



Universidad a distancia de Madrid

Graduado en Ingeniería de Organización Industrial

Departamento de Ingeniería Informática
y Organización Industrial

PROYECTO FIN DE GRADO

“Análisis y estudio para la optimización de la red de puntos de recarga de vehículos eléctricos del Ayuntamiento de Madrid: un enfoque integral para la eficiencia urbana sostenible”

Autor: Borja Navas Vázquez

Directora del Proyecto: Vanessa Fernández Chamorro

MADRID, JUNIO DE 2024

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto fin de carrera significa un hito muy importante en mi vida personal. Llega en un momento muy especial del que hablaré más adelante. Por supuesto, es fruto de una larga trayectoria de decisiones acertadas y otras no tan acertadas... pero todas ellas muy difíciles de tomar. Ha supuesto un gran esfuerzo llegar hasta aquí, compaginar estudio con vida personal y familiar, pero el camino lo he disfrutado, lo he sudado y saboreado. Así que, en la parte de recursos técnicos y de conocimientos, darle las gracias a todos los profesores de la UDIMA que me han impartido clase y que han aportado su granito de arena para que me forme como un ingeniero completo, en el ámbito personal y profesional. Darles las gracias, por cuidar la parte más humana del alumno, por estar ahí siempre y vigilar que se cumplan los objetivos marcados durante nuestra carrera académica.

Mención especial a la directora de este proyecto, Dña. Vanessa Fernández Chamorro, Doctora en Didáctica de las Matemáticas, de la Escuela de Ciencias Técnicas e Ingeniería por su colaboración, dedicación, empatía durante el desarrollo de este proyecto. En ámbito personal, este proyecto no lo podría haber realizado sin el apoyo de mis amigos y compañeros de carrera, que siempre han colaborado anímicamente y en ocasiones con ciertos recursos para que yo pueda ir cumpliendo objetivos. Compañeros estos últimos, con los que seguramente compartiré más vivencias de aquí en adelante...

Mención significativa en la parte más personal y profunda de mi ser, a mi familia. A mi mujer sobre todas las cosas, porque siempre ha creído en mí, incluso en los momentos en los que a uno le flaquean las fuerzas y la carga mental es alta. Gracias Melania por darme esa estabilidad emocional en momentos críticos, darme aliento y serenidad. Por supuesto que, expresar mi mayor gratitud por darme esos dos niños tan maravillosos a los que les agradezco tanto; por enseñarme a ser paciente a base de frustraciones y llantos intempestivos, pero a la vez participar en un aprendizaje continuo de la vida, cargado de mucho amor y felicidad.

Por eso, y con marcado énfasis, este TFG se lo quiero dedicar a mis dos hijos de 2 años y 7 meses respectivamente en el momento de escribir estas líneas.

A mis hijos Liam y Mauro. Va por vosotros.

“El éxito no es un accidente. Es trabajo duro, perseverancia, aprendizaje, estudio, sacrificio y lo más importante de todo, amor por lo que estás haciendo o aprendiendo a hacer” – Edson Arantes do Nascimento (Pelé)

ÍNDICE

| | |
|--|-----|
| AGRADECIMIENTOS | i |
| ÍNDICE | iii |
| ÍNDICE DE TABLAS | vi |
| ÍNDICE DE FIGURAS | vii |
| RESUMEN | x |
| ABSTRACT | xi |
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| CONTEXTO DE REFERENCIA | 1 |
| MOTIVACIÓN | 2 |
| OBJETIVOS | 4 |
| MARCO REGULATORIO ACTUAL | 6 |
| ÁMBITO EUROPEO | 6 |
| ÁMBITO NACIONAL | 8 |
| AYUDAS NACIONALES | 9 |
| BASE TEÓRICA | 12 |
| TEORÍA DE GRAFOS | 12 |
| 1.1.1. DIAGRAMA DE VORONOI | 12 |
| FUNDAMENTOS DE ESTADÍSTICA Y PROBABILIDAD | 15 |
| HERRAMIENTAS DE SOFTWARE | 19 |
| 1.1.2. LENGUAJE R Y RSTUDIO | 19 |
| 1.1.3. PYTHON | 26 |

| | |
|--|-----|
| 1.1.4. SCRIBBLE MAPS | 29 |
| DESARROLLO | 33 |
| ACCESO A CATÁLOGO DE DATOS ABIERTOS. GEOPORTAL | 33 |
| PREPARACIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS INICIALES: | 40 |
| ANÁLISIS CANTIDAD DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS Y PUNTOS DE RECARGA. | 44 |
| ANÁLISIS DEL NÚMERO DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS REGISTRADOS POR DISTRITO. | 49 |
| ANÁLISIS CALIDAD DEL AIRE EN LA CIUDAD DE MADRID | 57 |
| RESULTADOS | 96 |
| CONCLUSIONES | 99 |
| BIBLIOGRAFÍA | 103 |
| ANEXOS | 109 |
| ANEXO_1: Visor del geoportal. Ubicación puntos de recarga para VE..... | 109 |
| ANEXO_2: Archivo descargado en formato CSV de los puntos de recarga | 110 |
| ANEXO_3: Formato BB.DD puntos de recarga VE definitiva..... | 111 |
| ANEXO_4: Relación definitiva vehículos eléctricos años 2017-2023..... | 112 |
| ANEXO_5: Listado ubicaciones estaciones red calidad del aire Ayto. Madrid..... | 113 |
| ANEXO_6: Fichero por contaminante (NO ₂). Evolución en siete años..... | 114 |
| ANEXO_7: Información estaciones red calidad del aire Ayto. de Madrid | 115 |
| ANEXO_8: Diagrama de Voronoi – Estaciones CA vs puntos de recarga | 116 |
| ANEXO_9: Fichero Calles_Únicas_Por_Distrito_con_Conectores.xlsx | 117 |
| ANEXO_10: Diagrama de Voronoi – Estaciones CA vs vehículos eléctricos..... | 118 |
| ANEXO_11: Actuaciones Policía Municipal en marzo de 2024..... | 119 |

| | |
|--|-----|
| ANEXO_12: Script de R para contraste de hipótesis para la diferencia de medias. | 120 |
| ANEXO_13: Estudios ámbito social, desarrollo sostenible y eficiencia energética | 123 |
| ANEXO_14: Scripts de Python para el análisis y tratamiento de los datos objeto de estudio..... | 126 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1 Resumen medidas marcos normativos clave | 6 |
| Tabla 2 Iniciativas principales marcos regulatorios en vigor | 8 |
| Tabla 3 Comparativa y corrección denominaciones en base de datos primitiva | 35 |
| Tabla 4 Cantidad vehículos eléctricos vs puntos de recarga instalados por año | 44 |
| Tabla 5 Comparativa n° puntos de recarga y VE por distrito | 50 |
| Tabla 6 Concentraciones medias anuales de los diferentes contaminantes (2017-2023) | 64 |
| Tabla 7 Estadísticos de la Figura 26. N° conectores vs concentración media anual de NO ₂ | 72 |
| Tabla 8 Estadísticos Figura 27. N° puntos de recarga vs concentración media anual de NO ₂ | 73 |
| Tabla 9 Estadísticos de la Figura 28. N° conectores vs concentración máx. anual de NO ₂ | 74 |
| Tabla 10 Estadísticos de la Figura 29. N° puntos de recarga vs concentración máx. anual de NO ₂ | 75 |
| Tabla 11 Estadísticos transformación log.: N° conectores vs Concentración media anual de NO ₂ | 76 |
| Tabla 12 Estadísticos transformación log.: N° puntos de recarga vs Concentración media anual de NO ₂ | 77 |
| Tabla 13 Estadísticos transformación log.: N° conectores vs Concentración máxima anual NO ₂ | 77 |
| Tabla 14 Estadísticos transformación log.: N° puntos recarga vs Concentración máxima anual NO ₂ | 78 |
| Tabla 15 Estadísticos de la Figura 30. N° VE vs concentración media anual de NO ₂ . | 79 |

| | | |
|-----------------|--|----|
| Tabla 16 | Estadísticos de la Figura 31. N° VE vs concentración máx. anual de NO ₂ ... | 81 |
| Tabla 17 | Resultados contraste hipótesis (t de Student) | 83 |
| Tabla 18 | Media de actuaciones policiales totales por distrito | 92 |
| Tabla 19 | Proporción y vehículos policiales asignados por distrito | 93 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | | |
|------------------|--|----|
| Figura 1 | Ejemplo de diagrama de Voronoi | 15 |
| Figura 2 | Interfaz de usuario de RStudio..... | 23 |
| Figura 3 | Interfaz herramienta ScribbleMaps | 31 |
| Figura 4 | Acceso a portal de datos abiertos. Puntos de recarga para flota municipal ... | 33 |
| Figura 5 | Acceso a Geoportal del Ayto. de Madrid..... | 34 |
| Figura 6 | Herramienta 'Buscar y reemplazar' de M. Excel..... | 36 |
| Figura 7 | Herramienta 'Buscar y reemplazar' de M. Excel. Paso 2 | 36 |
| Figura 8 | Catálogo de datos. Parque móvil municipal (Fuente: Ayto. de Madrid) | 41 |
| Figura 9 | Listado de descargas disponibles BB.DD parque móvil (Fuente: Ayto. de Madrid)..... | 41 |
| Figura 10 | Relación vehículos eléctricos vs puntos de recarga | 45 |
| Figura 11 | Gráfico de barras. Puntos de recarga por distrito..... | 48 |
| Figura 12 | Gráfico de barras. Comparativa vehículos eléctricos vs puntos de recarga por distrito..... | 51 |
| Figura 13 | Gráfico de barras. Vehículos eléctricos vs puntos de recarga (> 50 vehículos) | 52 |
| Figura 14 | Gráfico de barras. Vehículos eléctricos vs puntos de recarga (≤ 50 vehículos) | 53 |

| | |
|--|----|
| Figura 15 Gráfico de dispersión. Vehículos eléctricos vs puntos de recarga por distrito | 55 |
| Figura 16 Clasificación calidad del aire por contaminantes..... | 58 |
| Figura 17 Mapa estaciones calidad del aire en tiempo real..... | 60 |
| Figura 18 Acceso datos anuales de contaminantes..... | 61 |
| Figura 19 Base de datos anual de calidad del aire por contaminante | 62 |
| Figura 20 Organización por carpetas bases de datos anuales por contaminante..... | 62 |
| Figura 21 Curvas evolución concentración media anual por contaminante..... | 63 |
| Figura 22 Puntos de recarga por distrito con unificación de calles | 68 |
| Figura 23 Puntos de recarga por distrito con unificación de calles y conectores..... | 69 |
| Figura 24 Nueva BB.DD ubicaciones estaciones medición calidad del aire | 70 |
| Figura 25 Base de datos para facilitar el estudio de los diagramas de Voronoi..... | 71 |
| Figura 26 Gráfica de dispersión. N° conectores vs concentración media anual de NO ₂ | 72 |
| Figura 27 Gráfica de dispersión. N° puntos de recarga vs concentración media anual de NO ₂ | 73 |
| Figura 28 Gráfica de dispersión. N° conectores vs concentración máx. anual de NO ₂ | 74 |
| Figura 29 Gráfica de dispersión. N° puntos de recarga vs concentración máx. anual de NO ₂ | 75 |
| Figura 30 Gráfica de dispersión. N° VE vs concentración media anual de NO ₂ | 79 |
| Figura 31 Gráfica de dispersión. N° VE vs concentración máx. anual de NO ₂ | 80 |
| Figura 32 Resultado contraste hipótesis diferencia de medias en RStudio | 82 |
| Figura 33 Diagrama de Voronoi. Reevaluación ubicación nuevas ECAs..... | 88 |
| Figura 34 BB.DD actuaciones Policía Municipal. Seguridad ciudadana..... | 91 |
| Figura 35 Gráfico de barras. Media de actuaciones por distrito (enero – abril 2024).. | 93 |

| | |
|---|----|
| Figura 36 Gráfico de barras. Distribución VE de la Policía Municipal por nº medio de actuaciones..... | 94 |
| Figura 37 Resultados de suficiencia de puntos de recarga en función del nº VE policiales asignados | 95 |

RESUMEN

Este proyecto final de carrera se enfoca en el análisis e investigación para optimizar la red de estaciones de carga de vehículos eléctricos del Ayuntamiento de Madrid, con el objetivo de promover la eficiencia urbana sostenible. Se utilizan métodos estadísticos descriptivos, métodos cuantitativos, teoría de grafos y software específico de análisis de datos como R y Python.

Ante la creciente conciencia ambiental y la transición hacia la movilidad eléctrica, es importante desarrollar estrategias para promover el uso de vehículos eléctricos y facilitar su carga en entornos urbanos. El estudio cubre una variedad de aspectos relevantes, incluida la ubicación óptima de los puntos de carga, la capacidad de carga, la infraestructura eléctrica requerida y consideraciones económicas y ambientales. Se realiza un análisis detallado de las necesidades de recarga de vehículos eléctricos en determinadas zonas urbanas de Madrid, utilizando métodos estadísticos descriptivos para comprender los patrones migratorios, la densidad de población y otros factores relevantes.

Además, se utilizan métodos cuantitativos para evaluar la viabilidad económica de la propuesta de optimización. Se emplea la teoría de grafos para modelar una red de puntos de recarga y optimizar su distribución para garantizar una cobertura suficiente y minimizar los costes asociados. También se utilizan técnicas de análisis de datos espaciales para identificar áreas estratégicas para nuevos puntos de recarga y maximizar la usabilidad y accesibilidad para los usuarios. La interoperabilidad de la red de carga, la integración con fuentes renovables de energía y la gestión inteligente de la demanda eléctrica son otros temas abordados en el estudio. R y Python se emplean como ejemplos de software específicos de análisis de datos para realizar la simulación, modelización y visualización de los resultados.

Los resultados obtenidos ofrecerán una visión integrada de los desafíos y oportunidades relacionados con la optimización de la red de puntos de recarga de vehículos eléctricos en entornos urbanos, proporcionando recomendaciones prácticas y estrategias para avanzar en la eficiencia y la sostenibilidad en el transporte urbano.

ABSTRACT

This final project focuses on the analysis and research to optimize the network of electric vehicle charging stations of the Madrid City Council, with the aim of promoting sustainable urban efficiency. Descriptive statistical methods, quantitative methods, graph theory and specific data analysis software such as R and Python are used.

With increasing environmental awareness and the transition to electric mobility, it is important to develop strategies to promote the use of electric vehicles and facilitate their charging in urban environments. The study covers a variety of relevant aspects, including the optimal location of charging points, charging capacity, required electrical infrastructure, and economic and environmental considerations. A detailed analysis of the charging needs of electric vehicles in certain urban areas of Madrid is performed, using descriptive statistical methods to understand migration patterns, population density and other relevant factors.

In addition, quantitative methods are used to assess the economic viability of the optimisation proposal. Graph theory is used to model a network of recharge points and optimize their distribution to ensure sufficient coverage and minimize associated costs. Spatial data analysis techniques are also used to identify strategic areas for new recharge points and maximize usability and accessibility for users. Interoperability of the charging network, integration with renewable energy sources and intelligent management of electricity demand are other topics addressed in the study. R and Python are used as examples of specific data analysis software to perform simulation, modelling and visualization of results.

The results obtained will offer an integrated vision of the challenges and opportunities related to the optimization of the network of charging points of electric vehicles in urban environments, providing practical recommendations and strategies to advance efficiency and sustainability in urban transport.

INTRODUCCIÓN

CONTEXTO DE REFERENCIA

Este Trabajo Fin de Grado surge de la creciente necesidad de fomentar la movilidad sostenible en entornos urbanos densamente poblados, como es el caso de Madrid. Esta necesidad se ve impulsada por el aumento constante en la adopción de vehículos eléctricos (VE), como parte de los esfuerzos globales para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y combatir el cambio climático. Tanto es así que existen importantes iniciativas globales y locales enfocadas en la sostenibilidad y la movilidad:

Especial relevancia tiene la movilidad sostenible dentro de los esfuerzos globales para alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible propuestos por la ONU para 2030. Esencialmente, la movilidad sostenible juega un papel clave, especialmente reflejado en el Objetivo 11, que promueve el desarrollo de ciudades y comunidades más sostenibles. Este enfoque incluye la necesidad de optimizar la movilidad urbana para superar problemas como el tráfico excesivo y la contaminación atmosférica. En este contexto, la transición hacia sistemas de movilidad que favorezcan la inclusión, la seguridad y la resiliencia se convierte en un pilar para lograr un entorno urbano más habitable y sostenible, tal como se destaca en la Agenda 2030.

Centrándome en el panorama nacional, España ha puesto en marcha la Estrategia de Movilidad Segura, Sostenible y Conectada 2030 mediante el Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana. Este plan estratégico propone un compendio de más de 150 medidas, organizadas en nueve ejes estratégicos, que abarcan desde la universalización de la movilidad hasta la implementación de sistemas de baja emisión y tecnologías inteligentes para el transporte. El propósito de estas iniciativas es inducir un cambio significativo en los patrones de movilidad de la población, alineándolos con los ODS y los esfuerzos por mitigar el impacto del cambio climático.

Por concluir, en lo que respecta a la transición hacia una movilidad más limpia, destaca la importancia de los vehículos eléctricos como un componente crucial para la

movilidad sostenible pues el fin último es avanzar hacia una flota vehicular libre de emisiones, en consonancia con los compromisos ambientales y de sostenibilidad a largo plazo.

MOTIVACIÓN

El papel fundamental que juegan los puntos de recarga para vehículos eléctricos en esta transición hacia una movilidad más verde es indiscutible. Sin embargo, la eficiencia y accesibilidad de estas infraestructuras no siempre se encuentran optimizadas, lo que puede representar un obstáculo significativo para los usuarios actuales y potenciales de VE. Este proyecto busca abordar estos desafíos mediante un análisis exhaustivo de la red actual de puntos de recarga, utilizando para ello herramientas avanzadas de análisis de datos, teoría de grafos y estadística, así como la implementación de soluciones a través de lenguajes de programación como Python y R.

La ingeniería industrial es una disciplina que se centra en la optimización de procesos y la toma de decisiones estratégicas para mejorar la eficiencia y rentabilidad de las organizaciones. Utiliza métodos cuantitativos y análisis matemático para solucionar problemas complejos, asegurando que las operaciones se ejecuten de manera más efectiva. Estos métodos permiten una gestión precisa de operaciones, estrategias de recursos e infraestructura, y planificación y control de producción.

Los estudiantes de ingeniería industrial adquieren habilidades clave como una visión global de la gestión de operaciones, diseño y planificación eficientes, y competencias en herramientas matemáticas y estadísticas. Estas habilidades son cruciales para el análisis y mejora de procesos en cualquier tipo de organización.

Además, los métodos cuantitativos facilitan la toma de decisiones basada en datos, mejoran la utilización de recursos y minimizan los riesgos. Al estudiar y aplicar estos

métodos, los ingenieros industriales aprenden a identificar y enfocarse en actividades que agregan valor real, lo que es esencial para satisfacer las demandas de los clientes y promover el desarrollo sostenible de la industria y la sociedad.

Por ejemplo, en la optimización de una red de puntos de recarga para vehículos eléctricos, la combinación de métodos cuantitativos y matemática discreta puede definir y resolver problemas de localización y recursos. Esto incluye la formulación de modelos matemáticos para minimizar costes y maximizar la cobertura, aplicando técnicas de solución y análisis de sensibilidad, e implementando la solución óptima mientras se monitoriza su rendimiento. Estos pasos aseguran que la infraestructura desarrollada sea eficiente y accesible para los usuarios, demostrando la aplicación práctica y el valor de la ingeniería industrial en contextos reales.

Así pues, la motivación detrás de este trabajo radica en la convicción de que una red de recarga bien planificada y eficiente es esencial para:

- Facilitar la adopción masiva de vehículos eléctricos.
- Mejorar la calidad del aire urbano reduciendo la dependencia de los combustibles fósiles.
- Contribuir al desarrollo sostenible de la ciudad de Madrid.

En este sentido, el proyecto aspira no solo a identificar las áreas de mejora dentro de la red existente, sino también a proponer soluciones innovadoras que optimicen la distribución y funcionalidad de los puntos de recarga. Esto implicará un enfoque integral que considere tanto la demanda actual como las proyecciones futuras de uso de VE en Madrid, garantizando que la infraestructura de recarga evolucione en consonancia con las necesidades de los ciudadanos y los objetivos de sostenibilidad urbana del Ayuntamiento.

OBJETIVOS

El objetivo general de este proyecto consiste, como bien dice el título de este en estudiar, analizar y optimizar la red de puntos de recarga de vehículos eléctricos del Ayuntamiento de Madrid.

Los objetivos del proyecto se centran en abordar varios aspectos fundamentales para optimizar la red de puntos de recarga de vehículos eléctricos en Madrid. Estos pueden clasificarse ampliamente en la evaluación del escenario existente, áreas para un mayor desarrollo y soluciones desarrolladas a partir de enfoques integrales y sostenibles.

Los objetivos específicos se han descrito de la siguiente manera:

1. Evaluar exhaustivamente la red actual de puntos de recarga para vehículos eléctricos en Madrid:

- Mapear la ubicación actual de todos los puntos de recarga disponibles.
- Identificar patrones de demanda según diferentes zonas y horarios.

2. Identificar de necesidades y áreas de mejora:

- Detectar zonas con insuficiente cobertura de puntos de recarga.
- Identificar los requisitos futuros de recarga de la tendencia de crecimiento prevista dentro del mercado de vehículos eléctricos.

3. Optimizar la red utilizando teoría de grafos y estadística:

- Ubicar la distribución espacial de los puntos de recarga de manera óptima de tal manera que se minimice la distancia promedio de los usuarios a los puntos de recarga, mediante el uso de modelos de teoría de grafos.
- Requerir de un análisis estadístico para entender mejor las variables y anticipar tendencias en el futuro.

4. Desarrollar un modelo predictivo para la expansión futura de la red:

- Sugerir lugares estratégicos para nuevos puntos de recarga que podrían ubicarse, siguiendo el análisis de la densidad de población, patrones de tráfico y proyección de crecimiento de expansión de vehículos en el área.

5. Proponer soluciones sostenibles y eficientes:

- Diseñar estrategias para integrar fuentes de energía renovable en la red de recarga, promoviendo la sostenibilidad.
- Observar las nuevas tecnologías emergentes en la recarga de vehículos eléctricos, como la recarga inalámbrica o los puntos de recarga de alta velocidad, para su aplicación.

6. Elaborar recomendaciones para políticas públicas:

Las recomendaciones para el Ayuntamiento de Madrid incluyen recomendaciones económicas, sociales y ambientales para la mejora y ampliación de la red de recarga. Para fomentar la inversión en infraestructura de recarga y apoyar la compra de vehículos eléctricos, desarrollar un marco de incentivos y regulación.

Sus propósitos son el establecimiento de un análisis comprensivo y detallado de la red de puntos de recarga actuales, identificación de desafíos y oportunidades, y ofrecer soluciones prácticas y estratégicas que podrían contribuir al desarrollo de la infraestructura de recarga eficiente, accesible y sostenible en Madrid.

MARCO REGULATORIO ACTUAL

Esta sección abarca los elementos esenciales de las directrices europeas y nacionales significativas relacionadas con la movilidad eléctrica. Ilumina los incentivos y apoyos disponibles destinados a fomentar una adopción adecuada. Además, el capítulo profundiza en el análisis de los esquemas de incentivos actuales, evaluando cuán efectivos son en motivar a las personas a cambiar a vehículos eléctricos y en ampliar la red de estaciones de carga.

ÁMBITO EUROPEO

En los últimos años, las iniciativas europeas se han concentrado en promover la movilidad eléctrica y en la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. Con este fin, se han implementado diversas estrategias e incentivos para fomentar la adquisición de vehículos eléctricos, establecer normas de emisión y mejorar la infraestructura de carga. A continuación, se proporciona un resumen en la siguiente tabla de varias medidas introducidas por los marcos normativos clave (Del Barrio & Olivera, 2023) (Tabla 1):

Tabla 1

Resumen medidas marcos normativos clave

| Regulación | Marco normativo | Aspectos clave |
|-------------------------------|--|---|
| DIRECTIVA (EU) 2014/94 | Normativa sobre la implantación de una infraestructura para combustibles alternativos. | Medidas para favorecer el despliegue de puntos de recarga (PR): necesidad de al menos un PR por cada 10 vehículos eléctricos registrados, promoción de incentivos fiscales y financieros para la instalación de PR en áreas de aparcamiento de edificios. |
| DIRECTIVA 944/2019 | Sobre normas comunes para el mercado interno de la electricidad y por la que se | Medidas para la integración y promoción de la electromovilidad. |

| | | |
|---|---|---|
| | modifica la Directiva 2012/27/UE. | |
| PACTO VERDE / FIT FOR 55 | Plan de la Unión Europea para la transición ecológica. | Iniciativas para asegurar la reducción del 55% de emisiones netas de CO ₂ y gases de efecto invernadero para 2030. |
| REGLAMENTO AFIR | Revisión del Reglamento sobre infraestructura de combustibles alternativos. | Propuestas y medidas relacionadas con la nueva infraestructura. |
| REGLAMENTO DELEGADO (UE) DE LA CE C(2023) 1087 FINAL | Normativa detallada para la producción de combustibles líquidos y gaseosos renovables de origen no biológico. | Especifica que los combustibles líquidos y gaseosos de origen no biológico producidos a partir de electricidad solo se consideran renovables cuando la electricidad es renovable. |
| OTRAS APROBACIONES RECIENTES | Resumen de medidas tomadas por el Parlamento Europeo en relación con el medio ambiente y la energía. | Énfasis en la reducción del consumo de combustibles fósiles en el transporte para alcanzar la neutralidad climática para 2050, mandatos para el despliegue de infraestructura de carga, objetivos para números de vehículos eléctricos, regulaciones para una transición a vehículos de cero emisiones para 2035, junto con un aumento en los impuestos energéticos para desalentar los combustibles de alta emisión. |

Las normativas de la Unión Europea reflejan un enfoque proactivo hacia la transición ecológica, con regulaciones que promueven la infraestructura para combustibles

alternativos y la reducción de emisiones, apuntando a lograr la neutralidad climática para 2050.

ÁMBITO NACIONAL

Conforme a las regulaciones europeas, el marco normativo español se ha desarrollado para promover la electrificación del transporte y la creación de infraestructuras de recarga. Se han tomado medidas específicas para agilizar los trámites administrativos y estimular la instalación de estaciones de carga en espacios de acceso público. A continuación, se detallan en la siguiente tabla algunas de las iniciativas adoptadas por los principales marcos regulatorios en vigor (Del Barrio & Olivera, 2023) (Tabla 2):

Tabla 2

Iniciativas principales marcos regulatorios en vigor

| Regulación | Marco normativo | Aspectos clave |
|-----------------|--|---|
| RDL 15/2018 | Medidas urgentes para la transición energética y protección de consumidores. | Elimina la figura del gestor de recarga. Permite a empresas distribuidoras ser titulares de último recurso de infraestructuras para la recarga de vehículos eléctricos. |
| CIRCULAR 6/2019 | Metodología de retribución de la actividad de distribución de energía eléctrica. | Establece la metodología de retribución a la actividad de distribución eléctrica. Considera las infraestructuras de recarga dentro de las inversiones en digitalización y automatización de la red. |
| LEY 7/2021 | Ley de cambio climático y transición energética. | Obligación de instalación de al menos un punto de carga en gasolineras con ventas superiores a 5M y 10M de litros. |
| RD 1125/2021 | Regula la concesión de subvenciones directas a las | Establece subvenciones para la inversión en |

| | | |
|--|--|--|
| | distribuidoras para la realización de inversiones en infraestructuras para la recarga eléctrica. | infraestructuras de recarga eléctrica, enfocadas en distribuidoras. |
| PNIEC 2021 y actualización 2022 | Plan Nacional Integrado de Energía y Clima. | Define objetivos y medidas para la transición energética en España, incluyendo la promoción de la movilidad eléctrica. |
| RDL 29/2021 | Medidas de fomento de movilidad eléctrica, autoconsumo y despliegue de renovables. | Incluye medidas para impulsar la movilidad eléctrica y el autoconsumo, así como el despliegue de energías renovables. |
| RD 450/2022 | Regula la actividad de prestación de servicios de recarga energética. | Define las modalidades de prestación del servicio de recarga energética y establece acuerdos de interoperabilidad. |
| RDL 5/2023 | Medidas de simplificación administrativa y fomento de la movilidad eléctrica. | Introduce simplificaciones en las tramitaciones y exención de licencias, junto con beneficios fiscales para la instalación de puntos de recarga. |

La legislación española se alinea con las directrices europeas, implementando medidas específicas para acelerar la transición energética mediante el fomento de la infraestructura de recarga eléctrica y la promoción de la movilidad eléctrica y el autoconsumo.

AYUDAS NACIONALES

Es esencial destacar cómo influyen los programas de apoyo para animar a invertir en infraestructuras de recarga, promoviendo de este modo su ampliación. En tiempos recientes, el interés en transformar el sector de los transportes para que sea más ecológico ha ido en aumento, una situación que la pandemia de COVID-19 solo ha hecho más

evidente, impulsando a las autoridades a adoptar una serie de estrategias enfocadas a la transición hacia energías más sostenibles para impulsar la recuperación económica.

Los marcos de ayuda son esenciales para impulsar la inversión en infraestructuras de recarga, promoviendo la ecologización del transporte.

El **Real Decreto 36/2020** (Real Decreto 36/2020) y el **Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia de España** se enmarcan en el fondo europeo *Next Generation EU* (Next Generation EU: Ministerio de Hacienda, s.f.), con una asignación esperada de 140 mil millones de euros para España en transferencias y créditos entre los años 2021 y 2025.

El plan se organiza en cuatro ejes principales y diez ejes secundarios, que incluyen componentes específicos para mejorar la movilidad urbana y el desarrollo de infraestructuras eléctricas y redes inteligentes.

De entre esos componentes destacan los siguientes que se mencionan a continuación:

- Componente 1, que contempla el "*Plan de Choque de Movilidad Sostenible, Segura y Conectada en entornos urbanos y metropolitanos*".
- Componente 6. "*Movilidad segura y conectada*".
- Componente 8. "*Infraestructuras eléctricas, Promoción de Redes Inteligentes y despliegue de la flexibilidad y almacenamiento*".

El objetivo de estos componentes es promover la adopción de soluciones de movilidad más sostenibles, mejorar la conectividad dentro de los entornos urbanos y avanzar en el desarrollo de infraestructura eléctrica. Además, buscan fomentar la creación de redes eléctricas más inteligentes y sistemas de almacenamiento de energía más eficientes. Se anticipa que estos esfuerzos servirán como un pilar crucial en la transición hacia un sistema energético más limpio y la electrificación del sector del transporte en España.

Las inversiones y reformas delineadas en diversas estrategias se han traducido en varios **planes concretos de inversión**, incluyendo, pero no limitándose a, los siguientes:

- **Planes MOVES** (Programa MOVES III, | Idae, 2021): subvenciones para infraestructuras de recarga de vehículos eléctricos y fomento de la movilidad sostenible.
- **MOVES Proyectos Singulares** (Programa de ayudas MOVES Proyectos Singulares, 2023): enfoque en la innovación de la electromovilidad y tecnologías de comunicación.
- **PERTE VEC** (Ministerio de Industria y Turismo- PERTE VEC, 2024): iniciativa de colaboración público-privada para el desarrollo integral del vehículo eléctrico, con una amplia inversión que abarca desde la fabricación hasta la formación, la tecnología de información y programas de IA.
- **Plan MOVES Flotas** (Programa MOVES Flotas | Idae, 2021): subvenciones orientadas a empresas para renovar sus flotas con vehículos eléctricos, incluir infraestructura de recarga y transformar hacia la electrificación.
- **Real Decreto 1125/2021** (Real Decreto 1125/2021): establece ayudas para la digitalización de redes eléctricas y desarrollo de infraestructuras de recarga.
- **Orden ICT/736/2023** (Orden ICT/736/2023): regula la concesión de ayudas para proyectos relacionados con la cadena de valor del vehículo eléctrico, enfocado en el impulso de proyectos de baterías dentro del PRTR.
- **Orden ICT/359/2022** (Orden ICT/359/2022): bases reguladoras para ayudas en la industria del vehículo eléctrico y conectado, parte del PERTE VEC.

BASE TEÓRICA

TEORÍA DE GRAFOS

DIAGRAMA DE VORONOI

Introducción:

El diagrama de Voronoi es una estructura matemática que divide un espacio en regiones de influencia basadas en un conjunto de puntos. Cada punto tiene una región asociada que consiste en todos los puntos del espacio que están más cerca de ese punto que de cualquier otro. Este concepto, que se aplica en diversas disciplinas como la geografía, la biología, y la informática, lleva el nombre del matemático ruso Georgy Voronoi, quien lo estudió en profundidad en 1908 (Okabe, Boots, Sugihara, & Chiu, 2000; Müller, J.Ú, 2024)

Definición formal:

Para un conjunto finito de puntos $\mathbf{P} = \{ \mathbf{p}_1, \mathbf{p}_2, \dots, \mathbf{p}_n \}$ en un espacio euclidiano, el diagrama de Voronoi es una partición del espacio tal que cada región $V(p_i)$ corresponde a un punto p_i del conjunto y se define como:

$$V(\mathbf{p}_i) = \{ \mathbf{x} \in \mathbb{R}^d \mid \|\mathbf{x} - \mathbf{p}_i\| \leq \|\mathbf{x} - \mathbf{p}_j\|, \forall \mathbf{p}_j \in \mathbf{P}, j \neq i \}$$

donde $\|\mathbf{x} - \mathbf{p}_i\|$ representa la distancia euclidiana entre el punto x y p_i .

Propiedades:

- **Convexidad:** cada celda de Voronoi es un polígono convexo.
- **Bordes:** los bordes de las celdas de Voronoi son segmentos de recta que son bisectrices perpendiculares a los segmentos que unen los puntos generadores.
- **Adyacencia:** dos puntos generadores son vecinos de Voronoi si y solo si sus celdas de Voronoi comparten un borde.

Algoritmos de construcción:

Existen varios algoritmos para la construcción de diagramas de Voronoi, entre los cuales destacan:

- **Algoritmo de incremento incremental:** construye el diagrama agregando puntos uno a uno y ajustando las celdas de Voronoi en cada paso.
- **División y conquista:** divide el conjunto de puntos en subconjuntos más pequeños, construye los diagramas de Voronoi para estos subconjuntos y luego los combina.
- **Algoritmo de Fortune:** utiliza una línea barrida que recorre el espacio y va construyendo el diagrama de Voronoi en tiempo óptimo $O(n \log n)$.

Aplicaciones:

- **Geografía:** para la delimitación de áreas de influencia de ciudades, estaciones de servicio, etc.
- **Biología:** en el estudio de patrones de crecimiento celular y distribución de organismos.
- **Informática:** en gráficos por computadora para la generación de terrenos y texturización, así como en la optimización de redes de distribución.

Ejemplo y visualización del Diagrama de Voronoi:

Para visualizar un diagrama de Voronoi, consideremos un plano bidimensional con un conjunto de puntos generadores. El diagrama de Voronoi dividirá este plano en regiones poligonales, donde cada región contiene todos los puntos que están más cerca de un generador específico que de cualquier otro.

Paso a Paso de la construcción:

Selección de Puntos Generadores: supongamos que tenemos un conjunto de puntos $P = \{p_1, p_2, p_3, p_4\}$ en el plano.

Dibujar Bisectrices Perpendiculares: para cada par de puntos generadores, dibujamos la bisectriz perpendicular del segmento que los une. Esta bisectriz es el lugar geométrico de los puntos que están a igual distancia de ambos generadores.

Formación de Polígonos de Voronoi: las bisectrices perpendiculares se extienden hasta encontrarse con otras bisectrices, formando los bordes de las regiones de Voronoi. Cada región de Voronoi estará delimitada por estos segmentos de recta, que son parte de las bisectrices entre los puntos generadores.

Determinación de Celdas de Voronoi: cada celda de Voronoi $V(p_i)$ para un punto generador p_i es el conjunto de todos los puntos del plano que están más cerca de p_i que de cualquier otro generador p_j .

Ejemplo Concreto:

Consideremos un ejemplo específico con cuatro puntos generadores:
 $P = \{ A(1,2), B(4,6), C(7,2), D(5,9) \}$

Paso 1: colocamos los puntos A, B, C, y D en el plano cartesiano.

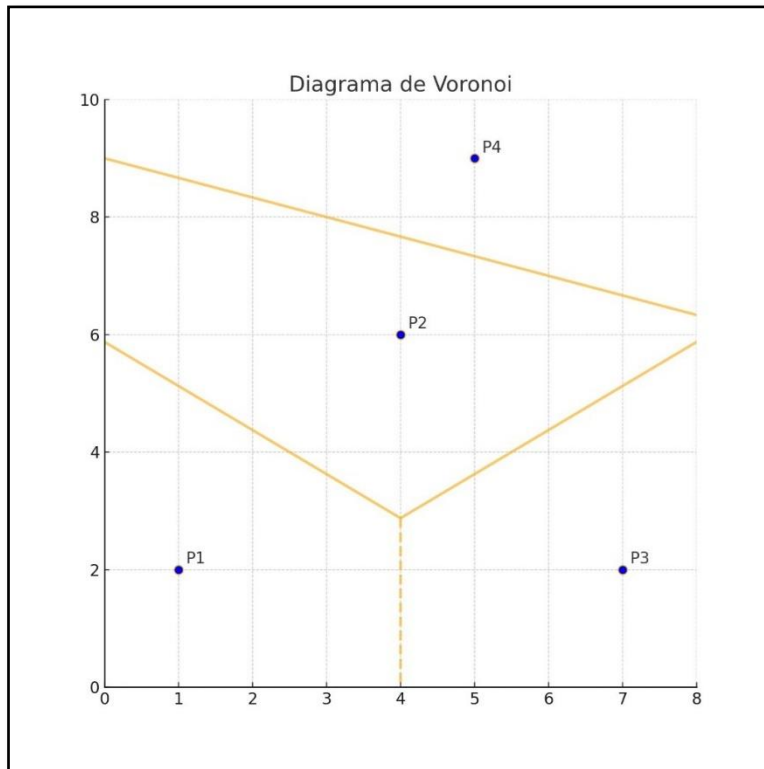
Paso 2: dibujamos las bisectrices perpendiculares entre cada par de puntos generadores. Por ejemplo, la bisectriz entre A y B es la línea que pasa por el punto medio del segmento AB y es perpendicular a AB.

Paso 3: extendemos las bisectrices hasta que se intersequen con otras bisectrices. Estas intersecciones formarán los vértices de las celdas de Voronoi.

Paso 4: la región de Voronoi para el punto A incluirá todos los puntos que están más cerca de A que de B, C, o D. De manera similar, se construyen las regiones para los otros puntos generadores.

Figura 1

Ejemplo de diagrama de Voronoi



En la práctica, el diagrama de Voronoi puede visualizarse utilizando software de gráficos o algoritmos de computación geométrica. Estos métodos permiten una representación precisa y clara de las celdas de Voronoi y sus límites.

FUNDAMENTOS DE ESTADÍSTICA Y PROBABILIDAD

En este trabajo de investigación se va a utilizar un análisis descriptivo, correlacional e inferencial.

En concreto, se realizan correlaciones de Pearson y un contraste de hipótesis de la diferencia de medias empleando la prueba t de Student.

Además, se van a utilizar transformaciones logarítmicas porque son una herramienta que tienen por objetivo transformar datos, especialmente en el análisis estadístico y en el modelado de datos. Estas transformaciones se aplican para manejar la variabilidad, estabilizar la varianza y convertir relaciones multiplicativas en relaciones aditivas, lo cual facilita el análisis y la interpretación de los datos. (Cañas Pardo & Sánchez-Toledo, 2005; Freund, J.E. & Perles, B.M, 2007; Montgomery, D.C. & Runger, G.C., 2014)

Definición y Propiedades

Una transformación logarítmica aplica la función logaritmo a cada dato de un conjunto, usualmente utilizando la base 10 (logaritmo común) o la base e (logaritmo natural). Matemáticamente, si XX es una variable aleatoria, su transformación logarítmica se define como (Peña, 2002; Rice, J.A., 2006):

$$Y = \log(X)$$

donde \log puede ser el logaritmo en base 10 o el logaritmo natural.

Las propiedades importantes de los logaritmos que justifican su uso incluyen:

- **Convertir productos en sumas:**

$$\log(ab) = \log(a) + \log(b)$$

- **Convertir cocientes en diferencias:** $\log\left(\frac{a}{b}\right) = \log(a) - \log(b)$

- **Convertir potencias en productos:** $\log(a^b) = b \log(a)$

Estas propiedades son particularmente útiles para simplificar el análisis de datos que presentan una relación multiplicativa.

En la inferencia estadística, las transformaciones logarítmicas se aplican para:

- **Linealizar relaciones no lineales:** esto facilita la aplicación de modelos lineales y mejora la precisión de las inferencias.
- **Cumplir supuestos de modelos estadísticos:** al estabilizar la varianza y aproximar la normalidad, las transformaciones logarítmicas aseguran que los supuestos de los modelos estadísticos se cumplan, mejorando la validez de los resultados.
- **Mejorar la precisión de las estimaciones:** reduciendo la variabilidad, las transformaciones logarítmicas mejoran la precisión de los parámetros estimados y los intervalos de confianza.
- **Facilitar el análisis de datos multivariados:** haciendo que las relaciones entre variables sean más manejables y claras.

Aplicaciones en el Proyecto

En el contexto de la optimización de la red de puntos de recarga de vehículos eléctricos, las transformaciones logarítmicas pueden ser útiles en varias etapas del análisis de datos, como se describe a continuación:

1. **Análisis de la variabilidad y estabilización de la varianza:**

Los datos de uso de puntos de recarga pueden mostrar una gran variabilidad. Aplicar una transformación logarítmica puede ayudar a estabilizar la varianza, haciendo que los datos sean más homogéneos y adecuados para el análisis estadístico.

2. **Manejo de distribuciones sesgadas y reducción de la asimetría:**

Los datos sobre la cantidad de vehículos eléctricos o la frecuencia de uso de puntos de recarga pueden seguir una distribución sesgada hacia la derecha. Transformar estos datos usando el logaritmo puede ayudar a aproximarlos a una

distribución normal, facilitando así el uso de técnicas estadísticas que asumen normalidad.

3. **Modelado de Relaciones No Lineales:**

Las relaciones entre variables como el número de vehículos eléctricos y la demanda de puntos de recarga pueden ser no lineales. Utilizar transformaciones logarítmicas permite linealizar estas relaciones, simplificando el modelado y la interpretación.

4. **Mejorar la interpretabilidad:**

En análisis exploratorios y gráficos (como histogramas, gráficos de dispersión), las transformaciones logarítmicas pueden facilitar la visualización y comprensión de los patrones subyacentes en los datos.

Ejemplos concretos

1. **Transformación de la Variable de Demanda de Recarga:**

Supongamos que X representa el número de recargas en un punto específico. Si los datos muestran una gran dispersión, podemos aplicar la transformación logarítmica: $Y = \log(X + 1)$ donde $+1$ se utiliza para manejar posibles valores de cero en los datos originales.

2. **Modelo Lineal con Variables Transformadas:**

Si estamos modelando la relación entre el número de vehículos eléctricos (VE) y la demanda de recargas (R), podríamos tener: $\log(R) = \beta_0 + \beta_1 \log(VE) + \epsilon$, donde β_0 y β_1 son los coeficientes del modelo y ϵ es el término de error.

Para concluir, las transformaciones logarítmicas son una técnica poderosa y versátil en el análisis de datos, especialmente cuando se trabaja con datos que presentan alta

variabilidad o distribuciones sesgadas. En el contexto del proyecto de optimización de la red de puntos de recarga de vehículos eléctricos, estas transformaciones facilitan el análisis y el modelado de los datos, contribuyendo a obtener resultados más robustos y fiables (Agresti, A., & Franklin, C., 2012).

HERRAMIENTAS DE SOFTWARE

LENGUAJE R Y RSTUDIO.

Introducción al Lenguaje R

R es un lenguaje y entorno de programación diseñado específicamente para el análisis estadístico y la visualización de datos. Se ha convertido en una herramienta fundamental en diversos campos debido a su capacidad para manejar y analizar grandes conjuntos de datos de manera eficiente. R es un software libre y de código abierto, lo que facilita su acceso y uso por parte de la comunidad científica y académica. (García Pérez, 2010; Perez López, 2015; Urdínez, F., & Cruz Labrín, A., 2019)

Características principales de R:

Amplia Colección de Paquetes: R cuenta con una extensa biblioteca de paquetes que extienden sus funcionalidades básicas. Estos paquetes son desarrollados y mantenidos por una activa comunidad de usuarios y desarrolladores (Crawley, M.J, 2012, Dalgaard, P., 2008).

1. **Gráficos y visualización de datos:** R proporciona herramientas avanzadas para la creación de gráficos y visualizaciones, permitiendo a los usuarios representar datos de manera clara y efectiva.
2. **Interfaz interactiva:** RStudio, un entorno de desarrollo integrado (IDE) para R, facilita la escritura y ejecución de código, así como la gestión de proyectos y la visualización de datos.

3. **Capacidades de Programación:** además de sus funciones estadísticas, R soporta capacidades de programación completas, lo que permite a los usuarios escribir scripts y programas complejos.

Uso de R para cálculos de contraste de hipótesis para la diferencia de medias

El contraste de hipótesis es una técnica estadística utilizada para tomar decisiones sobre una población basándose en una muestra de datos. En particular, cuando se desea comparar las medias de dos poblaciones, se puede realizar un contraste de hipótesis para la diferencia de medias (Bruce, P., Bruce A., & Gedeck, P., 2022).

Pasos para realizar un contraste de hipótesis en R:

1. **Planteamiento de Hipótesis:**

Hipótesis nula (H_0): supone que no hay diferencia significativa entre las medias de las dos poblaciones ($\mu_1 = \mu_2$)

Hipótesis alternativa (H_1): supone que hay una diferencia significativa entre las medias ($\mu_1 \neq \mu_2$).

2. **Selección del nivel de significancia (α):**

Comúnmente se usa $\alpha = 0.05$, que indica un 5% de riesgo de rechazar la hipótesis nula cuando ésta es verdadera.

3. **Cálculo de la Estadística de Prueba:**

Para comparar dos medias, se puede utilizar una prueba t de Student. R proporciona funciones como **t.test()** para realizar esta prueba.

