

MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA ENERGÉTICA SOSTENIBLE

Trabajo Fin de Máster

**DISEÑO E IMPACTO DE UNA RED DE
TRANSPORTE ELÉCTRICO URBANO**

Autor/a: Garai, Gainzarain, Ander

Directora: Idoeta, Hernandorena, Raquel

Curso: 2021-2022

Bilbao, 18 de septiembre de 2022

Resumen:

Este proyecto se ha desarrollado con el fin de simular la transición hacia el modelo de transporte eléctrico de cero emisiones previsto para el año 2050. Una vez contextualizado el trabajo, se ha procedido a diseñar la infraestructura necesaria para la recarga del VE. Para ello se han tenido en cuenta varios parámetros propios del barrio, por lo que se ha diseñado teniendo en cuenta las necesidades para cada una de las etapas. Para finalizar, se ha analizado el presupuesto que implicaría este proyecto y el impacto que tendría en cuanto a la calidad del aire y los GEI.

Palabras clave: vehículo eléctrico, puntos de recarga, neutralidad climática, gases de efecto invernadero.

Abstract:

This project has been developed in order to simulate the transition to zero-emission transport system planned for 2050. Once the work has been contextualized, the necessary infrastructure for EV charging has been designed. For this, several parameters and needs of the neighborhood have been taken into account for it in each of the stages. To finish with, the budget that this project would imply and the impact it would have on air quality and GHG emissions have been analyzed.

Keywords: electric vehicle, charging points, climate neutrality, greenhouse gases.

Laburpena:

Proiektu hau 2050erako aurreikusitako zero isuriko garraio elektrikorako trantsizioa simulatzeko garatu da. Behin lana testuinguru egokian kokatuta, IEa kargatzeko beharrezko azpiegitura diseinatu da. Horretarako, auzoaren inguruko hainbat parametro hartu dira kontuan, eta, beraz, etapa bakoitzerako beharrak kontuan hartuta diseinatu da. Bukatzeko, proiektu horrek izango lukeen aurrekontua aztertu da, baita airearen kalitatean eta berotegi-efektuko gasetan izango lukeen eragina ere.

Hitz gakoak: ibilgailu elektrikoa, kargatze-puntuak, neutraltasun klimatikoa, berotegi-efektuko gasak

AGRADECIMIENTOS

A toda la gente que me ha apoyado durante el proyecto, tanto a los profesores como a mis familiares y gente más cercana. En especial a Ion González del Hoyo por mostrar siempre su predisposición para resolver dudas y prestarme su ayuda. También a la universidad y a Raquel Idoeta Hernandorena por su colaboración como directora de este TFM.

Al Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz por la aportación de datos y colaboración, que han permitido la elaboración de este trabajo.

INDICE DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	11
1.1. Objetivo del proyecto	11
1.2. Contexto transporte y movilidad sostenible	11
1.3. Cambio climático y afección del transporte	16
2. ANÁLISIS SITUACIÓN CONTEXTUAL BARRIO ZARAMAGA	19
2.1. Contexto barrio Zaramaga	19
2.2. Parque de vehículos en función de la propulsión	22
2.3. Calidad del aire en Zaramaga	25
2.4. Infraestructuras de carga existentes	29
2.5. Disponibilidad de garajes de vecinos	30
2.6. Aparcamientos Zaramaga	31
2.7. Gasolineras Zaramaga	31
3. MARCO NORMATIVO INFRAESTRUCTURA DE RECARGA	33
3.1. Normativa genérica	33
3.2. Normativa técnica	33
3.2.1. Alimentación	35
3.2.2. Pautas generales de instalación	35
4. ESTADO DEL ARTE	37
4.1. Vehículo eléctrico	37
4.1.1. Historia	37
4.1.2. Tipos de VE	38
4.1.3. Elementos de un VE	39
4.1.4. Ventajas VE	42
4.2. Estaciones de carga	44
4.2.1. Modo 1: Schuko	44
4.2.2. Modo 2: Carga Lenta	45
4.2.3. Modo 3: Carga Semi-Rápida	46
4.2.4. Modo 4: CHAdeMO	49
4.2.5. Resumen diferentes modos de carga y utilización	50

5. IMPLANTACIÓN PUNTOS DE RECARGA.....	51
5.1. Hipótesis	51
5.2. Planificación progresiva.....	54
5.2.1. Etapa 1 (2023-2035).....	54
5.2.2. Etapa 2 (2035-2040).....	55
5.2.3. Etapa 3 (2040-2045).....	55
5.2.4. Etapa 4 (2045-2050).....	55
5.3. Tecnología a utilizar	56
5.3.1. Viviendas unifamiliares	57
5.3.2. Edificio con garaje de vecinos	57
5.3.3. Puntos de recarga vía pública y parkings	59
5.3.4. Electrolineras: carga rápida.....	60
5.4. Cálculo número de puntos de recarga en cada etapa.....	61
5.4.1. Viviendas unifamiliares: 0 puntos de recarga	61
5.4.2. Edificio con garaje de vecinos: 1.724 puntos de recarga	61
5.4.3. Puntos de recarga vía pública.....	62
5.4.4. Punto de recarga electrolineras	72
5.5. Emplazamiento puntos de recarga	73
5.5.1. Criterios emplazamiento	73
5.5.2. Etapa 1 (2023-2035).....	74
5.5.3. Etapa 2 (2035-3040).....	74
5.5.4. Etapa 3 (2040-2045).....	75
5.5.5. Etapa 4 (2045-2050).....	76
5.6. Presupuesto	79
5.6.1. Inversión en garajes de vecinos o privados.....	80
5.6.2. Inversión aparcamientos vía pública.....	81
5.6.3. Inversión puntos de carga rápida electrolinera.....	82
6. IMPACTO Y BENEFICIOS NUEVO SISTEMA DE TRANSPORTE.....	85
6.1. Impacto ambiental.....	85
6.1.1. Impacto negativo.....	85
6.1.2. Impacto positivo.....	86
6.2. Impacto emisión de gases	88
6.2.1. Gases más importantes de efecto invernadero	90
6.3. Análisis de viabilidad.....	97

6.3.1. Viabilidad técnica	98
6.3.2. Viabilidad económica	98
6.3.3. Viabilidad de mercado	98
6.3.4. Viabilidad legal	99
6.3.5. Viabilidad de programación.....	99
6.3.6. Viabilidad operativa.....	99
7. CONCLUSIONES.....	101
7.1. Tabla y gráficos resumen	101
7.2. Conclusiones generales.....	103
7.2. Claves para la futura movilidad sostenible	104
8. BIBLIOGRAFIA.....	107

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Principales sistemas de transporte en Euskadi	14
Figura 2. Desplazamientos Álava mediante encuesta Gobierno Vasco (2016)	16
Figura 3. Barrio de Zaramaga (Vitoria-Gasteiz).	21
Figura 4. BEi (Bus Eléctrico inteligente) Boulevard	24
Figura 5.. Calidad del aire en diferentes puntos de Euskadi	26
Figura 6. Mapa “Electromaps” puntos de carga Zaramaga	29
Figura 7. Mapa ubicación garajes vecinos en Zaramaga	30
Figura 8. Gasolineras Zaramaga y alrededores	32
Figura 9. Electrobat, el primer vehículo eléctrico.	37
Figura 10. Cargador a bordo	39
Figura 11. Motor eléctrico para un VE	41
Figura 12. Modo de recarga 1 mediante conectores Schuko	44
Figura 13. Modo de recarga 2 mediante carga lenta	45
Figura 14. Modo de recarga 3 mediante Wallbox.....	46
Figura 15. Conector Tipo 1 SAE J1772	47
Figura 16. Cargador Tipo Mennekes	48
Figura 17. Esquema conector Mennekes	48
Figura 18. Modo de carga 4 CHAdeMO	49
Figura 19. Modos de recarga según la velocidad de recarga	50
Figura 20. Esquema eléctrico tipo 2 para garaje de vecinos.....	58
Figura 22. Reparto puntos de recarga Zaramaga 2035. My Maps.....	74
Figura 23. Reparto puntos de recarga Zaramaga 2040. My Maps.....	75
Figura 24. Reparto puntos de recarga Zaramaga 2045. My Maps.....	76

Figura 25. Reparto puntos de recarga Zaramaga 2050. My Maps.....	77
Figura 26. Reparto de puntos de recarga del edificio Deba.....	78
Figura 27. Mapa Estratégico del Ruido Zaramaga	87

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Número de coches eléctricos matriculados España 2013-2021.....	13
Gráfico 2. Emisiones de CO2 mundiales por sectores	17
Gráfico 3. Emisiones de CO2 España por sectores	17
Gráfico 4. Datos demográficos históricos barrio Zaramaga	20
Gráfico 5. Porcentaje tipo de propulsión Vitoria-Gasteiz	23
Gráfico 6. Evolución NO2 segunda semana junio 2022 Zaramaga	27
Gráfico 7. Métodos de transporte al trabajo Vitoria-Gasteiz	52
Gráfico 8. Implementación progresiva puntos de recarga	56
Gráfico 9. Evolución puntos de recarga públicos	79
Gráfico 10. Evolución inversión anual PR públicos.....	84
Gráfico 11. Evolución emisión de partículas contaminantes.....	89
Gráfico 12. Evolución emisión de óxido nitroso	93
Gráfico 13. Evolución emisión de carbono dióxido	97
Gráfico 14. Reparto recarga VE Zaramaga 2050.....	102
Gráfico 15. Reparto PR vía pública	102

