



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos,
Canales y Puertos

Metodología para la integración de datos de Google Maps
con encuestas tradicionales de movilidad. Aplicación al
estudio de la movilidad de estudiantes de la UPV.

Trabajo Fin de Máster

Máster Universitario en Transporte, Territorio y Urbanismo

AUTOR/A: Araya Varela, Jorge Francisco

Tutor/a: Arroyo López, María Rosa

CURSO ACADÉMICO: 2023/2024



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

CAMINOS
UPV ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍA DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS
COMPROMETIDA CON LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE

Metodología para la integración de datos de Google Maps con encuestas tradicionales de movilidad. Aplicación al estudio de la movilidad de estudiantes de la UPV

Trabajo Fin de Máster

Máster en Transporte, Territorio y Urbanismo

Universitat Politècnica de València

España

Autor:

Jorge Francisco Araya Varela

Tutora:

María Rosa Arroyo López

Septiembre 2024





Agradecimientos

A mi tutora, María Rosa Arroyo López, por su constante disposición, apoyo y guía a lo largo de todo el proceso, permitiendo con su dedicación que los objetivos de este trabajo se cumplieran de manera exitosa.



Resumen

El estudio propuesto tiene como objetivo desarrollar una metodología integral para combinar datos procedentes del historial de ubicaciones de Google Maps con encuestas tradicionales de movilidad. Esta metodología busca optimizar la recolección de datos, proporcionando una visión más precisa y detallada de los patrones de movilidad, mejorando así la calidad de los estudios tradicionales.

En primer lugar, se recopila información de ambas fuentes: el historial de ubicaciones de Google Maps, que ofrece datos objetivos sobre rutas, tiempos de desplazamiento y modos de transporte; y las encuestas tradicionales de movilidad, que proporcionan información subjetiva sobre las percepciones y emociones de los usuarios. A lo largo del estudio, se analizan las ventajas y limitaciones de cada método, evaluando su utilidad y precisión en diferentes contextos.

Posteriormente, se desarrolla una metodología específica que no solo permite la recogida y tratamiento de datos, sino que también facilita la fusión efectiva de ambas fuentes. Esto permitirá mejorar la fiabilidad de los resultados, reducir los costos asociados a la recolección de datos y disminuir los tiempos empleados en comparación con los diarios de viaje y actividades tradicionales. Para ello, se ha creado un software libre diseñado específicamente para integrar los datos obtenidos de Google Maps, capturándolos de manera más simple y eficiente, lo que facilita su fusión con los diarios de viaje y optimiza el proceso de análisis de movilidad.

Además, se plantean recomendaciones claras sobre cómo implementar esta metodología en futuros estudios de movilidad, destacando los beneficios de integrar tecnologías modernas como Google Maps con métodos tradicionales para obtener una imagen más completa del comportamiento de los usuarios.

Palabras Clave: Movilidad, Google Maps, Historial de ubicaciones, Encuestas de movilidad, Software libre, Integración de datos.



Abstract

The proposed study aims to develop a comprehensive methodology to combine data from Google Maps Location History with traditional mobility surveys. This methodology seeks to optimize data collection, providing a more accurate and detailed view of mobility patterns, thus enhancing the quality of traditional studies.

First, information is gathered from both sources: Google Maps Location History, which provides objective data on routes, travel times, and modes of transportation; and traditional mobility surveys, which offer subjective information about users' perceptions and emotions. Throughout the study, the advantages and limitations of each method are analyzed, assessing their usefulness and accuracy in different contexts.

Subsequently, a specific methodology is developed that not only allows for data collection and processing but also facilitates the effective merging of both sources. This will enhance the reliability of the results, reduce the costs associated with data collection, and decrease the time spent compared to traditional travel and activity diaries. To achieve this, an open-source software has been specifically designed to integrate the data obtained from Google Maps, capturing it in a simpler and more efficient way, which facilitates its merging with travel diaries and optimizes the mobility analysis process.

In addition, clear recommendations are proposed on how to implement this methodology in future mobility studies, highlighting the benefits of integrating modern technologies such as Google Maps with traditional methods to obtain a more comprehensive picture of user behavior.

Keywords: Mobility, Google Maps, Location history, Travel surveys, Free software, Data integration.



Contenido

1	Introducción	11
1.1	Contexto y Justificación.....	11
1.2	Objetivos	11
1.3	Alcance	12
2	Estado del Arte	13
2.1	Movilidad Urbana y Emisiones de CO2	13
2.1.1	Estrategias para una Planificación Eficaz.....	13
2.2	Métodos Tradicionales de Recolección de Datos de Movilidad	14
2.2.1	Encuestas Autocumplimentadas	14
2.2.2	Encuestas en el Lugar de Trabajo	14
2.2.3	Diarios de Viaje.....	15
2.2.4	Llamadas Telefónicas.....	15
2.3	Nuevas Tecnologías en la Recolección de Datos de Movilidad.....	15
2.3.1	Registro de Google Location History	16
2.3.2	Sistemas de Transporte Inteligente (ITS)	16
2.3.3	Antenas de Telefonía Móvil.....	17
2.4	Beneficios de las Metodologías de Recogida de Datos Pasivos en la Movilidad	17
2.5	Integración de Datos en Estudios de Movilidad.....	18
3	Propuesta de Integración de Datos de Google Maps en Encuestas Tradicionales de Movilidad 20	
3.1	Justificación de la Integración	20
3.1.1	Métodos Tradicionales para la integración	21
3.1.2	Nuevas Tecnologías para la Integración	22
3.2	Integración de Encuestas Tradicionales y Google Location History para una Trazabilidad Completa de la Movilidad	24
3.3	Descripción de Google Maps y su Historial de Ubicaciones	25
3.4	Propuesta de Integración.....	28
3.5	Diseño de la Metodología de Integración	30
3.6	Ventajas y Desventajas de la Integración	30
3.6.1	Ventajas	30
3.6.2	Desventajas	31



4	Caso de Estudio: Aplicación a la Movilidad de Estudiantes de la UPV	32
4.1	Resumen	32
4.2	Campaña de Recogida de Datos	32
4.2.1	Selección de Participantes	32
4.2.2	Procedimiento de Recolección de Datos	32
4.3	Limpieza y Validación de Datos	38
4.3.1	Procesamiento de Datos de los Diarios de Viaje	38
4.3.2	Procesamiento de Datos del Historial de Ubicaciones de Google	39
4.3.3	Métodos de Validación de Datos	40
4.4	Metodología de Análisis	40
4.4.1	Técnicas de Análisis de Datos	41
4.4.2	Análisis de Sensaciones Durante los Viajes	41
4.5	Resultados	42
4.5.1	Comparación de Datos: Diarios de Viaje vs Historial de ubicaciones de Google	42
4.5.2	Análisis de los Viajes Integrados	45
4.5.3	Análisis de Sensaciones en los Modos más Utilizados	53
4.5.4	Identificación de Deficiencias en la Infraestructura de Transporte	71
4.5.5	Patrones de Movilidad y Sensaciones	78
5	Recomendaciones para la Integración de las Dos Fuentes de Datos	79
5.1	Estrategias para una Integración Efectiva	79
5.2	Propuesta para Mejorar la Recolección y Análisis de Datos	79
5.3	Implementaciones para la Planificación Urbana	80
6	Propuesta de Desarrollo del Estudio de Integración de Datos de Movilidad	81
6.1	Objetivo	81
6.2	Metodología de Recolección de Datos	81
6.2.1	Encuesta Digital	81
6.2.2	Diarios de Viaje	81
6.2.3	Datos de Google Maps	82
6.3	Fases del Estudio	83
6.3.1	Etapa 0: Calibración de Dispositivos y Explicación del Diario de Viaje	83
6.3.2	Etapa 1: Encuesta Digital	83
6.3.3	Etapa 2: Registro de Diarios de Viaje	83
6.3.4	Etapa 3: Validación con Google Maps	83



6.3.5	Etapa 4: Análisis de Datos y Redacción del Informe Final	83
6.4	Implementación del Estudio: Calendario y Recursos	84
6.5	Presupuesto	84
6.6	Personal Involucrado.....	84
6.7	Conclusión de la Propuesta de Desarrollo del Estudio	85
6.8	Comparativa con otras Metodologías de Integración.....	85
7	Conclusiones	90
7.1	Resumen de Hallazgos Principales	90
7.2	Contribuciones del Estudio	91
7.3	Limitaciones del Estudio.....	91
7.4	Futuras Líneas de Investigación	92
8	Referencias	94
9	Anexo: Herramienta de Software <i>jsontoxlsx</i> para la Conversión y Análisis de Datos de Movilidad	98
9.1	Introducción al Software	98
9.2	Resumen Funcional	98
9.3	Instalación	98
9.3.1	Instalación Python	98
9.3.2	Instalación <i>jsontoxlsx</i>	99
9.4	Instrucciones de Uso	100
9.4.1	Preparación de los Datos.....	100
9.4.2	Ejecución	101
9.4.3	Salida (output)	101
9.4.4	Columnas del archivo resumen.xlsx	102

Figuras

Figura 1 Izquierda: Datos de movilidad tradicional. Derecha: Datos de movilidad GLH (Warren Ruktanonchai et al., 2018).....	24
Figura 2 Visualización de Cronología de Google Maps en móvil	26
Figura 3 Ejemplo de JSON	27
Figura 4 Propuesta de Integración.	29
Figura 5 Diario de Viaje	35
Figura 6 Formato de Base de Datos de Diario de Viajes.....	38
Figura 7 Formato de planilla para relacionar viajes por usuario	39
Figura 8 Comparación de la cantidad de archivos JSON correctos e incorrectos	43
Figura 9 Distribución de viajes coincidentes y no coincidentes obtenidos.....	43
Figura 10 Proporción de viajes coincidentes con modo de transporte correctamente.....	44
Figura 11 Comparación de la cantidad de viajes registrados en los diarios de viaje y en el historial de Google (GLH) por participante, junto con el porcentaje de coincidencia entre ambas fuentes de datos.	44
Figura 12 Distribución Proporcional de los Viajes por Modo de Transporte.	46
Figura 13 Representación de todas las rutas de viajes realizadas en Valencia,	46
Figura 14 Representación de todas las rutas de viajes realizadas en Valencia,	47
Figura 15 Distribución Proporcional de los Viajes por Motivo.....	48
Figura 16 Representación de todas las rutas de viajes realizadas en Valencia,	49
Figura 17 Representación de todas las rutas de viajes realizadas en Valencia,	49
Figura 18 Distribución Proporcional de los Viajes por Acompañantes.	50
Figura 19 Representación de todas las rutas de viajes realizadas en Valencia,	51
Figura 20 Representación de todas las rutas de viajes realizadas en Valencia,	51
Figura 21 Representación de los viajes realizados en el área cercana a la Universidad Politécnica de Valencia, utilizando los tres modos de transporte preferidos por los participantes del estudio: A pie, Valenbisi y Tranvía. 52	
Figura 22 Gráfico Combinado de Número de Viajes y Porcentaje de Felicidad por Modo de Transporte.	53
Figura 23 Representación de los Viajes a Pie con Colores que Representan los Niveles de Felicidad del Usuario. 1:15.000.....	54
Figura 24 Representación de los Viajes en Tranvía con Colores que Representan los Niveles de Felicidad del Usuario. 1:15.000	54
Figura 25 Representación de los Viajes en Valenbisi con Colores que Representan los Niveles de Felicidad del Usuario. 1:15.000	55
Figura 26 Gráfico Combinado de Número de Viajes y Porcentaje de Estrés por Modo de Transporte.	56
Figura 27 Representación de los Viajes a Pie con Colores que Representan los Niveles de Estrés del Usuario. 1:15.000.....	57
Figura 28 Representación de los Viajes en Tranvía con Colores que Representan los Niveles de Estrés del Usuario. 1:15.000	57
Figura 29 Representación de los Viajes en Valenbisi con Colores que Representan los Niveles de Estrés del Usuario. 1:15.000	58
Figura 30 Gráfico Combinado de Número de Viajes y Porcentaje de Tranquilidad por Modo de Transporte.....	59
Figura 31 Representación de los Viajes a Pie con Colores que Representan los Niveles de Tranquilidad del Usuario. 1:15.000	59
Figura 32 Representación de los Viajes en Tranvía con Colores que Representan los Niveles de Tranquilidad del Usuario. 1:15.000	60



<i>Figura 33 Representación de los Viajes en Valenbisi con Colores que Representan los Niveles de Tranquilidad del Usuario. 1:15.000</i>	60
<i>Figura 34 Gráfico Combinado de Número de Viajes y Porcentaje de Preocupación por Modo de Transporte.</i>	61
<i>Figura 35 Representación de los Viajes a Pie con Colores que Representan los Niveles de Preocupación del Usuario. 1:15.000</i>	62
<i>Figura 36 Representación de los Viajes en Tranvía con Colores que Representan los Niveles de Preocupación del Usuario. 1:15.000</i>	62
<i>Figura 37 Representación de los Viajes en Valenbisi con Colores que Representan los Niveles de Preocupación del Usuario. 1:15.000</i>	63
<i>Figura 38 Gráfico Combinado de Número de Viajes y Porcentaje de Enfado por Modo de Transporte.</i>	64
<i>Figura 39 Representación de los Viajes a Pie con Colores que Representan los Niveles de Enfado del Usuario. 1:15.000</i>	64
<i>Figura 40 Representación de los Viajes en Tranvía con Colores que Representan los Niveles de Enfado del Usuario. 1:15.000</i>	65
<i>Figura 41 Representación de los Viajes en Valenbisi con Colores que Representan los Niveles de Enfado del Usuario. 1:15.000</i>	65
<i>Figura 42 Gráfico Combinado de Número de Viajes y Porcentaje de Ansiedad por Modo de Transporte.</i>	66
<i>Figura 43 Representación de los Viajes a Pie con Colores que Representan los Niveles de Ansiedad del Usuario. 1:15.000</i>	67
<i>Figura 44 Representación de los Viajes en Tranvía con Colores que Representan los Niveles de Ansiedad del Usuario. 1:15.000</i>	67
<i>Figura 45 Representación de los Viajes en Valenbisi con Colores que Representan los Niveles de Ansiedad del Usuario. 1:15.000</i>	68
<i>Figura 46 Gráfico Combinado de Número de Viajes y Porcentaje de Viaje Esperado por Modo de Transporte. ..</i>	69
<i>Figura 47 Representación de los Viajes a Pie con Colores que Representan los Niveles de Viaje Esperado del Usuario. 1:15.000</i>	69
<i>Figura 48 Representación de los Viajes en Tranvía con Colores que Representan los Niveles de Viaje Esperado del Usuario. 1:15.000</i>	70
<i>Figura 49 Representación de los Viajes en Valenbisi con Colores que Representan los Niveles de Viaje Esperado del Usuario. 1:15.000</i>	70
<i>Figura 50 Bajo Nivel de Felicidad en Viajes a Pie</i>	75
<i>Figura 51 Alto Nivel de Felicidad en Viajes a Pie</i>	76
<i>Figura 52 Captura de Google Maps: Sector con Menor Nivel de Felicidad en</i>	76
<i>Figura 53 Alto Nivel de Preocupación en Viajes en Valenbisi</i>	77
<i>Figura 54 Bajo Nivel de Preocupación en Viajes en Valenbisi</i>	77
<i>Figura 55 Captura de Google Maps: Sector con Mayor Nivel de Preocupación en Carrer de Ramon Llull</i>	78
<i>Figura 56 Comparación del Costo y la Calidad Total en Diferentes Metodologías de Recolección de Datos</i>	88
<i>Figura 57 Formato Requerido de Archivo JSON</i>	101
<i>Figura 58 Formato de Archivo de Salida</i>	103



Tablas

<i>Tabla 1 Pros y Contras de las Fuentes de Datos Tradicionales para la Movilidad.</i>	20
<i>Tabla 2 Pros y Contras de las Nuevas Tecnologías para la Recolección de Datos de Movilidad.</i>	21
<i>Tabla 3 Llaves del diccionario JSON del historial de ubicaciones de Google.</i>	28
<i>Tabla 4 Distribución de Viajes por Modo de Transporte y Porcentaje Acumulado.</i>	45
<i>Tabla 5 Distribución de Viajes por Modo de Transporte y Porcentaje Acumulado. (Continuación)</i>	46
<i>Tabla 6 Distribución de Viajes por Motivo y Porcentaje Acumulado.</i>	48
<i>Tabla 7 Distribución de Viajes por Acompañante y Porcentaje Acumulado.</i>	50
<i>Tabla 8 Comparativa de Porcentaje de Felicidad por Modo de Transporte.</i>	53
<i>Tabla 9 Comparativa de Porcentaje de Estrés por Modo de Transporte.</i>	56
<i>Tabla 10 Comparativa de Porcentaje de Tranquilidad por Modo de Transporte.</i>	58
<i>Tabla 11 Comparativa de Porcentaje de Preocupación por Modo de Transporte.</i>	61
<i>Tabla 12 Comparativa de Porcentaje de Enfado por Modo de Transporte.</i>	63
<i>Tabla 13 Comparativa de Porcentaje de Ansiedad por Modo de Transporte.</i>	66
<i>Tabla 14 Comparativa de Porcentaje de Viaje Esperado por Modo de Transporte.</i>	68
<i>Tabla 15 Estadísticas descriptivas de las emociones durante los viajes A Pie.</i>	71
<i>Tabla 16 Estadísticas descriptivas de las emociones durante los viajes en Tranvía.</i>	72
<i>Tabla 17 Estadísticas descriptivas de las emociones durante los viajes en Valenbisi.</i>	72
<i>Tabla 18 Porcentaje de Afectos Positivos y Negativos según el Modo de Transporte.</i>	74
<i>Tabla 19 Calendario y Recursos del Estudio</i>	84
<i>Tabla 20 Presupuesto del Estudio.</i>	84
<i>Tabla 21 Detalle del Personal Involucrado con Costo.</i>	85
<i>Tabla 22 Comparación de Costos y Tipos de Datos.</i>	86
<i>Tabla 23 Comparativa de Tipos de Datos y Calidad de Datos.</i>	87
<i>Tabla 24 Comparación de Calidad de Datos y Costos por Metodología.</i>	87
<i>Tabla 25 Enlaces de Descarga Directa de Python 3.11.</i>	99
<i>Tabla 26 Enlace a Carpeta de archivos whl.</i>	99



1 Introducción

1.1 Contexto y Justificación

Las emisiones de dióxido de carbono generadas por nuestras necesidades actuales están en gran medida relacionadas con el transporte. Mejorar la movilidad urbana no solo es una necesidad práctica sino también un aporte significativo en el objetivo de reducir estas emisiones. Un sistema de transporte eficiente y bien planificado puede disminuir la dependencia de vehículos privados, promoviendo alternativas más sostenibles como el transporte público, el uso de bicicletas y la caminata.

Las nuevas fuentes de datos han permitido obtener información muy detallada de cada individuo que lleva un dispositivo móvil. Acceder a esta información para usos específicos, como mejorar la calidad de vida de las personas, podría ser la clave para una correcta planificación territorial para las generaciones futuras y un cambio significativo en la planificación urbanística actual.

Para validar la recolección de estos datos, se incorpora un método tradicional como un diario de viajes. Además de confirmar los tramos realizados, que se obtienen a partir de nuevas fuentes como el historial de ubicaciones de Google, este método permite añadir las sensaciones experimentadas durante los viajes. Esto ayudará a identificar las deficiencias particulares de cada sector transitado y a diferenciarlas según el modo de transporte. Por ejemplo, algunos sectores de la ciudad tienen ciclovías en perfecto estado, mientras que en otros no están en buenas condiciones. Sin embargo, puede que no sea necesario priorizar la construcción de ciclovías en ciertas áreas si otras alternativas de transporte son más valoradas y útiles para la movilidad real del sector.

1.2 Objetivos

Analizar la movilidad del grupo de estudio utilizando distintos tipos de información y desarrollar una metodología de integración que permita unir de manera efectiva los datos obtenidos de diarios de viaje y del historial de ubicaciones de Google. Este enfoque busca ofrecer una visión más completa de las tendencias de movimiento y el comportamiento de los usuarios en función del modo de transporte y el entorno urbano. A través de la recolección y combinación de estos datos, se espera lograr una comprensión profunda de los patrones de movilidad de los participantes y cómo estos varían según las condiciones del trayecto.

Evaluar la efectividad de la integración de métodos tradicionales y digitales para la recolección de datos de movilidad. La comparación entre los diarios de viaje, donde los participantes documentan manualmente sus desplazamientos, y los datos digitales recopilados automáticamente por Google Maps, permitirá identificar las fortalezas y debilidades de cada método. Este análisis proporcionará una evaluación objetiva de cómo ambas fuentes de datos pueden complementarse, aumentando la



precisión y la calidad de la información recopilada, y mostrando cómo las nuevas tecnologías pueden ser una herramienta útil para mejorar los estudios de movilidad.

Proponer mejoras en los estudios de movilidad y en las políticas de transporte urbano. Con base en los hallazgos derivados del análisis de los datos, se identificarán áreas clave para optimizar tanto la metodología de recolección de información como la infraestructura y la red de transporte público. Se propondrán medidas concretas, como la mejora de la infraestructura para peatones y ciclistas, la reorganización del transporte público, y la adopción de tecnologías que fomenten modos de transporte más sostenibles, con el fin de mejorar la calidad de vida urbana y reducir el impacto ambiental de los desplazamientos.

1.3 Alcance

Se limita al uso de los datos pasivos adquiridos del historial de ubicaciones de Google Maps. No hay análisis ni estudio para cualquier otra fuente de datos que se pueda estudiar. El estudio se realizará solo con los datos disponibles que se han recopilado de la campaña realizada con los estudiantes de la UPV. Los datos así recopilados se utilizarán para realizar una evaluación de la movilidad urbana, identificar insuficiencias en la infraestructura de transporte y desarrollar recomendaciones específicas para mejorar la planificación urbana y diseñar la movilidad óptima en la ciudad. No se llevará a cabo un estudio económico o político, ni la implementación real de las recomendaciones, ni se realizarán estudios longitudinales a largo plazo.

2 Estado del Arte

2.1 Movilidad Urbana y Emisiones de CO₂

El transporte público es fundamental en la movilidad urbana, ya que ofrece una alternativa más eficiente y menos contaminante en comparación con el uso individual del vehículo privado. Sin embargo, a pesar de sus ventajas, sigue siendo una fuente significativa de contaminación ambiental.

Por un lado, el transporte público contribuye a la reducción de las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) per cápita, al disminuir el número de vehículos privados en circulación. No obstante, los autobuses y otros vehículos de transporte público, especialmente aquellos que no son eléctricos o híbridos, emiten una cantidad considerable de CO₂ y otros gases de efecto invernadero, como óxidos de nitrógeno (NO_x) y partículas (PM), que afectan la calidad del aire urbano (Mallik, 2019).

Adicionalmente, el transporte público también es responsable de la contaminación acústica en las ciudades. El ruido generado por los autobuses, trenes y tranvías puede tener efectos negativos sobre la salud pública, como el estrés, problemas de sueño y enfermedades cardiovasculares (*Environmental Noise Guidelines for the European Region*, 2018). Aunque se han implementado mejoras tecnológicas para reducir las emisiones y el ruido, como la introducción de vehículos eléctricos, la renovación de flotas con motores menos contaminantes y el desarrollo de infraestructuras más sostenibles, el problema persiste.

La contaminación del aire y el impacto ambiental asociados con el transporte urbano son desafíos que requieren una combinación de estrategias preventivas y optimización de recursos mediante una planificación urbana y de movilidad territorial efectiva. Dado que los asentamientos humanos y las necesidades urbanas están en constante evolución, la planificación estratégica y bien informada es crucial para mitigar estos problemas.

2.1.1 Estrategias para una Planificación Eficaz

Para reducir las emisiones contaminantes, es fundamental desarrollar planes urbanos que integren diversos aspectos del entorno construido y reestructuren las redes de transporte público. La Organización Mundial de la Salud (OMS) subraya que fomentar la proximidad entre viviendas, servicios y lugares de trabajo puede disminuir significativamente la dependencia del uso de vehículos privados, incentivando modos de transporte más sostenibles como caminar o andar en bicicleta (*Urban Green Spaces*, 2018). Además, la creación de zonas verdes y la mejora de la infraestructura para el transporte público no solo reducen la huella de carbono urbana, sino que también mejoran la calidad del aire. En consonancia, un estudio de la Comisión Europea reveló que la reestructuración de las redes de transporte público puede reducir hasta un 30% las emisiones de CO₂ en áreas urbanas, lo que refuerza la importancia de combinar estos enfoques en la planificación urbana para mitigar el impacto ambiental del transporte (*European Commission - Have Your Say*, 2020).

La movilidad de las personas está intrínsecamente ligada a la forma en que los individuos planifican su agenda y organizan sus actividades en el tiempo y el espacio, un concepto inicialmente desarrollado por Torsten Hägerstrand en 1970. Según este enfoque, los patrones de movilidad y el uso del tiempo varían considerablemente en función de diversos factores socioeconómicos y culturales. Por ejemplo, elementos como la edad, el género, el nivel de ingresos, la ocupación y la estructura familiar juegan un papel crucial en cómo las personas organizan sus desplazamientos diarios. Asimismo, los factores geográficos también son determinantes; vivir en áreas densamente pobladas o, por el contrario, en zonas alejadas de los centros urbanos, influye en la frecuencia y la distancia de los desplazamientos necesarios para acceder a lugares de trabajo, estudio y servicios urbanos (Hägerstrand, 1970).

Estos patrones de movilidad son también moldeados por las características culturales de una región, las cuales influyen en las preferencias y costumbres de los individuos en relación con su movilidad diaria. En estudios más recientes, se ha observado que las diferencias en el acceso y la infraestructura de transporte pueden intensificar las desigualdades socioeconómicas, ya que aquellos que residen en áreas con menos acceso a transporte público tienden a experimentar mayores dificultades para acceder a servicios y oportunidades laborales, lo que afecta su calidad de vida (Lucas, 2012).

2.2 Métodos Tradicionales de Recolección de Datos de Movilidad

Los métodos tradicionales para recopilar datos de movilidad han sido fundamentales en la comprensión de los patrones de desplazamiento, desempeñando un papel crucial en la planificación urbana y la formulación de políticas públicas durante décadas. Estos enfoques han permitido a los investigadores obtener tanto datos cuantitativos como cualitativos, proporcionando una base sólida para análisis detallados.

2.2.1 Encuestas Autocumplimentadas

Este método se basa en que los participantes completen cuestionarios por sí mismos, proporcionando información sobre sus hábitos de movilidad, como los modos de transporte utilizados, las rutas seguidas y la frecuencia de los viajes. Estas encuestas pueden distribuirse tanto en formato físico como digital. Las encuestas autocumplimentadas son eficientes en términos de costos y tiempo, permitiendo la recolección de grandes volúmenes de datos sin la necesidad de intervención directa de un encuestador, lo que minimiza el sesgo en la recolección de datos (Trochim, 2020).

2.2.2 Encuestas en el Lugar de Trabajo

También conocidas como encuestas de interceptación, se llevan a cabo en ubicaciones estratégicas como estaciones de transporte o centros laborales, donde los encuestadores entrevistan a los participantes sobre sus viajes recientes. Este enfoque permite la recopilación de datos contextuales en tiempo real, ofreciendo una visión detallada de los patrones de movilidad en áreas clave (*Transportation Research Board | National Academies, 2018*). La inmediatez de la recolección asegura que los datos sean frescos y precisos.

2.2.3 Diarios de Viaje

El diario de viaje es una herramienta utilizada para registrar los desplazamientos de las personas durante un período de tiempo específico. Los participantes anotan detalles como el origen, destino, propósito del viaje, modo de transporte y duración. Esta información permite analizar los patrones de movilidad diarios y las elecciones de transporte, así como su relación con variables como el propósito del viaje. Tradicionalmente, los diarios de viaje se han recopilado mediante encuestas en papel o formularios web, aunque la evolución tecnológica ha llevado a explorar métodos más modernos, como el uso de dispositivos GPS y aplicaciones móviles para automatizar parte del proceso y mejorar la precisión de los datos. (Prelipcean et al., 2018).

2.2.4 Llamadas Telefónicas

Las encuestas telefónicas permiten a los investigadores recolectar información directamente de los participantes, lo que facilita la obtención de tasas de respuesta más altas. Además, este método brinda la posibilidad de clarificar respuestas y profundizar en temas específicos, lo cual mejora la precisión y la calidad de los datos recopilados. Un estudio de Holbrook, Krosnick, y Pfent (Holbrook et al., 2007) señala que las encuestas telefónicas pueden ser particularmente eficaces en la obtención de datos detallados cuando se requiere interacción directa con los encuestados.

2.3 Nuevas Tecnologías en la Recolección de Datos de Movilidad

Los avances tecnológicos también han presentado grandes desafíos en el intercambio y manejo de la información, especialmente en lo que respecta a la privacidad y confidencialidad. Se ha logrado que las agencias sigan los movimientos macro mediante tecnologías de rastreo de movilidad, como las antenas de telefonía celular, que han demostrado ser de gran importancia en caso de desastres como la COVID-19. En el ejemplo de la pandemia, los datos recopilados a través de tales herramientas se utilizaron para rastrear el cumplimiento de las reglas de cuarentena y monitorear la propagación de la infección. Sin embargo, uno de los mayores problemas con este uso generalizado de datos se relaciona con la privacidad y el mal uso de los datos que se puede cometer.

La confidencialidad de los datos es un tema crítico en el contexto de la movilidad y la tecnología, ya que los derechos de privacidad pueden verse comprometidos si la información se utiliza incorrectamente. La implementación de políticas y tecnologías que garanticen la anonimización de los datos es esencial para proteger los derechos de los usuarios. La regulación, como el Reglamento General de Protección de Datos (GDPR) (*REGLAMENTO (UE) 2016/ 679 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO - de 27 de abril de 2016 - relativo a la protección de las personas físicas en lo que respecta al tratamiento de datos personales y a la libre circulación de estos datos y por el que se deroga la Directiva 95/ 46/ CE (Reglamento general de protección de datos)*, 2016) en Europa, ha establecido marcos legales que buscan asegurar que los datos personales se manejen de manera ética y segura.

El uso de datos de movilidad durante la pandemia de COVID-19 resultó crucial para rastrear la propagación del virus y para implementar medidas de salud pública efectivas. Por ejemplo, un estudio utilizó datos de movilidad basados en la ubicación de dispositivos móviles para evaluar la eficacia de las medidas de confinamiento en Italia. Este análisis permitió monitorear detalladamente el movimiento de las personas, facilitando la identificación de áreas con un alto riesgo de transmisión. (Pepe et al., 2020)

La información derivada de estos datos fue fundamental para aplanar la curva de contagio y reducir la propagación del virus. Al identificar las zonas con mayores niveles de movilidad y potenciales focos de infección, las autoridades pudieron ajustar las estrategias de confinamiento y aplicar intervenciones focalizadas en las áreas más críticas.

Existen varias tecnologías modernas que permiten la recogida de datos pasivos en el ámbito de la movilidad. Algunos ejemplos destacados:

2.3.1 Registro de Google Location History

El Google Location History (GLH) registra automáticamente los movimientos de los usuarios a través de sus dispositivos móviles, lo que lo convierte en una herramienta potencialmente valiosa para mejorar los estudios de movilidad y actividades conjuntas. Las interacciones sociales juegan un papel crucial en los patrones de viaje, ya que muchas actividades cotidianas, como el ocio o el apoyo mutuo, se coordinan con otros miembros de nuestras redes sociales (Carrasco & Miller, 2006). GLH permite recopilar información sin intervención activa del usuario, lo que es especialmente útil para captar actividades sociales que a menudo se pasan por alto en estudios tradicionales.

Los datos obtenidos incluyen trayectorias precisas, tiempos de viaje, modos de transporte, paradas intermedias y destinos finales, proporcionando un recurso detallado para analizar la movilidad. Esta tecnología tiene un impacto significativo en la investigación, ya que permite obtener datos longitudinales y exactos sobre patrones de viaje no rutinarios, lo que resulta especialmente útil para entender la movilidad en fines de semana y días festivos (Parady et al., 2023). La naturaleza pasiva de GLH reduce la carga sobre los participantes, facilitando la recolección de grandes volúmenes de datos sin afectar el rendimiento de los dispositivos móviles.

2.3.2 Sistemas de Transporte Inteligente (ITS)

Los Sistemas de Transporte Inteligente (ITS) están experimentando una rápida expansión como respuesta a la creciente demanda de soluciones de transporte más seguras, eficientes y sostenibles. Estos sistemas engloban una variedad de aplicaciones, desde la gestión y control del tráfico hasta la implementación de vehículos autónomos, con el propósito de mejorar la experiencia de movilidad y enfrentar los retos derivados de la urbanización creciente.

Entre los elementos más destacados de los ITS se encuentran las redes vehiculares ad-hoc (VANETs), que permiten la comunicación continua entre los vehículos y las infraestructuras viales. Gracias a esta conectividad, se facilita la gestión del tráfico en tiempo real, lo que contribuye significativamente a mejorar la seguridad en las carreteras. Junto a estas redes, los semáforos inteligentes juegan un papel crucial al optimizar los tiempos de espera en las intersecciones. Estos semáforos se ajustan dinámicamente a las condiciones del tráfico en cada momento, ayudando a reducir la congestión en las zonas urbanas. (Elassy et al., 2024)

En entornos vehiculares cooperativos, los semáforos virtuales ofrecen una alternativa innovadora, eliminando la necesidad de infraestructuras físicas al gestionar el flujo vehicular de manera más flexible y eficiente. Por último, las herramientas de predicción de movilidad emplean datos históricos y en tiempo real para anticipar los flujos de tráfico. Estas predicciones son fundamentales para gestionar de manera efectiva la demanda y minimizar los problemas de congestión que suelen afectar a las grandes ciudades. (Elassy et al., 2024)

2.3.3 Antenas de Telefonía Móvil

La recogida de datos pasivos mediante antenas de telefonía móvil es un método eficaz para analizar patrones de movilidad humana a gran escala y de manera económica. Esta técnica aprovecha los Call Detail Records (CDRs), que son registros generados cuando los teléfonos móviles interactúan con las antenas de la red. A través de estos registros, se puede estimar la ubicación aproximada de los usuarios, lo que proporciona información valiosa sobre sus desplazamientos sin necesidad de recurrir a métodos invasivos o costosos (Becker et al., 2013).

