



UNIVERSIDAD DE BURGOS  
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR  
Grado en Ingeniería Informática



**TFG del Grado en Ingeniería  
Informática**

**Generador automático de  
Metrominuto  
Documentación Técnica**



Presentado por Guillermo Paredes Muga  
en la Universidad de Burgos  
el 28 de junio de 2020

### **Tutores**

Dr. Álvar Arnaiz González

Dr. César Ignacio García Osorio



---

# Índice general

---

<b>Índice general</b>	<b>I</b>
<b>Índice de figuras</b>	<b>III</b>
<b>Índice de tablas</b>	<b>IV</b>
<b>Apéndice A Plan de Proyecto Software</b>	<b>1</b>
A.1. Introducción . . . . .	1
A.2. Planificación temporal . . . . .	1
A.3. Estudio de viabilidad . . . . .	12
<b>Apéndice B Especificación de Requisitos</b>	<b>17</b>
B.1. Introducción . . . . .	17
B.2. Objetivos generales . . . . .	17
B.3. Catálogo de requisitos . . . . .	17
B.4. Especificación de requisitos . . . . .	19
<b>Apéndice C Especificación de diseño</b>	<b>35</b>
C.1. Introducción . . . . .	35
C.2. Diseño de datos . . . . .	35
C.3. Diseño procedimental . . . . .	37
C.4. Diseño arquitectónico . . . . .	37
C.5. Maquetación . . . . .	39
<b>Apéndice D Documentación técnica de programación</b>	<b>41</b>
D.1. Introducción . . . . .	41
D.2. Estructura de directorios . . . . .	41

D.3. Manual del programador . . . . .	41
D.4. Aplicaciones utilizadas . . . . .	46
D.5. Instalación y configuración . . . . .	47
D.6. Bibliotecas y Frameworks . . . . .	51
D.7. Compilación, instalación y ejecución del proyecto . . . . .	56
D.8. Pruebas del sistema . . . . .	61
<b>Apéndice E Documentación de usuario</b>	<b>63</b>
E.1. Introducción . . . . .	63
E.2. Requisitos de usuarios . . . . .	63
E.3. Instalación . . . . .	63
E.4. Manual del usuario . . . . .	64
<b>Bibliografía</b>	<b>67</b>

---

# Índice de figuras

---

B.1. Diagrama de casos de uso: General. . . . .	19
B.2. Diagrama de casos de uso: RF2 – Generación de mapa. . . . .	20
B.3. Diagrama de casos de uso: RF3 – Creación de SVG. . . . .	21
C.1. Diagrama de clases. . . . .	36
C.2. Diagrama Modelo-Vista-Controlador . . . . .	38
D.1. Discretización. . . . .	44
D.2. Superposición de rectángulos. . . . .	45
D.3. Puntos del rectángulo. . . . .	46
D.4. Panel Google Console . . . . .	49
D.5. Firebase: Añadir Aplicación. . . . .	51
D.6. Control de usuarios. . . . .	55
D.7. Creación del entorno virtual. . . . .	57
D.8. Variables de entorno. . . . .	58
D.9. Ejecución del proyecto. . . . .	59
D.10. Configuración Variables de entorno en Azure, paso 1. . . . .	60
D.11. Configuración Variables de entorno en Azure, paso 2. . . . .	61
E.1. Número de arcos. . . . .	64

---

# Índice de tablas

---

A.1. Costes de personal. . . . .	12
A.2. Costes de hardware. . . . .	13
A.3. Costes de software. . . . .	13
A.4. Coste Azure . . . . .	14
A.5. Coste Google API . . . . .	14
A.6. Dependencias del proyecto. . . . .	15
B.1. Iniciar sesión. . . . .	22
B.2. Firebase Auth. . . . .	23
B.3. Generación de mapa. . . . .	24
B.4. Visualización de puntos sobre Google Maps. . . . .	25
B.5. Google API. . . . .	26
B.6. Selección de puntos. . . . .	27
B.7. Selección como centrales. . . . .	28
B.8. Eliminación de un punto cualquiera. . . . .	29
B.9. Creación de SVG. . . . .	30
B.10. Añadir y eliminar arcos. . . . .	31
B.11. Mover los puntos y las etiquetas. . . . .	32
B.12. Cambiar el nombre de los puntos. . . . .	33
B.13. Exportación y descarga. . . . .	34

## Apéndice A

---

# Plan de Proyecto Software

---

### A.1. Introducción

En este apéndice se va a analizar todo aquello necesario para que un proyecto se desarrolle con el menor número de imprevistos posible. Para conseguir esto, es necesaria una fase de planificación donde se estimen los tiempos, la cantidad de trabajo y el dinero que es necesario invertir para sacar adelante el proyecto. Dicha planificación se divide en dos partes:

- **Planificación temporal:** fase en la que se analiza y planifica el trabajo necesario para desarrollar cada parte del proyecto, marcando fechas de inicio y final para cada una de ellas.
- **Estudio de viabilidad:** fase en la que se analizan las repercusiones legales y económicas del proyecto:
  - Económica: Análisis de los posibles costes y beneficios del proyecto.
  - Legal: Análisis de las repercusiones a efectos legales como la *Ley de Protección de Datos* o las licencias del proyecto.

### A.2. Planificación temporal

Esta parte del proyecto es aquella en la que se planifica cómo va a ir avanzando el proyecto en función del trabajo requerido para cada una de las tareas de las que consta el mismo. Concretamente se estima el tiempo, es decir, cuáles van a ser los plazos para desarrollar determinadas tareas. Para

esta planificación o estimación se han empleado los conceptos generales de la metodología ágil Scrum, ya que en este caso en el proyecto sólo hay un único desarrollador aparte de los tutores. Las líneas generales que se han aplicado de esta metodología de gestión han sido:

- Desarrollo marcado por sucesivos *sprints* delimitados por dos reuniones: una al principio de cada uno y otra al final. Normalmente en la reunión de finalización de un *sprint* se marcaban los objetivos y la planificación del siguiente.
- La duración de los *sprints* fue de dos semanas al inicio y de una semana en la segunda mitad del mismo.
- Cada *sprint* produce un resultado o incremento del proyecto final.
- En cada *sprint* se divide el objetivo final en distintas tareas mas pequeñas.
- Las tareas se planifican y estiman en un tablero.

### **Sprint 0. (22/10/2019 – 28/10/2019)**

En esta reunión el objetivo fundamental fue la presentación, a grandes rasgos, de en qué iba a consistir el proyecto por parte de los dos tutores: Álar Arnaiz González y César Ignacio García Osorio. No se definió ninguna tarea, ya que simplemente se trataba de acordar si se había entendido bien el objetivo del proyecto.

### **Sprint 1. (29/10/2019 – 12/11/2019)**

Esta reunión fue la primera en la que se comenzó a hablar de los requisitos del proyecto y de sus detalles para la planificación. Los objetivos de este sprint fueron:

- Crear correctamente el repositorio en GitHub.
- Elegir el entorno de desarrollo que se iba a utilizar y su posterior configuración para ejecutar una aplicación web con Flask.
- Hacer un primer proyecto «Hola Mundo» como primera toma de contacto con este framework.
- Incorporar en el proyecto un mapa proporcionado por el API de Google en el que fuésemos capaces de seleccionar diferentes puntos (marcadores).



## **Sprint 2. (13/11/2019 – 26/11/2019)**

Los objetivos principales de este Sprint fueron:

- Guardar e imprimir (tanto en el cliente como en el servidor) los distintos marcadores seleccionados en el mapa.
- Dibujar la ruta entre los distintos puntos seleccionados.
- Seguir los estándares de programación
- Completar la documentación del proyecto.
- Cambiar de Visual Studio Code a Pycharm (licencia profesional).

Además de estos objetivos, debido a la posibilidad de añadir al proyecto nuevas funcionalidades y metodologías de Docker, se decidió cambiar de Sistema Operativo a Linux. Durante este sprint se siguió un curso «tutorial sobre Flask de Miguel Grinberg» [10], en el cual, a medida que iba avanzando encontré varias mejoras para aplicar a mi proyecto y que fui incorporando. Al final de este sprint, dos de los objetivos no se consiguieron por completo, ya que daban algunos errores y se optó por una funcionalidad menor: en vez de dibujar la ruta entre todos los puntos seleccionados, sólo se dibujaba entre el primero y el último; y al pasar los distintos marcadores, mediante un POST al servidor no podía pasar un objeto. Estas dos funcionalidades quedaron pendientes para el siguiente Sprint.

## **Sprint 3. (27/11/2019 – 10/12/2019)**

El principal objetivo de este sprint fue poner al día la documentación, al mismo tiempo que se seguía el tutorial de Flask mencionado en el A.2. Se encontraron distintas mejoras para realizar, así como la posibilidad de añadir el fichero `requirements.txt`, que después serviría para instalar las diferentes librerías utilizadas en el proyecto. También se acabaron las tareas que quedaron pendientes el sprint anterior.

## **Sprint 4. (10/12/2019 – 18/12/2019)**

Los objetivos de este sprint fueron: mejorar el envío de los datos al servidor, buscar documentación y evaluar los resultados de las distintas funciones que proporciona el API de Google para Python, y ser capaces de diferenciar los datos «útiles» de dichas funciones.

### **Sprint 5. ( 19/12/2019 – 09/01/2020)**

En este Sprint, los objetivos fueron:

- Mostrar la información de los diferentes puntos seleccionados.
- Obtener la matriz de distancias de todos con todos. Se obtiene como resultado una matriz en la que tenemos las distancias de todos los nodos entre sí.
- Dibujar el grafo en la parte del servidor, es decir, en Python.

Tras concluir el sprint, se alcanzaron todos los objetivos, no quedando nada pendiente para el siguiente.

### **Sprint 6. (10/01/2020 – 23/01/2020)**

Los objetivos de sprint fueron:

- Actualizar la documentación.
- Evaluar el algoritmo *minimum spanning tree* [12].
- Valorar diferentes bibliotecas para dibujar el grafo en la web.

Tras concluir el sprint, quedó pendiente algunas preguntas sobre la parte de documentación, además de la implementación del grafo en el cliente.

### **Sprint 7. (24/01/2020 – 10/02/2020)**

Durante este Sprint, los objetivos que se marcaron fueron los siguientes:

- La correcta implementación de la librería encontrada en el Sprint anterior.
- Creación de una estructura en la que a partir del árbol generado inicialmente y con la ayuda de la función *minimum spanning tree* de *networkx*, evaluar este camino mínimo en un conjunto aleatorio de arcos del árbol inicial.
- Crear el archivo JSON necesario para que la librería implementada anteriormente dibuje el grafo que necesitamos.

- Actualizar y corregir la documentación.

En este Sprint no se logró alcanzar por completo los objetivos marcados, quedando pendiente para el siguiente Sprint terminar la generación de la estructura del archivo JSON para dibujar el grafo.

### **Sprint 8. (10/02/2020 – 19/02/2020)**

Los objetivos de este Sprint, que fue el primero en el que se pasó de realizar reuniones cada dos semanas a realizarlas cada semana, fueron:

- Terminar las tareas del sprint anterior.
- Actualizar la documentación del proyecto.
- Mejorar el sistema de generar un grafo por votos para que todos sus nodos estén siempre conectados.

### **Sprint 9. (20/02/2020 – 26/02/2020)**

En la reunión de planificación de este sprint, que corresponde también con la de revisión del Sprint 8, se planteó la dificultad que presentaba emplear la biblioteca encontrada en los sprints anteriores para dibujar el mapa sinóptico. Esto se debe fundamentalmente a que la estructura de datos necesaria para ello era prácticamente imposible de generar de forma automática. Por esta razón, se decidió emplear otra forma para su dibujado, lo que lleva a los objetivos de este sprint:

- Eliminar referencias y usos de la biblioteca Tube Map.
- Generar el grafo en el servidor y exportarlo como SVG para poder tratarlo a nuestro antojo en el cliente.
- Actualizar la documentación, junto con las correcciones del sprint anterior.

### **Sprint 10. (27/02/2020 – 04/03/2020)**

Los objetivos de este sprint fueron:

- Generar el archivo SVG con el grafo generado. Se encontraron varias dificultades a la hora de escalar los puntos para dibujarlos en el SVG. Por ello, esta tarea quedó pendiente para el siguiente Sprint.

- Generar la documentación.
- Investigar sobre los *layouts* para grafos.
- Dar al usuario la posibilidad de elegir el número de arcos que aparecen en el grafo.

### **Sprint 11. (05/03/2020 – 12/03/2020)**

En este Sprint, los objetivos fueron:

- Generar toda la documentación pendiente del Sprint anterior junto con la nueva generada en este.
- Resolver el escalado del grafo en SVG.
- Añadir estilos al grafo en el cliente. Para ello fijarse en el JavaScript de la biblioteca utilizada en sprints anteriores.
- Añadir texto al grafo SVG.
- Dar al usuario la posibilidad de elegir el número de veces que se repite el bucle que genera el grafo de votos.