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Población barrios Vitoria-Gasteiz (2022)	19
Tabla 2. Parque de vehículos por tipo y combustible Álava	22
Tabla 3. Parque vehicular barrio Zaramaga	22
Tabla 4. Porcentaje de vehículos híbridos y eléctricos provincias	23
Tabla 5. Parque de vehículos barrio Zaramaga	25
Tabla 6. Parámetros calidad del aire barrio Zaramaga	27
Tabla 7. Índice de la calidad del aire	28
Tabla 8. Emisiones de los dos principales tipos de propulsión	28
Tabla 9. Potencias instaladas normalizadas	35
Tabla 10. Instalación progresiva PR garaje de vecinos	61
Tabla 11. Consumo medio de los coches eléctricos más vendidos España	64
Tabla 12. Parámetros de cálculo primera etapa 11 kWh	65
Tabla 13. Parámetros de cálculo primera etapa 22 kWh	66
Tabla 14. Parámetros de cálculo segunda etapa 11 kWh.....	67
Tabla 15. Parámetros de cálculo segunda etapa 22 kWh.....	68
Tabla 16. Parámetros de cálculo tercera etapa 11 kWh.....	69
Tabla 17. Parámetros de cálculo tercera etapa 22 kWh.....	69
Tabla 18. Parámetros de cálculo cuarta etapa 11 kWh	70
Tabla 19. Parámetros de cálculo cuarta etapa 22 kWh	71
Tabla 20. Número de puntos de recarga por etapas	72
Tabla 21. Gastos de operación y mantenimiento	82
Tabla 22. Afección de emisión gases transporte	88
Tabla 23. Emisión N ₂ O en función de la propulsión	91
Tabla 24. Emisiones CO ₂ diésels más vendidos España	94

Tabla 25. Emisiones CO2 vehículos gasolina más vendidos España	94
Tabla 26. Tabla resumen conclusiones importantes proyecto	101

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Objetivo del proyecto

El objetivo de este proyecto es el de simular la transición hacia el modelo de transporte electrificado que está previsto para el año 2050, además de analizar su impacto y costes. Para ello se implementará progresivamente una flota de vehículos eléctricos y su infraestructura de carga en el barrio de Zaramaga (Vitoria-Gasteiz).

1.2. Contexto transporte y movilidad sostenible

El transporte a nivel europeo [1] es el sector que utiliza un mayor consumo de energía, destinándolo en su mayoría al transporte por carretera en un 80,6%, dejando así en segundo lugar al transporte aéreo con un 13,3%. Esta distribución ha sido muy cambiante durante las últimas décadas, y sobre todo se puede observar una subida en el transporte por carretera frente a la bajada del marítimo. De hecho, en la década de los noventa el transporte de viajeros por carretera ascendió hasta un 40%, datos que hasta entonces no tenían precedentes. El contexto en el cual se va a realizar el proyecto es de un claro dominio y auge de este transporte, por lo que es imprescindible que sea limpio y sostenible.

Euskadi [2] tiene la necesidad de implementar diferentes políticas para mejorar y crear un sistema de transporte más sostenible y eficaz, teniendo siempre en cuenta el marco europeo al cual se enfrenta. El Gobierno de Euskadi puso para los años 2002-2012 un Plan Director de Transporte Sostenible de Euskadi, el cual define textualmente al sector del transporte tal y como un *“sector estratégico y básico de naturaleza económica, con capacidad de cohesión social y territorial y, como instrumento de relación económica, social y cultural de Euskadi con el exterior”*.

La Comisión Europea puso en marcha una nueva política europea definida en el segundo Libro Blanco, la cual supuso definir los pasos a dar para la consecución de un transporte más sostenible desde 2011 hasta 2050. Para afrontar este contexto se ha elaborado el nuevo Plan director de Transporte Sostenible de Euskadi 2030, para dar continuidad a los anteriores planes,

pero sin perder de vista la visión de futuro para poder seguir siendo un referente en materia de transporte sostenible.

En el año 2016 fue presentado por la Comisión Europea el llamado “paquete de invierno” Energía Limpia el cual concreta diferentes estrategias a adoptar en busca de la ansiada descarbonización. El 11 de diciembre de 2019 se publicó el llamado “Pacto Verde Europeo” de manos de la Comisión Europea. En esta se definen los retos y las directrices a seguir para todos los diferentes Estados Miembros, con objetivo de lograr la neutralidad climática para el año 2050.

España [3] recientemente ha llevado a cabo el “Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030”, también conocido como PNIEC, el cual marca los objetivos a alcanzar de cara al año 2030. Entre ellas se encuentra fundamentalmente el del proceso de descarbonización y en ese ámbito cabe destacar el lugar que ocupa el implementar un sistema de movilidad sostenible cuyo eje es el vehículo eléctrico. De ese modo se logrará una gran reducción de las emisiones de carbono dióxido y también, aunque en menor medida, de óxido nitroso, los cuales son gases de efecto invernadero (GEI) de gran influencia. Por lo tanto, en los próximos años se e va a dar un gran impulso a la movilidad eléctrica tanto en el marco europeo como estatal.

A nivel español los últimos años se puede apreciar una clara subida del número de vehículos eléctricos matriculados. Se pueden analizar los datos exactos en el siguiente gráfico, aun así, es un país que va bastante retrasado con la implementación del VE y hay que seguir dando pasos en busca de ese transporte sostenible y esa neutralidad climática.

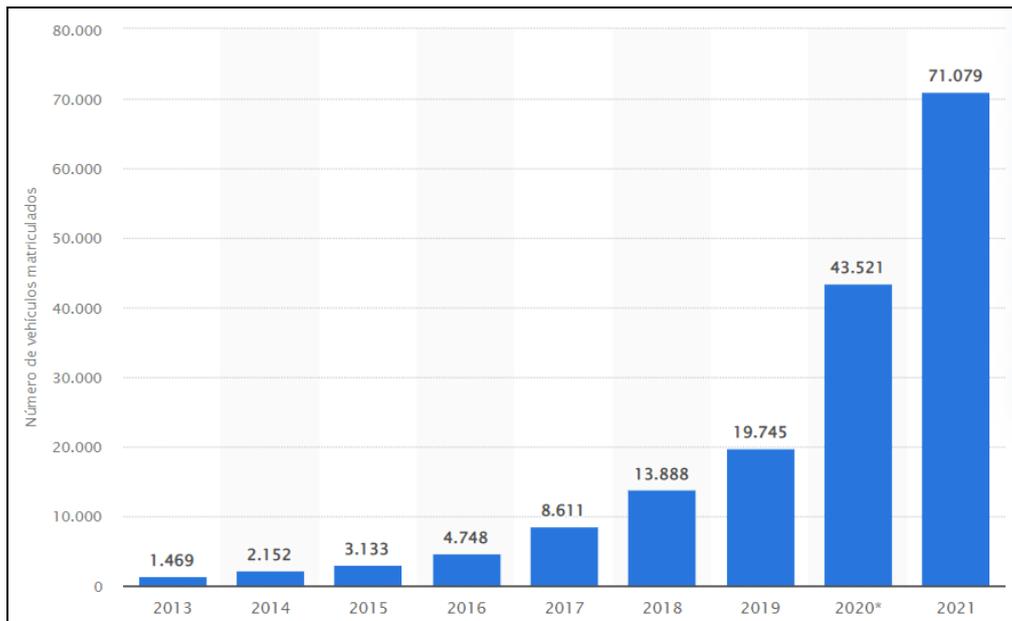


Gráfico 1. Número de coches eléctricos matriculados España 2013-2021[4]

La contaminación en cuanto a la movilidad en la Comunidad Autónoma del País Vasco [2] se puede dividir hasta 2022 en cuatro diferentes periodos:

- Primer periodo (1990-2007)

En este periodo se experimenta un increíble aumento de más del 100% de las emisiones en Euskadi, lo que supuso una subida más importante que el estado español y superior también al nivel europeo.

- Segundo periodo (2007-2012)

Se implantan a nivel europeo, estatal y en Euskadi diferentes políticas de movilidad sostenible. Además, comienza la gran crisis económica española y esto también afecta a la movilidad. Estos dos factores hicieron que las emisiones de gases de efecto invernadero se redujesen en un 13% en este periodo de tiempo.

- Tercer periodo (2012-1015)

La economía se recupera de forma ligera lo que supone un aumento de la movilidad y de los GEI emitidos por ello. En este caso, se puede apreciar un incremento del 4,8% de este tipo de emisiones.

- Cuarto periodo (2015-2022)

Los primeros años se pudo apreciar un repunte de estas emisiones, también coincidiendo con el aumento de la actividad económica. Aun así, en el año 2019 ya se empezaron a reducirse las emisiones respecto a 2018, dato que acentuó de manera muy importante la pandemia mundial que se ha vivido los últimos años. Esto a nivel global en Euskadi, supuso nada más y nada menos que una reducción del 12% de emisiones de GEI.