En un estudio realizado en las áreas metropolitanas de Los Ángeles, San Francisco y Nueva York, se analizaron miles de millones de muestras de ubicación para obtener insights sobre cómo se desplazan los habitantes en su día a día. Este análisis reveló información útil para la planificación urbana, como las distancias recorridas diariamente y las áreas residenciales que más trabajadores aportan a las ciudades. Además, se identificaron patrones de tráfico y se estimaron las emisiones de carbono de los desplazamientos diarios entre el hogar y el trabajo (Becker et al., 2013).

A pesar de las limitaciones de los CDRs, como su menor precisión espacial en comparación con otros métodos de localización y la baja frecuencia con la que se generan los datos, los resultados han sido validados con otras fuentes de información, lo que refuerza su utilidad en estudios de movilidad. Este método presenta la ventaja de permitir el análisis de grandes volúmenes de datos en tiempo real sin incurrir en costos adicionales (Iqbal et al., 2014).

2.4 Beneficios de las Metodologías de Recogida de Datos Pasivos en la Movilidad

Las nuevas metodologías de recogida de datos pasivos, como los registros obtenidos de dispositivos móviles y plataformas digitales, presentan ventajas significativas en comparación con los métodos tradicionales de encuestas domiciliarias. Entre los principales beneficios destacan:

- Recogida continua de Datos: mediante fuentes pasivas, como los smartphones, permite un monitoreo constante y en tiempo real de los patrones de movilidad. Esto proporciona un mayor nivel de detalle y precisión en comparación con las encuestas tradicionales, que se realizan en momentos puntuales. Además, al eliminar la dependencia de la memoria del usuario, se evitan los sesgos temporales y se capturan trayectorias de viaje más exactas y completas (Gillis et al., 2023).
- Eliminación de errores en la imputación de viajes y actividades: es una de las principales ventajas de los métodos pasivos sobre las encuestas tradicionales, que dependen de la memoria de los encuestados, lo que puede generar inexactitudes. En cambio, las metodologías pasivas registran los datos automáticamente, reduciendo la posibilidad de errores humanos y proporcionando un registro más fiable de las actividades y desplazamientos (Gillis et al., 2023).
- Evitar tasas de abandono de encuestas tradicionales: Un estudio estadístico del proyecto IAB-SMART en Alemania mostró que la recolección de datos pasivos mediante aplicaciones móviles puede reducir considerablemente las tasas de abandono en comparación con las encuestas tradicionales. Al combinar la recolección pasiva de datos con encuestas breves en smartphones, los investigadores observaron que los participantes eran más propensos a completar la recolección de datos durante periodos más largos, debido a que este enfoque exige menos esfuerzo por parte de los usuarios. Además, se encontró que las personas con niveles más altos de educación y mayor confianza en la organización de la investigación tendían a participar más activamente, lo que resalta la importancia de un buen diseño del estudio y la confianza en la tecnología para retener a los participantes (Keusch et al., 2022).
- Corrección de desviaciones en percepciones de tiempo y distancias: Estos datos, recogidos mediante tecnologías como smartphones y dispositivos GPS, permiten obtener mediciones exactas de las distancias recorridas y los tiempos de viaje, lo que ayuda a corregir los errores habituales en las percepciones de los encuestados. Las encuestas tradicionales, que dependen de la memoria de los participantes, suelen presentar inexactitudes, ya que los encuestados tienden a subestimar o sobreestimar los tiempos y distancias. Al utilizar datos pasivos, estas imprecisiones se reducen considerablemente, lo que mejora la precisión de los análisis sobre movilidad (Shen & Stopher, 2014).

2.5 Integración de Datos en Estudios de Movilidad

La integración de datos en estudios de movilidad ha ganado relevancia en los últimos años gracias a la creciente disponibilidad de diversas y complementarias fuentes de información. Estas fuentes permiten obtener una comprensión más detallada y precisa de los patrones de movilidad, lo cual es crucial para la planificación urbana, la optimización de rutas y la mejora de la infraestructura de transporte



Un estudio realizado en Madrid utilizó la integración de datos de diarios de viajes y datos de transporte público para mejorar la planificación del transporte urbano. Los investigadores combinaron datos de encuestas de movilidad, que proporcionaban información detallada sobre los patrones de desplazamiento, con datos en tiempo real de los sistemas de transporte público. Esta combinación permitió a los investigadores identificar las rutas más congestionadas y las zonas con mayor demanda de transporte, lo que llevó a la implementación de medidas para mejorar la eficiencia del sistema (Gutiérrez et al., 2011).

En Helsinki, un estudio integrado por la Universidad de Aalto utilizó datos de Google Maps junto con encuestas de movilidad para analizar la movilidad urbana durante los eventos masivos. El estudio combinó datos en tiempo real sobre la congestión del tráfico y la disponibilidad de transporte público con patrones de viaje recogidos de encuestas, lo que permitió una mejor gestión del tráfico y una optimización de las rutas durante los eventos. Este enfoque ayudó a reducir la congestión en un 15% durante los eventos (Salonen & Toivonen, 2013).

En Londres, un estudio llevado a cabo por Transport for London (TfL) integró datos de GPS de vehículos de transporte público con los registros de viajes de los pasajeros. Este estudio permitió a TfL analizar la puntualidad de los autobuses y la eficiencia de las rutas en tiempo real. Gracias a la integración de estas fuentes de datos, se pudieron realizar ajustes en las frecuencias de los autobuses y en las rutas para reducir los tiempos de espera y mejorar la experiencia del usuario (Glaeser et al., 2008).

3 Propuesta de Integración de Datos de Google Maps en Encuestas Tradicionales de Movilidad

3.1 Justificación de la Integración

El objetivo de integrar múltiples fuentes de datos de movilidad es maximizar los pros de cada método, al tiempo que se mitigan sus contras al complementarlos con otras tecnologías. Este enfoque híbrido nos permite obtener una trazabilidad de alto nivel, integrando lo mejor de cada fuente de información para una comprensión completa de los patrones de movilidad.

Fuente de Datos	Pros	Contras
Encuestas Autocumplimentadas	<ul style="list-style-type: none"> - Económicas de implementar. - Capturan información detallada sobre motivos de viaje y preferencias personales. 	<ul style="list-style-type: none"> - Errores de memoria y percepción, especialmente en tiempos y distancias. - Alta tasa de abandono debido al esfuerzo requerido. - Sesgo de muestra.
Encuestas en el Lugar de Trabajo	<ul style="list-style-type: none"> - Buena cobertura de viajes relacionados con el trabajo. - Datos precisos sobre los horarios y patrones de desplazamiento laboral. 	<ul style="list-style-type: none"> - No cubre viajes personales ni fuera del horario laboral. - Alta carga para los encuestados. - Baja representatividad de otros segmentos de la población.
Diarios de Viaje	<ul style="list-style-type: none"> - Ofrecen detalles sobre cada viaje realizado (motivo, tiempo, distancia). - Útil para captar viajes cotidianos y frecuentes. 	<ul style="list-style-type: none"> - Alto esfuerzo por parte de los encuestados, lo que genera errores de reporte o abandono. - Dificultad para capturar viajes no rutinarios.
Llamadas Telefónicas	<ul style="list-style-type: none"> - Recopilación rápida de datos a bajo costo. - Permite la interacción directa para aclarar dudas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Baja tasa de respuesta debido a la interrupción del encuestado. - Propenso a sesgos de selección. - Limitado en detalle y precisión.

Tabla 1 Pros y Contras de las Fuentes de Datos Tradicionales para la Movilidad.

Fuente de Datos	Pros	Contras
Google Location History	<ul style="list-style-type: none"> - Recoge datos precisos de ubicación, trayectorias y tiempos de viaje en tiempo real. - Sin intervención activa del usuario. - Alta frecuencia de datos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Preocupaciones de privacidad y seguridad de datos. - Sesgo hacia usuarios con acceso a smartphones y servicios de Google. - Sesgo de muestra.
Sistemas de Transporte Inteligente (ITS)	<ul style="list-style-type: none"> - Proporciona datos continuos sobre flujos de tráfico, tiempos de espera y congestión. - Ideal para optimizar la infraestructura de transporte. 	<ul style="list-style-type: none"> - Requiere inversión significativa en infraestructura. - Limitado a las áreas urbanas donde se instalan los sensores. - No cubre viajes individuales.
Antenas de telefonía móvil (Cell-ID)	<ul style="list-style-type: none"> - Amplia cobertura geográfica, incluso en áreas rurales. - Recopilación pasiva y no intrusiva. - Ideal para grandes volúmenes de datos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Menor precisión espacial en comparación con GPS. - No captura detalles del viaje (motivo, modalidad de transporte, acompañantes). - Sesgo Urbano.

Tabla 2 Pros y Contras de las Nuevas Tecnologías para la Recolección de Datos de Movilidad.

3.1.1 Métodos Tradicionales para la integración

3.1.1.1 Beneficios Encuestas Autocumplimentadas y Diarios de viaje

Las encuestas autocumplimentadas y los diarios de viaje ofrecen ventajas significativas que mejoran tanto el estudio como la planificación del transporte en entornos urbanos y rurales. Una de sus principales fortalezas es que permiten capturar la experiencia subjetiva del usuario durante sus desplazamientos, proporcionando no solo datos cuantitativos, como rutas y duración de los viajes, sino también información cualitativa y emocional sobre la percepción de los mismos. Esto es crucial para comprender no solo el “cómo” y el “cuándo” de los viajes, sino también el “por qué” detrás de las decisiones de los usuarios, como las preferencias por ciertos modos de transporte o la evaluación subjetiva de la eficiencia del trayecto.

Además, dichos estudios también ofrecen datos en tiempo real en relación con factores demográficos y socioeconómicos, lo cual es esencial para la correcta interpretación de los patrones de movilidad observados. Por ejemplo, si se dispone de información sobre la identidad del viajero, a saber, su edad, nivel de ingresos o propósito del viaje, es factible definir patrones de comportamiento y segmentar la población en términos de grupos de necesidades específicas de movilidad.

Otra gran fortaleza es la posibilidad de rastrear las causas de los viajes, de modo que los diseñadores de la ciudad puedan identificar patrones similares que se repiten y prever cambios en la demanda de viajes en función de los factores socioeconómicos, de infraestructura y ambientales emergentes de manera cambiante en la región estudiada. Esto hace que sea posible hacer recomendaciones informadas para tomar decisiones y establecer políticas que pongan este sistema de transporte sostenible, justo y adaptable en su lugar para el beneficio del mundo en constante cambio (Griffiths et al., s. f.).

3.1.1.2 Debilidades Encuestas Autocumplimentadas y Diarios de viaje

A pesar de las numerosas fortalezas de las encuestas de movilidad, también presentan una variedad de debilidades que pueden efectivamente influir en la validez y la fiabilidad de los datos, así como en la experiencia de los encuestados. La mayor debilidad es, por supuesto, el hecho de que los encuestados simplemente se aburren, y esto a menudo se refleja en respuestas de baja calidad, incompletas o apresuradas, y esto a su vez puede influir no solo en la validez, sino también en la profundidad de la información obtenida. Esta fatiga puede deberse al largo y complejo del cuestionario, o puede ser el resultado de que las preguntas sean simplemente realizadas con demasiada frecuencia, en cuyo caso también conduce a tasas de abandono más altas y, en última instancia, a muestras menos representativas.

Otro problema general es la incapacidad para calcular exactamente las distancias y los tiempos de los viajes, resultando en datos que son inexactos en gran medida. Una cuestión a considerar es que algunos viajes pueden no ser recordados por los encuestados, ser percibidos como poco relevantes, o que las personas elijan no continuar con el cuestionario para evitar un consumo excesivo de tiempo. Tales omisiones crean huecos en la información, y la imagen general de la movilidad resulta incompleta o sesgada. La calidad de los datos también puede verse afectada por los errores en el proceso de recolección. Tales errores pueden deberse, por ejemplo, a una formación inadecuada de los encuestadores, a una falla en el equipo técnico de recolección o al diseño de las encuestas no teniendo en cuenta de hecho la variabilidad en los patrones de movilidad (Gillis et al., 2023).

3.1.2 Nuevas Tecnologías para la Integración

El uso de datos de antenas de telefonía móvil para la recolección de datos de movilidad está creciendo significativamente, especialmente a través de los registros de Call Detail Records (CDRs). Estos datos son ampliamente utilizados para analizar patrones de movilidad, flujos de población y comportamientos de viaje, debido a su capacidad de generar información de manera pasiva y a gran escala. Además, los CDRs son efectivos porque no requieren infraestructura adicional y son ideales para estudios a gran escala (Ndubuisi-Obi Jr, 2021).

3.1.2.1 Debilidades Recolección de datos por Antenas de Telefonía Móvil

Si bien la recolección de datos a través de las antenas de telefonía móvil se está utilizando de manera masiva debido a su amplia cobertura y capacidad para recopilar datos de forma pasiva, esta fuente de datos presenta varias debilidades importantes que deben considerarse.

- **Menor precisión espacial:** Las antenas de telefonía móvil tienen una precisión espacial mucho menor en comparación con el GPS. La ubicación de un usuario se estima en función de la torre celular más cercana, lo que puede generar márgenes de error significativos, especialmente en áreas rurales o suburbanas, donde la densidad de torres es baja. En estas áreas, las torres están más separadas, lo que reduce la precisión del rastreo. Esta menor precisión hace que los datos del Cell-ID sean menos útiles cuando se requiere un rastreo detallado de ubicaciones (Worden, 2020). La precisión de la localización mediante antenas de telefonía móvil (Cell-ID) varía considerablemente según la densidad de las torres en la zona. En áreas urbanas, donde la densidad de torres es mayor, la precisión puede llegar a los 300 metros. Sin embargo, en áreas rurales o con pocas torres, la precisión disminuye significativamente, oscilando entre 0.25 y varios kilómetros. En comparación, los sistemas GPS ofrecen una precisión mucho mayor, de entre 5 y 10 metros bajo condiciones óptimas (Yang et al., 2010).
- **Falta de información contextual:** Los datos recogidos por las antenas de telefonía móvil no proporcionan detalles sobre el contexto del viaje, como los motivos del desplazamiento, el modo de transporte utilizado, o si el usuario viaja acompañado. Esto limita su capacidad para ofrecer un análisis profundo del comportamiento de los usuarios.
- **Sesgo urbano:** A pesar de su amplia cobertura, las antenas de telefonía móvil tienden a tener una mayor densidad en áreas urbanas, lo que puede generar un sesgo en los datos recolectados. Las ciudades suelen contar con una infraestructura más densa de antenas, lo que permite una mayor precisión en la recolección de datos, pero en áreas rurales o menos desarrolladas, la precisión se reduce y los datos pueden estar sesgados hacia patrones urbanos (Keusch et al., 2022).

3.1.2.2 Beneficios Registro de Google Location History

En cambio, el Google Location History cubre muchas de las limitaciones presentes en la recolección de datos a través de las antenas de telefonía móvil, sin perder los beneficios clave.

Google Location History proporciona detalles precisos sobre los tiempos de viaje, así como el origen y destino de cada trayecto. Además, identifica el modo de transporte utilizado, ya sea caminar, conducir, tomar transporte público u otro. Esta información permite deducir el propósito del viaje, como si es para ir al trabajo, a una cita o a una actividad recreativa.

El análisis de los datos de origen y destino facilita la comprensión de los patrones de movilidad del usuario. Por ejemplo, al identificar las rutas frecuentes y los destinos habituales, se pueden inferir los motivos de los desplazamientos y anticipar futuros comportamientos. Este tipo de información es útil para prever cambios en los patrones de movilidad, lo que puede ayudar en la planificación de rutas más eficientes o en la optimización de servicios de transporte.

Además, al conocer los tiempos de viaje y los modos de transporte, se pueden identificar tendencias en el uso del transporte, lo que permite ajustar y mejorar la experiencia del usuario. Por ejemplo, los datos pueden revelar si el usuario prefiere ciertos medios de transporte en determinados horarios o si hay un patrón recurrente en la duración de los viajes (Yu et al., 2019).

3.2 Integración de Encuestas Tradicionales y Google Location History para una Trazabilidad Completa de la Movilidad

Tanto las encuestas tradicionales como las nuevas formas de recolección de datos, como Google Location History, tienen beneficios únicos que, al combinarse, permiten obtener una visión más detallada del comportamiento de los usuarios. Las encuestas tradicionales proporcionan información cualitativa sobre las percepciones y preferencias, pero pueden verse afectadas por errores de memoria y sesgos. En cambio, Google Location History ofrece datos cuantitativos precisos, como tiempos de viaje y rutas, lo que permite medir el comportamiento real.

La combinación de ambas fuentes permite integrar la precisión de los datos cuantitativos con la percepción subjetiva de los usuarios, ofreciendo un análisis más exhaustivo. Este enfoque también facilita la comprensión de cómo los usuarios eligen diferentes modos de transporte según la actividad que realizan en su destino, optimizando la planificación de rutas y el diseño de sistemas de transporte más eficientes.

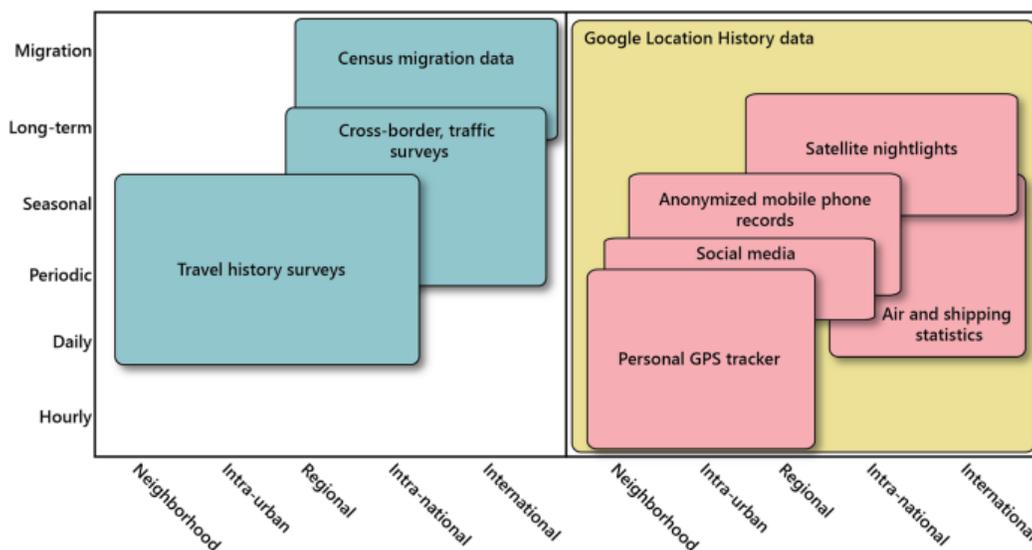


Figura 1 Izquierda: Datos de movilidad tradicional. Derecha: Datos de movilidad GLH (Warren Ruktanonchai et al., 2018).

En la Figura 1 se destaca la capacidad de Google Location History para reunir y procesar datos de movilidad de manera superior a los métodos tradicionales. A la izquierda, se presentan algunos enfoques convencionales de recolección de datos, como la información censal, los estudios de tráfico y las encuestas de viaje. Estos métodos han sido utilizados durante décadas para entender patrones de movilidad, pero suelen estar limitados por su alcance, frecuencia y precisión. Por ejemplo, la información censal puede ofrecer una visión general de los desplazamientos de la población, pero no captura dinámicamente los cambios que ocurren a lo largo del tiempo ni las variaciones en las rutas individuales.

En contraste, a la derecha de la figura, en color rosado, se observan las nuevas metodologías y tecnologías que han revolucionado la recolección de datos de movilidad. Estas incluyen la información obtenida de redes sociales, datos de ubicación móvil anónima, rastreadores GPS, imágenes satelitales y estadísticas detalladas de transportes. Estas tecnologías ofrecen una visión mucho más granular y en tiempo real de los patrones de movimiento de las personas. Por ejemplo, los rastreadores GPS pueden proporcionar datos precisos sobre rutas específicas y tiempos de viaje, mientras que la ubicación móvil anónima puede ayudar a identificar flujos de movimiento a gran escala sin comprometer la privacidad individual.

Google Location History integra todas estas nuevas fuentes de datos en una sola plataforma, lo que permite obtener una imagen mucho más completa y precisa de la movilidad en un área determinada. Al combinar datos de diversas fuentes, Google Location History puede superar las limitaciones de los métodos tradicionales, proporcionando información más detallada sobre cómo se mueven las personas, a qué horas y en qué modos de transporte. Esta capacidad para englobar múltiples fuentes de datos y generar una visión coherente es lo que convierte a Google Location History en una herramienta poderosa para analizar la movilidad y tomar decisiones informadas en áreas como la planificación urbana, la gestión del tráfico y el desarrollo de infraestructuras.

3.3 Descripción de Google Maps y su Historial de Ubicaciones

Google Maps utiliza la tecnología más avanzada disponible en el ámbito civil para geolocalizar de manera precisa y eficiente los dispositivos. La primera herramienta que emplea es el GPS, mediante el cual el dispositivo recibe señales de satélites que orbitan la Tierra. Al conectarse con al menos cuatro de estos satélites, puede calcular con exactitud la ubicación del dispositivo, tanto en coordenadas como en altitud.

Cuando el GPS no puede recibir señales satelitales, el dispositivo recurre a las señales de las antenas de telefonía móvil más cercanas. Al recibir estas señales, identifica su intensidad, permitiendo estimar la posición mediante la triangulación de todas las señales disponibles. Este método es comúnmente utilizado en áreas urbanas, donde las señales de los satélites suelen bloquearse debido a las estructuras de la ciudad.

Además, la geolocalización se refuerza mediante la captura de redes Wi-Fi, aprovechando la base de datos de puntos de acceso Wi-Fi que posee Google. Estas señales no solo ayudan a determinar la posición, sino que también mejoran la confiabilidad de la información proporcionada.

Todos estos datos son procesados por los algoritmos de Google, que cuantifican y valoran la información según su fuente, el momento del día e incluso el tipo de dispositivo que la recibe. Estos algoritmos están calibrados con experiencias previas para ofrecer resultados más precisos.

La mayoría de los dispositivos móviles están equipados con acelerómetros y giroscopios, que no solo mejoran la precisión, sino que también permiten medir el movimiento y la orientación. Esto facilita la estimación del modo de transporte utilizado durante el viaje.

En condiciones óptimas, Google puede proporcionar en su historial de ubicaciones una precisión con un margen de error inferior a 5 metros (Warren Ruktanonchai et al., 2018).

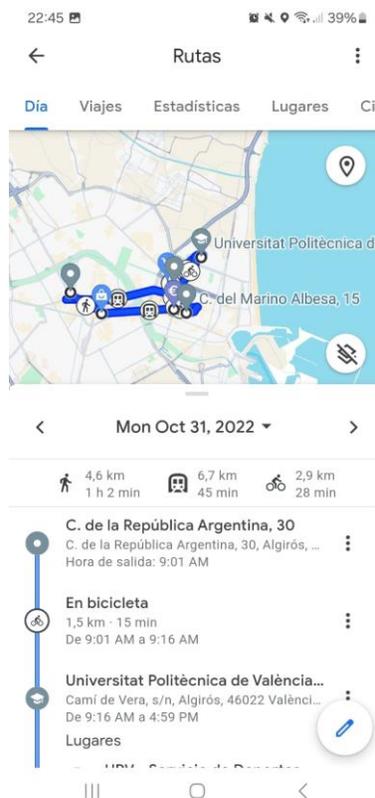


Figura 2 Visualización de Cronología de Google Maps en móvil.

Google permite visualizar la información detallada sobre nuestras ubicaciones, incluyendo la hora y la fecha en las que se realizaron los viajes. Además, ofrece datos sobre el tiempo transcurrido durante el viaje y el modo de transporte elegido. Como se ilustra en la Figura 2, Google Maps presenta esta información de manera simplificada y permite ver los datos de geolocalización de forma visual.

Para obtener estos datos, se solicita la información a Google, que la entrega en formato de diccionario JSON (JavaScript Object Notation) (véase Figura 3). JSON es un formato estándar de intercambio de datos que se utiliza comúnmente para la comunicación entre diferentes sistemas. Este formato organiza los datos en pares de clave-valor, donde cada clave actúa como un identificador para acceder a la información correspondiente.

Por ejemplo, un diccionario JSON puede contener claves como "numero de viaje", "coordenada inicial", "coordenada final", "modo de transporte" y "tiempo", con valores asociados que representan los detalles específicos del viaje. Este formato facilita la comprensión y manipulación de los datos al estructurarlos de manera ordenada y accesible.

```
{
  "timelineObjects": [
    {
      "placeVisit": {
        "location": {
          "latitudeE7": 394808896,
          "longitudeE7": -3410992,
          "placeId": "ChIJd0BgXXxIYA0R9qbF_THfDxU",
          "address": "Cami de Vera, s/n, 46022 València, Valencia, Espanya",
          "name": "Valencia Polytechnic University",
          "sourceInfo": {
            "deviceTag": -1544020095
          }
        },
        "locationConfidence": 86.65959,
        "calibratedProbability": 88.11482
      },
      "duration": {
        "startTimestamp": "2022-10-20T18:14:53.116Z",
        "endTimestamp": "2022-10-20T19:05:27.448Z"
      },
      "placeConfidence": "MEDIUM_CONFIDENCE",
      "childVisits": [
        {
          "location": {
            "latitudeE7": 394801536,
            "longitudeE7": -3441578,
            "placeId": "ChIJN2qsf4RIYA0RtNbaXbrtS3M",
            "address": "ETSICCP Caminos, Canales y Puertos Camino de Vera, s/n Edificios 4H - 4G - 4Q, 46022 Valencia, España",
            "name": "UPV - Escola Tècnica Superior d'Enginyeria de Camins, Canals i Ports ETSECCP",
            "sourceInfo": {
              "deviceTag": -1544020095
            }
          },
          "locationConfidence": 68.47624,
          "calibratedProbability": 70.8585
        }
      ]
    }
  ]
}
```

Figura 3 Ejemplo de JSON.

La información se obtiene a partir de una estructura de datos llamada Semantic Location History, la cual organiza los datos de manera que cada clave del diccionario JSON tiene un significado específico y bien definido. Esto permite acceder a la información de manera precisa y utilizarla de manera efectiva en el análisis que se va a realizar. Al entender el valor de cada clave, es posible evaluar y ponderar los beneficios que estos datos aportan al estudio.

En este análisis, nos enfocaremos en las siguientes claves:

Propiedad	Descripción
TimelineObjects[]	Es una línea de tiempo que contiene una lista con toda la información semántica disponible, organizada en orden cronológico. Cada elemento de esta lista puede ser un "Activity Segment" o una "Place Visit".
activitySegment	Segmento de actividad. Cada vez que se produce un cambio de ubicación, se registra como un segmento de actividad, es decir, un viaje.
startLocation	Ubicación inicial del viaje. Dentro de esta clave hay varias subclaves, pero nos interesan particularmente "latitudeE7" y "longitudeE7".
endLocation	Ubicación final del viaje. Dentro de esta clave hay varias subclaves, pero nos interesan particularmente "latitudeE7" y "longitudeE7".
latitudeE7	Latitud en coordenadas geográficas WGS84 (World Geodetic System 1984). Estas coordenadas se presentan multiplicadas por 10^7 .
longitudeE7	Longitud en coordenadas geográficas WGS84 (World Geodetic System 1984). Estas coordenadas también se presentan multiplicadas por 10^7 .
activityType	Tipo de actividad con la mejor coincidencia. Google genera una lista con todos los modos de transporte probables en los que se pudo haber realizado el viaje, y el modo con mayor probabilidad es el que se muestra bajo esta clave. Ejemplos de activityType incluyen: Walking, Cycling, Bus.
confidence	Esta clave indica el nivel de confianza en el modo de transporte especificado en activityType. Ejemplos de confidence son: High, Medium, Low.
duration	Duración de la actividad. Dentro de esta clave hay dos subclaves adicionales: "Start Timestamp" y "End Timestamp".
startTimestamp	Momento de inicio del activitySegment, en el formato "2022-02-02T10:45:09.962Z".
endTimestamp	Momento de finalización del activitySegment, en el formato "2022-02-02T10:41:08.315Z".
distance	Distancia recorrida durante el viaje, expresada en metros.

Tabla 3 Llaves del diccionario JSON del historial de ubicaciones de Google.

3.4 Propuesta de Integración

Se propone una metodología de integración de datos provenientes de diversas fuentes, con el objetivo de simplificar el proceso de recolección y focalizarlo en aquellos participantes que previamente demostraron altos niveles de respuesta en la encuesta realizada en la Universidad Politècnica de Valencia (Unitat de Medi Ambient, 2022). Esta metodología permitirá combinar los datos de diferentes herramientas y tecnologías, ofreciendo una visión más completa y precisa de los patrones de movilidad de los encuestados, facilitando así un análisis más detallado y eficiente.

Se llevan a cabo tres tipos de recolección de datos, enfocada en extraer información relevante de cada fuente específica:

1. Información Social: Recopilada a través de una encuesta digital, proporcionando datos socio-demográficos y contextuales.
2. Información Emocional: Capturada mediante un diario de viaje, en formato digital o en papel, donde los participantes registrarán sus emociones y percepciones durante los desplazamientos.
3. Geolocalización: Derivada de los datos de Google Maps, que permitirá obtener información precisa de trazabilidad y rutas recorridas

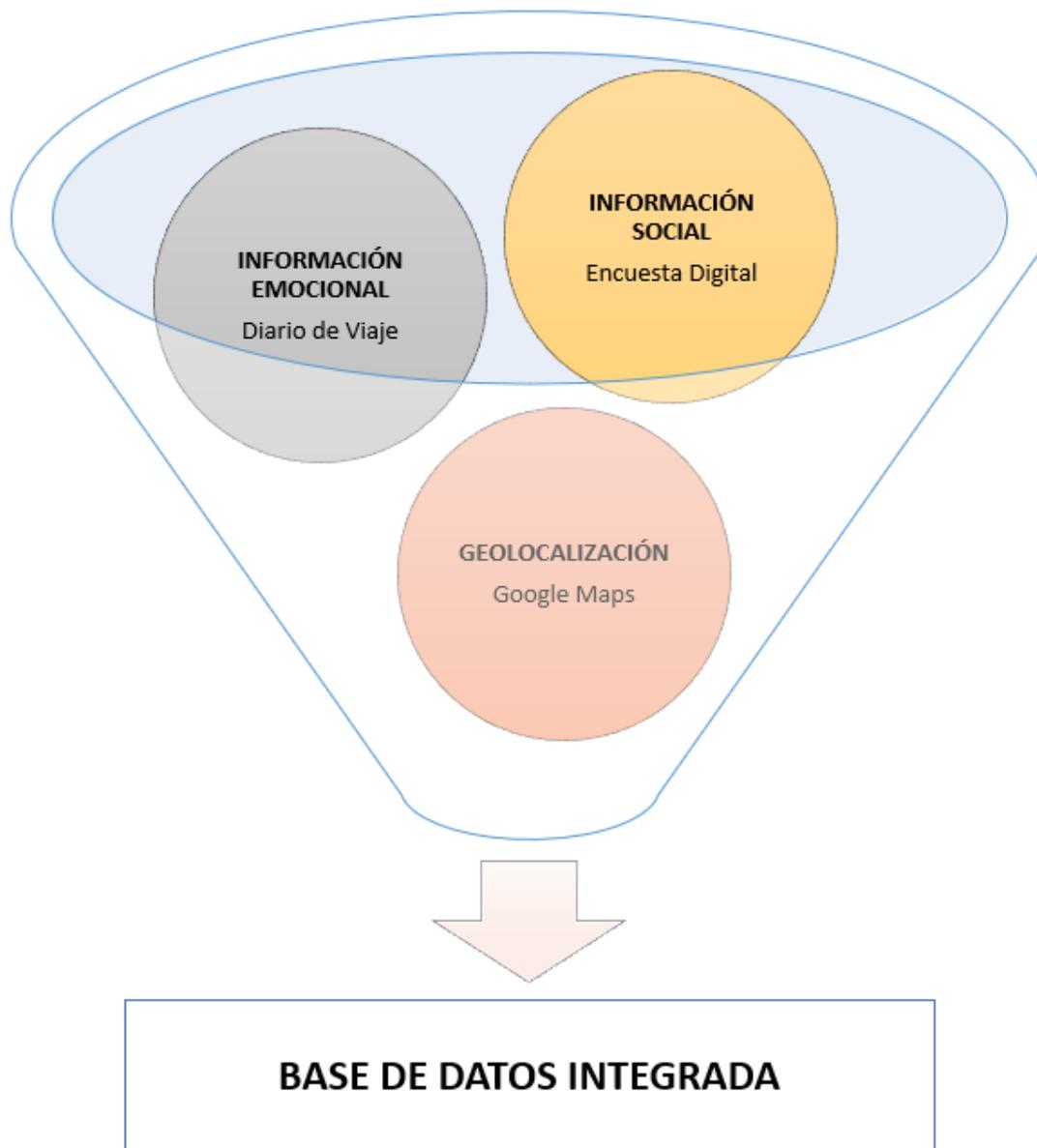


Figura 4 Propuesta de Integración.