Durante este sprint, al igual que en el anterior, se encontró una gran dificultad en la transformación de las coordenadas geográficas de los marcadores a píxeles para su dibujado en SVG. En este Sprint se alcanzaron todos los objetivos.

### **Sprint 12. (13/03/2020 – 26/03/2020)**

Durante este Sprint los principales objetivos fueron:

- Eliminar un marcador cualquiera del mapa.
- Generar la documentación correspondiente.
- Resolver el problema de normalización para el correcto dibujado de los nodos en la imagen SVG.
- Incluir en el proyecto las variables de sesión.
- Dar al usuario la posibilidad de elegir el cómo quiere recorrer los puntos: en bici o a pie.

- Reestructurar la aplicación.

En este Sprint quedó pendiente la eliminación de un marcador cualquiera, ya que en la reunión de retrospectiva de este sprint se planteó la idea de mostrar en la pantalla un listado con los puntos seleccionados, con el objetivo de eliminarlos desde ahí. También quedó pendiente la documentación.

### **Sprint 13. (27/03/2020 – 02/04/2020)**

Durante este sprint, los objetivos fueron:

- Terminar las tareas pendientes del *sprint 12*.
- Cambiar la obtención de los votos de los arcos del grafo.
- Generar la lista de marcadores a medida que se añaden puntos al mapa.
- Buscar información sobre *Vue.js* para utilizarlo en el proyecto.
- Incluir en la documentación la herramienta *lucidCharts* para generar diagramas.

Durante este sprint se encontraron dificultades con la implementación de Vue, ya que intenté añadir el cliente mediante *node.js* y añadiendo el CDN al template era suficiente. Por esta razón, quedó pendiente la modificación en la obtención de votos, aunque se consiguió añadir la lista con los marcadores (tanto añadir como borrar).

### **Sprint 14. (03/04/2020 – 16/04/2020)**

En este sprint, los objetivos fueron:

- Cambiar el color de los puntos que sean seleccionados como centrales.
- Cambiar la *lista* de marcadores por *table-row*.
- Añadir un *checkboxlist* a la tabla para seleccionar los nodos centrales.
- Guardar los nodos y la matriz de distancias para hacer las distintas pruebas con el fin de evitar hacer demasiadas llamadas a la *API de Google*.

- Incluir validaciones en el cliente.
- Modificar el SVG en el cliente, de tal manera que el usuario pueda mover los puntos.

Al finalizar este sprint, quedó pendiente la modificación del SVG en el cliente.

### **Sprint 15. (17/04/2020 – 23/04/2020)**

Durante este Sprint, las tareas u objetivos fueron:

- Resolver el posicionamiento de los labels para que no se superpongan.
- Actualizar la versión de Python en el entorno virtual.
- Mejorar el código para que funcione el redirect.
- Precalcular los SVGs posibles, determinados por el número de votos de los arcos, antes de mandarlos al cliente. De esto modo, se mandan todos en una lista y es el cliente quien maneja cuál mostrar y cuál no.

Durante este Sprint se encontraron varias dificultades en calcular la superposición, por lo que quedaron pendientes esta tarea, junto con la del cálculo de los SVG.

### **Sprint 16. (24/04/2020 – 30/04/2020)**

Las tareas principales de este Sprint fueron:

- Acabar tareas pendientes del *Sprint 15*.
- Modificar ficheros *css*.
- Actualizar el template base.
- Actualizar la documentación pendiente.
- Proponer un enrejillado de los nodos para que queden lo más alineados posible.

Durante este sprint, se encontraron dificultades a la hora de plantear el método que solucionaba el problema de solapamientos con las etiquetas. Finalmente, en este sprint quedó pendiente valorar otra opción para el cálculo de estos solapamientos y plantear el enrejillado de los puntos.

### **Sprint 17. (01/05/2020 – 07/05/2020)**

En este Sprint, las tareas fueron:

- Mejorar o cambiar el método de detección de solapamientos.
- Cambiar la forma de la alerta al seleccionar un número máximo de marcadores.
- Incluir el aviso del uso de cookies.
- Ajustar la maquetación de la aplicación.
- Acabar temas pendientes del anterior Sprint.
- Actualizar la documentación.

### **Sprint 18. (08/05/2020 – 14/05/2020)**

Durante este Sprint, los objetivos que se marcaron fueron:

- Documentación del código.
- Maquetar la aplicación.
- Concluir la discretización de los arcos para el dibujado de los labels.
- Modificar el cálculo de las posiciones para utilizar un escalado logarítmico.
- Construir una rejilla para agrupar los puntos tanto horizontal como verticalmente.

Durante este Sprint, también se empleó tiempo en modificar parte de las estructuras hechas anteriormente, ya que a la hora de seguir avanzando me di cuenta que ya no servían y había que rehacerlas.

### **Sprint 19. (15/05/2020 – 21/05/2020)**

Durante este Sprint, los objetivos fueron:

- Publicación de la primera release <sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup>[https://github.com/gpm0009/TFG\\_MetrominutoWeb/releases/tag/v0.1](https://github.com/gpm0009/TFG_MetrominutoWeb/releases/tag/v0.1)

- Guardar los marcadores en el cliente, de tal modo que cuando el usuario vuelve a mapa no se pierdan los puntos seleccionados previamente.
- Ajustar los colores de las líneas al tiempo existente entre los puntos que unen.
- Cambiar el orden en la detección de los rectángulos para calcular primero las posiciones más importantes de las labels.
- Detectar el solapamiento entre líneas y ajustar cada una de ellas para que no se solapen.
- Maquetar la aplicación.

Al finalizar, quedó pendiente la documentación.

### **Sprint 20. (22/05/2020 – 28/05/2020)**

En este Sprint, los objetivos fueron:

- Crear una nueva página para editar el SVG elegido por el usuario.
- Permitir editar el SVG anterior:
  - Arrastrar los puntos para modificar su posición.
  - Editar el texto que indica el nombre de cada punto.
- Modificar la página de ayuda.

Al finalizar este Sprint, quedó pendiente gran parte de él, ya que me coincidió con un examen.

### **Sprint 21. (29/05/2020 – 04/06/2020)**

Durante este Sprint, el objetivo fue acabar con las tareas pendientes del Sprint anterior. Debido a las nuevas funcionalidades de la aplicación, tuve que hacer varios cambios en el resto del proyecto.



**Sprint 22. (05/06/2020 – 11/06/2020)**

En este Sprint, los objetivos fueron:

- Actualizar toda la documentación, tanto de código como  $\text{\LaTeX}$ .
- Hacer un logo para la aplicación.
- Mejorar el aspecto de la aplicación.
- Modificar el cálculo de los labels al mover los puntos. Sólo deben recalcularse las partes afectadas por el movimiento y aquellas que no se hayan movido previamente.
- Modificación en el cambio de texto cuando editamos el SVG.
- Mejorar el estilo del *slider* para elegir el SVG.
- Incluir leyenda de colores.
- Incluir un botón para exportar el grafo a formato .png o .jpg para poder descargarlo.
- Nueva página con la validación de usuario de FirebaseUI Auth.

Al finalizar el Sprint, quedó pendiente incorporar la autenticación de Google y la creación de un logo para la aplicación.

**Sprint 23. (12/06/2020 – 18/06/2020)**

Para este Sprint, los objetivos fueron:

- Agregar más puntos de ancla para el cálculo de los textos.
- Realizar las pruebas con datos del API de Google.
- Eliminación de los grafos que eran iguales.
- Terminar las tareas pendientes del Sprint anterior.

Al finalizar este Sprint, quedó pendiente la actualización de la documentación, ya que al hacer las pruebas finales con la API se encontraron grandes problemas a la hora de realizar los cálculos del mapa, y se tuvo que reestructurar gran parte de la aplicación.

## Sprint 24. (19/06/2020 – 25/06/2020)

Durante este Sprint, los objetivos fueron:

- Documentación: actualizar memoria y anexos.
- Resolver últimos errores de la aplicación.

## A.3. Estudio de viabilidad

### Viabilidad económica

En este apartado se detalla el coste económico real que supondría el desarrollo del proyecto de forma completa.

#### Costes de personal

El proyecto se ha llevado a cabo por un único desarrollador contratado a tiempo parcial durante 9 meses, considerando un salario bruto anual de 21000€ (ver tabla A.1)

Concepto	Devengos( €)	Deducciones( €)
Salario base	1500,00	
Cotización contingencias comunes (4,70 %)		70,50
Cotización formación (0,10 %)		1,50
Cotización desempleo (1,60 %)		24,00
Retención IRPF (10 %)		150,00
<b>Total mes</b>	1.254,00	
<b>Total 9 meses</b>	11.286,00	

Tabla A.1: Costes de personal.

#### Costes de hardware

Para esta sección, se han calculado los costes del hardware usado durante el desarrollo, correspondiéndose con el empleado a lo largo del TFG.

Se ha utilizado un ordenador portátil valorado en 900€ con amortización en 5 años (ver tabla A.2).

$$\frac{118,76 \text{ €}}{9 \text{ meses}} = 13,20 \text{ €}$$

$$\frac{900,00 \text{ €}}{9 \text{ meses}} = 100,00 \text{ €}$$

Concepto	Coste( €)	Amortización( €)
Ordenador portátil	900,00	100,00
Microsoft Windows 10 Home 64Bits OEM	118,76	13,20
Tarifa de Internet ( €/mes)	40,00	
<b>Coste total (9 meses)</b>	<b>1.378,76</b>	

Tabla A.2: Costes de hardware.

### Costes de software

En este apartado, se detallan los costes del software necesario para el desarrollo (ver tabla A.3).

Concepto	Coste( €)
PyCharm Professional(año) [5]	89,00
<b>Coste total (9 meses)</b>	<b>66,65</b>

Tabla A.3: Costes de software.

### Costes Cloud

En este apartado se detallan los costes de las APIs utilizadas en el proyecto, así como de la plataforma en la que está desplegada.

Para calcular los costes del despliegue de la aplicación en Azure, se ha utilizado la calculadora de precios de Azure [1], ver tabla A.4.

Concepto	Valor	Coste
Región	Europa Oeste	
Sistema operativo	Linux	
Nivel	Básico	
Instancia	B1: Núcleos: 1, 1.75 GB de RAM, 10 GB de almacenamiento	0,063 €/hora
Número de instancias	Dos	
Tiempo	Un mes	
Soporte	Estándar	84,33 €/hora
Programa de licencias	Contrato de Microsoft Online Services	
<b>Coste total (4 meses)</b>		<b>713,76 €</b>

Tabla A.4: Coste Azure

Para los detalles del coste del API de Google he consultado la lista de precios de Google [3], ver tabla A.5 .

Concepto	Coste( €)/1000 solicitudes
API Maps Javascript	6,17
API Distance Matrix	4,41
Geocoding	4,41
API Directions	4,41
Autocomplete – Per Request	2,5
Places Details	15,00

Tabla A.5: Coste Google API

Para los costes de los servicios de Firebase se ha consultado su lista de precios [2], aunque si las peticiones son menores de 10.000/mes podríamos emplear el plan gratuito.

Dependencia	Versión	Licencia
certifi	2020.4.5.1	MPL 2.0
chardet	3.0.4	LGPL
cycler	0.10.0	BSD
decorator	4.4.2	BSD
click	7.1.1	LGPLv3
dominate	2.5.1	BSD
Flask	1.1.2	BSD
Flask-Bootstrap	3.3.7.1	BSD
Flask-Dance	0.14.0	MIT
flask_wtf	0.14.3	BSD
googlemaps	4.2.0	Apache Software License (Apache 2.0)
idna	2.9	OSI Approved :: BSD License
itsdangerous	1.1.0	OSI Approved :: BSD License
Jinja2	2.11.1	BSD
kiwisolver	1.1.0	BSD
MarkupSafe	1.1.1	BSD
matplotlib	3.0.3	PSF
networkx	2.4	BSD
numpy	1.18.2	BSD
pyparsing	2.4.7	MIT
python-dateutil	2.8.1	Apache Software License, BSD License (Dual License)
requests	2.23.0	Apache Software License (Apache 2.0)
six	1.14.0	MIT
svgwrite	1.3.1	MIT
urllib3	1.25.8	MIT
visitor	0.1.3	MIT
Werkzeug	1.0.1	BSD

Tabla A.6: Dependencias del proyecto.

## Viabilidad legal

En la tabla [A.6](#) se listan las dependencias utilizadas en el proyecto, junto con sus licencias.



## *Apéndice B*

---

# Especificación de Requisitos

---

### B.1. Introducción

En este apéndice se explican y especifican tanto los requisitos funcionales como los no funcionales del proyecto, así como los objetivos del proyecto.