El transporte en Euskadi [5] es un grandísimo motor económico, básico para la comunidad autónoma y también para cada una de sus provincias. El sistema de transporte tiene diferentes infraestructuras, y es importante recalcar cuál es el órgano titular de cada una de ellas para poder definir bien las diferentes responsabilidades. En este caso el proyecto se va a fundamentar en el sistema viario y más en concreto en la red urbana de Vitoria-Gasteiz, en el cual, como se puede apreciar en la siguiente tabla el órgano titular y el más importante a la hora de tomar las decisiones será el Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz.

Sistema	Infraestructura	Órgano Titular	Ente / Operador
Sistema Viario	Red Gral. Carreteras	Diputaciones Forales	Concesionario / Prestatario de Servicio Público de Transporte Usuario Particular
	Red Urbana	Ayuntamientos	
	Autopistas de peaje (*)	Estado	
	Red Transeuropea Red Peninsular	Diputaciones Forales Estado	
Sistema Ferroviario	Red Métrica	C.A. del País Vasco Estado	ETS y Euskotren Adif y Renfe Métrica
	Metro / Tranvía	C.A. del País Vasco	ETS, Metro Bilbao y Euskotren
	Puente Colgante	Autoridad Portuaria Bilbao	Privado
Sistema Portuario	Puertos Interés General	Estado	Autoridad Portuaria
	Puertos Autonómicos	C.A. del País Vasco	C.A. del País Vasco
Sistema Aéreo	Aeropuertos Interés General	Estado	AENA
		C.A. del País Vasco	
Sistema de Cable	Ascensores y funiculares	Diputaciones Forales	Privados Públicos

Figura 1. Principales sistemas de transporte en Euskadi [5]

Otro importante factor para estructurar una mejor red de transporte es la gran densidad de población que existe en las capitales a nivel de Euskadi. En términos generales, el 35% de la población de Euskadi reside en las tres diferentes capitales (Bilbao, Donostia y Vitoria-Gasteiz). Pero este dato coge aún más importancia en el caso de la provincia de Álava, puesto que la capital Vitoria-Gasteiz engloba ni más ni menos que el **más del 75% de la población alavesa**. Esto implica una densidad poblacional bastante importante, lo cual implica tener un sistema de transporte muy importante.

Por ello, la demanda para la movilidad de las personas en la Comunidad Autónoma del País Vasco ha crecido de manera bastante importante a la vez que irregular los últimos 25 años. Según diferentes sondeos y encuestas formuladas por el Gobierno Vasco, en 2016 se registraron 6.705.864 desplazamientos al día en la CAPV (teniendo en cuenta la población mayor de 6 años), por lo que esto supone respecto a la última encuesta (formulada el año 2011) un aumento de más del 8% de desplazamientos. Esto llevado a números por habitante en días laborables, muestra de media 3,33 desplazamientos. Estas dos han sido las últimas encuestas y resultados registrados en Euskadi, pero muestra la clara tendencia ascendente del transporte en Euskadi, que ha seguido esa tendencia los últimos años obviando la bajada por la pandemia mundial.

En el siguiente mapa se puede apreciar la movilidad en la provincia de Álava durante el año 2016. Se puede ver que en Álava se han registrado en las encuestas más de un millón de desplazamientos, lo cual lógicamente en comparación con Guipúzcoa y Vizcaya son datos menores. Hay que destacar que prácticamente la gran mayoría de los desplazamientos se han registrado dentro del territorio alavés. Esto es importante puesto que, como bien hemos comentado anteriormente, la densidad poblacional de Vitoria-Gasteiz frente a la provincia de Álava es muy importante, lo que supone que un gran porcentaje de todos estos desplazamientos ocurren en la propia ciudad y por consecuencia muchos en el barrio de Zaramaga.

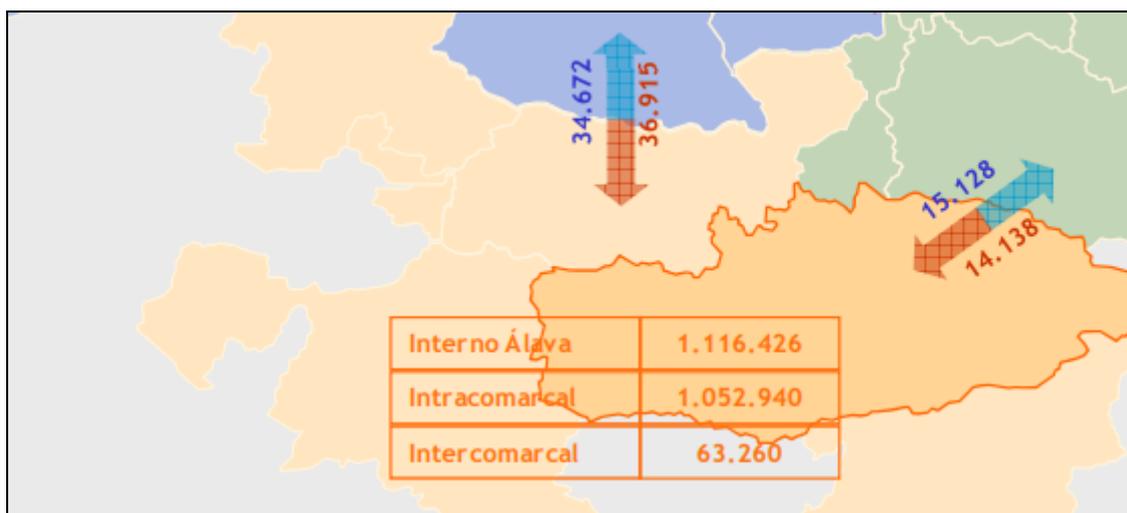


Figura 2. Desplazamientos Álava mediante encuesta Gobierno Vasco (2016) [6]

Otro de los datos importantes obtenidos de estas encuestas ha sido el motivo por el cual se han realizado los diferentes desplazamientos que se han ido registrando. En 2016 el motivo con mayor peso ha sido el de por trabajo o por estudios, esto es, desplazamientos de motivo obligado. Entre estos dos motivos se impone la necesidad de desplazarse por razones laborales, lo cual en una ciudad como Vitoria-Gasteiz podría acrecentarse, pero en el barrio de Zaramaga, por sus características, no va a tener una tendencia tan clara.

1.3. Cambio climático y afección del transporte

El “Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico” [7] define el cambio climático como la variación global del clima de la Tierra, debido, por una parte, a diversas causas naturales, y, por la otra, a las acciones provocadas por los seres humanos. Esto provoca variaciones muy importantes del clima, como puede ser la precipitación, la temperatura, etc. provocando en muchos casos trastornos del entorno y, por consiguiente, la pérdida de animales y plantas. Esto sobre todo se debe a la emisión de gases de efecto invernadero, causando el calentamiento global y a su vez afectando a las masas de hielo de los polos y al nivel del mar.

El transporte, y sobre todo el terrestre, es una de las principales causas de la emisión de gases de efecto invernadero. A nivel mundial el transporte produce una gran cantidad de dióxido de carbono que se emite constantemente a la atmósfera, lo que se traduce en un 14% de las emisiones globales.

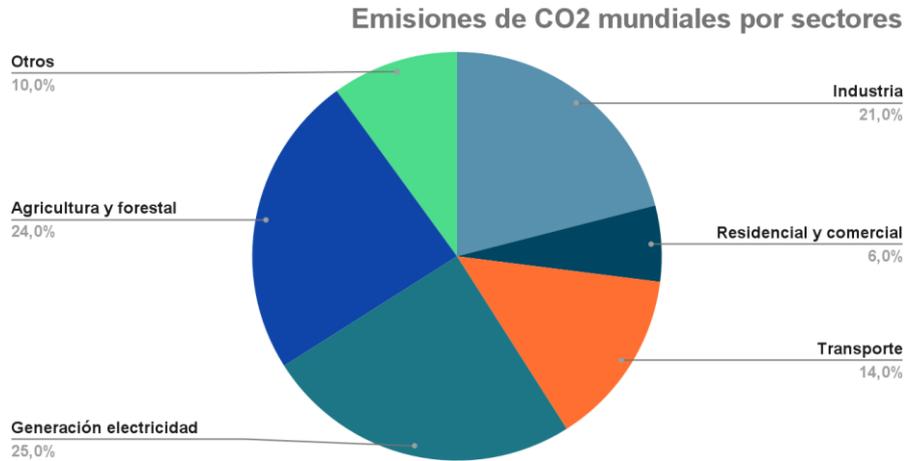


Gráfico 2. Emisiones de CO2 mundiales por sectores [8]

En España y también en Euskadi y sus CCAA, este sector hace una mayor contribución en la emisión de estos gases contaminantes, sobre todo mediante vehículos terrestres de propulsión tradicional casi doblando el dato de impacto mundial. En este caso, el problema de la emisión se solucionaría en gran parte mediante la implementación del coche eléctrico.