4. **Decisión:**

Comparar el valor p obtenido con el nivel de significancia para decidir si se rechaza o no la hipótesis nula.

Intervalos de Confianza en R

Un intervalo de confianza es un rango de valores que se utiliza para estimar un parámetro de población. Proporciona una estimación del parámetro junto con un margen de error asociado.

Cálculo de Intervalos de Confianza en R:

1. **Definición del Nivel de Confianza:**

Comúnmente se usa un nivel de confianza del 95%, lo que significa que se espera que el intervalo contenga el parámetro verdadero en el 95% de las muestras.

2. **Cálculo del Intervalo:**

R proporciona funciones como **t.test()** que, además de realizar el contraste de hipótesis, calculan el intervalo de confianza para la diferencia de medias.

INTRODUCCIÓN A RSTUDIO

RStudio es un entorno de desarrollo integrado (IDE) para el lenguaje de programación R, que se ha convertido en una herramienta esencial para los analistas de datos, estadísticos y científicos en diversas disciplinas. RStudio facilita la escritura, depuración y ejecución de código en R, ofreciendo una interfaz amigable y múltiples funcionalidades que optimizan el proceso de análisis de datos. (Mendoza Vega, J.B., 2017)

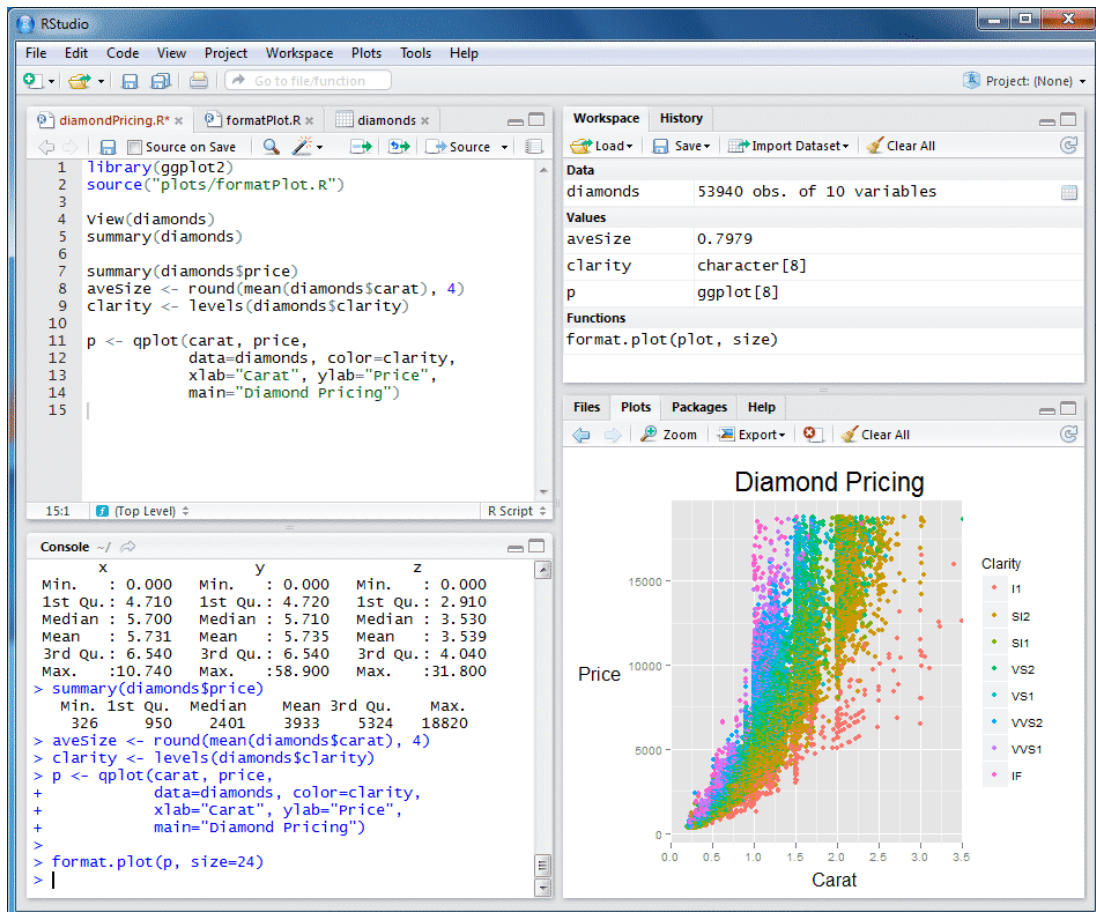
Características Principales de RStudio:

1. **Interfaz de Usuario Intuitiva:**

- a) **Consola:** ubicada en la parte inferior izquierda, es donde se ejecutan los comandos de R de manera interactiva. Aquí se pueden ver los resultados inmediatos de los cálculos y operaciones.
- b) **Editor de código:** en la parte superior izquierda, este editor es donde se escribe, edita y guarda scripts de R. Permite estructurar el análisis de datos en secuencias de comandos que se pueden ejecutar en cualquier momento.
- c) **Entorno e Historial:** en la parte superior derecha, este panel muestra las variables y datos cargados en la sesión de R, así como el historial de comandos ejecutados. Facilita el seguimiento de los objetos creados y su manipulación.
- d) **Panel de gráficos y archivos:** en la parte inferior derecha, este panel incluye pestañas como 'Plots' para visualizar gráficos, 'Files' para explorar archivos y directorios, 'Packages' para gestionar paquetes de R, 'Help' para acceder a la documentación, y 'Viewer' para contenido interactivo.

Figura 2

Interfaz de usuario de RStudio



Fuente: R-Básico. (https://r-basico.aprendr.org/consola_comandos.html)

2. Gestión de Proyectos:

Facilita la organización de archivos y scripts relacionados con un proyecto específico.

Permite la configuración de entornos de trabajo personalizados.

3. Integración con Paquetes de R:

Soporte nativo para la instalación, actualización y gestión de paquetes desde CRAN, Bioconductor y otros repositorios.

Herramientas para la creación y mantenimiento de paquetes propios.

4. **Herramientas de Depuración y Perfilado:**

Funcionalidades para la detección y corrección de errores en el código.

Herramientas de perfilado para analizar el rendimiento del código y optimizar procesos.

5. **Soporte para Markdown y LaTeX:**

Permite la creación de documentos reproducibles utilizando *R Markdown*, que combina texto y código.

Soporte para la integración de ecuaciones y fórmulas matemáticas usando LaTeX.

6. **Gráficos y Visualización de Datos:**

Integración con *ggplot2* y otros paquetes gráficos para la creación de visualizaciones avanzadas.

Interactividad con gráficos utilizando *Shiny* y otros paquetes de visualización.

Uso de RStudio para Análisis de datos:

RStudio simplifica y potencia el uso de R en el análisis de datos a través de sus diversas herramientas y características. A continuación, se describen algunos aspectos clave del uso de RStudio en el análisis de datos:

1. **Preparación y limpieza de datos:**

Uso de paquetes como *'dplyr'* y *'tidyr'* para manipulación y limpieza de datos.

También dispone de funcionalidades para importar datos desde múltiples fuentes (CSV, Excel, SQL, etc).

2. **Análisis estadístico:**

Realización de análisis estadísticos descriptivos e inferenciales, así como implementación de pruebas de hipótesis, modelado estadístico y análisis de regresión.

3. **Visualización de datos:**

Creación de gráficos estáticos y dinámicos utilizando ‘*ggplot2*’, ‘*plotly*’, entre otros y desarrollo de aplicaciones web interactivas con *Shiny*.

4. **Reproducibilidad y reportes:**

Generación de reportes reproducibles con R Markdown, integrando texto, código y visualizaciones en un solo documento.

Exportación de reportes en múltiples formatos (HTML, PDF, Word).

Componentes de la Interfaz de RStudio

1. **Consola:** Ubicada en la parte inferior izquierda, es donde se ejecutan los comandos de R de manera interactiva. Aquí puedes ver los resultados inmediatos de los cálculos y operaciones.
2. **Editor de código:** En la parte superior izquierda, este editor es donde escribes, editas y guardas scripts de R. Permite estructurar tu análisis de datos en secuencias de comandos que se pueden ejecutar en cualquier momento.
3. **Entorno e historial:** En la parte superior derecha, este panel muestra las variables y datos cargados en la sesión de R, así como el historial de comandos ejecutados. Facilita el seguimiento de los objetos creados y su manipulación.
4. **Panel de gráficos y archivos:** En la parte inferior derecha, este panel incluye pestañas como 'Plots' para visualizar gráficos, 'Files' para explorar archivos y directorios, 'Packages' para gestionar paquetes de R, 'Help' para acceder a la documentación, y 'Viewer' para contenido interactivo.

PYTHON

1. Introducción a Python

Python es un lenguaje de programación de alto nivel, interpretado y de propósito general, creado por Guido van Rossum y lanzado por primera vez en 1991. Se destaca por su sintaxis sencilla y legible, lo que facilita su aprendizaje y uso. Python es conocido por su versatilidad y es utilizado en diversas áreas, incluyendo el desarrollo web, ciencia de datos, inteligencia artificial, automatización, y más (Matthes, 2020; McKinney, W., 2023; Córcoles, S.C., & Muñoz, A.M., 2018).

2. Características Principales de Python

- **Sintaxis Clara y legible:** la sintaxis de Python permite escribir código más fácil de entender y mantener.
- **Gran comunidad y recursos:** Python cuenta con una comunidad activa que contribuye con una amplia gama de bibliotecas y herramientas.
- **Multiplataforma:** Python se puede ejecutar en diferentes sistemas operativos, como Windows, macOS y Linux.
- **Ampliamente utilizado en ciencia de datos:** Python es uno de los lenguajes preferidos para el análisis de datos debido a sus potentes bibliotecas y herramientas.

3. Python en el Análisis de datos

En el ámbito de la ingeniería industrial, el análisis de datos es crucial para la toma de decisiones, optimización de procesos, y mejora continua. Python ofrece múltiples bibliotecas que facilitan el análisis de datos, incluyendo (Mckinney, 2023):

Bibliotecas Clave:

- **NumPy:** proporciona soporte para grandes matrices y matrices multidimensionales, junto con una colección de funciones matemáticas para operar con estos arreglos.
- **Pandas:** ofrece estructuras de datos y herramientas de análisis de datos de alto rendimiento y fáciles de usar. Es particularmente útil para la manipulación y análisis de datos tabulares.
- **Matplotlib:** biblioteca de trazado 2D que produce figuras de alta calidad en una variedad de formatos y entornos.
- **SciPy:** extiende las capacidades de NumPy con funciones adicionales para optimización, integración, interpolación, ecuaciones diferenciales, y más.
- **Scikit-learn:** biblioteca para aprendizaje automático que facilita la construcción y evaluación de modelos predictivos.

4. Ejemplo de uso en Ingeniería Industrial

En un proyecto de ingeniería industrial, Python puede ser utilizado para:

- **Recopilación de datos:** utilizando bibliotecas como pandas para leer datos de diferentes fuentes (CSV, bases de datos, APIs).
- **Limpieza y preparación de datos:** procesamiento de datos para eliminar errores, manejar valores faltantes y transformar datos para análisis.
- **Análisis exploratorio de datos (EDA):** uso de pandas y matplotlib para explorar los datos, identificar patrones y detectar anomalías.
- **Modelado y predicción:** aplicación de técnicas de aprendizaje automático con scikit-learn para construir modelos predictivos que optimicen procesos industriales.
- **Visualización de resultados:** creación de gráficos y visualizaciones con matplotlib o seaborn para presentar los hallazgos de manera clara y efectiva.

5. Caso Práctico: Optimización de Procesos

Consideremos un caso práctico en el que se desea optimizar el proceso de producción en una fábrica. Python puede ser utilizado para:

- **Recopilar datos de producción:** los datos pueden incluir tiempos de ciclo, tasas de producción, incidencias, y más.
- **Análisis de desempeño:** usar pandas para calcular estadísticas descriptivas y matplotlib para visualizar el rendimiento a lo largo del tiempo.
- **Identificación de cuellos de botella:** emplear técnicas de análisis exploratorio para identificar etapas del proceso que limitan la capacidad de producción.
- **Desarrollo de modelos predictivos:** usar scikit-learn para desarrollar modelos que predigan el impacto de diferentes variables en la eficiencia del proceso.
- **Implementación de mejoras:** basándose en los resultados del análisis y la modelación, proponer e implementar cambios en el proceso de producción.

6. Cómo desarrollar un sencillo script en Python

Se podría desarrollar un script implementando los siguientes pasos:

- a) **Cargar los datos:** Utilizamos `pd.read_excel()` para cargar los datos desde un archivo Excel. Asegúrate de proporcionar la ruta correcta al archivo Excel.
- b) **Previsualización:** `print(datos.head())` muestra las primeras filas del DataFrame para verificar que los datos se han cargado correctamente.
- c) **Conversión de fechas:** Convertimos la columna 'Fecha' a un tipo de dato *datetime* para manejar mejor los datos temporales.
- d) **Establecer índice:** Establecemos la columna 'Fecha' como índice del DataFrame para facilitar la visualización.
- e) **Crear la gráfica:** Utilizamos `plt.plot()` para crear una gráfica de línea con los datos. Configuramos el tamaño de la figura, el título de la gráfica, y las etiquetas de los ejes.
- f) **Mostrar la gráfica:** Finalmente, mostramos la gráfica con `plt.show()`.

7. Observaciones adicionales

- a) Nos aseguraremos de que el archivo Excel tiene las columnas correctamente nombradas (por ejemplo, 'Fecha' y 'Valor') y que los datos estén en el formato adecuado.
- b) Se podrá personalizar la gráfica según nuestras necesidades, ajustando estilos, colores, y otros parámetros.
- c) Este script proporcionará una base sólida para trabajar con datos de Excel y visualizarlos utilizando Python. Si tenemos datos específicos o deseamos una visualización más compleja, se podrá ampliar el script según sea necesario.

8. Conclusión

Python es una herramienta poderosa y versátil para el análisis de datos en ingeniería industrial. Su facilidad de uso, combinada con su amplia gama de bibliotecas especializadas, lo convierte en una opción ideal para manejar y analizar grandes volúmenes de datos, así como para desarrollar soluciones basadas en datos que optimicen procesos industriales.

SCRIBBLE MAPS

1. Introducción a las Herramientas de Mapeo Digital

En la ingeniería industrial, el uso de herramientas de mapeo digital es fundamental para la planificación, análisis y visualización de datos geoespaciales. Estas herramientas permiten la representación de información geográfica en un formato visual accesible y manejable. Entre las diversas herramientas disponibles, Scribble Maps se destaca por su versatilidad y facilidad de uso (José Moraga Campos, 2015).

2. Scribble Maps: Descripción y Funcionalidades

Scribble Maps es una plataforma en línea diseñada para la creación y edición de mapas personalizados. Esta herramienta permite a los usuarios dibujar, etiquetar y anotar mapas con una variedad de herramientas de dibujo y marcadores.

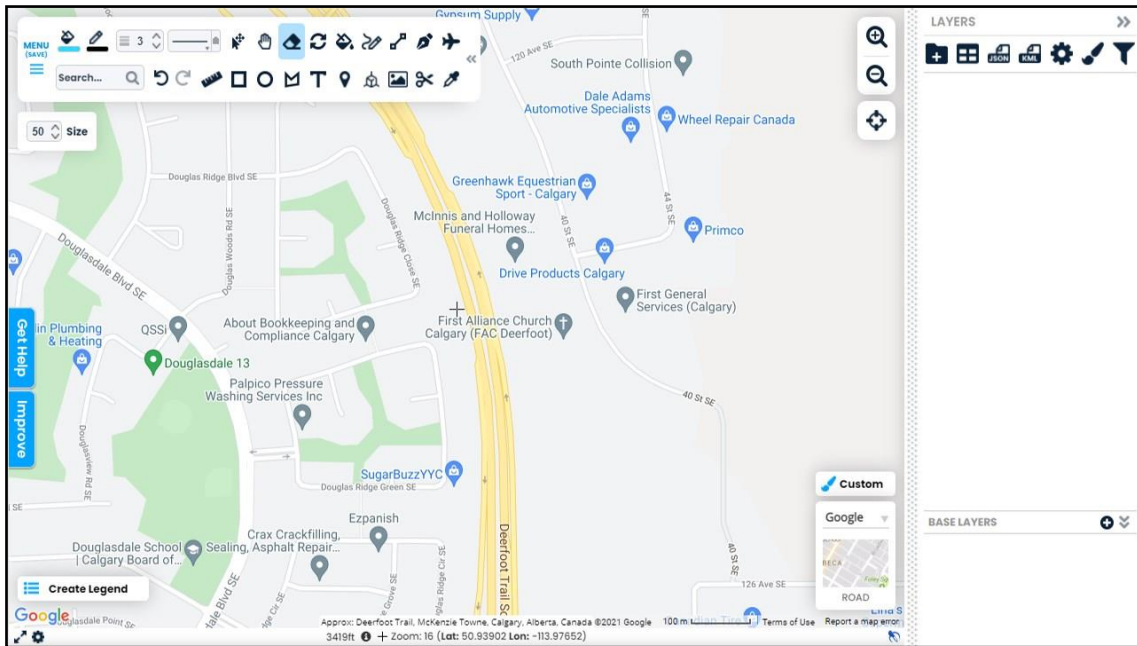
La interfaz de Scribble Maps es intuitiva y amigable, diseñada para permitir a los usuarios crear mapas personalizados de manera rápida y eficiente. Al ingresar a la plataforma, los usuarios son recibidos por un mapa base sobre el cual pueden empezar a trabajar. Las herramientas de dibujo y edición se encuentran fácilmente accesibles en la barra de herramientas, permitiendo a los usuarios agregar marcadores, dibujar formas, medir distancias, y mucho más.

Entre sus características principales se incluyen:

- Dibujo y anotaciones: posibilidad de dibujar líneas, polígonos y formas directamente sobre el mapa.
- Mapas de calor: creación de mapas de calor para visualizar densidades de puntos o intensidad de datos en ciertas áreas.
- Etiquetas y marcadores: inserción de marcadores y etiquetas personalizadas para señalar puntos de interés.
- Importación y exportación de datos: compatible con múltiples formatos de archivo como KML, GPX, CSV, y GeoJSON, permitiendo la importación de datos externos y la exportación de mapas personalizados.
- Integración de capas: posibilidad de agregar múltiples capas de datos para una visualización compleja.
- API de Integración: ofrece una API robusta para integrar los mapas creados en otras aplicaciones o sitios web.
- Colaboración en tiempo real: permite a varios usuarios trabajar simultáneamente en un mismo mapa.

Figura 3

Interfaz herramienta ScribbleMaps



3. Uso de Scribble Maps para Crear Diagramas de Voronoi

Scribble Maps ofrece una interfaz intuitiva para la creación de diagramas de Voronoi a través de sus herramientas de dibujo y anotación. Para crear un diagrama de Voronoi en Scribble Maps, se pueden seguir los siguientes pasos:

- Importación de puntos: Importar los puntos de interés desde un archivo CSV, KML, o introducirlos manualmente en el mapa.
- Dibujo de polígonos: Utilizar la herramienta de dibujo para crear polígonos que representen las regiones de Voronoi alrededor de cada punto.
- Anotación y edición: Etiquetar y ajustar las regiones de Voronoi según sea necesario para mejorar la precisión y claridad del mapa.
- Exportación del mapa: Exportar el mapa final en el formato deseado para su inclusión en informes o presentaciones.

En el contexto del presente trabajo de fin de grado, Scribble Maps ha sido utilizado para realizar un diagrama de Voronoi que ilustra la distribución óptima de varias Estaciones de medición de calidad del aire en la ciudad de Madrid. Los puntos fueron importados y las regiones de Voronoi se dibujaron utilizando las herramientas de Scribble Maps, lo que permitió una visualización clara y efectiva de las áreas de influencia de cada Estación de medición.

A continuación, en el siguiente enlace se podrá visualizar un breve vídeo explicativo de la herramienta y de cómo se ha construido el diagrama de Voronoi aplicado al caso concreto que nos ocupa en este TFG: [Creación diagrama Voronoi mediante ScribbleMaps](#)

Como conclusión, el uso de herramientas digitales como Scribble Maps en ingeniería industrial facilita el análisis y la visualización de datos geoespaciales. La creación de diagramas de Voronoi en Scribble Maps proporciona una forma eficiente y precisa de representar regiones de influencia basadas en la proximidad, contribuyendo significativamente a la toma de decisiones informadas en la planificación y gestión de proyectos.

DESARROLLO

ACCESO A CATÁLOGO DE DATOS ABIERTOS. GEOPORTAL

A continuación, en este apartado se desarrollará el proceso de recopilación de la información necesaria para la realización del proyecto, de la cual se extraerán las conclusiones pertinentes, facilitando así futuros estudios o proyectos de investigación. Se ha obtenido información de la página web de Open Data Madrid, del propio Ayuntamiento de Madrid. Específicamente, se ha descargado la base de datos de Puntos de Recarga de Vehículos Eléctricos instalados en edificios municipales (para flota municipal) disponible en el siguiente enlace: <https://datos.madrid.es/sites/v/index.jsp?vgnextoid=715953387ffa0710VgnVCM2000001f4a900aRCRD&vgnnextchannel=374512b9ace9f310VgnVCM100000171f5a0aRCRD>

Figura 4

Acceso a portal de datos abiertos. Puntos de recarga para flota municipal



The screenshot shows the 'Portal de datos abiertos del Ayuntamiento de Madrid' interface. At the top, there is a search bar with the text '¿Qué estás buscando?' and a magnifying glass icon. Below the search bar, a banner reads 'Tu ciudad más cerca' with a cityscape background. A navigation menu includes 'En portada', 'Acerca de Datos Abiertos', 'Catálogo de datos' (which is highlighted), 'Colabora', 'Visualizaciones', and 'Solicitud de reutilización'. Below the menu, there is a 'Lo más visto' section with a list of popular datasets. The main content area displays the search results for 'Puntos de recarga de vehículos eléctricos instalados en edificios municipales (para flota municipal)'. The results show the dataset name, a 'Volver' button, and a 'Conjuntos de datos' section with an 'API' link. There is also an 'Escuchar' button with a speaker icon. A notice at the bottom states: 'El Ayuntamiento de Madrid mantiene un programa de despliegue de puntos de recarga eléctrica para vehículos de la flota municipal en sus edificios y centros. En la siguiente relación puede ver los que están actualmente disponibles para la flota municipal. AVISO: En el geoportal del Ayuntamiento de Madrid se encuentra disponible la información y los servicios completos de este conjunto de datos a través del enlace siguiente: Puntos de recargas eléctrica en edificios y centros municipales para vehículos de la flota municipal'.

Y accediendo al Geoportal podemos obtener los datos que nos serán útiles para nuestro análisis, eso sí, en formato .CSV, que más adelante iremos adaptando.

Figura 5

Acceso a Geoportal del Ayto. de Madrid



Si pinchamos en el mapa, se nos abrirá en pantalla completa y podremos observar dónde se encuentran ubicados los puntos de recarga para vehículos eléctricos para la flota del Ayuntamiento en los diferentes distritos de la ciudad, tal y como se puede apreciar en el ANEXO_1.

Una vez descargado el archivo:

MOVILIDAD_VEHICULOS_ELECTRICOS_CSV_PUNTOS_FLOTA_MUNICIPAL_RE CARGA_VEHICULOS_ELECTRICOS.csv, al abrirlo observamos que vienen en un formato simple, algo pobre y con errores gramaticales que pueden complicar la tarea de nuestro análisis, tal y como se puede comprobar en el ANEXO_2.

Se puede observar que contamos con 342 entradas de datos en este archivo sobre los puntos de recarga municipal.

Como se ha descrito en epígrafes anteriores, se ha preparado la base de datos primitiva, que se descarga del *Open Data*, de manera que, se prepara la base de datos para los correspondientes análisis que se realizan en este Trabajo Fin de Grado.

Para ello, se han modificado algunas nomenclaturas, como demuestra la tabla 3, para tener el mismo criterio a la hora de nombrar y corregir algunos errores gramaticales:

Tabla 3

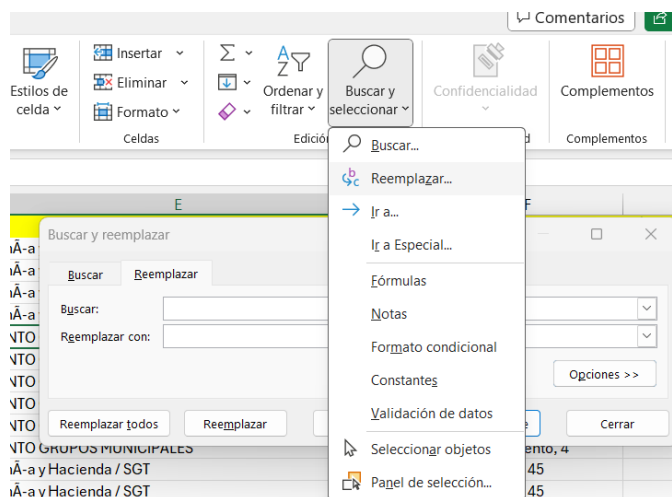
Comparativa y corrección denominaciones en base de datos primitiva

| DENOMINACIÓN INICIAL | DENOMINACIÓN CORREGIDA |
|--|--|
| AÑO_INSTA | AÑO_INSTALACIÓN |
| Nº_CONECT | Nº CONECTORES |
| UBICACIÓN | UBICACIÓN |
| TIPOLOGÍA | TIPOLOGÍA |
| A.G. Economía y Hacienda / SGT | A.G. Economía y Hacienda / SGT |
| Calle Alcalá, 45 | Calle Alcalá, 45 |
| 32 A Monofásico (7,4 kW) | 32 A - Monofásico (7,4 kW) |
| Unidad Especial Tráfico - DG Policía Municipal | Unidad Especial Tráfico - DG Policía Municipal |
| J.M.D Chamartín / Policía Municipal | J.M.D Chamartín / Policía Municipal |
| J.M.D. Chamberí | J.M.D. Chamberí |
| Alcaldía Aparcamiento Cibeles | Alcaldía Aparcamiento Cibeles |
| Tetuán | Tetúan |
| Vicálvaro | Vicálvaro |
| 7,4 (32 A monofásico) | 32 A - Monofásico (7,4 kW) |

El procedimiento que se ha seguido para realizar estas correcciones es de forma manual y en su mayoría utilizando la herramienta *Buscar y reemplazar* de M.Excel de la manera que se indica a continuación (Figura 6):

Figura 6

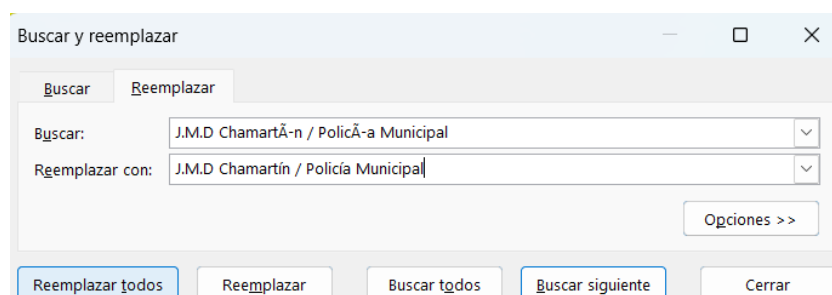
Herramienta 'Buscar y reemplazar' de M. Excel



Pondríamos en el campo 'Buscar' la palabra o frase que hay que corregir, y en el campo reemplazar con, escribiríamos cómo queremos que aparezca corregido. Después, pulsaríamos el botón 'Reemplazar todos' y así en todos los campos donde aparezca dicho error serán automáticamente corregidos de la forma que le hemos indicado.

Figura 7

Herramienta 'Buscar y reemplazar' de M. Excel. Paso 2



El ANEXO_3 *Formato BB.DD puntos de recarga VE* muestra como quedaría finalmente (tras la limpieza y ordenación de los datos) la hoja de cálculo descargada del repositorio del Ayuntamiento.

También, se ha optado por dejar únicamente las columnas que más información nos aportan, que son prácticamente todas, eliminando únicamente las dos del final POINT_X y POINT_Y ya que son redundantes con las dos primeras: XCoord e YCoord. Pues las dos representan Coordenadas UTM (ETRS89) que posicionan, de forma aproximada, la localización de acceso al punto de recarga. Aunque esta información viene más detallada en campo ‘Descripción’ dentro del documento [Estructura Puntos Recarga.pdf](#) y que incluso nos ofrece información para el resto de las columnas: Distrito, Tipología, Ubicación, Año Instalación...

Una vez ya tenemos nuestra primera de base de datos en un formato sencillo, legible y con la información necesaria para realizar un análisis lo más fidedigno posible, nos damos cuenta de que a “simple vista” se nos ofrece un conjunto de variables con las cuales podemos establecer diferentes relaciones de cara a un posterior estudio de notable interés. La relación de variables que son objeto de estudio de este TFG es:

1. *DISTRITO* vs. *Nº CONECTORES*: nos permitiría identificar los distritos con mayor o menor cantidad de conectores de recarga y evaluar si se corresponden con la demanda potencial o actual de vehículos eléctricos.
2. *AÑO_INSTALACIÓN* vs. *Nº CONECTORES*: para estudiar la evolución de la infraestructura de recarga a lo largo del tiempo y planificar futuras ampliaciones basándose en tendencias pasadas.
3. *Pos.Coord_X / Pos.Coord_Y (ubicación punto recarga)* vs. *Nº CONECTORES*: para explorar la distribución geográfica de los puntos de recarga y cómo se relaciona con la densidad de conectores, identificando posibles áreas de saturación o déficit.

Estas parejas de variables pueden proporcionar planteamientos y/o perspectivas valiosas para la toma de decisiones sobre dónde y cómo expandir la red de puntos de recarga,

asegurando que se satisfagan las necesidades actuales y futuras de los usuarios de vehículos eléctricos.

En consonancia con los objetivos del proyecto, se llevará a cabo un análisis más exhaustivo. Las variables seleccionadas para este análisis fueron las siguientes, alineadas con el propósito de optimizar la red de puntos de recarga de vehículos eléctricos del Ayuntamiento de Madrid:

1. **Demanda de vehículos eléctricos por distrito:** relacionando el número de vehículos eléctricos registrados o la demanda proyectada por *DISTRITO* con el número de conectores (Nº CONECTORES), se puede evaluar la adecuación de la infraestructura actual y planificar futuras expansiones.
2. **Impacto ambiente local:** relacionar la ubicación de los puntos de recarga con estudios sobre el impacto ambiental local, como la calidad del aire, podría ofrecer una perspectiva sobre cómo la infraestructura de recarga contribuye a los objetivos de sostenibilidad.

Se analizará, por tanto, la interrelación entre la infraestructura de puntos de recarga de vehículos eléctricos (VE) y la calidad del aire en zonas urbanas.

Este TFG se va a centrar en estudiar y buscar relaciones entre la cantidad de vehículos eléctricos registrados por distrito, cantidad y ubicaciones de los diferentes puntos de recarga frente al impacto que tiene en el ambiente local de la ciudad, ayudándonos de diferentes estudios sobre la calidad del aire basándonos en índices fiables y apoyándonos una vez más de los datos ofrecidos por el portal de datos abiertos del Ayuntamiento de Madrid (Portal de datos abiertos del Ayuntamiento de Madrid, s.f.).

La siguiente exposición desarrolla argumentos que justifican nuestro desarrollo del estudio en cuestión y se pueden organizar en cuatro secciones temáticas fundamentales:

1. **Evaluación del impacto ambiental directo.**

- Reducción de emisiones: la transición hacia vehículos eléctricos se promueve ampliamente como una solución para mitigar la contaminación atmosférica

asociada al transporte urbano. Este estudio buscará correlacionar la densidad de puntos de recarga con variaciones en la calidad del aire local, proporcionando datos empíricos sobre la efectividad de los VE en la reducción de emisiones nocivas.

- Efectividad de las políticas ambientales: a través de un análisis longitudinal de la calidad del aire en áreas con concentraciones variables de puntos de recarga, se pretende evaluar la efectividad de las políticas públicas destinadas a fomentar la movilidad eléctrica. Este análisis permitirá discernir si las mejoras en la calidad del aire pueden atribuirse directamente a la implementación y expansión de la infraestructura de recarga.

2. Fomento de la adopción de vehículos eléctricos

- Concienciación pública: este estudio explorará cómo la adopción de vehículos eléctricos (VE) beneficia la calidad del aire y, a su vez, puede aumentar el apoyo y la aceptación de la movilidad eléctrica por parte del ciudadano. Además, se examinará si existe un impacto positivo de los VE en el ambiente urbano, lo cual podría proporcionar un argumento sólido a favor de su adopción en campañas de información y educación.
- Incentivos basados en resultados: los hallazgos podrían utilizarse para proponer o ajustar incentivos para promover vehículos eléctricos. Estos incentivos podrían basarse en la evidencia de que los VE y su infraestructura asociada producen mejoras tangibles en la calidad del aire, justificando así políticas públicas que promuevan su proliferación.

3. Planificación urbana y desarrollo sostenible

- Diseño de infraestructura integrada: el estudio fomentará la integración de la infraestructura de recarga en el tejido urbano de manera que contribuya a los objetivos de sostenibilidad a largo plazo. Este análisis buscará determinar ubicaciones estratégicas para nuevos puntos de recarga que maximicen los

beneficios ambientales sin comprometer la estética o funcionalidad de los espacios públicos.

4. Investigación y desarrollo.

- Innovación en tecnologías de recarga y vehículos: el estudio podría identificar necesidades de innovación en tecnologías de recarga y en la eficiencia operativa de los VE, especialmente en términos de su impacto ambiental indirecto. Esto proporcionaría una dirección clara para la investigación y desarrollo futuro en el sector.
- Base para Futuras Investigaciones: los resultados obtenidos sentarán las bases para investigaciones más detalladas, pudiendo adaptarse a diferentes contextos geográficos o tecnológicos. Esto enriquecerá la literatura existente y proporcionará un marco replicable para estudios similares en otras regiones o bajo diferentes condiciones operativas.

En consecuencia, se pretende otorgar un enfoque académico que no solo aborde cuestiones técnicas y ambientales, sino que también pueda remover consciencias a nivel socioeconómico y político, proporcionando una visión comprensiva y multidimensional de la sostenibilidad en la movilidad urbana.

PREPARACIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS INICIALES:

Para iniciar nuestros primeros análisis y trabajar con datos confiables en el marco del contexto en el que se desarrollará nuestro estudio, es necesario acceder nuevamente al portal de datos abiertos del Ayuntamiento de Madrid y descargar los archivos correspondientes a la relación de vehículos del parque móvil municipal. Se observa, que únicamente se dispone de esta información a partir del año 2017.

Por tanto, nuestro estudio limitará nuestro margen temporal para las diferentes fuentes de datos que usemos de aquí en adelante e irá desde 2017 hasta finales de 2023.

Accedemos al catálogo de datos del parque móvil municipal y accedemos al listado de descargas correspondiente (véase Figura 8 y Figura 9):

Figura 8

Catálogo de datos. Parque móvil municipal (Fuente: Ayto. de Madrid)

The screenshot shows the 'Catálogo de datos' page for 'Parque móvil municipal'. The navigation bar includes 'En portada', 'Acerca de Datos Abiertos', 'Catálogo de datos', 'Colabora', 'Visualizaciones', and 'Solicitud de reutilización'. Below the navigation bar, there is a 'Lo más visto' section with a search icon and a list of items: 'Aparcamientos municipales para re...', 'Deportes. Competiciones deportiva...', and 'Zona de Bajas Emisiones de Especi...'. The main content area features a breadcrumb trail 'Catálogo de datos > Conjuntos de datos', a search bar, and a 'Volver' button. The title 'Parque móvil municipal' is prominently displayed. Below the title, there is a 'Conjuntos de datos' section with an 'API' link and an 'Escuchar' button. The description reads: 'Vehículos del parque móvil municipal con indicación de su número municipal, área de gobierno y órgano directivo (Dirección General, Distritos u Organismos Autónomos) a los que están adscritos, tipo de uso, tipo de vehículo, relación jurídica y energía o combustible que requiere, así como su etiqueta medioambiental.'

Figura 9

Listado de descargas disponibles BB.DD parque móvil (Fuente: Ayto. de Madrid)

The screenshot shows the 'Descargas' page for 'Parque móvil'. The page is organized by year, with two columns of download options for each year. Each option includes a file icon, the file name, the file size, and the number of downloads.

| Año | Formato | Tamaño | Descargas |
|------|---------|------------|-----------|
| 2024 | CSV | 321 Kbytes | 1 |
| | XLSX | 126 Kbytes | 1 |
| 2020 | CSV | 300 Kbytes | 809 |
| | XLSX | 95 Kbytes | 917 |
| 2023 | CSV | 315 Kbytes | 295 |
| | XLSX | 120 Kbytes | 381 |
| 2019 | CSV | 296 Kbytes | 638 |
| | XLSX | 101 Kbytes | 783 |
| 2022 | CSV | 328 Kbytes | 525 |
| | XLSX | 115 Kbytes | 621 |
| 2018 | CSV | 260 Kbytes | 689 |
| | XLSX | 96 Kbytes | 1.107 |
| 2021 | CSV | 328 Kbytes | 669 |
| | XLSX | 127 Kbytes | 819 |
| 2017 | CSV | 269 Kbytes | 711 |
| | XLSX | 76 Kbytes | 915 |

Una vez descargados todos los archivos XLSX, lo más cómodo para trabajar, sería tenerlos todos unificados en un único archivo disponiendo en el mismo de toda la flota de vehículos disponible por diferentes años, para poder ver posteriormente la evolución de adquisición del parque móvil.

Hay que tener en cuenta, que la estructura del conjunto de datos viene claramente definida en el documento [‘Estructura_DS_Parque_Movil_2021.pdf’](#) junto con su descripción, pero los datos o columnas que vamos a necesitar para nuestro estudio son principalmente: ‘ÁREA DE GOBIERNO’, ‘DIRECCIÓN GENERAL/DISTRITO/OO.AA de ADSCRIPCIÓN’, ‘TIPO DE VEHÍCULO’ y ‘ENERGÍA/COMBUSTIBLE’.

Se comenzará agrupando las diversas bases de datos desde el año 2017 para obtener un archivo unificado, claramente integrado y de fácil manejo. Se iniciará el proceso fusionando los archivos correspondientes a los años 2023 y 2022, para lo cual se deberá añadir una nueva columna en la hoja de cálculo denominada 'AÑO'. Se ha observado que ambos documentos presentan estructuras similares, aunque con algunas diferencias en los nombres de las columnas y posiblemente en el tipo de información que contienen.

Se resuelven varios problemas con la combinación de los documentos en Python, relacionado específicamente con la unicidad de los índices o las columnas. Las estructuras de los documentos no están en el mismo orden. Se debe revisar de forma manual y con especial atención ambos documentos para asegurarse de que las columnas coincidan exactamente en nombre y orden, y que no haya filas duplicadas o problemas de índice.

Una vez que hemos corregido las diferentes discrepancias de forma manual en Excel debido a que ambos ficheros no contenían estructuras exactamente iguales o con problemas de índice, pasamos de nuevo a realizar las operaciones de unificación y filtrado de datos mediante Python.

De esta manera, podremos ir construyendo nuestra base de datos unificada con la relación de vehículos eléctricos o híbridos adquiridos desde 2017 hasta 2023, eliminando todos aquellos que sean de combustión interna. Con esto, ya tendríamos nuestro fichero final

correctamente ajustado y unificado para poder trabajar con él. En el ANEXO_4 se puede observar las diferencias entre lo que nos proporcionaba el archivo original y cómo queda el archivo definitivo con el que vamos a trabajar a partir de ahora.

Como se puede observar en nuestro archivo unificado final con la flota disponible entre 2017 y 2023, hemos detectado la necesidad de incluir a posteriori una columna adicional llamada ‘DISTRITO’. Ya que, en este caso, no viene en la estructura de datos original y nos va a servir de ayuda para cuando vayamos a establecer comparativas y relaciones entre las diferentes bases de datos que vamos a manejar.

El distrito asociado a cada Dirección General o Servicio de Adscripción no ha sido tarea fácil, pues algunas de estas son intuitivas y fáciles de encontrar pero otras han supuesto una tarea ardua de búsqueda en internet y en directorios del propio portal web del Ayuntamiento de Madrid, investigando como se constituye su Organización municipal y concluyendo en qué distrito se encuentra cada una de esos Servicios, que pueden estar constituidos por Direcciones Generales, Secretarías Generales Técnicas, Áreas de Gobierno, Organismos Autónomos, ...

Una vez hemos conseguido averiguar a qué distrito corresponde cada una de esas áreas o servicios, programamos en Python un script que nos ayude a asociarlo rápidamente y nos lo deje actualizado en nuestro fichero Excel.

Continuando con nuestros análisis, ya disponemos de nuestras dos bases de datos en Excel listos para trabajar con ellos en primera instancia. Disponemos entonces de los siguientes ficheros:

1. *MOVILIDAD_VEHICULOS_ELECTRICOS_PUNTOS_FLOTA_MUNICIPAL_RECARGA.xlsx*
2. *VEHICULOS_PARQUE_MOVIL_FINAL_UNIFICADO_HASTA 2017 ACUMULADO.xlsx*

Vamos a continuación a estudiar la relación que hay entre el año de instalación de los puntos de recarga y la cantidad de coches eléctricos que había en el Ayuntamiento de Madrid conforme pasan los años.

ANÁLISIS CANTIDAD DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS Y PUNTOS DE RECARGA.

Para estudiar la relación entre el año de instalación de los puntos de recarga y la cantidad de coches eléctricos en el Ayuntamiento de Madrid a lo largo del tiempo, se realizarán los siguientes pasos:

- a) Se contabilizará la cantidad de vehículos eléctricos por año en la primera base de datos.
- b) Se sumará la cantidad de nuevos puntos de recarga instalados por año en la segunda base de datos.
- c) Se combinarán estos datos para visualizar la evolución de ambos parámetros a lo largo del tiempo.

Esto arroja la siguiente información sobre la cantidad de vehículos eléctricos y la instalación de nuevos puntos de recarga por año:

Tabla 4

Cantidad vehículos eléctricos vs puntos de recarga instalados por año

| AÑO | Cantidad vehículos eléctricos | Cantidad puntos de recarga |
|-------------|--------------------------------------|-----------------------------------|
| 2015 | 0 | 7 |
| 2016 | 0 | 20 |
| 2017 | 47 | 110 |
| 2018 | 133 | 191 |
| 2019 | 334 | 211 |
| 2020 | 380 | 242 |
| 2021 | 401 | 271 |
| 2022 | 380 | 304 |
| 2023 | 843 | 380 |

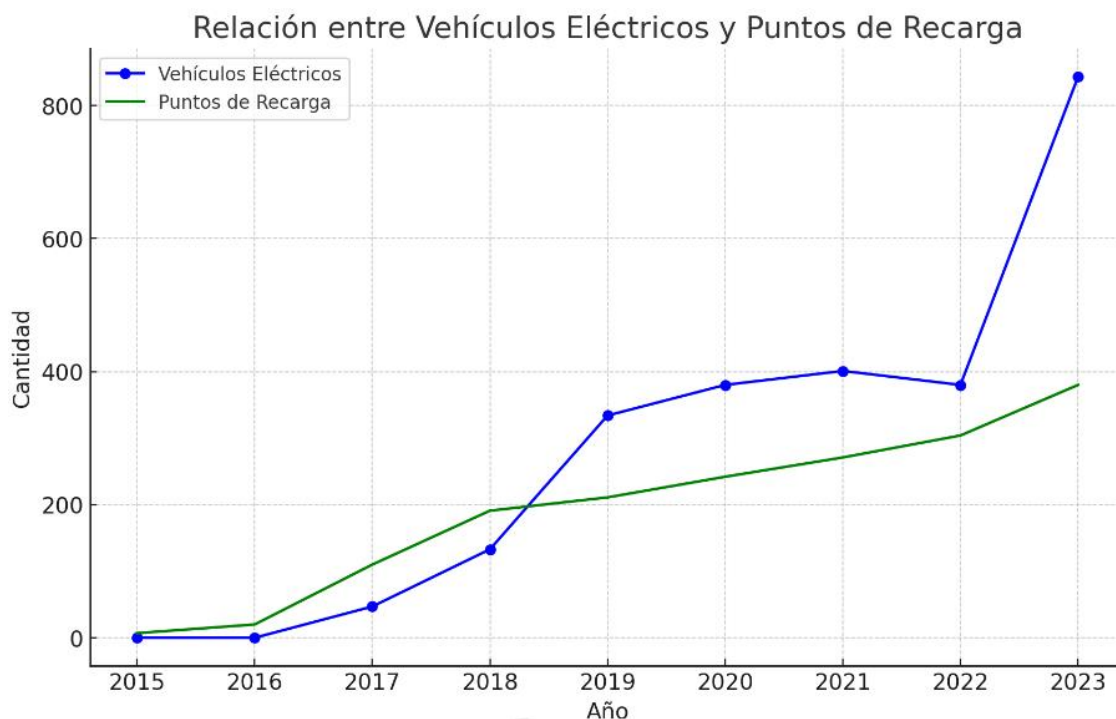
Observamos un incremento notable en la cantidad de vehículos eléctricos a partir de 2017, año en el que también se ve un pico significativo en la instalación de puntos de recarga.

Sin embargo, después de 2017, a pesar de que el número de vehículos eléctricos sigue aumentando, el ritmo de instalación de nuevos puntos de recarga varía, siendo notablemente más bajo en 2019 y luego volviendo a incrementarse hacia 2023.

En el gráfico obtenido, se puede ver la evolución de la cantidad de vehículos eléctricos y de los puntos de recarga instalados desde el año 2015 hasta el 2023. Es notable cómo el número de vehículos eléctricos comienza a crecer más rápidamente a partir de 2017, año en el que también hay un gran aumento en la instalación de puntos de recarga. Sin embargo, a pesar del continuo crecimiento en el número de vehículos eléctricos en los años siguientes, el ritmo de instalación de nuevos puntos de recarga no sigue el mismo patrón de crecimiento constante, especialmente destacable en 2019.

Figura 10

Relación vehículos eléctricos vs puntos de recarga



El gráfico muestra la evolución de la cantidad de vehículos eléctricos comparada con el total acumulado de puntos de recarga desde 2015 hasta 2023. Este enfoque refleja más fielmente la disponibilidad de infraestructura de recarga para vehículos eléctricos a lo

largo del tiempo, considerando que los puntos de recarga instalados en años anteriores siguen estando disponibles para uso en años posteriores.