### B.2. Objetivos generales

- Crear una aplicación cliente – servidor que permita la creación automática de Metrominutos.
- Control de usuarios.
- Permitir a los usuarios control sobre el mapa, de manera que puedan mover o eliminar los puntos seleccionados.
- Ofrecer al usuario un mapa final claro y sencillo.
- Que la aplicación final sea útil para el fomento de esta actividad.

### B.3. Catálogo de requisitos

#### Requisitos funcionales

- **RF-1 Control de usuarios:** la aplicación debe permitir el control de usuarios.

- **RF-1.1 Firebase Auth:** La aplicación debe poder hacer uso de los servicios de autenticación de Firebase.
- **RF-2 Generación de mapa:** La aplicación debe ofrecer la selección de distintos puntos sobre el mapa para generar un mapa personalizado.
  - **RF-2.1 Visualización de puntos sobre Google Maps:** La aplicación debe poder hacer uso de las operaciones, así como acceder a los servicios de *Google Maps* proporcionados por el API.
  - **RF-2.2 Selección de puntos:** Seleccionar sobre el mapa distintos puntos, hasta un máximo de 15 <sup>1</sup>.
    - **RF-2.2.1 Selección como centrales:** Una vez creado un marcador, el usuario debe poder darle una mayor importancia a este punto en el recorrido.
    - **RF-2.2.2 Eliminación de un punto cualquiera:** El usuario debe poder eliminar los puntos seleccionados.
- **RF-3 Creación de SVG:** Generación de un mapa sinóptico a través de los puntos seleccionados en el *RF- 2*, con formato SVG, que permite la interacción con dicho mapa.
  - **RF-3.1 Añadir y eliminar arcos:** El usuario debe poder seleccionar el mapa o grafo que más se adecue a su necesidad, con más o menos recorridos (arcos).
  - **RF-3.2 Mover puntos y etiquetas:** Posibilidad de que el usuario recolocque tanto los puntos como las etiquetas de los mismos en el mapa.
  - **RF-3.3 Cambiar el nombre de los puntos:** El usuario debe poder cambiar las etiquetas referentes al nombre de los puntos.
  - **RF-3.4 Exportación y descarga:** El usuario debe poder descargar el mapa que ha generado.

## Requisitos no funcionales

- **RNF-1 Usabilidad:** La aplicación tiene que poder usarse de forma sencilla y debe ser intuitiva.

---

<sup>1</sup>limitación que se debe al número de argumentos que permite el API de Distance Matrix de Google.



- **RNF-2 Compatibilidad:** La aplicación tiene que poder ser compatible con los diferentes navegadores.
- **RNF-3 Responsividad:** La aplicación debe poder adaptarse al tamaño de la pantalla.
- **RNF-4 Facilidad en el despliegue:** La aplicación debe poder ser desplegada con facilidad en un servidor.
- **RNF-5 Mantenibilidad:** Debe ser sencillo añadir nuevas funcionalidades.

## B.4. Especificación de requisitos

En esta sección, se presentan los casos de uso de la aplicación.

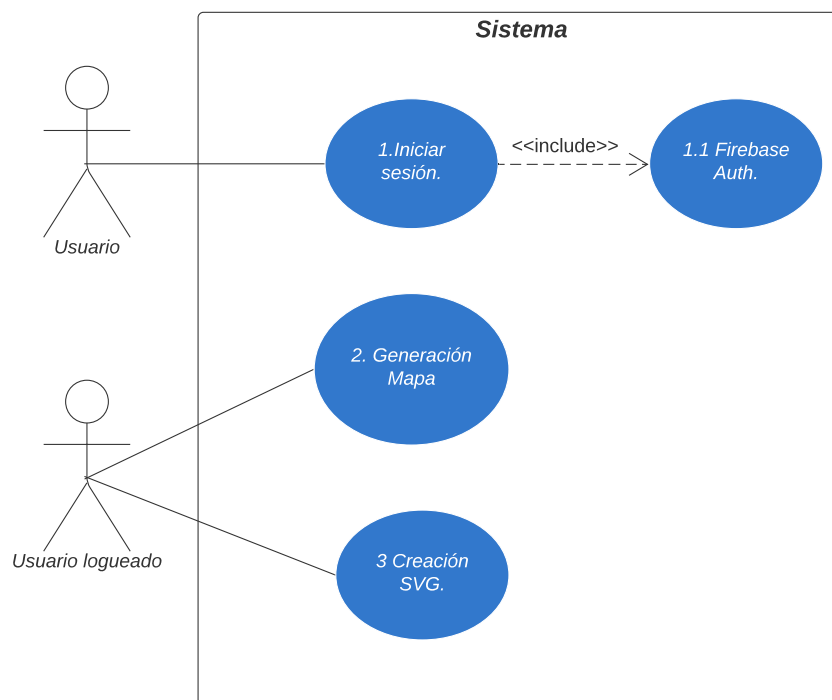


Figura B.1: Diagrama de casos de uso: General.

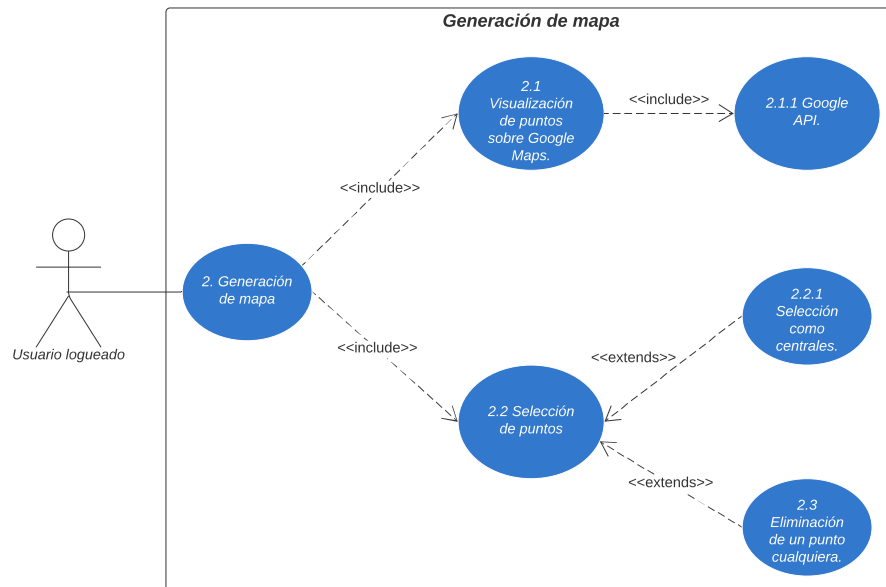


Figura B.2: Diagrama de casos de uso: RF2 – Generación de mapa.

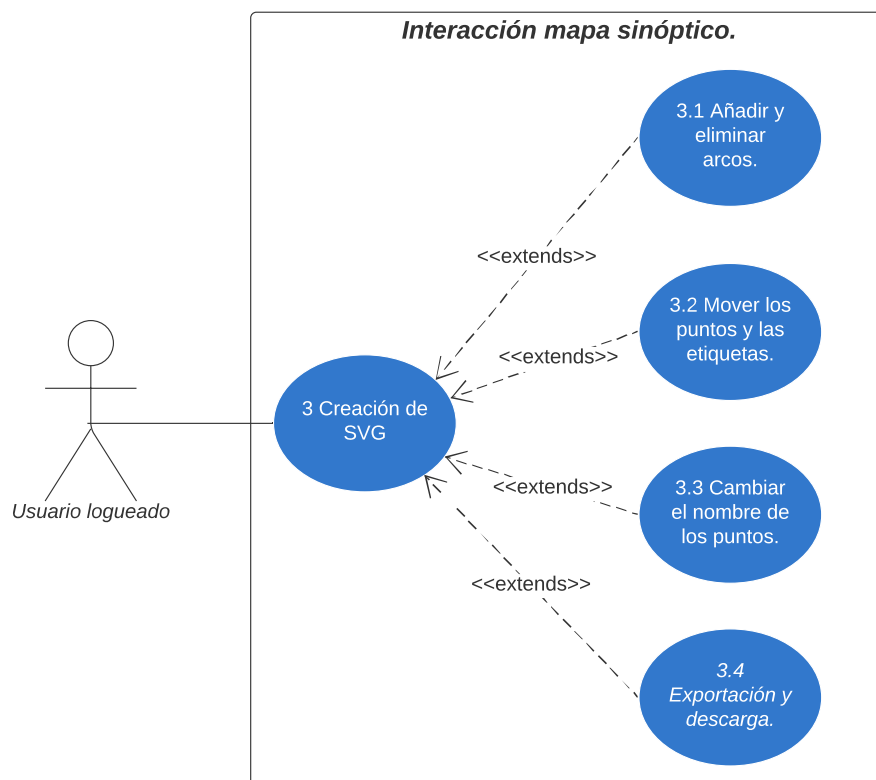


Figura B.3: Diagrama de casos de uso: RF3 – Creación de SVG.

<b>CU-1</b>	<b>Iniciar sesión</b>
<b>Requisitos asociados</b>	RF-1, RF-1.1
<b>Actor</b>	Usuario no logueado.
<b>Descripción</b>	El usuario inicia sesión en la aplicación.
<b>Precondición</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>■ Página de inicio cargada.</li><li>■ Usuario no logueado.</li></ul>
<b>Acciones</b>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Pulsar sobre el botón Iniciar sesión.</li></ol>
<b>Postcondición</b>	Redirección a la aplicación con la sesión iniciada.
<b>Excepciones</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>■ Cuenta no existente.</li><li>■ Combinación de nombre y contraseña incorrecta.</li><li>■ Acceso no permitido: usuario bloqueado.</li></ul>
<b>Importancia</b>	Alta

Tabla B.1: Iniciar sesión.

<b>CU-1.1</b>	<b>Firestore Auth</b>
<b>Requisitos asociados</b>	RF-1.1
<b>Actor</b>	Usuario no logueado.
<b>Descripción</b>	El usuario inicia sesión mediante el proveedor que seleccione.
<b>Precondición</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>■ Dominio autorizado en la consola de Firestore por el administrador.</li><li>■ Proveedor correctamente habilitado por el administrador.</li></ul>
<b>Acciones</b>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Pulsar sobre el proveedor deseado.</li><li>2. Introducir credenciales.</li></ol>
<b>Postcondición</b>	Redirección a la aplicación con la sesión iniciada.
<b>Excepciones</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>■ Cuenta no existente.</li><li>■ Combinación de nombre y contraseña incorrecta.</li><li>■ Acceso no permitido: usuario bloqueado.</li></ul>
<b>Importancia</b>	Alta

Tabla B.2: Firestore Auth.

<b>CU-2</b>	<b>Generación de mapa</b>
<b>Requisitos asociados</b>	RF-2, RF-2.1, RF-2.2, RF-2.1.1, RF-2.2.1, RF-2.2.2
<b>Actor</b>	Usuario logueado.
<b>Descripción</b>	El usuario selecciona distintos puntos sobre Google Maps y genera un mapa sinóptico.
<b>Precondición</b>	Sesión iniciada.
<b>Acciones</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pulsar sobre el mapa para marcar un punto.</li> <li>2. Pulsar sobre el icono de la papelera para borrar un punto.</li> <li>3. Pulsar sobre Borrar Marcadores para eliminar todos los puntos.</li> <li>4. Pulsar sobre Generar mapa para crear un mapa sinóptico de los puntos seleccionados.</li> </ol>
<b>Postcondición</b>	Redirección a la vista del mapa sinóptico.
<b>Excepciones</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Seleccionar más de 15 puntos.</li> <li>■ Seleccionar menos de 3 puntos.</li> </ul>
<b>Importancia</b>	Alta

Tabla B.3: Generación de mapa.

<b>CU-2.1</b>	<b>Visualización de puntos sobre Google Maps</b>
<b>Requisitos asociados</b>	RF-2.1, RF-2.1.1
<b>Actor</b>	Usuario logueado.
<b>Descripción</b>	El usuario visualiza un mapa de Google Maps.
<b>Precondición</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Usuario logueado.</li> <li>▪ API_KEY configurada correctamente por el administrador.</li> <li>▪ API de Google cargada corretamente en el navegador.</li> </ul>
<b>Acciones</b>	
<b>Postcondición</b>	Seleccionar puntos ( <b>Selección de puntos</b> ).
<b>Excepciones</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ API bloqueada por el administrador.</li> <li>▪ Dominio bloqueado por el administrador.</li> <li>▪ Error al cargar JavaScript en el navegador.</li> </ul>
<b>Importancia</b>	Alta

Tabla B.4: Visualización de puntos sobre Google Maps.