En la Figura 4 se visualiza cómo se integran diferentes tipos de datos – sociales, emocionales y de geolocalización – en una base de datos central con alta trazabilidad. Cada fuente de información fluye hacia un único sistema, permitiendo una consolidación completa de los datos. El diseño refleja cómo la combinación de estas diversas fuentes garantiza una trazabilidad exhaustiva, proporcionando un seguimiento detallado y preciso de los patrones de movilidad y comportamiento.

3.5 Diseño de la Metodología de Integración

El proceso de integración de datos se llevará a cabo en dos etapas:

1. **Primera Etapa:** Los participantes comenzarán completando una encuesta digital inicial, en la que proporcionarán detalles sobre su experiencia de viaje, como la percepción de los tiempos de desplazamiento, los modos de transporte utilizados y cualquier otra información relevante sobre sus trayectos. Esta encuesta servirá para recopilar información subjetiva basada en la experiencia personal de cada participante.
2. **Segunda Etapa:** Después de completar la encuesta, los participantes registrarán la información recopilada en sus diarios de viaje en una hoja de cálculo. Junto a cada viaje registrado, se incluirán detalles como el tiempo de viaje, el modo de transporte y la secuencia de las rutas. Esta etapa permitirá obtener un registro detallado de los viajes realizados durante el período del estudio.
3. **Tercera Etapa:** A continuación, se tomará la información obtenida directamente del historial de ubicaciones de Google. En esta fase, se confirmarán los tiempos y modos de transporte ingresados por los usuarios en la primera etapa. Este proceso de validación busca asegurar que toda la información del viaje esté completa y sea precisa. De esta manera, se obtendrá una imagen detallada y consistente del viaje, desde el origen, la ruta utilizada, el modo de transporte, hasta el destino final. Además, se incluirán las sensaciones y experiencias reportadas por los usuarios durante el viaje, lo que permitirá un análisis integral de las condiciones de movilidad y su impacto en los participantes.

3.6 Ventajas y Desventajas de la Integración

La integración de los diarios de viaje con las rutas precisas obtenidas del historial de ubicaciones de Google presenta las siguientes ventajas y desventajas.

3.6.1 Ventajas

- **Relación detallada de los viajes:** Al permitir que los usuarios ingresen preliminarmente en su dispositivo lo que observan durante sus viajes, se logra una conexión directa y detallada entre los diarios de viaje y las rutas exactas. Esto ofrece una representación más precisa y contextual

de cómo se llevaron a cabo los desplazamientos, enriqueciendo el análisis con datos tanto objetivos (rutas y tiempos) como subjetivos (sensaciones del usuario).

- **Verificación cruzada:** La comparación de los datos ingresados manualmente por los participantes con los datos obtenidos automáticamente por el historial de ubicaciones de Google permite una validación más sólida de la información. Este proceso de verificación cruzada aumenta la confiabilidad de los resultados, ya que cualquier inconsistencia puede ser identificada y corregida antes de proceder al análisis final.

3.6.2 Desventajas

- **Dependencia del funcionamiento del dispositivo:** Para que el proceso de integración sea exitoso, es crucial que el dispositivo del usuario funcione correctamente y registre con precisión los datos de ubicación. Problemas técnicos, como una señal GPS deficiente o fallos en la sincronización, podrían afectar la calidad de los datos recogidos.
- **Precisión de la información ingresada por los participantes:** La validez del análisis depende en gran medida de la exactitud con la que los participantes ingresen los datos en sus diarios de viaje y de su correcta interpretación de la información observada en sus dispositivos. Si los participantes cometen errores al ingresar los datos o si interpretan incorrectamente la información mostrada en Google Maps, esto podría llevar a resultados inexactos y comprometer la calidad del estudio.

4 Caso de Estudio: Aplicación a la Movilidad de Estudiantes de la UPV

4.1 Resumen

El caso de estudio se lleva a cabo considerando la etapa 2 y la etapa 3 de la integración propuesta. En este proceso, se combinan dos fuentes de datos: los diarios de viaje proporcionados por los participantes y los registros de ubicaciones de Google Maps obtenidos a través de sus dispositivos móviles. A partir de esta integración, se realiza un análisis detallado de los datos, permitiendo obtener la mayor cantidad de información posible. La trazabilidad que ofrece la combinación de estas fuentes facilita un entendimiento más profundo de los patrones de movilidad y los trayectos realizados, maximizando el valor de la información recopilada para el estudio.

4.2 Campaña de Recogida de Datos

4.2.1 Selección de Participantes

La selección de los participantes en este estudio se realizó de manera práctica, tomando en cuenta la disponibilidad y accesibilidad de un grupo específico de estudiantes de la Universidad Politécnica de Valencia, ubicada en Valencia, España. La recogida de datos se llevó a cabo con estudiantes del Máster en Transporte, Territorio y Urbanismo, en particular aquellos que cursaban la asignatura de Modelización del Transporte durante el año académico 2022-2023. Estos estudiantes fueron invitados a participar en el estudio de manera voluntaria, contribuyendo así a la recolección de datos necesarios para el análisis de la movilidad en un contexto urbano

Finalmente, 15 estudiantes aceptaron participar y completaron sus diarios de viaje durante un periodo de 7 días. En estos diarios, los participantes registraron información detallada sobre sus desplazamientos diarios, lo que proporcionó una valiosa fuente de datos para el análisis de la movilidad urbana y la comparación con datos generados por herramientas digitales como el historial de ubicaciones de Google. La participación fue esencial para el desarrollo del estudio, aunque no hubo un proceso de selección riguroso más allá de la invitación y aceptación voluntaria de los estudiantes.

4.2.2 Procedimiento de Recolección de Datos

El estudio se llevó a cabo durante un período específico que abarcó desde el 24 de octubre hasta el 30 de octubre de 2022.

4.2.2.1 *Diario de Viajes*

Para llevar a cabo este estudio, se utilizó un diario de viaje que los participantes completaron durante el período del estudio (7 días). Este diario fue cuidadosamente diseñado para recopilar información detallada sobre cada uno de los desplazamientos realizados por los estudiantes, asegurando que se capturaran diversos aspectos de sus experiencias de movilidad. La finalidad era obtener un panorama completo de los hábitos de transporte, las motivaciones detrás de cada desplazamiento y las emociones experimentadas durante los viajes. A través de este enfoque, se buscaba no solo identificar patrones de comportamiento, sino también comprender cómo las diferentes variables, como el tipo de transporte y el propósito del viaje, influyen en la experiencia general de movilidad. A continuación, se describen los elementos clave que los participantes debían registrar en sus diarios de viaje, proporcionando así una base sólida para un análisis exhaustivo y significativo.

- A. **Día y Fecha del Viaje:** Los participantes debían anotar la fecha en que realizaron cada viaje, lo que permitió un seguimiento cronológico de sus desplazamientos a lo largo de la semana.
- B. **Número de Viaje:** Cada desplazamiento realizado en un día se registró con un número secuencial para facilitar la identificación y organización de los datos.
- C. **Lugar de Origen y Destino:** Se pidió a los participantes que indicaran el punto de inicio y el punto final de cada viaje utilizando términos generales como "Casa," "Trabajo," "Mercadona," etc., sin requerir direcciones exactas. Esta información fue utilizada para establecer una base geográfica simplificada para el análisis de las rutas recorridas.
- D. **Motivo del Viaje:** Se ofrecieron varias opciones para que los participantes indicaran el motivo de cada desplazamiento, que incluían:
 - 1. Estudio
 - 2. Trabajo
 - 3. Compras
 - 4. Ocio/Deporte
 - 5. Gestiones
 - 6. Salud/Cuidados
 - 7. Otro (indicar).
- E. **Hora de Inicio y Fin del Viaje:** Los participantes registraron la hora exacta de inicio y finalización de cada viaje, lo que permitió calcular la duración de los desplazamientos.

F. **Modo de Transporte:** Los participantes debían seleccionar el medio de transporte utilizado en cada viaje, con opciones que incluían:

- 1. A pie
- 2. Autobús
- 3. Metro
- 4. Tranvía
- 5. Patinete
- 6. Bicicleta propia
- 7. Valenbisi (servicio de bicicletas compartidas)
- 8. Coche
- 9. Moto propia
- 10. Moto sharing
- 11. Tren
- 12. Taxi, VTC
- 13. Otro (indicar).

G. **Acompañantes:** Los participantes también indicaron con quién realizaron cada viaje, seleccionando entre las siguientes opciones:

- 1. Solo/a
- 2. Con amigos/as
- 3. Con familiares
- 4. Con compañeros/as
- 5. Con mi pareja
- 6. Otros.

H. **Grado de Satisfacción:** Para evaluar la experiencia de cada viaje, los participantes calificaron varios aspectos en una escala del 1 al 5, donde 1 era "nada satisfecho" y 5 "totalmente satisfecho". Los ítems evaluados fueron:

- Felicidad
- Estrés
- Tranquilidad
- Preocupación
- Enfado
- Ansiedad

ID		DIARIO DE VIAJES						DÍA:		
Nº DE VIAJE	LUGAR DE ORIGEN	LUGAR DE DESTINO	MOTIVO DEL VIAJE	HORA INICIO	HORA FIN	MODO DE TRANSPORTE	ACOMPAÑANTES	SATISFACCIÓN	CÓMO TE SENTISTE DURANTE EL VIAJE	
			1. Estudios 2. Trabajo 3. Compras 4. Ocio, deporte 5. Gestiones 6. Salud, cuidados 7. Otro (indicar)			1. A pie 2. Autobús 3. Metro 4. Tranvía 5. Patinete 6. Bicicleta propia 7. Valenbisi	8. Coche 9. Moto propia 10. Moto sharing 11. Tren 12. Taxi, VTC 13. Otro (indicar)	1. Solo/a 2. Con amigos/as 3. Con familiares 4. Con compañeros/as 5. Con mi pareja 6. Otros	Indica del 1 al 5 tu grado de satisfacción con el viaje. Desde 1 (nada satisfecho) a 5 (totalmente satisfecho)	Indica del 1 al 5 cómo te sentiste durante el viaje
									FELIZ ESTRESADO/A TRANQUILO/A PREOCUPADO/A ENFADADO/A CON ANSIEDAD	
									FELIZ ESTRESADO/A TRANQUILO/A PREOCUPADO/A ENFADADO/A CON ANSIEDAD	
									FELIZ ESTRESADO/A TRANQUILO/A PREOCUPADO/A ENFADADO/A CON ANSIEDAD	

Figura 5 Diario de Viaje.

El diario de viaje no solo permitió capturar datos precisos sobre la movilidad de los participantes, sino que también proporcionó una valiosa perspectiva subjetiva sobre sus experiencias y percepciones durante los desplazamientos. Esta combinación de datos objetivos y subjetivos fue crucial para identificar patrones de comportamiento, evaluar la satisfacción con la infraestructura de transporte y detectar áreas con potencial para mejoras. Además, esta información fue fundamental para fundamentar propuestas de optimización en la planificación urbana, orientadas a crear un entorno más eficiente y alineado con las necesidades reales de los usuarios.

Para llevar a cabo este estudio, se priorizó la privacidad de los participantes, asegurando que los datos recolectados no comprometieran la identidad de los individuos y cumplieran con los derechos de privacidad. Se implementó un algoritmo simple para generar un identificador único para cada participante, evitando así el uso de información personal directa. Este proceso consistía en que cada persona eligiera un número favorito entre 1 y 9, luego multiplicara las tres últimas cifras de su DNI por ese número, y finalmente añadiera las iniciales de su mejor amigo.

Este enfoque no solo protegía la identidad de los participantes, sino que también garantizaba la privacidad de sus orígenes y destinos de viaje, aspectos sensibles que podrían preocuparles. Al mantener esta información anónima, se redujeron los riesgos asociados con la exposición de detalles personales y se fomentó la participación en el estudio sin temor a que su privacidad se viera comprometida. Esto no solo creó un ambiente de confianza, sino que también cumplió con las normativas legales de protección de datos, permitiendo que el estudio se realizara de manera ética y segura.

4.2.2.2 Datos de Google

Para recolectar los datos de movilidad de los participantes, es necesario que, el mismo día en que se les entrega y explica el diario de viaje, activen la función de Cronología en Google Maps en sus



dispositivos. Esta función es crucial, ya que permite a Google rastrear y registrar los lugares visitados y las rutas recorridas, recopilando toda la información necesaria para el estudio. Sin activar la Cronología, Google no podrá capturar los datos de ubicación que se utilizarán en el análisis de movilidad. Por ello, es fundamental que los participantes sigan cuidadosamente los pasos para habilitar esta función, asegurándose de que su dispositivo esté configurado correctamente para permitir el acceso a la ubicación desde ese momento en adelante. Este proceso garantizará que todos los desplazamientos realizados durante el período de estudio queden debidamente registrados.

Pasos para activar la Cronología, recomendados por Google:

- A. Inicia sesión en tu cuenta de Google: Abre tu navegador y asegúrate de estar conectado a tu cuenta de Google.
- B. Accede a Google Maps: Una vez que estés en Google Maps, haz clic en el icono de tu perfil en la esquina superior derecha y selecciona "Tu cronología" en el menú desplegable.
- C. Activa el Historial de Ubicaciones: Si el Historial de Ubicaciones no está activado, Google te pedirá que lo habilites. Esta función es esencial para que Google pueda comenzar a capturar y registrar tus viajes diarios. Sigue las indicaciones en pantalla para activar el Historial de Ubicaciones.
- D. Configura tu dispositivo móvil:
 - En un dispositivo Android, asegúrate de que la ubicación esté activada en Configuración > Ubicación. Además, verifica que Google Maps tenga permisos para acceder a tu ubicación en tiempo real.
 - En un dispositivo iOS, ve a Configuración > Privacidad > Servicios de Localización y asegúrate de que Google Maps tenga permiso para acceder a tu ubicación.

Cuando se termine el período del estudio, se debe proceder con la recolección de la información obtenida por Google Maps siguiendo los pasos recomendados por Google para garantizar que todos los datos relevantes sean capturados y exportados correctamente:

- A. Acceder a la Cronología de Google Maps:
 - Dirígete a la página de Google Maps y asegúrate de iniciar sesión con la cuenta de Google en la que se haya activado la Cronología.
 - Una vez en la página, en el menú lateral (ubicado en la parte superior izquierda), selecciona "Tu Cronología". Esto te llevará a una vista detallada de los lugares visitados y las rutas recorridas.



B. Exportar los Datos:

- Dentro de la página de Cronología, busca el ícono de engranaje o las opciones de configuración. Selecciona "Exportar datos" o "Configurar exportación".
- Google te redirigirá a su herramienta Google Takeout, que permite la exportación de datos personales en varios formatos, incluido JSON.

C. Configurar Google Takeout:

- Accede a Google Takeout.
- En la lista de servicios que se pueden exportar, desmarca todas las opciones excepto "Cronología de ubicaciones".
- Asegúrate de seleccionar JSON como el formato de exportación.
- Configura el intervalo de fechas para la exportación según el período del estudio.
- Haz clic en "Siguiente" para configurar las opciones de archivo (como la frecuencia, el tipo de archivo y el tamaño).
- Finalmente, selecciona "Crear archivo". La creación del archivo puede tardar un tiempo, dependiendo del volumen de datos.

D. Descargar el Archivo JSON:

- Google enviará un correo electrónico cuando el archivo esté listo para ser descargado.
- Una vez descargado, descomprime el archivo ZIP. Este contendrá los datos de la Cronología en formato JSON, incluyendo detalles como ubicaciones visitadas, fechas, horas, y las rutas tomadas.

Al finalizar el proceso de recolección de datos y obtener el archivo JSON desde Google Takeout, se solicita a los participantes que renombren el archivo con el mismo identificador que se les asignó anteriormente en el estudio. Este ID fue creado a partir de un algoritmo simple basado en un número favorito, las últimas cifras de su DNI, y las iniciales de su mejor amigo.

El cambio de nombre del archivo JSON con este ID es crucial para mantener la privacidad y anonimato de los participantes, asegurando que sus datos personales no sean directamente vinculables a su identidad. Además, este proceso facilita la organización y análisis de los datos, permitiendo a los investigadores realizar comparaciones y análisis sin comprometer la confidencialidad de los participantes.

Este enfoque refuerza el compromiso del estudio con la protección de la privacidad mientras se garantiza la integridad y utilidad de los datos recopilados.

4.3 Limpieza y Validación de Datos

4.3.1 Procesamiento de Datos de los Diarios de Viaje

Durante la fase de procesamiento de los datos, se solicitó a los participantes que ingresaran la información de sus diarios de viaje en un archivo en formato XLSX. Este formato estructurado facilitó la transferencia de los datos de los viajes a las celdas correspondientes, permitiendo así una organización cronológica y coherente de la información.

Además de esta organización, los participantes también fueron instruidos para correlacionar los viajes registrados manualmente en sus diarios con aquellos observados y registrados automáticamente en sus dispositivos a través de Google Maps. Este proceso no solo ayuda a validar los datos capturados, sino que también permite una comparación directa entre la percepción subjetiva de los participantes y la información objetiva recopilada por el sistema de ubicación.

Este procesamiento permite no solo un análisis detallado de cada viaje en términos de tiempo y distancia, sino también una comprensión más profunda de las percepciones de los participantes respecto a su experiencia de movilidad. Los cálculos realizados facilitan la identificación de patrones de viaje, así como posibles inconsistencias o errores en la recolección de datos, lo que constituye un paso crucial para la validación de la información antes de proceder a su análisis final.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1			DIARIO DE VIAJES												
2			Si hay transbordo, añade la letra T	(min)	(código)	(código)	(código)	(1 al 5)	(1 al 5)	(1 al 5)	(1 al 5)	(1 al 5)	(1 al 5)	(1 al 5)	(1 al 5)
3	ID	FECHA	VIAJE N°	DURACIÓN	MODO	MOTIVO	ACOMPANANTES	SATISFACCIÓN	FELIZ	ESTRESADO/A	TRANQUILO/A	PREOCUPADO/A	ENFADADO/A	CON ASIEDADO/A	El viaje fue como esperaba
4	1183AMG	24-10-2022	1	17	1	1	1	4	3	3	4	3	1	2	4
5	1183AMG	24-10-2022	2	10	7	7	1	4	3	3	4	3	1	2	5
6	1183AMG	24-10-2022	3	10	7	1	1	4	3	3	4	3	1	2	4
7	1183AMG	24-10-2022	4	9	1	3	4	5	5	4	5	4	1	1	5
8	1183AMG	24-10-2022	5	7	1	7	1	5	5	4	5	4	1	1	5
9	1183AMG	25-10-2022	6	10	7	1	1	4	4	4	5	4	1	1	5
10	1183AMG	25-10-2022	7	15	1	7	1	5	5	4	5	4	1	1	5
11	1183AMG	26-10-2022	8	11	7	1	1	5	5	4	5	4	1	1	5
12	1183AMG	26-10-2022	9	17	1	7	4	5	5	4	5	4	1	1	5
13	1183AMG	27-10-2022	10	20	1	1	1	5	5	4	5	4	1	1	5
14	1183AMG	27-10-2022	11	11	7	7	1	5	5	4	5	4	1	1	5
15	1183AMG	27-10-2022	12	11	7	1	1	5	5	4	5	4	1	1	5
16	1183AMG	27-10-2022	13	30	1	7	4	5	5	4	5	4	1	1	5
17	1183AMG	28-10-2022	14	20	7	4	2	5	5	1	5	1	1	1	5
18	1183AMG	29-10-2022	15	8	1	4	2	5	5	1	5	1	1	1	5
19	1183AMG	29-10-2022	16	15	1	4	2	5	5	1	5	1	1	1	5
20	1183AMG	29-10-2022	17	30	1	7	5	5	5	1	5	1	1	1	5
21	1183AMG	29-10-2022	18	10	1	3	5	5	5	1	5	1	1	1	5
22	1183AMG	29-10-2022	19	2	1	3	5	5	5	1	5	1	1	1	5
23	1183AMG	29-10-2022	20	10	7	7	5	5	5	1	5	1	1	1	5
24	1183AMG	29-10-2022	21	2	1	3	5	5	5	1	5	1	1	1	5
25	1183AMG	29-10-2022	22	5	1	7	5	5	5	1	5	1	1	1	5
26	1183AMG	29-10-2022	23	10	1	4	5	5	5	1	5	1	1	1	5

Figura 6 Formato de Base de Datos de Diario de Viajes.

CRONOLOGÍA DE GOOGLE MAPS						
(min)	(código)	(Sí/No)	(Sí/No)	(Sí/No)	Diferencia de tiempos	
DURACIÓN	MODO	MODO DECTADO	ORIGEN DETECTADO	DESTINO DETECTADO	DURACIÓN MAPS - DURACIÓN DIARIO	COMENTARIOS
20	7	si	si	si	10	
26	no	no	si	si	1	
13	no	no	si	si	-17	
7	1	si	si	si	-21	
30	no	no	si	si	-3	
22	1	si	si	si	-8	
28	1	si	si	si	3	

Figura 7 Formato de planilla para relacionar viajes por usuario.

4.3.2 Procesamiento de Datos del Historial de Ubicaciones de Google

Para el procesamiento de los datos del historial de ubicaciones de Google, se desarrolló un software llamado *jsontoxlsx*. Este software fue diseñado específicamente para convertir los datos en formato Semantic Location History proporcionados por Google en un archivo Excel (xlsx), que contiene toda la información necesaria para el análisis de los patrones de movilidad.

jsontoxlsx toma como entrada un archivo JSON exportado desde Google Takeout y lo procesa para extraer la información relevante de los viajes. Los datos resultantes se organizan en un archivo Excel, con las siguientes columnas:

- **Archivo origen:** Nombre del archivo JSON original.
- **ID del viaje:** Un identificador único para cada viaje registrado.
- **Número de punto del viaje ID:** Un identificador para cada punto dentro del viaje.
- **Latitud y Longitud:** Coordenadas geográficas de cada punto registrado.
- **Estado del punto registrado:** Indica si el punto es el origen, parte de la ruta, o el destino.
- **Fecha inicio y Hora inicio:** Fecha y hora de inicio del viaje en ese punto.
- **Fecha fin y Hora fin:** Fecha y hora de finalización del viaje en ese punto.
- **Duración en segundos:** Tiempo total del viaje en segundos.
- **Distancia (origen-destino) en metros:** Distancia total recorrida entre el origen y el destino.
- **Modo de transporte:** Modo de transporte detectado (p. ej., a pie, en coche, en autobús).
- **Confianza del modo de viaje obtenido:** Nivel de certeza de la clasificación del modo de transporte.
- **Distancia de la ruta:** Distancia recorrida entre los puntos de la ruta.

El principal objetivo de *jsontoxlsx* es transformar los datos en un formato que permita su visualización y análisis en herramientas como QGIS. Una vez exportados a CSV desde Excel, los datos pueden ser importados en QGIS para:

- Visualizar la posición de los puntos en un mapa.
- Crear representaciones gráficas de los viajes realizados.
- Analizar las rutas y modos de transporte utilizados.
- Marcar en el mapa las sensaciones reportadas durante los viajes y correlacionarlas con las infraestructuras y medios de transporte.

Este procedimiento es crucial para comparar los datos objetivos obtenidos de Google Maps con los datos subjetivos de los diarios de viaje, permitiendo así una evaluación integral de los patrones de movilidad y la identificación de áreas que requieren mejoras en la infraestructura urbana.

4.3.3 Métodos de Validación de Datos

En esta fase del estudio, la validación de los datos se lleva a cabo mediante un proceso detallado de equiparación de los viajes registrados en los diarios de viaje con los datos obtenidos a través del software *jsontoxlsx*. El software transforma los datos en formato JSON del historial de ubicaciones de Google en una planilla de Excel, facilitando así la comparación directa con los datos manualmente ingresados por los participantes.

Para validar estos datos, se realiza un "match" entre los viajes del diario y los datos procesados, analizando elementos clave como los tiempos de viaje, el modo de transporte y el origen y destino de cada trayecto. Una vez emparejados los viajes, se procede a ponderar cada ítem con el objetivo de evaluar el nivel de confianza en la coincidencia identificada. Este enfoque permite determinar si los datos capturados de forma automática son consistentes con la información registrada manualmente por los usuarios.

Para la ponderación de los datos se utilizan las entradas realizadas por los participantes, quienes relacionan sus viajes registrados en Google Maps con los viajes obtenidos a través del software *jsontoxlsx*. Este proceso implica verificar la coherencia entre los viajes ingresados manualmente en la cronología de Google Maps y los datos procesados por el software, centrándose en aspectos clave como la duración del viaje y el modo de transporte seleccionado por el usuario

En los casos donde no se observa correspondencia entre los datos manuales y los obtenidos automáticamente, no se logra un "match", lo que sugiere posibles discrepancias.

4.4 Metodología de Análisis

El análisis de los datos obtenidos tras la integración de los diarios de viaje y los registros del historial de ubicaciones de Google Maps se centró en estudiar las rutas realizadas por los participantes, junto

con un conjunto de variables relacionadas con la experiencia de viaje. El proceso de análisis se diseñó para identificar patrones y relaciones significativas que pudieran proporcionar información valiosa sobre la movilidad de los usuarios, considerando tanto los aspectos espaciales como los factores emocionales y sociales asociados a cada desplazamiento.

4.4.1 Técnicas de Análisis de Datos

Con los datos ya integrados y visualizados en QGIS, se emplearon diversas técnicas para analizar la información y extraer conclusiones relevantes. Se utilizó QGIS para realizar un análisis espacio-temporal detallado de las rutas, que incluyó la visualización de trayectorias tanto individuales como colectivas, la identificación de patrones de movilidad repetitivos, y el análisis de la dispersión espacial de los diferentes modos de transporte. Esto permitió la creación de mapas temáticos que mostraban la relación entre las variables del estudio, como el motivo del viaje, el modo de transporte, los acompañantes, y su distribución geográfica y temporal.

Para explorar las relaciones entre los diferentes motivos de viaje y los modos de transporte utilizados, se aplicó un análisis de correspondencias. Esta técnica permitió identificar asociaciones clave, como la preferencia por ciertos modos de transporte en función del motivo del viaje o la influencia de los acompañantes en la elección de la ruta. Además, se empleó el análisis de clústeres para agrupar las rutas en función de características similares, como la duración del viaje, el modo de transporte, y las sensaciones reportadas, tales como felicidad y estrés. Esta agrupación facilitó la identificación de patrones comunes en los viajes y permitió un análisis comparativo entre diferentes grupos de usuarios, revelando cómo ciertas características de la ruta influyen en la experiencia del viaje.

4.4.2 Análisis de Sensaciones Durante los Viajes

Para analizar la experiencia de los viajes desde una perspectiva espacial, se utilizó QGIS para mapear y visualizar las sensaciones reportadas por los participantes durante sus trayectos. A partir de los datos validados, se asignaron colores específicos a cada una de las sensaciones evaluadas, lo que permitió pintar el mapa de forma que se puedan identificar rápidamente las zonas que ofrecen mayor confianza, seguridad y beneficios al ser recorridas, así como aquellas que generan mayor estrés o incomodidad.

El proceso comenzó con la clasificación de los viajes según las sensaciones reportadas por los participantes en relación con su experiencia en cada trayecto. Estas sensaciones, ya descritas anteriormente, incluyen felicidad, estrés, tranquilidad, preocupación, enfado y ansiedad, y fueron calificadas en una escala del 1 al 5, donde 1 representa "nada satisfecho" y 5 "totalmente satisfecho". Utilizando estos datos, se creó una paleta de colores en QGIS, donde cada nivel de satisfacción se representaba con un color específico, facilitando así la visualización de las emociones experimentadas en distintas áreas geográficas.

Por ejemplo, las áreas donde los participantes reportaron niveles altos de felicidad y tranquilidad fueron coloreadas en tonos cálidos y agradables, como verdes y amarillos, que indicaban zonas con una percepción positiva. Por otro lado, las zonas donde predominaban sentimientos de estrés, preocupación, enfado o ansiedad se representaron con colores más oscuros o fríos, como rojos y azules, lo que señalaba áreas que podrían requerir intervenciones para mejorar la calidad de la movilidad y la experiencia del usuario.

Este enfoque permitió no solo una evaluación visual inmediata de las zonas con mejores condiciones de movilidad, sino también la identificación de áreas problemáticas que podrían estar relacionadas con factores como la falta de infraestructura adecuada, alta densidad de tráfico o inseguridad.

4.5 Resultados

Los resultados del análisis de los datos integrados revelan hallazgos clave en dos áreas principales: la comparación entre los datos obtenidos de los diarios de viaje y el historial de ubicaciones de Google, y la exploración de patrones de movilidad junto con las sensaciones reportadas por los participantes. Estos hallazgos proporcionan una visión detallada de cómo la combinación de estas fuentes de datos puede enriquecer nuestra comprensión de la movilidad urbana, ofreciendo información valiosa que puede ser utilizada para la planificación y mejora de las políticas de transporte.

4.5.1 Comparación de Datos: Diarios de Viaje vs Historial de ubicaciones de Google

En esta sección se detallan las gráficas y análisis comparativos que permiten evaluar la correspondencia entre los datos obtenidos de los diarios de viaje de los participantes y el historial de ubicaciones proporcionado por Google. El objetivo central es cuantificar y visualizar los aciertos porcentuales en la coincidencia de los viajes registrados en ambas fuentes, considerando tanto la realización efectiva del viaje como el modo de transporte utilizado.

Este análisis es fundamental para validar la efectividad de la integración de los dos conjuntos de datos, proporcionando un marco de referencia sólido sobre la fiabilidad y precisión de los registros automáticos de Google en comparación con la información auto declarada por los usuarios. Al examinar las tasas de coincidencia, se obtiene una medida clara de cuán alineados están los registros de movilidad derivados de estas dos metodologías distintas.

Adicionalmente, el análisis aborda las discrepancias observadas entre ambas fuentes de datos, ofreciendo una perspectiva detallada sobre los factores que podrían contribuir a estas diferencias. Las visualizaciones resultantes no solo muestran el porcentaje de coincidencias en los viajes, sino que también destacan la precisión en la identificación del modo de transporte utilizado. Esta evaluación comparativa es esencial para valorar la capacidad de cada fuente de datos para representar con exactitud la realidad de la movilidad urbana, así como para identificar posibles áreas de mejora en la recopilación y análisis de datos de movilidad.

En el estudio participaron 15 alumnos, quienes completaron sus diarios de viaje, rellenaron la información en Excel para facilitar los emparejamientos y proporcionaron el archivo obtenido de Google Maps. Sin embargo, desafortunadamente, los archivos entregados por 8 de los participantes no fueron los correctos, lo que impidió obtener sus rutas de manera adecuada. La información proporcionada no correspondía a las rutas de viaje, sino a otro tipo de datos que Google también genera cuando se realiza una solicitud.

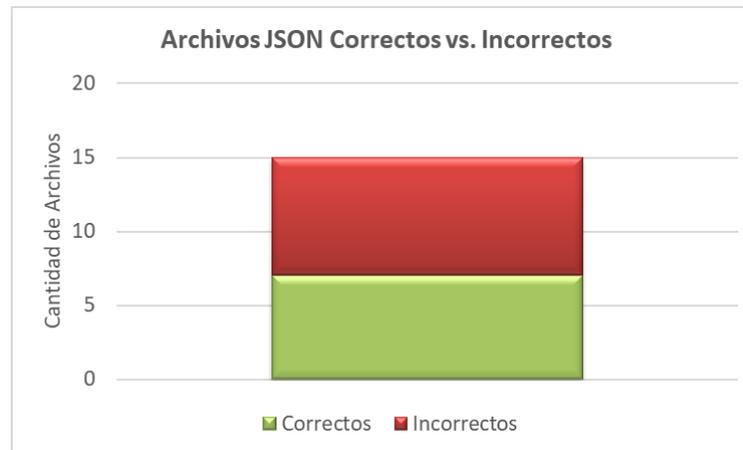


Figura 8 Comparación de la cantidad de archivos JSON correctos e incorrectos entregados por los participantes del estudio.

De los 7 archivos que fueron entregados correctamente para el proceso de análisis de integración, se identificaron un total de 199 viajes a partir de los diarios de viaje completados por los participantes. Paralelamente, los archivos JSON proporcionados por Google Maps contenían información sobre 186 viajes. Al comparar ambas fuentes de datos, se logró emparejar (realizar un "match") 122 viajes, lo que significa que estos viajes aparecían tanto en los diarios de los participantes como en los registros de Google. De esos 122 viajes coincidentes, 106 fueron clasificados por Google con el modo de transporte correcto, coincidiendo con la información proporcionada por los participantes en sus diarios de viaje.

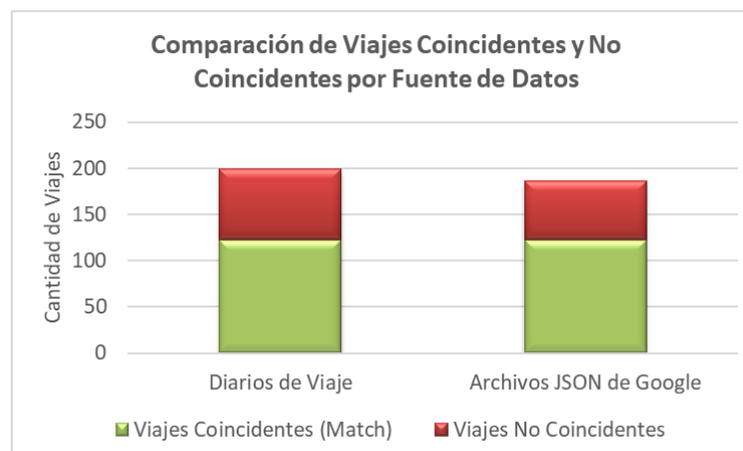


Figura 9 Distribución de viajes coincidentes y no coincidentes obtenidos de los diarios de viaje y los archivos JSON de Google.

