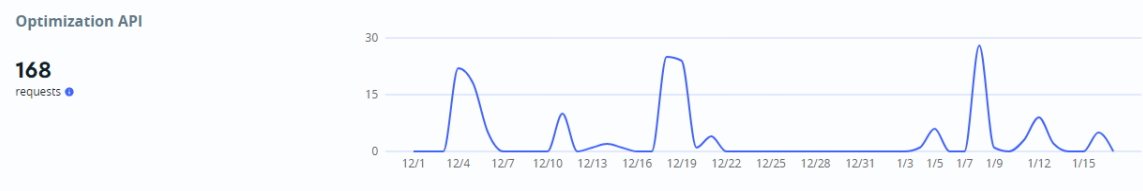
El API de búsqueda es el encargado de transformar todas las direcciones de cada usuario en coordenadas. Estas coordenadas son las que permiten generar la petición con la API de optimización.

Se hace clave tener en cuenta el número de peticiones posibles a realizar a esta API ya que estas dependen directamente del número de pacientes ingresados. Los picos más altos de la gráfica de búsqueda Gráfica 2, muestran el comportamiento simulado de los grupos de pacientes cargados.

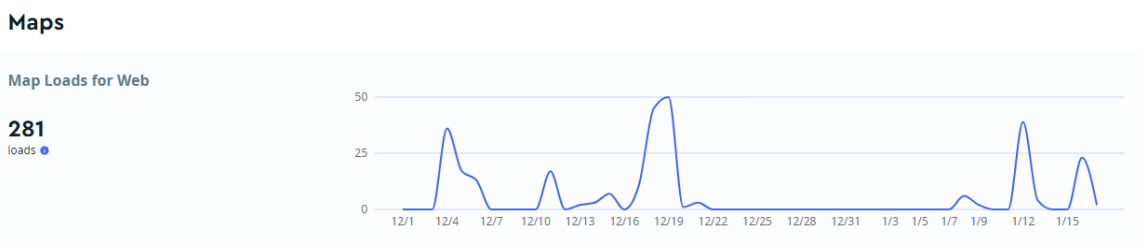


Gráfica 2 Peticiones a la API de búsqueda a lo largo del desarrollo. Fuente: Mapbox.

Por medio de la respuesta solicitada a la API de optimización es que se obtiene la ruta a seguir por cada grupo de pacientes. Aunque el mayor número de peticiones se encuentran concentradas al inicio del desarrollo, cabe mencionar que el comportamiento simulado corresponde a los últimos picos, haciendo alusión a los datos cargados en estos mismos tiempos en la API de búsqueda.



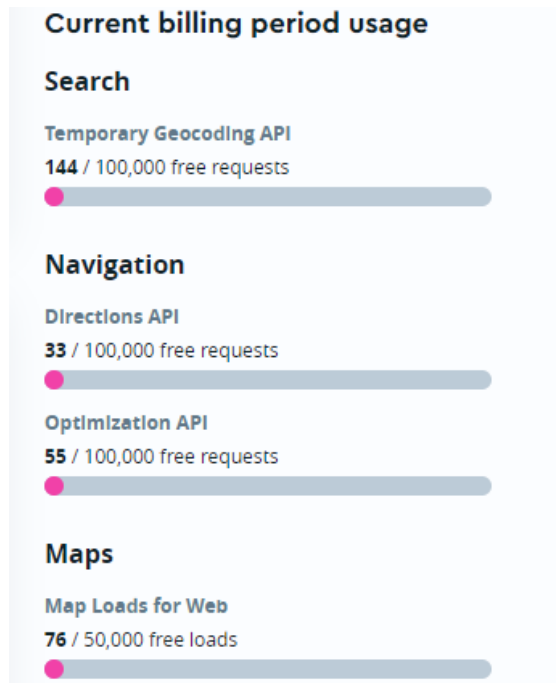
Gráfica 3 Peticiones a la API de optimización a lo largo del desarrollo. Fuente: Mapbox.



Gráfica 4 Peticiones a la API de mapeo a lo largo del desarrollo. Fuente: Mapbox.

Al igual que con la gráfica de optimización Gráfica 3 en la gráfica de mapas Gráfica 4 las simulaciones se representan por los valores más recientes, donde también se observa un número esperado respecto a las peticiones realizadas previamente.

Con el fin de dar continuidad a estos valores obtenidos, se muestra el uso que se le ha dado al servicio en el periodo de cobro (reiniciado mensualmente).



Gráfica 5 Peticiones realizadas. Fuente: Mapbox.