Análisis e Interpretación del Gráfico:

1. Crecimiento de los vehículos eléctricos:

- El número de vehículos eléctricos ha experimentado un crecimiento constante entre 2017 y 2023.
- Hubo un aumento considerable en 2023, lo que podría atribuirse a políticas favorables, incentivos y la conciencia sobre la movilidad sostenible.

2. Crecimiento de los puntos de recarga:

- El número de puntos de recarga también ha crecido de forma constante desde 2015.
- En 2023, hay un total acumulado de 380 puntos de recarga en el Ayuntamiento de Madrid.

3. Relación entre vehículos eléctricos y puntos de recarga:

- Desde 2017, se observa un crecimiento simultáneo de vehículos eléctricos y puntos de recarga.
- Sin embargo, la cantidad de vehículos eléctricos ha crecido mucho más rápido en comparación con los puntos de recarga, particularmente en 2023.

4. Diferencia entre crecimientos:

- Mientras que el número de vehículos eléctricos ha crecido casi 18 veces desde 2017 (47 a 843), los puntos de recarga solo han crecido 3.45 veces (110 a 380).

Conclusiones

1. Infraestructura de Recarga:

- Se necesita una expansión más acelerada de la infraestructura de recarga para igualar el ritmo de crecimiento de los vehículos eléctricos.

2. Recomendaciones para políticas:

- Implementar políticas para incentivar la instalación de más puntos de recarga.
- Colaborar con empresas privadas para fomentar el crecimiento conjunto de vehículos eléctricos y puntos de recarga.

3. Futuras Investigaciones:

- Analizar la distribución geográfica de los puntos de recarga para identificar posibles zonas con infraestructura insuficiente.
- Estudiar la relación entre el uso de los puntos de recarga y el número de vehículos eléctricos.

Observaciones:

Debemos tener en cuenta que hay algunos distritos con nombres similares o posiblemente duplicados en la base de datos original (como “Arganzuela” y “Arganzuelas”, “San Blas –Canillejas” y “San Blas – Canillejas”), lo cual sugiere una necesidad de limpieza o consolidación de datos para precisar los resultados anteriores. Esto también se ha tenido en cuenta a la hora de tratar los datos en Python.

Para identificar y corregir los duplicados en la lista de distritos y los conectores que hemos trabajado, los pasos serían:

1. Identificar duplicados:

- "San Blas -Canillejas" y "San Blas - Canillejas" deben consolidarse como un único distrito. La versión correcta es "San Blas - Canillejas".
- "Arganzuela" y "Arganzuelas" también deben consolidarse como un único distrito, siendo la versión correcta "Arganzuela".

2. Líneas para sustituir:

- Para "San Blas -Canillejas", busca cualquier instancia de esta cadena con el guion seguido directamente por la letra "C" sin espacio y reemplázala por "San Blas - Canillejas", asegurándote de añadir un espacio después del guion.

- Para "Arganzuelas", reemplaza cualquier instancia de esta cadena por "Arganzuela".

Por el momento, en el gráfico que se muestra a continuación, se puede ver la distribución de los puntos de recarga por distrito en el Ayuntamiento de Madrid, con los datos corregidos para consolidar los nombres de los distritos correctamente. Arganzuela destaca como el distrito con la mayor cantidad de conectores, seguido por varios distritos con una cantidad significativa de puntos de recarga.

Figura 11

Gráfico de barras. Puntos de recarga por distrito



La visualización ayuda a identificar claramente qué distritos podrían necesitar una expansión de su infraestructura de recarga para vehículos eléctricos, considerando tanto la cantidad actual de puntos de recarga como la densidad potencial de vehículos eléctricos.

ANÁLISIS DEL NÚMERO DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS REGISTRADOS POR DISTRITO.

En este epígrafe, se va a estudiar la relación que pueda haber entre el distrito y el nº de puntos de recarga. Para ello, contaremos la cantidad de puntos de recarga por distrito usando la segunda base de datos, que contiene los detalles de los puntos de recarga. Esta información nos permitirá entender cómo se distribuyen geográficamente los puntos de recarga en los distintos distritos de la ciudad de Madrid.

A continuación, se cargan los datos de los vehículos registrados por distrito. La información incluye el tipo de flota, el distrito de adscripción, el tipo de uso, el tipo de vehículo, la relación contractual, la fuente de energía o combustible, y el año.

Además, para realizar la comparación solicitada, podemos sumarizar el número total de vehículos por distrito y luego combinar estos datos con los puntos de recarga que hemos analizado anteriormente.

Se visualiza estos datos en un gráfico de barras para que podamos ver claramente la comparación entre el número de vehículos eléctricos y el número de puntos de recarga en cada distrito. Esto nos ayudará a evaluar qué distritos están más preparados para soportar vehículos eléctricos basados en la infraestructura de recarga disponible y quizás, si esto también tiene una posible relación con la calidad del aire en dicho distrito. Lo veremos más adelante.

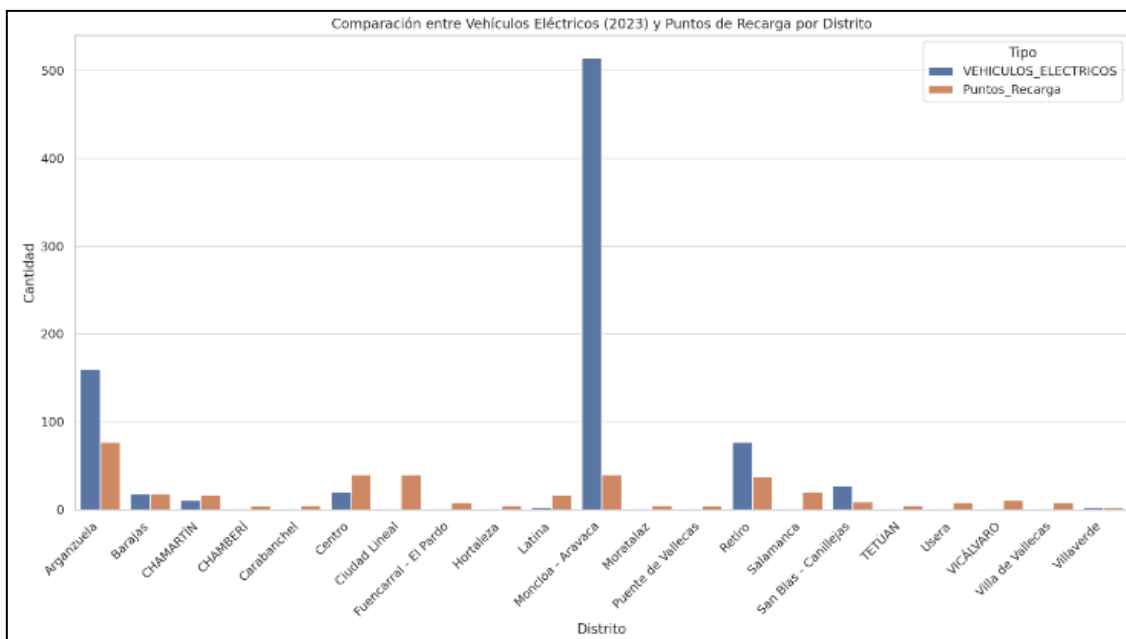
Tabla 5*Comparativa n° puntos de recarga y VE por distrito*

| Distrito | Puntos de Recarga | Vehículos Eléctricos |
|----------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| ARGANZUELA | 77 | 160 |
| BARAJAS | 18 | 18 |
| CARABANCHEL | 5 | 1 |
| CENTRO | 40 | 20 |
| CHAMARTÍN | 17 | 11 |
| CHAMBERÍ | 4 | 1 |
| CIUDAD LINEAL | 40 | 1 |
| FUENCARRAL-EL PARDO | 8 | 1 |
| HORTALEZA | 5 | 1 |
| LATINA | 17 | 2 |
| MONCLOA-ARAVACA | 40 | 518 |
| MORATALAZ | 5 | 1 |
| PUENTE DE VALLECAS | 4 | 1 |
| RETIRO | 37 | 78 |
| SALAMANCA | 20 | 1 |
| SAN BLAS-CANILLEJAS | 9 | 27 |
| TETÚAN | 5 | 1 |
| USERA | 8 | 1 |
| VICÁLVARO | 11 | 1 |
| VILLA DE VALLECAS | 8 | 1 |
| VILLAVERDE | 2 | 2 |

Se tiene un gráfico (Figura 12) que compara el número de vehículos eléctricos y los puntos de recarga por distrito. En el gráfico, cada par de barras representa un distrito específico, con la primera barra mostrando la cantidad de vehículos eléctricos y la segunda barra mostrando la cantidad de conectores de recarga disponibles.

Figura 12

Gráfico de barras. Comparativa vehículos eléctricos vs puntos de recarga por distrito



Observaciones:

Moncloa - Aravaca sigue destacando con un número elevado de vehículos eléctricos en 2023, pero con un número limitado de puntos de recarga.

Distritos como **Retiro**, **Arganzuela** y **San Blas - Canillejas** muestran una infraestructura de recarga más equilibrada para el número de vehículos eléctricos nuevos.

Chamartín y **Barajas** tienen un número razonable de puntos de recarga en comparación con el número de vehículos eléctricos.

Este análisis visual identifica qué distritos podrían necesitar más infraestructura de recarga en función del número de vehículos eléctricos registrados, así como cuáles ya tienen una buena relación entre vehículos y puntos de recarga.

También, se generan dos gráficos adicionales (figura 13 y figura 14) a raíz del anterior que se enfoquen en dos grupos específicos de distritos con cantidades similares

de vehículos eléctricos y poder visualizarlo con una escala más adecuada. Vamos a dividir los distritos en dos categorías:

- a) **Grupo 1:** distritos con más de 50 vehículos eléctricos en 2023.
- b) **Grupo 2:** Distritos con 50 o menos vehículos eléctricos en 2023.

Figura 13

Gráfico de barras. Vehículos eléctricos vs puntos de recarga (> 50 vehículos)

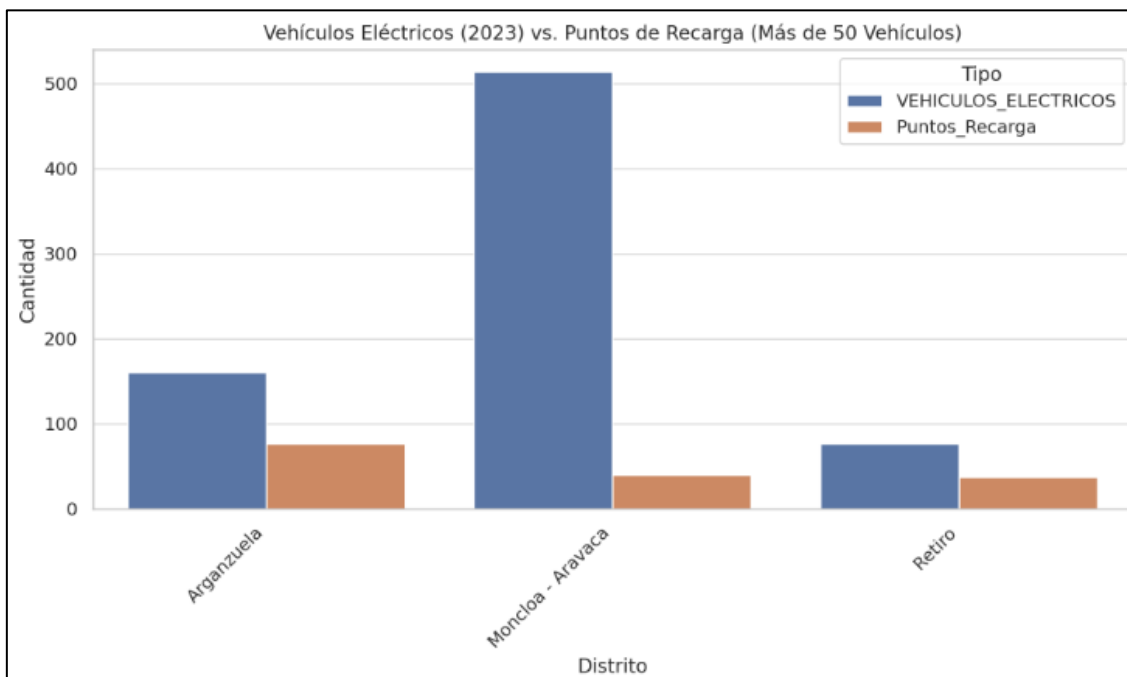
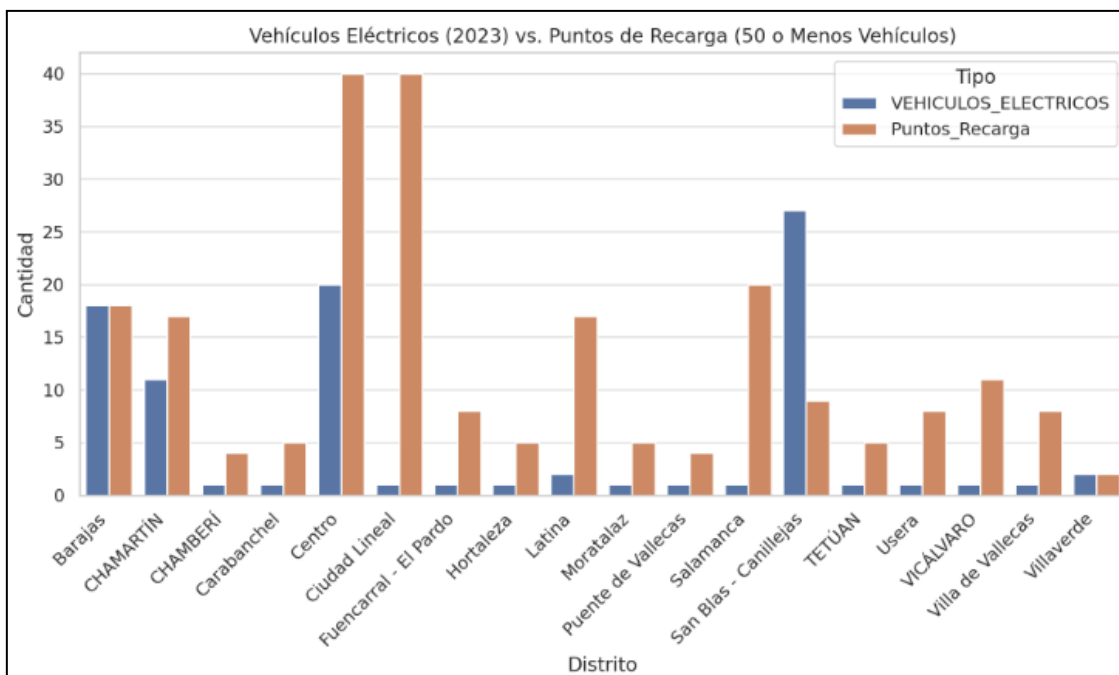


Figura 14

Gráfico de barras. Vehículos eléctricos vs puntos de recarga (≤50 vehículos)



Grupo 1: Más de 50 Vehículos Eléctricos en 2023

Moncloa - Aravaca domina con una gran cantidad de vehículos eléctricos en 2023.

Arganzuela, Retiro y San Blas - Canillejas presentan una infraestructura de recarga más equilibrada.

Grupo 2: 50 o Menos Vehículos Eléctricos en 2023

Distritos como **Barajas y Chamartín** tienen un buen equilibrio entre vehículos eléctricos y puntos de recarga.

Algunos distritos como **Moratalaz, Chamberí y Puente de Vallecas** tienen una infraestructura de recarga limitada en comparación con otros distritos del mismo grupo.

Análisis de la Infraestructura de Recarga en Relación con los Vehículos Eléctricos Recientes en el Distrito de Ciudad Lineal:

Observación del Gráfico

En el gráfico de vehículos eléctricos de 50 o menos:

Ciudad Lineal muestra:

- 7 vehículos eléctricos adquiridos en 2023.
- 40 puntos de recarga disponibles.

Análisis

Relación vehículos eléctricos/puntos de recarga:

- Relación actual: $7/40 \approx 0.175$ (0.175 vehículos por cada punto de recarga)
- Esto sugiere que, en promedio, cada punto de recarga en Ciudad Lineal está sirviendo a 0.175 vehículos eléctricos disponibles en 2023.

Comparación con otros distritos:

Comparando con otros distritos en el mismo grupo:

Chamartín:

- 16 vehículos eléctricos disponibles en 2023.
- 17 puntos de recarga disponibles.
- Relación: $16/17 \approx 0.94$

Barajas:

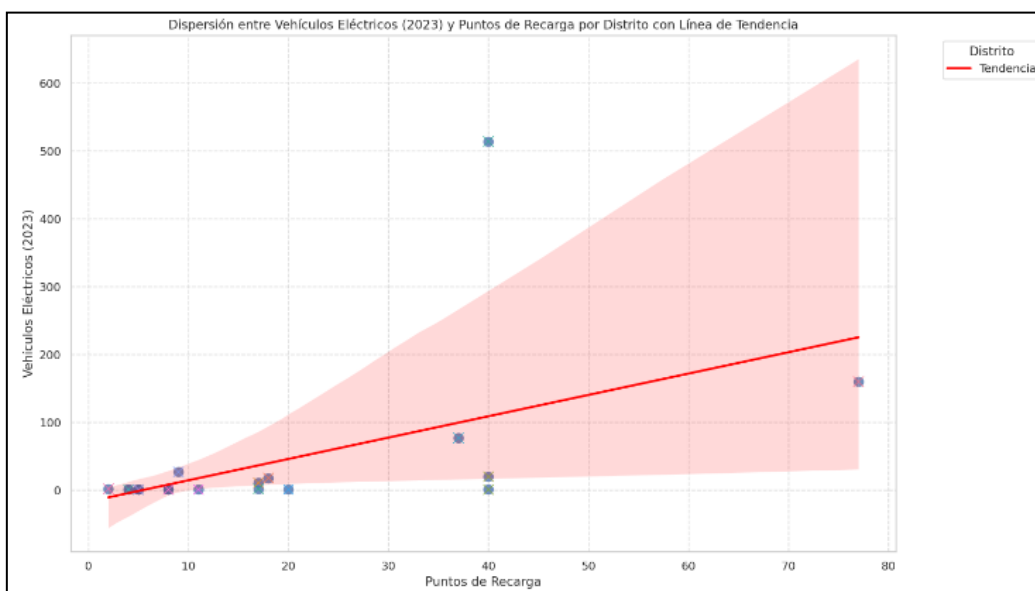
- 58 vehículos eléctricos adquiridos en 2023.
- 18 puntos de recarga disponibles.
- Relación: $58/18 \approx 3.22$

Se muestra también un gráfico de dispersión (scatter plot) (Figura 15) que permita visualizar la relación entre el número de vehículos eléctricos y los puntos de recarga por distrito. Este tipo de gráfico es útil para observar correlaciones o tendencias generales

entre dos variables. Además, podemos añadir una línea de tendencia para resaltar la relación entre estas dos variables. Vamos a crear este gráfico de dispersión ahora.

Figura 15

Gráfico de dispersión. Vehículos eléctricos vs puntos de recarga por distrito



En el gráfico de dispersión que hemos mostrado, cada punto representa un distrito, situado según el número de vehículos eléctricos registrados (eje X) y el número de puntos de recarga (eje Y). La línea roja es una línea de tendencia que ayuda a visualizar la relación general entre ambas variables.

Este tipo de visualización es útil para identificar patrones, como si los distritos con más vehículos eléctricos tienden a tener más puntos de recarga, y para ver si hay distritos que podrían estar sub o sobre abastecidos en términos de infraestructura de recarga en relación con la cantidad de vehículos eléctricos.

Observaciones:

La línea de tendencia (en rojo) resalta la relación positiva entre la cantidad de vehículos eléctricos y los puntos de recarga.

Moncloa - Aravaca y **Ciudad Lineal** se destacan como puntos atípicos:

- Moncloa - Aravaca tiene un número significativamente alto de vehículos eléctricos.
- Ciudad Lineal tiene un número bajo de vehículos eléctricos en comparación con los puntos de recarga disponibles.
- Distritos como Arganzuela, Retiro y San Blas – Canillejas presentan una distribución más equilibrada.

Conclusiones y patrones que se observan en el gráfico de dispersión son los siguientes:

1. **Relación de distribución:** en general, hay una tendencia que sugiere que, a mayor número de vehículos eléctricos en un distrito, mayor es el número de puntos de recarga. Esto es esperable, ya que los distritos con más vehículos eléctricos necesitarían más infraestructura de recarga para soportar estos vehículos.
2. **Disparidades notables:** algunos distritos parecen tener una cantidad desproporcionada de puntos de recarga en comparación con el número de vehículos eléctricos. Esto podría indicar una sobreinversión en infraestructura en preparación para un aumento esperado en vehículos eléctricos o simplemente una planificación anticipada para fomentar el uso de vehículos eléctricos.
3. **Distribución no uniforme:** hay variabilidad en cómo los puntos de recarga están distribuidos entre los distritos. Algunos distritos tienen una alta densidad de puntos de recarga en relación con el número de vehículos eléctricos, mientras que otros tienen menos infraestructura de lo que podrían necesitar basándose en el número de vehículos eléctricos presentes.
4. **Posibles áreas de enfoque:** distritos con un número significativo de vehículos eléctricos, pero relativamente pocos puntos de recarga podrían ser áreas donde la ciudad podría enfocarse en expandir la infraestructura de recarga. Esto mejoraría la conveniencia para los conductores de vehículos eléctricos y podría fomentar una mayor adopción de vehículos eléctricos.

5. **Oportunidades para políticas:** los planificadores urbanos y los responsables de la toma de decisiones podrían utilizar esta información para ajustar las políticas de movilidad eléctrica, promoviendo un equilibrio más adecuado entre vehículos eléctricos y la infraestructura de recarga en los distritos que actualmente están subdotados.

Esta visualización es muy valiosa para identificar tanto los logros cumplidos como los fracasos en la infraestructura de recarga de vehículos eléctricos. Esta cuestión puede servir de guía tanto a futuras inversiones económicas como a futuras implementaciones de legislaciones políticas.

ANÁLISIS CALIDAD DEL AIRE EN LA CIUDAD DE MADRID

El Índice Nacional de Calidad del Aire (ICA) es una herramienta que permite monitorear la calidad del aire en tiempo real utilizando datos de las estaciones de la red nacional de vigilancia. Estos datos, que son provisionales y no validados, pueden incluir mediciones directas o ser complementados por datos modelizados del Servicio de Vigilancia Atmosférica de la Unión Europea. El ICA clasifica la calidad del aire en seis categorías, desde "buena" hasta "extremadamente desfavorable", basándose en el peor resultado entre los contaminantes considerados (PM10, PM2.5, O₃, NO₂, SO₂). Además, ofrece recomendaciones sanitarias y permite observar la evolución histórica de la calidad del aire. Las estaciones de medida se categorizan según su ubicación y fuentes de emisión predominantes, y los datos faltantes o modelizados se indican específicamente en el Índice.

El sistema de calidad del aire en Madrid utiliza un índice compuesto para evaluar la atmósfera de la ciudad, basado en la concentración de varios contaminantes nocivos para la salud humana. Este índice se conoce como el Índice de Calidad del Aire (ICA) y forma parte del enfoque del proyecto CITEAIR, apoyado por la Unión Europea. El cálculo del ICA se sustenta en la medición de partículas en suspensión (PM10 y PM2.5),

así como en la presencia de dióxido de azufre (SO₂), dióxido de nitrógeno (NO₂) y ozono (O₃). El índice final refleja el valor más crítico entre los índices parciales de estos contaminantes, indicando así el nivel general de la calidad del aire. Este sistema proporciona una medida comprensible para los ciudadanos sobre el estado ambiental de Madrid, enfocado especialmente en su impacto potencial sobre la salud pública.

Figura 16

Clasificación calidad del aire por contaminantes

| CALIDAD DEL AIRE | Índice de Calidad del Aire(µg/m ³) | | | | |
|---|--|---------|---------|---------|----------|
| Contaminantes | Muy bueno | Bueno | Regular | Malo | Muy malo |
| Partículas PM _{2.5} | 0-10 | 11-20 | 21-25 | 26-50 | 51-800 |
| Partículas PM ₁₀ | 0-20 | 21-35 | 36-50 | 51-100 | 101-1200 |
| Dióxido de Nitrógeno (NO ₂) | 0-40 | 41-100 | 101-200 | 201-400 | 401-1000 |
| Ozono (O ₃) | 0-80 | 81-120 | 121-180 | 181-240 | 241-600 |
| Dióxido de Azufre (SO ₂) | 0-100 | 101-200 | 201-350 | 351-500 | 501-1250 |

Fuente: Ayuntamiento de Madrid (2022)

Para todos estos contaminantes, el índice horario se calcula a partir de la concentración horaria registrada (µg/m³), en tanto que el índice diario se calcula a partir del valor horario más alto alcanzado durante las 24 horas de cada jornada. Este enfoque permite identificar no sólo las fluctuaciones a corto plazo en la calidad del aire, sino también los picos de contaminación que pueden ser particularmente perjudiciales para la salud pública (Índice de Calidad Del Aire - Portal de Calidad Del Aire, s.f.)

La calidad del aire se evalúa en España mediante la comparación de los niveles de contaminantes medidos en estaciones específicas con los valores límites y objetivos establecidos por la normativa para proteger la salud y el medio ambiente. Las Comunidades Autónomas dividen sus territorios en zonas y aglomeraciones para realizar estas mediciones y, en algunos casos, complementan la evaluación con técnicas como la modelización. Una zona se considera contaminada si la estación con el nivel más alto de

un contaminante supera los valores límites establecidos (por ejemplo, si en una zona densamente poblada, únicamente una estación registra una concentración media anual de NO₂ superior a 40 µg/m³), entonces esa área se considera que ha excedido el límite anual permitido para el NO₂), sin importar la media de las estaciones de esa zona. Los principales contaminantes evaluados incluyen los anteriormente mencionados y compuestos orgánicos volátiles, además de otros no legislados, pero de interés como el amoníaco y el mercurio.

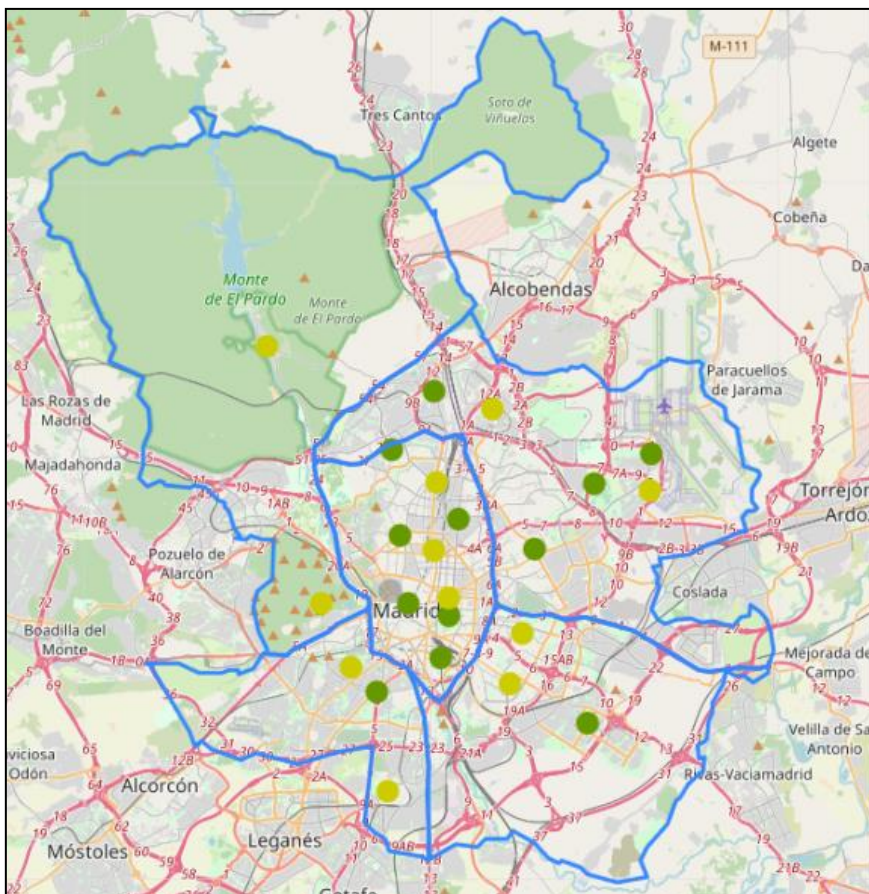
El sistema de monitoreo de la calidad del aire del Ayuntamiento de Madrid está compuesto por un conjunto de veinticuatro estaciones automáticas remotas encargadas de recopilar datos esenciales para la vigilancia de la atmósfera. Estas estaciones están equipadas con los analizadores requeridos para la determinación precisa de los niveles de gases y partículas en el aire.

Dichas estaciones remotas se clasifican en tres categorías distintas, a saber:

1. **Estaciones urbanas de fondo:** estas estaciones están diseñadas para ser representativas de la exposición a contaminantes atmosféricos de la población urbana en su conjunto.
2. **Estaciones de tráfico:** están ubicadas de manera estratégica para que los niveles de contaminación que registran estén primordialmente influenciados por las emisiones vehiculares de calles o carreteras cercanas. Es fundamental, sin embargo, evitar la medición en microambientes que podrían distorsionar los datos debido a su reducida escala espacial.
3. **Estaciones suburbanas:** localizadas en las periferias urbanas, estas estaciones se sitúan en áreas donde los niveles de ozono tienden a ser más elevados. La relación de todas las estaciones de control y medición del aire vienen detalladas en el ANEXO_5, así como la estructura del fichero de datos con el que vamos a trabajar podemos acceder a él a través del siguiente enlace [Estructura_C.A.Estaciones.pdf](#).

Figura 17

Mapa estaciones calidad del aire en tiempo real



Fuente: Ayuntamiento de Madrid. Portal de Calidad del Aire.

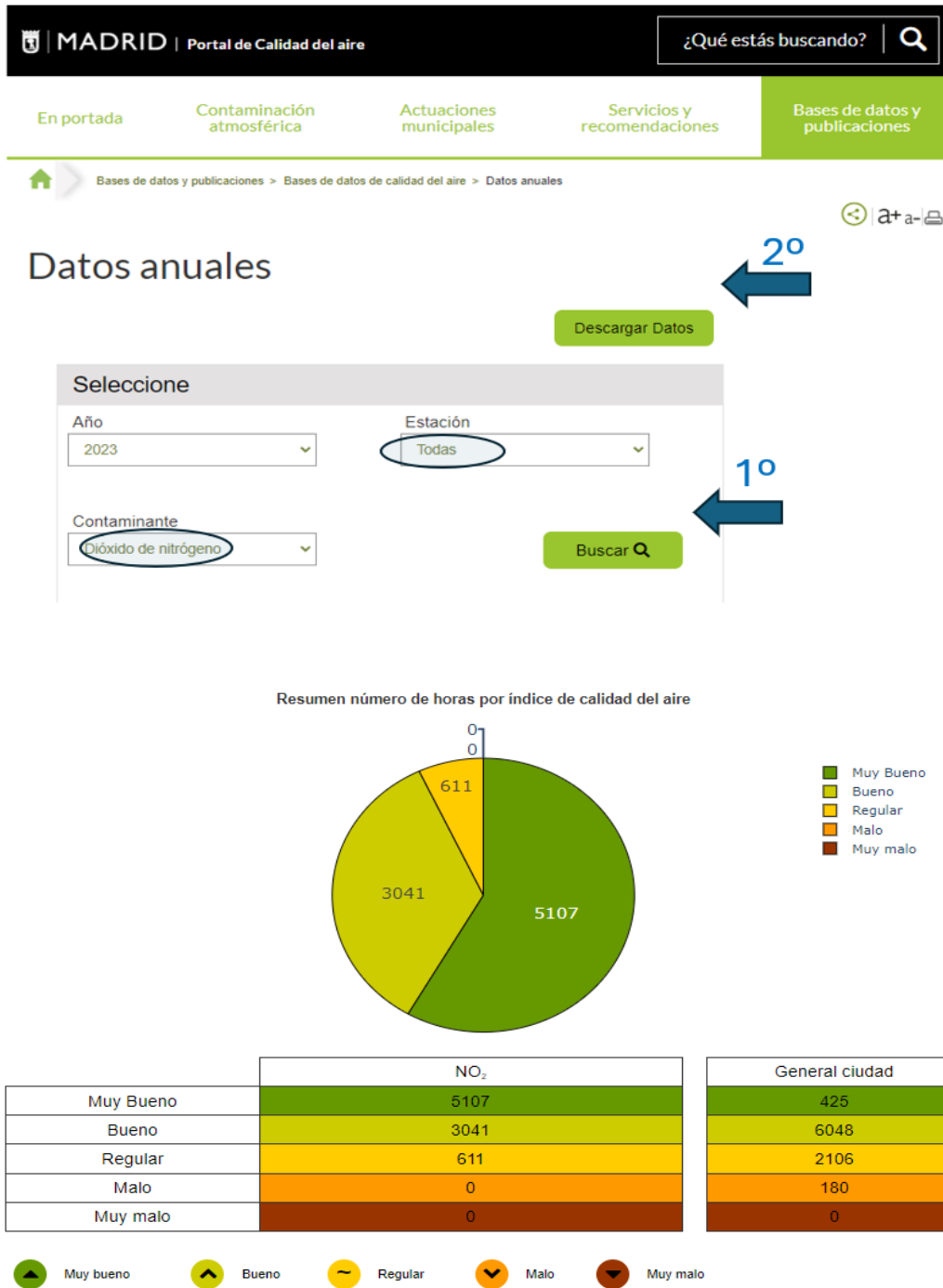
Como se ha procedido en otros apartados realizados en este trabajo, para acceder a estos datos accederemos al portal de datos abiertos del Ayuntamiento de Madrid, para buscar por Datos anuales, filtrar por año, estación de control y por contaminante.

En concreto, en nuestro estudio, se filtra por cada año y para todos los contaminantes y estaciones de medición.

A continuación, como muestran las figuras 18 y figura 19, se descargan los archivos de datos anuales correspondientes a la calidad del aire desde el año 2017 hasta el año 2023 incluido. Se obtienen a través del siguiente enlace: [Calidad del aire Datos anuales](#)

Figura 18

Acceso datos anuales de contaminantes

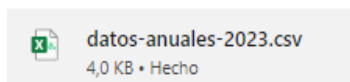


Fuente: Ayuntamiento de Madrid. Bases de datos de calidad del aire

Los archivos se descargan en formato .csv de la siguiente forma:

Figura 19

Base de datos anual de calidad del aire por contaminante



| | A | B | C | D | E |
|----|-------------------------|-----------------------|----------------------|----------------------------------|--------------------------------|
| 1 | Zona | Estación | Magnitud | Concentraciones máximas horarias | Concentraciones medias anuales |
| 2 | Zona 01 (Interior M-30) | Barrio del Pilar | Dióxido de nitrógeno | 186 | 28 |
| 3 | Zona 01 (Interior M-30) | Castellana | Dióxido de nitrógeno | 162 | 29 |
| 4 | Zona 01 (Interior M-30) | Cuatro Caminos | Dióxido de nitrógeno | 167 | 29 |
| 5 | Zona 01 (Interior M-30) | Escuelas Aguirre | Dióxido de nitrógeno | 175 | 33 |
| 6 | Zona 01 (Interior M-30) | Méndez Álvaro | Dióxido de nitrógeno | 140 | 28 |
| 7 | Zona 01 (Interior M-30) | Plaza de Castilla | Dióxido de nitrógeno | 166 | 30 |
| 8 | Zona 01 (Interior M-30) | Plaza de España | Dióxido de nitrógeno | 156 | 28 |
| 9 | Zona 01 (Interior M-30) | Plaza del Carmen | Dióxido de nitrógeno | 130 | 31 |
| 10 | Zona 01 (Interior M-30) | Ramón y Cajal | Dióxido de nitrógeno | 183 | 30 |
| 11 | Zona 01 (Interior M-30) | Retiro | Dióxido de nitrógeno | 131 | 20 |
| 12 | Zona 02 (Sureste) | Ensanche de Vallecas | Dióxido de nitrógeno | 194 | 30 |
| 13 | Zona 02 (Sureste) | Moratalaz | Dióxido de nitrógeno | 139 | 29 |
| 14 | Zona 02 (Sureste) | Vallecas | Dióxido de nitrógeno | 147 | 30 |
| 15 | Zona 03 (Noreste) | Arturo Soria | Dióxido de nitrógeno | 177 | 27 |
| 16 | Zona 03 (Noreste) | Barajas Pueblo | Dióxido de nitrógeno | 163 | 34 |
| 17 | Zona 03 (Noreste) | Juan Carlos I | Dióxido de nitrógeno | 137 | 22 |
| 18 | Zona 03 (Noreste) | Sanchinarro | Dióxido de nitrógeno | 186 | 24 |
| 19 | Zona 03 (Noreste) | Tres Olivos | Dióxido de nitrógeno | 135 | 21 |
| 20 | Zona 03 (Noreste) | Urbanización Embajada | Dióxido de nitrógeno | 171 | 29 |
| 21 | Zona 04 (Noroeste) | Casa de Campo | Dióxido de nitrógeno | 98 | 16 |
| 22 | Zona 04 (Noroeste) | El Pardo | Dióxido de nitrógeno | 86 | 13 |
| 23 | Zona 05 (Suroeste) | Farolillo | Dióxido de nitrógeno | 149 | 27 |
| 24 | Zona 05 (Suroeste) | Plaza Elíptica | Dióxido de nitrógeno | 195 | 36 |
| 25 | Zona 05 (Suroeste) | Villaverde | Dióxido de nitrógeno | 196 | 36 |

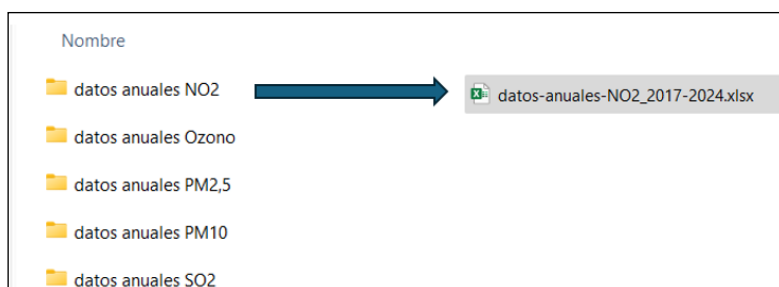
De esta misma forma, se descargan los correspondientes archivos de todos los contaminantes disponibles (NO₂, Ozono, PM_{2,5} PM₁₀, y SO₂) desde 2017 a 2023.

Este proceso de integración se ha ido realizando de forma manual en Excel, copiando y pegando los datos de los diferentes años e incorporándolos al fichero final ‘*datos-anuales-NO2_2017-2023.xlsx*’.

Una vez hecho, se deja un único fichero por contaminante donde hemos integrado todos los datos en ese margen temporal de 7 años. Se tiene de ejemplo el ANEXO_6.

Figura 20

Organización por carpetas bases de datos anuales por contaminante

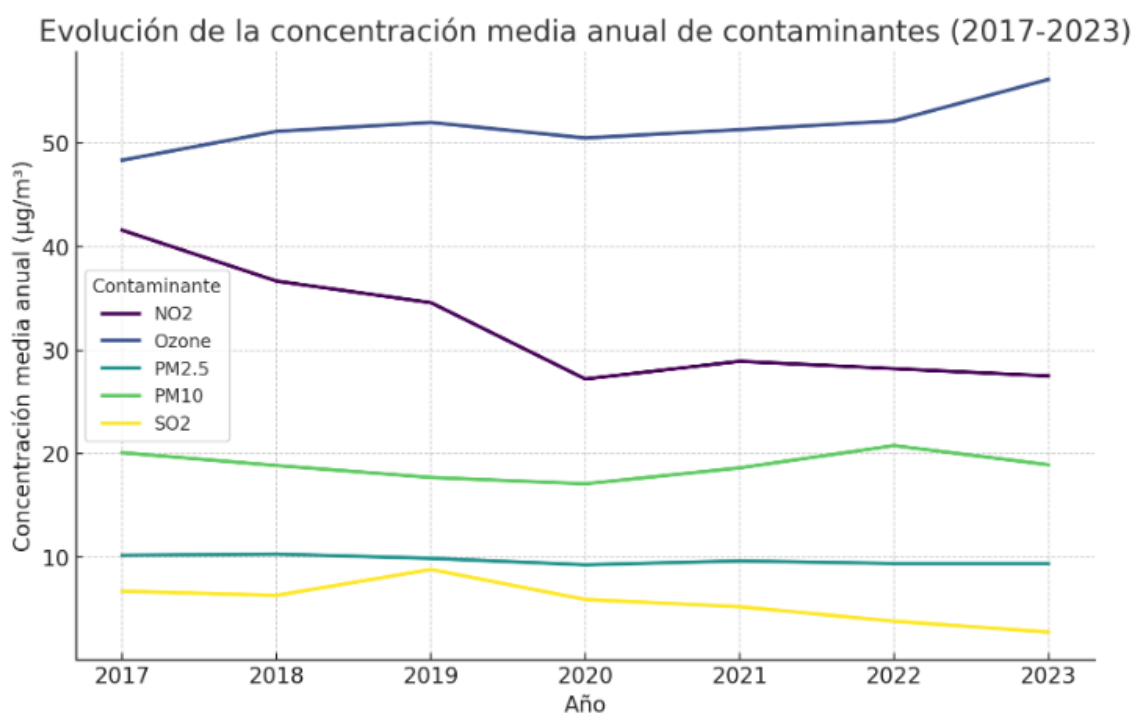


Una vez tenemos todos los archivos preparados, individualizados por contaminante vamos a crear un gráfico que muestre la evolución de estos a lo largo de los años, desde 2017 hasta 2023, donde el eje X sea el AÑO, y el eje Y sea el nivel de cada contaminante. Primeramente, tendremos que preparar los datos para agruparlos por año y luego promediar las concentraciones para todos los registros disponibles por año y contaminante (Figura 20)

Se visualiza una curva por cada contaminante en la misma gráfica (Figura 21):

Figura 21

Curvas evolución concentración media anual por contaminante



A continuación, se presentan las concentraciones medias anuales (Tabla 6) de los diferentes contaminantes que se han tenido en cuenta para crear la gráfica:

Tabla 6*Concentraciones medias anuales de los diferentes contaminantes (2017-2023)*

| Año | NO ₂ \bar{x} | Ozono \bar{x} | PM2.5 \bar{x} | PM10 \bar{x} | SO ₂ \bar{x} |
|------|------------------------------|--------------------|--------------------|-------------------|------------------------------|
| 2017 | 41,58333 | 48,35714 | 10,16667 | 20,08333 | 6,7 |
| 2018 | 36,66667 | 51,14286 | 10,28571 | 18,84615 | 6,3 |
| 2019 | 34,58333 | 52 | 9,875 | 17,69231 | 8,8 |
| 2020 | 27,20833 | 50,5 | 9,25 | 17,07692 | 5,9 |
| 2021 | 28,91667 | 51,30769 | 9,625 | 18,61538 | 5,2 |
| 2022 | 28,20833 | 52,15385 | 9,375 | 20,76923 | 3,8 |
| 2023 | 27,5 | 56,15385 | 9,375 | 18,92308 | 2,75 |

Se observa que el NO₂ presenta un mayor cambio entre los años 2017 y 2020 y a continuación tiene una tendencia algo más estable.

Además, se plantean las siguientes cuestiones:

¿A qué es debido? ¿es casualidad que justo la de NO₂ sea la que muestra un descenso pronunciado y concretamente es de la que tenemos más datos? También es verdad, como se puede apreciar en el ANEXO_7 no todas las estaciones registran los mismos contaminantes. En el caso concreto del NO₂, todas registran este contaminante.

Se afirma que, si la línea que representa el NO₂ muestra una pendiente negativa a lo largo del tiempo, esto indicaría una disminución en las concentraciones medias anuales del contaminante. Las fluctuaciones año a año pueden ser evidentes, lo cual puede deberse a factores tales como variaciones climáticas, cambios temporales en los patrones de tráfico, o la implementación y el efecto retardado de políticas de transporte y ambientales.

Si hay años donde la disminución es más pronunciada, ¿podría estar asociado con eventos específicos, como la introducción de una normativa importante, mejoras significativas en la infraestructura de transporte público, o un aumento notable en la adopción de vehículos eléctricos y mejora de la infraestructura de recarga?

Pues la tendencia del NO₂ en relación con los demás contaminantes también puede ser reveladora. Si el NO₂ disminuye mientras otros contaminantes no lo han hecho o lo hacen en menor medida, esto puede indicar la efectividad de medidas dirigidas específicamente a reducir las emisiones relacionadas con la combustión de combustibles fósiles en vehículos.

Dado este contexto, un análisis detallado de la tendencia del NO₂ ayudaría a evaluar la efectividad de las políticas ambientales y de transporte en términos de reducción de la contaminación y mejorar la calidad del aire en las zonas urbanas. Esta tendencia descendente, si existe, sería un indicativo positivo hacia la transición a formas de transporte más sostenibles y un menor impacto negativo en la salud pública y el medio ambiente.

¿Pero, cuánto de importante es vigilar los niveles de NO₂? ¿Es este contaminante tan peligroso como parece ser? ¿Qué lo causa y qué consecuencias puede tener?:

Además de lo descrito anteriormente, se sabe que el dióxido de nitrógeno (NO₂) es un contaminante significativo en Madrid, originado principalmente por el tráfico vehicular. Como gas tóxico y oxidante, el NO₂ tiene un impacto directo sobre la salud respiratoria de los ciudadanos y contribuye a la formación de Ozono troposférico y smog fotoquímico.

Las principales fuentes del NO₂ en Madrid incluyen vehículos a motor, especialmente aquellos con motores diésel. Además, actividades industriales y centrales térmicas contribuyen en menor medida a las emisiones de este contaminante (*La Calidad del Aire En la Ciudad de Madrid Durante 2022, 2023*).

Madrid ha logrado reducciones significativas en los niveles de NO₂ en los últimos años, gracias a las restricciones del tráfico y a una mayor conciencia ambiental. Sin embargo, existen desafíos continuos debido a la densidad del tráfico y a episodios esporádicos de alta contaminación.