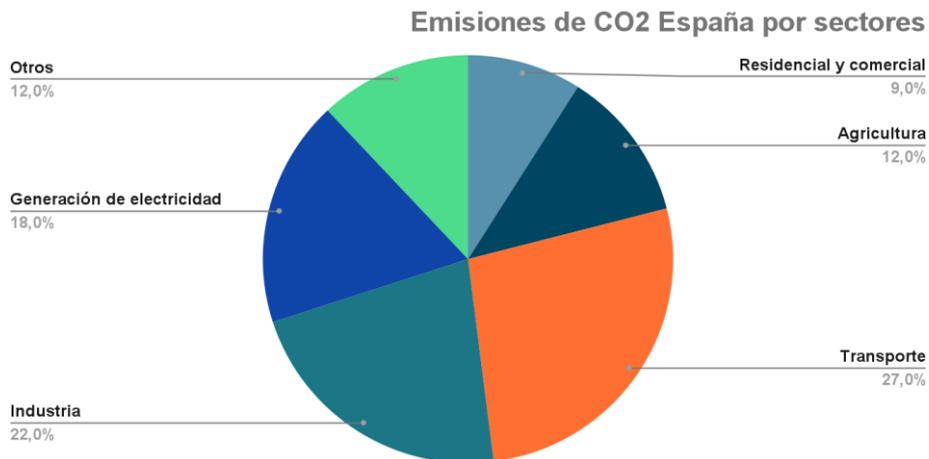


Gráfico 3. Emisiones de CO2 España por sectores [9]

Es preciso puntualizar que para la construcción de un coche eléctrico por lo general se genera mayor huella de carbono que para un convencional. Tan cierto es esto como que a lo largo de la vida útil del vehículo es compensada a los pocos años con su uso y lógicamente acaba siendo más limpio en cuanto a estas emisiones. También es importante matizar que dependiendo de donde proviene la electricidad con la cual se cargan las baterías, esa huella sería mayor o menor. Por ejemplo, si esta electricidad procede de fuentes renovables como pueden ser la eólica o la hidráulica, está claro que la huella de carbono será mínima. Si esta procede de diferentes centrales convencionales como pueden ser las térmicas o los ciclos combinados, no sería una electricidad del todo limpia. Por ello, el escenario que habría que tener en cuenta para un futuro verde y sostenible, es la de la irrupción mayoritaria de las renovables para poder realizar esa transición de una manera limpia.

2. ANÁLISIS SITUACIÓN CONTEXTUAL BARRIO ZARAMAGA

2.1. Contexto barrio Zaramaga

Vitoria-Gasteiz es una ciudad ubicada en la provincia de Álava y tiene una población de 254.445 habitantes [10]. Se trata de una ciudad comprometida [11] con el medioambiente y la sostenibilidad, y prueba de ello es el galardón de European Green Capital obtenido en el año 2012. Además, también ha recibido otros reconocimientos como el de Ciudad Verde Global en el año 2019 y la “Certificación Biosphere Responsible Tourism”.

Muchos datos [12] justifican la entrega de estos galardones, como que la ciudad tiene 42 m² de zonas verdes por cada habitante, 171 km de carriles bici (segunda ciudad de España en cuanto movilidad ciclista), los más de 115.000 árboles solamente en las calles y parques urbanos (habría que sumar las del anillo verde), y además es refugio para especies amenazadas mundialmente (visión europeo o carricerín cejudo).

Zaramaga es uno de los barrios más emblemáticos de la ciudad de Vitoria-Gasteiz y es en cuanto a población el sexto más poblado de la misma:

Tabla 1. Población barrios Vitoria-Gasteiz (2022) [13]

BARRIO	POBLACIÓN
Zabalgana	28.746
Lakua-Arriaga	27.580
Sansomendi	20.567
Salburua	19.871
Coronación	12.368
Zaramaga	12.146
San Martín	11.493

Por lo tanto 12.146 habitantes componen este barrio, lo que supone un 4,8% de la población total de la ciudad. Además, es importante analizar la tendencia demográfica del barrio, puesto que, pese a ser un barrio con una media de edad muy elevada de casi los 50 años, la población

ha subido ligeramente los últimos 4 años. En 2018 el barrio contaba con 12.000 habitantes, por lo que este último dato de 2022 supone una subida del +1,23% de personas. Por lo tanto, cómo la población crece también crece el transporte necesario para la movilidad en el barrio y también en el municipio. Aun así, pese a que la movilidad va a ser cada vez mayor, la tendencia demográfica no está muy clara. Como se puede apreciar en el siguiente gráfico ofrecido por el Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz, la tendencia ha sido en las últimas dos décadas totalmente descendentes, sobre todo debido a la alta edad media del barrio. A partir del año 2015 ha habido una pequeña recuperación, la cual no ha tenido continuidad en el año 2020. Por lo tanto, como la tendencia no es nada clara, se va a utilizar el último valor registrado sin aplicar ninguna tendencia demográfica.

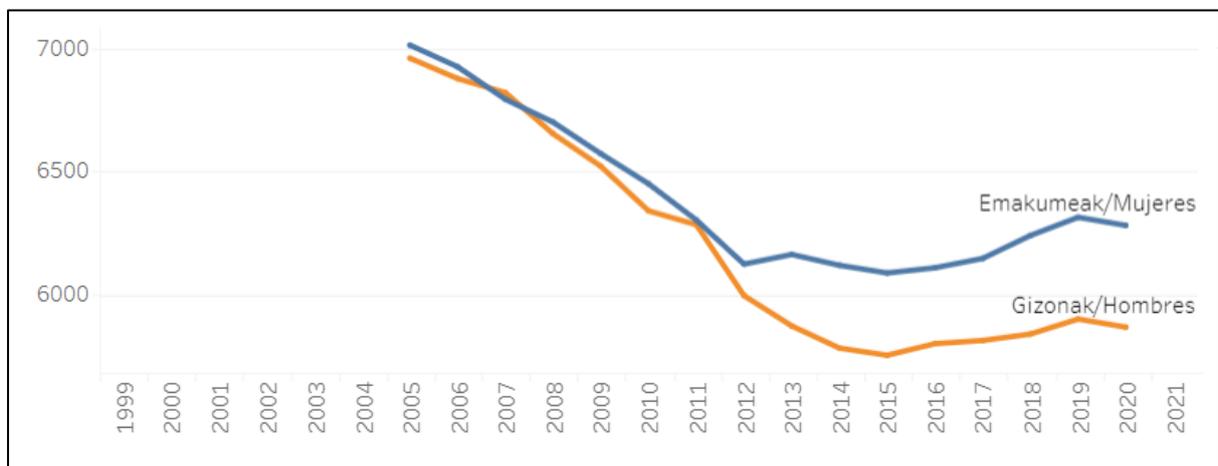


Gráfico 4. Datos demográficos históricos barrio Zaramaga [14]

El barrio está situado en el norte de la ciudad [15], al lado del casco viejo de la ciudad y comprende un área total calculada mediante *Google Maps* de 656.615,15 m², o lo que es lo mismo, 65,66 km². Si se tiene en cuenta que el municipio completo tiene 276,1 km², esto supone que el barrio de Zaramaga compone prácticamente el 24% del área total de Vitoria-Gasteiz. Por lo tanto, pese a que en cuanto a población no se encuentre entre los líderes municipales tiene un gran espacio que, como se muestra en la *Figura 3* muchos de esos m² se deben a los diversos parques y zonas verdes que se pueden encontrar.



Figura 3. Barrio de Zaramaga (Vitoria-Gasteiz). [16]

Pese a contar con muchas zonas verdes el barrio de Zaramaga es conocido por ser un barrio obrero, sobre todo por su gran cercanía con importantes fábricas como lo son Forjas Alavesas o Michelin, lo que supuso la inmigración de otras comunidades autónomas a dicho barrio en busca de un trabajo y vida estables. La mayoría de la edificación fue llevada a cabo en la década de los 50 y también de los 60, y aun así hoy en día muchos de los comercios de entonces siguen en pie.

Actualmente el barrio está en pleno proceso de renovación en todos los aspectos, lo cual ha provocado el relanzamiento económico y la inmersión de nuevas y jóvenes familias en el barrio, bajando así la edad media del mismo. Como eje de esta renovación surgió el “Foro por la Regeneración de Zaramaga”, en el cual asociaciones, empresas y los propios ciudadanos luchan y desarrollan diferentes planes para reinventar y darle una vuelta a un barrio que necesita cambios.

2.2. Parque de vehículos en función de la propulsión

Vitoria-Gasteiz, pese a que poco a poco se está dando esa transición hacia tipos de propulsión alternativos, en el parque de vehículos de la ciudad siguen siendo predominantes los vehículos diésel y gasolina. En la siguiente imagen se puede apreciar el parque vehicular de Álava en el año 2018 en función del tipo de vehículo y de combustible.

Tabla 2. Parque de vehículos por tipo y combustible Álava [17]

Parque de vehículos por tipo y combustible						
	No disponible	Gasolina	Diésel	Eléctrico	Otros	Total
Turismo	6.091	48.893	61.341	170	46	116.541
Autobús	47	3	342	4	0	396
Furgoneta	470	339	8.116	25	29	8.979
Camión	46	53	809	1	0	909
Motocicleta	554	14.163	96	21	1	14.836
Remolque	1.425	12	2	0	0	1.439
Tractor	768	296	2.058	8	1	3.131
Vehículo exportación	95	58	178	1	0	332
Total	9.497	63.817	72.942	230	77	146.563

La gran mayoría de tipos de vehículos en la provincia son turismos, llegando a prácticamente el 80% de todo el parque. En el caso del barrio de Zaramaga, este dato es aún más significativo, puesto que la tasa de turismos llega casi al 84 %. En la siguiente tabla facilitada por el Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz, se puede apreciar el parque vehicular del barrio.