<b>CU-2.1.1</b>	<b>Google API</b>
<b>Requisitos asociados</b>	RF-2.1.1
<b>Actor</b>	Usuario logueado.
<b>Descripción</b>	Acceso al API de Google.
<b>Precondición</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Usuario logueado.</li> <li>▪ Credenciales configuradas correctamente por el administrador.</li> </ul>
<b>Acciones</b>	
<b>Postcondición</b>	Visualización del mapa.
<b>Excepciones</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ API bloqueada por el administrador.</li> </ul>
<b>Importancia</b>	Alta

Tabla B.5: Google API.



<b>CU-2.2</b>	<b>Selección de puntos</b>
<b>Requisitos asociados</b>	RF-2.2, RF-2.2.1, RF-2.2.2
<b>Actor</b>	Usuario logueado.
<b>Descripción</b>	Selección de puntos sobre el mapa de Google.
<b>Precondición</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Usuario logueado.</li> <li>▪ Mapa cargado.</li> <li>▪ JavaScript cargado.</li> </ul>
<b>Acciones</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Hacer click sobre el punto o lugar del mapa deseado para marcarlo.</li> </ol>
<b>Postcondición</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aparece sobre el mapa un chincheta indicando el punto seleccionado.</li> <li>▪ El lugar seleccionado aparece en una tabla junto con el resto de puntos seleccionados.</li> </ul>
<b>Excepciones</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ API bloqueada por el administrador.</li> </ul>
<b>Importancia</b>	Alta

Tabla B.6: Selección de puntos.

<b>CU-2.2.1</b>	<b>Selección como centrales</b>
<b>Requisitos asociados</b>	RF-2.2, RF-2.2.1
<b>Actor</b>	Usuario logueado.
<b>Descripción</b>	Selección de algunos puntos como centrales: adquieren mayor importancia en el recorrido.
<b>Precondición</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Usuario logueado.</li> <li>■ Mapa cargado.</li> <li>■ JavaScript cargado.</li> <li>■ Punto seleccionado.</li> </ul>
<b>Acciones</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Hacer click sobre el <i>checkbox</i> correspondiente.</li> <li>2. Para eliminarlo de centrales, volver a hacer click sobre el mismo <i>checkbox</i>.</li> </ol>
<b>Postcondición</b>	La chincheta del punto seleccionado como central cambia de roja a verde.
<b>Excepciones</b>	
<b>Importancia</b>	Baja

Tabla B.7: Selección como centrales.

<b>CU-2.2.2</b>	<b>Eliminación de un punto cualquiera</b>
<b>Requisitos asociados</b>	RF-2.2, RF-2.2.2
<b>Actor</b>	Usuario logueado.
<b>Descripción</b>	Eliminar un punto seleccionado previamente.
<b>Precondición</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Usuario logueado.</li> <li>▪ Mapa cargado.</li> <li>▪ JavaScript cargado.</li> <li>▪ Punto seleccionado.</li> <li>▪ Punto añadido a la tabla que contiene la lista de los lugares ya seleccionados.</li> </ul>
<b>Acciones</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Hacer click sobre el icono de la papelera del punto que se quiere eliminar.</li> </ol>
<b>Postcondición</b>	El punto desaparece del mapa y de la tabla.
<b>Excepciones</b>	
<b>Importancia</b>	Baja

Tabla B.8: Eliminación de un punto cualquiera.

<b>CU-3</b>	<b>Creación de SVG</b>
<b>Requisitos asociados</b>	RF-3, RF-3.1, RF-3.2, RF-3.3, RF-3.4
<b>Actor</b>	Usuario logueado.
<b>Descripción</b>	El usuario crea un SVG que puede editar.
<b>Precondición</b>	Sesión iniciada, puntos seleccionados.
<b>Acciones</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Seleccionar el mapa más conveniente.</li> <li>2. Enviar y calcular/generar el mapa.</li> <li>3. Editar las posiciones de los puntos.</li> <li>4. Editar los nombres de los puntos.</li> <li>5. Editar la posición de los textos.</li> <li>6. Exportar el mapa.</li> </ol>
<b>Postcondición</b>	Nuevo cálculo de las posiciones de los textos al mover un punto.
<b>Excepciones</b>	
<b>Importancia</b>	Alta

Tabla B.9: Creación de SVG.

<b>CU-3.1</b>	<b>Añadir y eliminar arcos</b>
<b>Requisitos asociados</b>	RF-3.1
<b>Actor</b>	Usuario logueado.
<b>Descripción</b>	Mediante el uso de un slider, el usuario elige el número de arcos (trayectos) que se muestran.
<b>Precondición</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Sesión iniciada.</li> <li>■ Puntos seleccionados y enviados (<b>Generación de mapa</b>).</li> </ul>
<b>Acciones</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mover el punto del slider.</li> <li>2. Enviar el mapa seleccionado.</li> </ol>
<b>Postcondición</b>	Redirección a una nueva página en la que solo se muestra el mapa seleccionado.
<b>Excepciones</b>	
<b>Importancia</b>	Alta

Tabla B.10: Añadir y eliminar arcos.

<b>CU-3.2</b>	<b>Mover los puntos y las etiquetas</b>
<b>Requisitos asociados</b>	RF-3.2
<b>Actor</b>	Usuario logueado.
<b>Descripción</b>	Cambiar de posición los puntos y etiquetas del mapa.
<b>Precondición</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Sesión iniciada.</li> <li>■ Mapa cargado.</li> </ul>
<b>Acciones</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mover el punto.</li> <li>2. Mover las etiquetas.</li> </ol>
<b>Postcondición</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Cambio de posición.</li> <li>■ La posición de las etiquetas se recalcula para ajustarse a la nueva posición del punto.</li> </ul>
<b>Excepciones</b>	
<b>Importancia</b>	Baja

Tabla B.11: Mover los puntos y las etiquetas.

<b>CU-3.3</b>	<b>Cambiar el nombre de los puntos</b>
<b>Requisitos asociados</b>	RF-3.3
<b>Actor</b>	Usuario logueado.
<b>Descripción</b>	Cambiar el nombre de los puntos que aparecen en el mapa.
<b>Precondición</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Sesión iniciada.</li> <li>■ Mapa cargado.</li> </ul>
<b>Acciones</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pulsar sobre la etiqueta que se quiere cambiar.</li> <li>2. Introducir el texto nuevo.</li> </ol>
<b>Postcondición</b>	Cambio de texto de la etiqueta.
<b>Excepciones</b>	
<b>Importancia</b>	Baja

Tabla B.12: Cambiar el nombre de los puntos.

<b>CU-3.4</b>	<b>Exportación y descarga</b>
<b>Requisitos asociados</b>	RF-3.4
<b>Actor</b>	Usuario logueado.
<b>Descripción</b>	Descarga como SVG del mapa generado (editado o no).
<b>Precondición</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Sesión iniciada.</li> <li>■ Mapa cargado.</li> </ul>
<b>Acciones</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pulsar sobre el botón de exportar.</li> <li>2. Guardar archivo.</li> </ol>
<b>Postcondición</b>	Descarga del mapa.
<b>Excepciones</b>	
<b>Importancia</b>	Baja

Tabla B.13: Exportación y descarga.



## *Apéndice C*

---

# Especificación de diseño

---

### C.1. Introducción

En este apartado de la documentación se expone el diseño que ha dado lugar a la aplicación, el cual incluye el diseño de las distintas estructuras de datos, el diseño procedimental y diseño arquitectónico.

### C.2. Diseño de datos

En esta sección se explican las entidades usadas por la aplicación:

- Datos de Google: Datos que proporciona la API de Google, como distancias y tiempos entre puntos, así como datos acerca de la ubicación del marcador.
- SVG (Graphs): entidad que se usa para representar el grafo obtenido tras realizar distintas comprobaciones sobre los datos calculados anteriormente, y dibujar el gráfico vectorial o SVG.
- Rectángulo (Rect): Rectángulos generados para calcular el solapamiento de textos sobre nodos o arcos del grafo.
- Color: entidad que indica el color de los arcos y textos en función del tiempo que representa.
- Point: entidad que representa un punto con coordenadas X y Y.

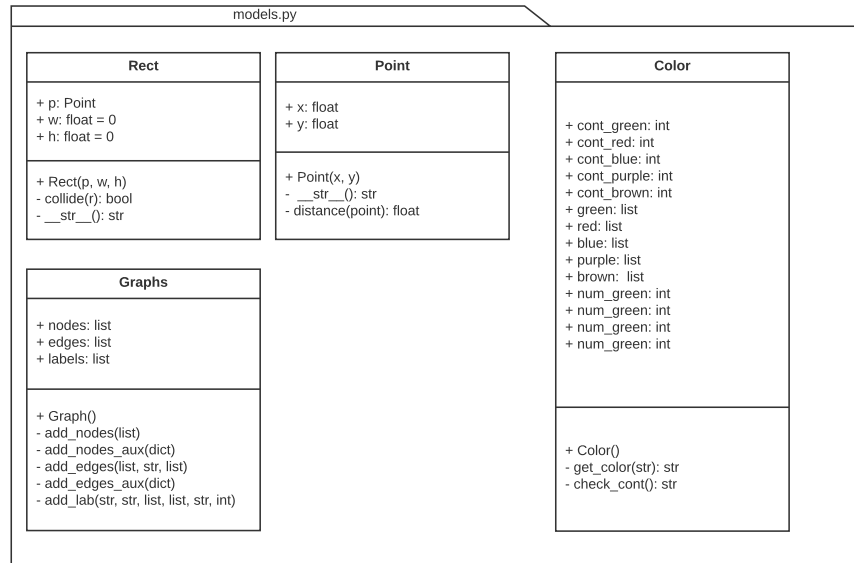


Figura C.1: Diagrama de clases.

## Google API

Google se ha usado para la obtención de todos los datos necesarios para el cálculo de distancias y tiempos, así como para la selección de los diferentes puntos en el mapa. Para ello, Google proporciona un API para *Python* y otro para *JavaScript*. Las funciones que se han usado han sido:

- `distance_matrix(orígenes, destinos)`: devuelve las distancias de cada origen con cada destino.
- `directions()`: devuelve las direcciones que hay que seguir para llegar de un punto a otro.

## NetworkX

En este proyecto se usa **NetworkX**, para generar, modificar y visualizar grafos, en los cuales el elemento «*nodes*» representa los diferentes puntos seleccionados por el usuario, y el elemento «*edges*» representa las conexiones entre ellos.

## SVG

Mediante la biblioteca **SVGWRITE** obtenemos el grafo mediante el dibujo de:

- Círculos: corresponden con los marcadores seleccionados previamente en el mapa.
- Líneas: corresponden a la distancia entre los puntos de sus extremos.
- Labels: texto con información acerca de los puntos y de la distancia entre ellos.

## C.3. Diseño procedimental

En esta sección se explican las interacciones más destacadas de la aplicación. La principal de ellas es, dentro de la visualización de los puntos, cuando se pasa a la vista del mapa sinóptico, ya que aquí entran en juego todas las funcionalidades más destacadas de la aplicación.

// Diagrama de secuencia.

Cuando el usuario selecciona y guarda una serie de puntos sobre el mapa, estos pasan al servidor de tal manera que, con el API proporcionado por Google se evalúan las distancias de unos nodos a otros y se genera un grafo. A continuación, se realizan diferentes operaciones con dicho grafo para evaluar los distintos caminos más cortos (minimum spanning tree <sup>1</sup>) para recorrer todos los nodos.

Como resultado final, obtenemos un mapa sinóptico con la representación de estos puntos y de los caminos existentes entre ellos.

## C.4. Diseño arquitectónico

La estructura del proyecto esta condicionada por el tipo de proyecto que es. Se trata de una aplicación web y por ello se ha seguido el patrón MVC (Modelo - Vista - Controlador), el cual permite separar en 3 componentes diferentes los datos, el interfaz y la lógica de la aplicación.

---

<sup>1</sup>[https://en.wikipedia.org/wiki/Minimum\\_spanning\\_tree](https://en.wikipedia.org/wiki/Minimum_spanning_tree)

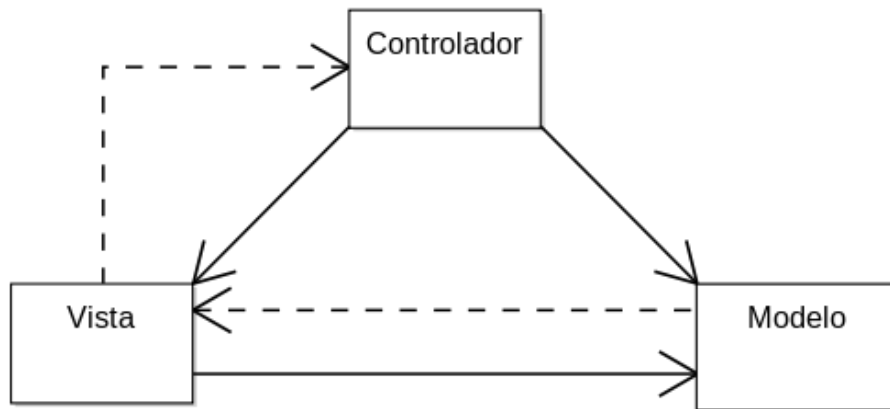


Figura C.2: Diagrama Modelo-Vista-Controlador

- Modelo:** Parte de la aplicación en la que se manejan los datos y su lógica. En este proyecto, este modulo estaría formado por:
  - Metrominuto/ - Directorio del proyecto web
  - └─ metrominuto\_app/ - Aplicación web
    - └─ main/ - Inicializa el blueprint de la aplicación
      - └─ forms.py - Contiene los formularios de la aplicación
      - └─ models.py - Clases definidas en la aplicación
      - └─ calculateRoute.py - Operaciones con el API de Google
      - └─ globals.py - Variables globales del proyecto
      - └─ graphs.py - Operaciones con grafos
      - └─ svgfunctions.py - Operaciones para dibujar

Ficheros en los que se manejan los datos y realizan las operaciones necesarias.