La ciudad continúa desarrollando e implementando estrategias para reducir aún más las emisiones del NO₂. Esto incluye la modernización del parque vehicular, la expansión del transporte público y la promoción de modos de transporte sostenibles (*Plan de Calidad Del Aire Y Cambio Climático. Plan A. - Portal de Transparencia Del Ayuntamiento de Madrid, 2017*)

Factores meteorológicos como la temperatura, la humedad y el viento desempeñan un papel crucial en la dispersión y la acumulación del NO₂ en la atmósfera urbana. Las condiciones meteorológicas adversas pueden exacerbar los problemas de contaminación a corto plazo.

Después de estas reflexiones, entonces, ¿por qué centrarnos en los niveles de NO₂ en nuestro proyecto y qué nivel de implicación puede tener en la movilidad sostenible y la infraestructura de vehículos eléctricos en la reducción del NO₂?

A continuación, se da respuesta a las preguntas planteadas:

- Madrid ha implementado zonas de bajas emisiones como Madrid Central, que limitan el acceso a vehículos contaminantes en ciertas áreas de la ciudad. Estas medidas están orientadas a reducir la emisión de contaminantes como el NO₂ al reducir la cantidad de tráfico, especialmente de vehículos diésel, en áreas críticas.
- Madrid está incentivando la transición hacia vehículos de bajas emisiones, incluyendo vehículos eléctricos, híbridos y aquellos propulsados por gas natural. Los vehículos eléctricos son particularmente enfatizados como una solución efectiva para reducir las emisiones locales de NO₂, dado que no emiten este gas directamente.
- Se menciona el desarrollo de infraestructura necesaria para soportar un aumento en el uso de vehículos eléctricos, como estaciones de carga. Esta infraestructura es crucial para facilitar la adopción de vehículos eléctricos y, por ende, contribuir a la reducción de NO₂.

- Temporalmente, durante las restricciones de movilidad impuestas por la pandemia de COVID-19, se observó una reducción significativa en los niveles de NO₂. Esto demostró el impacto directo que tiene la reducción del tráfico vehicular en la calidad del aire urbano.

Estas medidas y observaciones subrayan la conexión entre la movilidad sostenible, el uso de vehículos eléctricos y la mejora de la calidad del aire, destacando la relevancia de políticas integradas que consideren tanto la reducción de contaminantes como la promoción de alternativas de transporte más limpias y sostenibles en el contexto urbano.

REALIZACIÓN DEL DIAGRAMA DE VORONOI EN SCRIBBLEMAPS®.

Para poder generar nuestro gráfico Voronoi vamos a utilizar la herramienta *SCRIBBLEMAPS®*, para ello tenemos una vez más que adecuar nuestras bases de datos para poder importarla a esta herramienta y que pueda representarnos los puntos de interés que queremos manejar de la forma más fiable posible.

Para ello, necesitamos de nuevo ‘adecuar’ la base de datos del archivo *MOVILIDAD_VEHICULOS_ELECTRICOS_PUNTOS_FLOTA_MUNICIPAL_RECARGA.xlsx* y extraer las calles que componen los diferentes distritos, sin duplicidades para después, añadir otra columna donde venga sumariado el nº de conectores que van asociados a esa dirección.

Procedemos a extraer las calles de los diferentes distritos sin duplicados fijándonos en la columna ‘UBICACIÓN’, que contiene las direcciones y la columna ‘DISTRITO’, que indica a qué distrito pertenece cada ubicación. Posteriormente, agruparemos las calles por distrito y eliminaremos duplicados si los hubiera.

Ahora lo que queremos es añadir una columna adicional que nos muestre el código postal, para mayor concreción y que el programa GIS no tenga problema a la hora de ubicar los diferentes puntos de interés, en nuestro caso, nuestros puntos de recarga. Este proceso, se hará de forma manual buscando los códigos postales en Google Maps o a través de la página web de Correos en el siguiente enlace: [Encontrar código postal Correos](#)

Una vez asociados los diferentes códigos postales, nuestra nueva base de datos quedaría así, he aquí un extracto de ejemplo de cómo quedaría la base de datos (Figura 22):

Figura 22

Puntos de recarga por distrito con unificación de calles

| | A | B | C |
|----|-------------|--|---------------|
| 1 | DISTRITO | UBICACIÓN | CÓDIGO POSTAL |
| 2 | Arganzuela | Paseo Chopera, 41 | 28045 |
| 3 | Arganzuela | Calle Bustamante, 16 | 28045 |
| 4 | Arganzuela | Paseo Pontones, 10 | 28005 |
| 5 | Arganzuela | Paseo Chopera, 2 | 28045 |
| 6 | Arganzuela | Ronda de Toledo, 10 | 28005 |
| 7 | Arganzuela | Calle Áncora, 37 / Calle Méndez Álvaro | 28045 |
| 8 | Arganzuela | Avenida del Planetario, 5 | 28045 |
| 9 | Arganzuela | Paseo Pontones, 23 | 28005 |
| 10 | Barajas | Calle Acuario, 27 | 28042 |
| 11 | Barajas | Calle Ribera del Sena, 21 | 28042 |
| 12 | Barajas | Calle Trespaderne, 16 | 28042 |
| 13 | Carabanchel | Calle Albox, 8 | 28025 |
| 14 | Carabanchel | Avenida de Carabanchel Alto, 61 | 28054 |

Se aprecia que ya se tendría una lista de calles únicas para cada distrito. Estas calles están ahora agrupadas por distrito y son únicas dentro de cada uno.

Además, se añade una columna adicional, por ejemplo, al lado del código postal y que indicase el número de conectores (Nº CONECTORES) que se tienen por cada una de esas direcciones. Para ello, debemos recoger esa información de misma base de datos inicial, pero aquí lo haremos en un segundo paso para mejor comprensión del proceso:

A continuación, se cargan ambos archivos (nueva base de datos y la original) para revisar su contenido y estructura, luego procederemos a agregar la nueva columna en nuestra nueva base de datos que utilizaremos para cargarla en la herramienta *SCRIBBLEMAPS®*

Para la nueva columna ‘Nº CONECTORES’ en nuestra nueva base de datos, vamos a sumar el número de conectores por cada nombre de calle de la columna ‘UBICACIÓN’ de la primitiva base de datos de los puntos de recarga. Después, procederemos a hacer el mapeo y a añadir la columna.

Este sería un extracto del resultado de nuestra nueva base de datos (Figura 23):

Figura 23

Puntos de recarga por distrito con unificación de calles y conectores

| | A | B | C | D |
|----|-------------|--|---------------|---------------|
| 1 | DISTRITO | UBICACIÓN | CÓDIGO POSTAL | Nº Conectores |
| 2 | Arganzuela | Paseo Chopera, 41 | 28045 | 7 |
| 3 | Arganzuela | Calle Bustamante, 16 | 28045 | 37 |
| 4 | Arganzuela | Paseo Pontones, 10 | 28005 | 2 |
| 5 | Arganzuela | Paseo Chopera, 2 | 28045 | 3 |
| 6 | Arganzuela | Ronda de Toledo, 10 | 28005 | 3 |
| 7 | Arganzuela | Calle Áncora, 37 / Calle Méndez Álvaro | 28045 | 1 |
| 8 | Arganzuela | Avenida del Planetario, 5 | 28045 | 13 |
| 9 | Arganzuela | Paseo Pontones, 23 | 28005 | 11 |
| 10 | Barajas | Calle Acuario, 27 | 28042 | 1 |
| 11 | Barajas | Calle Ribera del Sena, 21 | 28042 | 16 |
| 12 | Barajas | Calle Trespaderne, 16 | 28042 | 1 |
| 13 | Carabanchel | Calle Albox, 8 | 28025 | 1 |
| 14 | Carabanchel | Avenida de Carabanchel Alto, 61 | 28054 | 4 |

NUEVA BASE DE DATOS PARA LAS UBICACIONES DE LAS ESTACIONES DE MEDICIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE:

En este caso, se necesita para poder trabajar correctamente con la aplicación *SCRIBBLEMAPS®* y poder hacer el diagrama de Voronoi sin cargar una base de datos excesivamente grande con información que no nos aporta, se tiene que filtrar y crear una nueva a raíz del archivo descargado del portal de datos abiertos del Ayuntamiento, [informacion_estaciones_red_calidad_aire.xlsx](#) (ANEXO_5).




A continuación, se generará una nueva BB.DD extrayendo únicamente la información de las columnas ‘ESTACIÓN’, ‘DIRECCIÓN’, ‘LONGITUD’ y ‘LATITUD’ (Figura 24):

Figura 24

Nueva BB.DD ubicaciones estaciones medición calidad del aire

| ESTACION | DIRECCION | DISTRITO | LONGITUD | LATITUD |
|----------------------|--|---------------------|------------|-----------|
| Plaza de España | Plaza de España | Moncloa-Aravaca | -3,7122567 | 40,423882 |
| Escuelas Aguirre | Entre C/ Alcalá y C/ O' Donell | Salamanca | -3,6823158 | 40,421553 |
| Ramón y Cajal | Avda. Ramón y Cajal esq. C/ Príncipe de Vergara | Chamartín | -3,6773491 | 40,451473 |
| Arturo Soria | C/ Arturo Soria esq. C/ Vizconde de los Asilos | Ciudad Lineal | -3,6392422 | 40,440046 |
| Villaverde | C/ Juan Peñalver | Villaverde | -3,7133167 | 40,347147 |
| Farolillo | C/ Farolillo - C/ Ervigio | Carabanchel | -3,7318356 | 40,394783 |
| Casa de Campo | Casa de Campo (Terminal del Teleférico) | Moncloa-Aravaca | -3,7473445 | 40,419358 |
| Barajas Pueblo | C/ Júpiter, 21 | Barajas | -3,5800258 | 40,476918 |
| Plaza del Carmen | Plaza del Carmen esq. Tres Cruces | Centro | -3,7031662 | 40,419209 |
| Moratalaz | Avda. Moratalaz esq. Camino de los Vinateros | Moratalaz | -3,6453104 | 40,407952 |
| Cuatro Caminos | Avda. Pablo Iglesias esq. C/ Marqués de Lema | Chamberí | -3,7071303 | 40,445544 |
| Barrio del Pilar | Avda. Betanzos esq. C/ Monforte de Lemos | Fuencarral-El Pardo | -3,7115364 | 40,478232 |
| Vallecas | C/ Arroyo del Olivar esq. C/ Río Grande. | Puente de Vallecas | -3,6515286 | 40,388148 |
| Méndez Álvaro | C/ Juan de Mariana / Plaza Amanecer Méndez Álvaro | Arganzuela | -3,6868138 | 40,398099 |
| Castellana | C/ José Gutiérrez Abascal | Chamartín | -3,6903729 | 40,43989 |
| Parque del Retiro | Paseo Venezuela- Palacio de Velázquez | Retiro | -3,6824999 | 40,414444 |
| Plaza Castilla | Plaza Castilla (Canal) | Chamartín | -3,6887449 | 40,465584 |
| Ensanche de Vallecas | Avda. La Gavia / Avda. Las Suertes | Villa de Vallecas | -3,6121394 | 40,373012 |
| Urb. Embajada | C/ Riaño (Barajas) | Barajas | -3,5805649 | 40,462363 |
| Plaza Elíptica | Plaza Elíptica - Avda. Oporto | Usera | -3,7187679 | 40,385034 |
| Sanchinarro | C/ Princesa de Éboli esq. C/ María Tudor | Hortaleza | -3,6605173 | 40,494201 |
| El Pardo | Avda. La Guardia | Fuencarral-El Pardo | -3,7746101 | 40,51807 |
| Juan Carlos I | Parque Juan Carlos I (frente oficinas mantenimiento) | Barajas | -3,6163407 | 40,460726 |
| Tres Olivos | Plaza Tres Olivos | Fuencarral-El Pardo | -3,6897308 | 40,500548 |

Con este archivo (Figura 24), ya podemos cargar los puntos de interés que necesitamos en la herramienta *SCRIBBLEMAPS®*, que en nuestro caso serán las estaciones de medición de calidad del aire y por otro lado, cargaremos en un nuevo Grupo, los puntos de recarga de los cuales ya disponemos de su ubicación gracias a la primera base de datos que nos descargamos al comienzo de este proyecto.

En este diagrama, (ANEXO_8) hemos optado por representar a las estaciones de medición de calidad del aire con el icono  y a los puntos de recarga con un “dot” o punto de color. Los diferentes puntos de color indican puntos de recarga de un distrito diferente. Así, por ejemplo, los de color amarillo  son todos aquellos puntos de recarga del distrito de Chamberí, y los de color azul  corresponderían al distrito de Ciudad Lineal.

Una vez tenemos construido nuestro diagrama de Voronoi debemos saber cuántos puntos de recarga o conectores están asociados a cada estación de medición de calidad del aire. Para ello, lo que debemos realizar de forma meticulosa es contabilizar cuantos “puntos” caen dentro de cada región definida en el diagrama de Voronoi y asociárselos a la Estación de medición del aire correspondiente. Así, pues, nos queda la siguiente información en el archivo *Calles_Únicas_Por_Distrito_con_Conectores.xlsx*, del cual podremos ver un extracto en el ANEXO_9.

Se procede de la misma forma para construir ahora un diagrama de Voronoi en función de las Estaciones de medida de calidad del aire y ahora teniendo en cuenta la cantidad y distribución del parque de vehículos eléctricos. Ver ANEXO_10.

En este caso, son los vehículos eléctricos los que se representan por puntos de colores, e igualmente, cada color indica un distrito de la ciudad de Madrid, al cual está asignado cada uno de los diferentes vehículos.

De igual manera se procede y se asocia los vehículos de cada región del diagrama de Voronoi a su correspondiente Estación de medida de calidad del aire.

Una vez recopilada toda la información anterior, se unifica en el siguiente documento Excel para facilitar los posteriores análisis:

Figura 25

Base de datos para facilitar el estudio de los diagramas de Voronoi

| ESTACION | Nº PUNTOS RECARGA | Nº CONECTORES_Voronoi | Nº VE_Voronoi | Concentración máxima anual NO2 | Concentración media NO2 |
|-----------------------|-------------------|-----------------------|---------------|--------------------------------|-------------------------|
| Plaza de España | 6 | 26 | 10 | 156 | 28 |
| Escuelas Aguirre | 5 | 41 | 71 | 175 | 33 |
| Ramón y Cajal | 4 | 18 | 12 | 183 | 30 |
| Arturo Soria | 5 | 10 | 28 | 177 | 27 |
| Villaverde | 3 | 6 | 1 | 196 | 36 |
| Farolillo | 7 | 30 | 13 | 149 | 27 |
| Casa de Campo | 2 | 8 | 506 | 98 | 16 |
| Barajas Pueblo | 1 | 1 | 1 | 163 | 34 |
| Plaza del Carmen | 7 | 43 | 19 | 130 | 31 |
| Moratalaz | 4 | 44 | 1 | 139 | 29 |
| Cuatro Caminos | 4 | 8 | 1 | 167 | 29 |
| Barrio del Pilar | 1 | 6 | 1 | 186 | 28 |
| Vallecas | 3 | 8 | 1 | 147 | 30 |
| Méndez Álvaro | 6 | 69 | 150 | 140 | 28 |
| Castellana | 0 | 0 | 1 | 162 | 29 |
| Parque del Retiro | 3 | 8 | 7 | 131 | 20 |
| Plaza Castilla | 2 | 5 | 1 | 166 | 30 |
| Ensanche de Vallecas | 7 | 15 | 2 | 194 | 30 |
| Urbanización Embajada | 1 | 1 | 0 | 171 | 29 |
| Plaza Elíptica | 3 | 9 | 1 | 195 | 36 |
| Sancharro | 0 | 0 | 0 | 186 | 24 |
| El Pardo | 0 | 0 | 0 | 86 | 13 |
| Juan Carlos I | 3 | 20 | 17 | 137 | 22 |
| Tres Olivos | 1 | 1 | 0 | 135 | 21 |

A continuación, se analizan los diagramas de Voronoi obtenidos:

1º Vamos a analizar N° de conectores y puntos de recarga VS Concentración media anual de NO₂:

Figura 26

Gráfica de dispersión. N° conectores vs concentración media anual de NO₂

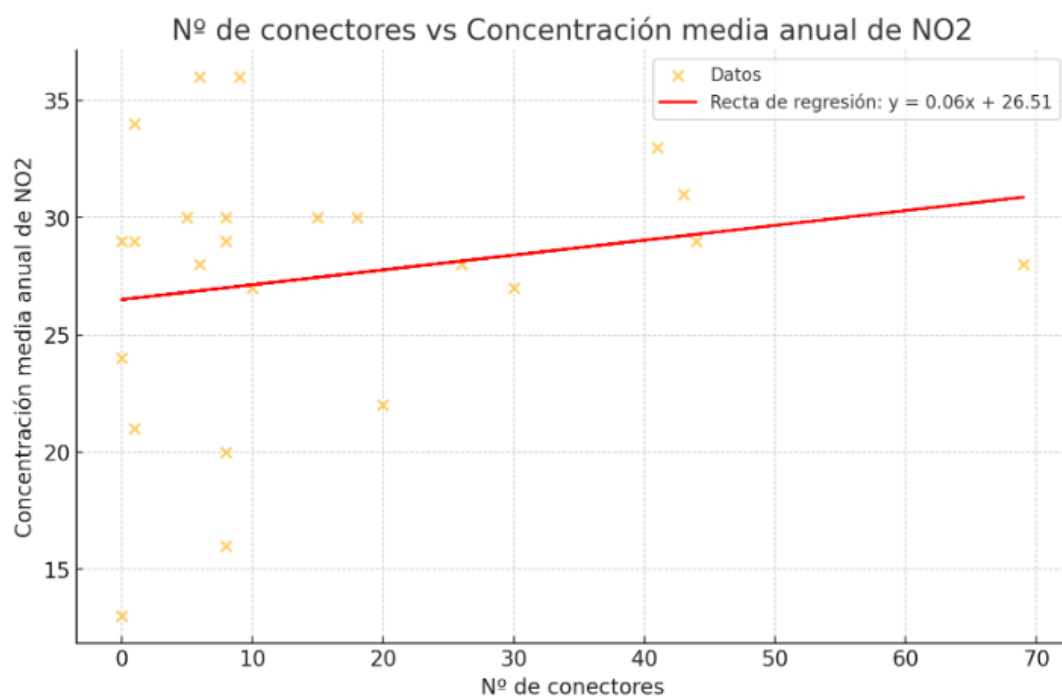


Tabla 7

Estadísticos de la Figura 26. N° conectores vs concentración media anual de NO₂

| Estadístico | Valor |
|------------------------------------|---------|
| Coefficiente de correlación | 0,1987 |
| Pendiente de la regresión | 0,0633 |
| Intercepto de la regresión | 26,5053 |
| Valor de R | 0,1987 |
| Valor P | 0,3519 |
| Error estándar | 0,0666 |

Figura 27

Gráfica de dispersión. N° puntos de recarga vs concentración media anual de NO₂

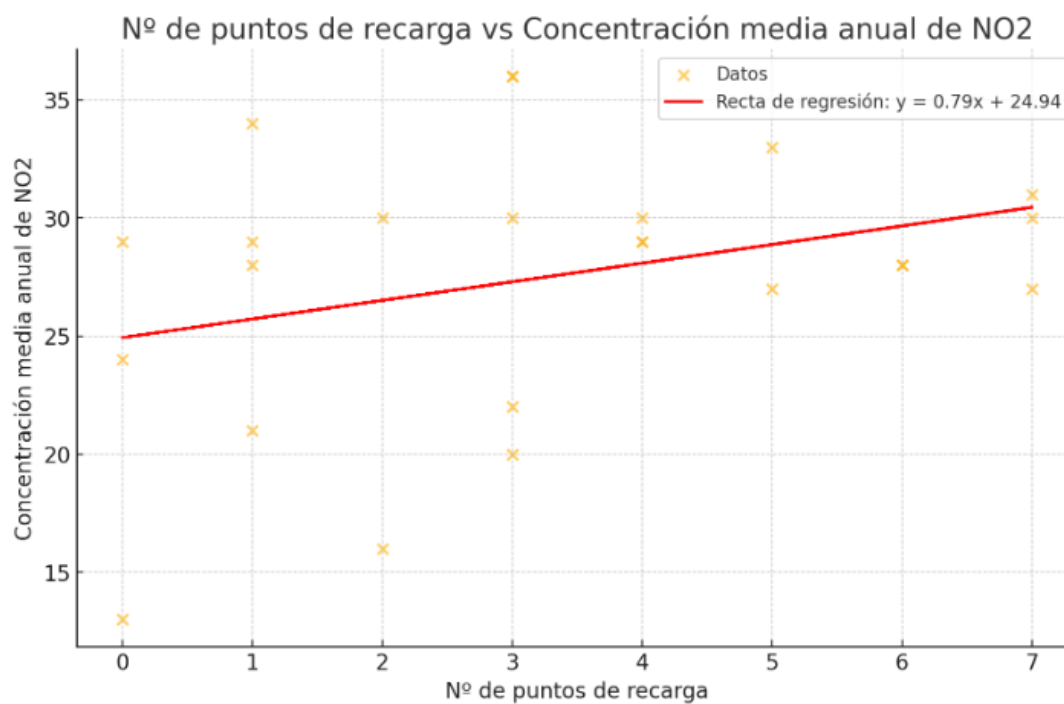


Tabla 8

Estadísticos Figura 27. N° puntos de recarga vs concentración media anual de NO₂

| Estadístico | Valor |
|------------------------------------|---------|
| Coefficiente de correlación | 0.3164 |
| Pendiente de la regresión | 0.7884 |
| Intercepto de la regresión | 24.9378 |
| Valor de R | 0.3164 |
| Valor P | 0.1320 |
| Error estándar | 0.5039 |

Figura 28

Gráfica de dispersión. N° conectores vs concentración máx. anual de NO₂

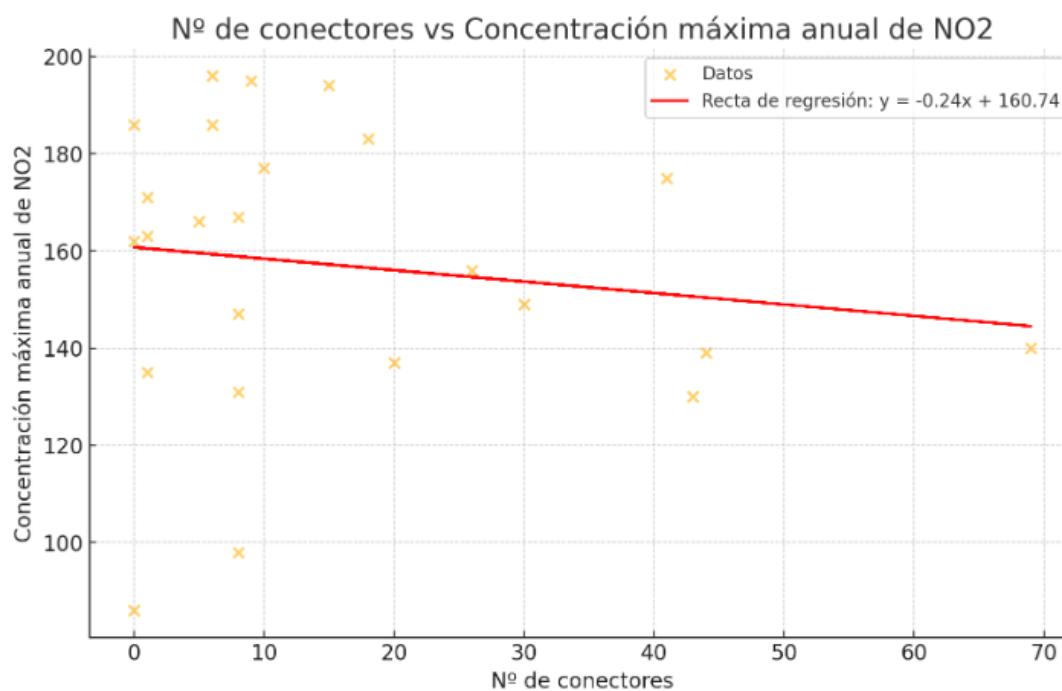


Tabla 9

Estadísticos de la Figura 28. N° conectores vs concentración máx. anual de NO₂

| Estadístico | Valor |
|------------------------------------|----------|
| Coefficiente de correlación | -0.1449 |
| Pendiente de la regresión | -0.2353 |
| Intercepto de la regresión | 160.7384 |
| Valor de R | -0.1449 |
| Valor P | 0.4994 |
| Error estándar | 0.3427 |

Figura 29

Gráfica de dispersión. N° puntos de recarga vs concentración máx. anual de NO₂

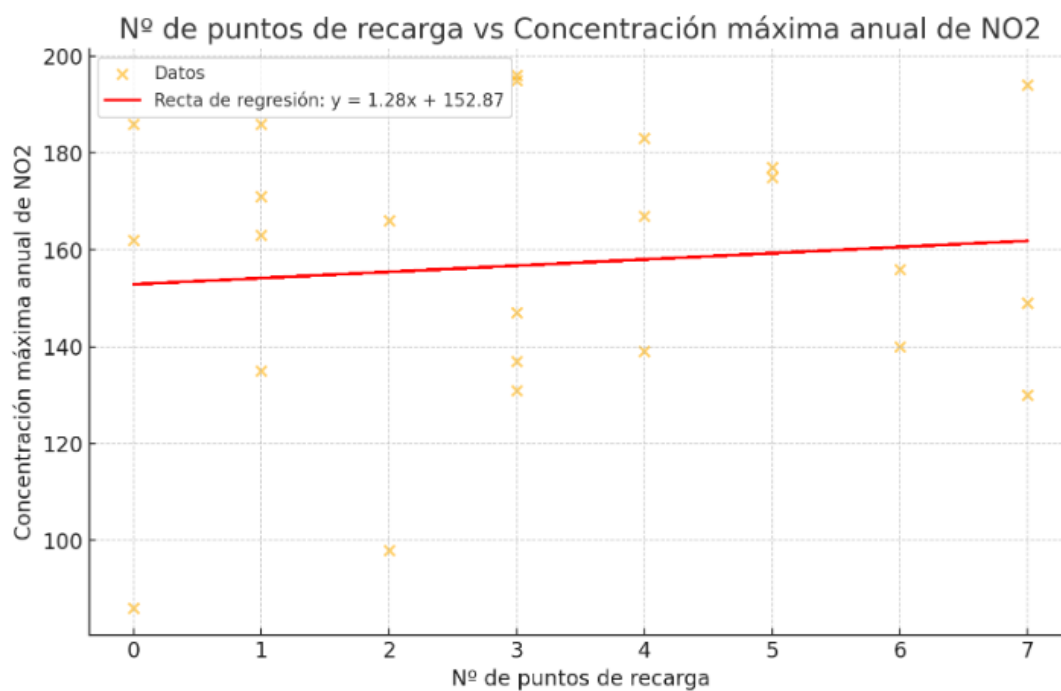


Tabla 10

Estadísticos de la Figura 29. N° puntos de recarga vs concentración máx. anual de NO₂

| Estadístico | Valor |
|------------------------------------|----------|
| Coefficiente de correlación | 0,1011 |
| Pendiente de la regresión | 1,2842 |
| Intercepto de la regresión | 152,8679 |
| Valor de R | 0,1011 |
| Valor P | 0,6383 |
| Error estándar | 2,6943 |

Estos resultados indican una correlación positiva muy débil entre el número de puntos de recarga y la concentración máxima anual de NO₂. El valor P sugiere que la relación no es estadísticamente significativa a un nivel de significancia común (por ejemplo, 0.05).

Por tanto, debido a lo anterior (correlaciones débiles), se puede plantear algún tipo de transformación exponencial o logarítmica y comprobar si mejorase el coeficiente de correlación. Podremos aplicar estas transformaciones a los datos y recalculamos los coeficientes de correlación y regresión. A continuación, vamos a probar transformaciones en los datos y ver cómo afectan a los coeficientes.

Se comenzará por aplicar una transformación logarítmica (log base 10) a los datos de los gráficos anteriores y recalculamos los coeficientes de correlación y regresión.

Estos son los resultados de los análisis logarítmicos obtenidos realizados con Python:

Nº de conectores vs Concentración media anual de NO₂ (logarítmica):

Tabla 11

Estadísticos transformación log.: Nº conectores vs Concentración media anual de NO₂

| Estadístico | Valor |
|------------------------------------|--------------|
| Coefficiente de correlación | 0,3141 |
| Pendiente de la regresión | 0,0572 |
| Intercepto de la regresión | 1,3906 |
| Valor de P | 0,1350 |
| Error estándar | 0,0368 |

El coeficiente de correlación aumenta respecto al 0.1987 original.

Nº de puntos de recarga vs Concentración media anual de NO₂ (logarítmica):

Tabla 12

Estadísticos transformación log.: N° puntos de recarga vs Concentración media anual de NO₂

| Estadístico | Valor |
|------------------------------------|--------------|
| Coefficiente de correlación | 0,3941 |
| Pendiente de la regresión | 0,1387 |
| Intercepto de la regresión | 1,3683 |
| Valor de P | 0,0567 |
| Error estándar | 0,0689 |

El coeficiente de correlación aumenta respecto al 0.3164 original

Nº de conectores vs Concentración máxima anual de NO₂ (logarítmica):

Tabla 13

Estadísticos transformación log.: N° conectores vs Concentración máxima anual NO₂

| Estadístico | Valor |
|------------------------------------|---------------------------|
| Coefficiente de correlación | 0,0533 |
| Pendiente de la regresión | 0,0086 |
| Intercepto de la regresión | 2,1825 |
| Valor de P | 0,8045 (no significativo) |
| Error estándar | 0,0342 |

El coeficiente de correlación aumenta respecto al -0.1449 original.

Nº de puntos de recarga vs Concentración máxima anual de NO₂ (logarítmica):

Tabla 14

Estadísticos transformación log.: N° puntos recarga vs Concentración máxima anual NO₂

| Estadístico | Valor |
|------------------------------------|--------------|
| Coefficiente de correlación | 0,1743 |
| Pendiente de la regresión | 0,0541 |
| Intercepto de la regresión | 2,1608 |
| Valor de P | 0,4154 |
| Error estándar | 0,0652 |

El coeficiente de correlación aumenta respecto al 0.1011 original.

Las transformaciones logarítmicas han mejorado ligeramente los coeficientes de correlación en todos los casos. Sin embargo, los valores P indican que las relaciones no son estadísticamente significativas. Esto sugiere que, aunque la transformación mejora la correlación, las relaciones subyacentes entre las variables no son fuertes ni significativas.

Se realiza el mismo estudio, pero para analizar la relación entre el número de vehículos eléctricos y la concentración media y máxima anual de NO₂.

Es decir, estas rectas indicarían las tendencias generales de disminución en las concentraciones de NO₂ con el aumento del número de vehículos eléctricos:

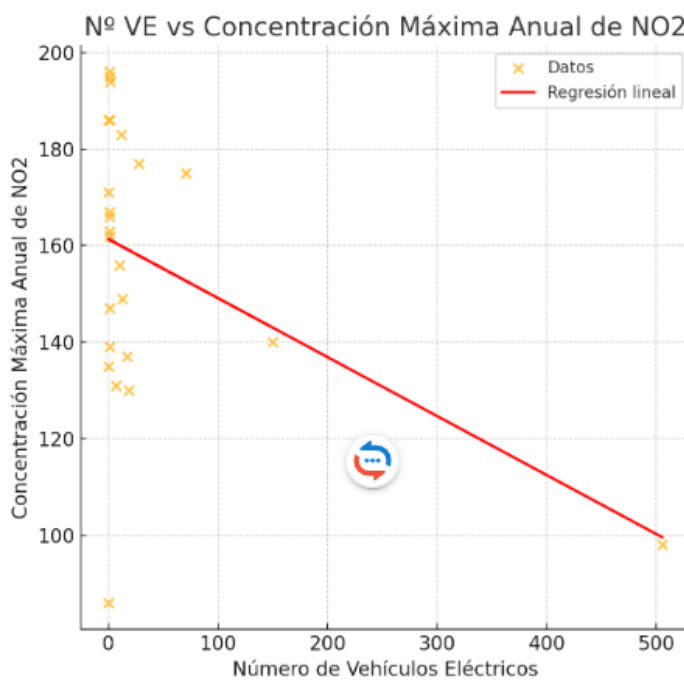
$$\text{Concentración media anual de NO}_2 = 28.240 - 0.021 \times \text{N}^\circ \text{ VE.}$$

La correlación negativa moderada sugiere que hay una tendencia a que la concentración media anual de NO₂ disminuya ligeramente a medida que aumenta el número de vehículos eléctricos. Sin embargo, la pendiente relativamente pequeña (-0.021) indica que el efecto del aumento de VE sobre la concentración media de NO₂ no es muy pronunciado.

Número de Vehículos Eléctricos vs Concentración Máxima Anual de NO₂:

Figura 31

Gráfica de dispersión. N° VE vs concentración máx. anual de NO₂



El coeficiente de correlación entre el número de vehículos eléctricos y la concentración máxima anual de NO₂ es aproximadamente -0.443, lo que indica una relación inversa moderada entre estas dos variables.

Los parámetros de la regresión lineal son:

Tabla 16

Estadísticos de la Figura 31. N° VE vs concentración máx. anual de NO₂

| Estadístico | Valor |
|--------------------------|---------|
| Pendiente (slope) | -0,122 |
| Intercepto | 161,339 |

Esto significa que la ecuación de la recta de regresión es:

$$\text{Concentración máxima anual de NO}_2 = 161.339 - 0.122 \times \text{N}^\circ \text{ VE}$$

Aquí, la correlación negativa es un poco más fuerte que en el caso de la concentración media anual. Esto sugiere que hay una relación más notable entre el número de vehículos eléctricos y las concentraciones máximas de NO₂. La pendiente de -0.122 indica que, por cada aumento en el número de VE, la concentración máxima de NO₂ tiende a disminuir más significativamente que la concentración media anual.

Interpretación de Resultados:

- **Tendencia general:** ambas gráficas muestran una tendencia decreciente de las concentraciones de NO₂ con el aumento de los vehículos eléctricos. Esto sugiere que los vehículos eléctricos contribuyen a la mejora de la calidad del aire reduciendo las emisiones de NO₂, un contaminante clave asociado a la combustión de combustibles fósiles.
- **Impacto relativo:** la concentración media anual de NO₂ parece ser menos sensible al número de VE en comparación con la concentración máxima anual. Esto puede indicar que los vehículos eléctricos tienen un impacto más notable en la reducción de picos extremos de contaminación (máximos anuales) que en la reducción de las concentraciones promedio anuales.
- **Magnitud del efecto:** aunque ambas correlaciones son negativas, indicando una relación inversa, las magnitudes no son extremadamente altas. Esto sugiere que otros factores también están influyendo en las concentraciones de NO₂ y que la

adopción de vehículos eléctricos es solo una parte de una solución más amplia para mejorar la calidad del aire.

Contraste de hipótesis para la diferencia de medias:

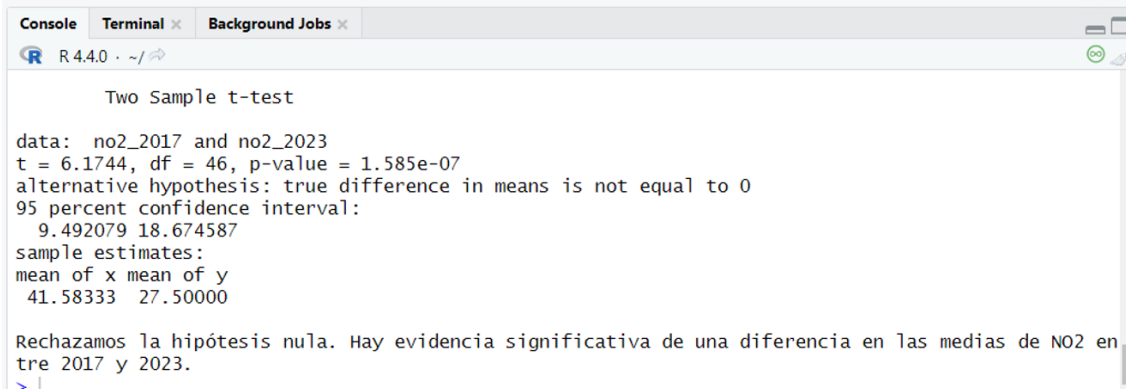
Realizar un contraste de hipótesis para la diferencia de medias de NO₂ entre los años 2017 y 2023 es conveniente y beneficioso por varias razones. En primer lugar, nos permite validar estadísticamente si la reducción observada en las concentraciones de NO₂ es significativa, asegurándonos de que no se trata de variabilidad aleatoria o hayan ocurrido por azar. Esto es crucial para evaluar la eficacia de las políticas ambientales implementadas por el Ayuntamiento de Madrid y justificar futuras inversiones en infraestructura de recarga de vehículos eléctricos. Además, este análisis cuantitativo proporciona una base sólida para la toma de decisiones basadas en datos, identificando tendencias y patrones en la calidad del aire que son esenciales para la planificación urbana y ambiental. Finalmente,

Se realiza el contraste de hipótesis para la diferencia de medias programando un script en lenguaje R (ANEXO 12) y con apoyo de la herramienta RStudio.

Se comprueba que una vez ejecutado el script la consola de RStudio arroja el siguiente resultado:

Figura 32

Resultado contraste hipótesis diferencia de medias en RStudio



```
Console Terminal x Background Jobs x
R 4.4.0 · ~/
Two Sample t-test
data: no2_2017 and no2_2023
t = 6.1744, df = 46, p-value = 1.585e-07
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 9.492079 18.674587
sample estimates:
mean of x mean of y
 41.58333 27.50000

Rechazamos la hipótesis nula. Hay evidencia significativa de una diferencia en las medias de NO2 entre 2017 y 2023.
> |
```

El resultado del análisis realizado en RStudio muestra que hay una diferencia significativa en las medias de NO₂ entre los años 2017 y 2023. A continuación, se muestra una interpretación detallada de los resultados:

Tabla 17

Resultados contraste hipótesis (t de Student)

| Resultados de la prueba t | |
|---------------------------------------|--|
| Estadístico | Valor |
| Valor t (t-statistic) | 6,1744 |
| Grados de libertad (df) | 46 |
| Valor p (p-value): | 1,585e-07 |
| Intervalo de confianza del 95% | 9,492079 a 18,674587 |
| Medias muestrales | Año 2017: 41,58333 Año 2023: 27,50000 |

Interpretación de los resultados:

1. **Valor p (p-value):** el valor p es muy pequeño (1.585e-07), mucho menor que el nivel de significancia comúnmente usado (0.05). Esto indica que la diferencia observada en las medias no es debida al azar.
2. **Hipótesis nula (H0):** la hipótesis nula afirma que no hay diferencia en las medias de NO₂ entre 2017 y 2023. Dado que el valor p es tan bajo, rechazamos la hipótesis nula.
3. **Conclusión:** siendo $t = 6,1744$, este valor se encuentra muy lejos del valor crítico de t para un nivel de significancia típico (como 0.05). Esto indica que la diferencia observada es altamente significativa, situándose en la región de rechazo de la hipótesis nula (donde se rechaza la hipótesis de que no hay diferencia entre las

medias). Por tanto, se puede afirmar que hay evidencia significativa para concluir que las concentraciones medias de NO₂ en 2017 son significativamente diferentes a las de 2023. Específicamente, las concentraciones medias de NO₂ en 2017 fueron más altas que en 2023.

Conclusión prueba contraste de hipótesis en RStudio:

El resultado del análisis realizado en RStudio muestra que hay una diferencia significativa en las medias de NO₂ entre los años 2017 y 2023 ($t = 6.1744$, $p < 0.0001$). Las concentraciones medias de NO₂ disminuyeron de $41.58 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2017 a $27.50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2023. Este hallazgo se complementa con los análisis espaciales realizados mediante diagramas de Voronoi, que muestran una distribución más densa y estratégica de los puntos de recarga de vehículos eléctricos en áreas con mayores concentraciones de NO₂ en 2017. Las gráficas de dispersión también revelan una correlación entre el incremento en el número de puntos de recarga y la disminución en las concentraciones de NO₂, sugiriendo que la expansión de la infraestructura de recarga podría haber contribuido a la mejora de la calidad del aire en Madrid.

Por otro lado, las gráficas indican que el aumento en el número de vehículos eléctricos tiene un efecto positivo en la reducción de las concentraciones de NO₂, especialmente en los niveles máximos. Sin embargo, la relación no es extremadamente fuerte, lo que sugiere que se necesitan más medidas complementarias (como la reducción de emisiones industriales, la promoción de transporte público limpio, y políticas de urbanismo sostenible) para lograr mejoras significativas en la calidad del aire.

Hay varias razones por las que podríamos estar observando correlaciones débiles en los análisis de los datos:

- ✓ **Multifactorialidad de la Calidad del aire:** la calidad del aire no depende exclusivamente de la presencia de vehículos eléctricos o de los puntos de recarga. Factores como el tráfico general, las condiciones meteorológicas, las actividades industriales y otros factores locales influyen significativamente en las

concentraciones de contaminantes. La presencia de otros vehículos (no eléctricos), así como variaciones diarias y estacionales, pueden enmascarar el impacto específico de los vehículos eléctricos.

- ✓ **Distribución desigual:** la distribución de los puntos de recarga y de los conectores puede no ser uniforme en relación con la densidad de población y la cantidad de vehículos eléctricos. Distritos con más puntos de recarga pueden no necesariamente tener la mayor cantidad de vehículos eléctricos, lo que podría diluir cualquier correlación directa entre infraestructura y concentración de NO₂.
- ✓ **Periodo de estudio y datos disponibles:** el periodo de tiempo que abarca tu estudio y la disponibilidad de datos puede no ser suficiente para capturar el impacto a largo plazo de los vehículos eléctricos en la calidad del aire. Las medidas recientes de instalación de puntos de recarga pueden no haber tenido tiempo suficiente para mostrar su efecto pleno en la reducción de contaminantes.
- ✓ **Variabilidad en el uso de puntos de recarga:** no todos los puntos de recarga pueden ser utilizados de manera uniforme. Algunos pueden estar infrautilizados mientras que otros pueden estar sobrecargados, dependiendo de factores como la ubicación, accesibilidad y demanda local, lo cual no se refleja simplemente en el número total de puntos de recarga.
- ✓ **Datos de Calidad del aire:** las estaciones de medición de calidad del aire pueden estar ubicadas de manera que no capturen adecuadamente las variaciones locales. Por ejemplo, una estación de tráfico puede registrar valores altos de NO₂ debido a su proximidad a una carretera transitada, independientemente de la infraestructura de recarga en esa área.

En resumen, las correlaciones débiles pueden deberse a la complejidad y multifactorialidad del impacto ambiental y a la necesidad de un enfoque más granular y específico para captar la relación entre la infraestructura de recarga y la calidad del aire. Integrar más datos contextuales y posiblemente mejorar la modelización estadística podría ayudar a obtener resultados más concluyentes.

Como conclusión de las gráficas anteriores y de sus respectivos diagramas de Voronoi se desprende el siguiente análisis:

1. Distribución de Estaciones de Medición de Calidad del Aire:

Las estaciones de medición parecen estar bien distribuidas a lo largo de la ciudad, cubriendo la mayoría de las áreas. No obstante, hay algunas áreas periféricas donde las estaciones de medición están más alejadas, lo que podría resultar en menor precisión en esas zonas.

2. Distribución de Puntos de Recarga para Vehículos Eléctricos:

Los puntos de recarga están bien representados en áreas céntricas, pero hay zonas donde la densidad es menor, especialmente en la periferia.

3. Áreas con Baja Densidad de Vehículos Eléctricos:

Zonas como Fuencarral-El Pardo, Villaverde, y Vicálvaro tienen menos vehículos eléctricos disponibles.

Esto podría indicar una menor adopción de vehículos eléctricos en estas áreas o una menor disponibilidad de infraestructura de carga.

SUGERENCIAS DE MEJORA:

1. Incrementar la disponibilidad de vehículos eléctricos en áreas periféricas:

Incrementar la distribución de vehículos eléctricos en áreas como Fuencarral-El Pardo, Villaverde, y Vicálvaro.

2. Aumentar la infraestructura en áreas de alta densidad:

Identificar las áreas con una alta densidad de vehículos eléctricos y asegurarse de que haya suficientes puntos de recarga para satisfacer la demanda. Esto puede implicar mover o agregar puntos de recarga en zonas que están subutilizadas.

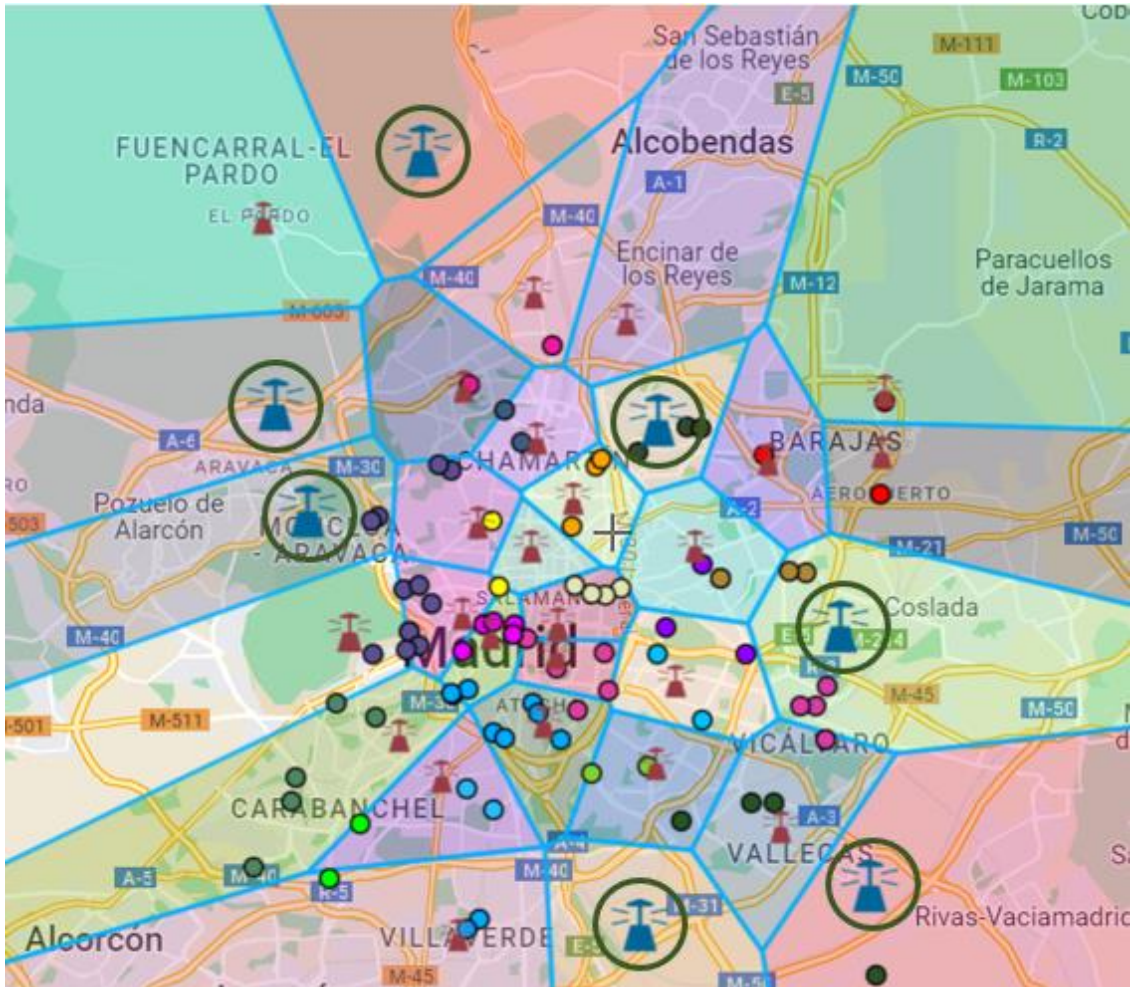
3. Reevaluar la ubicación de las estaciones de medición:

Aunque la mayoría de las áreas están cubiertas, algunas zonas periféricas podrían necesitar estaciones adicionales para mejorar la precisión de los datos de calidad del aire.