Tabla 3. Parque vehicular barrio Zaramaga [14]

TERRITORIO	Camiones	Ciclomotores	Motocicletas	Para exportación	Remolques	Tractores	Turismos	Total general
Zaramaga	332	178	295	2	23	54	4.505	5.389

Para llevar a cabo este proyecto el único vehículo que no se va a tener en cuenta va a ser el tractor, que según el padrón en el barrio hay más de 50 registrados. Por otra parte, cuando se refiere a camiones engloba también las furgonetas, por lo que este dato sí que se va a tener en cuenta. Entre los diferentes vehículos no se va a hacer diferencia, porque una motocicleta puede

perfectamente cargarse en un punto de recarga de 11 kW, su propio cargador limitará la potencia de carga y se realizará de manera eficiente y rápida.

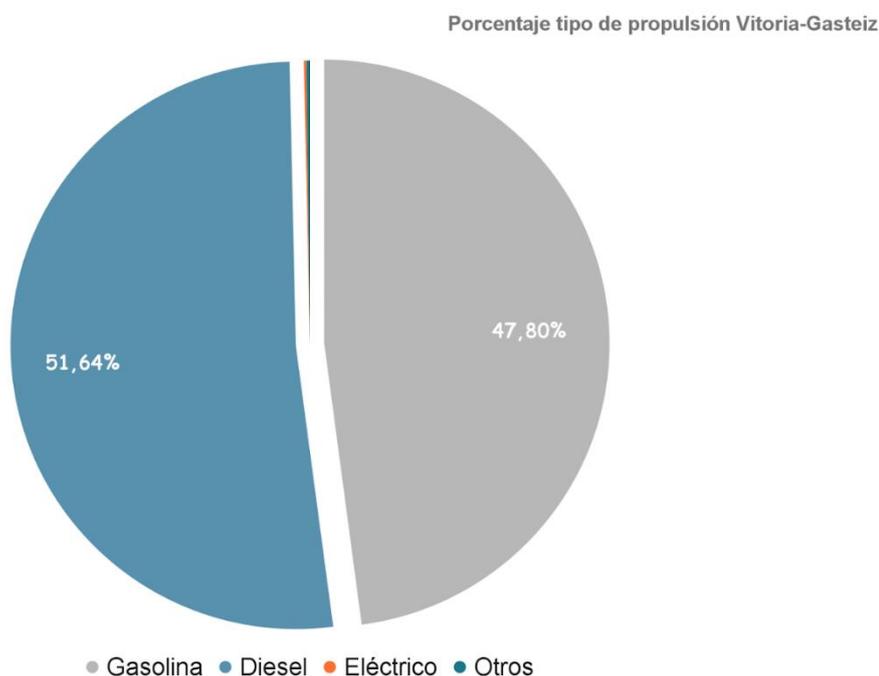


Gráfico 5. Porcentaje tipo de propulsión Vitoria-Gasteiz [14]

Está claro que la cantidad de vehículos eléctricos es ínfima en comparación con los dos grandes colosos del transporte urbano. Actualmente en Vitoria-Gasteiz existen **259** vehículos eléctricos censados, por lo que el porcentaje de VE en el municipio es de aproximadamente un **0,2%**. Otro dato a tener en cuenta es que el porcentaje de vehículos híbridos es del **2,2%**, por lo que en total de coches híbridos y eléctricos es del 2,4%. Este dato es de los más grandes de España, cómo se muestra en la siguiente tabla es la quinta provincia del estado en este aspecto.

Tabla 4. Porcentaje de vehículos híbridos y eléctricos provincias [18]

Provincia	% VH/VE parque local
Madrid	4,87
Barcelona	3,66
Islas Baleares	2,54
Girona	2,46
Álava	2,40

Otro de los datos a destacar en Vitoria-Gasteiz es la reciente irrupción del **BEI (Bus Eléctrico Inteligente)** alrededor de todo el municipio y también en el barrio de Zaramaga. De hecho, de los cuatro puntos de recarga que hay en la ciudad para estos autobuses eléctricos, dos están situados en el propio barrio. Se trata de puntos de recarga rápida que permite realizar la recarga del autobús en menos de cinco minutos. Para la recarga el autobús [19] engancha su pantógrafo al medio arco situado en la acera, y puesto que estos puntos están conectados a subestaciones eléctricas, se realiza la carga eléctrica del vehículo.



Figura 4. BEi (Bus Eléctrico inteligente) Boulevard [20]

Entonces, en cuanto a transporte público, el contexto que se va a tener en cuenta es el de que ya ha empezado a implementarse el autobús eléctrico, pero todavía queda mucho camino. Hoy en día los autobuses que circulan por el barrio siguen siendo en su mayoría diésel, lo cual se va a remediar llevando a cabo la implementación total del BEi

Por lo tanto, pese a que en la ciudad de Vitoria-Gasteiz el porcentaje de vehículos eléctricos sigue siendo ínfimo (0,2%), este dato ocurre casi del mismo modo en las diferentes provincias del estado por lo que es importante también que se de esa transición en todos los territorios españoles.

Estos van a ser los datos finales que se van a utilizar referidos al barrio de Zaramaga, teniendo en cuenta diferentes datos expuestos por el Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz:

Tabla 5. Parque de vehículos barrio Zaramaga [14]

	Gasolina	Diesel	Eléctrico	Otros	Total
Turismo	1.997	2.478	28	2	4.505
Furgoneta	10	320	1	1	332
Motocicleta	470	2	1	0	473
Total	2.477	2.800	30	3	5.310

2.3. Calidad del aire en Zaramaga

Existe una clara estrategia de descarbonización y de reducción del consumo energético que está afectando y afectará a diferentes importantes sectores. Uno de los más afectados en un futuro cercano va a ser el sector de transporte, que tenderá a ser más sostenible y limpio de cara al medioambiente aplicando grandes innovaciones tecnológicas y criterios para ser más verdes. Además, la demanda cada vez es mayor y existe una necesidad importante de movilidad, tanto dentro de los núcleos urbanos como a mayores distancias.

Por lo tanto, es de vital importancia dar respuesta a todas estas necesidades y que además sea de una manera limpia, de garantías y viable económicamente y estructuralmente. Aún más cuando el mundo está inmerso en un **cambio climático** que se va acelerando, y el sector del transporte [21] tiene una gran culpa en ese hecho. Este sector es uno de los máximos culpables del aumento de la emisión de GEI (Gases de Efecto Invernadero), puesto que es importante recalcar que consume el **40%** de toda la energía nacional.

También es importante destacar que la calidad del aire en alguna de las ciudades del estado ha empeorado considerablemente en las últimas décadas, lo cual lo analiza la Agencia Europea del Medio Ambiente. En este caso se analizan diferentes parámetros, como la evolución del dióxido de nitrógeno y las diferentes partículas PM10 y PM2,5. Estas últimas se refieren a la materia particulada gruesa (menores de 10 micrómetros) y fina (menores de 2,5 micrómetros) respectivamente. Estas partículas son comprometidas para la salud humana, y a nivel estatal

destacan grandes ciudades como Barcelona o Madrid. El transporte emite también partículas que afectan directamente al cambio climático, como pueden ser el carbono dióxido (CO₂) o el óxido nitroso (N₂O).

En Vitoria-Gasteiz la calidad del aire es buena-moderada, dependiendo de varios factores como puede ser la climatología o las diferentes zonas. Por ejemplo, el anillo verde de Vitoria-Gasteiz es bien conocido por las extensas zonas de naturaleza con apenas contaminantes del aire, por lo que la calidad del aire en esas zonas siempre va a ser excelente. En el siguiente mapa se puede apreciar la calidad del aire en diferentes puntos de medición de Euskadi, y se puede ver que en Vitoria-Gasteiz, al ser un núcleo urbano importante, la calidad del aire es peor que en otros puntos de la comunidad autónoma. Estos valores varían en función del día, la climatología, la hora (sobre todo por el tráfico rodado), ... El objetivo es mejorar estos valores y que no sean dependientes del tráfico, porque este pasará a ser limpio para el año 2050.

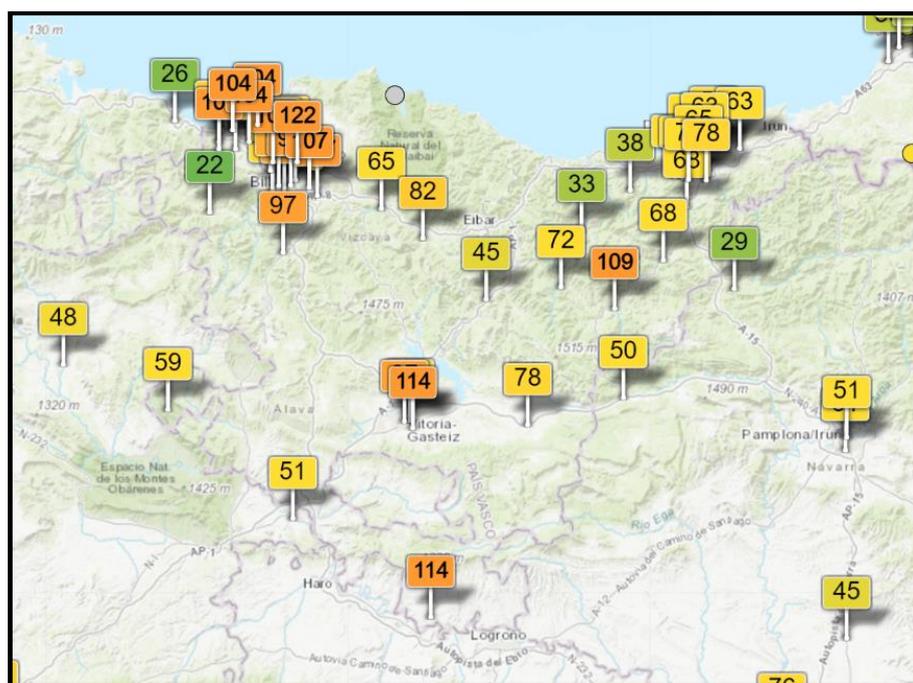


Figura 5.. Calidad del aire en diferentes puntos de Euskadi [22]

Diferentes estaciones analizan la calidad del aire en diferentes puntos de la ciudad de Vitoria-Gasteiz, en este caso, como se va a llevar a cabo la electrificación del transporte en el barrio de Zaramaga, se van a analizar los datos de la plaza 3 de marzo ubicada en una zona bastante céntrica del barrio. Estos son los datos de dicha estación a día 15 de junio.