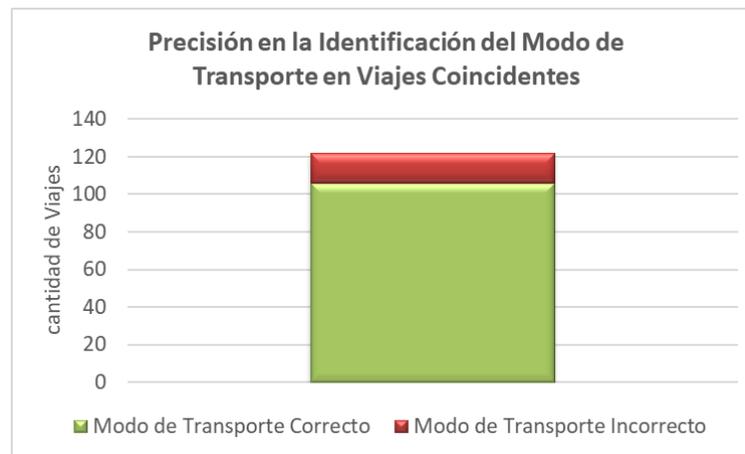


Figura 10 Proporción de viajes coincidentes con modo de transporte correctamente identificado por Google frente a aquellos con identificación incorrecta.

Este análisis revela que, aunque hubo una cantidad considerable de coincidencias entre los datos autodeclarados por los usuarios y los datos registrados automáticamente por Google, todavía existen discrepancias. Estas discrepancias pueden deberse a errores en la interpretación del modo de transporte por parte de Google o a la manera en que los usuarios completaron sus diarios de viaje. Además, se observó una variabilidad significativa en la efectividad del registro de información entre los participantes del estudio. Algunos lograron una alta precisión en el registro de sus datos, facilitando la comparación y el emparejamiento (match) entre los viajes reportados en los diarios de viaje y los registrados en los archivos JSON de Google. Sin embargo, otros participantes presentaron datos que, aunque estaban presentes, no coincidían adecuadamente o eran incompletos, lo que dificultó considerablemente la capacidad de realizar un emparejamiento preciso entre ambas fuentes de información.

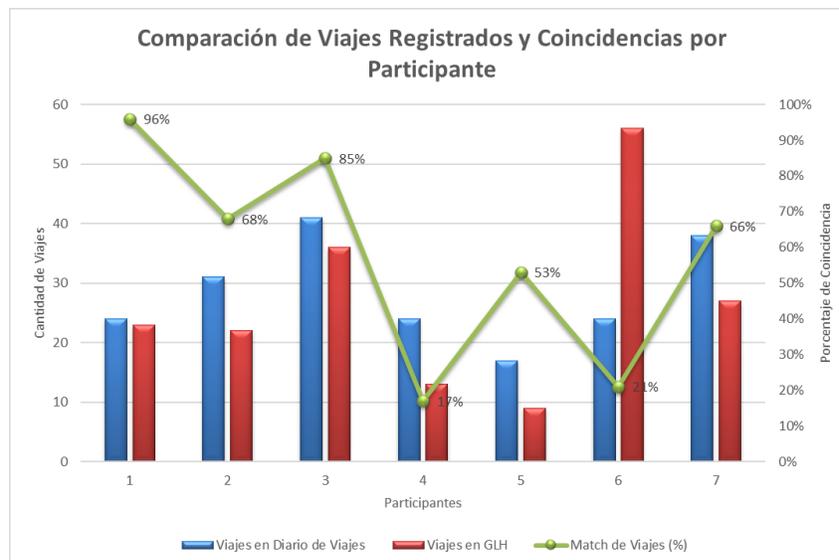


Figura 11 Comparación de la cantidad de viajes registrados en los diarios de viaje y en el historial de Google (GLH) por participante, junto con el porcentaje de coincidencia entre ambas fuentes de datos.

Esta disparidad en la calidad y consistencia de los datos recogidos presenta un desafío importante para el estudio, ya que la cantidad limitada de datos utilizables afecta la capacidad de obtener conclusiones sólidas y generalizables. La baja efectividad en algunos registros impide una integración completa y confiable de los datos de movilidad, lo que reduce la validez de los resultados y limita las recomendaciones que se pueden derivar del análisis.

4.5.2 Análisis de los Viajes Integrados

En total, se integraron 122 viajes, sobre los cuales se analizarán todas las características obtenidas de los diarios de viaje. Gracias a los datos del historial de ubicaciones de Google, será posible visualizar estos viajes en el mapa, permitiendo una representación geográfica detallada de cada desplazamiento.

En el análisis de los viajes integrados, se han representado los desplazamientos realizados por los participantes del estudio en un mapa detallado de la ciudad de Valencia. Esta representación cartográfica permite visualizar las rutas seguidas por cada individuo, ofreciendo una comprensión más profunda de los patrones de movilidad en la región. Al trazar los trayectos en el mapa, se observa la distribución de los desplazamientos a lo largo de la ciudad, identificando áreas con alta y baja densidad de tráfico, así como los puntos de origen y destino de cada viaje.

El uso del mapa de Valencia facilita la identificación de rutas comunes y las variaciones en los modos de transporte utilizados, lo que es fundamental para comprender las preferencias de los participantes en términos de movilidad urbana. Además, esta representación geográfica ayuda a resaltar las zonas frecuentemente transitadas, permitiendo un análisis más enfocado de las áreas que podrían beneficiarse de mejoras en infraestructura o en el servicio de transporte público.

4.5.2.1 Modos de Transporte

La Tabla 4 proporciona un resumen de la cantidad de viajes efectuados mediante distintos modos de transporte, destacando la distribución de desplazamientos entre las opciones disponibles para los usuarios. Se observa que la mayor parte de los viajes se realizó a pie, en Valenbisi o en tranvía, acumulando un 83% del total. Este dato refleja una fuerte preferencia de los usuarios por estas alternativas de transporte. La información recopilada permite una comprensión detallada de cómo se reparten los viajes entre las diversas opciones de movilidad accesibles en la zona.

Modo de Transporte	Cantidad de Viajes	Porcentaje Acumulado
A pie	64	52%
Valenbisi	24	72%
Tranvía	13	83%
Metro	8	89%
Autobús	5	93%

Tabla 4 Distribución de Viajes por Modo de Transporte y Porcentaje Acumulado.

Modo de Transporte	Cantidad de Viajes	Porcentaje Acumulado
Tren	4	97%
Coche	2	98%
Taxi	2	100%

Tabla 5 Distribución de Viajes por Modo de Transporte y Porcentaje Acumulado. (Continuación)

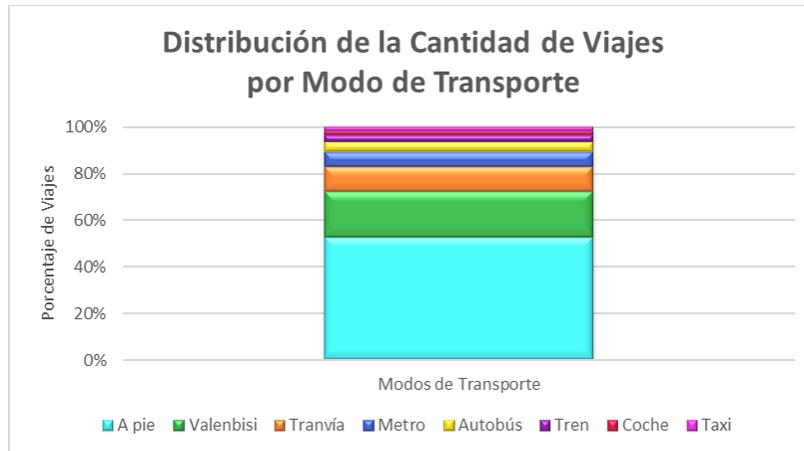


Figura 12 Distribución Proporcional de los Viajes por Modo de Transporte.

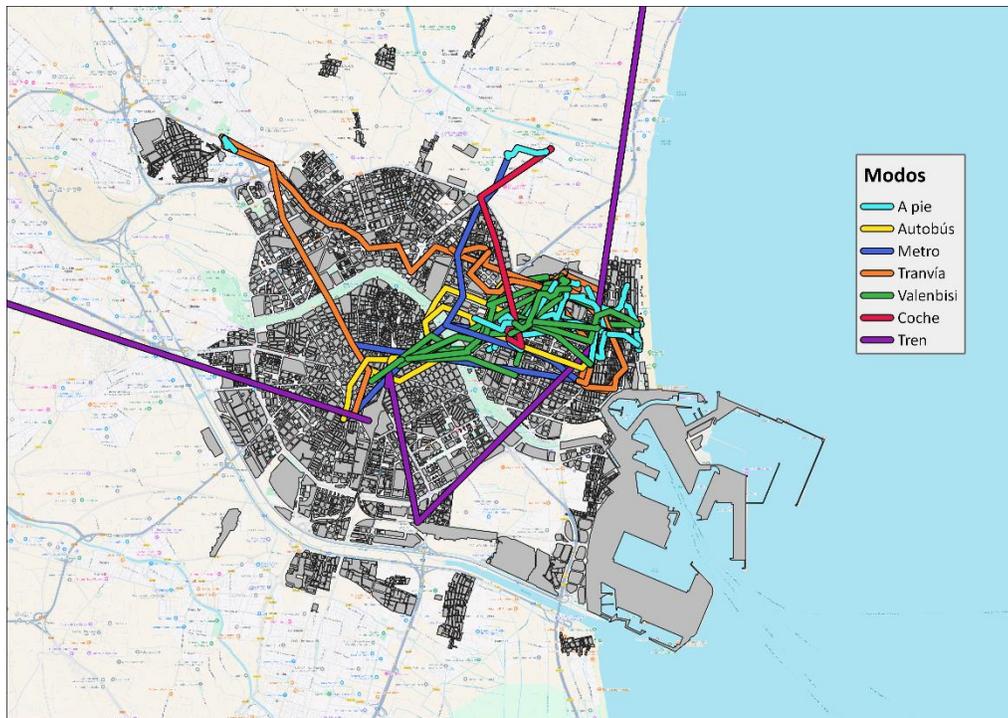


Figura 13 Representación de todas las rutas de viajes realizadas en Valencia, coloreadas según el modo de transporte utilizado por los participantes. 1:80.000

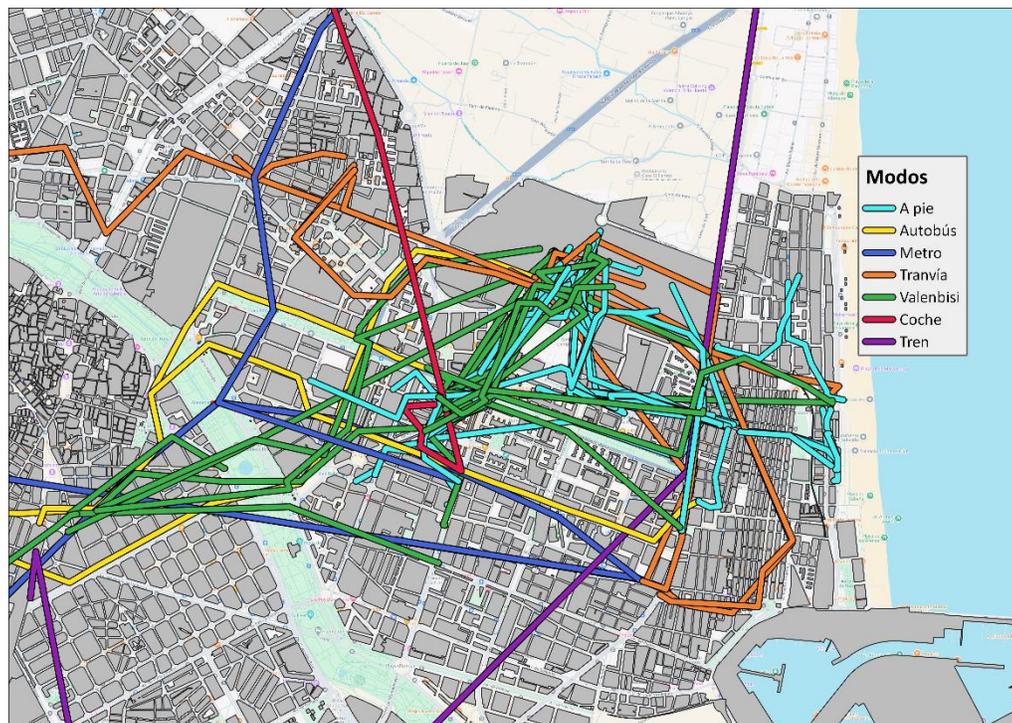


Figura 14 Representación de todas las rutas de viajes realizadas en Valencia, coloreadas según el modo de transporte utilizado por los participantes. 1:25.000

En el área de la Universidad Politécnica de Valencia (UPV), se registraron 51 viajes a pie, de los cuales 17 se concentraron en la Carrer de Ramon Llull, convirtiéndose en la calle más frecuentada por los peatones en esta zona. Esta vía destaca como un importante corredor peatonal, probablemente debido a su proximidad a servicios clave y su accesibilidad para los estudiantes y personal universitario que transitan por el área.

En cuanto al uso del sistema de bicicletas compartidas Valenbisi, se realizaron 21 viajes dentro del mismo sector. De estos, 17 viajes incluyeron la Carrer de Ramon Llull como parte de su recorrido, lo que subraya la relevancia de esta calle también para los ciclistas. Esta alta concentración de uso de bicicletas en la Carrer de Ramon Llull sugiere que es una ruta preferida no solo por peatones, sino también por ciclistas, consolidándose como un eje central para la movilidad no motorizada en el entorno de la UPV.

El uso frecuente de la Carrer de Ramon Llull en ambos modos de transporte (a pie y en bicicleta) podría estar relacionado con la conectividad que ofrece a otras áreas dentro y fuera del campus, así como con la infraestructura de transporte sostenible disponible en la zona. Además, este patrón de movilidad pone de relieve la importancia de la calle como un punto estratégico para el diseño de futuras mejoras en la infraestructura urbana, tanto para peatones como para ciclistas.

4.5.2.2 Motivo de Viaje

"Otro" es el motivo de viaje más frecuente, representando el 34% del total de los viajes, lo que refleja una amplia gama de razones no clasificadas dentro de los motivos estándar, como actividades que no se encuadran específicamente en ocio, deporte, estudios, compras, gestiones o trabajo. "Ocio, Deporte" sigue como el segundo motivo más común, abarcando el 37% de los viajes y elevando el porcentaje acumulado al 65%, lo que muestra una alta movilidad asociada a actividades recreativas o deportivas y a actividades de tiempo libre. "Estudios" ocupa el tercer lugar, con el 24% de los viajes restantes, alcanzando un porcentaje acumulado del 89%, indicando que un número significativo de desplazamientos está relacionado con actividades educativas, como asistir a clases, bibliotecas o universidades. En conjunto, los motivos de viaje restantes, como compras, gestiones y trabajo, representan un porcentaje bajo del total.

Motivo de Viaje	Cantidad de Viajes	Porcentaje Acumulado
Otro	42	34%
Ocio, Deporte	37	65%
Estudios	30	89%
Compras	8	96%
Gestiones	4	99%
Trabajo	1	100%

Tabla 6 Distribución de Viajes por Motivo y Porcentaje Acumulado.

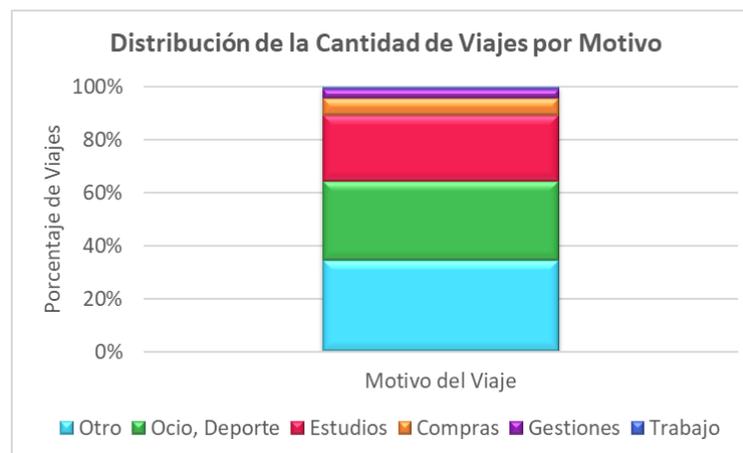


Figura 15 Distribución Proporcional de los Viajes por Motivo.

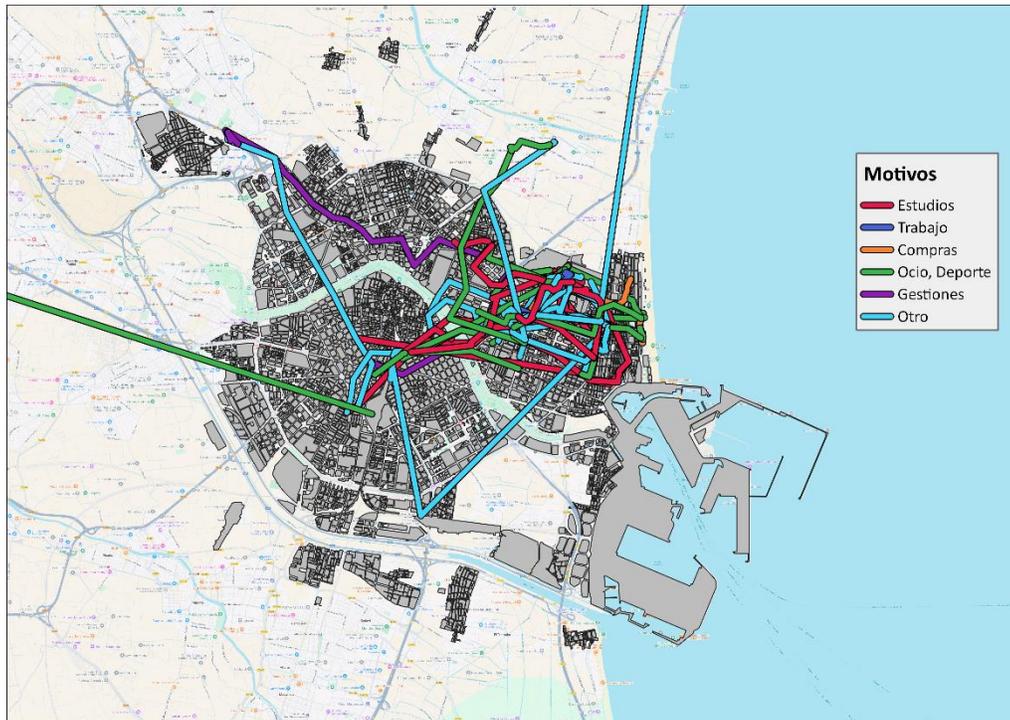


Figura 16 Representación de todas las rutas de viajes realizadas en Valencia, coloreadas según el motivo del viaje. 1:80.000

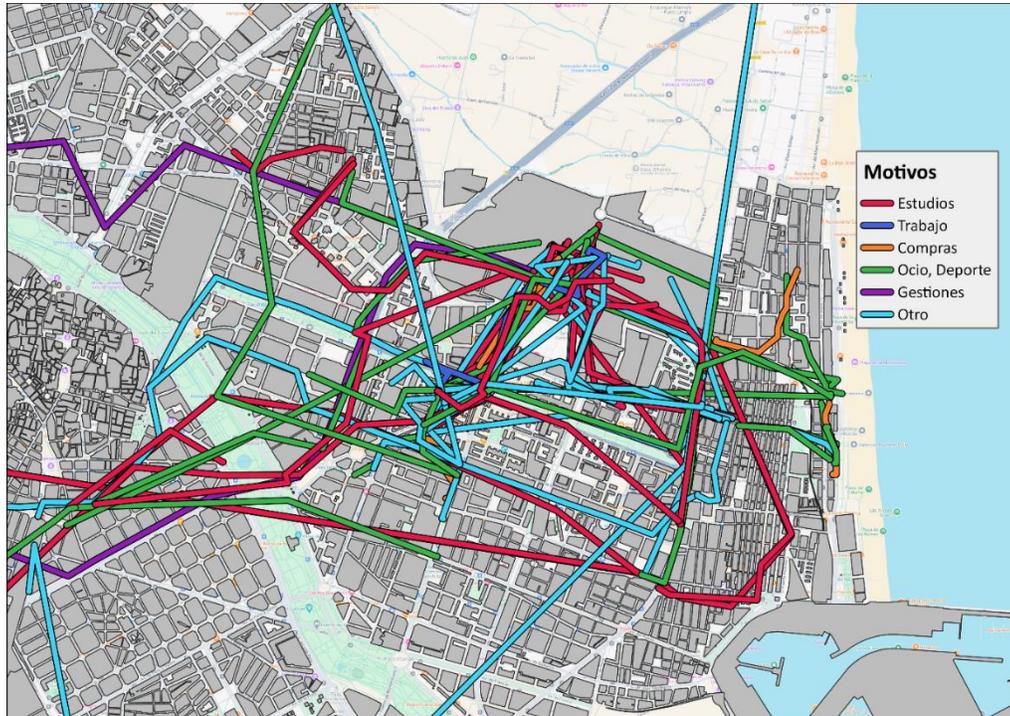


Figura 17 Representación de todas las rutas de viajes realizadas en Valencia, coloreadas según el motivo del viaje. 1:25.000

4.5.2.3 Acompañantes

En esta sección, se analizarán los viajes según los acompañantes para comprender mejor las dinámicas sociales de movilidad en la zona. La Tabla 7 ofrece una visión detallada de cómo se distribuyen los viajes dependiendo de si se realizan solo o en compañía de amigos, pareja, familiares, compañeros u otros acompañantes.

Acompañantes	Cantidad de Viajes	Porcentaje Acumulado
Con Amigos	46	38%
Solo	45	75%
Con mi Pareja	18	89%
Con Familiares	7	95%
Con Compañeros	5	99%
Otros	1	100%

Tabla 7 Distribución de Viajes por Acompañante y Porcentaje Acumulado.

Al analizar los datos, se evidencia que un 38% de los viajes se realizan en compañía de amigos, resaltando así el papel fundamental de las actividades sociales en los hábitos de movilidad. Los viajes realizados en solitario son igualmente notables, alcanzando un 37%, lo que refleja una inclinación considerable hacia los desplazamientos individuales, posiblemente vinculados a actividades personales o laborales.

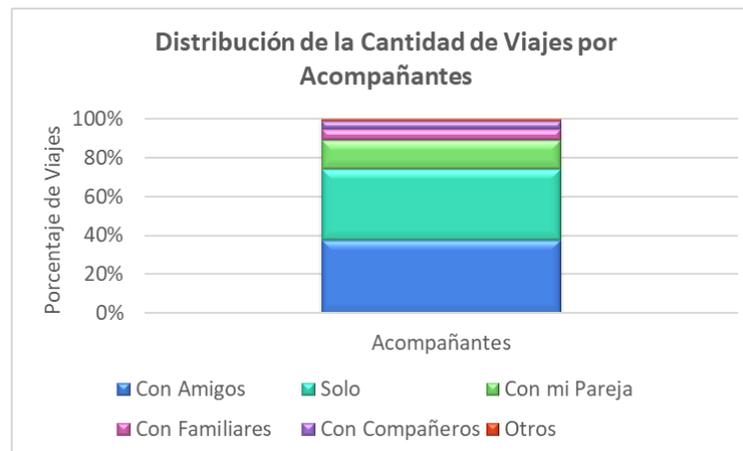


Figura 18 Distribución Proporcional de los Viajes por Acompañantes.

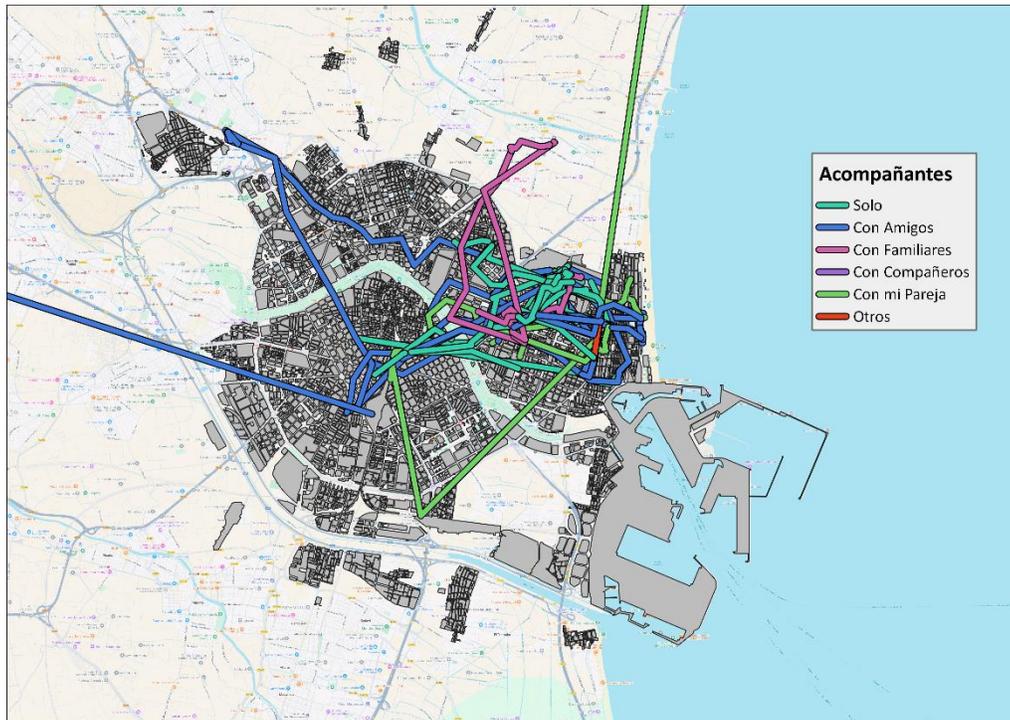


Figura 19 Representación de todas las rutas de viajes realizadas en Valencia, coloreadas según Acompañantes. 1:80.000

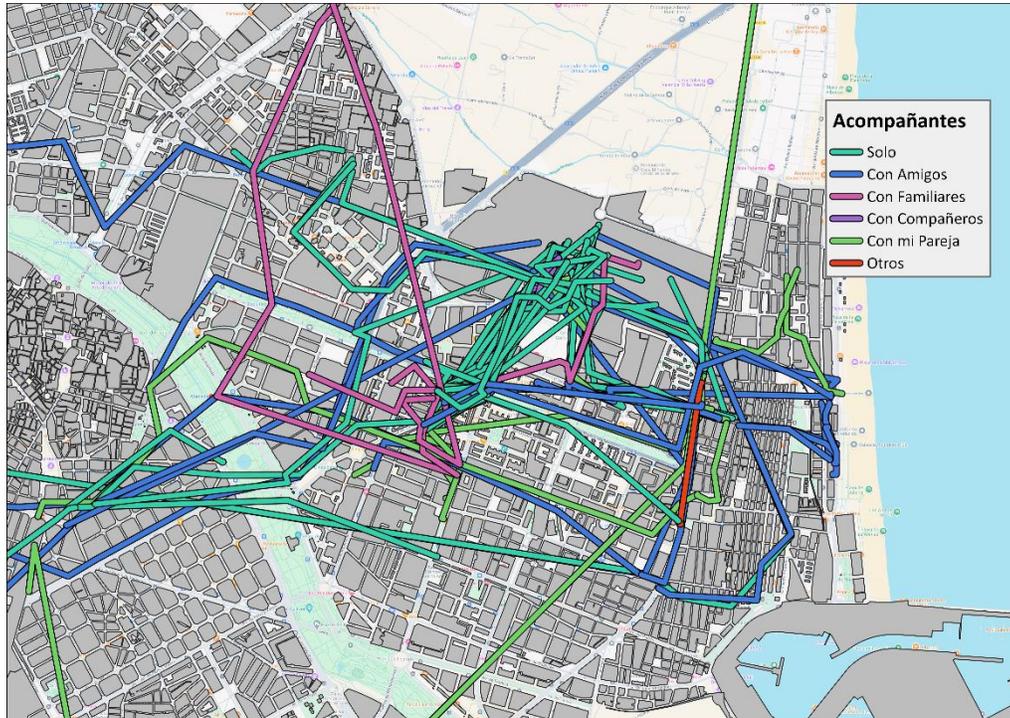


Figura 20 Representación de todas las rutas de viajes realizadas en Valencia, coloreadas según Acompañantes. 1:25.000

4.5.2.4 Enfoque del Análisis

Todo el análisis se centrará en analizar los viajes realizados a través de los tres modos de transporte más utilizados por los participantes del estudio: A pie, Valenbisi y Tranvía. Estos modos de transporte fueron los más frecuentemente seleccionados por los estudiantes de la Universidad Politècnica de Valencia, quienes constituyen la totalidad de los participantes del estudio. En total, se han registrado 101 viajes utilizando estos tres modos de transporte. Nuestro objetivo es analizar en detalle los viajes realizados en estos modos y examinar las sensaciones de satisfacción asociadas a cada uno, con el fin de identificar posibles patrones emocionales relacionados con el tipo de transporte utilizado.

El análisis se enfocará especialmente en el área circundante al campus de la Universidad Politècnica de Valencia, que representa tanto el punto de origen como el destino principal de la mayoría de los desplazamientos registrados. Dado el perfil de los participantes, la mayoría de los trayectos tienen como inicio o final esta zona. En la Figura 21 presentada, se puede observar que los desplazamientos en esta zona se concentran en tres modos de transporte principales: A pie, Valenbisi y Tranvía, los cuales representan el 83% de todos los viajes documentados en el estudio.

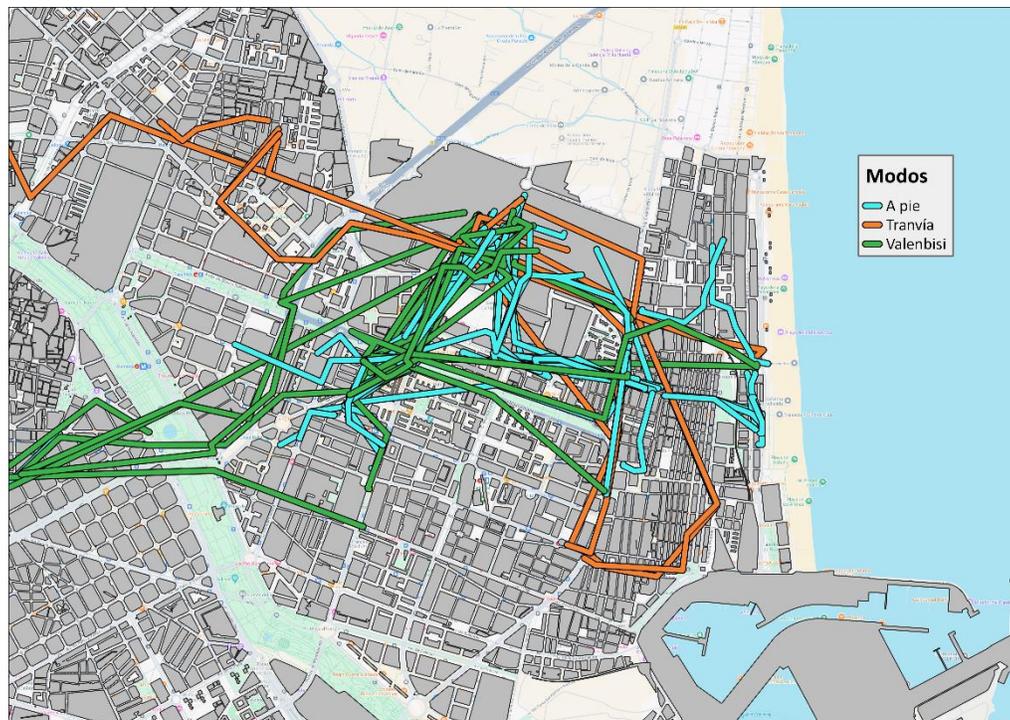


Figura 21 Representación de los viajes realizados en el área cercana a la Universidad Politècnica de Valencia, utilizando los tres modos de transporte preferidos por los participantes del estudio: A pie, Valenbisi y Tranvía.

4.5.3 Análisis de Sensaciones en los Modos más Utilizados

4.5.3.1 Felicidad

Entre los tres modos de transporte preferidos por los participantes del estudio, el tranvía es el que genera el nivel más bajo de felicidad, con un 67%. En contraste, el sistema de bicicletas compartidas Valenbisi muestra un nivel de felicidad del 83%, y el modo A Pie lidera con un 85% de felicidad.

Estos resultados sugieren que el uso del tranvía, aunque eficiente y utilizado por una parte significativa de la población, podría estar vinculado a factores que afectan negativamente la experiencia del viaje en comparación con otras opciones de movilidad. Las diferencias en el nivel de felicidad podrían estar relacionadas con la infraestructura que soporta cada modo de transporte, como la accesibilidad, la comodidad o el tiempo de espera en las estaciones.

Modo de Transporte	Porcentaje de Felicidad
A Pie	85%
Tranvía	67%
Valenbisi	83%

Tabla 8 Comparativa de Porcentaje de Felicidad por Modo de Transporte.

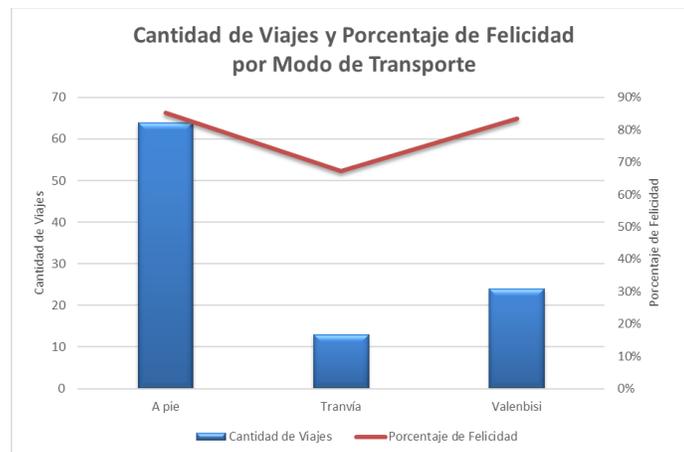


Figura 22 Gráfico Combinado de Número de Viajes y Porcentaje de Felicidad por Modo de Transporte.