Hemos añadido en en nuestro diagrama 7 estaciones de medición de calidad del aire (ECA) en zonas donde se aprecia que hay demasiada distancia entre otras estaciones y para que la medición de la calidad del aire en dichos puntos sea lo más objetiva posible, de nuevo y una vez realizado lo anterior generamos un nuevo diagrama de Voronoi y es así como quedarían las nuevas regiones y la distribución de las Estaciones de medición. Las nuevas estaciones se han representado con el mismo símbolo pero esta vez en color azul y redondeadas por un círculo (Figura 33):

Figura 33

Diagrama de Voronoi. Reevaluación ubicación nuevas ECAs



4. Promover el uso de vehículos eléctricos:

Campañas de sensibilización y beneficios fiscales podrían ayudar a incrementar el uso de vehículos eléctricos, mejorando así la calidad del aire en general.

5. Monitoreo y ajuste continuo:

Realizar monitoreos periódicos para evaluar la efectividad de las estaciones y los puntos de recarga, y ajustarlos según sea necesario basándose en los patrones de uso y la calidad del aire.

Como consecuencia de los diferentes análisis e investigación que se han venido realizando hasta ahora en el presente proyecto fin de grado, se observa que más del 95% de la flota de vehículos eléctricos en el distrito de Moncloa-Aravaca pertenece a la Dirección General de la Policía Municipal. La flota de vehículos de la policía municipal juega un papel crucial en la implementación de políticas de movilidad sostenible. La transición hacia vehículos eléctricos en la Policía no solo reduce las emisiones directas de CO₂ y NO₂, sino que también sirve como ejemplo para la ciudadanía, promoviendo la adopción de vehículos eléctricos.

Cabe destacar, según estudios previos, que la flota de la Policía Municipal se compone de aproximadamente 495 vehículos adscritos a la mencionada Dirección General, ubicada en el distrito de Moncloa-Aravaca, lo que representa un 58,65% del parque de vehículos eléctricos municipal, que ascendía a un total de 844 unidades a finales del año 2023.

En el análisis de la flota de vehículos de la Policía Municipal, se observa un incremento significativo en la adquisición de vehículos eléctricos entre 2017 y 2023. Esta transición ha contribuido a la reducción del NO₂, tal como se evidencia en los resultados del contraste de hipótesis y las correlaciones observadas en los diagramas de dispersión.

Si bien se conoce la ubicación teórica del organismo al que están asignados dichos vehículos, esto no implica que los vehículos permanezcan cerca de esa ubicación. Por lo tanto, asumiendo que la Policía Municipal se distribuye de manera más o menos equitativa por todos los distritos, sería conveniente incrementar el número de puntos de recarga en estos últimos con el objetivo de minimizar los desplazamientos necesarios para recargar los vehículos de dicho cuerpo policial.

En este contexto, sería pertinente estudiar cómo distribuir de manera óptima los puntos de recarga observados en el diagrama de Voronoi, en función de los vehículos eléctricos asignados a cada comisaría de distrito. Esta distribución debería considerar la densidad de vehículos asociados a cada distrito. A continuación, se propone una estrategia basada en los datos disponibles:

A continuación, se propone una estrategia basada en los datos disponibles:

1. **Identificación de puntos de recarga:** se debe contar la cantidad de puntos de recarga en cada distrito según el diagrama de Voronoi proporcionado.
2. **Incremento de puntos de recarga en función del número de VE asignados a cada distrito.**
3. **Ajustes por necesidades operativas:** considerar ajustes en función de las necesidades operativas específicas de la Policía Municipal, como la tasa de criminalidad, el tamaño del distrito, la densidad poblacional y otros factores relevantes.

Para ello, se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones adicionales:

- **Capacidad de recarga:** asegurar que los puntos de recarga en cada distrito pueden manejar la demanda adicional de los vehículos asignados.
- **Operaciones de emergencia / actuaciones de rápida respuesta:** distribuir los vehículos estratégicamente en zonas con alta necesidad de respuesta rápida.

Para la segunda consideración, se ha obtenido nuevamente datos del portal de Datos Abiertos del Ayuntamiento de Madrid, en el catálogo “Policía Municipal. Datos estadísticos actuaciones Policía Municipal”, a través del siguiente enlace: <https://datos.madrid.es/sites/v/index.jsp?vnextoid=bffff1d2a9fdb410VgnVCM2000000c205a0aRCRD&vnextchannel=20d612b9ace9f310VgnVCM100000171f5a0aRCRD>

Nos descargamos los ficheros disponibles del año 2024, en este caso solo se dispone de datos del mes de enero, febrero, marzo y abril.

Trabajaremos únicamente con la primera hoja de cálculo “SEGURIDAD”, donde se mostrarán el número de actuaciones policiales de diferente índole llevadas a cabo por la Policía Municipal en cada uno de los distritos.

Figura 34*BB.DD actuaciones Policía Municipal. Seguridad ciudadana*

| | A | B | C | D | E | F |
|----|----------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|
| 1 | SEGURIDAD CIUDADANA | | | | | |
| 2 | | | | | | |
| 3 | DISTRITOS | RELACIONADAS CON LAS PERSONAS | RELACIONADAS CON EL PATRIMONIO | POR TENENCIA DE ARMAS | POR TENENCIA DE DROGAS | POR CONSUMO DE DROGAS |
| 4 | CENTRO | 24 | 120 | 4 | 311 | 30 |
| 5 | ARGANZUELA | 4 | 5 | 3 | 8 | 5 |
| 6 | RETIRO | 4 | 2 | 2 | 1 | 2 |
| 7 | SALAMANCA | 4 | 45 | 2 | 8 | 0 |
| 8 | CHAMARTÍN | 5 | 13 | 1 | 46 | 62 |
| 9 | TETUÁN | 4 | 14 | 2 | 5 | 0 |
| 10 | CHAMBERÍ | 3 | 4 | 0 | 26 | 1 |
| 11 | FUENCARRAL - EL PARDO | 5 | 8 | 3 | 15 | 1 |
| 12 | MONCLOA - ARAVACA | 7 | 21 | 2 | 11 | 4 |
| 13 | LATINA | 6 | 6 | 3 | 35 | 2 |
| 14 | CARABANCHEL | 26 | 23 | 7 | 33 | 6 |
| 15 | USERA | 9 | 12 | 2 | 9 | 4 |
| 16 | PUENTE DE VALLECAS | 19 | 23 | 7 | 81 | 4 |
| 17 | MORATALAZ | 7 | 2 | 1 | 5 | 1 |

Se añade posteriormente una columna más a la derecha que sume el total de actuaciones por distrito y abajo del todo el número total de actuaciones entre todos los distritos que forman la capital. Esto se hará también con los archivos correspondientes a los meses de febrero, marzo y abril. Ver ANEXO_11.

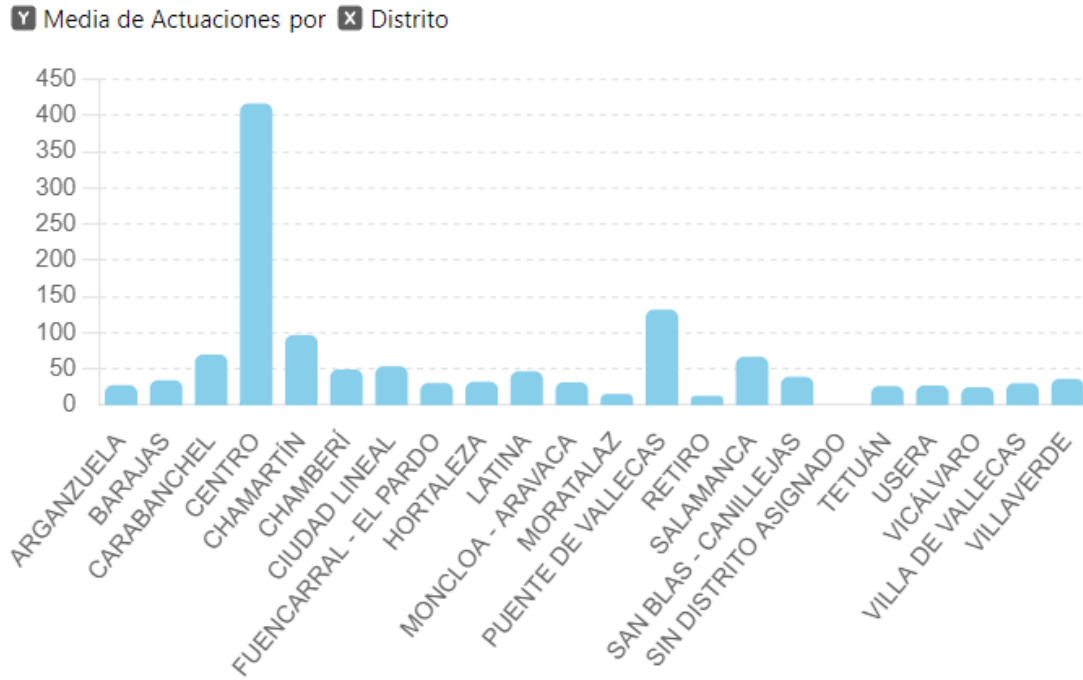
Una vez se tiene calculado el paso anterior en los diferentes archivos Excel, se procede a calcular la media de actuaciones totales por distrito durante los meses de enero a abril de 2024 tal y como se puede apreciar a continuación en la Tabla 18:

Tabla 18*Media de actuaciones policiales totales por distrito*

| Distrito | Actuaciones \bar{x} |
|------------------------------|---|
| ARGANZUELA | 27,75 |
| BARAJAS | 34,5 |
| CARABANCHEL | 70 |
| CENTRO | 416,75 |
| CHAMARTÍN | 97 |
| CHAMBERÍ | 49,5 |
| CIUDAD LINEAL | 53,75 |
| FUENCARRAL - EL PARDO | 30,75 |
| HORTALEZA | 32,5 |
| LATINA | 46,75 |
| MONCLOA - ARAVACA | 31,75 |
| MORATALAZ | 15,5 |
| PUENTE DE VALLECAS | 132 |
| RETIRO | 13 |
| SALAMANCA | 67 |
| SAN BLAS - CANILLEJAS | 39,25 |
| TETUÁN | 26,5 |
| USERA | 27,25 |
| VICÁLVARO | 25 |
| VILLA DE VALLECAS | 30,5 |
| VILLAVERDE | 36,5 |
| TOTAL | 1303,5 |

Figura 35

Gráfico de barras. Media de actuaciones por distrito (enero – abril 2024)



Se procede a realizar el proceso la asignación de vehículos en función del número medio de actuaciones policiales por distrito y obtenemos tiene la siguiente tabla:

Tabla 19

Proporción y vehículos policiales asignados por distrito

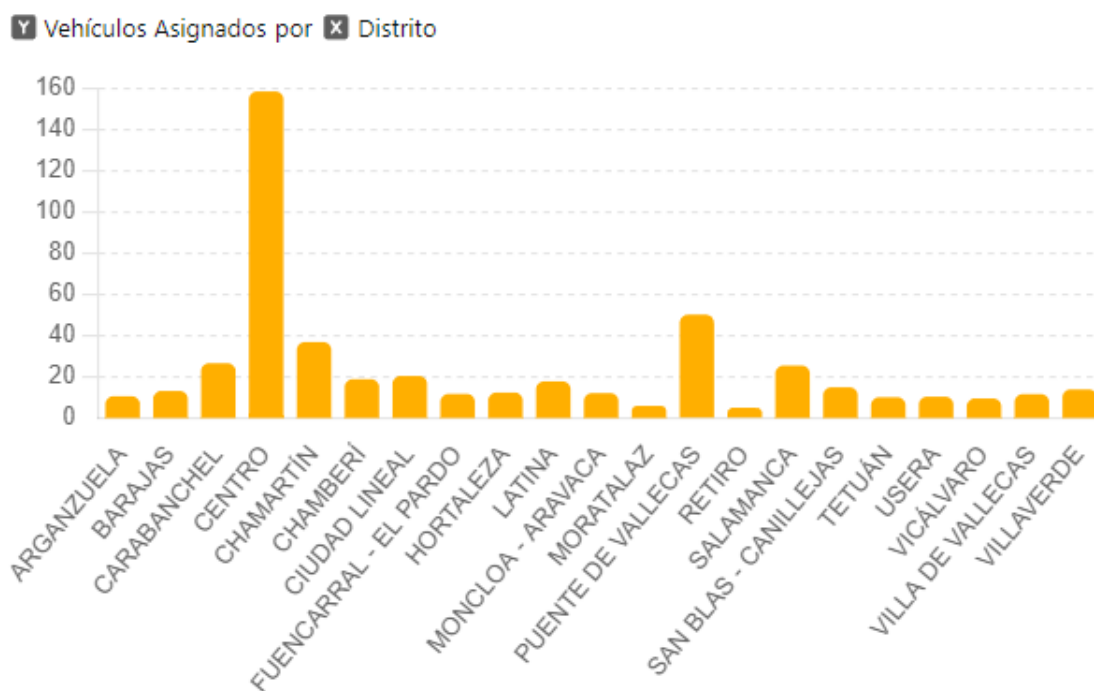
| Distrito | Actuaciones | Proporción (\hat{p}) | Vehículos Asignados |
|------------------------------|-------------|--------------------------|---------------------|
| ARGANZUELA | 27.75 | 0.0213 | 10.55 |
| BARAJAS | 34.5 | 0.0265 | 13.12 |
| CARABANCHEL | 70 | 0.0537 | 26.56 |
| CENTRO | 416.75 | 0.3198 | 158.30 |
| CHAMARTÍN | 97 | 0.0744 | 36.82 |
| CHAMBERÍ | 49.5 | 0.0380 | 18.82 |
| CIUDAD LINEAL | 53.75 | 0.0412 | 20.38 |
| FUENCARRAL - EL PARDO | 30.75 | 0.0236 | 11.67 |
| HORTALEZA | 32.5 | 0.0249 | 12.33 |

| | | | |
|------------------------------|--------|--------|------------|
| LATINA | 46.75 | 0.0359 | 17.77 |
| MONCLOA - ARAVACA | 31.75 | 0.0244 | 12.07 |
| MORATALAZ | 15.5 | 0.0119 | 5.89 |
| PUENTE DE VALLECAS | 132 | 0.1013 | 50.14 |
| RETIRO | 13 | 0.0100 | 4.94 |
| SALAMANCA | 67 | 0.0514 | 25.42 |
| SAN BLAS - CANILLEJAS | 39.25 | 0.0301 | 14.89 |
| TETUÁN | 26.5 | 0.0203 | 10.07 |
| USERA | 27.25 | 0.0209 | 10.34 |
| VICÁLVARO | 25 | 0.0192 | 9.48 |
| VILLA DE VALLECAS | 30.5 | 0.0234 | 11.58 |
| VILLAVERDE | 36.5 | 0.0280 | 13.86 |
| TOTAL | 1303.5 | 1.0 | 495 |

Esta tabla muestra la distribución de los 495 vehículos eléctricos de la Policía Municipal basada en el número medio de actuaciones por distrito.

Figura 36

Gráfico de barras. Distribución VE de la Policía Municipal por n° medio de actuaciones



Con la información anterior, ya podemos realizar un análisis de suficiencia de puntos de recarga en función del número de vehículos asignados por distrito, el cual nos arroja los siguientes resultados:

Figura 37

Resultados de suficiencia de puntos de recarga en función del n° VE policiales asignados

| Distrito | Vehículos Asignados | Puntos de recarga | Déficit | Suficiencia |
|-----------------------|---------------------|-------------------|---------|-------------|
| ARGANZUELA | 10.55 | 77 | -66.45 | Suficiente |
| BARAJAS | 13.12 | 18 | -4.88 | Suficiente |
| CARABANCHEL | 26.56 | 5 | 21.56 | Déficit |
| CENTRO | 158.30 | 40 | 118.30 | Déficit |
| CHAMARTÍN | 36.82 | 17 | 19.82 | Déficit |
| CHAMBERÍ | 18.82 | 4 | 14.82 | Déficit |
| CIUDAD LINEAL | 20.38 | 40 | -19.62 | Suficiente |
| FUENCARRAL - EL PARDO | 11.67 | 8 | 3.67 | Déficit |
| HORTALEZA | 12.33 | 5 | 7.33 | Déficit |
| LATINA | 17.77 | 17 | 0.77 | Déficit |
| MONCLOA - ARAVACA | 12.07 | 40 | -27.93 | Suficiente |
| MORATALAZ | 5.89 | 5 | 0.89 | Déficit |
| PUENTE DE VALLECAS | 50.14 | 4 | 46.14 | Déficit |
| RETIRO | 4.94 | 37 | -32.06 | Suficiente |
| SALAMANCA | 25.42 | 20 | 5.42 | Déficit |
| SAN BLAS - CANILLEJAS | 14.89 | 9 | 5.89 | Déficit |
| TETUÁN | 10.07 | 5 | 5.07 | Déficit |
| USERA | 10.34 | 8 | 2.34 | Déficit |
| VICÁLVARO | 9.48 | 11 | -1.52 | Suficiente |
| VILLA DE VALLECAS | 11.58 | 8 | 3.58 | Déficit |
| VILLAVERDE | 13.86 | 2 | 11.86 | Déficit |

En resumen, los distritos con déficit en los puntos de recarga en comparación con los VE policiales asignados son: Carabanchel, Centro, Chamartín, Chamberí, Fuencarral - El Pardo, Hortaleza, Latina, Moratalaz, Puente de Vallecas, Salamanca, San Blas – Canillejas, Tetuán, Usera, Villa de Vallecas y Villaverde.

Se podría aseverar que los demás distritos tienen una cantidad suficiente de puntos de recarga para el número de vehículos asignados.

RESULTADOS

El análisis de los datos recopilados sobre la red de puntos de recarga de vehículos eléctricos pertenecientes a la flota del Ayuntamiento de Madrid ha permitido identificar patrones y relaciones clave que proporcionan una visión detallada de la situación actual y los posibles futuros desarrollos. A continuación, se presentan los principales resultados obtenidos:

a) Análisis del número de vehículos eléctricos por distrito:

Se ha observado una distribución desigual de los vehículos eléctricos (VE) registrados en los distintos distritos de Madrid. Los distritos con mayor número de Ves registrados son Centro, Salamanca y Chamberí, mientras que los distritos como Usera y Villaverde muestran una menor adopción de estos vehículos. Este patrón sugiere la necesidad de ajustar la infraestructura de recarga para adaptarse mejor a la demanda específica de cada área.

b) Relación entre puntos de recarga y vehículos eléctricos:

Al analizar la relación entre el número de puntos de recarga y la cantidad de vehículos eléctricos (VE) por distrito, se observó una correlación positiva débil. Distritos como Chamartín y Salamanca, con una mayor cantidad de vehículos eléctricos, muestran una mayor necesidad de infraestructura adicional para satisfacer la demanda de recarga.

c) Calidad del aire y puntos de recarga:

Los datos indican una correlación positiva débil entre el número de puntos de recarga y la concentración de NO₂ en el aire (coeficiente de correlación: 0.1011). Tras aplicar transformaciones logarítmicas a los datos, la correlación mejoró ligeramente, aunque los valores p no fueron estadísticamente significativos, esto sugiere que, si bien puede haber una tendencia a que los puntos de recarga contribuyan a la mejora de la calidad del aire, otros factores también influyen significativamente en las concentraciones de NO₂.

d) Distribución de los puntos de recarga (visualización y diagramas):

Se crearon diagramas de Voronoi para representar visualmente la distribución de puntos de recarga y vehículos eléctricos en relación con las estaciones de medición de calidad del aire. Estos diagramas ayudaron a identificar las áreas con mayor necesidad de puntos de recarga y a evaluar su impacto en la calidad del aire.

El análisis utilizando diagramas de Voronoi reveló que la distribución de puntos de recarga no es homogénea en toda la ciudad. Distritos como Carabanchel, Puente de Vallecas y San Blas-Canillejas tienen un déficit notable en comparación con la cantidad de vehículos eléctricos asignados, lo que podría indicar la necesidad de expandir la infraestructura en estas áreas para mejorar la accesibilidad y reducir tiempos de espera.

La distribución de puntos de recarga en Madrid muestra variaciones significativas entre distritos. Se ha identificado una concentración mayor en distritos centrales y áreas con alta actividad económica. Por ejemplo, el distrito de Centro tiene una mayor densidad de puntos de recarga comparado con distritos periféricos como Villaverde y Usera.

e) Contraste de hipótesis utilizando el lenguaje de programación R:

Los análisis han mostrado una diferencia significativa en las concentraciones medias de NO₂ entre los años 2017 y 2023. A continuación, se detalla el procedimiento y los resultados obtenidos.

Para realizar el contraste de hipótesis, se utilizaron los datos de concentraciones anuales de NO₂ obtenidos de las estaciones de medición de calidad del aire en Madrid para los años 2017 y 2023. El script en R llevó a cabo una prueba *t* para muestras independientes, considerando las concentraciones medias de NO₂ de los dos años mencionados.

Los resultados de la prueba *t* fueron los siguientes:

El valor p extremadamente bajo ($1.585e-07$) indica que la diferencia observada en las medias de NO₂ no es atribuible al azar, permitiendo rechazar la hipótesis nula que planteaba que no había diferencia significativa entre las medias de 2017 y 2023.

f) Efectividad de las políticas ambientales:

El análisis longitudinal de la calidad del aire en áreas con diferentes concentraciones de puntos de recarga mostró que las políticas públicas orientadas a fomentar la movilidad eléctrica podrían estar contribuyendo a una reducción gradual de las emisiones nocivas.

CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos, se pueden extraer las siguientes conclusiones y recomendaciones:

a) Infraestructura de recarga.

La optimización de la red de puntos de recarga en Madrid debe enfocarse en una redistribución estratégica hacia los distritos con mayor déficit y demanda de recarga. La implementación de puntos de recarga adicionales en áreas periféricas y de alta demanda mejorará significativamente la eficiencia y accesibilidad para los usuarios de vehículos eléctricos.

1. Distribución estratégica: es necesario reubicar y expandir la red de puntos de recarga en distritos con alta demanda y baja oferta, como Carabanchel y Puente de Vallecas, para equilibrar mejor la distribución de la infraestructura y satisfacer las necesidades de los usuarios de vehículos eléctricos.
2. Mejora continua: implementar un sistema de monitoreo continuo de la demanda y el uso de los puntos de recarga para ajustar rápidamente la infraestructura en respuesta a cambios en los patrones de uso y crecimiento de la flota de vehículos eléctricos.

b) Calidad del aire

1. Investigaciones futuras: Realizar estudios más detallados que incluyan un mayor número de variables y períodos de tiempo más largos para identificar con mayor precisión el impacto de los puntos de recarga en la calidad del aire y la efectividad de las políticas ambientales.
2. Transformaciones de datos: continuar utilizando y mejorando las técnicas de transformación de datos, como las transformaciones logarítmicas, para obtener resultados más robustos y significativos en futuros análisis.

Aunque la correlación entre la densidad de puntos de recarga y la mejora en la calidad del aire no fue estadísticamente significativa, los resultados sugieren una tendencia positiva. Continuar expandiendo la infraestructura de recarga eléctrica puede contribuir a una reducción gradual de la contaminación por NO₂, especialmente si se acompaña de políticas ambientales robustas.

c) Análisis del contraste de hipótesis para la diferencia de medias de concentraciones anuales de NO₂:

A partir de los resultados obtenidos, se concluye que existe una diferencia significativa en las concentraciones medias de NO₂ entre los años 2017 y 2023. Las concentraciones medias de NO₂ disminuyeron notablemente de 41.58 µg/m³ en 2017 a 27.50 µg/m³ en 2023.

Este hallazgo sugiere que las políticas implementadas para la reducción de emisiones, así como la expansión de la infraestructura de recarga de vehículos eléctricos, podrían haber contribuido a esta mejora en la calidad del aire. Las gráficas de dispersión y los análisis espaciales con diagramas de Voronoi complementan este hallazgo al mostrar una distribución más estratégica de los puntos de recarga en áreas con mayores concentraciones de NO₂ en 2017, lo que puede haber facilitado la reducción de estos niveles en 2023.

Sin embargo, aunque las concentraciones medias han disminuido, la correlación entre la densidad de puntos de recarga y la mejora en la calidad del aire no fue estadísticamente significativa. Esto indica que, además de aumentar la infraestructura de recarga, se necesitan políticas complementarias robustas, como la reducción de emisiones industriales y la promoción del transporte público limpio, para lograr mejoras más significativas en la calidad del aire

d) Recomendaciones políticas:

Se recomienda que el Ayuntamiento de Madrid adopte políticas de incentivos que fomenten la instalación de puntos de recarga en áreas de alta demanda y que promuevan el uso de vehículos eléctricos. Además, la integración de energías renovables en la infraestructura de recarga podría maximizar los beneficios ambientales, así como también la reducción de emisiones industriales y la promoción del transporte público limpio, para mejoras más significativas en la calidad del aire.

e) Futuras investigaciones:

Para futuras investigaciones, se sugiere analizar variables adicionales como el tiempo medio de recarga, tarifas de recarga, patrones de uso, y la satisfacción del usuario. Estos análisis proporcionarán una visión más holística y detallada de las necesidades y oportunidades en torno a la infraestructura de recarga de vehículos eléctricos en Madrid.

Es decir, otras variables que se han observado que podrían ser analizadas y tenerse en cuenta de cara a futuras líneas de investigación y que no han sido objeto del presente proyecto serían:

1. Tiempo medio de recarga: al combinar la potencia de los conectores (POTENCIA) con datos sobre el tiempo medio de recarga de los vehículos, se puede analizar la eficiencia de los puntos de recarga existentes y determinar la necesidad de instalar conectores de mayor potencia.
2. Tarifas de recarga: relacionar las tarifas aplicadas en cada punto de recarga con la tipología del conector (TIPOLOGÍA) y la potencia (POTENCIA) puede ofrecer perspectivas sobre la accesibilidad económica y la posible necesidad de revisar las políticas de precios.
3. Horarios de mayor demanda: estudiar los patrones de uso de los puntos de recarga según el día de la semana y la hora, en relación con la ubicación (DISTRITO, UBICACIÓN) y el número de conectores disponibles, permitiría optimizar la gestión de la red de recarga y reducir tiempos de espera.

4. Accesibilidad y datos del tráfico: analizar la relación entre la densidad de tráfico o la facilidad de acceso a los puntos de recarga (a través de las coordenadas geográficas Pos. Coord_X / Pos. Coord_Y) y el número de conectores podría ayudar a identificar ubicaciones estratégicas para nuevos puntos de recarga.
5. Satisfacción de usuario y feedback: incorporar datos de encuestas de satisfacción relacionados con cada punto de recarga podría proporcionar información valiosa sobre la calidad del servicio, incluyendo la facilidad de uso de diferentes tipos de conectores y la adecuación de la potencia ofrecida.

Combinar estas variables adicionales con los datos ya existentes en el archivo proporcionaría una comprensión más holística y detallada de las necesidades y oportunidades en torno a la infraestructura de recarga de vehículos eléctricos, permitiendo realizar análisis más completos y dirigidos a la mejora del servicio.

Fruto de la reflexión anterior, se incorpora, además, en el ANEXO_13 un enfoque más amplio que abarca aspectos sociales, de desarrollo sostenible y eficiencia energética. Tales variables podrían enriquecer el estudio sobre la optimización de puntos de recarga para la flota de vehículos eléctricos del propio Ayuntamiento de Madrid o redes de puntos de acceso público para particulares, ya sea de paso.

En resumen, el estudio ha proporcionado una base sólida para la planificación y optimización de la red de puntos de recarga de vehículos eléctricos del Ayuntamiento de Madrid. Las recomendaciones derivadas del análisis pueden guiar a las autoridades locales en la toma de decisiones informadas que promuevan la sostenibilidad y eficiencia del transporte urbano.

BIBLIOGRAFÍA

- Agresti, A., & Franklin, C. (2012). *Statistics: The Art and Science of Learning from Data* (3rd ed.). Pearson
- Álvarez Aparicio, A. (2019). *Diseño de una micro-red para la recarga de vehículos eléctricos en Sant Adrià de Besòs* [Trabajo Final de Grado, Universidad Politécnica de Cataluña]. <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/180401>
- Beatriz Ríos, B. (2019, Jul 26). "No hay espacio para las excusas": Bruselas lleva a España ante la Justicia europea por la mala calidad del aire en Madrid y Barcelona. *El Mundo*. <https://www.proquest.com/newspapers/no-hay-espacio-para-las-excusas/docview/2276832740/se-2>
- Blanchar, C., & Torres, V. (2023, Jan 03). Madrid aprueba por poco en calidad del aire y Barcelona suspende: [Edición Galicia]. *El País*. <https://www.proquest.com/newspapers/madrid-aprueba-por-poco-en-calidad-del-aire-y/docview/2760015291/se-2>
- Bruce, P., Bruce A., & Gedeck, P. (2022). *Estadística práctica para ciencia de datos con R y Python*. Marcombo.
- Buscador de códigos postales de Correos | Correos.es. (s. f.). <https://www.correos.es/es/es/herramientas/codigos-postales/detalle>
- Cañas Pardo, A., & Sánchez-Toledo, A. (2005). *Introducción a la Estadística y sus Aplicaciones en Ciencias Sociales*. UNED.
- Córcoles, S. C., & Muñoz, A. M. (2018). *Aprende Python en un Fin de Semana*.
- Crawley, M. J. (2012). *The R Book* (2nd ed.). Wiley
- Dalgaard, P. (2008). *Introductory Statistics with R* (2nd ed.). Springer
- Del Barrio, L. & Olivera, C. (2023). *Despliegue de la infraestructura de recarga del vehículo eléctrico en España: barreras y alternativas*. Fundación Naturgy.

<https://www.fundacionnaturgy.org/wp-content/uploads/2023/10/Despliegue-infraestructura-recarga-vehiculo-electrico-espana-barreras-alternativas.pdf>

- del Riego, J. B., & de Ecologistas en Acción, C. de M. S. (2023). La calidad del aire en la ciudad de Madrid durante 2022. <https://www.ecologistasenaccion.org/280980/>
- Díaz, A. M., & Galiano, M. I. R. (2016). *Fundamentos de estadística y probabilidad*. Ediciones CEF.
- ECODES. (2023). *Infraestructura de recarga para vehículos eléctricos en España*. Recuperado de <https://www.ecodes.org>.
- Estrategia de Movilidad Segura, sostenible y conectada 2030 (s.f). Gob.es. Recuperado el 24 de marzo de 2024, de <https://esmovilidad.transportes.gob.es/>
- Freund, J. E., & Perles, B. M. (2007). *Statistics: A First Course* (8th ed.). Pearson
- García Pérez, A. (2010). *Estadística básica con R*. Editorial UNED.
- Geoportal del Ayuntamiento de Madrid. Puntos de recarga eléctrica en edificios y centros municipales para vehículos de la flota municipal. (s.f.). https://geoportal.madrid.es/IDEAM_WBGEOPORTAL/dataset.iam?id=1af66d69-c173-11ec-a2d6-60634c31c0aa
- Infante Sánchez, G. (2022). *Optimización de la gestión del número y ubicación de estaciones de carga de vehículos eléctricos en un entorno urbano*. [Trabajo Final de Grado, Universidad de Sevilla]. <https://idus.us.es/handle/11441/136127>
- José Moraga Campos. (2015, 15 de febrero). *Scribblemaps. Una aplicación completa para trabajar con mapas*. ÁMBITO CÍVICO-SOCIAL. <https://socialescepcor.wordpress.com/2015/02/15/scribblemaps-una-aplicacion-completa-para-trabajar-con-mapas/>
- La Movilidad Sostenible del futuro y el impacto sobre los ODS. Movilidadciudad.es. <https://www.mobilitycity.es/conoce/observatorio-de-la-movilidad/la-movilidad-sostenible/>

- Madrid alberga 24 estaciones que cuantifican la calidad del aire. Localizada en el barrio de Villaverde: [Edición 1st Ed. Madrid]. (2022, Jan 16). El País. <https://www.proquest.com/newspapers/madrid-alberga-24-estaciones-que-cuantifican-la/docview/2619767643/se-2>
- Martínez, P. J. P., & de Cáceres, A. M. (2011). Transporte y calidad del aire en Madrid/Transport and air quality in Madrid. *M+A: Revista Electrónica De Medioambiente*, (10), 1-9. <https://www.proquest.com/scholarly-journals/transporte-y-calidad-del-aire-en-madrid-transport/docview/871498734/se-2>
- Matthes, E. (2020). *Curso Intensivo de Python: Introducción Práctica a la Programación Basada en Proyectos*. ANAYA
- Mckinney, W. (2023). *Python para análisis de datos: manipulación de datos con pandas, Munpy y jupyter*. ANAYA
- Mendoza Vega, J. B. (2017). *R para principiantes: Introducción a R y RStudio*
- Ministerio de Industria y Turismo - PERTE VEC. (2024). Mintur.gob.es. <https://www.mintur.gob.es/es-es/recuperacion-transformacion-resiliencia/paginas/perte.aspx>
- Montgomery, D. C., & Runger, G. C. (2014). *Applied Statistics and Probability for Engineers* (6th ed.). Wiley.
- Müller, J. Ú. (2024). *Teoría de grafos: Fundamentos, aplicaciones y juegos*. Independently published.
- Next Generation EU: Ministerio de Hacienda. (s.f.). <https://www.hacienda.gob.es/es-ES/CDI/Paginas/FondosEuropeos/Fondos-relacionados-COVID/Next-Generation.aspx>
- Okabe, A., Boots, B., Sugihara, K., & Chiu, S. N. (2000). *Spatial Tessellations: Concepts and Applications of Voronoi Diagrams* (2nd ed.). Wiley.
- Orden ICT/359/2022, de 25 de abril, por la que se modifican la Orden ICT/1466/2021, de 23 de diciembre, por la que se establecen las bases reguladoras

para la concesión de ayudas a actuaciones integrales de la cadena industrial del vehículo eléctrico y conectado dentro del Proyecto Estratégico para la Recuperación y Transformación Económica en el sector del Vehículo Eléctrico y Conectado (PERTE VEC), en el marco del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia; y la Orden ICT/209/2022, de 17 de marzo, por la que se efectúa su convocatoria para 2022. *Boletín Oficial del Estado*, n.100 de 27 de abril de 2022.

- Orden ICT/736/2023, de 5 de julio, por la que se establecen las bases reguladoras para la concesión de ayudas a proyectos para el impulso a la cadena de valor del vehículo eléctrico y conectado dentro del Proyecto Estratégico para la Recuperación y Transformación Económica en el sector del Vehículo Eléctrico y Conectado, en el marco del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia, y la convocatoria de ayudas a proyectos de producción de baterías del vehículo eléctrico del año 2023. *Boletín Oficial del Estado*, n.161, de 7 de julio de 2023.
- Peña, D. (2002). *Análisis de datos multivariantes*. McGraw-Hill.
- Pérez López, C. (2015). *R para Estadísticos: Análisis de Datos y Programación Estadística*. Editorial UOC.
- Plan A: Plan de Calidad del Aire y Cambio Climático de la Ciudad de Madrid (s.f.). <https://transparencia.madrid.es/UnidadesDescentralizadas/Sostenibilidad/CalidadAire/Ficheros/PlanACalidadAire2019.pdf>
- Portal de datos abiertos del Ayuntamiento de Madrid. (s. f.). Madrid.es. Recuperado 15 de marzo de 2024, de <https://datos.madrid.es/portal/site/egob>
- Principales contaminantes. (2019). Medio Ambiente y Sostenibilidad. https://mediambient.gencat.cat/es/05_ambits_dactuacio/atmosfera/qualitat_de_laire/principals_contaminants/index.html
- *Programa de ayudas MOVES Proyectos Singulares*. (2023). Idae.gob.es. <https://sede.idae.gob.es/lang/modulo/?refbol=tramites-servicios&refsec=programa-moves>

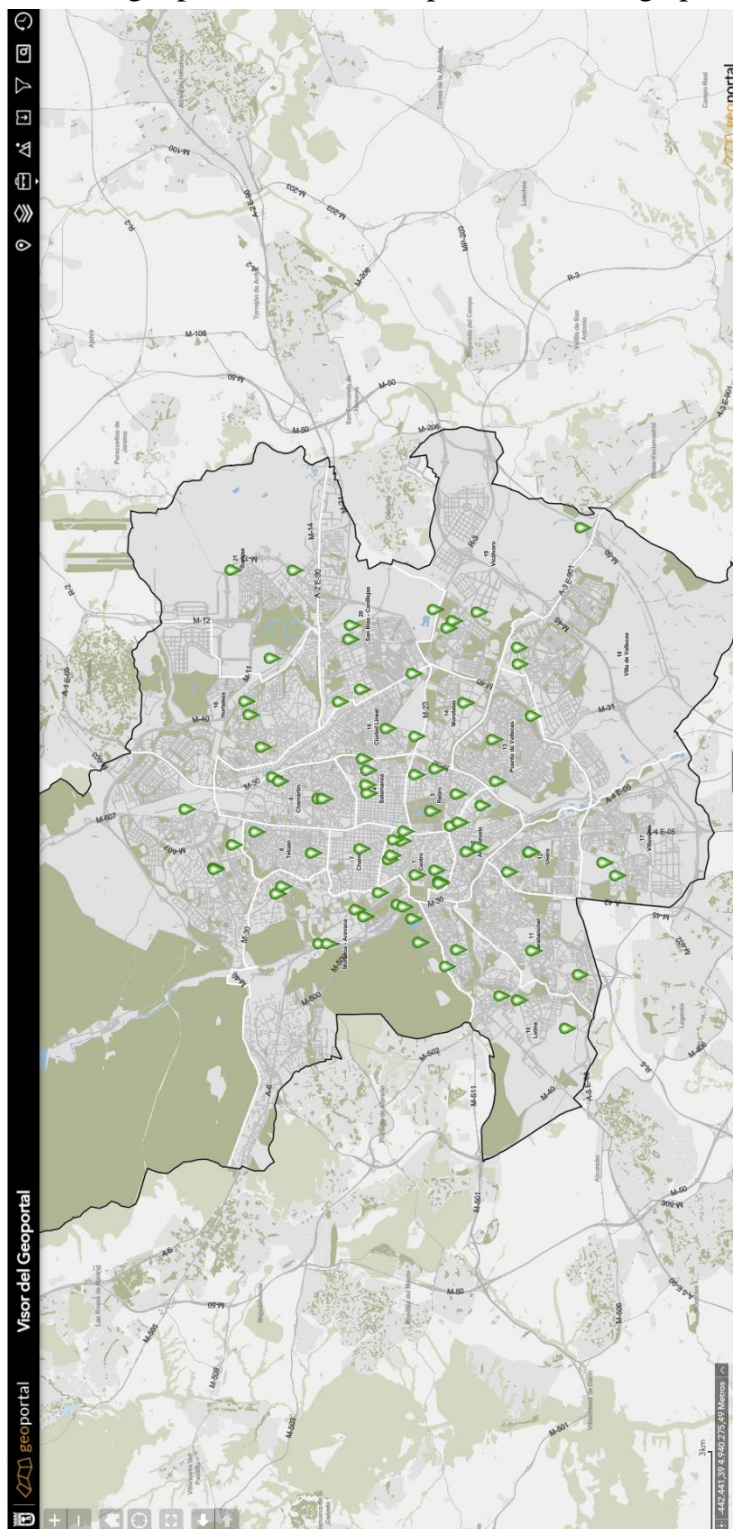
- Programa MOVES flotas. Idae. (2021). Idae.es. <https://www.idae.es/ayudas-y-financiacion/para-movilidad-y-vehiculos/programa-moves-flotas>
- Programa MOVES III | Idae. (2021). Idae.es. <https://www.idae.es/ayudas-y-financiacion/para-movilidad-y-vehiculos/programa-moves-iii>
- Puentes García, C. A. (2014). *Programación óptima para la recarga de vehículos eléctricos enchufables y su impacto en las redes eléctricas inteligentes* [Trabajo Fin de Grado, Universidad Tecnológica de Pereira]. <https://repositorio.utp.edu.co/items/7fc564f4-0e0a-47a2-a675-508275980477>
- Python España. Python.org. Recuperado el 15 de marzo de 2024 de <https://es.python.org/>
- Real Decreto 1125/2021, de 21 de diciembre, por el que se regula la concesión de subvenciones directas a las empresas distribuidoras de energía eléctrica para la realización de inversiones de digitalización de redes de distribución de energía eléctrica y en infraestructuras para la recarga del vehículo eléctrico con cargo a los fondos del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia. *Boletín Oficial del Estado*, n.305, de 22 de diciembre de 2021.
- Real Decreto 36/2020, de 30 de diciembre, por el que se aprueban medidas urgentes para la modernización de la Administración Pública y para la ejecución del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia. *Boletín Oficial del Estado*, n.341, de 31 de diciembre de 2020.
- Rey, M. A. M., García, J. J. M., & Sierra, J. P. (2016). *Matemática discreta*. Ediciones CEF.
- Rice, J. A. (2006). *Mathematical Statistics and Data Analysis* (3rd ed.). Thomson
- Roces, P. R., GERMÁN GONZÁLEZ MADRID, & Barcelona. (2023, Jan 04). Dos líneas contaminantes inversas: Madrid cumplió en 2022 por primera vez la normativa europea sobre calidad del aire mientras que Barcelona se situó por encima del límite siguiendo la tendencia previa a la pandemia. *El Mundo*.

<https://www.proquest.com/newspapers/dos-líneas-contaminantes-inversas/docview/2760386754/se-2>

- The R project for statistical computing. (s. f.). R-project.org. <https://www.r-project.org/>
- Transportes y Medio Ambiente España. (2023). Crece la infraestructura de recarga de vehículos eléctricos en España, pero las regiones menos pobladas van a la zaga. Recuperado de <https://www.transportenvironment.org>.
- Urdinez, F., & Cruz Labrín, A. (Eds.). (2019). *AnalizaR Datos Políticos*
- Victoria, T. B. (2023, 3 de enero). La capital cumplió en 2022 por primera vez los requisitos de calidad del aire: [Edición 1st Ed. Madrid]. El País. <https://www.proquest.com/newspapers/la-capital-cumplió-en-2022-por-primera-vez-los/docview/2760015190/se-2>
- Victoria, T. B. (2024, 2 de enero). Madrid cumple por segundo año con los límites europeos de dióxido de nitrógeno en el aire. El País. (Mexico Edition) <https://www.proquest.com/newspapers/madrid-cumple-por-segundo-año-con-los-límites/docview/2909398741/se-2>
- Xie, Y., Allaire, J. J., & Grolemond, G. (2018). *R markdown: The definitive guide*. CRC Press.