Tabla 6. Parámetros calidad del aire barrio Zaramaga [23]

Parámetros	
CO	0.31 (mg/m ³)
CO 8h	0.62 (mg/m ³)
NO	11 (µg/m ³)
NO ₂	40 (µg/m ³)
NO _x	56 (µg/m ³)
PM ₁₀	32.87 (µg/m ³)
PM _{2,5}	20 (µg/m ³)
SO ₂	1 (µg/m ³)

Uno de los parámetros más importantes es el de NO₂, por lo tanto, se va a exponer la evolución de la misma durante la última semana. Los vehículos diésel emiten sobre todo NO_x, lo cual también es importante reducir para una buena calidad del aire.

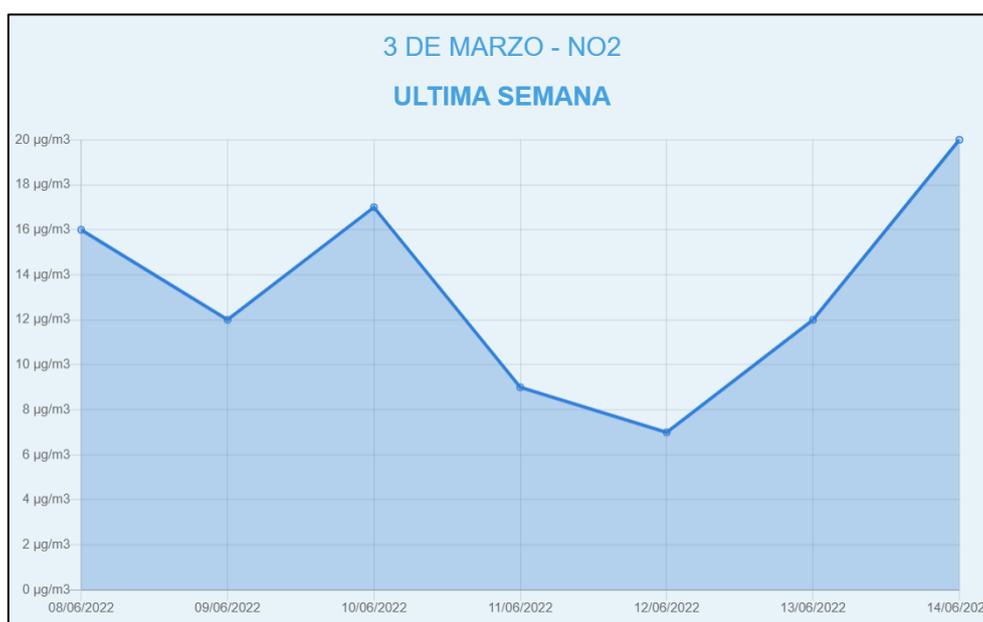


Gráfico 6. Evolución NO₂ segunda semana junio 2022 Zaramaga [23]

Del gráfico anterior se puede sacar la conclusión de que este parámetro está asociado al uso del transporte por carretera. En Zaramaga durante la semana la mayoría de usuarios utilizan el coche para desplazarse a sus respectivos trabajos, después el fin de semana no se les da tanto

uso a los vehículos. Por ello se puede apreciar como los días con menores valores de NO₂ han sido los correspondientes al fin de semana del 11 y 12 de junio. Dicho esto, la electrificación del transporte ayudará a mejorar este parámetro y a ser constante en esos valores mínimos esperados.

Tabla 7. Índice de la calidad del aire [24]

CALIDAD DEL AIRE	Índice de Calidad del Aire($\mu\text{g}/\text{m}^3$)				
	Muy bueno	Bueno	Regular	Malo	Muy malo
Contaminantes					
Partículas PM2.5	0-10	11-20	21-25	26-50	51-800
Partículas PM10	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

Una vez extraídos los datos de los diferentes parámetros de la calidad del aire, se va a hacer un análisis de la magnitud e importancia de estos valores teniendo en cuenta la tabla que se ha expuesto anteriormente.

- **Partículas PM2.5** → VALOR: 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ → Calidad **BUENA**
- **Partículas PM** → VALOR: 32,87 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ → Calidad **BUENA**
- **Dióxido de nitrógeno (NO₂)** → VALOR: 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ → Calidad **MUY BUENA**
- **Dióxido de azufre (SO₂)** → VALOR: 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ → Calidad **MUY BUENA**

Los dos principales métodos de propulsión en los vehículos del barrio de Zaramaga son los diésels y los de gasolina. Estos tipos de vehículos emiten diferentes partículas las cuales son perjudiciales para el medio ambiente, los seres humanos y la calidad del aire.

Tabla 8. Emisiones de los dos principales tipos de propulsión [25]

GASOLINA	DIÉSEL
Monóxido de carbono	Humos negros
Óxidos de nitrógeno	Hidrocarburos no quemados
Hidrocarburos	Óxidos de nitrógeno
Compuestos de plomo	Anhídrido sulfuroso (azufre combustible)

Más del 99,4% de todos estos gases contaminantes [26] son invisibles, se emiten incluso cuando el coche está parado y los humos procedentes del combustible e incluso del lubricante se evaporan en el aire. Los propulsados por diésel [27] emiten 10,18 gramos de CO₂ por galón, mientras que los de gasolina emiten 8,89 gramos por galón. Un galón de gasolina equivale a 3,785 litros. Aun así, el cálculo del futuro ahorro de CO₂ se va a llevar a cabo mediante el cálculo de emisiones por kilómetro recorrido, teniendo en cuenta diferentes referencias y datos.

2.4. Infraestructuras de carga existentes

Hoy en día en el barrio de Zaramaga existen diferentes puntos de carga de autobuses eléctricos como lo son los BEI, situados en el límite del barrio que hace frontera con el centro cívico Boulevard. Para analizar las estructuras o puntos de carga para vehículos de usuarios se va a utilizar la aplicación oficial de “*Electromaps*”. Esta aplicación es una de las más utilizadas y extendidas para la localización de puntos de carga y de este modo poder planificar las diferentes rutas que el usuario del vehículo eléctrico desea realizar.

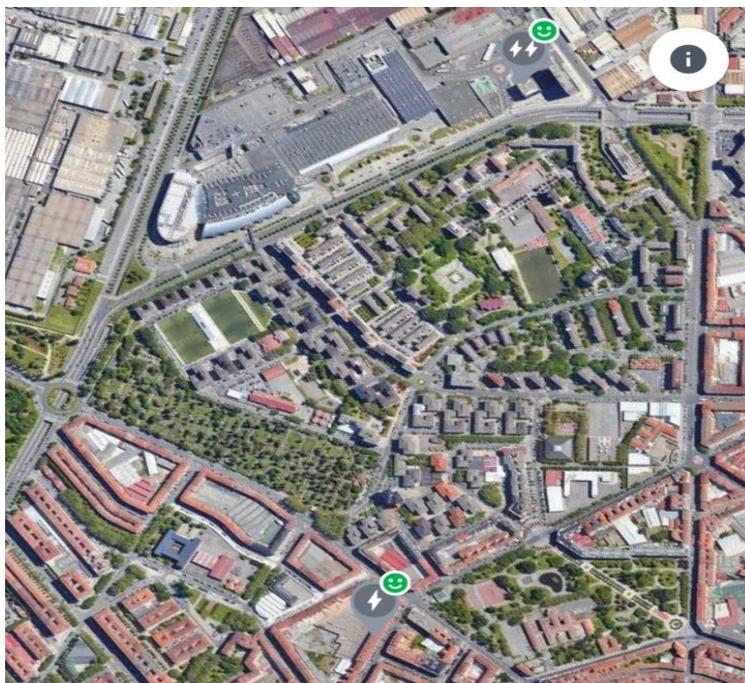


Figura 6. Mapa “*Electromaps*” puntos de carga Zaramaga [28]

La conclusión que se puede sacar es muy clara. En el barrio de Zaramaga no existe ningún punto de carga para vehículos eléctricos. Sí que existe cerca de sus límites, pero como tal el

barrio en lo que es su extensión no cuenta con ninguna infraestructura para vehículos de usuarios (el mapa no incluye los puntos de carga para los BEI). Por lo tanto, el contexto invita a generar una red de puntos de recarga bastante amplio y extendido en el barrio que permita que todos y cada uno de los habitantes cuente con un vehículo eléctrico y sea capaz de realizar la carga de manera cómoda y sin complicaciones.