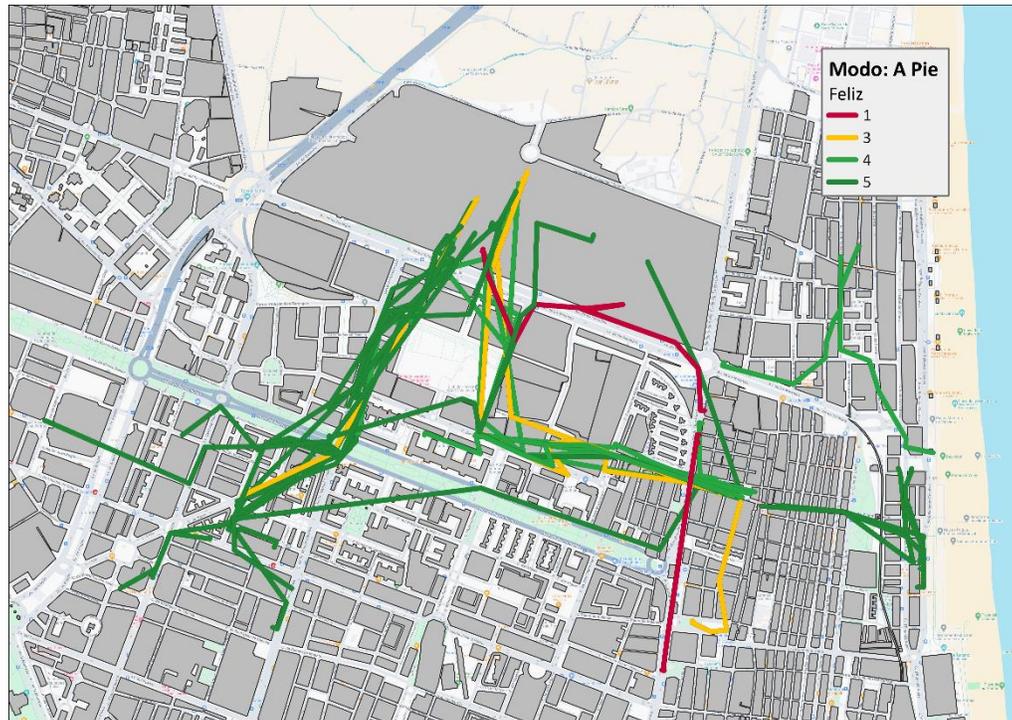


Figura 23 Representación de los Viajes a Pie con Colores que Representan los Niveles de Felicidad del Usuario. 1:15.000

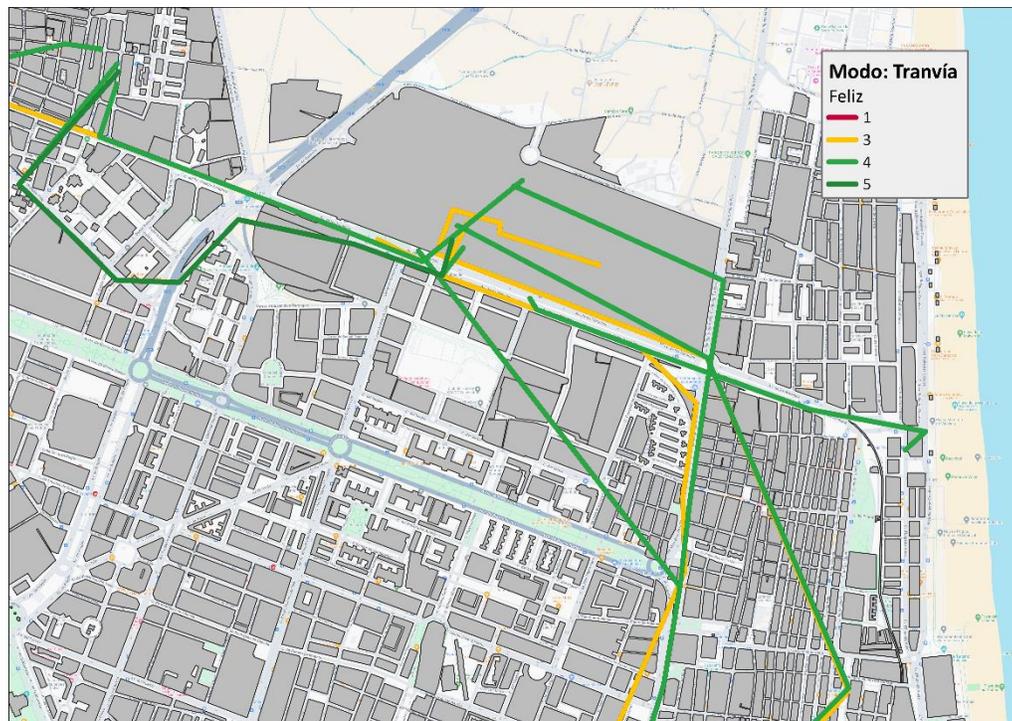


Figura 24 Representación de los Viajes en Tranvía con Colores que Representan los Niveles de Felicidad del Usuario. 1:15.000

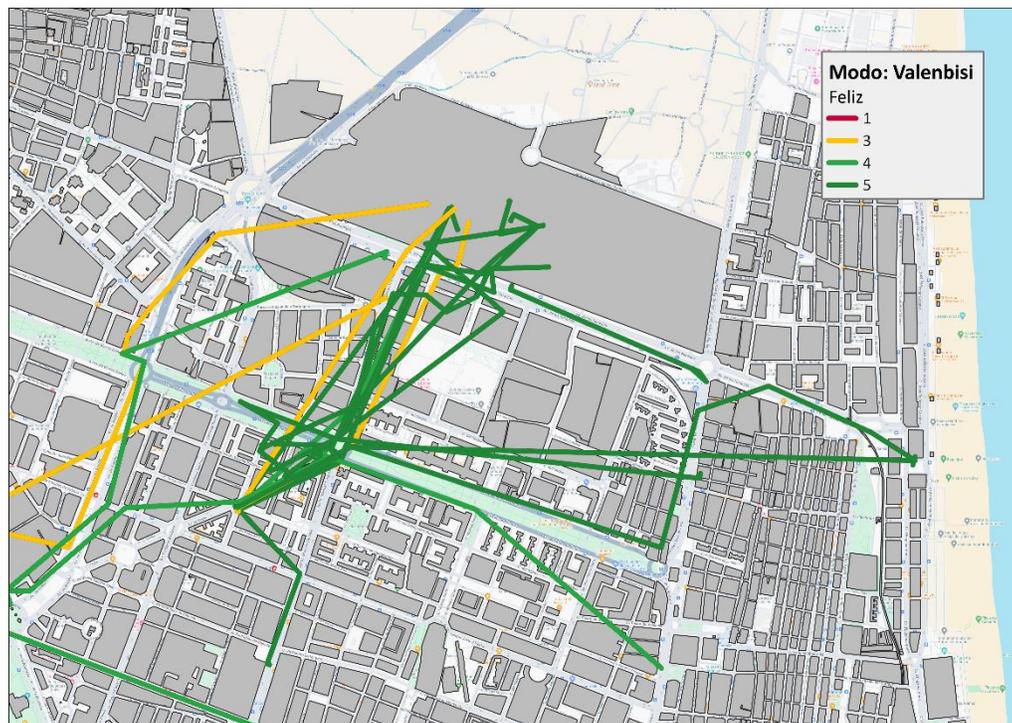


Figura 25 Representación de los Viajes en Valenbisi con Colores que Representan los Niveles de Felicidad del Usuario.
1:15.000

4.5.3.2 Estrés

Siguiendo la tendencia observada en los niveles de felicidad, el transporte a pie es el modo que genera menos estrés entre los usuarios, con un 13%. Esto está relacionado con la flexibilidad y autonomía que proporciona caminar, además de la ausencia de restricciones impuestas por la infraestructura o los horarios, lo que permite a los usuarios desplazarse a su propio ritmo y sin depender de factores externos.

Los niveles de estrés asociados al tranvía y a Valenbisi son muy similares, con un 21% y 20%, respectivamente. Esta cercanía en los porcentajes indica que, a pesar de ser modos de transporte diferentes, ambos generan una experiencia de estrés comparable para los usuarios.

En el caso del tranvía, es probable que el estrés esté relacionado con factores como los tiempos de espera, la congestión en horas punta y la falta de control sobre el entorno, ya que los usuarios dependen de la infraestructura fija y de los horarios del servicio. Además, la interacción con otros pasajeros y las posibles demoras podrían contribuir al aumento de la tensión percibida durante el viaje.

Por otro lado, el estrés generado al usar Valenbisi puede tener diferentes causas. Aunque este sistema de bicicletas compartidas ofrece mayor flexibilidad en cuanto a movilidad y autonomía, los usuarios enfrentan retos como la circulación en vías compartidas con vehículos, la necesidad de estar

constantemente alerta por razones de seguridad y el seguimiento de las normas de tráfico. Estos factores, combinados con la posible preocupación por la disponibilidad de bicicletas o estaciones de anclaje, también pueden contribuir a que el estrés en Valenbisi sea comparable al del tranvía, a pesar de las diferencias en la forma en que se utilizan estos modos de transporte.

Modo de Transporte	Porcentaje de Estrés
A Pie	13%
Tranvía	21%
Valenbisi	20%

Tabla 9 Comparativa de Porcentaje de Estrés por Modo de Transporte.

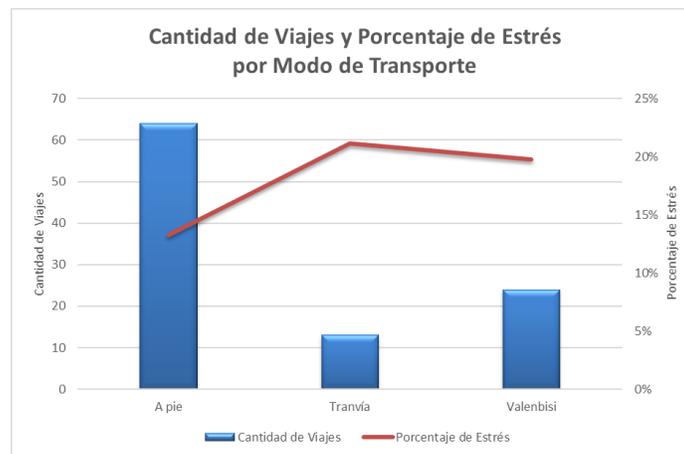


Figura 26 Gráfico Combinado de Número de Viajes y Porcentaje de Estrés por Modo de Transporte.

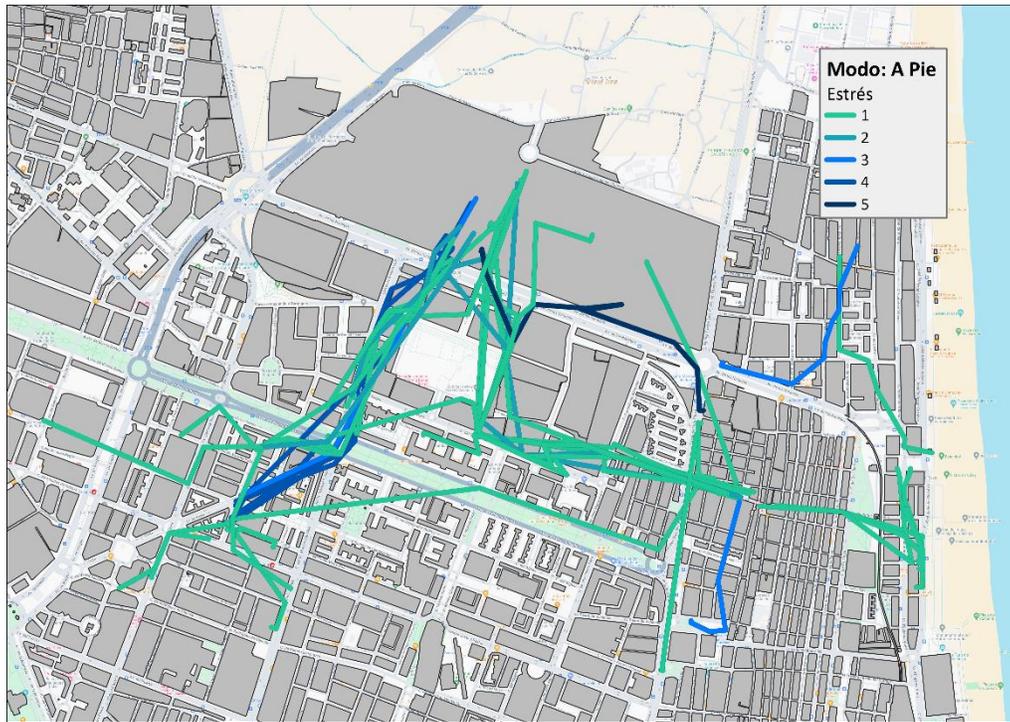


Figura 27 Representación de los Viajes a Pie con Colores que Representan los Niveles de Estrés del Usuario. 1:15.000

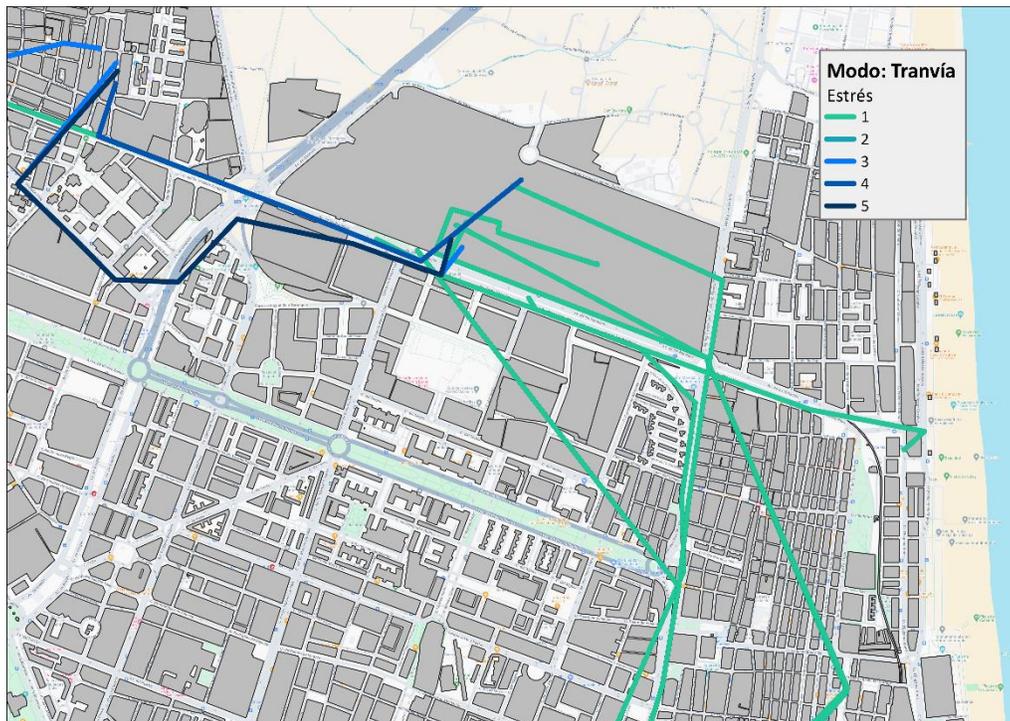


Figura 28 Representación de los Viajes en Tranvía con Colores que Representan los Niveles de Estrés del Usuario. 1:15.000

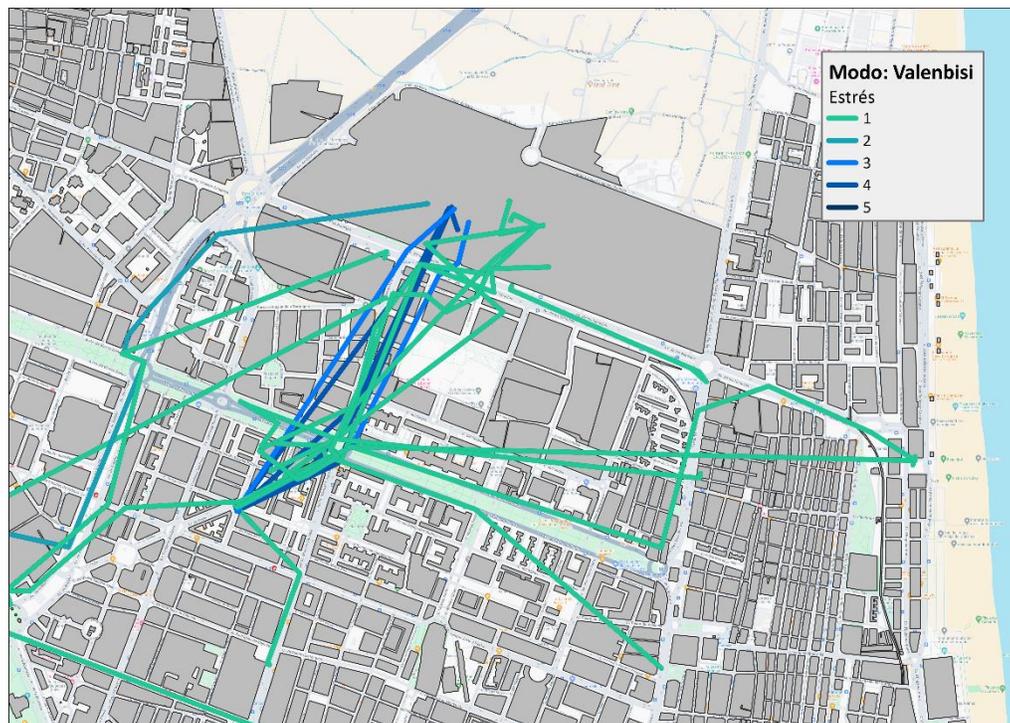


Figura 29 Representación de los Viajes en Valenbisi con Colores que Representan los Niveles de Estrés del Usuario. 1:15.000

4.5.3.3 Tranquilidad

Al medir la sensación de tranquilidad durante el viaje, los modos a pie y Valenbisi presentan valores muy cercanos, con un 86% y un 82%, respectivamente. En contraste, el tranvía se sitúa 20 puntos porcentuales por debajo en cuanto a tranquilidad, lo que representa la sensación medida que mayor diferencia tiene entre los modos de transporte evaluados.

Esta variación significativa puede deberse a que el tranvía es un medio de transporte masivo y compartido, donde los usuarios están expuestos a aglomeraciones y tienen menos control sobre su entorno, lo que disminuye la sensación de tranquilidad. Por el contrario, tanto caminar como usar Valenbisi ofrecen una experiencia más individualizada, sin la presencia de multitudes, lo que probablemente contribuye a que los usuarios se sientan más tranquilos. Esta diferencia estructural entre los modos de transporte puede explicar por qué el tranvía genera un nivel de tranquilidad notablemente inferior.

Modo de Transporte	Porcentaje de Tranquilidad
A Pie	86%
Tranvía	62%
Valenbisi	82%

Tabla 10 Comparativa de Porcentaje de Tranquilidad por Modo de Transporte.

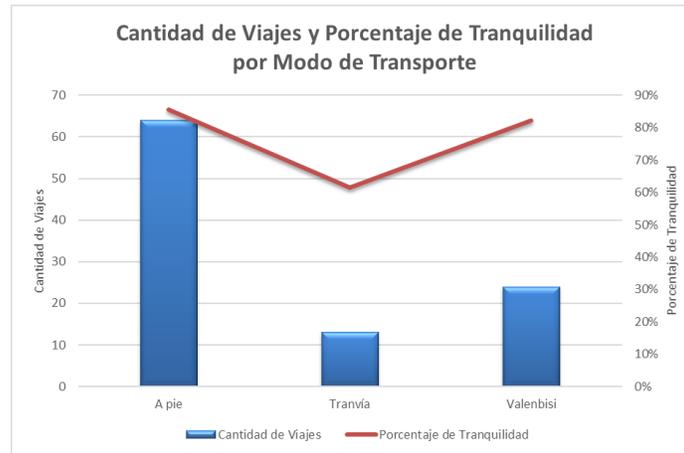


Figura 30 Gráfico Combinado de Número de Viajes y Porcentaje de Tranquilidad por Modo de Transporte.

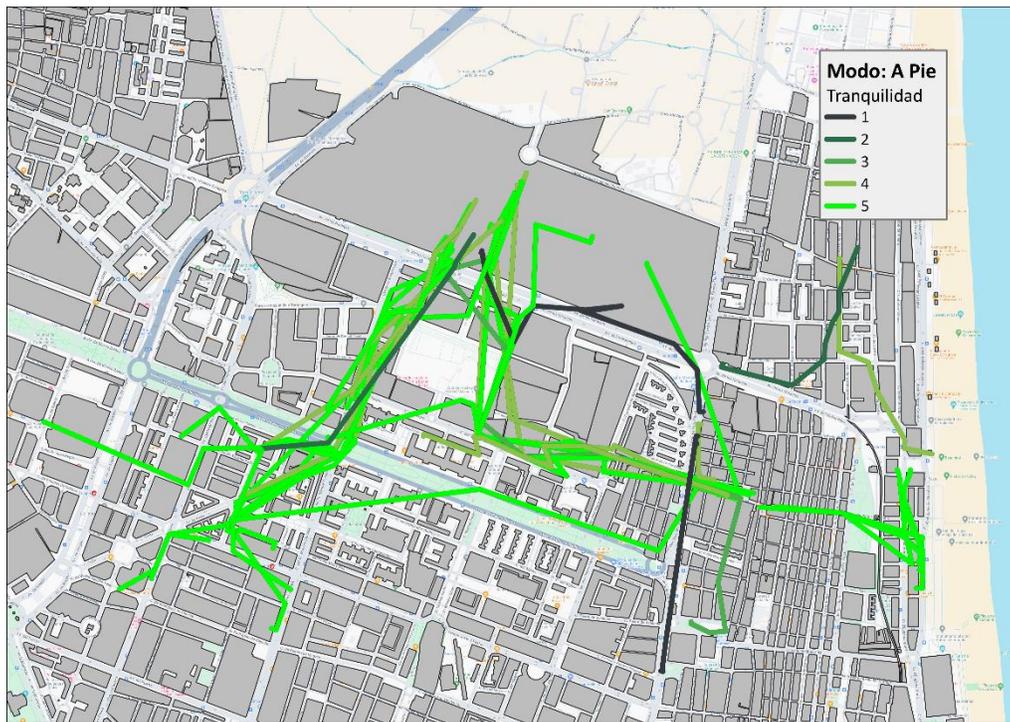


Figura 31 Representación de los Viajes a Pie con Colores que Representan los Niveles de Tranquilidad del Usuario. 1:15.000

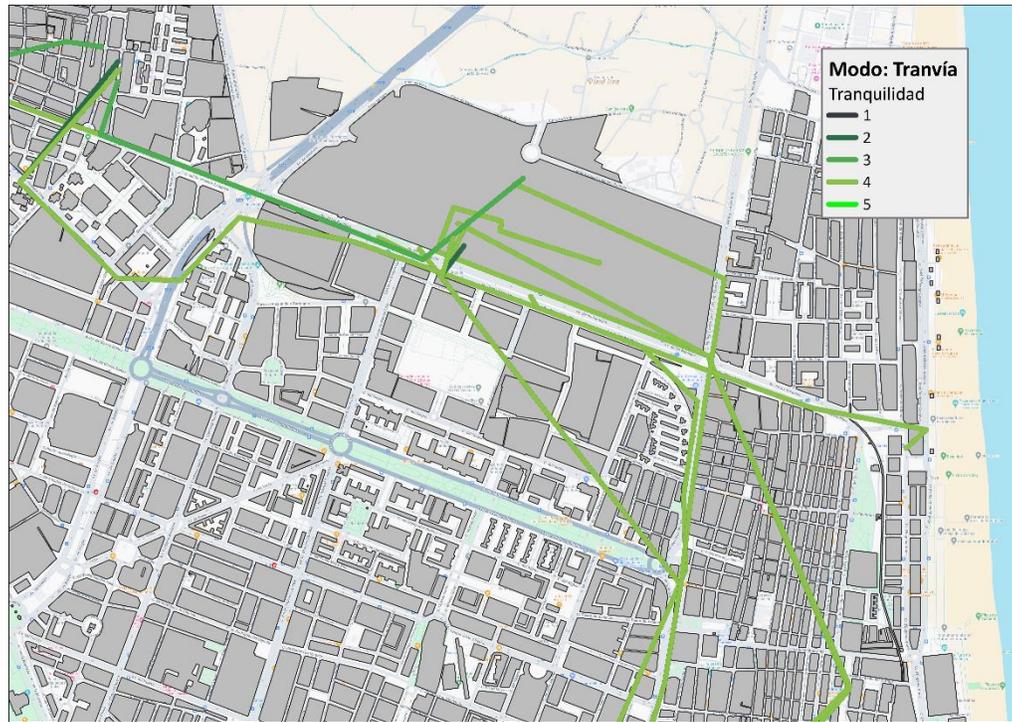


Figura 32 Representación de los Viajes en Tranvía con Colores que Representan los Niveles de Tranquilidad del Usuario.
1:15.000

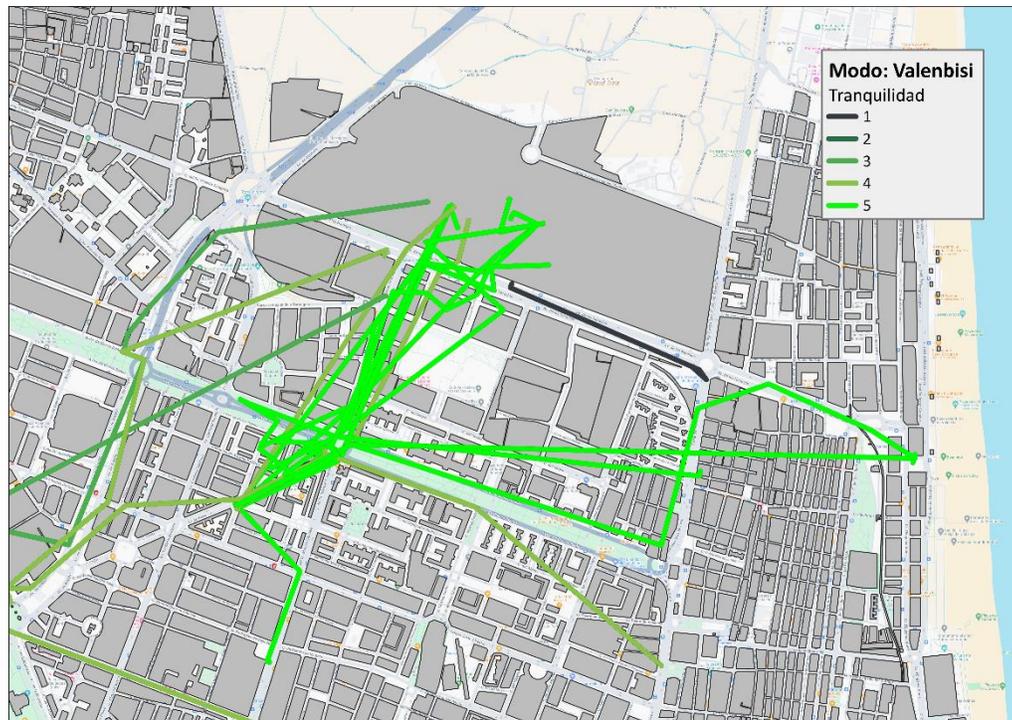


Figura 33 Representación de los Viajes en Valenbisi con Colores que Representan los Niveles de Tranquilidad del Usuario.
1:15.000

4.5.3.4 Preocupación

El modo a pie sigue destacándose como el que ofrece las mejores sensaciones durante el viaje, con un bajo nivel de preocupación asociado a este modo de transporte. A diferencia de otras sensaciones evaluadas, en esta ocasión el tranvía supera a Valenbisi al generar menos preocupación entre los usuarios. Esta diferencia se puede atribuir a que, al andar en bicicleta, los ciclistas son responsables de múltiples aspectos del viaje, como seguir las normas de tráfico y mantener una vigilancia constante por motivos de seguridad personal, lo que eleva los niveles de preocupación durante el trayecto.

Modo de Transporte	Porcentaje de Preocupación
A Pie	11%
Tranvía	15%
Valenbisi	19%

Tabla 11 Comparativa de Porcentaje de Preocupación por Modo de Transporte.

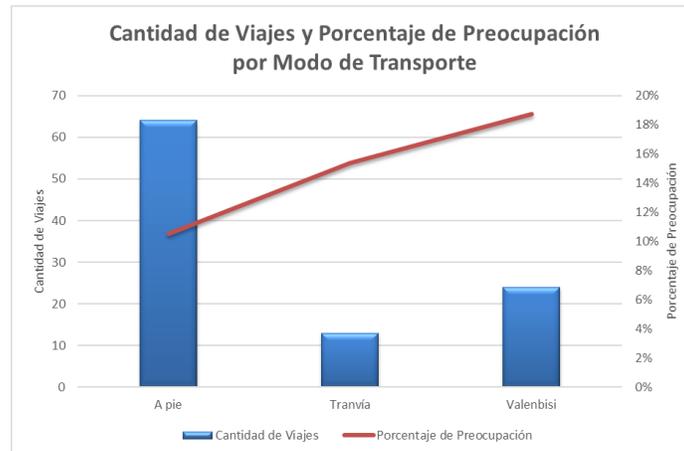


Figura 34 Gráfico Combinado de Número de Viajes y Porcentaje de Preocupación por Modo de Transporte.