ANEXOS

ANEXO_1: Visor del geoportal. Ubicación puntos de recarga para VE



ANEXO_2: Archivo descargado en formato CSV de los puntos de recarga

| A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L |
|--|------------|------------|--|---------------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------|-----------|------------|------------|
| XCoord | YCoord | COD_DIS | DISTRITO | EDIFICIO | UBICACION | NAO_CONECT | TIPOLOGAA | POTENCIA | AAO_INSTA | POINT_X | POINT_Y |
| 1 | 440929.55 | 4474508.52 | 1 Centro | A.G. Economía y Hacienda / SGT | Calle Alcalá, 45 | 1 Tipo 2 con manguera | 1 Tipo 2 con manguera | 32 A Monofásico (7.4 kW) | 2015 | 440929.55 | 4474508.52 |
| 2 | 440929.55 | 4474508.52 | 1 Centro | A.G. Economía y Hacienda / SGT | Calle Alcalá, 45 | 1 Tipo 2 con manguera | 1 Tipo 2 con manguera | 32 A Monofásico (7.4 kW) | 2016 | 440929.55 | 4474508.52 |
| 3 | 440929.55 | 4474508.52 | 1 Centro | A.G. Economía y Hacienda / SGT | Calle Alcalá, 45 | 1 Tipo 2 con manguera | 1 Tipo 2 con manguera | 32 A Monofásico (7.4 kW) | 2017 | 440929.55 | 4474508.52 |
| 4 | 440929.55 | 4474508.52 | 1 Centro | A.G. Economía y Hacienda / SGT | Calle Alcalá, 45 | 1 Tipo 2 con manguera | 1 Tipo 2 con manguera | 32 A Monofásico (7.4 kW) | 2018 | 440929.55 | 4474508.52 |
| 5 | 440929.55 | 4474508.52 | 1 Centro | A.G. Economía y Hacienda / SGT | Calle Alcalá, 45 | 1 Tipo 2 con manguera | 1 Tipo 2 con manguera | 32 A Monofásico (7.4 kW) | 2019 | 440929.55 | 4474508.52 |
| 6 | 439687.55 | 4474010.51 | 1 Centro | APARCAMIENTO GRUPOS MUNICIPALES | Calle Sacramento, 4 | 1 Tipo 2 con manguera | 1 Tipo 2 con manguera | 32 A Monofásico (7.4 kW) | 2018 | 439687.55 | 4474010.51 |
| 7 | 439687.55 | 4474010.51 | 1 Centro | APARCAMIENTO GRUPOS MUNICIPALES | Calle Sacramento, 4 | 1 Tipo 2 con manguera | 1 Tipo 2 con manguera | 32 A Monofásico (7.4 kW) | 2018 | 439687.55 | 4474010.51 |
| 8 | 439687.55 | 4474010.51 | 1 Centro | APARCAMIENTO GRUPOS MUNICIPALES | Calle Sacramento, 4 | 1 Tipo 2 con manguera | 1 Tipo 2 con manguera | 32 A Monofásico (7.4 kW) | 2018 | 439687.55 | 4474010.51 |
| 9 | 439687.55 | 4474010.51 | 1 Centro | APARCAMIENTO GRUPOS MUNICIPALES | Calle Sacramento, 4 | 1 Tipo 2 con manguera | 1 Tipo 2 con manguera | 32 A Monofásico (7.4 kW) | 2018 | 439687.55 | 4474010.51 |
| 10 | 439687.55 | 4474010.51 | 1 Centro | APARCAMIENTO GRUPOS MUNICIPALES | Calle Sacramento, 4 | 1 Tipo 2 con manguera | 1 Tipo 2 con manguera | 32 A Monofásico (7.4 kW) | 2018 | 439687.55 | 4474010.51 |
| 11 | 439687.55 | 4474010.51 | 1 Centro | APARCAMIENTO GRUPOS MUNICIPALES | Calle Alcalá, 45 | 1 Tipo 2 con manguera | 1 Tipo 2 con manguera | 32 A Monofásico (7.4 kW) | 2018 | 439687.55 | 4474010.51 |
| 12 | 440929.55 | 4474508.52 | 1 Centro | A.G. Economía y Hacienda / SGT | Calle Alcalá, 45 | 1 Tipo 2 con manguera | 1 Tipo 2 con manguera | 32 A Monofásico (7.4 kW) | 2020 | 440929.55 | 4474508.52 |
| 13 | 440929.55 | 4474508.52 | 1 Centro | A.G. Economía y Hacienda / SGT | Calle Alcalá, 45 | 1 Tipo 2 con manguera | 1 Tipo 2 con manguera | 32 A Monofásico (7.4 kW) | 2020 | 440929.55 | 4474508.52 |
| 14 | 439687.55 | 4474010.51 | 1 Centro | APARCAMIENTO GRUPOS MUNICIPALES | Calle Sacramento, 4 | 1 Tipo 2 con manguera | 1 Tipo 2 con manguera | 32 A Monofásico (7.4 kW) | 2020 | 439687.55 | 4474010.51 |
| 15 | 439687.55 | 4474010.51 | 1 Centro | APARCAMIENTO GRUPOS MUNICIPALES | Calle Sacramento, 4 | 1 Tipo 2 con manguera | 1 Tipo 2 con manguera | 32 A Monofásico (7.4 kW) | 2020 | 439687.55 | 4474010.51 |
| 16 | 439687.55 | 4474010.51 | 1 Centro | APARCAMIENTO GRUPOS MUNICIPALES | Calle Sacramento, 4 | 1 Tipo 2 con manguera | 1 Tipo 2 con manguera | 32 A Monofásico (7.4 kW) | 2020 | 439687.55 | 4474010.51 |
| 17 | 439687.55 | 4474010.51 | 1 Centro | APARCAMIENTO GRUPOS MUNICIPALES | Calle Sacramento, 4 | 1 Tipo 2 con manguera | 1 Tipo 2 con manguera | 32 A Monofásico (7.4 kW) | 2020 | 439687.55 | 4474010.51 |
| 18 | 439687.55 | 4474010.51 | 1 Centro | APARCAMIENTO GRUPOS MUNICIPALES | Calle Sacramento, 4 | 1 Tipo 2 con manguera | 1 Tipo 2 con manguera | 32 A Monofásico (7.4 kW) | 2020 | 439687.55 | 4474010.51 |
| 19 | 439687.55 | 4474010.51 | 1 Centro | APARCAMIENTO GRUPOS MUNICIPALES | Calle Sacramento, 4 | 1 Tipo 2 con manguera | 1 Tipo 2 con manguera | 32 A Monofásico (7.4 kW) | 2020 | 439687.55 | 4474010.51 |
| 20 | 439687.55 | 4474010.51 | 1 Centro | APARCAMIENTO GRUPOS MUNICIPALES | Calle Sacramento, 4 | 1 Tipo 2 con manguera | 1 Tipo 2 con manguera | 32 A Monofásico (7.4 kW) | 2020 | 439687.55 | 4474010.51 |
| 21 | 440976.34 | 4474797.76 | 1 Centro | A.G. Economía y Hacienda | Calle Barquillo, 17a | 1 Tipo 2 con manguera | 1 Tipo 2 con manguera | 32 A Monofásico (7.4 kW) | 2021 | 440976.34 | 4474797.76 |
| 22 | 440976.34 | 4474797.76 | 1 Centro | A.G. Economía y Hacienda | Calle Barquillo, 17a | 1 Tipo 2 con manguera | 1 Tipo 2 con manguera | 32 A Monofásico (7.4 kW) | 2021 | 440976.34 | 4474797.76 |
| 23 | 440976.34 | 4474797.76 | 1 Centro | A.G. Economía y Hacienda | Calle Barquillo, 17a | 1 Tipo 2 con manguera | 1 Tipo 2 con manguera | 32 A Monofásico (7.4 kW) | 2021 | 440976.34 | 4474797.76 |
| 24 | 440976.34 | 4474797.76 | 1 Centro | A.G. Economía y Hacienda | Calle Barquillo, 17a | 1 Tipo 2 con manguera | 1 Tipo 2 con manguera | 32 A Monofásico (7.4 kW) | 2021 | 440976.34 | 4474797.76 |
| 25 | 440976.34 | 4474797.76 | 1 Centro | A.G. Economía y Hacienda | Calle Barquillo, 17a | 1 Tipo 2 con manguera | 1 Tipo 2 con manguera | 32 A Monofásico (7.4 kW) | 2021 | 440976.34 | 4474797.76 |
| 26 | 440976.34 | 4474797.76 | 1 Centro | A.G. Economía y Hacienda | Calle Barquillo, 17a | 1 Tipo 2 con manguera | 1 Tipo 2 con manguera | 32 A Monofásico (7.4 kW) | 2021 | 440976.34 | 4474797.76 |
| 27 | 440410.33 | 4474889.9 | 1 Centro | AG Desarrollo urbano sostenible | Calle Barco, 20-22 | 1 Tipo 2 con manguera | 1 Tipo 2 con manguera | 32 A Trifásico (22 kW) | 2021 | 440410.33 | 4474889.9 |
| 28 | 440410.33 | 4474889.9 | 1 Centro | AG Desarrollo urbano sostenible | Calle Barco, 20-22 | 1 Tipo 2 con manguera | 1 Tipo 2 con manguera | 32 A Trifásico (22 kW) | 2021 | 440410.33 | 4474889.9 |
| MOVILIDAD_VEHICULOS ELECTRICOS. | | | | | | | | | | | |
| 321 | 439442.405 | 4473157.71 | 2 Arganzuela A.G. Medio Ambiente y Movilidad / Agentes n Paseo Pontones, 23 | Comercio | Calle P.A. nicip de Vei | 1 Tipo 2 con manguera | 1 Tipo 2 con manguera | 32 A Monofásico (7.4 kW) | 2023 | 439442.405 | 4473157.71 |
| 322 | 442488.669 | 4477503.44 | 5 Chamardá - J.M.D Chamardá-n / Policía Municipal | Comercio | Calle P.A. nicip de Vei | 1 Tipo 2 con manguera | 1 Tipo 2 con manguera | 32 A Monofásico (7.4 kW) | 2018 | 442488.669 | 4477503.44 |
| 323 | 442488.669 | 4477503.44 | 5 Chamardá - J.M.D Chamardá-n / Policía Municipal | Comercio | Calle P.A. nicip de Vei | 1 Tipo 2 con manguera | 1 Tipo 2 con manguera | 32 A Monofásico (7.4 kW) | 2018 | 442488.669 | 4477503.44 |
| 324 | 437205.328 | 4477227.37 | 9 Moncloa - / A.G. Medio Ambiente y Movilidad / Centro Mt. M-30 p.K.21,700. Vive | Comercio | Calle Sacramento, 4 | 1 Tipo 2 con Manguera | 1 Tipo 2 con Manguera | 25 A Trifásico (17 kW) | 2023 | 437205.328 | 4477227.37 |
| 325 | 439687.522 | 4474011.04 | 1 Centro | APARCAMIENTO GRUPOS MUNICIPALES | Calle Sacramento, 4 | 1 Tipo 2 con manguera | 1 Tipo 2 con manguera | 32 A Monofásico (7.4 kW) | 2023 | 439687.522 | 4474011.04 |
| 326 | 439687.466 | 4474011.21 | 1 Centro | APARCAMIENTO GRUPOS MUNICIPALES | Calle Sacramento, 4 | 1 Tipo 2 con manguera | 1 Tipo 2 con manguera | 32 A Monofásico (7.4 kW) | 2023 | 439687.466 | 4474011.21 |
| 327 | 439687.584 | 4474011.38 | 1 Centro | APARCAMIENTO GRUPOS MUNICIPALES | Calle Sacramento, 4 | 1 Tipo 2 con manguera | 1 Tipo 2 con manguera | 32 A Monofásico (7.4 kW) | 2023 | 439687.584 | 4474011.38 |
| 328 | 439687.584 | 4474011.77 | 1 Centro | APARCAMIENTO GRUPOS MUNICIPALES | Calle Sacramento, 4 | 1 Tipo 2 con manguera | 1 Tipo 2 con manguera | 32 A Monofásico (7.4 kW) | 2023 | 439687.584 | 4474011.77 |
| 329 | 439687.587 | 4474012.06 | 1 Centro | APARCAMIENTO GRUPOS MUNICIPALES | Calle Sacramento, 4 | 1 Tipo 2 con manguera | 1 Tipo 2 con manguera | 32 A Monofásico (7.4 kW) | 2023 | 439687.587 | 4474012.06 |
| 330 | 439687.586 | 4474011.94 | 1 Centro | APARCAMIENTO GRUPOS MUNICIPALES | Calle Sacramento, 4 | 1 Tipo 2 con manguera | 1 Tipo 2 con manguera | 32 A Monofásico (7.4 kW) | 2023 | 439687.586 | 4474011.94 |
| 331 | 439442.523 | 4473156.05 | 2 Arganzuela A.G. Medio Ambiente y Movilidad / Agentes n Paseo Pontones, 23 | Comercio | Calle Sacramento, 4 | 1 Tipo 2 con manguera | 1 Tipo 2 con manguera | 32 A Monofásico (7.4 kW) | 2023 | 439442.523 | 4473156.05 |
| 332 | 439442.469 | 4473156.39 | 2 Arganzuela A.G. Medio Ambiente y Movilidad / Agentes n Paseo Pontones, 23 | Comercio | Calle Sacramento, 4 | 1 Tipo 2 con manguera | 1 Tipo 2 con manguera | 32 A Monofásico (7.4 kW) | 2023 | 439442.469 | 4473156.39 |
| 333 | 439442.356 | 4473156.51 | 2 Arganzuela A.G. Medio Ambiente y Movilidad / Agentes n Paseo Pontones, 23 | Comercio | Calle Sacramento, 4 | 1 Tipo 2 con manguera | 1 Tipo 2 con manguera | 32 A Monofásico (7.4 kW) | 2023 | 439442.356 | 4473156.51 |
| 334 | 439442.189 | 4473156.96 | 2 Arganzuela A.G. Medio Ambiente y Movilidad / Agentes n Paseo Pontones, 23 | Comercio | Calle Sacramento, 4 | 1 Tipo 2 con manguera | 1 Tipo 2 con manguera | 32 A Monofásico (7.4 kW) | 2023 | 439442.189 | 4473156.96 |
| 335 | 439442.416 | 4473156.9 | 2 Arganzuela A.G. Medio Ambiente y Movilidad / Agentes n Paseo Pontones, 23 | Comercio | Calle Sacramento, 4 | 1 Tipo 2 con manguera | 1 Tipo 2 con manguera | 32 A Monofásico (7.4 kW) | 2023 | 439442.416 | 4473156.9 |
| 336 | 445040.687 | 4475024.29 | 15 Ciudad Linn A.G. Medio Ambiente y Movilidad / Limpieza y Avenida de las Trece R | Comercio | Calle Sacramento, 4 | 1 Tipo 2 con manguera | 1 Tipo 2 con manguera | 32 A Trifásico (22 kW) | 2023 | 445040.687 | 4475024.29 |
| 337 | 445040.861 | 4475024.74 | 15 Ciudad Linn A.G. Medio Ambiente y Movilidad / Limpieza y Avenida de las Trece R | Comercio | Calle Sacramento, 4 | 1 Tipo 2 con manguera | 1 Tipo 2 con manguera | 32 A Trifásico (22 kW) | 2023 | 445040.861 | 4475024.74 |
| 338 | 445040.69 | 4475024.68 | 15 Ciudad Linn A.G. Medio Ambiente y Movilidad / Limpieza y Avenida de las Trece R | Comercio | Calle Sacramento, 4 | 1 Tipo 2 con manguera | 1 Tipo 2 con manguera | 32 A Trifásico (22 kW) | 2023 | 445040.69 | 4475024.68 |
| 339 | 445040.519 | 4475024.74 | 15 Ciudad Linn A.G. Medio Ambiente y Movilidad / Limpieza y Avenida de las Trece R | Comercio | Calle Sacramento, 4 | 1 Tipo 2 con manguera | 1 Tipo 2 con manguera | 32 A Trifásico (22 kW) | 2023 | 445040.519 | 4475024.74 |
| 340 | 435996.408 | 4468105.25 | 11 Carabanch UID CARABANCHEL | Comercio | Avenida de Carabanch | 1 Tipo 2 con manguera | 1 Tipo 2 con manguera | 32 A Monofásico (7.4 kW) | 2023 | 435996.408 | 4468105.25 |
| 341 | 445040.861 | 4475024.74 | 15 Ciudad Linn A.G. Medio Ambiente y Movilidad / Limpieza y Avenida de las Trece R | Comercio | Avenida de las Trece R | 1 Tipo 2 con manguera | 1 Tipo 2 con manguera | 32 A Monofásico (7.4 kW) | 2023 | 445040.861 | 4475024.74 |
| 342 | 445040.634 | 4475024.85 | 15 Ciudad Linn A.G. Medio Ambiente y Movilidad / Limpieza y Avenida de las Trece R | Comercio | Avenida de las Trece R | 1 Tipo 2 con manguera | 1 Tipo 2 con manguera | 32 A Trifásico (22 kW) | 2023 | 445040.634 | 4475024.85 |
| 343 | 445040.747 | 4475024.68 | 15 Ciudad Linn A.G. Medio Ambiente y Movilidad / Limpieza y Avenida de las Trece R | Comercio | Avenida de las Trece R | 1 Tipo 2 con manguera | 1 Tipo 2 con manguera | 32 A Trifásico (22 kW) | 2023 | 445040.747 | 4475024.68 |
| 344 | | | | | | | | | | | |
| 345 | | | | | | | | | | | |
| 346 | | | | | | | | | | | |
| 347 | | | | | | | | | | | |

ANEXO_3: Formato BB.DD puntos de recarga VE definitiva

| B | C | D | E | F | G | H | I | J |
|----------|-------------------|---------------------------------|---------------|------------------------|----------------------------|-----------------|--------------|--------------|
| DISTRITO | EDIFICIO | UBICACIÓN | Nº CONECTORES | TIPOLOGÍA | POTENCIA | AÑO INSTALACIÓN | Pos. Coord_X | Pos. Coord_Y |
| 1 | Arganzuela | Paseo Chopera, 41 | 1 | Tipo 2 con manguera | 16 A - Monofásico (3,7 kW) | 2016 | 440676,52 | 4471741,49 |
| 2 | Arganzuela | Paseo Chopera, 41 | 1 | Tipo 2 | 16 A - Monofásico (3,7 kW) | 2016 | 440676,52 | 4471741,49 |
| 3 | Arganzuela | Paseo Chopera, 41 | 1 | Tipo 2 | 16 A - Monofásico (3,7 kW) | 2016 | 440676,52 | 4471741,49 |
| 4 | Arganzuela | Calle Bustamante, 16 | 1 | Tipo 2 | 32 A - Monofásico (7,4 kW) | 2017 | 441594,53 | 4472432,48 |
| 5 | Arganzuela | Calle Bustamante, 16 | 1 | Tipo 2 | 32 A - Monofásico (7,4 kW) | 2017 | 441594,53 | 4472432,48 |
| 6 | Arganzuela | Calle Bustamante, 16 | 1 | Tipo 2 | 32 A - Monofásico (7,4 kW) | 2017 | 441594,53 | 4472432,48 |
| 7 | Arganzuela | Calle Bustamante, 16 | 1 | Tipo 2 | 32 A - Monofásico (7,4 kW) | 2017 | 441594,53 | 4472432,48 |
| 8 | Arganzuela | Calle Bustamante, 16 | 1 | Tipo 2 | 32 A - Monofásico (7,4 kW) | 2017 | 441594,53 | 4472432,48 |
| 9 | Arganzuela | Calle Bustamante, 16 | 1 | Tipo 2 | 32 A - Monofásico (7,4 kW) | 2017 | 441594,53 | 4472432,48 |
| 10 | Arganzuela | Calle Bustamante, 16 | 1 | Tipo 2 | 32 A - Monofásico (7,4 kW) | 2017 | 441594,53 | 4472432,48 |
| 11 | Arganzuela | Calle Bustamante, 16 | 1 | Tipo 2 | 32 A - Monofásico (7,4 kW) | 2017 | 441594,53 | 4472432,48 |
| 12 | Arganzuela | Calle Bustamante, 16 | 1 | Tipo 2 | 32 A - Monofásico (7,4 kW) | 2017 | 441594,53 | 4472432,48 |
| 13 | Arganzuela | Calle Bustamante, 16 | 1 | Tipo 2 | 32 A - Monofásico (7,4 kW) | 2017 | 441594,53 | 4472432,48 |
| 14 | Arganzuela | Calle Bustamante, 16 | 1 | Tipo 2 | 32 A - Monofásico (7,4 kW) | 2017 | 441594,53 | 4472432,48 |
| 15 | Arganzuela | Calle Bustamante, 16 | 1 | Tipo 2 | 32 A - Monofásico (7,4 kW) | 2017 | 441594,53 | 4472432,48 |
| 16 | Arganzuela | Calle Bustamante, 16 | 1 | Tipo 2 | 32 A - Monofásico (7,4 kW) | 2017 | 441594,53 | 4472432,48 |
| 17 | Arganzuela | Calle Bustamante, 16 | 1 | Tipo 2 | 32 A - Monofásico (7,4 kW) | 2017 | 441594,53 | 4472432,48 |
| 18 | Arganzuela | Calle Bustamante, 16 | 1 | Tipo 2 | 32 A - Monofásico (7,4 kW) | 2017 | 441594,53 | 4472432,48 |
| 19 | Arganzuela | Calle Bustamante, 16 | 1 | Tipo 2 | 32 A - Monofásico (7,4 kW) | 2017 | 441594,53 | 4472432,48 |
| 20 | Arganzuela | Paseo Pontones, 10 | 1 | Tipo 2 | 16 A - Monofásico (3,7 kW) | 2017 | 439377,1 | 4473152,8 |
| 21 | Arganzuela | Paseo Pontones, 10 | 1 | Tipo 2 | 16 A - Monofásico (3,7 kW) | 2017 | 439377,1 | 4473152,8 |
| 22 | Arganzuela | Paseo Chopera, 2 | 1 | Tipo 2 | 16 A - Monofásico (3,7 kW) | 2017 | 440514,7 | 4472146,4 |
| 23 | Arganzuela | Paseo Chopera, 2 | 1 | Tipo 2 | 16 A - Monofásico (3,7 kW) | 2017 | 440514,7 | 4472146,4 |
| 24 | Arganzuela | Ronda de Toledo, 10 | 1 | Tipo 2 | 16 A - Trifásico (11 kW) | 2017 | 439854,9 | 4473292 |
| 25 | Arganzuela | Ronda de Toledo, 10 | 1 | Tipo 2 | 16 A - Monofásico (3,7 kW) | 2017 | 439854,9 | 4473292 |
| 320 | Usara | Calle del Dr. Tolosa Latour, 7 | 1 | Tipo 2 con manguera | 32 A - Monofásico (7,4 kW) | 2022 | 440485,3899 | 4469856,87 |
| 321 | Usara | Calle del Dr. Tolosa Latour, 7 | 1 | Tipo 2 con manguera | 32 A - Monofásico (7,4 kW) | 2022 | 440485,3899 | 4469856,87 |
| 322 | Usara | Calle del Dr. Tolosa Latour, 7 | 1 | Tipo 2 con manguera | 32 A - Monofásico (7,4 kW) | 2022 | 440485,3899 | 4469856,87 |
| 323 | Vicálvaro | Plaza Don Antonio de Andrés, 18 | 1 | Tipo 2 con manguera | 16 A - Monofásico (3,7 kW) | 2018 | 448688,9 | 4472790,8 |
| 324 | Vicálvaro | Plaza Don Antonio de Andrés, 18 | 1 | Tipo 2 con manguera | 16 A - Monofásico (3,7 kW) | 2018 | 448688,9 | 4472790,8 |
| 325 | Vicálvaro | Paseo Polideportivo, 138 | 1 | Tipo 2 / Schuko | 32 A - Monofásico (7,4 kW) | 2019 | 449371 | 4473271,6 |
| 326 | Vicálvaro | Calle Ahumao, 27 | 1 | Tipo 2 | 32 A - Monofásico (7,4 kW) | 2020 | 449259,5273 | 4471686,31 |
| 327 | Vicálvaro | Calle Ahumao, 27 | 1 | Tipo 2 con manguera | 32 A - Monofásico (7,4 kW) | 2020 | 449259,5273 | 4471686,31 |
| 328 | Vicálvaro | Calle Ahumao, 27 | 1 | CCS / Chadero / Tipo 2 | 50 kW CC - 22 kW AC | 2020 | 449259,5273 | 4471686,31 |
| 329 | Vicálvaro | Calle Ahumao, 27 | 1 | Tipo 2 con manguera | 32 A - Monofásico (7,4 kW) | 2022 | 449259,5273 | 4471686,31 |
| 330 | Vicálvaro | Calle Ahumao, 27 | 1 | Tipo 2 con manguera | 32 A - Monofásico (7,4 kW) | 2022 | 449259,5273 | 4471686,31 |
| 331 | Vicálvaro | Calle Titano, 4 | 1 | Tipo 2 con manguera | 32 A - Monofásico (7,4 kW) | 2022 | 448952,9741 | 4471687,06 |
| 332 | Vicálvaro | Calle Titano, 4 | 1 | Tipo 2 con manguera | 32 A - Monofásico (7,4 kW) | 2022 | 448952,9741 | 4471687,06 |
| 333 | Vicálvaro | Calle Titano, 4 | 1 | Tipo 2 con manguera | 32 A - Monofásico (7,4 kW) | 2022 | 448952,9741 | 4471687,06 |
| 334 | Villa de Vallecas | VALDEMINGOMEZ | 1 | Tipo 2 | 32 A - Monofásico (7,4 kW) | 2023 | 448952,9741 | 4472589,05 |
| 335 | Villa de Vallecas | VALDEMINGOMEZ | 1 | Tipo 2 | 32 A - Monofásico (7,4 kW) | 2023 | 448952,9741 | 4472589,05 |
| 336 | Villa de Vallecas | VALDEMINGOMEZ | 1 | Tipo 2 | 32 A - Monofásico (7,4 kW) | 2023 | 448952,9741 | 4472589,05 |
| 337 | Villa de Vallecas | VALDEMINGOMEZ | 1 | Tipo 2 | 32 A - Monofásico (7,4 kW) | 2023 | 448952,9741 | 4472589,05 |
| 338 | Villa de Vallecas | VALDEMINGOMEZ | 1 | Tipo 2 | 32 A - Monofásico (7,4 kW) | 2023 | 448952,9741 | 4472589,05 |
| 339 | Villa de Vallecas | VALDEMINGOMEZ | 1 | Tipo 2 | 32 A - Monofásico (7,4 kW) | 2023 | 448952,9741 | 4472589,05 |
| 340 | Villa de Vallecas | VALDEMINGOMEZ | 1 | Tipo 2 | 32 A - Monofásico (7,4 kW) | 2023 | 448952,9741 | 4472589,05 |
| 341 | Villa de Vallecas | VALDEMINGOMEZ | 1 | Tipo 2 | 32 A - Monofásico (7,4 kW) | 2023 | 448952,9741 | 4472589,05 |
| 342 | Villaverde | VILLVERDE | 1 | Tipo 2 / Schuko | 16 A - Monofásico (3,7 kW) | 2016 | 439602,47 | 4466725,48 |
| 343 | Villaverde | VILLVERDE | 1 | Tipo 2 / Schuko | 32 A - Monofásico (7,4 kW) | 2019 | 440081,4 | 4467183,8 |

ANEXO_4: Relación definitiva vehículos eléctricos años 2017-2023

| A | B | C | D | E | F | G | H |
|-----------|---|---|-------------|-------------------|----------------------|---------------------|-------------------------|
| Nº MPAL | ÁREA DE GOBIERNO | DIRECCIÓN GENERAL O SERVICIO DE ADSCRIPCIÓN | TIPO DE USO | TIPO VEHICULO | RELACIÓN CONTRACTUAL | ENERGÍA/COMBUSTIBLE | ETIQUETA MEDIOAMBIENTAL |
| 1 | EMERGENCIAS | D.G. EMERGENCIAS Y PROTECCIÓN CIVIL | OPERATIVO | AMBULANCIA | RENTING | DIESEL | C |
| 2156 8577 | ÁREA DE GOBIERNO DE PORTAVOZ, SEGURIDAD Y EMERGENCIAS | D.G. EMERGENCIAS Y PROTECCIÓN CIVIL | OPERATIVO | AMBULANCIA | RENTING | DIESEL | C |
| 2157 8551 | ÁREA DE GOBIERNO DE PORTAVOZ, SEGURIDAD Y EMERGENCIAS | D.G. EMERGENCIAS Y PROTECCIÓN CIVIL | OPERATIVO | AMBULANCIA | RENTING | DIESEL | C |
| 2158 8208 | ÁREA DE GOBIERNO DE PORTAVOZ, SEGURIDAD Y EMERGENCIAS | D.G. EMERGENCIAS Y PROTECCIÓN CIVIL | OPERATIVO | AMBULANCIA | RENTING | DIESEL | C |
| 2159 8560 | ÁREA DE GOBIERNO DE PORTAVOZ, SEGURIDAD Y EMERGENCIAS | D.G. EMERGENCIAS Y PROTECCIÓN CIVIL | OPERATIVO | AMBULANCIA | RENTING | DIESEL | C |
| 2160 8209 | ÁREA DE GOBIERNO DE PORTAVOZ, SEGURIDAD Y EMERGENCIAS | D.G. EMERGENCIAS Y PROTECCIÓN CIVIL | OPERATIVO | AMBULANCIA | RENTING | DIESEL | C |
| 2161 2440 | ÁREA DE GOBIERNO DE MEDIO AMBIENTE Y MOVILIDAD | D.G. DE GESTIÓN Y VIGILANCIA DE LA CIRCULACIÓN | OPERATIVO | MOTO | PROPIEDAD | GASOLINA | C |
| 2162 2214 | ÁREA DE GOBIERNO DE PORTAVOZ, SEGURIDAD Y EMERGENCIAS | D.G. DE LA POLICIA MUNICIPAL | OPERATIVO | TURISMO | PROPIEDAD | GASOLINA | C |
| 2163 860 | ÁREA DE GOBIERNO DE PORTAVOZ, SEGURIDAD Y EMERGENCIAS | OO.AA. MADRID SALUD (CENTRO DE PROTECCIÓN ANIMAL) | INCIDENCIAS | MOTO | PROPIEDAD | GASOLINA | B |
| 2164 4825 | ÁREA DE GOBIERNO DE MEDIO AMBIENTE Y MOVILIDAD | D.G. GESTIÓN DEL AGUA Y ZONAS VERDES | OPERATIVO | VEHICULO ESPECIAL | PROPIEDAD | DIESEL | SIN DISTINTIVO |
| 2165 4809 | ÁREA DE GOBIERNO DE MEDIO AMBIENTE Y MOVILIDAD | D.G. GESTIÓN DEL AGUA Y ZONAS VERDES | OPERATIVO | VEHICULO ESPECIAL | PROPIEDAD | DIESEL | SIN DISTINTIVO |
| 2166 4760 | ÁREA DE GOBIERNO DE MEDIO AMBIENTE Y MOVILIDAD | D.G. GESTIÓN DEL AGUA Y ZONAS VERDES | OPERATIVO | VEHICULO ESPECIAL | PROPIEDAD | DIESEL | SIN DISTINTIVO |

| AÑO | ENERGÍA/COMBUSTIBLE | TIPO VEHICULO | TIPO DE USO | DIRECCIÓN GENERAL O SERVICIO DE ADSCRIPCIÓN | DISTRITO | FLOTA |
|------|---------------------|---------------|--------------------|---|-----------------|---|
| 2023 | ELÉCTRICO/GASOLINA | TURISMO | REPRESENTACIÓN | DISTRITO DE MONCLOA-ARAVACA | MONCLOA-ARAVACA | FLOTA DE SERVICIOS GENERALES |
| 2023 | ELÉCTRICO/GASOLINA | TURISMO | ADMINISTRATIVO | D.G. SERVICIOS SOCIALES Y EMERGENCIA SOCIAL | ARGANZUELA | FLOTA DE SERVICIOS GENERALES |
| 2023 | ELÉCTRICO | TURISMO | ADMINISTRATIVO | DISTRITO DE ARGANZUELA | ARGANZUELA | FLOTA DE SERVICIOS GENERALES |
| 2023 | ELÉCTRICO | TURISMO | ADMINISTRATIVO | OO.AA. AGENCIA DE ACTIVIDADES | ARGANZUELA | FLOTA DE SERVICIOS GENERALES |
| 2023 | ELÉCTRICO | TURISMO | ADMINISTRATIVO | DISTRITO DE CARABANCHEL | CARABANCHEL | FLOTA DE SERVICIOS GENERALES |
| 2023 | ELÉCTRICO | TURISMO | ADMINISTRATIVO | DISTRITO DE CHAMARTÍN | CHAMARTÍN | FLOTA DE SERVICIOS GENERALES |
| 2023 | ELÉCTRICO | TURISMO | ADMINISTRATIVO | DISTRITO DE CHAMARTÍN | CENTRO | FLOTA DE SERVICIOS GENERALES |
| 2023 | ELÉCTRICO | TURISMO | ADMINISTRATIVO | NOMIA, INNOVACION Y HACIENDA-UNIDAD PARQUE AUTOMOVILISTICO | CIUDAD LINEAL | FLOTA DE SERVICIOS GENERALES |
| 2023 | ELÉCTRICO | TURISMO | ADMINISTRATIVO | DISTRITO DE CIUDAD LINEAL | CHAMBERÍ | FLOTA DE SERVICIOS GENERALES |
| 2023 | ELÉCTRICO | TURISMO | ADMINISTRATIVO | DISTRITO DE CHAMBERÍ | CENTRO | FLOTA DE SERVICIOS GENERALES |
| 2023 | ELÉCTRICO | TURISMO | ADMINISTRATIVO | AREA DE GOBIERNO DE ECONOMIA, INNOVACION Y HACIENDA | ARGANZUELA | FLOTA DE SERVICIOS GENERALES |
| 2023 | ELÉCTRICO | TURISMO | ADMINISTRATIVO | OO.AA. AGENCIA DE ACTIVIDADES | ARGANZUELA | FLOTA DE SERVICIOS GENERALES |
| 2022 | ELÉCTRICO | TURISMO | OPERATIVO | D.G. POLICIA MUNICIPAL | MONCLOA-ARAVACA | GOBIERNO DE PORTAVOZ, SEGURIDAD Y EMERGENCIAS |
| 2022 | ELÉCTRICO | TURISMO | OPERATIVO | D.G. POLICIA MUNICIPAL | MONCLOA-ARAVACA | GOBIERNO DE PORTAVOZ, SEGURIDAD Y EMERGENCIAS |
| 2022 | ELÉCTRICO | TURISMO | OPERATIVO | D.G. POLICIA MUNICIPAL | MONCLOA-ARAVACA | GOBIERNO DE PORTAVOZ, SEGURIDAD Y EMERGENCIAS |
| 2022 | ELÉCTRICO | TURISMO | OPERATIVO | D.G. POLICIA MUNICIPAL | MONCLOA-ARAVACA | GOBIERNO DE PORTAVOZ, SEGURIDAD Y EMERGENCIAS |
| 2022 | ELÉCTRICO | TURISMO | OPERATIVO | D.G. POLICIA MUNICIPAL | MONCLOA-ARAVACA | GOBIERNO DE PORTAVOZ, SEGURIDAD Y EMERGENCIAS |
| 2022 | ELÉCTRICO | TURISMO | OPERATIVO | D.G. POLICIA MUNICIPAL | MONCLOA-ARAVACA | GOBIERNO DE PORTAVOZ, SEGURIDAD Y EMERGENCIAS |
| 2022 | ELÉCTRICO | TURISMO | OPERATIVO | D.G. POLICIA MUNICIPAL | MONCLOA-ARAVACA | GOBIERNO DE PORTAVOZ, SEGURIDAD Y EMERGENCIAS |
| 2022 | ELÉCTRICO | FURGONETA | ADMINISTRATIVO | BIERNO DE HACIENDA Y PERSONAL-UNIDAD PARQUE AUTOMOVILISTICO | CENTRO | AREA DE GOBIERNO DE HACIENDA Y PERSONAL |
| 2021 | ELÉCTRICO | TURISMO | ADMINISTRATIVO | AREA DE GOBIERNO DE DESARROLLO URBANO | BARAJAS | AREA DE GOBIERNO DE HACIENDA Y PERSONAL |
| 2021 | ELÉCTRICO | TURISMO | ADMINISTRATIVO | AREA DE GOBIERNO DE DESARROLLO URBANO | BARAJAS | AREA DE GOBIERNO DE HACIENDA Y PERSONAL |
| 2021 | ELÉCTRICO | TURISMO | AD/ REPRESENTACIÓN | OFICINA DE LA PRESIDENCIA DEL PLENO | RETIRO | AREA DE GOBIERNO DE HACIENDA Y PERSONAL |
| 2021 | ELÉCTRICO | TURISMO | ADMINISTRATIVO | AREA DE GOBIERNO DE OBRAS Y EQUIPAMIENTOS | CENTRO | AREA DE GOBIERNO DE HACIENDA Y PERSONAL |
| 2021 | ELÉCTRICO | TURISMO | ADMINISTRATIVO | OFICINA DE LA PRESIDENCIA DEL PLENO | RETIRO | AREA DE GOBIERNO DE HACIENDA Y PERSONAL |

ANEXO_5: Listado ubicaciones estaciones red calidad del aire Ayto. Madrid

| CODIGO | CODIGO_CORTO | ESTACION | DIRECCION | LONGITUD_ETRS89 | LATITUD_ETRS89 | ALTITUD |
|----------|--------------|----------------------|--|-----------------|----------------|---------|
| 28079004 | 4 | Plaza de España | Plaza de España | 3°42'43.91"O | 40°25'25.98"N | 637 |
| 28079008 | 8 | Escuelas Aguirre | Entre C/ Alcalá y C/ O' Donell | 3°40'56.22"O | 40°25'17.63"N | 672 |
| 28079011 | 11 | Ramón y Cajal | Avda. Ramón y Cajal esq. C/ Príncipe de Vergara | 3°40'38.50"O | 40°27'5.29"N | 708 |
| 28079016 | 16 | Arturo Soria | C/ Arturo Soria esq. C/ Vizconde de los Asilos | 3°38'21.17"O | 40°26'24.20"N | 695 |
| 28079017 | 17 | Villaverde | C/ Juan Peñalver | 3°42'47.89"O | 40°20'49.74"N | 601 |
| 28079018 | 18 | Farolillo | C/ Farolillo - C/ Ervigio | 3°43'54.61"O | 40°23'41.22"N | 632 |
| 28079024 | 24 | Casa de Campo | Casa de Campo (Terminal del Teleférico) | 3°44'50.44"O | 40°25'9.69"N | 646 |
| 28079027 | 27 | Barajas Pueblo | C/ Júpiter, 21 | 3°34'48.10"O | 40°28'36.93"N | 620 |
| 28079035 | 35 | Plaza del Carmen | Plaza del Carmen esq. Tres Cruces | 3°42'11.40"O | 40°25'9.15"N | 660 |
| 28079036 | 36 | Moratalaz | Avda. Moratalaz esq. Camino de los Vinateros | 3°38'43.02"O | 40°24'28.64"N | 671 |
| 28079038 | 38 | Cuatro Caminos | Avda. Pablo Iglesias esq. C/ Marqués de Lema | 3°42'25.64"O | 40°26'43.97"N | 699 |
| 28079039 | 39 | Barrio del Pilar | Avda. Betanzos esq. C/ Monforte de Lemos | 3°42'41.53"O | 40°28'41.64"N | 676 |
| 28079040 | 40 | Vallecas | C/ Arroyo del Olivar esq. C/ Río Grande. | 3°39'5.50"O | 40°23'17.33"N | 677 |
| 28079047 | 47 | Méndez Álvaro | C/ Juan de Mariana / Plaza Amanecer Méndez Álvaro | 3°41'12.57"O | 40°23'53.17"N | 600 |
| 28079048 | 48 | Castellana | C/ José Gutiérrez Abascal | 3°41'25.34"O | 40°26'23.61"N | 680 |
| 28079049 | 49 | Parque del Retiro | Paseo Venezuela- Palacio de Velázquez | 3° 40' 57"O | 40° 24' 52"N | 662 |
| 28079050 | 50 | Plaza Castilla | Plaza Castilla (Canal) | 3°41'19.48"O | 40°27'56.10"N | 728 |
| 28079054 | 54 | Ensanche de Vallecas | Avda. La Gavia / Avda. Las Suertes | 3°36'43.70"O | 40°22'22.84"N | 629 |
| 28079055 | 55 | Urb. Embajada | C/ Riaño (Barajas) | 3°34'50.03"O | 40°27'44.51"N | 619 |
| 28079056 | 56 | Plaza Elíptica | Plaza Elíptica - Avda. Oporto | 3°43'7.54"O | 40°23'6.10"N | 605 |
| 28079057 | 57 | Sanchinarro | C/ Princesa de Éboli esq. C/ María Tudor | 3°39'37.86"O | 40°29'39.12"N | 700 |
| 28079058 | 58 | El Pardo | Avda. La Guardia | 3°46'28.62"O | 40°31'4.97"N | 612 |
| 28079059 | 59 | Juan Carlos I | Parque Juan Carlos I (frente oficinas mantenimiento) | 3° 36' 33"O | 40° 27' 55"N | 660 |
| 28079060 | 60 | Tres Olivos | Plaza Tres Olivos | 3°41'23.03"O | 40°30'1.97"N | 715 |

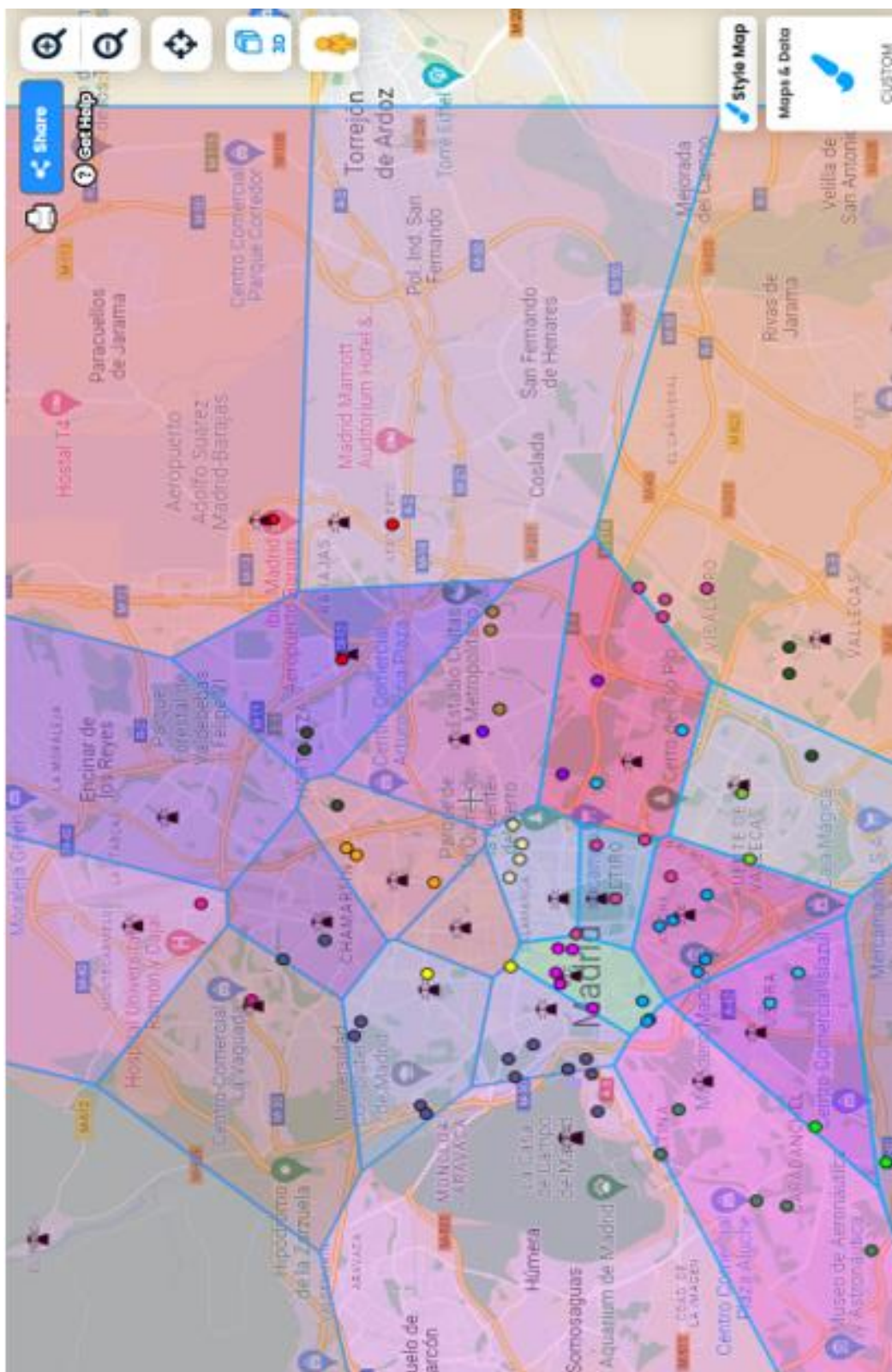
ANEXO_6: Fichero por contaminante (NO₂). Evolución en siete años

| | A | B | C | D | E | F |
|-----|-------------------------|-----------------------|----------------------|----------------------------------|--------------------------------|------|
| | Zona | Estación | Magnitud | Concentraciones máximas horarias | Concentraciones medias anuales | Año |
| 1 | | | | | | |
| 2 | Zona 01 (Interior M-30) | Barrio del Pilar | Dióxido de nitrógeno | 305 | 43 | 2017 |
| 3 | Zona 01 (Interior M-30) | Castellana | Dióxido de nitrógeno | 221 | 40 | 2017 |
| 160 | Zona 03 (Noreste) | Barajas Pueblo | Dióxido de nitrógeno | 163 | 34 | 2023 |
| 161 | Zona 03 (Noreste) | Juan Carlos I | Dióxido de nitrógeno | 137 | 22 | 2023 |
| 162 | Zona 03 (Noreste) | Sanchinarro | Dióxido de nitrógeno | 186 | 24 | 2023 |
| 163 | Zona 03 (Noreste) | Tres Olivos | Dióxido de nitrógeno | 135 | 21 | 2023 |
| 164 | Zona 03 (Noreste) | Urbanización Embajada | Dióxido de nitrógeno | 171 | 29 | 2023 |
| 165 | Zona 04 (Noroeste) | Casa de Campo | Dióxido de nitrógeno | 98 | 16 | 2023 |
| 166 | Zona 04 (Noroeste) | El Pardo | Dióxido de nitrógeno | 86 | 13 | 2023 |
| 167 | Zona 05 (Suroeste) | Farolillo | Dióxido de nitrógeno | 149 | 27 | 2023 |
| 168 | Zona 05 (Suroeste) | Plaza Elíptica | Dióxido de nitrógeno | 195 | 36 | 2023 |
| 169 | Zona 05 (Suroeste) | Villaverde | Dióxido de nitrógeno | 196 | 36 | 2023 |
| 170 | Zona 01 (Interior M-30) | Barrio del Pilar | Dióxido de nitrógeno | 109 | 33 | 2024 |
| 171 | Zona 01 (Interior M-30) | Castellana | Dióxido de nitrógeno | 113 | 30 | 2024 |
| 172 | Zona 01 (Interior M-30) | Cuatro Caminos | Dióxido de nitrógeno | 162 | 34 | 2024 |
| 173 | Zona 01 (Interior M-30) | Escuelas Aguirre | Dióxido de nitrógeno | 115 | 32 | 2024 |
| 174 | Zona 01 (Interior M-30) | Méndez Álvaro | Dióxido de nitrógeno | 91 | 26 | 2024 |
| 175 | Zona 01 (Interior M-30) | Plaza de Castilla | Dióxido de nitrógeno | 130 | 30 | 2024 |
| 176 | Zona 01 (Interior M-30) | Plaza de España | Dióxido de nitrógeno | 103 | 28 | 2024 |
| 177 | Zona 01 (Interior M-30) | Plaza del Carmen | Dióxido de nitrógeno | 98 | 30 | 2024 |
| 178 | Zona 01 (Interior M-30) | Ramón y Cajal | Dióxido de nitrógeno | 158 | 33 | 2024 |
| 179 | Zona 01 (Interior M-30) | Retiro | Dióxido de nitrógeno | 76 | 20 | 2024 |
| 180 | Zona 02 (Sureste) | Ensanche de Vallecas | Dióxido de nitrógeno | 128 | 31 | 2024 |
| 181 | Zona 02 (Sureste) | Moratalaz | Dióxido de nitrógeno | 116 | 33 | 2024 |