2.5. Disponibilidad de garajes de vecinos

Uno de los aspectos más importante a la hora de planificar y diseñar la red de puntos de recarga necesarios es la disponibilidad de garajes que disponen los futuros usuarios de esas infraestructuras.

Según los datos ofrecidos por el catastro, el número de plazas de garaje en Vitoria-Gasteiz ha aumentado notablemente en los últimos años. En la última década, este dato [29] ha sufrido un aumento del 22% lo que es un dato positivo para implantar puntos de recarga de manera más sencilla. Analizando el catastro se puede obtener el dato de que estas plazas en total ocupan una superficie de 3,1 millones de metros cuadrados, y en este caso son los barrios de Lakua y Zabalgana los líderes en superficie.

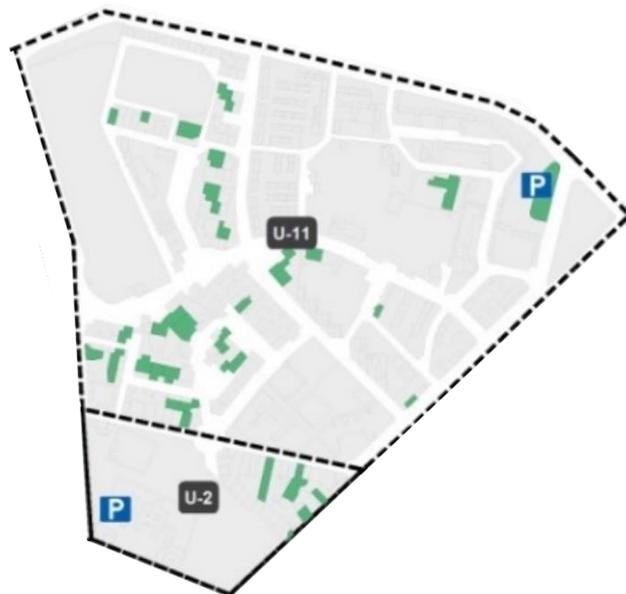


Figura 7. Mapa ubicación garajes vecinos en Zaramaga [30]

En el mapa se puede apreciar de verde la ubicación de todos los garajes de vecinos que hoy en día existen en el barrio. Este dato será vital para diseñar la red de puntos de recarga, puesto que de este modo se conocerá cuántos usuarios exactamente podrán disponer de su punto en su propio garaje y quién no. Vitoria-Gasteiz cuenta [31] en su totalidad con 92.477 plazas de garaje de vecinos, de los cuales **1.724** pertenecen a los vecinos de Zaramaga. Al final de la última etapa se va a suponer que todos y cada uno de los vehículos que ocupan una plaza de garaje de vecinos tendrá su punto de carga de 7,4 kW.

2.6. Aparcamientos Zaramaga

En cuanto a las plazas de aparcamiento del barrio [30] se van a dividir los parkings que están fuera de calzada y los que están en calzada. Ambos casos se van a tratar de igual modo a la hora de implementar la red de puntos de recarga, porque realmente son de uso público y la única diferenciación es la de la ubicación. En la calzada se contabilizan un total de 2.612 plazas mientras que fuera de calzada hay 775, haciendo así un total de 3.387 plazas públicas en el barrio de Zaramaga. En la *Figura 7* se puede apreciar que existen principalmente dos parkings importantes fuera de la calzada, uno en cada extremo opuesto del barrio lo cual hace más equitativo el reparto.

2.7. Gasolineras Zaramaga

Pese a ser Zaramaga un barrio con mucha población y transporte urbano, lo cierto es que dentro del barrio solamente existe una gasolinera para los vehículos convencionales. Cabe destacar que existen varias gasolineras prácticamente en el límite, pero que al no estar dentro de la superficie del barrio no se va a tener en cuenta.

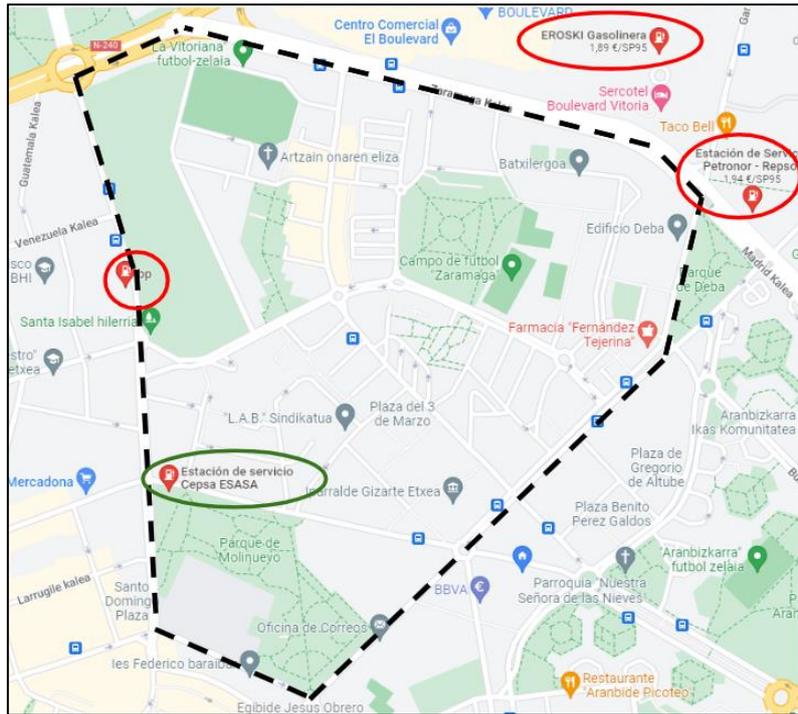


Figura 8. Gasolineras Zaramaga y alrededores [16]

3. MARCO NORMATIVO INFRAESTRUCTURA DE RECARGA

3.1. Normativa genérica

Anteriormente se han expuesto las diferentes estrategias y marcos tanto en la Unión Europea como a nivel estatal en torno a la transición hacia la descarbonización y un modelo de transporte más sostenible y limpio. Para ello es imprescindible hacer el necesario despliegue de puntos de recarga en zonas urbanas e interurbanas. En este caso solamente se llevará a cabo en zonas urbanas, puesto que la instalación de estas infraestructuras se llevará a cabo en el barrio de Zaramaga.

Hay varios decretos que priorizan medidas con el fin de promover un gran despliegue de puntos de recarga como puede ser el artículo 48 de la Ley 24/2013, de 26 de diciembre, publicado en el Boletín Oficial del Estado [32] define los puntos a tener en cuenta relativos a los servicios de recarga energética. Pero en este caso, el objetivo es diseñar las infraestructuras necesarias para el cumplimiento por lo que no se profundizará.

El Real Decreto-ley 29/2021, de 21 de diciembre [33] trata varios asuntos relativos a autorizaciones, incumplimientos, etc. relacionados con los puntos de recarga, lo cual habrá que tener en cuenta a la hora de gestionar toda la infraestructura, pero no se tratará en este proyecto.

3.2. Normativa técnica

La normativa técnica será básica para diseñar la red de puntos de recarga en el barrio de Zaramaga, puesto que se expondrán los diferentes requisitos técnicos indispensables para cumplir con los objetivos a la vez que se ajusta a la normativa vigente.

Para ello, se va a tener en cuenta la Instrucción Técnica Complementaria (ITC) BT 52 del Real Decreto 1053/2014, de 12 de diciembre [34], el cual trata de las “instalaciones con fines especiales y la infraestructura de recarga para vehículos eléctricos”. Fue aprobada por el Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, y cabe destacar que proviene del Reglamento electrotécnico para instalaciones de baja tensión

De dicha Instrucción Técnica Complementaria se van a extraer los procedimientos y pautas más importantes para diseñar la red de puntos de recarga de Zaramaga. Estas instrucciones se tendrán que aplicar tanto en lugares públicos como privados, por lo que englobará lo que será toda la infraestructura de recarga necesaria en el barrio. Estos serán los diferentes lugares que va a recoger este reglamento:

- Aparcamientos pertenecientes a viviendas unifamiliares.
- Aparcamientos o garajes colectivos en conjuntos inmobiliarios de propiedad horizontal o edificios.
- Aparcamientos de empresas privadas, cooperativas, de oficinas, talleres, concesionarios, depósitos municipales de VE, etc.
- Aparcamientos públicos ya sean de carácter gratuito o de pago y de dominio público o privado.
- Vías públicas destinadas a la circulación del VE de zonas urbanas y en áreas de servicio de carreteras del Estado (según el art. 28 de la Ley 25/1988, de 29 de julio, de carreteras).

Los diferentes términos técnicos como los diferentes circuitos, contadores, estaciones de recarga, modos de recarga, etc. se expondrán en el apartado del estado del arte.

- En cuanto a los nuevos aparcamientos o los que estén sujetos a grandes reformas, y que además no estén adscritos o ubicados a un edificio, será necesaria la instalación de mínimo **un punto de recarga por cada 40 plazas** de aparcamiento.
- En cuanto a la vía pública, será obligatorio implantar las instalaciones pertinentes para poder dar suministro a los puntos de recarga de las plazas destinadas a los VE según marcan los Planes de Movilidad Sostenibles municipales o supramunicipales.
- No se podrán implantar puntos de recarga en edificios destinados a aparcamientos colectivos de uso público o privado clasificados como locales con riesgo de explosión o incendios (según ITC BT-29). La recarga de baterías con desprendimiento de gases no estará permitida.