Aunque en las simulaciones que se realizan se muestran un número de datos significativamente menor (Gráfica 5) a los datos estimados del uso de la aplicación, estos evidencian una tendencia hacia un valor aproximado a los valores calculados. Siendo la API de búsqueda la que mayor número de veces es solicitada, seguida por la API de mapa web (cargar el mapa en la página) y por último la API de optimización.

Dada la tendencia, se espera que el número de peticiones se aproxime cada vez más al número estimado. Con base a este número estimado, se determina que dado el rango de peticiones en conjunto no supera el umbral de solicitudes que generen un costo adicional, la aplicación bajo este modelo tendría la característica de ser una aplicación de bajo costo, teniendo en cuenta exclusivamente el uso de los servicios de Mapbox como principal fuente generadora de costos.

## VII. CONCLUSIONES

- Es posible optimizar los procesos de los tiempos de agendamiento de atención domiciliaria, a través del uso de la aplicación Herramienta de Rutas Para Atención Domiciliaria.
- Existen APIs y herramientas computacionales que poseen un amplio margen de peticiones gratuitas, estas pueden ser adaptadas e implementadas al ámbito hospitalario. La Herramienta de Rutas Para Atención Domiciliaria hace uso de estas API's, la cual las adapta y hace posible su implementación a bajo costo, además de estar pensada para facilitar y apoyar las actividades asistenciales y administrativas del personal.
- La aplicación ofrece una interfaz fácil de entender, lo cual posibilita una simplicidad en su uso y navegación. Esto permite que los usuarios puedan usar la aplicación de manera inmediata y sin complicaciones, lo cual hace que sea accesible para una amplia gama de usuarios.

## VIII. RECOMENDACIONES

A lo largo del desarrollo se encontraron diferentes aspectos para mejorar en la aplicación, los cuales se consideran como importantes a tener en cuenta para una futura continuación del proyecto:

- La creación de roles a la hora de la autenticación de usuario.
- Poder editar las direcciones agregadas y cambiar su ubicación en el mapa, por usuario.
- Crear grupos personalizados de atención.
- Generar otro filtrado de los usuarios, dependiendo de la necesidad que se requiera.
- Eliminar historial antiguo de manera adaptable, evitando la aglomeración de datos.

## REFERENCIAS

- [1] O. ACISD, «ocad,» 2020. [En línea]. Available: <https://ocad.acisd.com.co/wp-content/uploads/2021/08/Informe-OCAD.pdf>. [Último acceso: 2024].
- [2] H. A. M. d. Antioquia, «Calipsu,» Hospital Alma Máter de Antioquia, 2020. [En línea]. Available:<http://131.0.171.104:85/CalipsuVisor/FileViewer/VerArchivoPdfJs?fileName=FL-PS-463%20%20%20FOLLETO.%20GUIA%20PARA%20EL%20USUARIO%20Y%20SU%20FAMILIA%20ATENCION%20DOMICILIARIA.pdf>. [Último acceso: 2023].
- [3] H. A. M. d. Antioquia, «Calipsu,» Hospital Alma Máter de Antioquia, 2017. [En línea]. Available: <http://131.0.171.104:85/CalipsuVisor/FileViewer/VerArchivoPdfJs?fileName=PC-PS-402%20%20%20PROCEDIMIENTO%20PARA%20LA%20PROGRAMACION%20DE%20SERVICIO%20Y%20RUTAS%20ATENCION%20DOMICILIARIA.pdf>. [Último acceso: 2023].
- [4] «Filtrado de datos: Qué es, ventajas y ejemplos,» QuestionPro,[En línea]. Available:<https://www.questionpro.com/blog/es/filtrado-de-datos/#:~:text=La%20navegaci%C3%B3n%20eficiente%20a%20trav%C3%A9s%20de%20los,tomar%20decisiones%20informadas.%20Contenido%20del%20art%C3%ADculo:%20hide..> [Último acceso: 2024].
- [5] «Angular,» Angular, [En línea]. Available: <https://angular.io/docs>. [Último acceso: 2024].
- [6] «Express - Node.js web application framework,» Express - Node.js web application framework, [En línea]. Available: <https://expressjs.com/>. [Último acceso: 2024].
- [7] M.-D. Team, «MongoDB Documentation,» MongoDB: The Developer Data Platform , [En línea]. Available: <https://www.mongodb.com/docs/>. [Último acceso: 2024].
- [8] R. A. Española, «RAE,» Asociación de academias de la lengua española, 2024. [En línea]. Available: <https://dle.rae.es/direcci%C3%B3n?m=form>. [Último acceso: 2024].



- 
- [9] «API Docs,» Mapbox, [En línea]. Available: <https://docs.mapbox.com/api/overview/>. [Último acceso: 2024].