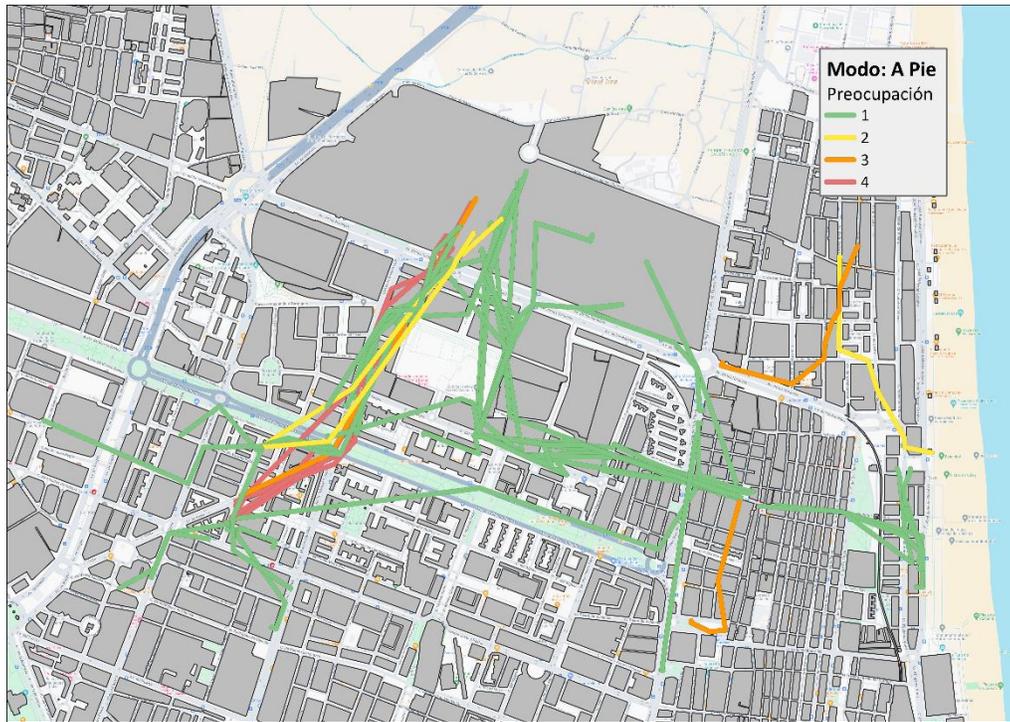


Figura 35 Representación de los Viajes a Pie con Colores que Representan los Niveles de Preocupación del Usuario. 1:15.000

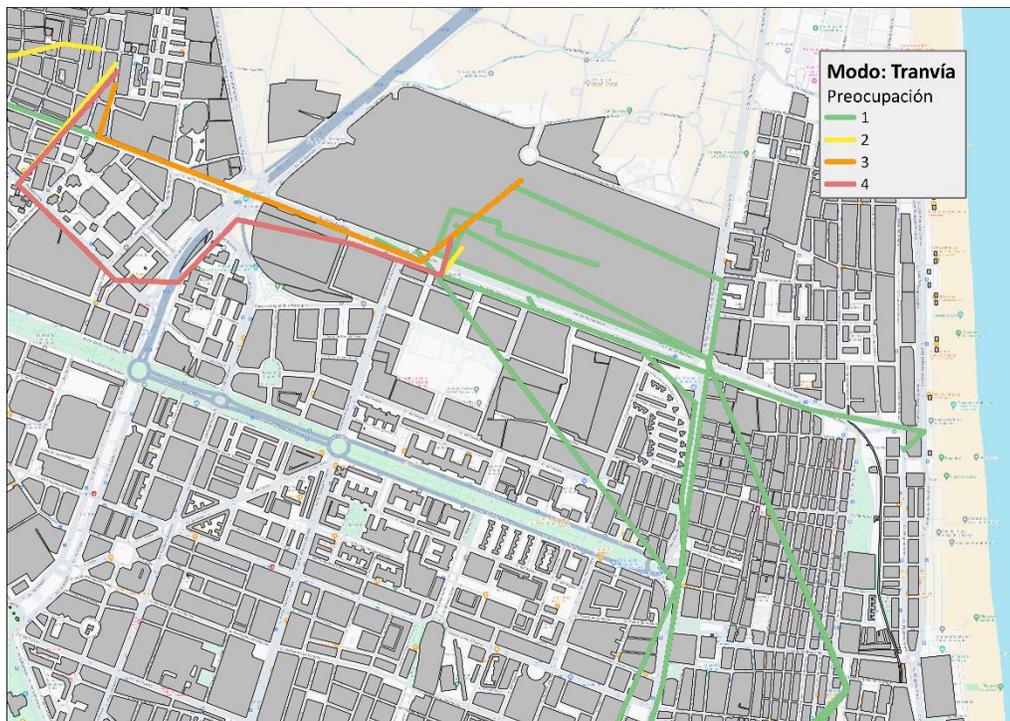


Figura 36 Representación de los Viajes en Tranvía con Colores que Representan los Niveles de Preocupación del Usuario. 1:15.000

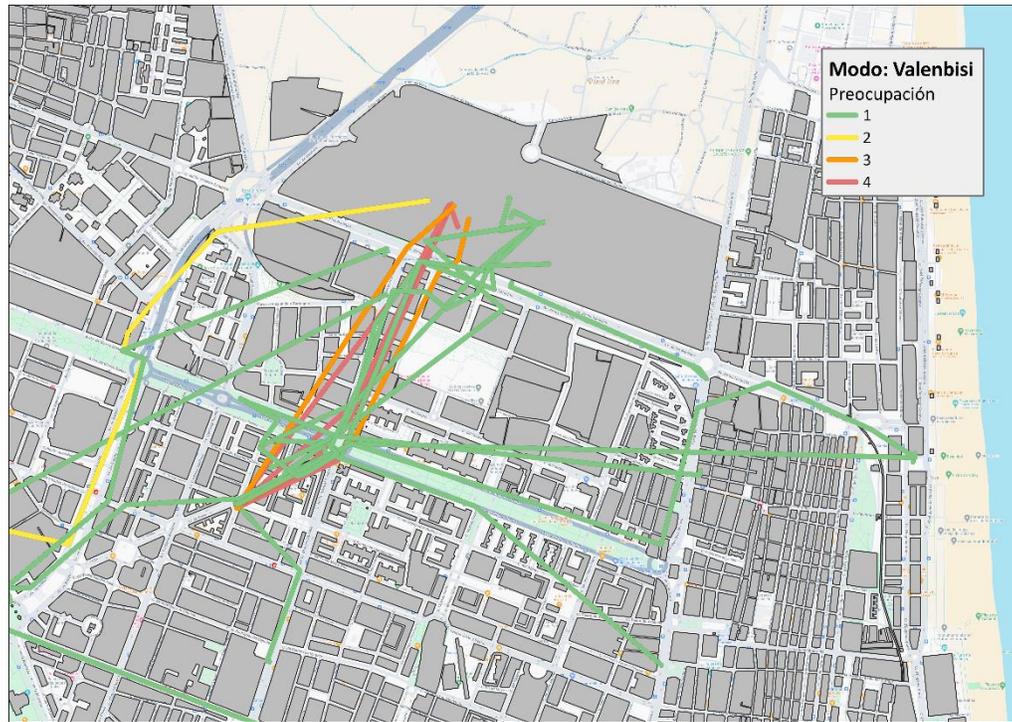


Figura 37 Representación de los Viajes en Valenbisi con Colores que Representan los Niveles de Preocupación del Usuario.
1:15.000

4.5.3.5 Enfadado

La sensación de enfado no presenta una gran diferencia entre los tres modos de transporte evaluados por los estudiantes en el estudio, manteniéndose prácticamente nula durante los trayectos. Los porcentajes de enfado son similares en cada modo de transporte, con 0% para los viajes a pie, 8% para el tranvía y 2% para Valenbisi, lo que indica que el enfado no es una emoción predominante entre los usuarios.

El hecho de que el modo a pie registre un 0% de enfado refleja una experiencia de viaje sumamente positiva para los usuarios. Caminar permite un mayor control sobre el entorno y la autonomía en la ruta, lo que probablemente contribuye a la ausencia de frustración o irritación. A diferencia del transporte masivo, donde los usuarios dependen de la infraestructura y de factores externos, los caminantes tienen la libertad de elegir su ritmo, hacer paradas cuando lo deseen y modificar su ruta sin restricciones. Estos factores reducen significativamente la probabilidad de experimentar situaciones frustrantes.

Modo de Transporte	Porcentaje de Enfadado
A Pie	0%
Tranvía	8%
Valenbisi	2%

Tabla 12 Comparativa de Porcentaje de Enfadado por Modo de Transporte.

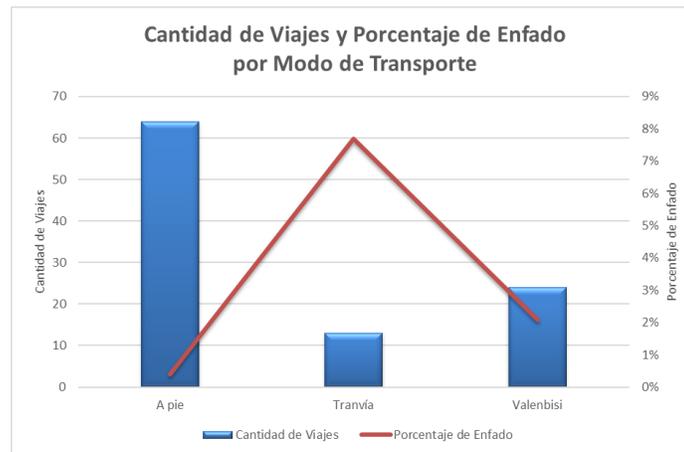


Figura 38 Gráfico Combinado de Número de Viajes y Porcentaje de Enfado por Modo de Transporte.

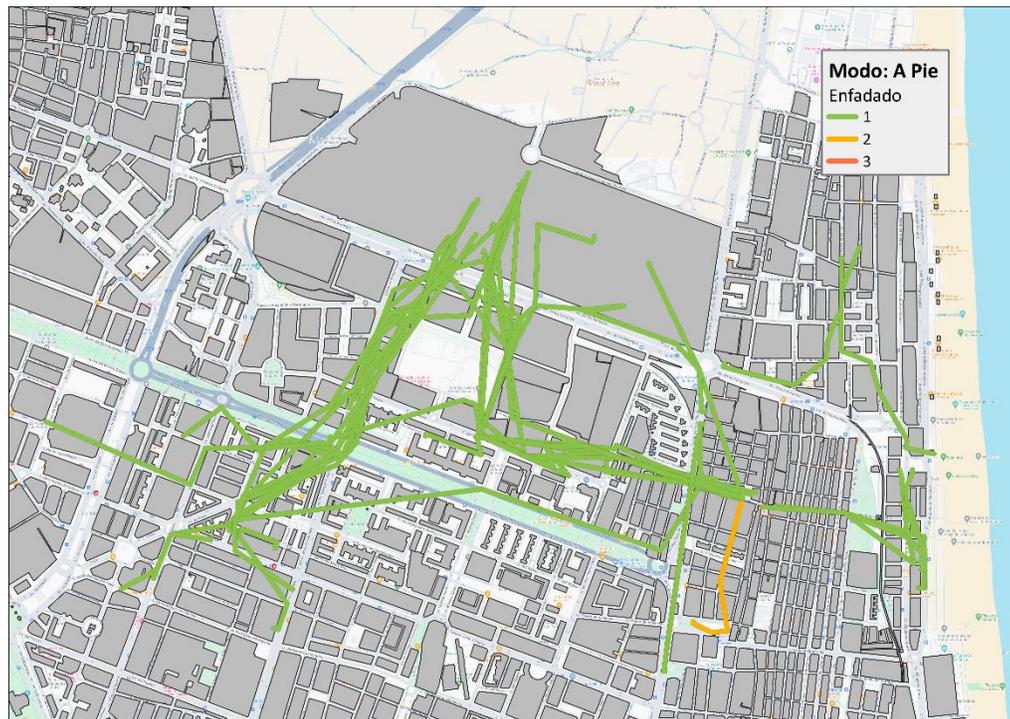


Figura 39 Representación de los Viajes a Pie con Colores que Representan los Niveles de Enfado del Usuario. 1:15.000

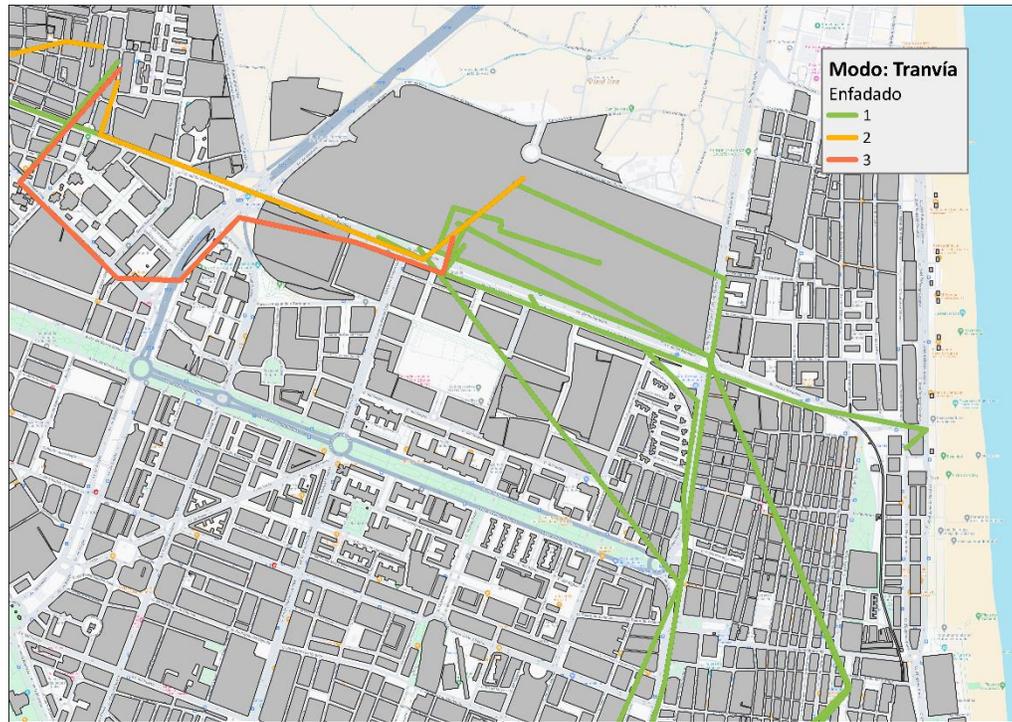


Figura 40 Representación de los Viajes en Tranvía con Colores que Representan los Niveles de Enfado del Usuario.
1:15.000



Figura 41 Representación de los Viajes en Valenbisi con Colores que Representan los Niveles de Enfado del Usuario.
1:15.000

4.5.3.6 Ansiedad

Los niveles de ansiedad asociados a los diferentes modos de transporte en el estudio son notablemente bajos en todos los casos. El modo a pie presenta un 4% de ansiedad, el tranvía un 6%, y Valenbisi registra el valor más bajo con un 2%. Estos porcentajes reflejan que, en general, los usuarios experimentan muy poca ansiedad independientemente del modo de transporte que elijan.

Modo de Transporte	Porcentaje de Ansiedad
A Pie	4%
Tranvía	6%
Valenbisi	2%

Tabla 13 Comparativa de Porcentaje de Ansiedad por Modo de Transporte.

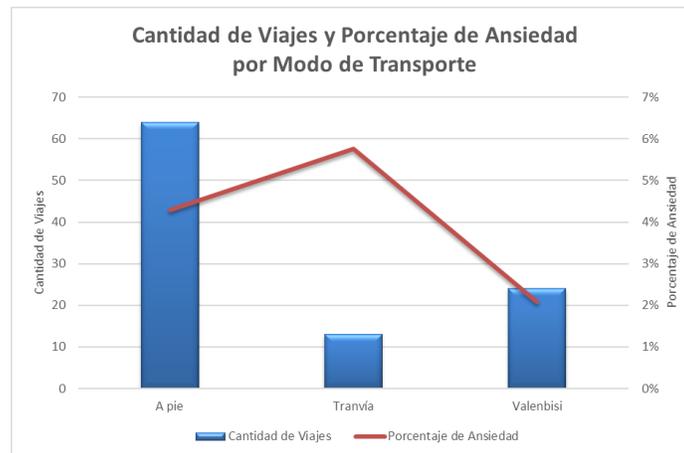


Figura 42 Gráfico Combinado de Número de Viajes y Porcentaje de Ansiedad por Modo de Transporte.

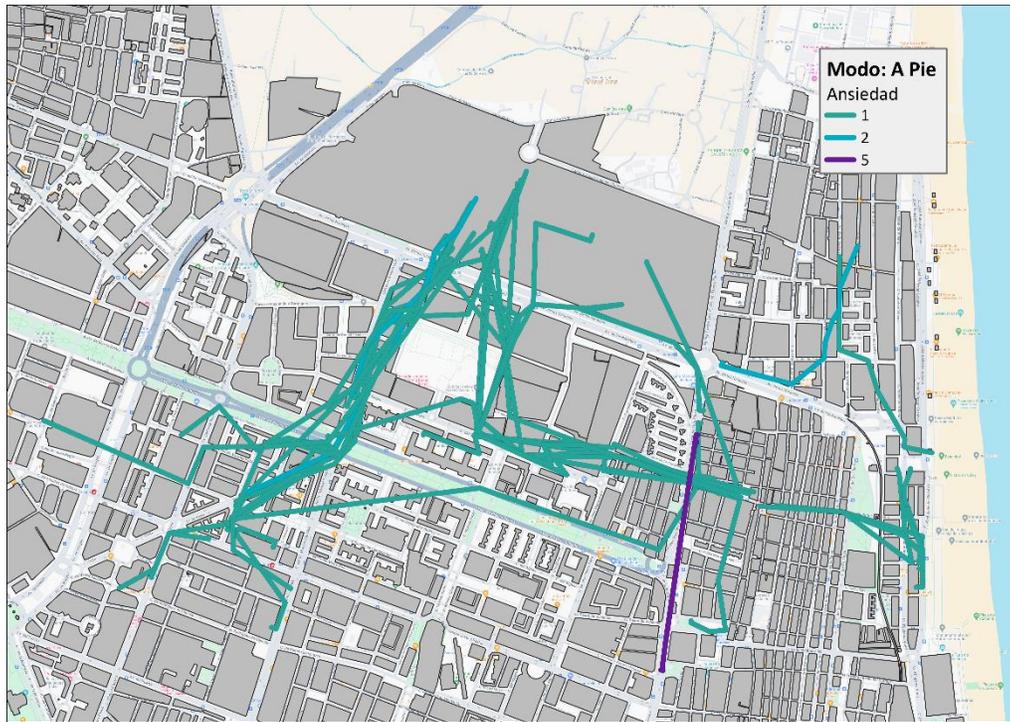


Figura 43 Representación de los Viajes a Pie con Colores que Representan los Niveles de Ansiedad del Usuario. 1:15.000

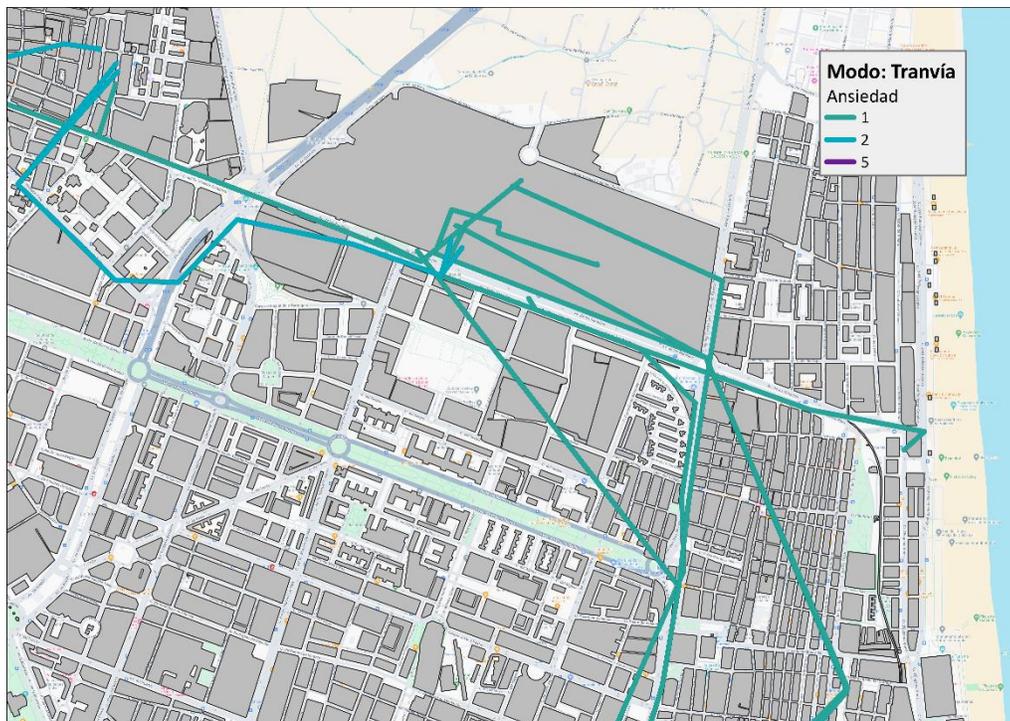


Figura 44 Representación de los Viajes en Tranvía con Colores que Representan los Niveles de Ansiedad del Usuario.
1:15.000

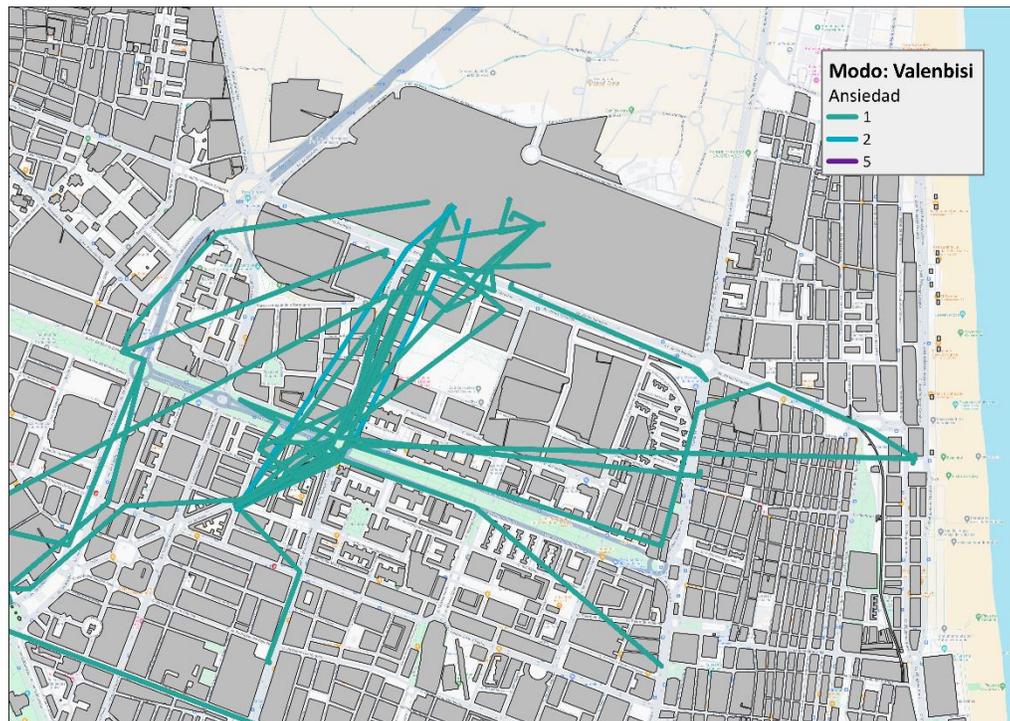


Figura 45 Representación de los Viajes en Valenbisi con Colores que Representan los Niveles de Ansiedad del Usuario.
1:15.000

4.5.3.7 El Viaje Esperado

Finalmente, se consultó a los usuarios sobre si el viaje cumplió con sus expectativas antes de realizarlo, con el objetivo de evaluar si los imponderables estaban presentes en el día a día de los trayectos y en qué medida afectaban la experiencia del viaje. Esta consulta permitió conocer la anticipación de los usuarios frente a posibles retrasos, cambios de ruta o inconvenientes que pudieran surgir durante el desplazamiento.

Aunque todos los modos de transporte presentan altos niveles de satisfacción en cuanto a expectativas, el tranvía es el que más dificultades puede presentar en términos de imprevistos. Por otro lado, tanto a pie como Valenbisi ofrecen una experiencia que, en la mayoría de los casos, se ajusta a las expectativas de los usuarios. Esto sugiere que los imponderables, aunque presentes, no impactan significativamente en la experiencia diaria de los usuarios en los modos de transporte más flexibles, como caminar o usar bicicletas.

Modo de Transporte	Porcentaje de Viaje Esperado
A Pie	88%
Tranvía	75%
Valenbisi	89%

Tabla 14 Comparativa de Porcentaje de Viaje Esperado por Modo de Transporte.

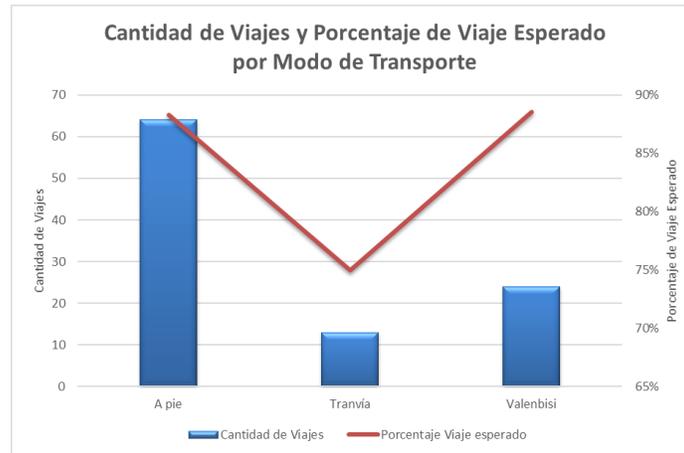


Figura 46 Gráfico Combinado de Número de Viajes y Porcentaje de Viaje Esperado por Modo de Transporte.

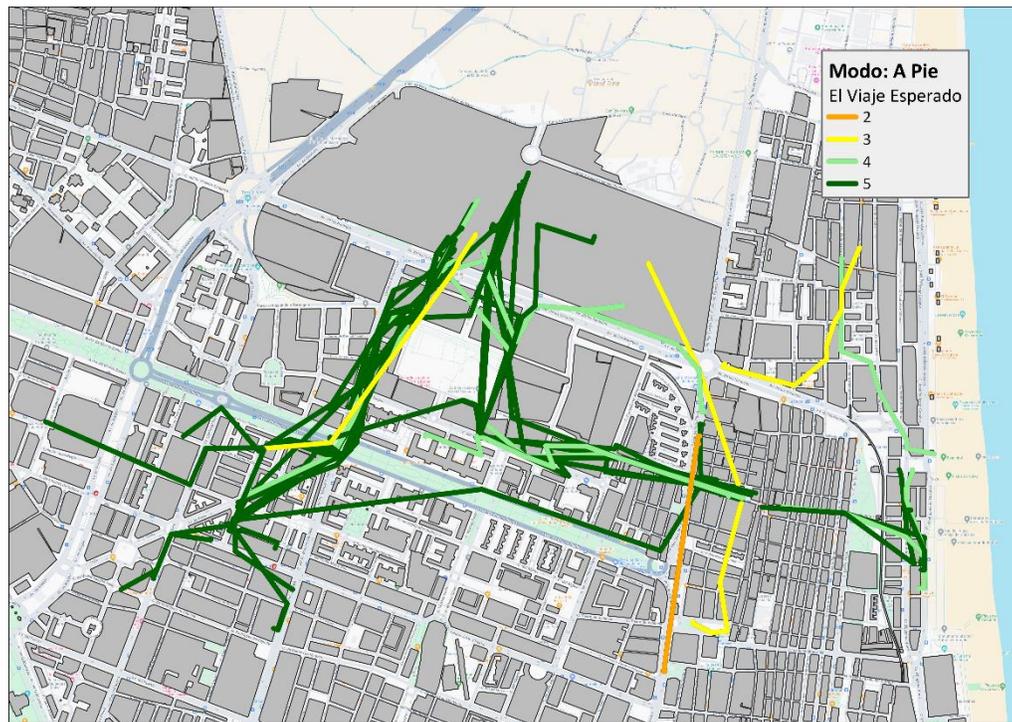


Figura 47 Representación de los Viajes a Pie con Colores que Representan los Niveles de Viaje Esperado del Usuario.
1:15.000

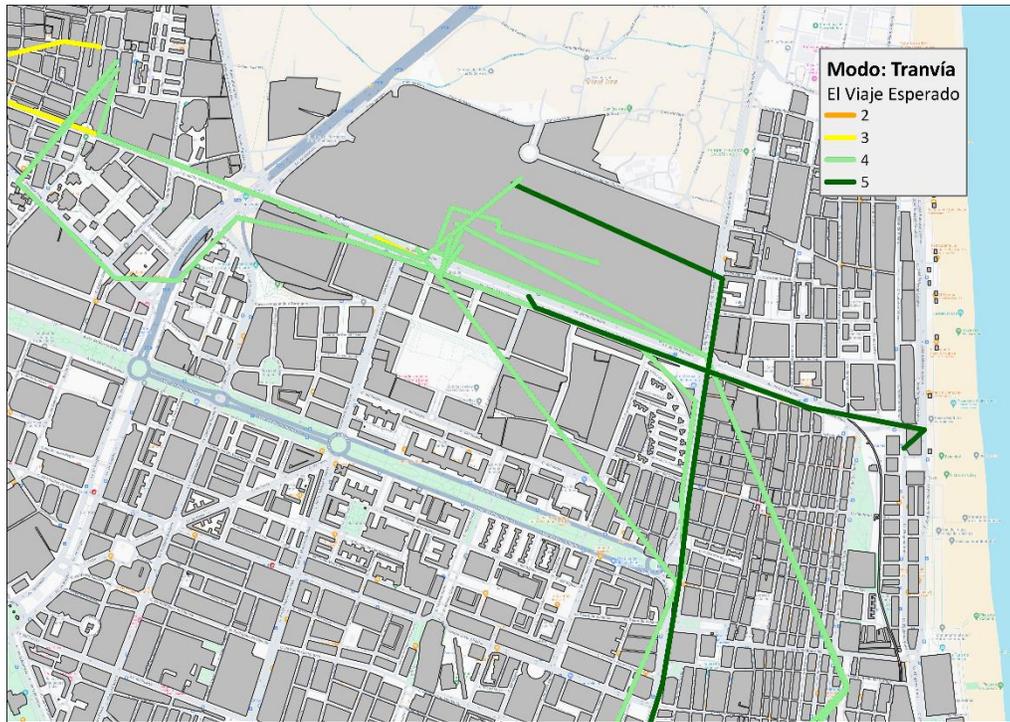


Figura 48 Representación de los Viajes en Tranvia con Colores que Representan los Niveles de Viaje Esperado del Usuario.
1:15.000

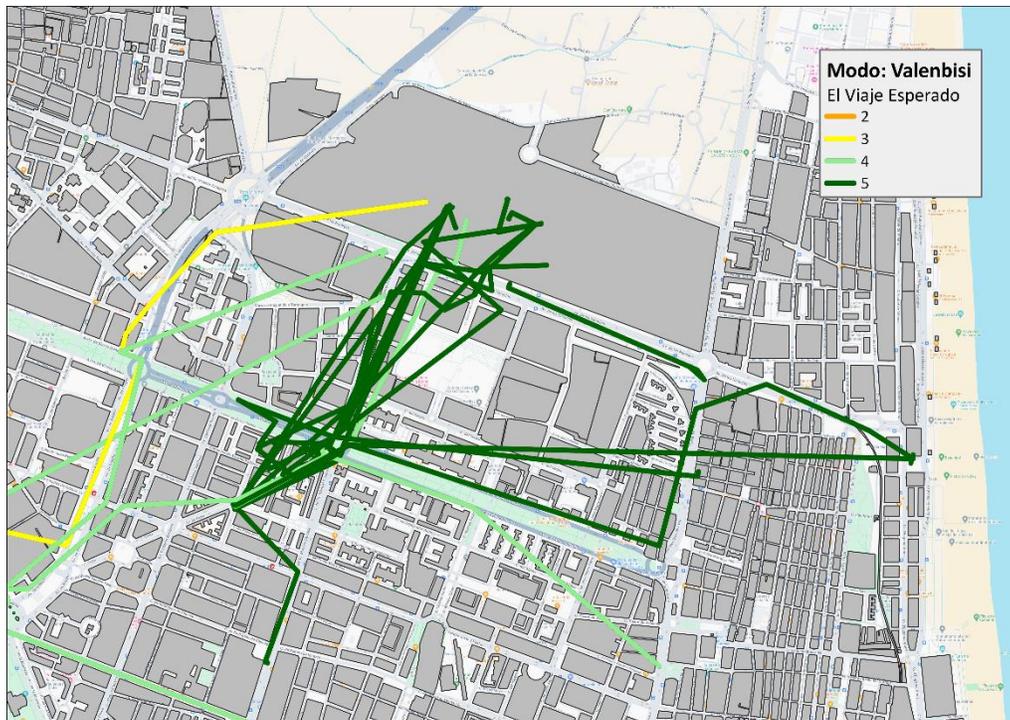


Figura 49 Representación de los Viajes en Valenbisi con Colores que Representan los Niveles de Viaje Esperado del Usuario.
1:15.000

4.5.4 Identificación de Deficiencias en la Infraestructura de Transporte

Con la ayuda de QGIS y en conjunto con las sensaciones reportadas por los usuarios, es posible localizar posibles deficiencias en la infraestructura de transporte urbano asociadas a cada modo de transporte en análisis. Mediante la integración se investigaron las emociones negativas experimentadas por los usuarios, tales como el estrés, la ansiedad, la preocupación y el enfado. Este análisis tuvo como objetivo identificar si dichas emociones pueden estar vinculadas a condiciones específicas de la infraestructura urbana, como la congestión, la accesibilidad o el estado de las vías.

Para medir el impacto emocional de los usuarios durante sus desplazamientos, se utilizó una adaptación de la escala PANAS (Watson et al., 1988), que evalúa los afectos positivos y negativos mediante una escala Likert de 5 puntos. La escala permitió cuantificar las emociones tanto en los viajes activos (A Pie o Valenbisi) como en los viajes pasivos (Tranvía). Este enfoque facilitó una evaluación más precisa de las percepciones de bienestar y malestar de los usuarios, posiblemente vinculadas a las condiciones del entorno y de la infraestructura de transporte, proporcionando una base sólida para posibles mejoras en la experiencia de los viajeros.

4.5.4.1 Análisis con escala PANAS

Los resultados que se detallarán a continuación muestran las estadísticas descriptivas de todas las emociones evaluadas, como la felicidad, el estrés, la tranquilidad, la preocupación, el enfado y la ansiedad, así como la calificación final que indica si el viaje fue acorde a lo que los usuarios esperaban.

	Media	Desv. típ.	Asimetría	Curtosis
Felicidad	4.41	0.99	-2.13	4.72
Estrés	1.53	1.05	1.89	2.32
Tranquilidad	4.42	1.04	-2.17	4.33
Preocupación	1.42	0.96	2.09	2.82
Enfadado	1.02	0.13	8.00	64.00
Ansiedad	1.17	0.72	4.89	24.10
Viaje Esperado	4.53	65.00	-1.69	2.28

Tabla 15 Estadísticas descriptivas de las emociones durante los viajes A Pie.

	Media	Desv. típ.	Asimetría	Curtosis
Felicidad	3.69	0.63	0.31	-0.32
Estrés	1.85	1.41	1.38	0.62
Tranquilidad	3.46	0.97	-1.83	2.70
Preocupación	1.62	0.96	1.61	2.10
Enfadado	1.31	0.63	2.05	3.71
Ansiedad	1.23	0.44	1.45	0.09
Viaje Esperado	4.00	0.58	0.00	1.04

Tabla 16 Estadísticas descriptivas de las emociones durante los viajes en Tranvía.

	Media	Desv. típ.	Asimetría	Curtosis
Felicidad	4.33	0.82	-0.72	-1.09
Estrés	1.79	1.18	1.13	-0.36
Tranquilidad	4.29	1.00	-1.79	3.88
Preocupación	1.75	1.19	1.21	-0.25
Enfadado	1.08	0.28	3.22	9.12
Ansiedad	1.08	0.28	3.22	9.12
Viaje Esperado	4.54	0.66	-1.16	0.35

Tabla 17 Estadísticas descriptivas de las emociones durante los viajes en Valenbisi.

El análisis de las tres tablas muestra las diferencias emocionales experimentadas por los usuarios durante tres tipos de viajes: a pie, en tranvía y en Valenbisi. A continuación, se detalla el comportamiento de cada emoción y la calificación final de los viajes para cada uno de estos modos de transporte.

4.5.4.1.1 Viajes A Pie: Análisis Estadístico

- **Felicidad (Media: 4.41):** Los viajes a pie muestran el mayor nivel de felicidad, lo que sugiere que los usuarios disfrutaban caminando, posiblemente por la sensación de control y autonomía durante el trayecto
- **Estrés (Media: 1.53):** El estrés es bajo, pero presenta cierta dispersión (Desviación Típica: 1.05), lo que indica que algunos usuarios experimentan más estrés que otros.
- **Tranquilidad (Media: 4.42):** La tranquilidad es alta, con una distribución bastante homogénea.