- Vista:** Módulo de la aplicación formado por la interfaz de usuario. En este proyecto, está formado por el directorio *templates*, donde están todos los ficheros *HTML* que se usan en la aplicación.
- Controlador:** Intermediario entre los modelos y las vistas. Se encarga de gestionar el flujo de información y la obtención de los datos necesarios para cada vista. En este proyecto, este modulo estaría formado por:
  - / Directorio raíz
    - └─ Metrominuto/ - Directorio del proyecto web
      - └─ metrominuto\_app/ - Aplicación web
        - └─ main/ - Inicializa el blueprint de la aplicación
          - └─ init.py - Inicialización
          - └─ routes.py - Contiene las rutas de la aplicación

└─ utils/ - Decoradores de la aplicación

## C.5. Maquetación

Al tratarse de una aplicación web es muy importante que la apariencia de la misma se haya cuidado y sea adaptable a cualquier tipo de dispositivo. En este proyecto se han usado las clases proporcionadas por Bootstrap [8].

Para la construcción de las distintas páginas de este proyecto, se ha heredado una estructura común definida en el fichero *base.html*. Este fichero importa diferentes librerías como **Jquery** y **Vue.js**. También añade la barra de navegación y otros elementos comunes a todas las páginas como el pie (*footer*). Es por ello que desde el comienzo del proyecto y con la finalidad de evitar futuros problemas a la hora de ordenar y alinear los elementos *HTML* conviene tenerlo bien estructurado y ordenado.

A la hora de situar los diferentes elementos HTML en la página, como por ejemplo los botones de «Aceptar» y «Cancelar», es importante tener en cuenta la usabilidad de los mismos, así como por ejemplo la situación de los botones para Iniciar Sesión o de ayuda.



## *Apéndice D*

---

# **Documentación técnica de programación**

---

### **D.1. Introducción**

En este apéndice se va a definir todo aquello que es necesario conocer para que se pueda continuar con el desarrollo del proyecto, desde su estructura hasta una breve descripción de como instalar la aplicación y configurar nuestro entorno de trabajo para llevar a cabo el desarrollo.

### **D.2. Estructura de directorios**

En este proyecto, aunque al principio se siguieron distintos tutoriales sobre cómo crear la estructura de directorios y ficheros, al final se optó por la opción que propone Azure. De este modo, a la hora de realizar el despliegue no tendríamos ningún tipo de problema, ya que esta plataforma requiere determinados ficheros de configuración que se explicarán a continuación. La estructura del proyecto se divide en:

### **D.3. Manual del programador**

En este apartado se explican los puntos a tener en cuenta por futuros desarrolladores que tengan la intención de mantener o mejorar el proyecto.

```
/ Directorio raíz
├── Documentación/ - Documentación del proyecto
│   ├── img/ - Imágenes de la documentación
│   ├── tex/ - Secciones de la documentación
│   ├── anexos.pdf - Anexos del proyecto
│   └── memoria.pdf - Memoria del proyecto
├── HolaMundo/ - App web básica
├── Metrominuto/ - Directorio del proyecto web
│   ├── metrominuto_app/ - Aplicación web
│   │   ├── main/ - Directorio que inicializa el blueprint de
│   │   │   │   la aplicación
│   │   │   ├── init.py - Inicialización
│   │   │   ├── forms.py - Contiene los formularios de la
│   │   │   │   aplicación
│   │   │   ├── routes.py - Contiene las rutas de la aplicación
│   │   ├── static/ - Ficheros JavaScript
│   │   │   ├── css/ - Estilos
│   │   │   └── img/ - Imágenes
│   │   ├── templates/ - Ficheros HTML
│   │   │   └── ayuda - Template para la página de ayuda
│   │   ├── utils/ - Decoradores de la aplicación
│   │   ├── init.py - Inicializa la aplicación
│   │   ├── models.py - Clases definidas en la aplicación
│   │   ├── calculateRoute.py - Operaciones con el API de
│   │   │   Google
│   │   ├── globals.py - Variables globales del proyecto
│   │   ├── graphs.py - Operaciones con grafos
│   │   ├── svgfunctions.py - Operaciones para dibujar
│   │   └── webapp.py - Punto de entrada para la aplicación en
│   │       Azure
│   ├── config.py - Fichero de configuración
│   ├── metrominuto.py - Punto de entrada para iniciar la
│   │   aplicación
│   ├── metrominuto.txt - Fichero necesario para desplegar en
│   │   Azure
│   └── requirements.txt - Dependencias necesarias para
│       ejecutar el proyecto
```



## Dibujado de grafos

El principal objetivo de este proyecto se basa en obtener un grafo final de manera que éste sea fácilmente entendible por todos. Es por ello que a la hora de dibujar dicho grafo se plantean cuestiones y problemas como dónde colocar los textos, a qué distancias, cómo orientar esos textos...

Estos problemas han resultado de gran complejidad en el desarrollo final del proyecto, ya que como mencionaba antes, es el resultado final de todo el proyecto. Para solucionar el problema de que los textos no se superpongan, tanto en las líneas o *caminos*, como en los puntos o *paradas*, he tenido en cuenta dos opciones:

- **Discretización de las líneas:** primeramente, calculamos el cuadrado o rectángulo que contiene al texto. Una vez lo hemos calculado, el método consiste en dividir los arcos del grafo en varios puntos separados una distancia  $\delta$ , y comprobar si alguno de esos puntos está en el interior del rectángulo que hemos calculado previamente. Ese  $\delta$  se calcula proyectando sobre cada recta una distancia en el eje x mínimamente inferior a la altura del texto, y para lo cuál nos hace falta calcular el ángulo entre dicha recta y la horizontal. Para cada texto comprendido en el punto medio de cada arco, se evalúan 8 distintas posiciones a cada lado del arco<sup>1</sup>. Para el texto relativo a la información de cada nodo se evalúan estas posiciones para la posición inferior, superior, izquierda y derecha del nodo, y si no se encontrase ninguna se pasaría a evaluar las esquinas del cuadrado que contiene al círculo. En la figura D.1 vemos un ejemplo de las 8 anclas en el rectángulo A.

---

<sup>1</sup>[https://github.com/gpm0009/TFG\\_MetrominutoWeb/issues/91](https://github.com/gpm0009/TFG_MetrominutoWeb/issues/91)

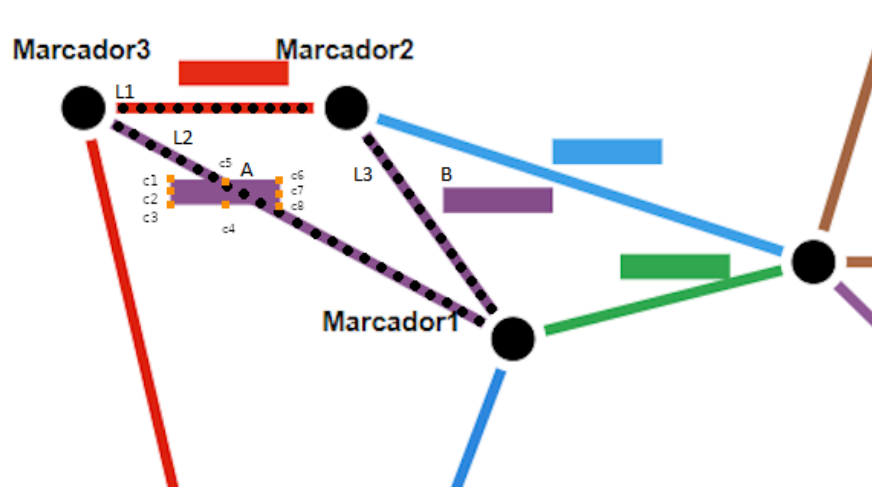


Figura D.1: Discretización.

Se observa cómo hay 3 puntos de la línea L2 que se solapan con el rectángulo que contiene la etiqueta A

- Superposición de cuadrados:** al igual que en el método anterior, calculamos el cuadrado que contiene el texto. Una vez que sabemos esto, podemos construir varios rectángulos en torno al punto donde queremos colocar el texto, tanto a un lado de la línea como al otro. Posteriormente, dividiremos la línea que une los dos puntos para los que queremos colocar el texto en cuatro cuadrados partiendo del punto medio. De este modo, en dos de ellos la diagonal sería parte de la línea que une los puntos, mientras que en los otros dos no habría nada. De este modo, y conociendo la dirección de la línea podemos calcular si, sobre los rectángulos que forman parte de la línea, existe una superposición con alguno de los posibles rectángulos del texto. En el caso del texto que referencia el punto, el rectángulo, o en este caso cuadrado, que se construye sería el que contiene al círculo y se evaluaría el rectángulo correspondiente del que la línea forma parte. En la figura D.2 vemos un ejemplo: los rectángulos que contienen a la línea serían B, D, H y F, mientras que los rectángulos A, C, E y G no. Por ello, siempre que el rectángulo se encuentre dentro del segundo grupo no tendremos problemas de superposición con las líneas.

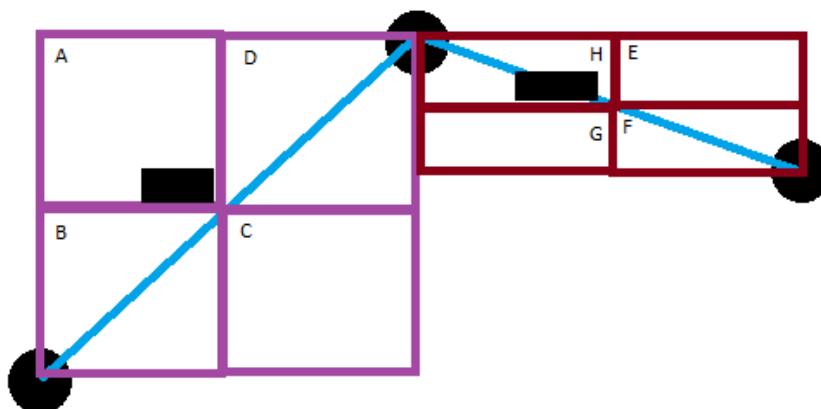


Figura D.2: Superposición de rectángulos.

Finalmente, se optó por la primera opción, ya que después de comprobar que los textos no se superponían con las líneas, había que tener en cuenta que no se superpusiesen entre ellos. Para ello, sobre la lista de puntos discretizados, se añaden las 4 esquinas de los rectángulos que contienen al texto. Con esta operación lo que hacemos es que si, al colocar el siguiente texto en una de las posiciones establecidas, nos encontramos con que uno de estos puntos está en el interior de este último rectángulo, significará que ya hay un texto en esa posición y debemos probar con la siguiente.

Un aspecto clave, y a tener muy en cuenta en la evaluación de todo lo comentado anteriormente, es que en todo momento estos cálculos se hacen para dibujar en SVG, por lo que el punto mas pequeño de la «coordenada  $x$ » y de la «coordenada  $y$ » se encuentra en la esquina superior izquierda. Esto nos lleva a que cada posible ancla (punto inferior izquierdo) del rectángulo del texto debemos restarle la altura de dicho texto para que la evaluación de los puntos coincida, ya que al dibujarlo en SVG el texto siempre se dibuja hacia arriba desde el punto que indicamos. Para entender mejor esto, los puntos  $A$  y  $C$  de la imagen [D.3](#) corresponderían con el punto inferior izquierdo del rectángulo que queremos evaluar, mientras que los puntos  $B$  y  $D$  serían los puntos que debemos indicar al dibujar el SVG.