ANEXO_7: Información estaciones red calidad del aire Ayto. de Madrid

| | C | H | I | J | K | L | M | N | O |
|----|----------------------|----------|----------------|-----|-----|----|------|-------|----|
| | ESTACION | COD_TIPO | NOM_TIPO | NO2 | SO2 | CO | PM10 | PM2_5 | O3 |
| 1 | Plaza de España | UT | Urbana tráfico | X | X | X | | | |
| 2 | Escuelas Aguirre | UT | Urbana tráfico | X | X | X | X | X | X |
| 3 | Ramón y Cajal | UT | Urbana tráfico | X | | | | | |
| 4 | Arturo Soria | UF | Urbana fondo | X | | | | | X |
| 5 | Villaverde | UF | Urbana fondo | X | | | | | X |
| 6 | Farolillo | UF | Urbana fondo | X | | | X | | X |
| 7 | Casa de Campo | S | Suburbana | X | | | X | X | X |
| 8 | Barajas Pueblo | UF | Urbana fondo | X | | | | | X |
| 9 | Plaza del Carmen | UF | Urbana fondo | X | X | X | | | X |
| 10 | Moratalaz | UT | Urbana tráfico | X | X | | X | | |
| 11 | Cuatro Caminos | UT | Urbana tráfico | X | | | X | X | |
| 12 | Barrio del Pilar | UT | Urbana tráfico | X | | | | | X |
| 13 | Vallecas | UF | Urbana fondo | X | | | X | | |
| 14 | Méndez Álvaro | UF | Urbana fondo | X | | | X | X | |
| 15 | Castellana | UT | Urbana tráfico | X | | | X | X | |
| 16 | Parque del Retiro | UF | Urbana fondo | X | | | | | X |
| 17 | Plaza Castilla | UT | Urbana tráfico | X | | | X | X | |
| 18 | Ensanche de Vallecas | UF | Urbana fondo | X | | | | | X |
| 19 | Urb. Embajada | UF | Urbana fondo | X | | | X | | |
| 20 | Plaza Elíptica | UT | Urbana tráfico | X | | X | X | X | |
| 21 | Sanchinarro | UF | Urbana fondo | X | | | X | X | |
| 22 | El Pardo | S | Suburbana | X | | | | | X |
| 23 | Juan Carlos I | S | Suburbana | X | | | | | X |
| 24 | Tres Olivos | UF | Urbana fondo | X | | | X | | X |

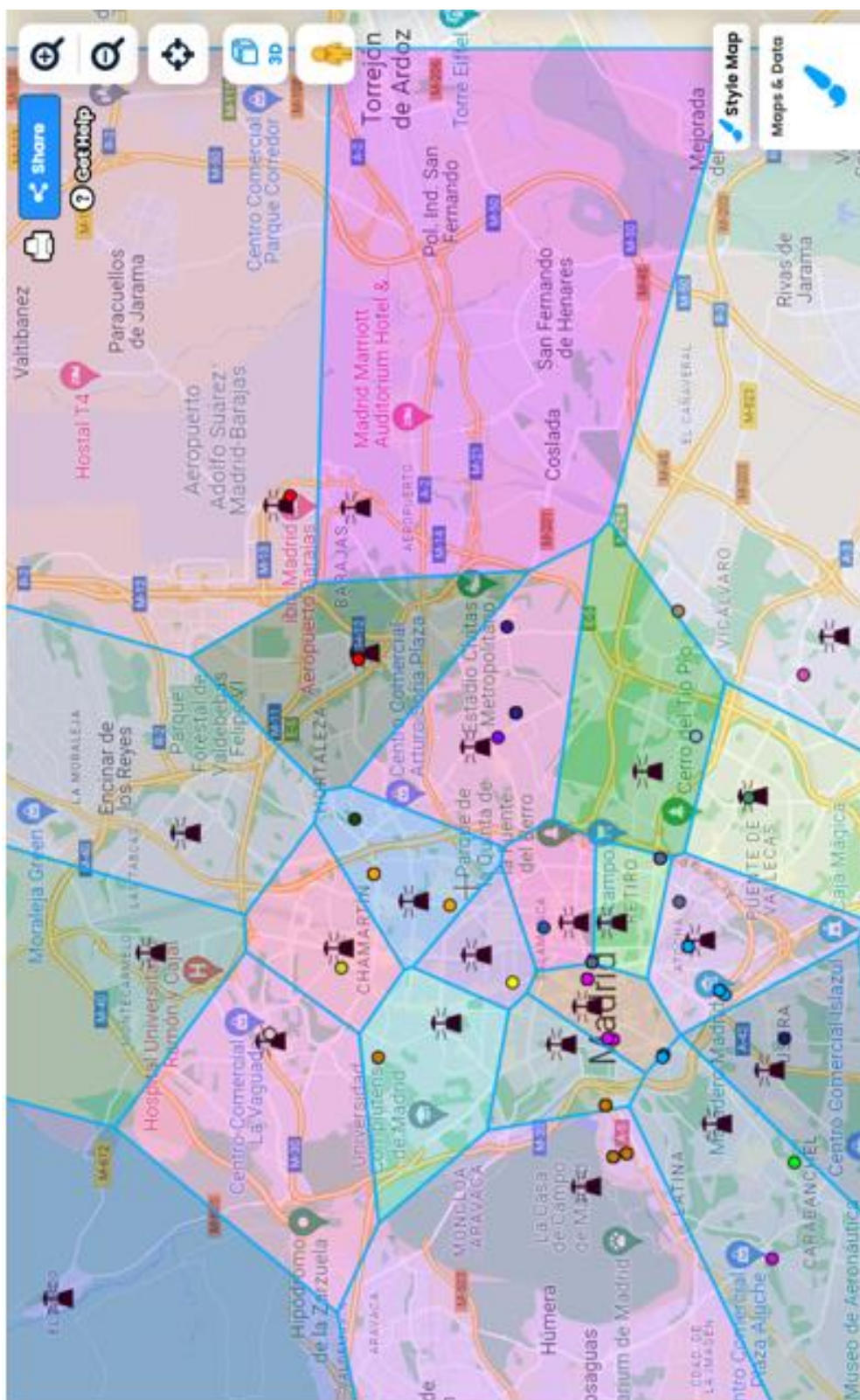
ANEXO_8: Diagrama de Voronoi – Estaciones CA vs puntos de recarga



ANEXO_9: Fichero Calles_Únicas_Por_Distrito_con_Conectores.xlsx

| | A | B | C | D | E |
|----|-------------|--|---------------|---------------|--|
| | DISTRITO | UBICACIÓN | CÓDIGO POSTAL | Nº Conectores | Estación calidad del aire asociada_Voronoi |
| 2 | Arganzuela | Paseo Chopera, 41 | 28045 | 7 | Méndez Álvaro |
| 3 | Arganzuela | Calle Bustamante, 16 | 28045 | 37 | Méndez Álvaro |
| 4 | Arganzuela | Paseo Pontones, 10 | 28005 | 2 | Farolillo |
| 5 | Arganzuela | Paseo Chopera, 2 | 28045 | 3 | Méndez Álvaro |
| 6 | Arganzuela | Ronda de Toledo, 10 | 28005 | 3 | Plaza del Carmen |
| 7 | Arganzuela | Calle Áncora, 37 / Calle Méndez Álvaro | 28045 | 1 | Méndez Álvaro |
| 8 | Arganzuela | Avenida del Planetario, 5 | 28045 | 13 | Méndez Álvaro |
| 9 | Arganzuela | Paseo Pontones, 23 | 28005 | 11 | Farolillo |
| 10 | Barajas | Calle Acuario, 27 | 28042 | 1 | Barajas Pueblo |
| 11 | Barajas | Calle Ribera del Sena, 21 | 28042 | 16 | Juan Carlos I |
| 12 | Barajas | Calle Trespaderne, 16 | 28042 | 1 | Urb. Embajada |
| 13 | Carabanchel | Calle Albox, 8 | 28025 | 1 | Plaza Elíptica |
| 14 | Carabanchel | Avenida de Carabanchel Alto, 61 | 28054 | 4 | Villaverde |
| 15 | Centro | Calle Alcalá, 45 | 28014 | 6 | Plaza del Carmen |
| 16 | Centro | Calle Sacramento, 4 | 28013 | 19 | Plaza del Carmen |

ANEXO_10: Diagrama de Voronoi – Estaciones CA vs vehículos eléctricos



ANEXO_11: Actuaciones Policía Municipal en marzo de 2024

| A | B | C | D | E | F | G |
|-----------|-------------------------------|--------------------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|--------------------|
| DISTRITOS | RELACIONADAS CON LAS PERSONAS | RELACIONADAS CON EL PATRIMONIO | POR TENENCIA DE ARMAS | POR TENENCIA DE DROGAS | POR CONSUMO DE DROGAS | TOTAL POR DISTRITO |
| 3 | | | | | | |
| 4 | 24 | 120 | 4 | 311 | 30 | 489 |
| 5 | 4 | 5 | 3 | 8 | 5 | 25 |
| 6 | 4 | 2 | 2 | 1 | 2 | 11 |
| 7 | 4 | 45 | 2 | 8 | 0 | 59 |
| 8 | 5 | 13 | 1 | 46 | 62 | 127 |
| 9 | 4 | 14 | 2 | 5 | 0 | 25 |
| 10 | 3 | 4 | 0 | 26 | 1 | 34 |
| 11 | 5 | 8 | 3 | 15 | 1 | 32 |
| 12 | 7 | 21 | 2 | 11 | 4 | 45 |
| 13 | 6 | 6 | 3 | 35 | 2 | 52 |
| 14 | 26 | 23 | 7 | 33 | 6 | 95 |
| 15 | 9 | 12 | 2 | 9 | 4 | 36 |
| 16 | 19 | 23 | 7 | 81 | 4 | 134 |
| 17 | 7 | 2 | 1 | 5 | 1 | 16 |
| 18 | 13 | 11 | 4 | 30 | 0 | 58 |
| 19 | 2 | 4 | 0 | 22 | 0 | 28 |
| 20 | 3 | 14 | 2 | 17 | 2 | 38 |
| 21 | 9 | 8 | 3 | 7 | 1 | 28 |
| 22 | 1 | 9 | 1 | 29 | 0 | 40 |
| 23 | 5 | 13 | 6 | 10 | 0 | 34 |
| 24 | 1 | 10 | 0 | 15 | 0 | 26 |
| 25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 26 | 161 | 367 | 55 | 724 | 125 | 1432 |

< **SEGURIDAD** > | PERS. DETENIDAS X MOTIVOS | PERS. DETENIDAS X DISTRITOS | ACCIDENTES | SESIONES EDU. VIAL | ALCOHOLEMIAS

ANEXO_12: Script de R para contraste de hipótesis para la diferencia de medias.

```
# Instalación de paquetes necesarios (si no estuviesen instalados)
if (!require(readxl)) install.packages("readxl")
if (!require(dplyr)) install.packages("dplyr")
if (!require(tidyr)) install.packages("tidyr")

# Cargar librerías
library(readxl)
library(dplyr)
library(tidyr)

# Cargar los datos desde el archivo Excel
file_path <-
"C:/Users/bnava/Desktop/TFG_Contraste_hipotesis/concentraciones_2017_2023_
ECA.xlsx" #ruta del archivo
datos <- read_excel(file_path)

# Mostrar las primeras filas de los datos para verificar la estructura
print(head(datos))

# Convertir los datos al formato largo
datos_largos <- datos %>%
pivot_longer(cols = -Año, names_to = "Estación", values_to = "NO2")

# Filtrar los datos para los años 2017 y 2023
datos_2017_2023 <- datos_largos %>%
filter(Año %in% c(2017, 2023))

# Dividir los datos en dos grupos: 2017 y 2023
no2_2017 <- datos_2017_2023 %>% filter(Año == 2017) %>% pull(NO2)
no2_2023 <- datos_2017_2023 %>% filter(Año == 2023) %>% pull(NO2)
```

```

# Verificar cuántas observaciones hay para cada año
cat("Observaciones en 2017: ", length(no2_2017), "\n")
cat("Observaciones en 2023: ", length(no2_2023), "\n")

# Realizar el contraste de hipótesis solo si hay suficientes observaciones
if (length(no2_2017) > 1 & length(no2_2023) > 1) {
  # Prueba t para muestras independientes
  t_test_result <- t.test(no2_2017, no2_2023, var.equal = TRUE)

  # Mostrar los resultados
  print(t_test_result)

  # Interpretación de resultados
  if (t_test_result$p.value < 0.05) {
    cat("Rechazamos la hipótesis nula. Hay evidencia significativa de una diferencia en
    las medias de NO2 entre 2017 y 2023.\n")
  } else {
    cat("No rechazamos la hipótesis nula. No hay evidencia significativa de una
    diferencia en las medias de NO2 entre 2017 y 2023.\n")
  }
} else {
  cat("No hay suficientes observaciones para realizar la prueba t.\n")
}

```

Este script hará lo siguiente:

1. Instala y carga los paquetes necesarios (readxl, dplyr, tidyr).
2. Carga los datos desde el archivo Excel.
3. Convierte los datos al formato largo utilizando pivot_longer.
4. Filtra los datos para los años 2017 y 2023.
5. Extrae las concentraciones de NO₂ para los años 2017 y 2023.
6. Verifica el número de observaciones para cada año.

7. Realiza una prueba t para muestras independientes si hay suficientes observaciones.
8. Muestra los resultados e interpreta el valor p .

Aclaración:

Se han utilizado las medias anuales de concentración de NO₂ de las 24 estaciones de medición de calidad del aire. Estos datos ya fueron descargados para un análisis previo, en el que se usó la media por contaminante y año. Para este análisis, se proporcionarán al script de R los datos de 2017 y 2023, ya que se necesitan al menos 2 observaciones por año para realizar una prueba t de Student con mayor fiabilidad.

| Año | BP | CT | CC | EA | MA | PC | PE | PX | RC | RE | EV | MZ | VK | AS | BX | JC | SH | TO | UE | CX | EP | FO | PA | VV |
|------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 2017 | 43 | 40 | 46 | 62 | 43 | 41 | 49 | 49 | 46 | 32 | 40 | 43 | 42 | 42 | 40 | 29 | 35 | 36 | 47 | 25 | 18 | 42 | 59 | 49 |
| 2023 | 28 | 29 | 29 | 33 | 28 | 30 | 28 | 31 | 30 | 20 | 30 | 29 | 30 | 27 | 34 | 22 | 24 | 21 | 29 | 16 | 13 | 27 | 36 | 36 |

Leyenda:

| Estación | Identificador |
|-----------------------|---------------|
| Barrio del Pilar | BP |
| Castellana | CT |
| Cuatro Caminos | CC |
| Escuelas Aguirre | EA |
| Méndez Álvaro | MA |
| Plaza de Castilla | PC |
| Plaza de España | PE |
| Plaza del Carmen | PX |
| Ramón y Cajal | RC |
| Retiro | RE |
| Ensanche de Vallecas | EV |
| Moratalaz | MZ |
| Vallecas | VK |
| Arturo Soria | AS |
| Barajas Pueblo | BX |
| Juan Carlos I | JC |
| Sanchinarro | SH |
| Tres Olivos | TO |
| Urbanización Embajada | UE |
| Casa de Campo | CX |
| El Pardo | EP |
| Farolillo | FO |
| Plaza Elíptica | PA |
| Villaverde | VV |

ANEXO_13: Estudios ámbito social, desarrollo sostenible y eficiencia energética

DESDE EL PUNTO DE VISTA DEL ÁMBITO SOCIAL:

- ✓ Accesibilidad para personas con movilidad reducida: Evaluar la accesibilidad de los puntos de recarga, incluyendo la facilidad de acceso físico y la disponibilidad de asistencia o servicios adaptados, puede promover la inclusión y la equidad.
- ✓ Impacto en la comunidad local: Estudiar cómo la ubicación y el uso de los puntos de recarga afectan a las comunidades locales, incluyendo tanto beneficios (como la reducción de la contaminación acústica) como posibles inconvenientes (como la congestión en áreas residenciales).
- ✓ Educación y concienciación sobre movilidad eléctrica: Analizar el nivel de conocimiento y aceptación de la movilidad eléctrica en diferentes distritos y cómo esto influye en la demanda y uso de puntos de recarga.

Posibles variables de estudio y estrategia asociada:

| UBICACIÓN | ACCESO MOVILIDAD REDUCIDA |
|--|---------------------------|
| Accesibilidad para personas con movilidad reducida y UBICACIÓN: Examinar la accesibilidad de cada punto de recarga (UBICACIÓN) en términos de facilidades para personas con movilidad reducida puede revelar la necesidad de mejoras infraestructurales o de servicios adicionales que hagan la recarga más accesible para todos. | |

| IMPACTO LOCAL | DISTRITO |
|---|----------|
| Impacto en la comunidad local y DISTRITO: La ubicación de los puntos de recarga por distrito (DISTRITO) puede estudiarse para comprender su impacto en las comunidades locales, considerando tanto los beneficios (como la promoción de la movilidad limpia) como los desafíos (como el posible incremento en el tráfico de vehículos en áreas residenciales). | |

| CONCIENCIACIÓN-DISTRITO | Nº CONECTORES |
|--|---------------|
| Educación y concienciación sobre movilidad eléctrica y Nº CONECTORES: Relacionar el número de conectores disponibles (Nº CONECTORES) con programas de educación y concienciación en cada distrito (DISTRITO) podría ayudar a identificar dónde existen lagunas en el conocimiento público sobre la movilidad eléctrica y la necesidad de campañas informativas dirigidas. | |

Este análisis holístico puede ayudar a las autoridades locales y a los planificadores urbanos a diseñar e implementar infraestructuras de recarga que no solo cumplan con los

objetivos técnicos y ambientales, sino que también se alineen con las necesidades y expectativas de las comunidades que los rodean, promoviendo un desarrollo urbano más inclusivo y sostenible.

DESDE EL PUNTO DE VISTA DEL DESARROLLO SOSTENIBLE:

- ✓ Origen de la energía eléctrica: Incorporar datos sobre el origen de la electricidad utilizada en los puntos de recarga (por ejemplo, fuentes renovables frente a fuentes no renovables) puede ofrecer una perspectiva sobre la sostenibilidad real de la movilidad eléctrica en la región.
- ✓ Integración con infraestructuras verdes: Evaluar cómo los puntos de recarga se integran con otras infraestructuras sostenibles, como carriles bici o zonas verdes, para promover un enfoque holístico del desarrollo urbano sostenible.
- ✓ Contribución a la reducción de emisiones: Estimar la reducción de emisiones de CO₂ y otros contaminantes como resultado de la transición a vehículos eléctricos, en relación con la disponibilidad y uso de puntos de recarga.

Posibles variables de estudio y estrategia asociada:

| ORIGEN ENERGÍA ELÉCTRICA | AÑO_INSTALACIÓN |
|--|-----------------|
| Origen de la energía eléctrica y AÑO_INSTALACIÓN: La fecha de instalación de los puntos de recarga (AÑO_INSTALACIÓN) podría correlacionarse con cambios hacia fuentes de energía más sostenibles a lo largo del tiempo, reflejando un compromiso creciente con la sostenibilidad. | |

| INT. INF. VERDES | UBICACIÓN |
|--|-----------|
| Integración con infraestructuras verdes y UBICACIÓN: La ubicación de los puntos de recarga (UBICACIÓN) puede analizarse en el contexto de su proximidad o integración con infraestructuras verdes, como parques o carriles para bicicletas, fomentando así un enfoque holístico del desarrollo urbano sostenible. | |

| DISTRITO | TIPOLOGÍA | POTENCIA |
|---|-----------|----------|
| Contribución a la reducción de emisiones y DISTRITO: Relacionar los distritos (DISTRITO) con la densidad y tipología de los puntos de recarga (TIPOLOGÍA, POTENCIA) puede ofrecer insights sobre cómo la infraestructura de recarga contribuye a la reducción de emisiones en áreas específicas. | | |

- ✓ Sistemas de gestión inteligente de la energía: Analizar la implementación de tecnologías inteligentes para la gestión de la carga, como sistemas de respuesta a la demanda o almacenamiento de energía, que pueden optimizar el uso de la energía y reducir costes.
- ✓ Eficiencia de la recarga en diferentes condiciones ambientales: Estudiar cómo factores ambientales (como la temperatura) afectan la eficiencia de la recarga y la vida útil de las baterías de los vehículos.
- ✓ Interoperabilidad con otros sistemas de transporte: Explorar cómo los puntos de recarga se integran con otros modos de transporte público y privado, fomentando un enfoque multimodal y eficiente del transporte urbano.

Posibles variables de estudio y estrategia asociada:

| SIST. GESTIÓN INTELIGENTE | POTENCIA |
|--|----------|
| Sistemas de gestión inteligente de la energía y POTENCIA: Analizar la potencia de los conectores (POTENCIA) en relación con la implementación de sistemas de gestión de energía inteligentes puede revelar oportunidades para optimizar el uso de la energía en los puntos de recarga. | |

| EFICIENCIA RECARGA | UBICACIÓN |
|--|-----------|
| Eficiencia de la recarga en diferentes condiciones ambientales y UBICACIÓN: La eficiencia de la recarga podría variar según la ubicación geográfica (UBICACIÓN) debido a diferencias climáticas, lo cual afecta tanto a la eficiencia de la carga como a la longevidad de las baterías de los vehículos. | |

| UBICACIÓN / DISTRITO | INTEROPERABILIDAD OTROS SIST. TRANSPORTE |
|--|--|
| Interoperabilidad con otros sistemas de transporte y UBICACIÓN / DISTRITO: La ubicación de los puntos de recarga (UBICACIÓN, DISTRITO) en relación con otros modos de transporte puede ser clave para promover un enfoque multimodal y eficiente del transporte urbano. Esto incluye la cercanía a estaciones de metro, paradas de autobús, y estaciones de bicicletas compartidas. | |

Estas variables adicionales permiten un enfoque multidimensional que no solo busca optimizar la infraestructura física de recarga, sino también promover la movilidad eléctrica como parte de un sistema de transporte más sostenible, inclusivo y eficiente energéticamente.

ANEXO_14: Scripts de Python para el análisis y tratamiento de los datos objeto de estudio.

Script para comenzar integrando las diferentes bases de datos desde el 2017 para conseguir así un archivo unificado y con el que sea fácil de trabajar:

```
import pandas as pd

# Cargar ambos documentos

doc_unificado = pd.read_excel("/mnt/data/VEHICULOS_PARQUE_MOVIL_UNIFICADO
AÑOS.xlsx")

doc_2022 = pd.read_excel("/mnt/data/VEHICULOS_PARQUE_MOVIL_2022.xlsx")

# Mostrar las primeras filas de cada documento para entender su estructura
(doc_unificado.head(), doc_2022.head())

# Filtrar vehículos eléctricos o híbridos eléctricos del documento del 2022
vehiculos_electricos_2022 =
doc_2022[doc_2022['ENERGÍA/COMBUSTIBLE'].str.contains("ELÉCTRICO", case=False) |
doc_2022['CATEGORIA_ELECTRICO'].str.contains("BEV|PHEV", case=False)]

# Añadir columna AÑO con valor 2022 a los vehículos filtrados
vehiculos_electricos_2022['AÑO'] = 2022

# Ajustar nombres de columnas para que coincidan con el documento unificado
vehiculos_electricos_2022 = vehiculos_electricos_2022.rename(columns={
'CLAS_INDUSTRIA': 'DISTINTIVO'
})

# Seleccionar columnas del documento de 2022 para que coincidan con las del unificado
vehiculos_electricos_2022 = vehiculos_electricos_2022[doc_unificado.columns]

# Añadir los vehículos eléctricos o híbridos eléctricos del 2022 al documento unificado
documento_final = pd.concat([doc_unificado, vehiculos_electricos_2022])

# Guardar el documento final
documento_final.to_excel("/mnt/data/VEHICULOS_PARQUE_MOVIL_FINAL.xlsx",
index=False)
```

```

"/mnt/data/VEHICULOS_PARQUE_MOVIL_FINAL.xlsx"
# Corregir el problema revisando las columnas y asegurando que los índices sean únicos
antes de concatenar
# Asegurarse de que los índices sean únicos para cada conjunto de datos antes de intentar
concatenarlos
vehiculos_electricos_2022.reset_index(drop=True, inplace=True)
doc_unificado.reset_index(drop=True, inplace=True)
# Intentar de nuevo concatenar los datos corrigiendo el problema previo:
documento_final = pd.concat([doc_unificado, vehiculos_electricos_2022],
ignore_index=True)
# Guardar el documento final corregido
documento_final_path =
"/mnt/data/VEHICULOS_PARQUE_MOVIL_FINAL_CORREGIDO.xlsx"
documento_final.to_excel(documento_final_path, index=False)
resultado = documento_final_path
except Exception as e:
resultado = str(e)
resultado

# Revisar las columnas y corregir diferencias antes de concatenar
# Ajustar las columnas de vehiculos_electricos_2022 para que coincidan exactamente con las
de doc_unificado
vehiculos_electricos_2022 =
vehiculos_electricos_2022.rename(columns={'CLAS_INDUSTRIA': 'DISTINTIVO'})
# Asegurarse de que ambas tablas tienen las mismas columnas en el mismo orden
vehiculos_electricos_2022 = vehiculos_electricos_2022[doc_unificado.columns]
# Intentar la concatenación de nuevo
documento_final_correcto = pd.concat([doc_unificado, vehiculos_electricos_2022],
ignore_index=True)
# Guardar el documento final corregido
documento_final_correcto_path =
"/mnt/data/VEHICULOS_PARQUE_MOVIL_FINAL_CORRECTO.xlsx"

```

```

documento_final_correcto.to_excel(documento_final_correcto_path, index=False)
documento_final_correcto_path

# Cargar el documento recientemente subido
doc_2022_actualizado =
pd.read_excel("/mnt/data/VEHICULOS_PARQUE_MOVIL_2022.xlsx")

# Filtrar únicamente los vehículos eléctricos e híbridos eléctricos
vehiculos_electricos_hibridos_2022 = doc_2022_actualizado[
doc_2022_actualizado['ENERGÍA/COMBUSTIBLE'].str.contains("ELÉCTRICO", case=False)
|
doc_2022_actualizado['CATEGORIA_ELECTRICO'].str.contains("BEV|PHEV", case=False)
]

# Guardar los vehículos eléctricos e híbridos en un nuevo documento de Excel
ruta_nuevo_documento = "/mnt/data/VEHICULOS_ELECTRICOS_HIBRIDOS_2022.xlsx"
vehiculos_electricos_hibridos_2022.to_excel(ruta_nuevo_documento, index=False)
ruta_nuevo_documento

# Cargar el documento unificado recientemente subido
doc_unificado_actualizado =
pd.read_excel("/mnt/data/VEHICULOS_PARQUE_MOVIL_UNIFICADO AÑOS.xlsx")

# Asegurarse de que ambos documentos tienen las mismas columnas en el mismo orden
antes de unificar
vehiculos_electricos_hibridos_2022 =
vehiculos_electricos_hibridos_2022[doc_unificado_actualizado.columns]

# Unificar los documentos
documento_final_unificado = pd.concat([doc_unificado_actualizado,
vehiculos_electricos_hibridos_2022], ignore_index=True)

# Guardar el documento final unificado
ruta_documento_final_unificado =
"/mnt/data/VEHICULOS_PARQUE_MOVIL_FINAL_UNIFICADO.xlsx"
documento_final_unificado.to_excel(ruta_documento_final_unificado, index=False)
ruta_documento_final_unificado

```

```

# Revisar las columnas de ambos documentos para identificar las diferencias
columnas_doc_unificado_actualizado = doc_unificado_actualizado.columns

columnas_vehiculos_electricos_hibridos_2022 =
vehiculos_electricos_hibridos_2022.columns

# Encontrar las columnas que faltan en el documento de vehículos eléctricos e híbridos para
que coincidan
columnas_faltantes =
columnas_doc_unificado_actualizado.difference(columnas_vehiculos_electricos_hibridos_2
022)

# Añadir las columnas faltantes al documento de vehículos eléctricos e híbridos con valores
por defecto o adecuados
for columna in columnas_faltantes:
    vehiculos_electricos_hibridos_2022[columna] = None # o un valor por defecto específico
si es necesario

# Asegurar que ambos conjuntos de datos tienen las mismas columnas en el mismo orden
antes de unificar
vehiculos_electricos_hibridos_2022 =
vehiculos_electricos_hibridos_2022[columnas_doc_unificado_actualizado]

# Intentar nuevamente unificar los documentos
documento_final_unificado_corregido = pd.concat([doc_unificado_actualizado,
vehiculos_electricos_hibridos_2022], ignore_index=True)

# Guardar el documento final unificado corregido.
ruta_documento_final_unificado_corregido =
"/mnt/data/VEHICULOS_PARQUE_MOVIL_FINAL_UNIFICADO_CORREGIDO.xlsx"
documento_final_unificado_corregido.to_excel(ruta_documento_final_unificado_corregido,
index=False)

ruta_documento_final_unificado_corregido

# Cargar el documento de 2021 recién subido
doc_2021 = pd.read_excel("/mnt/data/VEHICULOS_PARQUE_MOVIL_2021.xlsx")

# Filtrar únicamente los vehículos eléctricos e híbridos eléctricos
vehiculos_electricos_hibridos_2021 = doc_2021[
doc_2021['ENERGÍA/COMBUSTIBLE'].str.contains("ELÉCTRICO", case=False) |
doc_2021['CATEGORIA_ELECTRICO'].str.contains("BEV|PHEV", case=False)

```

```

]
# Guardar los vehículos eléctricos e híbridos en un nuevo documento de Excel
ruta_nuevo_documento_2021 =
"/mnt/data/VEHICULOS_ELECTRICOS_HIBRIDOS_2021.xlsx"
vehiculos_electricos_hibridos_2021.to_excel(ruta_nuevo_documento_2021, index=False)
ruta_nuevo_documento_2021

# Cargar el documento de 2020 recién subido
doc_2020 = pd.read_excel("/mnt/data/VEHICULOS_PARQUE_MOVIL_2020.xlsx")
# Filtrar únicamente los vehículos eléctricos e híbridos eléctricos
vehiculos_electricos_hibridos_2020 = doc_2020[
doc_2020['ENERGÍA/COMBUSTIBLE'].str.contains("ELÉCTRICO", case=False) |
doc_2020['CATEGORIA_ELECTRICO'].str.contains("BEV|PHEV", case=False)
]
# Guardar los vehículos eléctricos e híbridos en un nuevo documento de Excel
ruta_nuevo_documento_2020 =
"/mnt/data/VEHICULOS_ELECTRICOS_HIBRIDOS_2020.xlsx"
vehiculos_electricos_hibridos_2020.to_excel(ruta_nuevo_documento_2020, index=False)
ruta_nuevo_documento_2020

# Revisar las columnas disponibles en el documento de 2020 para ajustar el criterio de
filtrado
columnas_doc_2020 = doc_2020.columns
columnas_doc_2020
# Filtrar únicamente los vehículos eléctricos e híbridos eléctricos utilizando la columna
'ENERGÍA/COMBUSTIBLE'
vehiculos_electricos_hibridos_2020_ajustado = doc_2020[
doc_2020['ENERGÍA/COMBUSTIBLE'].str.contains("ELÉCTRICO|HÍBRIDO", case=False)
]
# Guardar los vehículos eléctricos e híbridos ajustados en un nuevo documento de Excel
ruta_nuevo_documento_2020_ajustado =
"/mnt/data/VEHICULOS_ELECTRICOS_HIBRIDOS_2020_AJUSTADO.xlsx"

```

```

vehiculos_electricos_hibridos_2020_ajustado.to_excel(ruta_nuevo_documento_2020_ajustado, index=False)

ruta_nuevo_documento_2020_ajustado

# Cargar el documento final unificado con 2021 recién subido
doc_final_unificado_con_2021 =
pd.read_excel("/mnt/data/VEHICULOS_PARQUE_MOVIL_FINAL_UNIFICADO_CON_2021.xlsx")

# Cargar el documento de vehículos eléctricos e híbridos de 2020 ajustado
vehiculos_electricos_hibridos_2020_ajustado =
pd.read_excel(ruta_nuevo_documento_2020_ajustado)

# Asegurar que ambos documentos tienen las mismas columnas en el mismo orden antes de unificar
vehiculos_electricos_hibridos_2020_ajustado =
vehiculos_electricos_hibridos_2020_ajustado[doc_final_unificado_con_2021.columns]

# Unificar los documentos
documento_final_unificado_total = pd.concat([doc_final_unificado_con_2021,
vehiculos_electricos_hibridos_2020_ajustado], ignore_index=True)

# Guardar el documento final unificado total
ruta_documento_final_unificado_total =
"/mnt/data/VEHICULOS_PARQUE_MOVIL_FINAL_UNIFICADO_TOTAL.xlsx"
documento_final_unificado_total.to_excel(ruta_documento_final_unificado_total,
index=False)
ruta_documento_final_unificado_total

# Añadir las columnas faltantes al documento de vehículos eléctricos e híbridos de 2020 con valores nulos
for columna in ['FLOTA', 'CATEGORIA_ELECTRICO', 'DISTINTIVO',
'CATEG_HOMOLOGACION_UE', 'AÑO', 'CLAS_INDUSTRIA']:
if columna not in vehiculos_electricos_hibridos_2020_ajustado.columns:
vehiculos_electricos_hibridos_2020_ajustado[columna] = None

# Asegurar que ambos documentos tienen las mismas columnas en el mismo orden antes de unificar

```

```

vehiculos_electricos_hibridos_2020_ajustado =
vehiculos_electricos_hibridos_2020_ajustado[doc_final_unificado_con_2021.columns]

# Unificar los documentos después de ajustar
documento_final_unificado_total_ajustado = pd.concat([doc_final_unificado_con_2021,
vehiculos_electricos_hibridos_2020_ajustado], ignore_index=True)

# Guardar el documento final unificado ajustado
ruta_documento_final_unificado_total_ajustado =
"/mnt/data/VEHICULOS_PARQUE_MOVIL_FINAL_UNIFICADO_TOTAL_AJUSTADO.xlsx"
documento_final_unificado_total_ajustado.to_excel(ruta_documento_final_unificado_total_a
justado, index=False)
ruta_documento_final_unificado_total_ajustado

# Cargar el documento de 2019 recién subido
doc_2019 = pd.read_excel("/mnt/data/VEHICULOS_PARQUE_MOVIL_2019.xlsx")

# Intentar filtrar los vehículos eléctricos e híbridos eléctricos utilizando la columna
'ENERGÍA/COMBUSTIBLE'

# Si no existe una columna 'CATEGORIA_ELECTRICO', se asumirá y se ajustará el filtro según
las columnas disponibles.

try:
vehiculos_electricos_hibridos_2019 = doc_2019[
doc_2019['ENERGÍA/COMBUSTIBLE'].str.contains("ELÉCTRICO|HÍBRIDO", case=False)
]
except KeyError:

# Revisar las columnas disponibles si 'ENERGÍA/COMBUSTIBLE' no está disponible
columnas_disponibles = doc_2019.columns

print("Columnas disponibles en el documento:", columnas_disponibles)

# Guardar los vehículos eléctricos e híbridos de 2019 en un nuevo documento de Excel
ruta_nuevo_documento_2019 =
"/mnt/data/VEHICULOS_ELECTRICOS_HIBRIDOS_2019.xlsx"
vehiculos_electricos_hibridos_2019.to_excel(ruta_nuevo_documento_2019, index=False)
ruta_nuevo_documento_2019

```

```

# Cargar el documento final unificado con 2020 recién subido
doc_final_unificado_con_2020 =
pd.read_excel("/mnt/data/VEHICULOS_PARQUE_MOVIL_FINAL_UNIFICADO_CON
2020.xlsx")

# Cargar el documento de vehículos eléctricos e híbridos de 2019
vehiculos_electricos_hibridos_2019 = pd.read_excel(ruta_nuevo_documento_2019)

# Asegurar que ambos documentos tienen las mismas columnas en el mismo orden antes de
unificar
vehiculos_electricos_hibridos_2019 =
vehiculos_electricos_hibridos_2019[doc_final_unificado_con_2020.columns]

# Unificar los documentos
documento_final_unificado_con_2019 = pd.concat([doc_final_unificado_con_2020,
vehiculos_electricos_hibridos_2019], ignore_index=True)

# Guardar el documento final unificado con 2019
ruta_documento_final_unificado_con_2019 =
"/mnt/data/VEHICULOS_PARQUE_MOVIL_FINAL_UNIFICADO_CON_2019.xlsx"
documento_final_unificado_con_2019.to_excel(ruta_documento_final_unificado_con_2019,
index=False)
ruta_documento_final_unificado_con_2019

# Añadir las columnas faltantes al documento de vehículos eléctricos e híbridos de 2019 con
valores nulos
for columna in ['FLOTA', 'CATEGORIA_ELECTRICO', 'DISTINTIVO',
'CATEG_HOMOLOGACION_UE', 'AÑO', 'CLAS_INDUSTRIA']:
if columna not in vehiculos_electricos_hibridos_2019.columns:
vehiculos_electricos_hibridos_2019[columna] = None

# Asegurar que ambos documentos tienen las mismas columnas en el mismo orden antes de
unificar
vehiculos_electricos_hibridos_2019 =
vehiculos_electricos_hibridos_2019[doc_final_unificado_con_2020.columns]

# Intentar nuevamente unificar los documentos después de ajustar
documento_final_unificado_con_2019_ajustado = pd.concat([doc_final_unificado_con_2020,
vehiculos_electricos_hibridos_2019], ignore_index=True)

# Guardar el documento final unificado ajustado

```

```

ruta_documento_final_unificado_con_2019_ajustado =
"/mnt/data/VEHICULOS_PARQUE_MOVIL_FINAL_UNIFICADO_CON_2019_AJUSTADO.xlsx"
documento_final_unificado_con_2019_ajustado.to_excel(ruta_documento_final_unificado_c
on_2019_ajustado, index=False)
ruta_documento_final_unificado_con_2019_ajustado

# Cargar el documento de 2018 recién subido
doc_2018 = pd.read_excel("/mnt/data/VEHICULOS_PARQUE_MOVIL_2018.xlsx")
# Intentar filtrar los vehículos eléctricos e híbridos eléctricos utilizando la columna
'ENERGÍA/COMBUSTIBLE'
try:
vehiculos_electricos_hibridos_2018 = doc_2018[
doc_2018['ENERGÍA/COMBUSTIBLE'].str.contains("ELÉCTRICO|HÍBRIDO", case=False)
]
except KeyError as e:
# Si la columna 'ENERGÍA/COMBUSTIBLE' no existe, imprimir error y revisar las columnas
disponibles
print(f"Error: {e}")
columnas_disponibles_2018 = doc_2018.columns
print("Columnas disponibles en el documento de 2018:", columnas_disponibles_2018)
# Guardar los vehículos eléctricos e híbridos de 2018 en un nuevo documento de Excel
ruta_nuevo_documento_2018 =
"/mnt/data/VEHICULOS_ELECTRICOS_HIBRIDOS_2018.xlsx"
vehiculos_electricos_hibridos_2018.to_excel(ruta_nuevo_documento_2018, index=False)
ruta_nuevo_documento_2018

# Cargar el documento final unificado con 2019 ajustado recién subido
doc_final_unificado_con_2019_ajustado =
pd.read_excel("/mnt/data/VEHICULOS_PARQUE_MOVIL_FINAL_UNIFICADO_CON_2019_A
JUSTADO.xlsx")
# Cargar el documento de vehículos eléctricos e híbridos de 2018
vehiculos_electricos_hibridos_2018 = pd.read_excel(ruta_nuevo_documento_2018)

```

```

# Asegurar que ambos documentos tienen las mismas columnas en el mismo orden antes de
unificar
vehiculos_electricos_hibridos_2018 =
vehiculos_electricos_hibridos_2018[doc_final_unificado_con_2019_ajustado.columns]

# Unificar los documentos
documento_final_unificado_con_2018 = pd.concat([doc_final_unificado_con_2019_ajustado,
vehiculos_electricos_hibridos_2018], ignore_index=True)

# Guardar el documento final unificado con 2018
ruta_documento_final_unificado_con_2018 =
"/mnt/data/VEHICULOS_PARQUE_MOVIL_FINAL_UNIFICADO_CON_2018.xlsx"
documento_final_unificado_con_2018.to_excel(ruta_documento_final_unificado_con_2018,
index=False)
ruta_documento_final_unificado_con_2018

# Añadir las columnas faltantes al documento de vehículos eléctricos e híbridos de 2018 con
valores nulos
for columna in ['FLOTA', 'CATEGORIA_ELECTRICO', 'DISTINTIVO',
'CATEG_HOMOLOGACION_UE', 'AÑO', 'CLAS_INDUSTRIA']:
if columna not in vehiculos_electricos_hibridos_2018.columns:
vehiculos_electricos_hibridos_2018[columna] = None

# Asegurar que ambos documentos tienen las mismas columnas en el mismo orden antes de
unificar
vehiculos_electricos_hibridos_2018 =
vehiculos_electricos_hibridos_2018[doc_final_unificado_con_2019_ajustado.columns]

# Intentar nuevamente unificar los documentos después de ajustar
documento_final_unificado_con_2018_ajustado =
pd.concat([doc_final_unificado_con_2019_ajustado, vehiculos_electricos_hibridos_2018],
ignore_index=True)

# Guardar el documento final unificado ajustado
ruta_documento_final_unificado_con_2018_ajustado =
"/mnt/data/VEHICULOS_PARQUE_MOVIL_FINAL_UNIFICADO_CON_2018_AJUSTADO.xlsx"
documento_final_unificado_con_2018_ajustado.to_excel(ruta_documento_final_unificado_c
on_2018_ajustado, index=False)
ruta_documento_final_unificado_con_2018_ajustado

# Cargar el documento de 2017 recién subido

```

```

doc_2017 = pd.read_excel("/mnt/data/VEHICULOS_PARQUE_MOVIL_2017.xlsx")
# Intentar filtrar los vehículos eléctricos e híbridos eléctricos utilizando la columna
'ENERGÍA/COMBUSTIBLE'

try:
vehiculos_electricos_hibridos_2017 = doc_2017[
doc_2017['ENERGÍA/COMBUSTIBLE'].str.contains("ELÉCTRICO|HÍBRIDO", case=False)
]
except KeyError as e:
# Si la columna 'ENERGÍA/COMBUSTIBLE' no existe, imprimir error y revisar las columnas
disponibles
print(f"Error: {e}")
columnas_disponibles_2017 = doc_2017.columns
print("Columnas disponibles en el documento de 2017:", columnas_disponibles_2017)
# Guardar los vehículos eléctricos e híbridos de 2017 en un nuevo documento de Excel
ruta_nuevo_documento_2017 =
"/mnt/data/VEHICULOS_ELECTRICOS_HIBRIDOS_2017.xlsx"
vehiculos_electricos_hibridos_2017.to_excel(ruta_nuevo_documento_2017, index=False)
ruta_nuevo_documento_2017
# Cargar el documento final unificado con 2018 ajustado recién subido
doc_final_unificado_con_2018_ajustado =
pd.read_excel("/mnt/data/VEHICULOS_PARQUE_MOVIL_FINAL_UNIFICADO_CON_2018_A
JUSTADO.xlsx")
# Cargar el documento de vehículos eléctricos e híbridos de 2017
vehiculos_electricos_hibridos_2017 = pd.read_excel(ruta_nuevo_documento_2017)
# Asegurar que ambos documentos tienen las mismas columnas en el mismo orden antes de
unificar
vehiculos_electricos_hibridos_2017 =
vehiculos_electricos_hibridos_2017[doc_final_unificado_con_2018_ajustado.columns]

# Unificar los documentos
documento_final_unificado_con_2017 = pd.concat([doc_final_unificado_con_2018_ajustado,
vehiculos_electricos_hibridos_2017], ignore_index=True)

```

```
# Guardar el documento final unificado con 2017
ruta_documento_final_unificado_con_2017 =
"/mnt/data/VEHICULOS_PARQUE_MOVIL_FINAL_UNIFICADO_CON_2017.xlsx"
documento_final_unificado_con_2017.to_excel(ruta_documento_final_unificado_con_2017,
index=False)
ruta_documento_final_unificado_con_2017
```

```
# Añadir las columnas faltantes al documento de vehículos eléctricos e híbridos de 2017 con valores nulos
for columna in ['FLOTA', 'DIRECCIÓN GENERAL O SERVICIO DE ADSCRIPCIÓN', 'RELACIÓN CONTRACTUAL', 'CATEGORIA_ELECTRICO', 'DISTINTIVO', 'CATEG_HOMOLOGACION_UE', 'AÑO', 'CLAS_INDUSTRIA']:
if columna not in vehiculos_electricos_hibridos_2017.columns:
vehiculos_electricos_hibridos_2017[columna] = None

# Asegurar que ambos documentos tienen las mismas columnas en el mismo orden antes de unificar
vehiculos_electricos_hibridos_2017 =
vehiculos_electricos_hibridos_2017[doc_final_unificado_con_2018_ajustado.columns]

# Intentar nuevamente unificar los documentos después de ajustar
documento_final_unificado_con_2017_ajustado =
pd.concat([doc_final_unificado_con_2018_ajustado, vehiculos_electricos_hibridos_2017],
ignore_index=True)

# Guardar el documento final unificado ajustado
ruta_documento_final_unificado_con_2017_ajustado =
"/mnt/data/VEHICULOS_PARQUE_MOVIL_FINAL_UNIFICADO_CON_2017_AJUSTADO.xlsx"
documento_final_unificado_con_2017_ajustado.to_excel(ruta_documento_final_unificado_con_2017_ajustado, index=False)
ruta_documento_final_unificado_con_2017_ajustado
```

```
import pandas as pd

# Ruta del archivo Excel original
file_path = 'path_to_your_file.xlsx'
```

```

# Cargar el archivo Excel
data = pd.read_excel(file_path)

# Diccionario de direcciones y sus respectivos distritos para asociar
updates = {
'RETIRO': [
'Área de gobierno de cultura, turismo y deportes',
'AREA DE GOBIERNO DE MEDIO AMBIENTE Y MOVILIDAD',
'AREA DE GOBIERNO DE VICEALCALDIA, PORTAVOZ, SEGURIDAD Y EMERGENCIAS',
'AREA DE GOBIERNO PORTAVOZ, COORDINACION DE LA JUNTA DE GOBIERNO Y
RELACIONES CON EL PLENO',
'COORDINACION GENERAL DE LA ALCALDIA',
'D.G. EDIFICACION',
'D.G. GESTIÓN DEL AGUA Y ZONAS VERDES',
'D.G. GESTION URBANISTICA',
'DPTO CONTROL DE CALIDAD DE ZONAS VERDES, PARQUES Y VIVEROS',
'GERENCIA DE LA CIUDAD',
'OFICINA DE LA PRESIDENCIA DEL PLENO',
'OO.AA. MADRID SALUD',
'OO.AA. MADRID SALUD (SPPS)',
'OO.AA. MADRID SALUD (UTCV)',
'PRESIDENCIA PLENO',
'S.G.T',
'S.G.T. ALCALDIA',
'S.G.T. COORDINACION GENERAL DE LA ALCALDIA',
'S.G.T. DESARROLLO URBANO',
'S.G.T. DESARROLLO URBANO SOSTENIBLE',
'S.G.T. MEDIO AMBIENTE Y MOVILIDAD',
'S.G.T. VICEALCALDIA',

```

'S.G.T PORTAVOZ, COORDINACIÓN DE LA JUNTA DE GOBIERNO Y RELACIONES CON EL PLENO',

'SECRETARIO DEL PLENO'

],

'ARGANZUELA': [

'AREA DE GOBIERNO DE EQUIDAD, DERECHOS SOCIALES Y EMPLEO',

'AREA DE GOBIERNO DE FAMILIAS, IGUALDAD Y BIENESTAR SOCIAL',

'AREA DE GOBIERNO DE POLITICAS SOCIALES, FAMILIA E IGUALDAD',

'D.G. ATENCION PRIMARIA, INTERVENCION COMUNITARIA Y EMERGENCIA SOCIAL',

'D.G. PARQUE TECNOLOGICO DE VALDEMINGOMEZ',

'D.G. SERVICIOS DE LIMPIEZA Y RESIDUOS',

'D.G. SERVICIOS SOCIALES Y EMERGENCIA SOCIAL',

'D.G. SOSTENIBILIDAD Y CONTROL AMBIENTAL',

'D.G. ZONAS VERDES, LIMPIEZA Y RESIDUOS',

'OO.AA. AGENCIA DE ACTIVIDADES',

'OO.AA. AGENCIA PARA EL EMPLEO',

'ORGANISMO AUTONOMO AGENCIA DE ACTIVIDADES',

'ORGANISMO AUTONOMO AGENCIA PARA EL EMPLEO',

'S.G.T. FAMILIAS, IGUALDAD Y BIENESTAR SOCIAL',

'UNIDAD SUR Pº PONTONES 23 POSTERIOR'

],

'CENTRO': [

'Área de gobierno de economía, innovación y empleo',

'AREA DE GOBIERNO DE ECONOMIA, INNOVACION Y HACIENDA-UNIDAD PARQUE AUTOMOVILISTICO',

'AREA DE GOBIERNO DE HACIENDA Y PERSONAL',

'AREA DE GOBIERNO DE HACIENDA Y PERSONAL-UNIDAD PARQUE AUTOMOVILISTICO',

'AREA DE GOBIERNO DE OBRAS Y EQUIPAMIENTOS',

'D.G. CONTRATACIÓN Y SERVICIOS',
'OO.AA. AGENCIA TRIBUTARIA',
'ORGANISMO AUTONOMO AGENCIA TRIBUTARIA MADRID',
'S.G.T. HACIENDA Y PERSONAL'
],
'BARAJAS': [
'Área de gobierno de desarrollo urbano',
'AREA DE GOBIERNO DE POLITICAS DE VIVIENDA',
'AREA DE GOBIERNO DE URBANISMO, MEDIO AMBIENTE Y MOVILIDAD'
],
'MONCLOA-ARAVACA': [
'D.G. EMERGENCIAS Y PROTECCION CIVIL',
'D.G. POLICIA MUNICIPAL',
'D.G. SEGURIDAD Y EMERGENCIAS',
'UNIDAD CENTRO C/PISTA 4'
],
'SAN BLAS-CANILLEJAS': [
'D.G. GESTION Y VIGILANCIA DE LA CIRCULACION',
'OO.AA. IAM (Organismo autónomo Informática del Ayto de Madrid)',
'ORGANISMO AUTONOMO INFORMATICA AYUNTAMIENTO DE MADRID'
],
'CHAMARTIN': [
'S.G.T. PORTAVOZ, SEGURIDAD Y EMERGENCIAS',
'UNIDAD NORTE C/GUATEMALA 24'
],
'PUENTE DE VALLECAS': [
'J.M.D. PUENTE DE VALLECAS'

```

],
'LATINA': [
'OO.AA. MADRID SALUD (CENTRO DE PROTECCION ANIMAL)'
]
}

# Aplicar todas las actualizaciones
for district, addresses in updates.items():
    data.loc[data['DIRECCIÓN GENERAL O SERVICIO DE ADSCRIPCIÓN'].isin(addresses),
'DISTRITO'] = district

# Ruta del archivo Excel actualizado
updated_file_path = 'updated_file.xlsx'

# Guardar el DataFrame actualizado en un nuevo archivo Excel
data.to_excel(updated_file_path, index=False)

print("El archivo ha sido actualizado y guardado con todos los distritos asignados
correctamente.")