- Preocupación, enfado y ansiedad (Medias: 1.42, 1.02, 1.17): Estas emociones negativas son casi inexistentes, como lo refleja la baja desviación típica y las altas asimetrías, lo que sugiere que la mayoría de los usuarios reportaron valores bajos.
- Viaje Esperado (Media: 4.53): Los viajes a pie son generalmente percibidos como positivos y satisfactorios

4.5.4.1.2 Viajes en Tranvía: Análisis Estadístico

- Felicidad (Media: 3.69): La felicidad es menor que en los viajes a pie y en Valenbisi, lo que podría indicar una menor conexión emocional positiva con este modo de transporte
- Estrés (Media: 1.85): El estrés es un poco más alto que en los viajes a pie, aunque sigue siendo bajo, sin embargo, la desviación típica (1.41) sugiere una mayor variabilidad en las respuestas, con algunos usuarios experimentando niveles elevados de estrés
- Tranquilidad (Media: 3.46): Aunque aún alta, la tranquilidad es menor que en los viajes a pie, lo que podría estar relacionado con factores como la dependencia de horarios y la presencia de otros pasajeros
- Preocupación, enfado y ansiedad (Medias: 1.62, 1.31, 1.23): Estas emociones negativas son algo más pronunciadas que en los viajes a pie, lo que indica una ligera tendencia hacia la incomodidad, aunque no es predominante
- Viaje Esperado (Media: 4.00): Los usuarios califican los viajes en tranvía como satisfactorios, aunque ligeramente por debajo de los otros dos modos.

4.5.4.1.3 Viajes en Valenbisi: Análisis Estadístico

- Felicidad (Media: 4.33): Los viajes en bicicleta pública también se asocian con altos niveles de felicidad, muy cercanos a los reportados en los viajes A Pie.
- Estrés (Media: 1.79): El estrés en Valenbisi es ligeramente mayor que en los viajes a pie, pero comparable al nivel en los viajes en tranvía, sin embargo, la desviación típica (1.18) sugiere menos variabilidad en las respuestas que en el Tranvía
- Tranquilidad (Media: 4.29): La tranquilidad en Valenbisi es muy alta, similar a la de los viajes a pie, lo que puede estar relacionado con la sensación de libertad y control que ofrece el ciclismo.
- Preocupación, enfado y ansiedad (Medias: 1.75, 1.08, 1.08): Al igual que en los viajes a pie, estas emociones negativas son bajas, sin embargo, el enfado y la ansiedad presentan valores

de curtosis altos, lo que sugiere la presencia de valores extremos (algunos usuarios experimentan estas emociones más intensamente)

- Viaje Esperado (Media: 4.54): Los usuarios parecen estar muy satisfechos con sus viajes en Valenbisi, con una calificación final muy alta

4.5.4.1.4 Conclusión sobre la experiencia emocional de los Viajes

El análisis de las tres tablas revela que los viajes a pie y en Valenbisi generan una experiencia emocional más positiva que los viajes en tranvía. La tranquilidad y la felicidad son significativamente mayores en estos modos de transporte activo, lo que indica que los usuarios sienten una mayor sensación de bienestar y satisfacción. Los viajes en tranvía, aunque bien valorados, parecen estar asociados a niveles ligeramente más altos de emociones negativas como el estrés y la preocupación. Estos resultados sugieren que el transporte activo no solo tiene beneficios físicos, sino también emocionales, contribuyendo a una mejor experiencia general de movilidad.

4.5.4.1.5 Afectos

Para concluir, las emociones experimentadas por los usuarios durante sus desplazamientos se dividen claramente en dos grupos: emociones positivas y emociones negativas. Utilizando la metodología PANAS, que evalúa ambas categorías a través de una escala Likert de 5 puntos, se observa lo siguiente:

Las emociones positivas incluyen la felicidad, la tranquilidad, y la calificación de "El viaje fue como se esperaba". Estas emociones predominan en los viajes a pie y en Valenbisi, modos de transporte que generaron altos niveles de bienestar emocional. Las medias para la felicidad y la tranquilidad superan el 4, y la calificación final de satisfacción con el viaje muestra que los usuarios perciben que sus expectativas fueron cumplidas, especialmente en los desplazamientos activos (a pie y en Valenbisi), donde la media supera el 4.5. Esto sugiere una fuerte conexión entre la experiencia emocional positiva y el cumplimiento de expectativas.

Las emociones negativas comprenden el estrés, la preocupación, el enfado y la ansiedad, que se manifiestan con mayor frecuencia en los viajes en tranvía. Aunque estas emociones negativas son más comunes en el transporte pasivo, en general sus medias son bajas, lo que indica que no dominan la experiencia de los usuarios.

	Afecto +	Afecto -
A Pie	89.1%	25.7%
Tranvía	74.4%	30.0%
Valenbisi	87.8%	28.5%

Tabla 18 Porcentaje de Afectos Positivos y Negativos según el Modo de Transporte.

4.5.4.2 Análisis visual con QGIS

Para observar dentro del análisis las posibles zonas con menor satisfacción, se generaron mapas que muestran los desplazamientos en los que las sensaciones del viaje recibieron una calificación de nivel medio o negativo. Estos mapas permiten identificar áreas específicas donde los usuarios experimentaron menos satisfacción o más incomodidad durante sus trayectos.

4.5.4.2.1 Análisis visual Viajes A Pie

Se utiliza la emoción felicidad para hacer un análisis respecto al trayecto a pie, ya que esta emoción alcanzó una media de 4.41, un valor considerablemente alto. Por ello, se propone identificar las zonas en las que dicha media disminuye, con el objetivo de comprender mejor los factores que pueden estar afectando la experiencia de los usuarios en determinados sectores del recorrido. Este enfoque permite focalizar las intervenciones en áreas específicas donde la satisfacción es menor, mejorando así la calidad del entorno peatonal.

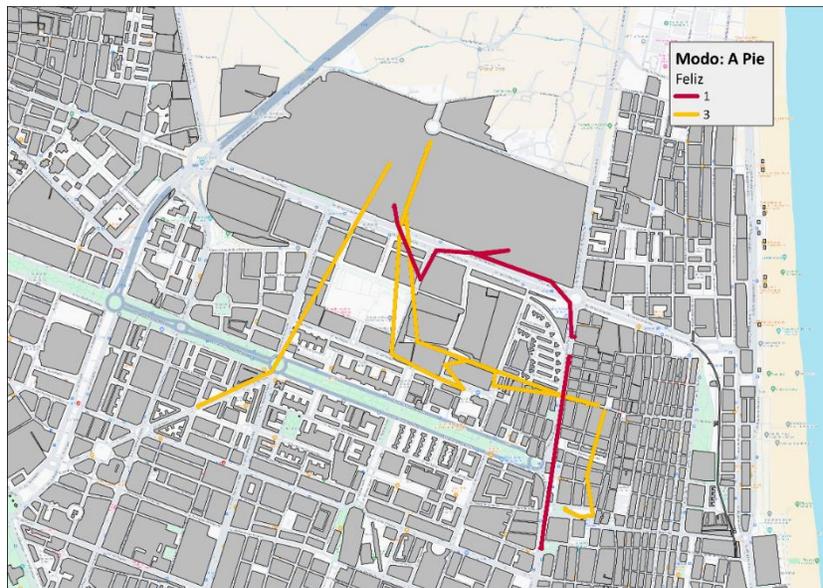


Figura 50 Bajo Nivel de Felicidad en Viajes a Pie.

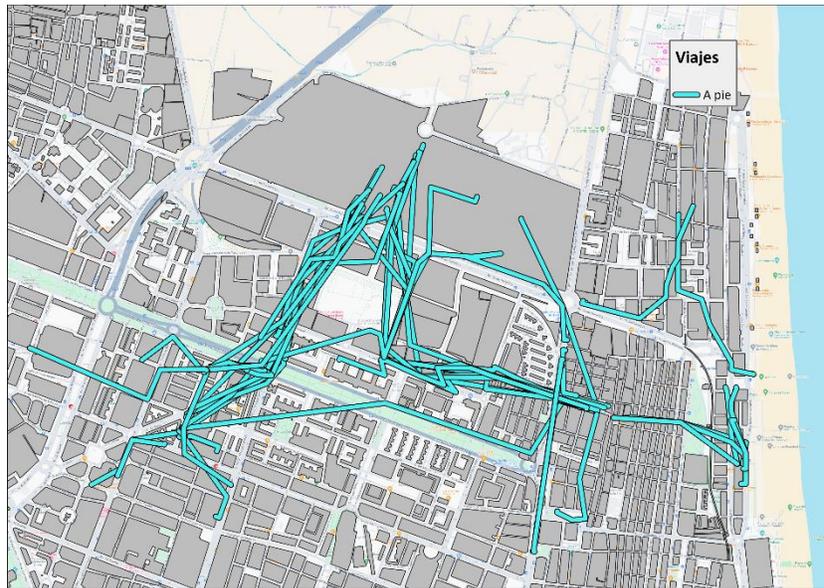


Figura 51 Alto Nivel de Felicidad en Viajes a Pie.

Se puede observar que, de una gran cantidad de viajes realizados en modo a pie, hay un sector que muestra menores niveles de felicidad en su recorrido. Este sector se encuentra en la Carrer del Serpis y la Carrer Professor Ernest Lluch, lo que podría deberse a que es un área peatonal con un nivel de servicio inferior. Factores como la menor iluminación, espacios más reducidos y una menor variedad de comercio pueden estar influyendo negativamente en la experiencia de los peatones en esta zona.

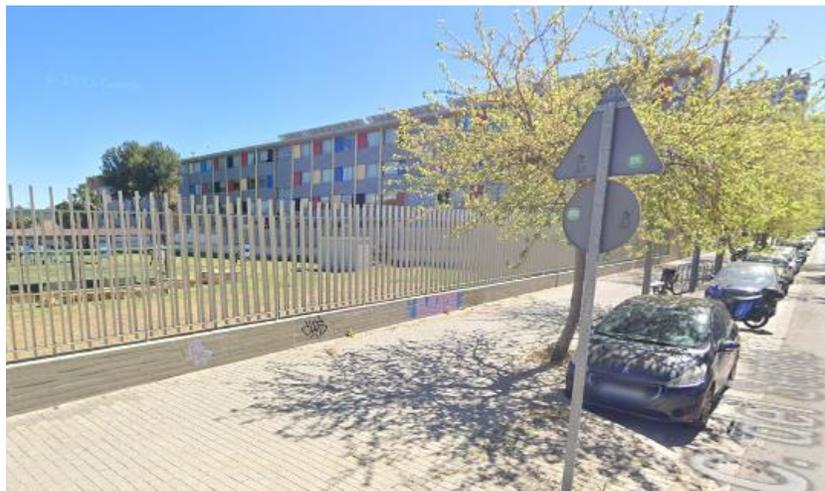


Figura 52 Captura de Google Maps: Sector con Menor Nivel de Felicidad en Carrer del Serpis y Carrer Professor Ernest Lluch.

4.5.4.2.2 Análisis visual Viajes en Valenbisi

Se utiliza la emoción preocupación para hacer un análisis respecto al trayecto en Valenbisi, ya que esta emoción fue la única que tuvo una peor percepción en comparación con los viajes realizados en tranvía.

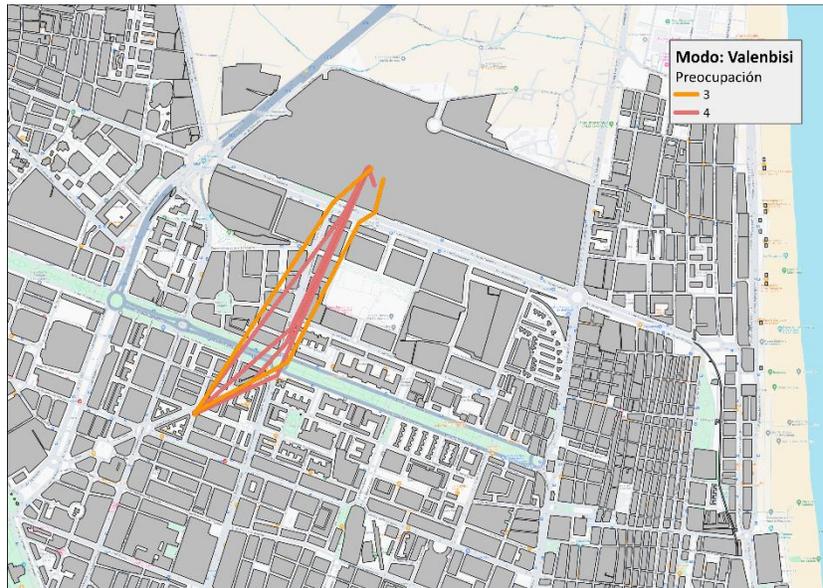


Figura 53 Alto Nivel de Preocupación en Viajes en Valenbisi.

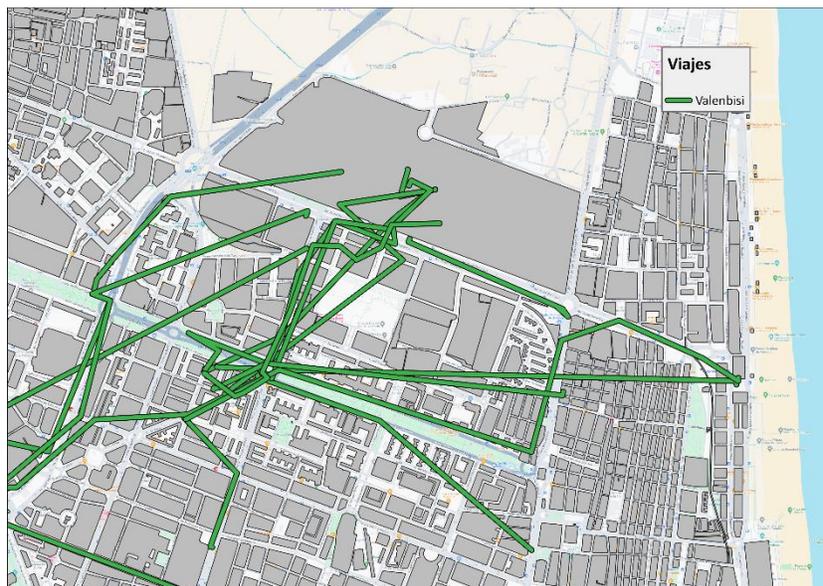


Figura 54 Bajo Nivel de Preocupación en Viajes en Valenbisi.

Se puede observar en este análisis visual que los niveles de preocupación se concentran principalmente en la Carrer de Ramon Llull. Esto podría deberse a que el carril bici se desvía a la altura de la Carrer d'Albalat dels Tarongers, y no hay continuidad en la Carrer de Ramon Llull, que es la vía directa hacia el ingreso O de la universidad. Esta falta de continuidad obliga a los usuarios de Valenbisi a continuar su trayecto por la calzada destinada a los coches o por la zona peatonal, lo que podría aumentar significativamente la preocupación durante el viaje en bicicleta debido a la inseguridad percibida.



Figura 55 Captura de Google Maps: Sector con Mayor Nivel de Preocupación en Carrer de Ramon Llull.

4.5.5 Patrones de Movilidad y Sensaciones

El análisis de los patrones de movilidad entre los participantes del estudio, todos estudiantes de la Universidad Politécnica de Valencia (UPV), muestra preferencias claras en la elección de modos de transporte. Dado que la mayoría de los participantes son jóvenes, es fundamental considerar que los patrones de movilidad observados pueden estar determinados por características propias de este grupo etario, como la inclinación hacia modos de transporte que sean más rápidos, económicos o de fácil acceso.

En general, los modos de transporte activo (a pie y Valenbisi) muestran un predominio claro de afectos positivos sobre los negativos. En comparación, el tranvía, como transporte pasivo, se asocia con un menor porcentaje de afecto positivo y un mayor nivel de afecto negativo, lo que refuerza la conclusión de que los modos de transporte activo no solo generan mayores sensaciones de bienestar, sino que también están alineados con las expectativas de los usuarios en términos de experiencia emocional.

5 Recomendaciones para la Integración de las Dos Fuentes de Datos

La integración de los datos provenientes de los diarios de viaje y del historial de ubicaciones de Google Maps ofrece una oportunidad significativa para mejorar la comprensión de los patrones de movilidad y las experiencias de los usuarios. Esta unión de fuentes de datos no solo permite validar la información recopilada, sino que también proporciona una visión más rica y completa de la movilidad urbana al combinar datos autodeclarados con datos de seguimiento pasivo. En este capítulo, se presentarán recomendaciones y estrategias para optimizar esta integración, destacando cómo puede contribuir a una recolección de datos más precisa y a un análisis más robusto, lo cual es esencial para una planificación urbana más efectiva y centrada en las necesidades reales de los usuarios.

5.1 Estrategias para una Integración Efectiva

Para lograr una integración efectiva entre los datos de los diarios de viaje y el historial de ubicaciones de Google, es fundamental desarrollar estrategias que aprovechen las fortalezas de ambas fuentes y minimicen sus limitaciones. Una recomendación clave es la creación de un diario de viaje diseñado específicamente para complementar los datos capturados por Google Maps. Este diario debería permitir a los usuarios revisar los datos capturados automáticamente al final de cada día y añadir información adicional, como las sensaciones experimentadas durante cada viaje. De este modo, se enriquecerían los datos existentes con una capa cualitativa que Google Maps no proporciona. Asimismo, se sugiere diseñar el diario de viaje de manera que incluya categorías y variables que se alineen lo más posible con las "llaves" del diccionario proporcionado por el historial de ubicaciones de Google, conocido como "Semantic Location History". Al estandarizar estas claves y campos de entrada, se facilita la coincidencia directa entre ambas fuentes de datos, permitiendo una integración más fluida y una comparación más precisa de la información. Esta estrategia no solo mejora la capacidad de realizar un match más efectivo entre los datos de ambas fuentes, sino que también fortalece la validación y la confiabilidad de los datos recopilados, asegurando que sean directamente comparables y, por tanto, más útiles para el análisis.

5.2 Propuesta para Mejorar la Recolección y Análisis de Datos

Más allá de ajustar el formato y contenido del diario de viaje, es esencial preparar adecuadamente los dispositivos móviles utilizados en el estudio para garantizar la máxima eficiencia en la recolección de datos. La efectividad del proceso puede variar según el tipo de dispositivo y el sistema operativo, por lo que se recomienda investigar estudios previos que analicen el rendimiento de diferentes móviles y sistemas operativos en la captura de datos de movilidad. Al mejorar la confiabilidad del instrumento de recogida, junto con una capacitación adecuada del grupo de estudio, se facilita un análisis de datos más directo y preciso. Además, incorporar preguntas sobre los niveles socioeconómicos de los participantes puede proporcionar una base para extrapolar los resultados y hacer proyecciones más amplias para toda la comunidad del área.



5.3 Implementaciones para la Planificación Urbana

Con la validación de datos a niveles más altos de confianza, es posible extraer conclusiones más específicas sobre los tramos de rutas y los modos de transporte preferidos por los usuarios. Estos resultados pueden informar la planificación urbana de manera más efectiva, permitiendo a las autoridades enfocar recursos en mejorar el acceso y la infraestructura del modo de transporte preferido por los usuarios. Además, se podrían realizar inversiones estratégicas para mejorar las opciones de transporte menos populares pero necesarias, aumentando su seguridad, accesibilidad e infraestructura. De este modo, se fomenta un entorno de movilidad más equilibrado y eficiente, adaptado a las necesidades de todos los segmentos de la población urbana.

6 Propuesta de Desarrollo del Estudio de Integración de Datos de Movilidad

6.1 Objetivo

Implementar una metodología de recolección de datos de movilidad enfocada en los estudiantes del campus de Vera de la Universidad Politécnica de Valencia (UPV). El estudio se basará en una combinación de encuestas digitales, diarios de viaje y recolección de datos a través de Google Maps, con el fin de obtener tanto información subjetiva como objetiva para analizar los patrones de movilidad y las emociones experimentadas por los estudiantes en sus desplazamientos diarios.

Este estudio se centrará en los estudiantes que participaron en el Diagnóstico de Movilidad en la UPV (Unitat de Medi Ambient, 2022), en el cual 2.982 participantes correspondían al campus de Vera, de los cuales 1.192 eran estudiantes. Se espera la participación de al menos el 25% (298) de esos estudiantes, lo que permitirá obtener datos relevantes y fiables para el análisis, garantizando una muestra representativa que refleje los patrones de movilidad y las percepciones de los usuarios del campus de Vera.

6.2 Metodología de Recolección de Datos

El proceso de recolección de datos incluirá tres fuentes clave dirigidas a los estudiantes del campus:

6.2.1 Encuesta Digital

La encuesta digital será una versión adaptada de la utilizada en el Diagnóstico de Movilidad 2022 (Unitat de Medi Ambient, 2022), manteniendo la recopilación de información socio-demográfica y contextual, así como las percepciones de los estudiantes sobre sus trayectos habituales. Sin embargo, se suprimirán 41 ítems, dejando un total de 56 ítems, ya que varios de los aspectos ahora serán cubiertos por los datos de geolocalización obtenidos a través de Google Maps. Esto permitirá simplificar la encuesta, focalizándose en aspectos más cualitativos y emocionales de la experiencia de movilidad de los estudiantes.

Los usuarios rellenarán esta encuesta con la que ya están familiarizados, lo que hará que el proceso sea más sencillo y rápido para ellos. Al estar habituados al formato y los contenidos, podrán completarla de manera más eficiente, facilitando la recolección de datos necesarios para el estudio.

6.2.2 Diarios de Viaje

El diario de viaje propuesto busca emparejar las llaves utilizadas en la extracción de datos de geolocalización de Google Maps con las casillas que los usuarios deben rellenar en el diario. Esto

permitirá una integración más fluida entre los datos reportados manualmente por los participantes y la información recopilada automáticamente, facilitando el análisis comparativo de los patrones de movilidad y asegurando una coherencia entre ambas fuentes de datos.

El diario de viaje del caso de estudio (Figura 5) será modificado para incluir ítems adicionales que mejoren la captura de información.

Se modificarán las opciones de motivos de viaje en el diario para abarcar una gama más amplia de actividades relacionadas con estudiantes. Las nuevas categorías son las siguientes:

1. Estudio: Incluye asistencia a clases, exámenes, y actividades académicas.
2. Trabajo o práctica: Para viajes relacionados con empleos o pasantías.
3. Compras: Adquisición de productos o servicios.
4. Deporte: Actividades físicas, recreativas o competitivas.
5. Gestiones: Trámites personales o administrativos.
6. Salud: Visitas a centros médicos o dentales.
7. Cultural: Asistencia a eventos o actividades culturales como conciertos, exposiciones o museos.
8. Voluntariado: Participación en actividades de voluntariado.
9. Fiestas o bares: Asistencia a eventos sociales, fiestas o visitas a bares.
10. Visita Social: Visitas a domicilios de amigos o familiares.
11. Otros

Para los viajes en Bus o Tranvía, se deberá incluir la línea de transporte utilizada y evaluar la sensación de aglomeración durante el trayecto utilizando una escala Likert.

6.2.3 Datos de Google Maps

La recolección de información objetiva se llevará a cabo a través del historial de ubicaciones de Google Maps, lo que permitirá validar los tiempos de viaje y modos de transporte reportados por los estudiantes en sus diarios de viaje. Este método facilitará la realización de un match entre los datos autodeclarados por los estudiantes y los registros automáticos de geolocalización.

Este proceso seguirá el enfoque establecido en el caso de estudio, pero se añadirá una etapa previa de verificación del dispositivo utilizado por los participantes, con el objetivo de asegurar que los niveles de precisión sean adecuados y que los permisos de localización estén correctamente habilitados. Esto garantizará que los datos capturados sean fiables y representen fielmente los trayectos realizados por los estudiantes.

6.3 Fases del Estudio

6.3.1 Etapa 0: Calibración de Dispositivos y Explicación del Diario de Viaje

- Antes de iniciar la recolección de datos, se llevará a cabo una etapa preliminar donde se calibrarán los dispositivos móviles de los participantes para asegurarse de que los niveles de precisión de geolocalización sean adecuados y que los permisos de localización estén habilitados correctamente. Además, se explicará a los participantes cómo completar el diario de viaje, detallando las casillas a rellenar y su integración con los datos de Google Maps.
- Duración: 1 semana.
- Costo Estimado: 500 € (soporte técnico y logístico).

6.3.2 Etapa 1: Encuesta Digital

- Los participantes completarán la encuesta digital.
- Duración: 1 semana.
- Costo Estimado: 1.000 € (plataforma de encuestas en línea y análisis de datos inicial).

6.3.3 Etapa 2: Registro de Diarios de Viaje

- Los participantes mantendrán un registro de sus viajes durante una semana, en una hoja de cálculo digital o física. Los datos incluirán el tiempo, modo de transporte, rutas y emociones relacionadas con cada desplazamiento.
- Duración: 1 semana.
- Costo Estimado: 1.500 € (producción de diarios en papel y configuración de hojas de cálculo digitales, si es necesario).

6.3.4 Etapa 3: Validación con Google Maps

- Los datos de geolocalización derivados del historial de Google Maps serán utilizados para validar los tiempos, rutas y modos de transporte reportados en los diarios. Esto proporcionará una confirmación objetiva y precisa de los viajes.
- Duración: 1 semana.
- Costo Estimado: 2.000 € (procesamiento de los datos y comparación con los datos subjetivos).

6.3.5 Etapa 4: Análisis de Datos y Redacción del Informe Final

- Se llevará a cabo un análisis exhaustivo de los datos recolectados, combinando la información subjetiva de los diarios de viaje con la validación de geolocalización de Google Maps. El informe final incluirá recomendaciones para la mejora de la movilidad urbana.
- Duración: 2 semana.

- Costo Estimado: 3.000 € (análisis de datos y redacción del informe final).

6.4 Implementación del Estudio: Calendario y Recursos

Duración total: 7 semanas (incluyendo la preparación de herramientas y análisis final).

Fase	Duración (Semanas)	Actividad Principal	Recursos Necesarios
Eta pa 0: Calibración de Dispositivos y Explicación del Diario de Viaje	1	Verificación de dispositivos y permisos, explicación del diario de viaje	Equipo técnico (2 personas)
Eta pa 1: Encuesta	1	Encuesta Digital	1 Coordinador de Encuestas
Eta pa 2: Diarios de Viaje	1	Registro de Viajes	2 Coordinadores
Fase 3: Validación	2	Validación de datos de Google Maps	1 Analista de Datos
Fase 4: Análisis e Informe Final	2	Integración y análisis de datos, redacción del informe	1 Analista de Datos 1 Redactor
Duración Total	7		

Tabla 19 Calendario y Recursos del Estudio.

6.5 Presupuesto

Concepto	Costo
Calibración de dispositivos y explicación del diario de viaje	500 €
Plataforma de encuesta y análisis	1.000 €
Producción de diarios y soporte digital	1.500 €
Validación y Procesamiento de Datos de Google Maps	2.000 €
Análisis de datos y redacción de Informe Final	3.000 €
Pago a los participantes (298 x 10€)	2.980 €
Total	10.980 €

Tabla 20 Presupuesto del Estudio.

6.6 Personal Involucrado

- Coordinador del Estudio: Supervisión general del estudio, coordinación de todas las fases, y seguimiento de la recolección y análisis de datos.
- Equipo Técnico: Calibración de dispositivos, verificación de permisos de localización, y soporte técnico a los participantes.
- Coordinadores de Diarios de Viaje: Asistencia a los participantes durante la recolección de datos con los diarios de viaje, resolución de dudas y seguimiento.

- Técnico de Datos de Movilidad: Recolección y procesamiento de los datos de Google Maps, validación de la información de geolocalización y ajuste de los datos para el análisis final.
- Analista de Datos y Redactor del Informe Final: Responsabilidades: Análisis de datos de encuestas, diarios de viaje y Google Maps, redacción del informe final con recomendaciones.

Personal	Horas estimadas	Semanas	Costo	Costo Total
Coordinador del Estudio	15 horas/semana	7	30 €/hora	3.150 €
Equipo Técnico (2 personas)	10 horas/semana/persona	1	25 €/hora/persona	500 €
Coordinadores de Diarios de Viaje (2 personas)	10 horas/semana/persona	1	25 €/hora/persona	500 €
Técnico de Datos de Movilidad	20 horas/semana	2	30 €/hora	1.200 €
Analista de Datos y Redactor del Informe Final	20 horas/semana	2	35 €/hora	1.400 €
Total Personal				6.750 €

Tabla 21 Detalle del Personal Involucrado con Costo.

6.7 Conclusión de la Propuesta de Desarrollo del Estudio

La implementación de esta metodología, enfocada en la participación de estudiantes clave y optimizada para la recolección de datos precisos y representativos de la movilidad estudiantil en la UPV, ofrece un análisis exhaustivo que será de gran utilidad tanto para los usuarios como para los planificadores del campus. Con un presupuesto estimado de 10.980 € y una duración total de 7 semanas, este estudio proporcionará una base sólida para futuras investigaciones sobre movilidad en el entorno universitario, además de valiosas recomendaciones para mejorar la infraestructura y los servicios de transporte en la comunidad de la UPV.

6.8 Comparativa con otras Metodologías de Integración

A continuación, se presentan ejemplos de costos en estudios de movilidad realizados mediante diversas metodologías de recolección de datos, comparando tanto sus costos como los tipos de información obtenida en cada propuesta. Esto ofrece una visión general de cómo cada enfoque impacta tanto el presupuesto como los resultados alcanzados.

Metodología	Costo	Tipos de Datos	Ventajas	Desventajas
1) Google Maps, Encuestas y Diarios de Viaje	10.980 €	- Objetivos: Rutas y tiempos obtenidos mediante Google Maps	Alta precisión GPS	Requiere permisos adecuados en los dispositivos para el historial de ubicaciones de Google
		- Subjetivos: Percepciones y emociones mediante encuestas y diarios de viaje	Captura tanto de datos objetivos como subjetivos	
2) Antenas de Telefonía Móvil (Cell-ID), Encuestas y Diarios de Viaje	13.980 € - 23.980 €	- Objetivos: Rutas y tiempos desde antenas de telefonía móvil	Cobertura amplia sin necesidad de GPS	- Menor precisión que el GPS en algunas áreas. - Costos variables según operador.
		- Subjetivos: Percepciones y emociones mediante encuestas y diarios de viaje	Datos subjetivos detallados sobre emociones	
3) Tarjetas de Transporte Público, Encuestas y Diarios de Viaje	8.000 € - 10.000 €	- Objetivos: Viajes en transporte público, estaciones de inicio y fin	Económico y fácil de implementar para usuarios de transporte público	Limitado a modos de transporte público, no capta viajes a pie o en bicicleta
		- Subjetivos: Percepciones y emociones mediante encuestas y diarios de viaje		
4) Observación Directa, Encuestas y Diarios de Viaje	7.000 € - 9.000 €	- Objetivos: Modos de transporte observados y tiempos aproximados	Bajo costo, no requiere tecnología avanzada	Limitado a puntos de observación específicos, lo que puede no reflejar la movilidad completa
		- Subjetivos: Emociones y percepciones en encuestas y diarios de viaje		

Tabla 22 Comparación de Costos y Tipos de Datos.

Resumen Metodologías:

1. Google Maps, Encuestas y Diarios de Viaje.
2. Antenas de Telefonía Móvil (Cell-ID), Encuestas y Diarios de Viaje.
3. Tarjetas de Transporte Público, Encuestas y Diarios de Viaje.
4. Observación Directa, Encuestas y Diarios de Viaje.

Metodología	1	2	3	4
Datos Objetivos	✓	✓	✓	✓ (observación limitada)
Datos Subjetivos (Percepciones y Emociones)	✓	✓	✓	✓
Rutas	✓	✓	X	X
Tiempos de Desplazamiento	✓	✓	✓ (solo en transporte público)	✓ (aproximado)
Modos de Transporte	✓	✓	✓ (solo en transporte público)	✓ (aproximado)
Calidad de Datos Objetivos	Alto	Medio	Medio	Bajo
Calidad de Datos Subjetivos	Alto	Alto	Medio	Alto

Tabla 23 Comparativa de Tipos de Datos y Calidad de Datos.

A continuación, se presenta una tabla que asigna un valor a la calidad de los datos utilizando una escala del 1 al 5, en la que 1 indica "muy bajo" y 5 "muy alto". Esta tabla permite comparar tanto la calidad de los datos objetivos y subjetivos, como los costos asociados a cada metodología, lo que facilita un análisis costo-beneficio más claro y detallado.

Metodología	1	2	3	4
Calidad de Datos Objetivos	5	4	3	2
Calidad de Datos Subjetivos	5	5	4	5
Calidad Total	10	9	7	7
Precio	10.980 €	18.980 €	9000 €	8000 €

Tabla 24 Comparación de Calidad de Datos y Costos por Metodología.