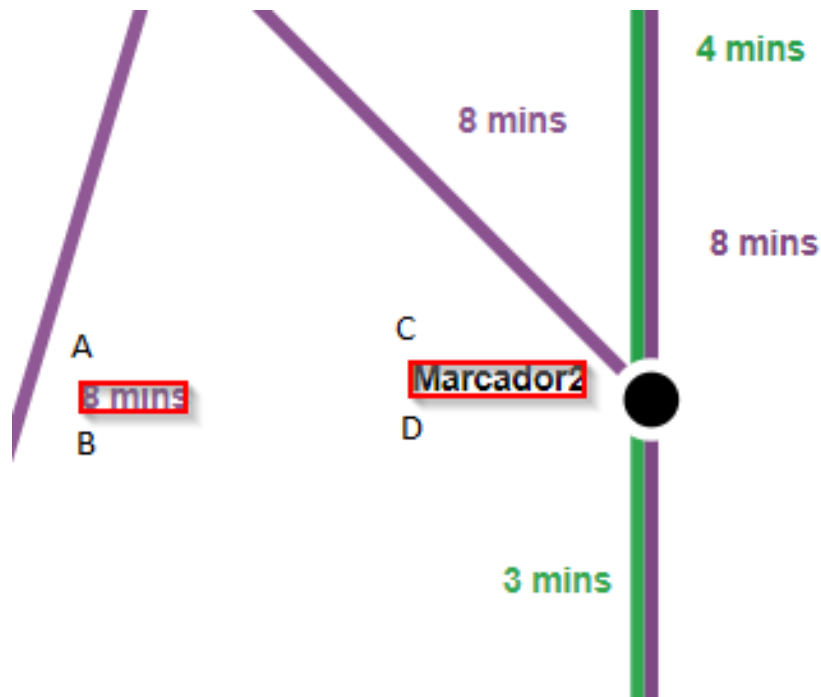


Figura D.3: Puntos del rectángulo.

## D.4. Aplicaciones utilizadas

Para el desarrollo de este proyecto se han usado diferentes herramientas para incluir distintas funcionalidades, las cuales se explican brevemente a continuación:

- **Visual Studio Code:** se ha utilizado para el despliegue de la aplicación en Azure, ya que desde el editor es más cómodo.
- **PyCharm:** se ha utilizado para el desarrollo de la aplicación. Acceso a licencia profesional con el correo de la Universidad.
- **GitHub:** como sistema de gestión y control de versiones del proyecto.
- **GitCraken:** al principio del proyecto se utilizó para realizar las subidas de los cambios en el proyecto al repositorio de GitHub, pero al final se usó la integración con GitHub de PyCharm.
- **Lucidchart**<sup>2</sup>: se ha utilizado para realización de los diagramas de casos de uso, secuencia...

<sup>2</sup><https://app.lucidchart.com>

- **Adobe illustrator:** se utilizó la versión de prueba para la realización del logo de la aplicación.
- **TeXstudio:** herramienta utilizada a lo largo del proyecto para realizar la documentación.
- **Google console:** herramienta utilizada para la administración y gestión de los servicios de la API.
- **Firebase console:** herramienta utilizada para la administración y gestión de la autenticación en la aplicación.

Después de analizar y configurar ambos editores de texto, se llegó a la conclusión de que era mucho mas cómodo y útil utilizar PyCharm, ya que ofrece una configuración mas sencilla, además de permitir importar diversas librerías de una manera mas amigable. También ofrece la posibilidad de seguir los estándares de programación *PEP8* y *ECMAScript*. Para el control de versiones se ha utilizado GitCraken al comienzo del proyecto. Después, se utilizó la funcionalidad integrada en el propio IDE de desarrollo.

## D.5. Instalación y configuración

Para la instalación del proyecto se explicarán los pasos a seguir en un sistema operativo de Linux, que en este caso se trata de la versión Linux Mint 18.3 Sylvia. Tras varias pruebas, la instalación y ejecución del proyecto es idéntica salvo la propia instalación de Pycharm y Python.

### Python

Este proyecto está desarrollado con la versión 3.6.3. Python se puede descargar desde el siguiente enlace: <https://www.python.org/downloads/>

### Instalación y configuración de PyCharm

Este *IDE* tiene distribución para Linux, además de permitir a estudiantes usar la versión profesional. Para su instalación podemos usar la *snap store* de Linux, que en caso de no tenerla instalada tenemos que ejecutar el siguiente comando:

```
$ sudo apt update
$ sudo apt install snapd
```

Instalar PyCharm D.1: Instalar snapd

Después de tener instalado esto, ejecutaríamos:

```
$ sudo snap install  
pycharm-community|professional --classic
```

Instalar PyCharm D.2: Instalar PyCharm

Una vez instalado *PyCharm*, la forma más cómoda de obtener el código del proyecto es mediante *git*, usando para ello el comando:

```
$ git clone <url_del_repositorio>
```

Configurar PyCharm D.3: Descargar el repositorio

Siendo [https://github.com/gpm0009/TFG\\_MetrominutoWeb.git](https://github.com/gpm0009/TFG_MetrominutoWeb.git) la URL del repositorio.

Para instalar las dependencias ejecutar el comando:

```
$ pip install -r requirements.txt
```

Configurar PyCharm D.4: Instalar requirements.txt

## Claves de Google

Para la obtención de una *Google API KEY* es necesario obtener los credenciales en <https://console.developers.google.com/apis/credentials>. Una vez registrados en Google, en el caso de que no lo estuviésemos ya, debemos acceder a la *consola*<sup>3</sup> y desplegar el panel de la parte izquierda.

---

<sup>3</sup><https://console.cloud.google.com>

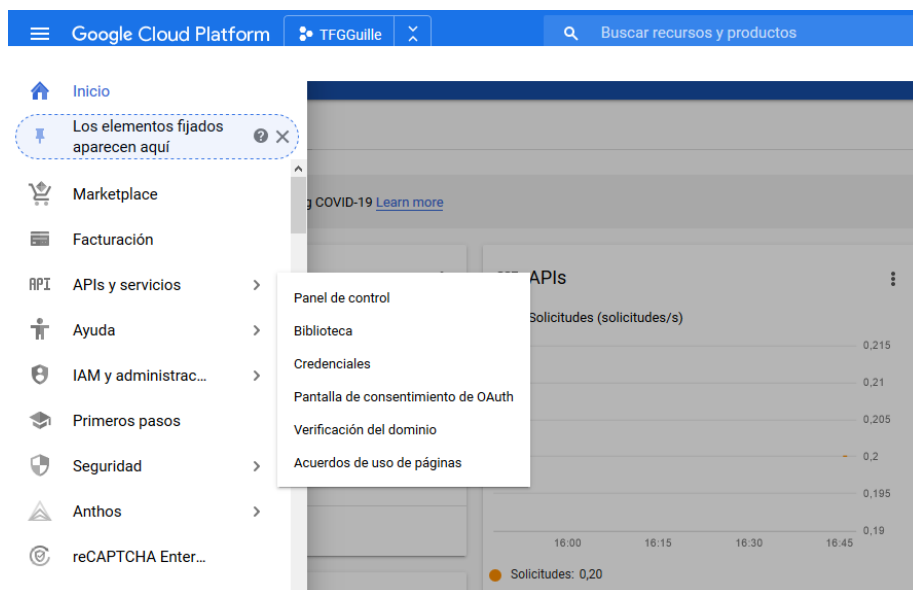


Figura D.4: Panel Google Console

Hacemos click sobre «APIs y servicios» - «Credenciales» y después sobre la clave que se nos ha generado anteriormente. Desde el apartado «Restricciones de API» podremos seleccionar que servicios queremos que proporcione nuestra clave y restringir desde dónde se va a usar. En concreto, para este proyecto debemos tener activados:

- Directions.
- Distance Matrix.
- Geocoding.
- Maps JavaScript.
- Places.

Una vez que la tenemos, debemos incluirla en el proyecto. Para ello:

```
google_maps=googlemaps.Client(key='GOOGLE_API_KEY')
```

Google Key D.5: Añadir API\_KEY

Además, no hay que olvidar incluirla en los templates:

```
<script  
src="https://maps.googleapis.com/maps/api/  
js?key=API_KEY&libraries=places"  
type="text/javascript"></script>
```

Google Key D.6: Añadir API\_KEY a los templates

También podemos incluirla como variable de entorno en nuestro editor. De esta manera nos aseguramos de no compartirla al realizar los commits en el control de versiones. En este caso, en PyCharm se configura de la siguiente manera:

1. Abrir selector Run Configuration (arriba a la derecha)
2. Edit Configurations...
3. Environmental variables
4. Add or change variables, then click OK

## FirestoreUI Auth

Para la obtención de las claves de autenticación con FirestoreUI<sup>4</sup> en nuestro proyecto debemos seguir los siguientes pasos:

- Paso 1: Loguearnos en Firebase con nuestro usuario de Google, preferiblemente el mismo usuario que para la configuración del apartado D.5.
- Paso 2: *Agregar un proyecto*. En este paso debemos elegir el proyecto creado en el apartado D.5. Nos añadirá el plan de pago por defecto, ya que el proyecto que hemos escogido tiene asociado este plan para poder usar las APIs de los mapas. Se agregará automáticamente una API\_KEY a nuestra consola de Google, a la cual, deberemos restringir su uso para *Identity Toolkit API*.
- Paso 3: Se abrirá automáticamente la página de descripción general del proyecto. Hacer click sobre *Agregar Firebase a tu app web*, y seleccionar *web*.

---

<sup>4</sup><https://github.com/firebase/firebaseui-web#configuration>





Figura D.5: Firebase: Añadir Aplicación.

## TeXstudio

Esta herramienta para la compilación de documentación  $\text{\LaTeX}$  permite la instalación de diccionarios para aplicar las reglas al texto. Para ello, debemos acceder a:

```
Options -> Configure TeXstudio
Language checking
```

Configure TeXstudio D.7: Añadir diccionario

Una vez ahí, vemos que nos ofrece dos opciones para buscar diccionarios: [https://extensions.openoffice.org/de/search?f\[0\]=field\\_project\\_tags](https://extensions.openoffice.org/de/search?f[0]=field_project_tags) o <https://extensions.libreoffice.org/extensions?getCategories=Dictionary&getCompatibility=any>. Elegimos cualquiera de ellas y descargamos el paquete del diccionario que queramos, y después lo importamos.

## D.6. Bibliotecas y Frameworks

### NetworkX

Como ya he mencionado, esta biblioteca nos permite trabajar de una forma muy amplia y completa con grafos [4]. A lo largo del proyecto se han usado:

- `graph()`: para crear un grafo no dirigido al que se añadirán nodos y arcos.
- `add_node()`: Diferentes nodos junto con atributos como la posición obtenida del API de Google y el nombre.

- `add_edge()`: Arco que conecta dos nodos. Además, los arcos contienen atributos como la distancia real que hay de nodo a nodo o el número de votos que tendrá.
- `get_edge_attributes()`: para obtener los valores de un atributo perteneciente a los arcos. Devuelve una lista que contiene el nodo de origen, el nodo destino y el atributo deseado.
- `edges(data=True)`: devuelve los arcos junto con los atributos.
- `nodes(data=True)`: devuelve los nodos junto con los atributos.
- `minimum_spanning_edges()`: devuelve un iterador con los arcos que forman el grafo de tal manera que la suma de distancias es la mínima.
- `draw_networkx()`: para dibujar el grafo.
- `drawconnected_components()`: devuelve un set con los distintos subgrafos o partes conexas dentro del grafo.

Para su uso, es necesario instalar el requirement correspondiente e importarla en el proyecto. Para ello:

```
pip install networkx
```

NetworkX D.8: Instalación mediante pip.

```
import networkx
```

NetworkX D.9: Importación.

## SVGWRITE

*Svgwrite* permite crear en el servidor nuevos archivos SVG [7]. Permite crear, dentro del dibujo SVG distintos elementos, siendo en el caso de este proyecto círculos, rectángulos, líneas y textos.

Para su uso, debemos instalar el *requirement* e importarla al proyecto:

```
pip install svgwrite
```

SVGWRITE D.10: Instalación mediante pip.

```
import svgwrite
```

SVGWRITE D.11: Importación.

Para el dibujado hacemos uso del método `Drawing()`, del cual dependerán todos los elementos que queramos añadir. Un ejemplo de uso sería:

```
dwg = svgwrite.Drawing(file_name, size=('100%', '100%'),
    viewBox='0 0.2 1 1.5', profile='full')
line = dwg.line(id=id_edge,
    start=(start[0], start[1]),
    end=(end[0], end[1]),
    stroke='black', fill='red', stroke_width=1, class_='static
    ')
dwg.add(line)
dwg.save(pretty=True)
```

SVGWRITE D.12: Ejemplo de uso.

## SNAP.SVG

*Snap.svg* es otra librería para crear gráficos vectoriales pero esta vez en la parte del cliente gracias a que es una biblioteca JavaScript [6]. Esto la hace perfecta para manipular los elementos del SVG a nuestro antojo sin tener que hacer nuevas llamadas al servidor.

Para su uso debemos incluirla en el proyecto siguiendo una de las opciones propuestas en su documentación<sup>5</sup> de GitHub. En este proyecto, se ha optado por descargar el directorio `\dist` e incluir los ficheros JavaScript en el proyecto.