```

```

# Cargar completamente las columnas relevantes de ambas bases de datos
df_vehiculos = pd.read_excel(archivo1, usecols=['AÑO', 'ENERGÍA/COMBUSTIBLE'])
df_recarga = pd.read_excel(archivo2, usecols=['AÑO_INSTALACIÓN'])

# Filtrar vehículos eléctricos en la base de datos de vehículos
vehiculos_electricos =
df_vehiculos[df_vehiculos['ENERGÍA/COMBUSTIBLE'].str.contains('Eléctrico', case=False,
na=False)]

# Contar cantidad de vehículos eléctricos por año
vehiculos_por_año = vehiculos_electricos['AÑO'].value_counts().sort_index()

# Contar puntos de recarga instalados por año
recarga_por_año = df_recarga['AÑO_INSTALACIÓN'].value_counts().sort_index()
(vehiculos_por_año, recarga_por_año)

```

```

# Unir los datos de vehículos eléctricos con los datos acumulados de puntos de recarga
merged_extended_df = pd.merge(flota_ve_agg_df, puntos_recarga_agg_df, how='outer',
on='AÑO').fillna(0)

merged_extended_df = merged_extended_df.sort_values(by='AÑO').reset_index(drop=True)

# Convertir a enteros
merged_extended_df['Cantidad Vehículos Eléctricos'] = merged_extended_df['Cantidad
Vehículos Eléctricos'].astype(int)

merged_extended_df['Cantidad Puntos Recarga'] = merged_extended_df['Cantidad Puntos
Recarga'].astype(int)

# Visualización
fig, ax1 = plt.subplots(figsize=(10, 6))

# Gráfico de vehículos eléctricos
color = 'tab:blue'

ax1.set_xlabel('Año')

ax1.set_ylabel('Cantidad Vehículos Eléctricos', color=color)

ax1.plot(merged_extended_df['AÑO'], merged_extended_df['Cantidad Vehículos
Eléctricos'], color=color, marker='o', label='Vehículos Eléctricos')

ax1.tick_params(axis='y', labelcolor=color)

ax1.legend(loc='upper left')

# Crear un segundo eje para los puntos de recarga
ax2 = ax1.twinx()

color = 'tab:orange'

ax2.set_ylabel('Cantidad Puntos Recarga', color=color)

ax2.plot(merged_extended_df['AÑO'], merged_extended_df['Cantidad Puntos Recarga'],
color=color, marker='o', label='Puntos de Recarga')

ax2.tick_params(axis='y', labelcolor=color)

ax2.legend(loc='upper right')

fig.tight_layout()

```

```

plt.title('Relación entre Vehículos Eléctricos y Puntos de Recarga en Madrid')
plt.grid(axis='y')
plt.show()
# Mostrar los datos combinados finales
merged_extended_df
# Verificar las columnas en el DataFrame combinado
merged_extended_df.columns
# Mantener solo una columna para 'Cantidad Puntos Recarga'
merged_extended_df = merged_extended_df[['AÑO', 'Cantidad Vehículos Eléctricos',
'Cantidad Puntos Recarga_y']]
merged_extended_df.columns = ['AÑO', 'Cantidad Vehículos Eléctricos', 'Cantidad Puntos
Recarga']

# Convertir a enteros
merged_extended_df['Cantidad Vehículos Eléctricos'] = merged_extended_df['Cantidad
Vehículos Eléctricos'].astype(int)
merged_extended_df['Cantidad Puntos Recarga'] = merged_extended_df['Cantidad Puntos
Recarga'].astype(int)

# Visualización
fig, ax1 = plt.subplots(figsize=(10, 6))

# Gráfico de vehículos eléctricos
color = 'tab:blue'
ax1.set_xlabel('Año')
ax1.set_ylabel('Cantidad Vehículos Eléctricos', color=color)
ax1.plot(merged_extended_df['AÑO'], merged_extended_df['Cantidad Vehículos
Eléctricos'], color=color, marker='o', label='Vehículos Eléctricos')
ax1.tick_params(axis='y', labelcolor=color)
ax1.legend(loc='upper left')

```

```

# Crear un segundo eje para los puntos de recarga
ax2 = ax1.twinx()
color = 'tab:orange'
ax2.set_ylabel('Cantidad Puntos Recarga', color=color)
ax2.plot(merged_extended_df['AÑO'], merged_extended_df['Cantidad Puntos Recarga'],
color=color, marker='o', label='Puntos de Recarga')
ax2.tick_params(axis='y', labelcolor=color)
ax2.legend(loc='upper right')

fig.tight_layout()
plt.title('Relación entre Vehículos Eléctricos y Puntos de Recarga en Madrid')
plt.grid(axis='y')
plt.show()

# Mostrar los datos combinados finales
merged_extended_df

# Contar la cantidad de puntos de recarga por distrito
recarga_por_distrito =
df_recarga.groupby('DISTRITO')['NºCONECTORES'].sum().sort_values(ascending=False)
recarga_por_distrito

# Trazar los datos con diferentes escalas para el eje Y
fig, ax1 = plt.subplots(figsize=(14, 8))

# Trazado de los vehículos eléctricos en el eje 'y' primario
ax1.plot(districts, electric_vehicles_district, marker='o', label='Vehículos Eléctricos',
color='blue')
ax1.set_xlabel('Distrito')
ax1.set_ylabel('Vehículos Eléctricos', color='blue')

```

```

ax1.tick_params(axis='y', labelcolor='blue')
ax1.set_xticks(range(len(districts)))
ax1.set_xticklabels(districts, rotation=45, ha='right')
ax1.grid(True)

# Creación de un eje 'y' secundario para los puntos de recarga
ax2 = ax1.twinx()
ax2.plot(districts, charging_points_district, marker='x', label='Puntos de Recarga',
color='green')
ax2.set_ylabel('Puntos de Recarga', color='green')
ax2.tick_params(axis='y', labelcolor='green')

# Añadir título y leyenda
plt.title('Relación entre Vehículos Eléctricos y Puntos de Recarga por Distrito')
fig.tight_layout()

# Mostrar la gráfica
plt.show()

```

```

# Verificar nuevamente las columnas disponibles en la base de datos de puntos de recarga
df_recarga.columns.tolist()

# Recargar la base de datos de puntos de recarga con todas las columnas
df_recarga_completa = pd.read_excel(archivo2)

# Contar la cantidad de puntos de recarga por distrito nuevamente, utilizando las columnas
correctas
recarga_por_distrito =
df_recarga_completa.groupby('DISTRITO')['NºCONECTORES'].sum().sort_values(ascending=False)
recarga_por_distrito

```

```

# Limpiar y consolidar los nombres de los distritos para corregir duplicados
conectores_por_distrito_corregidos = conectores_por_distrito.copy()

# Corregir nombres duplicados
conectores_por_distrito_corregidos.index =
conectores_por_distrito_corregidos.index.str.replace('San Blas -Canillejas', 'San Blas -
Canillejas', regex=False)

conectores_por_distrito_corregidos.index =
conectores_por_distrito_corregidos.index.str.replace('Arganzuelas', 'Arganzuela',
regex=False)

# Sumar los valores de conectores para los índices corregidos
conectores_por_distrito_corregidos =
conectores_por_distrito_corregidos.groupby(conectores_por_distrito_corregidos.index).su
m().sort_values(ascending=False)

conectores_por_distrito_corregidos

```

```

# Corregir posibles errores en los nombres de los distritos y consolidarlos
recarga_por_distrito.index = recarga_por_distrito.index.str.replace('San Blas -Canillejas',
'San Blas - Canillejas', regex=False)

recarga_por_distrito.index = recarga_por_distrito.index.str.replace('Arganzuelas',
'Arganzuela', regex=False)

recarga_por_distrito_corregido =
recarga_por_distrito.groupby(recarga_por_distrito.index).sum().sort_values(ascending=Fal
se)

# Graficar la cantidad de puntos de recarga por distrito
plt.figure(figsize=(14, 8))

recarga_por_distrito_corregido.plot(kind='bar', color='skyblue')

plt.title('Puntos de Recarga por Distrito en el Ayuntamiento de Madrid')

plt.xlabel('Distrito')

plt.ylabel('Nº de Conectores')

```

```
plt.xticks(rotation=45, ha="right")
plt.tight_layout()
plt.show()
```

```
# Cargar la hoja "Sheet1" del segundo archivo para revisar su contenido
data_vehiculos_registrados = pd.read_excel(file_path2, sheet_name="Sheet1")
data_vehiculos_registrados.head()

# Filtrar solo los vehículos eléctricos
vehiculos_electricos =
data_vehiculos_registrados[data_vehiculos_registrados['ENERGÍA/COMBUSTIBLE'].str.contains('ELÉCTRICO', case=False)]

# Agrupar por distrito y contar el número de vehículos eléctricos
vehiculos_por_distrito =
vehiculos_electricos.groupby('DISTRITO').size().reset_index(name='Nº VEHÍCULOS ELÉCTRICOS')

# Mostrar el total de vehículos eléctricos por distrito
vehiculos_por_distrito.head()
```

```
# Unir los datos de vehículos eléctricos con los datos de puntos de recarga
comparativa_distrito = pd.merge(vehiculos_por_distrito, puntos_recarga_distrito,
on='DISTRITO', how='outer')

# Reemplazar posibles NaN con 0 para distritos que no tengan uno de los dos datos
comparativa_distrito.fillna(0, inplace=True)

# Convertir columnas numéricas a enteros para limpieza
comparativa_distrito['Nº VEHÍCULOS ELÉCTRICOS'] = comparativa_distrito['Nº
VEHÍCULOS ELÉCTRICOS'].astype(int)

comparativa_distrito['Nº CONECTORES'] = comparativa_distrito['Nº
CONECTORES'].astype(int)

# Mostrar la tabla comparativa
```

```

comparativa_distrito

# Normalizar los nombres de los distritos para asegurar una correcta fusión

comparativa_distrito['DISTRITO'] =
comparativa_distrito['DISTRITO'].str.upper().str.strip().replace({
'FUENCARRAL-EL PARDO': 'FUENCARRAL - EL PARDO',
'SAN BLAS-CANILLEJAS': 'SAN BLAS - CANILLEJAS'
})

# Volver a fusionar los datos

comparativa_distrito = pd.merge(vehiculos_por_distrito, puntos_recarga_distrito,
on='DISTRITO', how='outer')

# Reemplazar NaN con 0 en las columnas numéricas

comparativa_distrito.fillna(0, inplace=True)

comparativa_distrito['Nº VEHÍCULOS ELÉCTRICOS'] = comparativa_distrito['Nº
VEHÍCULOS ELÉCTRICOS'].astype(int)

comparativa_distrito['Nº CONECTORES'] = comparativa_distrito['Nº
CONECTORES'].astype(int)

# Mostrar la tabla comparativa actualizada

comparativa_distrito

```

```

# Gráfico de barras para comparar el número de vehículos eléctricos y puntos de recarga por
distrito

plt.figure(figsize=(16, 8))

bar_width = 0.35 # Anchura de las barras

index = range(len(comparativa_distrito['DISTRITO']))

# Barras para los vehículos eléctricos

plt.bar(index, comparativa_distrito['Nº VEHÍCULOS ELÉCTRICOS'], bar_width, label='Nº
Vehículos Eléctricos')

# Barras para los puntos de recarga

```

```

plt.bar([i + bar_width for i in index], comparativa_distrito['Nº CONECTORES'], bar_width,
label='Nº Conectores de Recarga')

plt.xlabel('Distrito', fontsize=14)

plt.ylabel('Cantidad', fontsize=14)

plt.title('Comparación de Vehículos Eléctricos y Puntos de Recarga por Distrito',
fontsize=16)

plt.xticks([i + bar_width / 2 for i in index], comparativa_distrito['DISTRITO'], rotation=90)

plt.legend()

plt.tight_layout()

plt.show()

```

```

import pandas as pd

# Cargar los datos del primer fichero (NO2)
file_path_no2 = '/mnt/data/datos-anuales-NO2_2017-2024.xlsx'
data_no2 = pd.read_excel(file_path_no2)
data_no2.head()

# Cargar los datos de los otros ficheros
file_path_ozono = '/mnt/data/datos-anuales-OZONO_2017-2024.xlsx'
file_path_pm25 = '/mnt/data/datos-anuales-PM2,5_2017-2024.xlsx'
file_path_pm10 = '/mnt/data/datos-anuales-PM10_2017-2024.xlsx'
file_path_so2 = '/mnt/data/datos-anuales-SO2_2017-2024.xlsx'

# Leer los datos de ozono, PM2.5, PM10 y SO2
data_ozono = pd.read_excel(file_path_ozono)
data_pm25 = pd.read_excel(file_path_pm25)
data_pm10 = pd.read_excel(file_path_pm10)
data_so2 = pd.read_excel(file_path_so2)

```

```

# Mostrar las cabeceras de estos DataFrames para verificar su estructura
data_ozone.head(), data_pm25.head(), data_pm10.head(), data_so2.head()

# Función para preprocesar y extraer las concentraciones medias anuales
def preprocess_data(data):
    return data.groupby('Año')['Concentraciones medias anuales'].mean()

# Aplicar la función a todos los conjuntos de datos
mean_annual_no2 = preprocess_data(data_no2)
mean_annual_ozone = preprocess_data(data_ozone)
mean_annual_pm25 = preprocess_data(data_pm25)
mean_annual_pm10 = preprocess_data(data_pm10)
mean_annual_so2 = preprocess_data(data_so2)

# Crear un DataFrame a partir de la serie
df_pollutants = pd.DataFrame({
    'NO2': mean_annual_no2,
    'Ozone': mean_annual_ozone,
    'PM2.5': mean_annual_pm25,
    'PM10': mean_annual_pm10,
    'SO2': mean_annual_so2
})
df_pollutants

import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np

# Eliminar el año 2024 por estar fuera del rango requerido

```

```

df_pollutants = df_pollutants.drop(2024)

# Generar un degradado de color para cada una de las líneas
num_colors = len(df_pollutants.columns)
colors = plt.cm.viridis(np.linspace(0, 1, num_colors))

# Dibujar cada contaminante con un color diferente
plt.figure(figsize=(10, 6))
for (column, color) in zip(df_pollutants.columns, colors):
    plt.plot(df_pollutants.index, df_pollutants[column], label=column, color=color,
             linewidth=2)
plt.title('Evolución de la concentración media anual de contaminantes (2017-2023)')
plt.xlabel('Año')
plt.ylabel('Concentración media anual ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )')
plt.legend(title='Contaminante')
plt.grid(True)
plt.show()

```

Script para posterior análisis del Diagrama de Voronoi:

```

import pandas as pd
# Cargar la primera hoja del archivo Excel
file_path =
'/mnt/data/MOVILIDAD_VEHICULOS_ELECTRICOS_PUNTOS_FLOTA_MUNICIPAL_RECARG
A_1804.xlsx'
data = pd.read_excel(file_path, sheet_name=0)

# Mostrar las primeras filas y columnas para entender la estructura de los datos
data.head(), data.columns

```

```

# Extraer calles únicas por distrito
streets_per_district =
data.groupby('DISTRITO')['UBICACIÓN'].unique().apply(list).reset_index()

# Mostrar el dataframe (marco de datos) resultante
streets_per_district

# Transformar datos en un formato de columnas en lugar de lista dentro de una única celda.
expanded_streets = streets_per_district.explode('UBICACIÓN').reset_index(drop=True)

# Guardar datos en formato columna en un nuevo fichero Excel
output_columnar_file_path = '/mnt/data/Calles_Únicas_Por_Distrito_Columnar.xlsx'
expanded_streets.to_excel(output_columnar_file_path, index=False)
output_columnar_file_path

# Guardar el marco de datos de calles expandido en un archivo CSV
output_csv_file_path = '/mnt/data/Calles_Únicas_Por_Distrito_Columnar.csv'
expanded_streets.to_csv(output_csv_file_path, index=False)
output_csv_file_path

```

```

import pandas as pd

# Cargar el primer archivo
file_path_1 = '/mnt/data/Calles_Únicas_Por_Distrito_Columnar_conCP.xlsx'
data1 = pd.read_excel(file_path_1)

# Cargar la primera hoja del segundo archivo

```

```

file_path_2 =
'/mnt/data/MOVILIDAD_VEHICULOS_ELECTRICOS_PUNTOS_FLOTA_MUNICIPAL_RECARG
A_1804.xlsx'

data2 = pd.read_excel(file_path_2)

# Mostrar los primeros registros y columnas de cada archivo para análisis
data1_head = data1.head()
data1_columns = data1.columns
data2_head = data2.head()
data2_columns = data2.columns
data1_head, data1_columns, data2_head, data2_columns

# Agrupar por 'UBICACIÓN' en el segundo archivo y sumar los conectores
conectores_por_ubicacion = data2.groupby('UBICACIÓN')['Nº CONECTORES'].sum()

# Mapear los valores de conectores al primer archivo según la ubicación
data1['Nº Conectores'] =
data1['UBICACIÓN'].map(conectores_por_ubicacion).fillna(0).astype(int)

# Mostrar el resultado con la nueva columna
data1.head()

# Guardar el archivo actualizado en formato xlsx
updated_file_path = '/mnt/data/Calles_Únicas_Por_Distrito_con_Conectores.xlsx'
data1.to_excel(updated_file_path, index=False)

```

Script para la nueva base de datos para las ubicaciones de las estaciones de medición de calidad del aire:

```
# Cargar el archivo .xlsx convertido
file_path_converted = '/mnt/data/informacion_estaciones_red_calidad_aire_ANEXO 7.xlsx'
data_converted = pd.read_excel(file_path_converted)

# Mostrar las primeras filas y las columnas del archivo para identificar las necesarias
data_converted_head = data_converted.head()
data_converted_columns = data_converted.columns

data_converted_head, data_converted_columns

# Extraer las columnas específicas
selected_columns = ['ESTACION', 'DIRECCION', 'LONGITUD', 'LATITUD']
data_filtered = data_converted[selected_columns]

# Guardar el nuevo archivo con solo las columnas seleccionadas
filtered_file_path = '/mnt/data/Estaciones_Red_Calidad_Aire_Filtrado.xlsx'
data_filtered.to_excel(filtered_file_path, index=False)

# Mostrar las primeras filas del nuevo DataFrame
data_filtered.head()
```

Scripts para la creación gráficas de dispersión y facilitar estudio de correlación:

```
import matplotlib.pyplot as plt

# Extraer las columnas relevantes para el gráfico de dispersión
x = df['Nº CONECTORES_VORONOI']
y = df['Concentración media NO2']
```

```

# Crear el gráfico de dispersión
plt.figure(figsize=(10, 6))
plt.scatter(x, y, alpha=0.6)
plt.title('Nube de puntos: N° de conectores vs Concentración media anual de NO2')
plt.xlabel('N° de conectores')
plt.ylabel('Concentración media anual de NO2')
plt.grid(True)
plt.show()

import numpy as np
from scipy.stats import linregress

# Calcular el coeficiente de correlación
correlation_coefficient = np.corrcoef(x, y)[0, 1]

# Calcular los parámetros de regresión
slope, intercept, r_value, p_value, std_err = linregress(x, y)

# Preparar los resultados
results = {
    "correlation_coefficient": correlation_coefficient,
    "regression_slope": slope,
    "regression_intercept": intercept,
    "r_value": r_value,
    "p_value": p_value,
    "std_err": std_err
}

results

```

```

# Extraer las columnas relevantes para el nuevo gráfico de dispersión
x_recarga = df['Nº PUNTOS RECARGA']
y_concentration = df['Concentración media NO2']

# Crear el gráfico de dispersión
plt.figure(figsize=(10, 6))
plt.scatter(x_recarga, y_concentration, alpha=0.6)
plt.title('Nube de puntos: Nº de puntos de recarga vs Concentración media anual de NO2')
plt.xlabel('Nº de puntos de recarga')
plt.ylabel('Concentración media anual de NO2')
plt.grid(True)
plt.show()

# Calcular el coeficiente de correlación
correlation_coefficient_recarga = np.corrcoef(x_recarga, y_concentration)[0, 1]

# Calcular los parámetros de regresión
slope_recarga, intercept_recarga, r_value_recarga, p_value_recarga, std_err_recarga =
linregress(x_recarga, y_concentration)

# Preparar los resultados
results_recarga = {
    "correlation_coefficient": correlation_coefficient_recarga,
    "regression_slope": slope_recarga,
    "regression_intercept": intercept_recarga,
    "r_value": r_value_recarga,
    "p_value": p_value_recarga,
    "std_err": std_err_recarga
}

```

```
}
```

```
results_recarga
```

```
# Extraer las columnas relevantes para el nuevo gráfico de dispersión
```

```
y_max_concentration = df['Concentración máxima anual NO2']
```

```
# Crear el gráfico de dispersión
```

```
plt.figure(figsize=(10, 6))
```

```
plt.scatter(x, y_max_concentration, alpha=0.6)
```

```
plt.title('Nube de puntos: N° de conectores vs Concentración máxima anual de NO2')
```

```
plt.xlabel('N° de conectores')
```

```
plt.ylabel('Concentración máxima anual de NO2')
```

```
plt.grid(True)
```

```
plt.show()
```

```
# Calcular el coeficiente de correlación entre el número de conectores y la concentración máxima anual de NO2
```

```
correlation_coefficient_max = np.corrcoef(x, y_max_concentration)[0, 1]
```

```
# Calcular los parámetros de regresión
```

```
slope_max, intercept_max, r_value_max, p_value_max, std_err_max = linregress(x, y_max_concentration)
```

```
# Preparar los resultados
```

```
results_max = {
```

```
    "correlation_coefficient": correlation_coefficient_max,
```

```
    "regression_slope": slope_max,
```

```
    "regression_intercept": intercept_max,
```

```
"r_value": r_value_max,  
"p_value": p_value_max,  
"std_err": std_err_max  
}
```

```
results_max
```

```
# Crear el gráfico de dispersión para N° de puntos de recarga y Concentración máxima anual NO2
```

```
plt.figure(figsize=(10, 6))
```

```
plt.scatter(x_recarga, y_max_concentration, alpha=0.6)
```

```
plt.title('Nube de puntos: N° de puntos de recarga vs Concentración máxima anual de NO2')
```

```
plt.xlabel('N° de puntos de recarga')
```

```
plt.ylabel('Concentración máxima anual de NO2')
```

```
plt.grid(True)
```

```
plt.show()
```

```
# Calcular el coeficiente de correlación
```

```
correlation_coefficient_recarga_max = np.corrcoef(x_recarga, y_max_concentration)[0, 1]
```

```
# Calcular los parámetros de regresión
```

```
slope_recarga_max, intercept_recarga_max, r_value_recarga_max, p_value_recarga_max,  
std_err_recarga_max = linregress(x_recarga, y_max_concentration)
```

```
# Preparación de resultados
```

```
results_recarga_max = {
```

```
"correlation_coefficient": correlation_coefficient_recarga_max,
```

```
"regression_slope": slope_recarga_max,
```

```
"regression_intercept": intercept_recarga_max,  
"r_value": r_value_recarga_max,  
"p_value": p_value_recarga_max,  
"std_err": std_err_recarga_max  
}
```

```
results_recarga_max
```

```
# Definir función para trazar la dispersión y la línea de regresión
```

```
def plot_scatter_with_regression(x, y, title, xlabel, ylabel):
```

```
    # Calculate regression line
```

```
    slope, intercept = np.polyfit(x, y, 1)
```

```
    regression_line = slope * np.array(x) + intercept
```

```
    # Crear el gráfico de dispersión
```

```
    plt.figure(figsize=(10, 6))
```

```
    plt.scatter(x, y, alpha=0.6, label='Datos')
```

```
    plt.plot(x, regression_line, color='red', label=f'Recta de regresión:  $y = \text{{slope:.2f}}x + \text{{intercept:.2f}}$ ')
```

```
    plt.title(title)
```

```
    plt.xlabel(xlabel)
```

```
    plt.ylabel(ylabel)
```

```
    plt.legend()
```

```
    plt.grid(True)
```

```
    plt.show()
```

```
# Diagrama de dispersión y línea de regresión para el número de conectores frente a la  
concentración media anual de NO2
```

```
plot_scatter_with_regression(df['Nº CONECTORES_VORONOI'], df['Concentración media NO2'],
```

```
'Nº de conectores vs Concentración media anual de NO2',
```

```
'Nº de conectores',
```

```
'Concentración media anual de NO2')
```

```
# Diagrama de dispersión y línea de regresión para el número de puntos de recarga frente a la concentración media anual de NO2
```

```
plot_scatter_with_regression(df['Nº PUNTOS RECARGA'], df['Concentración media NO2'],
```

```
'Nº de puntos de recarga vs Concentración media anual de NO2',
```

```
'Nº de puntos de recarga',
```

```
'Concentración media anual de NO2')
```

```
# Diagrama de dispersión y línea de regresión para el número de conectores frente a la concentración máxima anual de NO2
```

```
plot_scatter_with_regression(df['Nº CONECTORES_VORONOI'], df['Concentración máxima anual NO2'],
```

```
'Nº de conectores vs Concentración máxima anual de NO2',
```

```
'Nº de conectores',
```

```
'Concentración máxima anual de NO2')
```

```
# Diagrama de dispersión y línea de regresión para el número de puntos de recarga frente a la concentración máxima anual de NO2
```

```
plot_scatter_with_regression(df['Nº PUNTOS RECARGA'], df['Concentración máxima anual NO2'],
```

```
'Nº de puntos de recarga vs Concentración máxima anual de NO2',
```

```
'Nº de puntos de recarga',
```

```
'Concentración máxima anual de NO2')
```

Scripts para análisis transformaciones logarítmicas:

```
# Definir una función para calcular e imprimir los parámetros de correlación y regresión para datos transformados logarítmicamente.
```

```
def log_transformed_analysis(x, y, relationship_description):
```

```
    # Apply log transformation
```

```
    log_x = np.log10(x + 1) # Adding 1 to avoid log(0)
```

```
    log_y = np.log10(y + 1)
```

```
    # Calcular el coeficiente de correlación
```

```
    correlation_coefficient_log = np.corrcoef(log_x, log_y)[0, 1]
```

```
    # Calcular los parámetros de regresión
```

```
    slope_log, intercept_log, r_value_log, p_value_log, std_err_log = linregress(log_x, log_y)
```

```
    results_log = {
```

```
        "correlation_coefficient": correlation_coefficient_log,
```

```
        "regression_slope": slope_log,
```

```
        "regression_intercept": intercept_log,
```

```
        "r_value": r_value_log,
```

```
        "p_value": p_value_log,
```

```
        "std_err": std_err_log
```

```
    }
```

```
    return results_log
```

```
# Analizar los datos log-transformados
```

```

log_results_conectores_media = log_transformed_analysis(df['Nº
CONECTORES_VORONOI'], df['Concentración media NO2'], 'Nº de conectores vs
Concentración media anual de NO2')

log_results_recarga_media = log_transformed_analysis(df['Nº PUNTOS RECARGA'],
df['Concentración media NO2'], 'Nº de puntos de recarga vs Concentración media anual de
NO2')

log_results_conectores_max = log_transformed_analysis(df['Nº CONECTORES_VORONOI'],
df['Concentración máxima anual NO2'], 'Nº de conectores vs Concentración máxima anual
de NO2')

log_results_recarga_max = log_transformed_analysis(df['Nº PUNTOS RECARGA'],
df['Concentración máxima anual NO2'], 'Nº de puntos de recarga vs Concentración máxima
anual de NO2')

log_results_conectores_media, log_results_recarga_media, log_results_conectores_max,
log_results_recarga_max

```

```

import matplotlib.pyplot as plt

# Crear un gráfico de dispersión

plt.figure(figsize=(10, 6))

plt.scatter(df['Nº VE_Voronoi'], df['Concentración media NO2'], alpha=0.7)

plt.title('Nube de Puntos: Número de Vehículos Eléctricos vs Concentración Media Anual
de NO2')

plt.xlabel('Número de Vehículos Eléctricos')

plt.ylabel('Concentración Media Anual de NO2')

plt.grid(True)

plt.show()

from scipy.stats import linregress

# Calcular el coeficiente de correlación

correlation_coefficient = df['Nº VE_Voronoi'].corr(df['Concentración media NO2'])

```

```
# Realizar una regresión lineal
slope, intercept, r_value, p_value, std_err = linregress(df['Nº VE_Voronoi'],
df['Concentración media NO2'])

# Preparar los resultados correlation_coefficient, (slope, intercept)
```

```
# Crear un gráfico de dispersión para el número de vehículos eléctricos frente a la
concentración máxima anual de NO2
plt.figure(figsize=(10, 6))
plt.scatter(df['Nº VE_Voronoi'], df['Concentración máxima anual NO2'], alpha=0.7)
plt.title('Nube de Puntos: Número de Vehículos Eléctricos vs Concentración Máxima Anual
de NO2')
plt.xlabel('Número de Vehículos Eléctricos')
plt.ylabel('Concentración Máxima Anual de NO2')
plt.grid(True)
plt.show()

# Calcular el coeficiente de correlación entre el número de vehículos eléctricos y la
concentración máxima anual de NO2.
correlation_coefficient_max = df['Nº VE_Voronoi'].corr(df['Concentración máxima anual
NO2'])

# Realizar una regresión lineal para las mismas variables slope_max, intercept_max,
r_value_max, p_value_max, std_err_max = linregress(df['Nº VE_Voronoi'], df['Concentración
máxima anual NO2'])

# Preparar los resultados
correlation_coefficient_max, (slope_max, intercept_max)
```

```
# Crear gráficos de dispersión con líneas de regresión para ambos análisis.
```

```

# Diagrama de dispersión y línea de regresión del número de vehículos eléctricos frente a la
concentración media anual de NO2. plt.figure(figsize=(12, 6))

# Subplot 1
plt.subplot(1, 2, 1)
plt.scatter(df['Nº VE_Voronoi'], df['Concentración media NO2'], alpha=0.7, label='Datos')
plt.plot(df['Nº VE_Voronoi'], intercept + slope * df['Nº VE_Voronoi'], color='red',
label='Regresión lineal')
plt.title('Nº VE vs Concentración Media Anual de NO2')
plt.xlabel('Número de Vehículos Eléctricos')
plt.ylabel('Concentración Media Anual de NO2')
plt.legend()
plt.grid(True)

# Subplot 2
# Diagrama de dispersión y línea de regresión del número de vehículos eléctricos frente a la
concentración máxima anual de NO2.
plt.subplot(1, 2, 2)
plt.scatter(df['Nº VE_Voronoi'], df['Concentración máxima anual NO2'], alpha=0.7,
label='Datos')
plt.plot(df['Nº VE_Voronoi'], intercept_max + slope_max * df['Nº VE_Voronoi'], color='red',
label='Regresión lineal')
plt.title('Nº VE vs Concentración Máxima Anual de NO2')
plt.xlabel('Número de Vehículos Eléctricos')
plt.ylabel('Concentración Máxima Anual de NO2')
plt.legend()
plt.grid(True)

plt.tight_layout()
plt.show()

```

Script para el cálculo de la media de actuaciones totales por distrito durante los meses de enero a abril de 2024:

```
import pandas as pd

# Cargar las hojas de cálculo de los cuatro archivos proporcionados
files = [
    "/mnt/data/ACTUACIONES POLICIA MUNICIPAL ABRIL 2024.xlsx",
    "/mnt/data/ACTUACIONES POLICÍA MUNICIPAL MARZO 2024.xlsx",
    "/mnt/data/ACTUACIONES POLICÍA MUNICIPAL FEBRERO 2024.xlsx",
    "/mnt/data/ACTUACIONES POLICÍA MUNICIPAL ENERO 2024.xlsx"
]

# Leer solo la primera hoja de cada archivo
dfs = [pd.read_excel(file, sheet_name=0) for file in files]

# Unir las hojas de cálculo en un único DataFrame
combined_df = pd.concat(dfs)

# Agrupar por distrito y calcular la media de actuaciones
mean_actuations = combined_df.groupby('Distrito')['Actuaciones'].mean().reset_index()

# Guardar el resultado en un nuevo archivo Excel
output_file = "/mnt/data/media_actuaciones_distrito_enero_abril_2024.xlsx"
mean_actuations.to_excel(output_file, index=False)
```

```

output_file

dfs = [pd.read_excel(file, sheet_name=0) for file in files]

# Mostrar las primeras filas de cada DataFrame para verificar las columnas
sample_data = [df.head() for df in dfs]
sample_data

# Extraer las columnas relevantes y renombrarlas
for df in dfs:
    df.columns = df.iloc[1]
    df.drop(index=[0, 1], inplace=True)
    df.reset_index(drop=True, inplace=True)

# Unir los DataFrames en uno solo
combined_df = pd.concat(dfs)

# Renombrar las columnas para facilitar el manejo
combined_df.rename(columns={'DISTRITOS': 'Distrito', 'TOTAL POR DISTRITO':
'Actuaciones'}, inplace=True)

# Convertir la columna de actuaciones a numérica
combined_df['Actuaciones'] = pd.to_numeric(combined_df['Actuaciones'], errors='coerce')

# Agrupar por distrito y calcular la media de actuaciones
mean_actuations = combined_df.groupby('Distrito')['Actuaciones'].mean().reset_index()

# Guardar el resultado en un nuevo archivo Excel
output_file = "/mnt/data/media_actuaciones_distrito_enero_abril_2024.xlsx"

```

```
mean_actuations.to_excel(output_file, index=False)
```

```
import ace_tools as tools; tools.display_dataframe_to_user(name="Media de Actuaciones  
por Distrito (Enero - Abril 2024)", dataframe=mean_actuations)
```

```
output_file
```

Script de Python para crear el gráfico de medias de actuaciones por distrito durante los meses de enero a abril del 2024:

```
import pandas as pd
```

```
import matplotlib.pyplot as plt
```

```
# Cargar las hojas de cálculo de los cuatro archivos proporcionados
```

```
files = [
```

```
"ACTUACIONES POLICIA MUNICIPAL ABRIL 2024.xlsx",
```

```
"ACTUACIONES POLICÍA MUNICIPAL MARZO 2024.xlsx",
```

```
"ACTUACIONES POLICÍA MUNICIPAL FEBRERO 2024.xlsx",
```

```
"ACTUACIONES POLICÍA MUNICIPAL ENERO 2024.xlsx"
```

```
]
```

```
# Leer solo la primera hoja de cada archivo
```

```
dfs = [pd.read_excel(file, sheet_name=0) for file in files]
```

```
# Extraer las columnas relevantes y renombrarlas
```

```
for df in dfs:
```

```
df.columns = df.iloc[1]
```

```
df.drop(index=[0, 1], inplace=True)
```

```

df.reset_index(drop=True, inplace=True)

# Unir los DataFrames en uno solo
combined_df = pd.concat(dfs)

# Renombrar las columnas para facilitar el manejo
combined_df.rename(columns={'DISTRITOS': 'Distrito', 'TOTAL POR DISTRITO':
'Actuaciones'}, inplace=True)

# Convertir la columna de actuaciones a numérica
combined_df['Actuaciones'] = pd.to_numeric(combined_df['Actuaciones'], errors='coerce')

# Agrupar por distrito y calcular la media de actuaciones
mean_actuations = combined_df.groupby('Distrito')['Actuaciones'].mean().reset_index()

# Filtrar el DataFrame para excluir la fila con el distrito 'TOTAL'
filtered_mean_actuations = mean_actuations[mean_actuations['Distrito'] != 'TOTAL']

# Crear el gráfico de medias de actuaciones por distrito excluyendo 'TOTAL'
plt.figure(figsize=(12, 8))

plt.bar(filtered_mean_actuations['Distrito'], filtered_mean_actuations['Actuaciones'],
color='skyblue')

plt.xlabel('Distrito')
plt.ylabel('Media de Actuaciones')
plt.title('Media de Actuaciones por Distrito (Enero - Abril 2024)')
plt.xticks(rotation=45)
plt.tight_layout()

```

```
# Mostrar el gráfico
```

```
plt.show()
```

Script para calcular la proporción de actuaciones por distrito y asignar vehículos según la proporción calculada:

```
# Crear manualmente el marco de datos a partir de los datos de imagen proporcionados
```

```
data = {
```

```
  'Distrito': [
```

```
    'ARGANZUELA', 'BARAJAS', 'CARABANCHEL', 'CENTRO', 'CHAMARTÍN', 'CHAMBERÍ',
```

```
    'CIUDAD LINEAL', 'FUENCARRAL - EL PARDO', 'HORTALEZA', 'LATINA', 'MONCLOA -  
    ARAVACA',
```

```
    'MORATALAZ', 'PUENTE DE VALLECAS', 'RETIRO', 'SALAMANCA', 'SAN BLAS -  
    CANILLEJAS',
```

```
    'SIN DISTRITO ASIGNADO', 'TETUÁN', 'USERA', 'VICÁLVARO', 'VILLA DE VALLECAS',  
    'VILLAVERDE'
```

```
  ],
```

```
  'Actuaciones': [
```

```
    27.75, 34.5, 70, 416.75, 97, 49.5, 53.75, 30.75, 32.5, 46.75, 31.75, 15.5,
```

```
    132, 13, 67, 39.25, 0, 26.5, 27.25, 25, 30.5, 36.5
```

```
  ]
```

```
}
```

```
actuaciones_df = pd.DataFrame(data)
```

```
# Calcular el número total de actuaciones
```

```
total_actuaciones = actuaciones_df['Actuaciones'].sum()
```

```
# Número total de vehículos a distribuir
```

```
total_vehiculos = 495
```

```

# Calcular la proporción de vehículos que debe asignarse a cada distrito en función del
# número de actuaciones.

actuaciones_df['Proportion'] = actuaciones_df['Actuaciones'] / total_actuaciones
actuaciones_df['Assigned Vehicles'] = actuaciones_df['Proportion'] * total_vehiculos

# Mostrar el marco de datos resultante
actuaciones_df[['Distrito', 'Actuaciones', 'Assigned Vehicles']]

```

Script para crear gráfico de barras que visualice la distribución de vehículos eléctricos de la Policía Municipal por n° medio de actuaciones policiales por distrito:

```

import matplotlib.pyplot as plt

# Extraer columnas relevantes
vehiculos_por_distrito = data[['Distrito', 'Vehículos Asignados']]

# Crear un gráfico de barras
plt.figure(figsize=(12, 8))
plt.bar(vehiculos_por_distrito['Distrito'], vehiculos_por_distrito['Vehículos Asignados'])
plt.xlabel('Distrito')
plt.ylabel('Vehículos Asignados')
plt.title('Vehículos Asignados por Distrito')
plt.xticks(rotation=45, ha='right')
plt.tight_layout()

# Mostrar la gráfica
plt.show()

```

Script para análisis de suficiencia de puntos de recarga en función del número de vehículos asignados por distrito:

```
# Crear un dataframe manualmente con los datos proporcionados
conectores_actualizados_data = {
'Distrito': [
'ARGANZUELA', 'BARAJAS', 'CARABANCHEL', 'CENTRO', 'CHAMARTÍN', 'CHAMBERÍ',
'CIUDAD LINEAL', 'FUENCARRAL - EL PARDO', 'HORTALEZA', 'LATINA', 'MONCLOA -
ARAVACA',
'MORATALAZ', 'PUENTE DE VALLECAS', 'RETIRO', 'SALAMANCA', 'SAN BLAS -
CANILLEJAS',
'TETUÁN', 'USERA', 'VICÁLVARO', 'VILLA DE VALLECAS', 'VILLAVERDE'
],
'Puntos de Recarga': [
77, 18, 5, 40, 17, 4, 40, 8, 5, 17, 40, 5, 4, 37, 20, 9, 5, 8, 11, 8, 2
]
}

conectores_actualizados_df = pd.DataFrame(conectores_actualizados_data)

# Datos de vehículos asignados
vehiculos_data = {
'Distrito': [
'ARGANZUELA', 'BARAJAS', 'CARABANCHEL', 'CENTRO', 'CHAMARTÍN', 'CHAMBERÍ',
'CIUDAD LINEAL', 'FUENCARRAL - EL PARDO', 'HORTALEZA', 'LATINA', 'MONCLOA -
ARAVACA',
'MORATALAZ', 'PUENTE DE VALLECAS', 'RETIRO', 'SALAMANCA', 'SAN BLAS -
CANILLEJAS',
'SIN DISTRITO ASIGNADO', 'TETUÁN', 'USERA', 'VICÁLVARO', 'VILLA DE VALLECAS',
'VILLAVERDE'
],
```

```

'Vehículos Asignados': [
10.55, 13.12, 26.56, 158.30, 36.82, 18.82, 20.38, 11.67, 12.33, 17.77, 12.07, 5.89,
50.14, 4.94, 25.42, 14.89, 0, 10.07, 10.34, 9.48, 11.58, 13.86
]
}
vehiculos_df = pd.DataFrame(vehiculos_data)

# Unir ambos dataframes por el campo 'Distrito'
df_combined_actualizado = pd.merge(vehiculos_df, conectores_actualizados_df,
on='Distrito', how='left')

# Calcular si hay déficit o mala distribución
df_combined_actualizado['Déficit'] = df_combined_actualizado['Vehículos Asignados'] -
df_combined_actualizado['Puntos de Recarga']

df_combined_actualizado['Suficiencia'] = df_combined_actualizado['Déficit'].apply(lambda
x: 'Suficiente' if x <= 0 else 'Déficit')

import ace_tools as tools; tools.display_dataframe_to_user(name="Análisis de Suficiencia
de Puntos de Recarga Actualizado", dataframe=df_combined_actualizado)

df_combined_actualizado

```