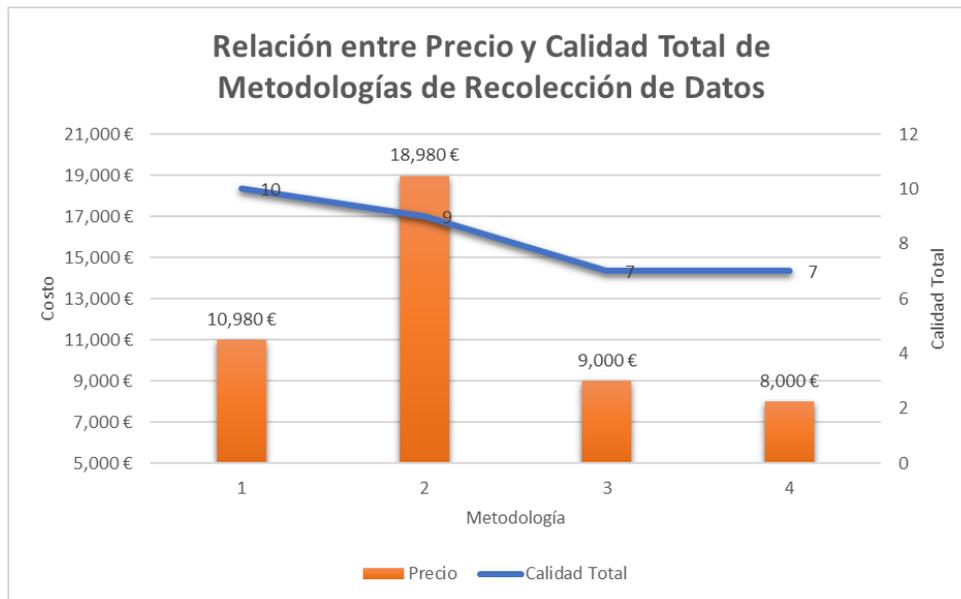


Figura 56 Comparación del Costo y la Calidad Total en Diferentes Metodologías de Recolección de Datos.

La nueva metodología de integración con datos de Google Maps (Metodología 1 en los esquemas) destaca como la opción más completa y precisa para la recolección de datos de movilidad en comparación con otras alternativas como las antenas de telefonía móvil (Cell-ID). Esta metodología proporciona una trazabilidad integral de los desplazamientos a lo largo de un día completo, ofreciendo información de alta calidad sobre la geolocalización, lo que permite analizar las rutas exactas, los tiempos de desplazamiento, y los modos de transporte utilizados.

El uso de Google Maps permite obtener datos de alta precisión, ya que aprovecha la tecnología GPS integrada en los dispositivos móviles, lo que asegura una trazabilidad detallada de cada trayecto, independientemente del modo de transporte. A diferencia de las antenas de telefonía móvil, que solo proporcionan información sobre la posición aproximada de los usuarios, los datos de Google Maps permiten identificar con exactitud las debilidades en las rutas, como zonas con poca conectividad o rutas menos eficientes. Además, esta metodología se complementa perfectamente con encuestas y diarios de viaje, permitiendo capturar sensaciones y percepciones de los participantes sobre sus desplazamientos, lo que enriquece el análisis de movilidad al incluir tanto datos objetivos como subjetivos.

Este enfoque no solo garantiza la calidad de los datos y su alta trazabilidad, sino que también ofrece una ventaja significativa para su implementación a nivel local, ya que no requiere infraestructuras adicionales. Al ser una solución completamente digital, basada en herramientas ya disponibles en los dispositivos de los usuarios, es una metodología escalable que puede adaptarse fácilmente a estudios en otras comunidades.



El uso de datos de Google Maps para proyectos de movilidad abre la puerta a futuras aplicaciones en otras áreas urbanas o rurales, convirtiéndose en un referente para la planificación urbana y la mejora de la infraestructura de transporte. La capacidad de esta metodología para identificar problemas específicos en las rutas, validar tiempos de desplazamiento y modos de transporte, así como para capturar las sensaciones de los usuarios, la posiciona como la solución ideal para abordar los desafíos de la movilidad moderna.

7 Conclusiones

7.1 Resumen de Hallazgos Principales

El análisis de la movilidad del grupo de estudio, basado en la integración de los diarios de viaje y los datos de Google Maps, permitió obtener una visión más completa de los patrones de desplazamiento. Se identificaron un total de 199 viajes a partir de los diarios de viaje proporcionados por los 7 participantes cuyos archivos fueron utilizables. Paralelamente, los archivos JSON de Google Maps registraron 186 viajes, de los cuales 122 pudieron ser emparejados con los reportados en los diarios.

Este proceso de emparejamiento reveló tendencias interesantes en la movilidad de los participantes. Por ejemplo, se observó que los viajes a pie y en Valenbisi estaban asociados a mayores niveles de satisfacción y bienestar emocional, reflejados en puntuaciones medias de felicidad y tranquilidad superiores a 4.41 en ambos modos de transporte. En cambio, los viajes en tranvía presentaron menores niveles de satisfacción, con emociones negativas como la preocupación y el estrés mostrando una mayor prevalencia. Este análisis también permitió identificar áreas geográficas donde la satisfacción de los usuarios fue baja, como la Carrer del Serpis, donde los peatones reportaron niveles más bajos de felicidad debido a factores como la falta de iluminación y la insuficiente infraestructura peatonal.

La comparación entre los diarios de viaje y los datos de Google Maps mostró que la integración de ambas fuentes es efectiva en términos generales, pero también expuso ciertos problemas y limitaciones que deben ser abordados en estudios futuros. De los 122 viajes emparejados, Google identificó correctamente el modo de transporte en 106 casos, lo que representa una tasa de éxito del 87%.

Por otro lado, los diarios de viaje aportaron una perspectiva subjetiva que los datos de Google no pueden captar. Los participantes pudieron detallar sus emociones, motivos del viaje y factores ambientales que influenciaron su experiencia de movilidad, lo que añade una capa cualitativa valiosa para el análisis. Sin embargo, la variabilidad en la calidad de los diarios, con algunos participantes proporcionando datos incompletos o incorrectos, afectó la capacidad de realizar un emparejamiento preciso en todos los casos. Este hallazgo resalta la importancia de guiar adecuadamente a los usuarios en la recolección de datos para mejorar la calidad general del estudio.

A partir del análisis realizado, se identificaron áreas clave donde la recogida de datos puede mejorarse para obtener un mayor nivel de detalle y precisión en la información recolectada. Un aspecto significativo fue el uso frecuente de la opción "otro" en el motivo del viaje, lo que indica que las categorías predefinidas en los diarios de viaje no fueron suficientes para capturar toda la diversidad de razones por las cuales los participantes se desplazaban. Este hecho subraya la necesidad de ampliar las opciones de motivos de viaje, permitiendo a los usuarios seleccionar con mayor precisión el motivo real de sus desplazamientos.

la experiencia en Valenbisi mostró que la preocupación aumentó en áreas donde la infraestructura ciclista es discontinua, como en la Carrer de Ramon Llull, donde los ciclistas debieron continuar su trayecto por calles sin carriles bici o zonas peatonales. Esta falta de infraestructura adecuada generó inseguridad entre los ciclistas y afectó su experiencia de viaje. Para abordar este problema, se propone mejorar la continuidad de los carriles bici en las principales rutas de desplazamiento hacia centros importantes como la universidad, lo que aumentaría la seguridad y comodidad de los usuarios de bicicletas.

7.2 Contribuciones del Estudio

El estudio permitió identificar los porcentajes de efectividad del sistema de transporte utilizado por los estudiantes de la UPV, así como comprender las necesidades específicas en las rutas que prefieren, aquellas que tienden a evitar y las que no tienen acceso. Esta información es crucial para mejorar la planificación y optimización de las rutas, asegurando que se adapten mejor a las preferencias y necesidades de los usuarios.

7.3 Limitaciones del Estudio

Una de las principales limitaciones de este estudio es la falta de una segmentación detallada de la muestra en términos de edad y estratificación socioeconómica de los participantes. Al no contar con información específica sobre la gama etaria ni sobre las características sociales y económicas de los individuos que participaron en el estudio, se limita la capacidad de comprender en profundidad los factores sociales, culturales y psicológicos que pueden influir en sus decisiones de movilidad.

Esta ausencia de datos sociodemográficos impide un análisis más completo de las razones subyacentes que podrían llevar a una persona a elegir un tipo de viaje o un modo de transporte específico. Por ejemplo, factores como el nivel de ingresos, la ocupación, el nivel educativo o la pertenencia a ciertos grupos de edad podrían tener un impacto significativo en las preferencias de movilidad, ya sea en la selección de rutas o en la elección de medios de transporte, como caminar, usar una bicicleta, tomar el transporte público, o utilizar un vehículo privado. Sin esta información, el estudio se ve limitado a una interpretación más superficial, enfocándose principalmente en las sensaciones inmediatas experimentadas durante los desplazamientos, como la felicidad, el estrés o la tranquilidad.

Además, la falta de contexto sobre los motivadores psicológicos o sociales también restringe la comprensión de las motivaciones profundas que subyacen a las decisiones de viaje. Por ejemplo, no se puede determinar si una persona elige un modo de transporte debido a la conveniencia, el costo, la percepción de seguridad, o factores emocionales como el deseo de evitar el tráfico o la preferencia por actividades al aire libre. Sin esta información, las conclusiones del estudio están más orientadas a la evaluación de las experiencias subjetivas del viaje en sí, en lugar de proporcionar un entendimiento más amplio de las motivaciones que impulsan a los individuos a optar por ciertos comportamientos de movilidad.

7.4 Futuras Líneas de Investigación

La metodología desarrollada en este estudio, junto con el software libre diseñado específicamente para el análisis de datos de Google, ofrece una herramienta innovadora y potente para continuar explorando la integración de diferentes fuentes de datos de movilidad. Este enfoque metodológico no solo ha demostrado ser efectivo para analizar patrones de desplazamiento, sino que también presenta un amplio potencial para futuras investigaciones en esta área.

Se recomienda realizar estudios futuros con una muestra que sea representativa de un área geográfica específica. Esto permitiría aplicar los resultados de manera más amplia, informando tanto políticas públicas como decisiones privadas orientadas a mejorar la movilidad de los usuarios del sistema de transporte. Una muestra representativa podría proporcionar datos más robustos y permitiría que los hallazgos fueran utilizados para diseñar intervenciones más efectivas en la planificación del transporte urbano.

La metodología aquí presentada permite un enfoque integral para entender y mejorar la planificación de los sistemas de transporte disponibles. A través de la identificación de deficiencias en las rutas y la infraestructura, es posible proponer mejoras específicas, como la optimización de horarios de transporte público, la creación de nuevas paradas de autobús, la ampliación de facilidades de aparcamiento, o la mejora del acceso peatonal. Este tipo de análisis puede generar conclusiones valiosas que orienten la implementación de mejoras en la infraestructura urbana y en la gestión de la movilidad, promoviendo así un entorno de transporte más eficiente y adaptado a las necesidades reales de los usuarios.

Por ejemplo, al analizar las líneas de transporte público disponibles en el área, se podrían identificar oportunidades para mejorar su eficiencia mediante la superposición de datos de movilidad y las sensaciones reportadas por los usuarios. Esta comparación detallada permitiría evaluar la efectividad de las rutas existentes y detectar puntos críticos donde se producen cuellos de botella, largas esperas o percepciones de inseguridad. Con esta información, se podrían hacer ajustes en la planificación de las rutas, como la redistribución de paradas, el ajuste de frecuencias o incluso la creación de nuevas líneas que respondan mejor a la demanda real y a las preferencias de los usuarios. Esta integración de datos de movilidad con la evaluación cualitativa de las experiencias de los usuarios ofrece una visión más completa, facilitando decisiones estratégicas que optimicen el uso del transporte público y mejoren la calidad del servicio para todos los ciudadanos.

Además, la capacidad de correlacionar las sensaciones reportadas por los usuarios con los datos de movilidad geoespaciales proporciona una herramienta poderosa para la toma de decisiones en la planificación urbana. Este tipo de análisis, facilitado por el uso de QGIS, permite identificar patrones emocionales asociados a la movilidad, como el estrés o la satisfacción, lo que contribuye a crear entornos urbanos más seguros, eficientes y agradables para los ciudadanos. Al integrar estas sensaciones en el análisis espacial, se pueden diseñar intervenciones más informadas y estratégicas en



las infraestructuras de transporte, mejorando la calidad de vida en las ciudades al abordar tanto las necesidades físicas como emocionales de los usuarios.

Otra línea de investigación podría explorar la influencia de las condiciones climáticas durante los días del estudio y examinar si existen patrones en la elección de modos de transporte o en el nivel de satisfacción con las rutas que se ven afectados por el clima. Por ejemplo, se podría investigar si las lluvias intensas, el calor extremo o el frío inciden en la preferencia por ciertos modos de transporte o en las experiencias reportadas por los usuarios. Esta información permitiría identificar posibles áreas de mejora en la infraestructura, como la necesidad de más refugios en paradas de autobús, mejores condiciones para caminar en climas adversos, o ajustes en la frecuencia del transporte público en función de las condiciones climáticas. Así, la planificación urbana podría adaptarse de manera más efectiva a las necesidades cambiantes de los ciudadanos, garantizando un entorno de movilidad más resiliente y adaptable a las variaciones del clima.



8 Referencias

- Becker, R., Cáceres, R., Hanson, K., Isaacman, S., Loh, J. M., Martonosi, M., Rowland, J., Urbanek, S., Varshavsky, A., & Volinsky, C. (2013). Human mobility characterization from cellular network data. *Communications of the ACM*, 56(1), 74-82. <https://doi.org/10.1145/2398356.2398375>
- Carrasco, J. A., & Miller, E. J. (2006). Exploring the propensity to perform social activities: A social network approach. *Transportation*, 33(5), 463-480. <https://doi.org/10.1007/s11116-006-8074-z>
- Elassy, M., Al-Hattab, M., Takruri, M., & Badawi, S. (2024). Intelligent transportation systems for sustainable smart cities. *Transportation Engineering*, 16, 100252. <https://doi.org/10.1016/j.treng.2024.100252>
- Environmental noise guidelines for the European Region*. (2018). World Health Organization, Regional Office for Europe.
- European Commission—Have your say*. (2020, agosto 10). [Text]. European Commission - Have Your Say. https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/12438-Sustainable-and-Smart-Mobility-Strategy_en
- Gillis, D., Lopez, A., & Gautama, S. (2023). *An Evaluation of Smartphone Tracking for Travel Behavior Studies*. <https://www.mdpi.com/2220-9964/12/8/335>
- Glaeser, E. L., Kahn, M. E., & Rappaport, J. (2008). Why do the poor live in cities? The role of public transportation. *Journal of Urban Economics*, 63(1), 1-24. <https://doi.org/10.1016/j.jue.2006.12.004>
- Griffiths, R., RICHARDSON, A. J., & LEE-GOSSELIN, M. E. H. (s. f.). *Travel Surveys*.



- Gutiérrez, J., Cardozo, O. D., & García-Palomares, J. C. (2011). Transit ridership forecasting at station level: An approach based on distance-decay weighted regression. *Journal of Transport Geography*, 19(6), 1081-1092. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2011.05.004>
- Hägerstrand, T. (1970). What about people in Regional Science? *Papers of the Regional Science Association*, 24(1), 6-21. <https://doi.org/10.1007/BF01936872>
- Holbrook, A. L., Krosnick, J. A., & Pfent, A. (2007). The Causes and Consequences of Response Rates in Surveys by the News Media and Government Contractor Survey Research Firms. En *Advances in Telephone Survey Methodology* (pp. 499-528). John Wiley & Sons, Ltd.
<https://doi.org/10.1002/9780470173404.ch23>
- Iqbal, Md. S., Choudhury, C. F., Wang, P., & González, M. C. (2014). Development of origin–destination matrices using mobile phone call data. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 40, 63-74. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2014.01.002>
- Keusch, F., Bähr, S., Haas, G.-C., Kreuter, F., Trappmann, M., & Eckman, S. (2022). Non-Participation in Smartphone Data Collection Using Research Apps. *Journal of the Royal Statistical Society Series A: Statistics in Society*, 185(Supplement_2), S225-S245.
<https://doi.org/10.1111/rssa.12827>
- Lucas, K. (2012). Transport and social exclusion: Where are we now? *Transport Policy*, 20, 105-113.
<https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2012.01.013>
- Mallik, C. (2019). Anthropogenic sources of air pollution. En P. Saxena & V. Naik (Eds.), *Air pollution: Sources, impacts and controls* (1.ª ed., pp. 6-25). CAB International.
<https://doi.org/10.1079/9781786393890.0006>
- Ndubuisi-Obi Jr, I. (2021). *Making the Most of Mobility Data (CDRs): A Guide for Policymakers*. MIT Governance Lab and Civic Data Design Lab (United States).



- Parady, G., Suzuki, K., Oyama, Y., & Chikaraishi, M. (2023). Activity detection with google maps location history data: Factors affecting joint activity detection probability and its potential application on real social networks. *Travel Behaviour and Society*, 30, 344-357.
<https://doi.org/10.1016/j.tbs.2022.10.010>
- Pepe, E., Bajardi, P., Gauvin, L., Privitera, F., Lake, B., Cattuto, C., & Tizzoni, M. (2020). *COVID-19 outbreak response: A first assessment of mobility changes in Italy following national lockdown* (p. 2020.03.22.20039933). medRxiv.
<https://doi.org/10.1101/2020.03.22.20039933>
- Prelipcean, A. C., Susilo, Y. O., & Gidófalvi, G. (2018). Collecting travel diaries: Current state of the art, best practices, and future research directions. *Transportation Research Procedia*, 32, 155-166. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2018.10.029>
- REGLAMENTO (UE) 2016/ 679 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO - de 27 de abril de 2016—Relativo a la protección de las personas físicas en lo que respecta al tratamiento de datos personales y a la libre circulación de estos datos y por el que se deroga la Directiva 95/ 46/ CE (Reglamento general de protección de datos). (2016).
- Salonen, M., & Toivonen, T. (2013). Modelling travel time in urban networks: Comparable measures for private car and public transport. *Journal of Transport Geography*, 31, 143-153.
<https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2013.06.011>
- Shen, L., & Stopher, P. R. (2014). Review of GPS Travel Survey and GPS Data-Processing Methods. *Transport Reviews*, 34(3), 316-334. <https://doi.org/10.1080/01441647.2014.903530>
- Transportation Research Board | National Academies*. (2018).
<https://www.nationalacademies.org/trb/transportation-research-board>
- Trochim, W. M. K. (2020). *Knowledge Base*. <https://conjointly.com/kb/>



Unitat de Medi Ambient. (2022). *Diagnóstico de movilidad en la UPV*. VCAMPUS.

<https://www.upv.es/entidades/vcampus/diagnostico-de-movilidad-en-la-upv-mayo-2022/>

Urban green spaces: A brief for action. (2018).

<https://www.who.int/europe/publications/i/item/9789289052498>

Warren Ruktanonchai, N., Warren Ruktanonchai, C., Rhona Floyd, J., & Tatem, A. J. (2018). *Using*

Google Location History data to quantify fine-scale human mobility.

<https://link.springer.com/article/10.1186/s12942-018-0150-z>

Watson, D., Clark, L. A., & Tellegen, A. (1988). Development and validation of brief measures of positive and negative affect: The PANAS scales. *Journal of Personality and Social Psychology*, 54(6), 1063-1070. <https://doi.org/10.1037//0022-3514.54.6.1063>

Worden, M. B., Amy Mitchell, Dorene Asare-Marfo, Courtney Kennedy and Kirsten. (2020, diciembre 8). The promise and pitfalls of using passive data to measure online news consumption. *Pew Research Center*. <https://www.pewresearch.org/journalism/2020/12/08/the-promise-and-pitfalls-of-using-passive-data-to-measure-online-news-consumption/>

Yang, J., Varshavsky, A., Liu, H., Chen, Y., & Gruteser, M. (2010). *Accuracy Characterization of Cell Tower Localization*. 223-226. <https://doi.org/10.1145/1864349.1864384>

Yu, X., Stuart, A. L., Liu, Y., Ivey, C. E., Russell, A. G., Kan, H., Henneman, L. R. F., Sarnat, S. E., Hasan, S., Sadmani, A., Yang, X., & Yu, H. (2019). On the accuracy and potential of Google Maps location history data to characterize individual mobility for air pollution health studies. *Environmental Pollution*, 252, 924-930. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.05.081>

9 Anexo: Herramienta de Software *jsontoxlsx*

Documentación: <https://jarayavarela.github.io/jsontoxlsx/>

9.1 Introducción al Software

El software *jsontoxlsx* ha sido desarrollado como una herramienta de apoyo para la realización del Trabajo de Fin de Máster del Máster en Transporte, Territorio y Urbanismo de la Universidad Politécnica de Valencia.

9.2 Resumen Funcional

jsontoxlsx es una herramienta especializada en la transformación de datos de movilidad de Google Location History, originalmente en formato JSON, a archivos Excel (.xlsx). El software automatiza la conversión de estos datos, consolidándolos en un formato tabular más accesible para análisis posteriores. Este enfoque facilita la integración de datos digitales de movilidad con los registros de movilidad tradicionales, como los diarios de viaje, permitiendo una comparación directa y una evaluación más precisa de patrones de movilidad.

9.3 Instalación

Para la distribución del software se utilizará el formato de biblioteca WHL. Un archivo WHL (o Wheel) es un formato de paquete utilizado en Python para distribuir e instalar bibliotecas y dependencias. Los archivos WHL contienen una colección precompilada de archivos necesarios para instalar un paquete en un entorno Python, lo que facilita la instalación rápida y eficiente del software sin la necesidad de compilar el código fuente. Este formato asegura que todas las dependencias y configuraciones estén correctamente empaquetadas, simplificando la distribución y el despliegue del software en diferentes entornos.

Sigue estos pasos para instalar y configurar correctamente el software *jsontoxlsx* en tu computadora. La instalación se divide en dos partes: la instalación de Python y la instalación del software.

9.3.1 Instalación Python

Antes de instalar *jsontoxlsx*, es necesario tener Python instalado en tu computadora. Si ya tienes Python instalado, puedes saltar este paso.

9.3.1.1 Descargar Python

Descarga la última versión estable de Python compatible con tu sistema operativo. Para este proyecto, necesitas al menos la versión 3.11. Puedes descargarla desde la página oficial de Python o directamente desde los siguientes enlaces:

Sistema Operativo	Enlace de Descarga
Windows	https://www.python.org/ftp/python/3.11.0/python-3.11.0-amd64.exe
macOS	https://www.python.org/ftp/python/3.11.0/python-3.11.0-macos11.pkg
Linux	https://www.python.org/ftp/python/3.11.0/Python-3.11.0.tgz

Tabla 25 Enlaces de Descarga Directa de Python 3.11.

9.3.1.2 Instalar Python

Abre el instalador que acabas de descargar. Primero, marca la casilla **"Add Python to PATH"** para asegurarte de que Python esté disponible desde la línea de comandos. Luego, haz clic en **"Install Now"** y sigue las instrucciones que aparecerán en pantalla para completar la instalación.

9.3.1.3 Verificar la Instalación

Abre una terminal (Cmd o PowerShell en Windows; Terminal en macOS/Linux). Luego, escribe: `python --version` para verificar que Python se haya instalado correctamente. Si la instalación fue exitosa, deberías ver un número de versión como salida, por ejemplo, Python 3.11.0.

9.3.2 Instalación jsontoxlsx

Una vez que Python esté instalado, puedes proceder con la instalación de jsontoxlsx utilizando el archivo de extensión `whl` proporcionado.

9.3.2.1 Descargar el archivo de Instalación

Obtén el archivo de extensión `whl` del software jsontoxlsx desde el repositorio oficial o el enlace proporcionado por el equipo de desarrollo.

Dentro del repositorio en la carpeta `dist` se encuentran las versiones activas del software, se recomienda utilizar la más actual

Repositorio	Enlace a Carpeta de Biblioteca
jsontoxlsx	https://github.com/jarayavarela/jsontoxlsx/tree/main/dist

Tabla 26 Enlace a Carpeta de archivos whl.

9.3.2.2 Instalar jsontoxlsx

Abre una terminal en la ubicación donde descargaste el archivo `.whl`. Luego ejecuta el siguiente comando para instalar el software:

```
python -m pip install nombre_del_archivo.whl
```

Asegúrate de reemplazar `nombre_del_archivo.whl` con el nombre real del archivo que descargaste. Por ejemplo, si el archivo que descargaste se llama `jsontoxlsx-1.0.2-py3-none-any.whl`, entonces el comando sería:

```
python -m pip install jsontoxlsx-1.0.2.post0-py3-none-any.whl
```

9.3.2.3 Verificar la Instalación

Una vez que el proceso de instalación se complete, verifica que `jsontoxlsx` esté instalado correctamente ejecutando:

```
python -m pip show jsontoxlsx
```

Deberías ver la versión del software como salida si la instalación fue exitosa.

9.4 Instrucciones de Uso

Para utilizar "jsontoxlsx" de manera efectiva y garantizar que los datos se procesen correctamente, los usuarios deben seguir los siguientes pasos:

9.4.1 Preparación de los Datos

Todos los archivos JSON obtenidos del Historial de Ubicaciones de Google deben ser colocados en una única carpeta en el sistema de archivos del usuario. Es esencial que todos los archivos a analizar se encuentren en la misma ubicación para que el software pueda acceder a ellos simultáneamente. Este paso es crucial porque "jsontoxlsx" opera seleccionando una carpeta completa como origen de los datos, y no archivos individuales.

Antes de proceder, se debe verificar que todos los archivos JSON cumplen con el formato requerido por el software. Esto incluye asegurarse de que cada entrada en el JSON tenga la estructura correcta. Cualquier desviación en el formato puede llevar a errores durante el proceso de conversión o, peor aún, a resultados inexactos.

```
{
  "timelineObjects": [{
    "activitySegment": {
      "startLocation": {
        "latitudeE7": 394807539,
        "longitudeE7": -3427222,
        "sourceInfo": {
          "deviceTag": -1364780865
        }
      },
      "endLocation": {
        "latitudeE7": 394754983,
        "longitudeE7": -3471247,
        "sourceInfo": {
          "deviceTag": -1364780865
        }
      },
      "duration": {
        "startTimestamp": "2022-10-20T19:16:10.414Z",
        "endTimestamp": "2022-10-20T19:28:00.690Z"
      },
      "distance": 751,
      "activityType": "WALKING",
      "confidence": "HIGH",
      "activities": [{
        "activityType": "WALKING",
        "probability": 86.69926524162292
      }, {
        "activityType": "STILL",
        "probability": 6.853951513767242
      }
    ]
  }
]
```

Figura 57 Formato Requerido de Archivo JSON.

9.4.2 Ejecución

En cualquier terminal, al ejecutar el comando `jsontoxlsx`, se abrirá una ventana que permitirá al usuario interactuar a través de una interfaz gráfica de usuario (GUI). Esta ventana facilita la búsqueda y selección de la carpeta donde están almacenados los archivos JSON. La interfaz presenta una vista estándar del sistema de archivos del usuario, permitiendo navegar fácilmente por las diferentes carpetas. El usuario debe seleccionar la carpeta que contiene todos los archivos JSON previamente preparados para que el software los procese correctamente. Es fundamental asegurarse de seleccionar la ubicación adecuada, ya que el programa integrará los datos de todos los archivos JSON presentes en esa carpeta.

9.4.3 Salida (output)

En la carpeta seleccionada para los archivos JSON, el software creará automáticamente una nueva carpeta denominada "salida". Dentro de esta carpeta, se generará un archivo Excel llamado "resumen.xlsx", que integrará los datos de todos los archivos JSON procesados. Este archivo "resumen.xlsx" consolidará toda la información relevante relacionada con los datos de movilidad, permitiendo su análisis y facilitando la comparación con otros conjuntos de datos, como los diarios de viaje. La estructura organizada de este archivo Excel ayuda a visualizar y explorar patrones de movilidad de forma efectiva.

9.4.4 Columnas del archivo resumen.xlsx

1. ID_VIAJE: Representa un identificador asignado a cada viaje encontrado en los datos por archivo. Este ID se repite para cada punto de ubicación registrado durante el mismo viaje.
2. N_PUNTO: Número secuencial asignado a cada punto de ubicación dentro de un viaje. Este valor incrementa con cada punto registrado, permitiendo reconstruir la ruta completa del viaje en función de este atributo.
3. LATITUD: Latitud geográfica del punto de ubicación, expresada en el sistema de referencia espacial EPSG:4326 (también conocido como WGS 84). Este formato es el estándar global para sistemas de posicionamiento geográfico.
4. LONGITUD: Longitud geográfica del punto de ubicación, también en el sistema EPSG:4326 (WGS 84).
5. VIAJE: Clasificación de los puntos dentro de un viaje. El primer punto se etiqueta como ORIGEN, el último como DESTINO, y los puntos intermedios se etiquetan como RUTA. Esta columna ayuda a distinguir las diferentes fases del trayecto.
6. FECHA_INI: Fecha en la que comienza el viaje, registrada según la zona horaria GMT 0.
7. HORA_INI: Hora exacta en la que inicia el viaje, también en la zona horaria GMT 0.
8. FECHA_FIN: Fecha de finalización del viaje, utilizando el mismo huso horario GMT 0.
9. HORA_FIN: Hora de finalización del viaje, en GMT 0.
10. DURACION (s): Duración total del viaje, expresada en segundos. Este valor permite analizar la extensión temporal de los desplazamientos.
11. DISTANCIA_OD (m): Distancia en línea recta entre el origen y el destino del viaje, expresada en metros. Este valor representa la distancia mínima que cubre el trayecto sin tener en cuenta las desviaciones o cambios de dirección.
12. MODO: Modo de transporte detectado para el viaje (por ejemplo, a pie, en bicicleta, en coche). Este dato puede ayudar a identificar patrones de movilidad.
13. CONFIANZA: Nivel de confianza asociado a la detección del modo de transporte utilizado durante el viaje.

14. **DISTANCIA_WAY (m)**: Distancia total recorrida durante el viaje, en metros, teniendo en cuenta todos los puntos de la ruta. Este valor refleja la longitud real del trayecto, considerando las desviaciones y cambios en la ruta.
15. **ARCHIVO_ORIGEN**: Nombre del archivo JSON del que provienen los datos procesados. Este campo es útil para rastrear el origen de la información, especialmente cuando se están procesando múltiples archivos JSON. Figura 58

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
	ID_VIAJE	N_PUNTO	LATITUD	LONGITUD	VIAJE	FECHA_INI	HORA_INI	FECHA_FIN	HORA_FIN	DURACION (s)	DISTANCIA_OD (m)	MODULO	CONFIANZA	DISTANCIA_WAY (m)	ARCHIVO_ORIGEN
2	1	1	39.4658985	-0.3805424	ORIGEN	2022-10-01	03:12:01	2022-10-01	03:18:27	387	375	WALKING	HIGH	417	1183AMG
3	1	2	39.4659156	-0.3804889	RUTA	2022-10-01	03:12:01	2022-10-01	03:18:27	387	375	WALKING	HIGH	417	1183AMG
4	1	3	39.4665336	-0.3780794	RUTA	2022-10-01	03:12:01	2022-10-01	03:18:27	387	375	WALKING	HIGH	417	1183AMG
5	1	4	39.467514	-0.3777056	RUTA	2022-10-01	03:12:01	2022-10-01	03:18:27	387	375	WALKING	HIGH	417	1183AMG
6	1	5	39.4675102	-0.3777543	DESTINO	2022-10-01	03:12:01	2022-10-01	03:18:27	387	375	WALKING	HIGH	417	1183AMG
7	2	1	39.4678374	-0.3779409	ORIGEN	2022-10-01	03:37:58	2022-10-01	04:14:37	2198	2245	IN_SUBWAY	MEDIUM	2596	1183AMG
8	2	2	39.4673399	-0.3767778	RUTA	2022-10-01	03:37:58	2022-10-01	04:14:37	2198	2245	IN_SUBWAY	MEDIUM	2596	1183AMG
9	2	3	39.4701462	-0.3709278	RUTA	2022-10-01	03:37:58	2022-10-01	04:14:37	2198	2245	IN_SUBWAY	MEDIUM	2596	1183AMG
10	2	4	39.4735843	-0.3654685	RUTA	2022-10-01	03:37:58	2022-10-01	04:14:37	2198	2245	IN_SUBWAY	MEDIUM	2596	1183AMG
11	2	5	39.4727385	-0.3577513	RUTA	2022-10-01	03:37:58	2022-10-01	04:14:37	2198	2245	IN_SUBWAY	MEDIUM	2596	1183AMG
12	2	6	39.4703311	-0.3503945	RUTA	2022-10-01	03:37:58	2022-10-01	04:14:37	2198	2245	IN_SUBWAY	MEDIUM	2596	1183AMG
13	2	7	39.4708036	-0.3520612	DESTINO	2022-10-01	03:37:58	2022-10-01	04:14:37	2198	2245	IN_SUBWAY	MEDIUM	2596	1183AMG
14	3	1	39.4720203	-0.3519161	ORIGEN	2022-10-01	15:16:35	2022-10-01	15:35:46	1151	2407	CYCLING	HIGH	2806	1183AMG
15	3	2	39.4720153	-0.3518973	RUTA	2022-10-01	15:16:35	2022-10-01	15:35:46	1151	2407	CYCLING	HIGH	2806	1183AMG
16	3	3	39.4730682	-0.3535118	RUTA	2022-10-01	15:16:35	2022-10-01	15:35:46	1151	2407	CYCLING	HIGH	2806	1183AMG
17	3	4	39.473381	-0.3533565	RUTA	2022-10-01	15:16:35	2022-10-01	15:35:46	1151	2407	CYCLING	HIGH	2806	1183AMG
18	3	5	39.4767036	-0.3560388	RUTA	2022-10-01	15:16:35	2022-10-01	15:35:46	1151	2407	CYCLING	HIGH	2806	1183AMG
19	3	6	39.4777603	-0.3596591	RUTA	2022-10-01	15:16:35	2022-10-01	15:35:46	1151	2407	CYCLING	HIGH	2806	1183AMG
20	3	7	39.4759635	-0.3557957	RUTA	2022-10-01	15:16:35	2022-10-01	15:35:46	1151	2407	CYCLING	HIGH	2806	1183AMG
21	3	8	39.4719772	-0.3519141	RUTA	2022-10-01	15:16:35	2022-10-01	15:35:46	1151	2407	CYCLING	HIGH	2806	1183AMG
22	3	9	39.4719786	-0.3519141	DESTINO	2022-10-01	15:16:35	2022-10-01	15:35:46	1151	2407	CYCLING	HIGH	2806	1183AMG

Figura 58 Formato de Archivo de Salida