Una de las razones principales por las que he usado esta biblioteca es porque permite asociar las líneas o «path» que unen dos puntos con dichos puntos, y, por lo tanto, si definimos una función para mover los puntos la posición de las líneas se actualiza sin necesidad de realizar cálculos adicionales.

```
var s = Snap("#svg");
// Crear un círculo.
var bigCircle = s.circle(150, 150, 100);
// Cambiar el color.
bigCircle.attr({
    fill: "#bada55",
    stroke: "#000",
    strokeWidth: 5
});
```

Snap.svg D.13: Ejemplo

---

<sup>5</sup><https://github.com/adobe-webplatform/Snap.svg>

```
<!-- version de desarrollo, incluye advertencias de ayuda en
la consola -->
<script src="https://cdn.jsdelivr.net/npm/vue/dist/vue.js"
></script>
<!-- version de produccion, optimizada -->
<script src="https://cdn.jsdelivr.net/npm/vue"></script>
```

Vue.js D.15: Vue cdn.

## Jquery

*Jquery* <sup>6</sup> es una biblioteca JavaScript que permite la manipulación de documentos HTML, así como sus eventos. Para importarla a nuestro tenemos dos opciones, descargar el código e importarlo en el documento HTML desde nuestro directorio `/static/js`, o incluir el *CDN* al principio del documento.

```
<script src="https://code.jquery.com/jquery-3.4.1.slim.min.
js"
integrity="sha384-J6qa4849b1E2+
poT4WnyKhv5vZF5SrPo0iEjwBvKU7imGFAV0wwj1yYfoRSJoZ+n"
crossorigin="anonymous">
</script>
```

Jquery D.14: Jquery cdn.

## Vue.js

*Vue* [9] es un framework de JavaScript diseñado para la elaboración de interfaces de usuario. Para trabajar con este framework en el proyecto es necesario añadir en el template su cdn <sup>7</sup>, o como alternativa descargar el código e importarlo desde nuestro directorio `/static/js`.

Además debemos crear un componente<sup>8</sup>, al que le añadiremos una variable, que hará referencia al `<div>` donde queremos incluirlo. Esto se debe a que realmente la estructura y el nombre de los elementos de Vue es algo diferente a los que ya conocemos de *HTML5*. También es importante tener en cuenta que Vue utiliza los mismos delimitadores que *Flask*: `{{variable}}`. Es por esto por lo que a nuestro componente o variable debemos añadir la línea `delimiters: ['[', '']` para cambiarlos.

---

<sup>6</sup><https://jquery.com/>

<sup>7</sup><https://es.vuejs.org/v2/guide/installation.html>

<sup>8</sup><https://vuejs.org/v2/guide/components.html>

También es recomendable instalar las extensiones de desarrollo, bien sea para Chrome <sup>9</sup> o para Firefox <sup>10</sup>, ya que a la hora de desarrollar el proyecto permiten inspeccionar los elementos desde la consola del navegador.

## FirestoreUI

Para incluir la configuración de Firestore en el proyecto, seguir estos pasos:

1. Acceder a la configuración general del proyecto e ir a *Tus aplicaciones*.
2. Copiar el apartado *Firestore SDK snippet* y pegarlo en el fichero de configuración del proyecto `/Metrominuto/metrominuto_app/static/js/firestore-config.js`.
3. Añadir en el template `widget.html` los proveedores que queramos.

Además, cuando el acceso se realiza correctamente, Firestore permite ver la información básica del perfil. También permite una administración y control total de dichos accesos, ya que en todo momento podemos saber quién está accediendo a la app, como vemos en la siguiente figura:

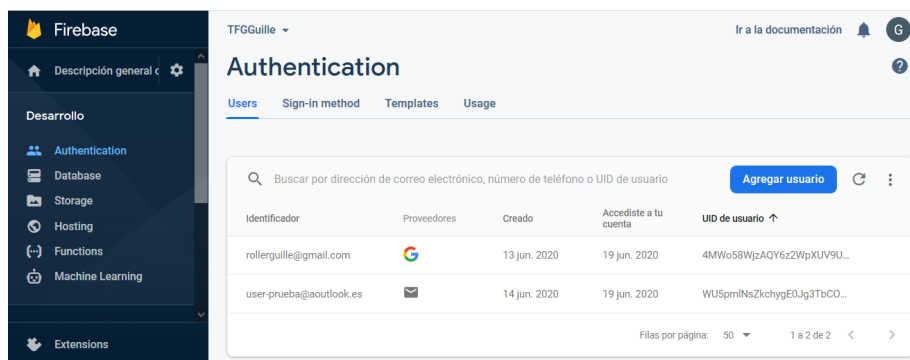


Figura D.6: Control de usuarios.

<sup>9</sup><https://chrome.google.com/webstore/detail/vuejs-devtools/nhdogjmejiglipccpnnanhbldajbpd>

<sup>10</sup><https://addons.mozilla.org/en-US/firefox/addon/vue-js-devtools/>

## D.7. Compilación, instalación y ejecución del proyecto

Para el desarrollo de este proyecto se ha usado PyCharm, por lo que esta guía esta orientada a este editor. Para Visual Studio Code puede visitarse el enlace <https://code.visualstudio.com/docs/python/tutorial-flask>, ya que la creación y ejecución del entorno virtual no es igual.

### Python

Este proyecto está desarrollado con la versión 3.7.5, pero con para desarrollar la mínima es 3.6. Python se puede descargar desde el siguiente enlace: <https://www.python.org/downloads/>.

### Instalación

La forma más cómoda de obtener todo el proyecto es mediante *git*, usando el comando:

```
$ git clone <url_del_repositorio>
```

Instalación D.16: Descargar el repositorio.

Siendo [https://github.com/gpm0009/TFG\\_MetrominutoWeb](https://github.com/gpm0009/TFG_MetrominutoWeb) la URL del repositorio en *GitHub*. Ya con el proyecto descargado, el siguiente paso es instalar las dependencias. Aunque se pueden instalar sobre la instalación global de Python, es recomendable usar un entorno virtual. Para ello, debemos abrir el directorio del proyecto desde Pycharm, y una vez que lo tengamos ir a *Files - Settings - Project Interpreter - Add*, y seleccionar la opción de *Virtual Environment* y a continuación creamos uno nuevo.

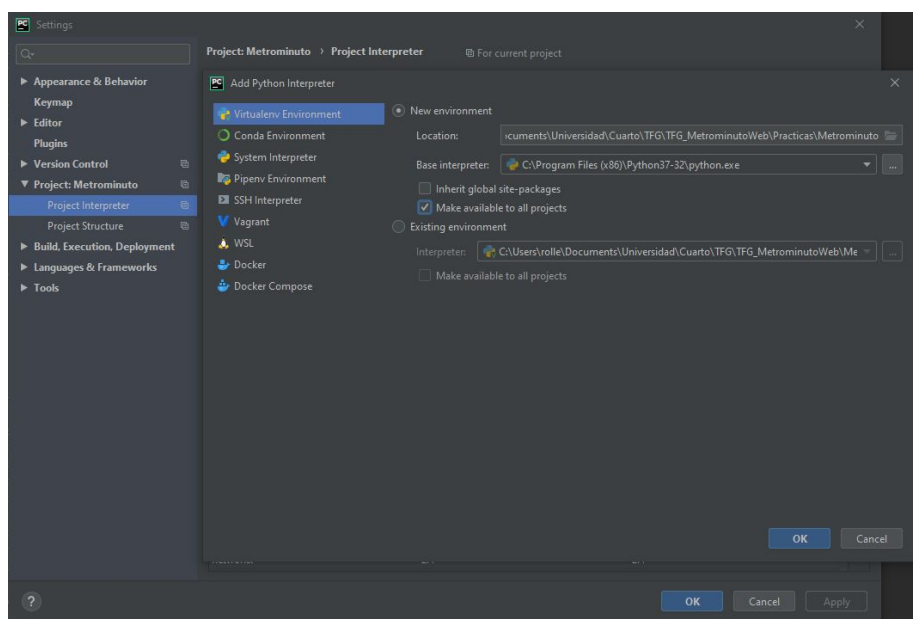


Figura D.7: Creación del entorno virtual.

Después, el editor detectará automáticamente el fichero *requirements.txt* y nos preguntará si queremos instalar las dependencias, a lo que le diremos que sí. De no ser así, hay que abrir la terminal en la parte inferior del editor y ejecutar el comando:

```
$ pip -r install requirements.txt
```

Instalación D.17: Instalar dependencias en el entorno virtual.

## Variables de entorno

Para que la aplicación funcione correctamente hay que definir las siguientes variables de entorno:

- **GOOGLE\_API\_KEY:** clave obtenida anteriormente necesaria para obtener datos de Google.
- **SECRET\_KEY:** clave necesaria por Flask.
- **ENVIRONMENT:** en el que se está actualmente: development o production.

Para su configuración, acceder desde la parte superior derecha del editor a *Edit Configurations...* y después seleccionar *Environment variables* como vemos en la figura D.8.

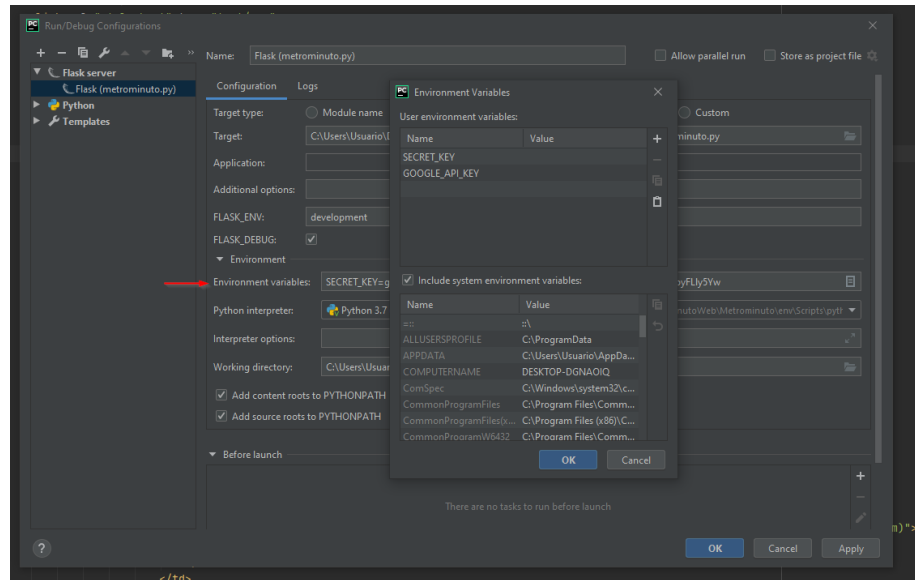


Figura D.8: Variables de entorno.

## Ejecución

Para la ejecución desde el editor, es necesario que hagamos una última configuración. Debemos ir a la parte superior derecha del editor y seleccionar *Edit Configurations...* como se ven en la figura D.9.



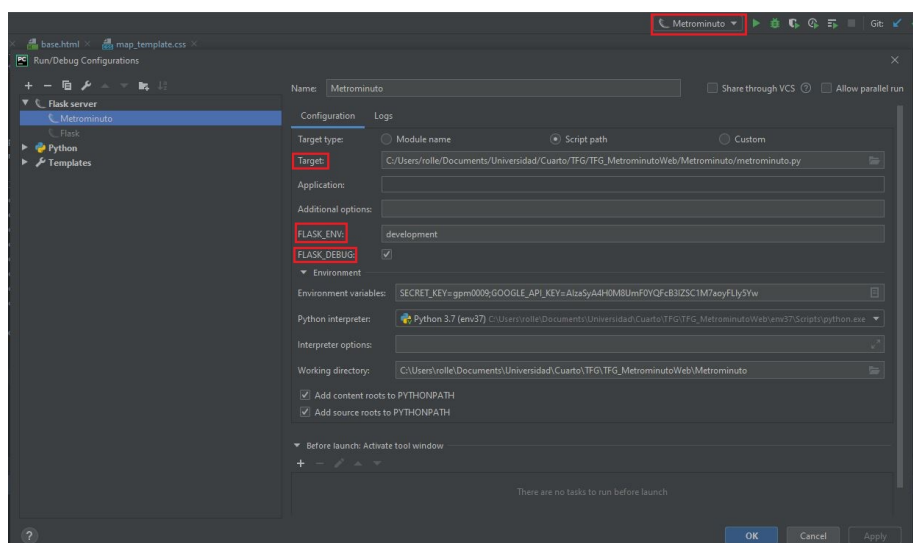


Figura D.9: Ejecución del proyecto.

En esta pantalla tenemos que elegir el punto de entrada a la aplicación, que será el fichero *metrominuto.py*, escribir el entorno en el que queremos ejecutar la aplicación y marcar la opción de Debug. Una vez hecho esto, ya podemos ejecutar la aplicación desde el panel superior derecho.

## Despliegue en Azure

Para realizar el despliegue de la aplicación en Azure es necesario que el proyecto tenga una estructura concreta, ya que serán los servicios de Azure los que instalen las dependencias necesarias y ejecuten el código. Dicha estructura es la definida anteriormente en el apartado *Estructura de directorios* D.2. Para ello he seguido el tutorial propuesto por Microsoft [11], junto con el ejemplo de de aplicación que propone <sup>11</sup>.

Antes de hacer el despliegue, es importante acordarse de configurar en Azure las variables de entorno que teníamos definidas D.7. Para ello debemos entrar, en Azure, a nuestro *APP Service* y añadirlas en el apartado de *Configuración* que aparece en el menú desplegable de la izquierda, véase la figura D.10.

<sup>11</sup><https://code.visualstudio.com/docs/python/python-tutorial>

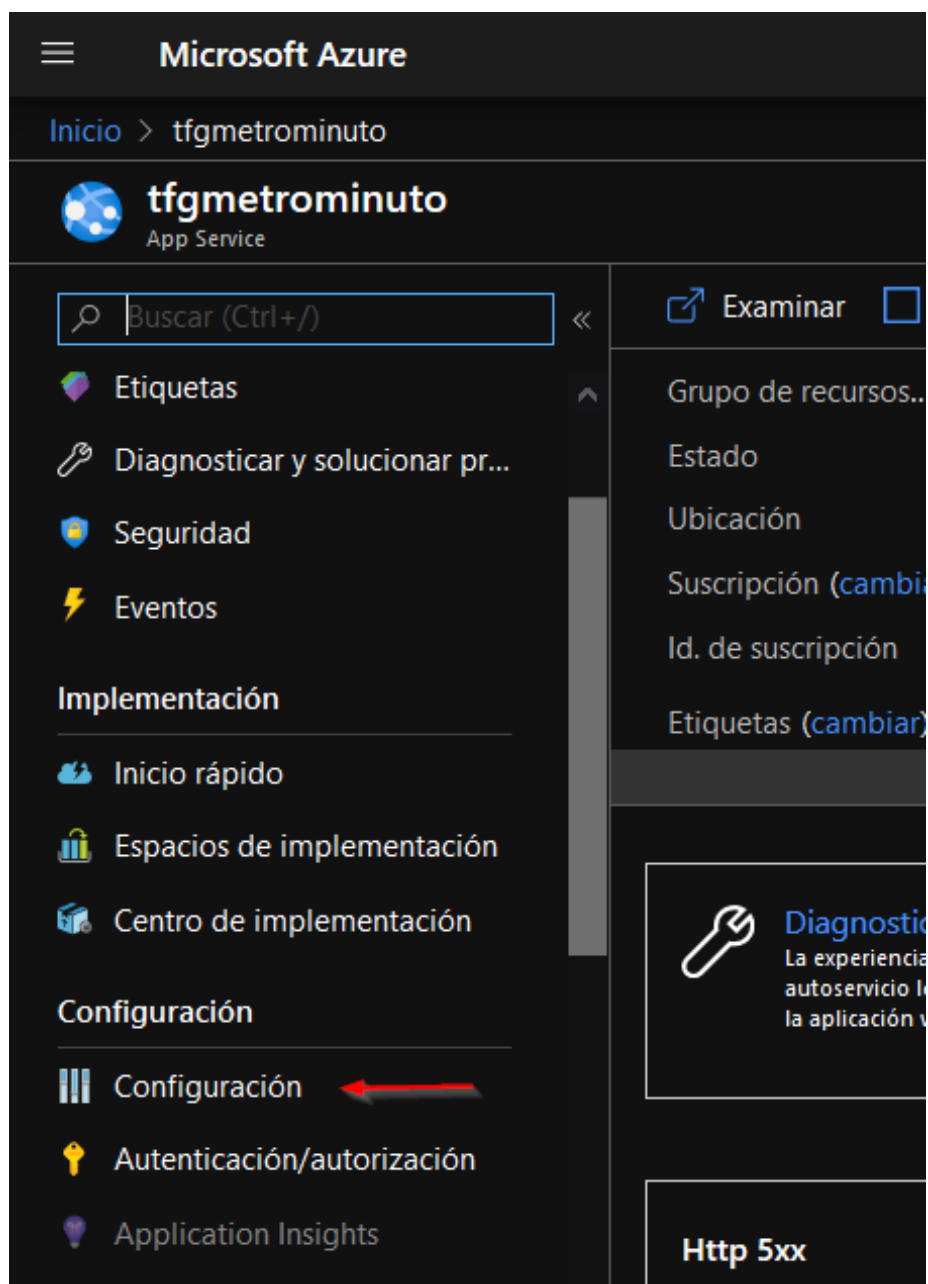


Figura D.10: Configuración Variables de entorno en Azure, paso 1.

A continuación, seleccionar *Configuración de la aplicación* y *Nueva configuración de la aplicación*, como vemos en la figura D.11.

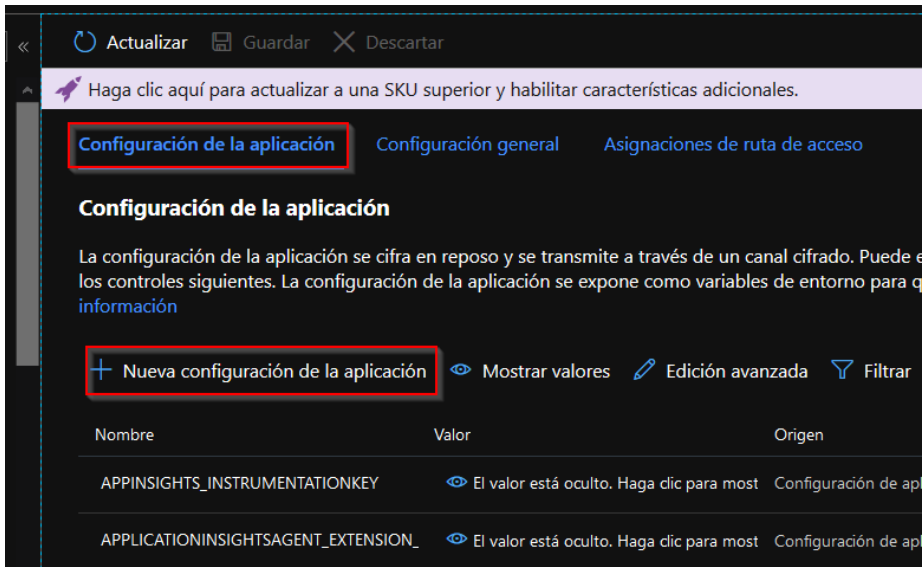


Figura D.11: Configuración Variables de entorno en Azure, paso 2.

## D.8. Pruebas del sistema



## Apéndice *E*

---

# Documentación de usuario

---

### E.1. Introducción

En este apéndice se explica los requisitos que debe cumplir el usuario para ejecutar la aplicación, cómo lanzarla y cómo usarla.

### E.2. Requisitos de usuarios

Al tratarse de una aplicación web los requisitos que debe cumplir el usuario son los siguiente:

- Navegador web instalado.
- JavaScript activo en el navegador.
- *Cookies* activas en el navegador.

La aplicación está diseñada para que sea usable tanto en ordenadores como en dispositivos móviles, debido a que su funcionalidad está orientada a que los principales usuarios estén en continuo movimiento.

### E.3. Instalación

Debido a que se proporciona una aplicación web no es necesario instalarla para poder usarla. Se puede acceder a través de <http://metrominutoweb.azurewebsites.net/>

## E.4. Manual del usuario

Para el uso de esta aplicación es necesario haber iniciado sesión. Para ello, hacer click sobre el botón **Iniciar sesión** en la parte superior derecha de la página de inicio, y elegir el método de autenticación preferido.

A continuación, aparece una página con un mapa en el que se pueden seleccionar, hacer click sobre el mismo, distintos puntos de interés hasta un máximo de quince. Una vez seleccionados dichos puntos, existe la posibilidad de borrar uno o varios si los hemos seleccionado por error, o de marcarlos como centrales. Esto significa que estos puntos marcados van a tener más peso en el cálculo de los distintos recorridos. A continuación, pulsamos sobre el botón **Generar Mapa**.

Se mostrará una nueva página con una representación de los puntos que hemos seleccionado y el tiempo que hay entre ellos, indicado por las líneas que los unen. El color de cada una de estas depende directamente del tiempo que representan. Por ejemplo, los trayectos inferiores a 5 minutos se mostrarán de color verde, mientras que los superiores a 15 minutos serán de color rojo. Están disponibles varias posibilidades en función del número de puntos que hayamos incluido en el mapa, y para cambiar de una otra es necesario desplazar el punto de la parte superior izquierda sobre la barra en la que está, como vemos en la siguiente figura:

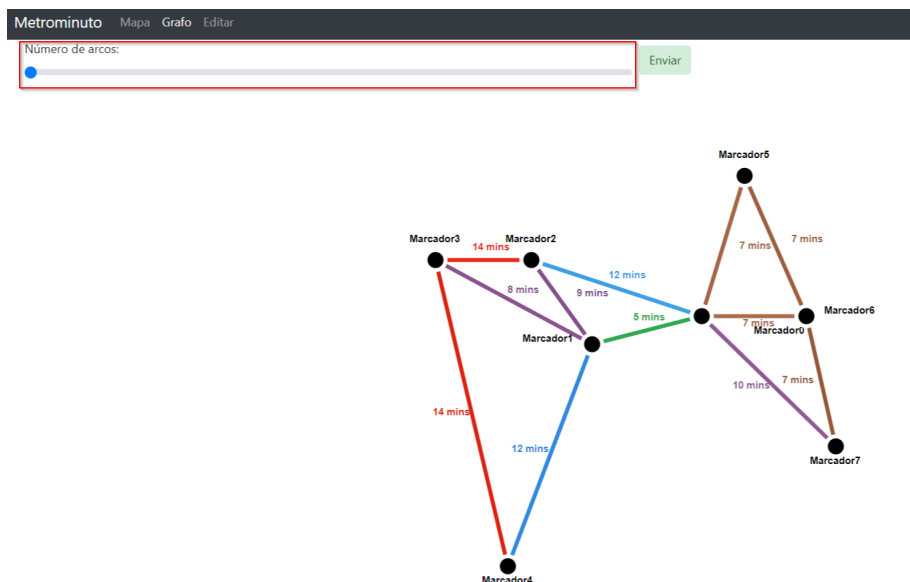


Figura E.1: Número de arcos.

Una vez seleccionado el mapa más adecuado, pulsar sobre el botón **Enviar**. Esta acción mostrará una nueva pantalla con el mismo mapa que hemos seleccionado previamente, pero con la posibilidad de interaccionar con él:

1. Cambiar los puntos de posición: al mover un punto, todas las etiquetas relacionadas con este punto y sus conexiones se recalcularán.
2. Cambiar las etiquetas de texto de posición.
3. Cambiar el nombre de alguno de los puntos.

Se recomienda seguir este orden a la hora de realizar cambios sobre el mapa, ya que si mueven primeramente las etiquetas se pierde la posibilidad de que cuando se mueve el punto se posicionen.

Por último, si se pulsa sobre el botón **Exportar** se descargará el mapa que se está visualizando.





---

## Bibliografía

---

- [1] Azure Pricing calculator. <https://azure.microsoft.com/en-us/pricing/calculator>.
- [2] Firebase Pricing. <https://firebase.google.com/pricing?hl=es-419>.
- [3] Google Pricing. <https://cloud.google.com/maps-platform/pricing?hl=es>.
- [4] Networkx documentation. <https://networkx.github.io/documentation/stable/index.html>.
- [5] PyCharm: JetBrains toolbox Subscription. <https://www.jetbrains.com/pycharm/buy/#edition=personal>.
- [6] Snap.svg documentation.
- [7] Svgwrite documentation. <https://svgwrite.readthedocs.io/en/latest/overview.html>.
- [8] Bootstrap Contributors. Bootstrap documentation. <https://getbootstrap.com/>.
- [9] Vue Contributors. Vue documentation. <https://es.vuejs.org/v2/guide/index.html>.
- [10] Miguel Grinberg. The Flask Mega-Tutorial. <https://blog.miguelgrinberg.com/post/the-flask-mega-tutorial-part-i-hello-world>, 2017.

- [11] Microsoft. Deploy Python apps to Azure App Service on Linux from Visual Studio Code. <https://docs.microsoft.com/en-us/azure/developer/python/tutorial-deploy-app-service-on-linux-01>.
- [12] Wikipedia contributors. Minimum spanning tree — Wikipedia, the free encyclopedia. [https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Minimum\\_spanning\\_tree&oldid=960990730](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Minimum_spanning_tree&oldid=960990730), 2020. [Online; accessed 27-June-2020].