3.2.1. Alimentación

La alimentación [34] de las instalaciones eléctricas para la infraestructura de recarga eléctrica de vehículos eléctricos será de 230/400V en corriente alterna. Para otros tipos de puntos de carga esta tensión nominal será diferente.

Las tomas de corriente y conectores tendrán una altura mínima de 60 cm sobre el nivel del suelo, y si su uso es público la altura máxima será de 120 cm. La distancia a encuentros en rincón será mayor de 35 cm. Además, tendrán un contraste cromático respecto al entorno.

Para potencias de entre 3,7 kW y 22 kW se utilizarán bases o conectores de tipo 2. Para mayores potencias estarán equipados siempre por conectores de tipo 2.

3.2.2. Pautas generales de instalación

- El punto de conexión se situará frente a la plaza que va a alimentar, y se instalará de forma fija en una envolvente.
- Protección contra sobrecargas y cortocircuitos. Si el circuito de recarga es colectivo, cada uno de ellos partirá de un interruptor automático. Además, será necesaria la instalación de un interruptor general automático para la protección de todos los circuitos.
- Los cuadros de mando y de protección dispondrán de sistemas de cierre. De este modo se podrán evitar las manipulaciones indebidas de estos dispositivos.
- Las potencias instaladas normalizadas para los diferentes circuitos de recarga colectiva se recogen en la siguiente tabla.

Tabla 9. Potencias instaladas normalizadas [34]

U_{nominal}	Interruptor automático de protección en origen circuito recarga	Potencia instalada	N.º máximo de estaciones de recarga por circuito
230/400 V	16 A	11.085 W	3
230/400 V	32 A	22.170 W	6
230/400 V	50 A	34.641 W	9
230/400 V	63 A	43.647 W	12

- Sistemas de iluminación. En la realización de la recarga el nivel de iluminación horizontal mínimo en exteriores será de 20 lux e interior de 50 lux.
- Generalmente se utilizarán conductores de cobre con sección mayor de 2,5 mm². La excepción serán las instalaciones que no sean de viviendas o aparcamientos colectivos de edificios, en los cuales la sección será mayor de 4 mm² y podrán ser de aluminio.
- Cuando haya más de 5 estaciones de recarga se estudiará la implantación de filtros de corrección de armónicos.
- El circuito eléctrico que alimenta a los vehículos eléctricos no se utilizará para ningún otro fin (salvo los consumos auxiliares como la iluminación).

4. ESTADO DEL ARTE

4.1. Vehículo eléctrico

4.1.1. Historia

El sector del transporte es uno de los que más contribuye a la hora de emitir gases de efecto invernadero y causar el famoso calentamiento global entre otras consecuencias. En este aspecto va a tener una vital importancia la implantación del vehículo eléctrico, los cuales se impulsan con un motor alimentado por la electricidad almacenada en la batería, y lo transforman en energía cinética.

Aunque siempre se ha relacionado a una tecnología moderna incluso futurista, el primer vehículo eléctrico [35] se creó en el año 1830 de la mano de Robert Anderson. Para poder poner en contexto, esto ocurrió antes de que Karl Friedrich Benz y Rudolf Diesel hiciesen lo mismo con los motores de gasolina y diésel respectivamente. En 1895 se creó el Electrobat, lo que supuso el primer carruaje con propulsión eléctrica de la mano de Pedro Salom y Henry Morris. Esto supuso la creación de la primera compañía de taxis eléctricos ubicada en Nueva York y un sistema de recarga para la mejora de la autonomía de los mismos.



Figura 9. Electrobat, el primer vehículo eléctrico. [35]

Sin embargo, un cúmulo de circunstancias consiguió que los precios y las prestaciones de los vehículos de motor de combustión mejorasen de sobremano y que, por consiguiente, tomasen un gran peso en el sector del transporte. En la época posterior a la Segunda Guerra Mundial, el coche eléctrico perdió todo el protagonismo y se vio

afectado su desarrollo. Aun así, algunas empresas de Estados Unidos como Electric Fuel Propulsion o Henney Motor Company consiguieron comercializar un par de modelos eléctricos.

A partir de ahí, y apoyado por las diferentes normas que supusieron la necesaria irrupción en el mercado de coches sin emisiones de gases contaminantes, se acrecentó el volumen y desarrollo de este tipo de vehículos. Tesla fue la empresa que marcó grandes diferencias en este sentido, sobre todo mediante su modelo Model S. General Motors también fue otra de las que consiguió ese interés del público tan necesario para poder llevar a cabo la transición hacia un modelo de transporte más sostenible y verde.

4.1.2. Tipos de VE

Un vehículo eléctrico transforma la energía eléctrica de la batería en energía cinética en el motor. En este contexto existe diferentes tipos de tecnologías [36]:

- **BEV** (“Battery Electric Vehicle”): se trata de los que están basados de una o más baterías las cuales alimentan directamente al motor. Esta batería no emite ningún tipo de emisión de gas contaminante a la atmósfera y además es perfectamente recargable mediante la red. Los de este tipo son los más típicos en el mercado actual.
- **FCEV** (“Fuel Cell Electric Vehicle”): en este caso se utiliza una pila de combustible de hidrógeno que, mediante diferentes reacciones químicas, oxida el hidrógeno soltando electrones. Mediante estos electrones se genera la corriente eléctrica impulsando así el motor.
- **EREV** (“Extended-Range Electric Vehicle”): estos vehículos tienen un motor eléctrico y otro de combustión de gasolina. La misión de este último motor es generar la electricidad necesaria para poder recargar la batería. Es una tecnología en desarrollo y con pocos prototipos generados, por lo que no es una tecnología que se utilice.

4.1.3. Elementos de un VE

En este apartado se analizarán los diferentes elementos más importantes que componen hoy en día un vehículo eléctrico [37] [38] [39]:

4.1.3.1. Puerto de carga

Mediante este elemento se conecta el vehículo con un punto de carga. Existen diferentes tipos de puntos como lo de cargado rápido público, toma de corriente doméstica, wallbox, ... pero se analizarán más a profundidad posteriormente.

4.1.3.2. Cargador a bordo

El cargador es un elemento fundamental del vehículo eléctrico. Su función es convertir la corriente alterna que recibe desde, por ejemplo, una toma de corriente doméstica, en corriente continua. Es importante hacer esta conversión puesto que la batería necesita corriente continua.

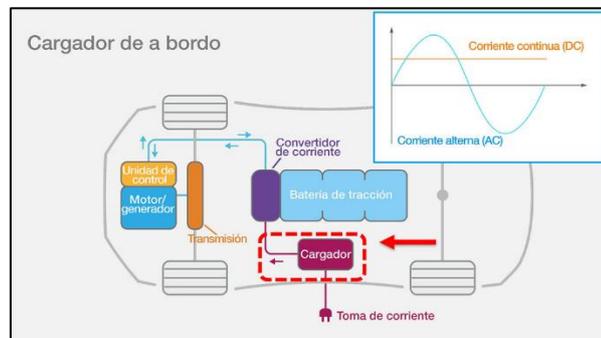


Figura 10. Cargador a bordo [38]

4.1.3.3. Batería de tracción

Uno de los elementos más importantes y diferenciales de los vehículos eléctricos. Las baterías son indispensables para almacenar la energía eléctrica y, a día de hoy, las más utilizadas son las de iones de litio. Los parámetros de estas baterías son constantemente controlados y comprobados por las diferentes

unidades de control, por lo que la corriente, la temperatura, el estado de carga y el voltaje son en todo momento conocidos.

En un futuro próximo parece ser que las baterías de litio-azufre serán una realidad, las cuales son baterías químicas más económicas, con una gran capacidad, sostenibles y que poseen grandes niveles de rendimiento.

4.1.3.4. Inversor

La energía que sale de las baterías hay que adaptarla para cederla y darle uso en el motor. Por lo tanto, su función principal es transformar la corriente continua (CC) que se almacena en el pack de baterías en corriente alterna (CA) para alimentar el motor de tracción.

4.1.3.5. Unidad de control del motor

Para controlar y corregir el funcionamiento del motor es indispensable la unidad de control. De este modo es posible regular diferentes parámetros como son el par, la velocidad y la dirección del motor, y lo hace controlando el flujo de energía existente entre la batería de tracción y el motor. Este convertidor será diferente en función de la necesidad de obtener corriente continua o alterna. Uno de los puntos importantes a destacar es que este convertidor va a ser bidireccional, de este modo va a ser posible extraer energía mediante la frenada regenerativa.

4.1.3.6. Motor eléctrico

Se trata del mecanismo con el cual se van a accionar las ruedas, convirtiendo la energía eléctrica en cinética. Los elementos principales de los motores son el estátor (parte fija de la máquina rotativa), el rotor (parte móvil) y la carcasa (elemento metálico que envuelve el rotor y el estátor). Además de crear esta energía cinética, tiene también la función de generar energía, esto se lleva a cabo cuando el vehículo está en aceleración y deceleración. Existen varios tipos y

diseños de motores eléctricos para VE, y pueden ser de corriente continua o alterna.

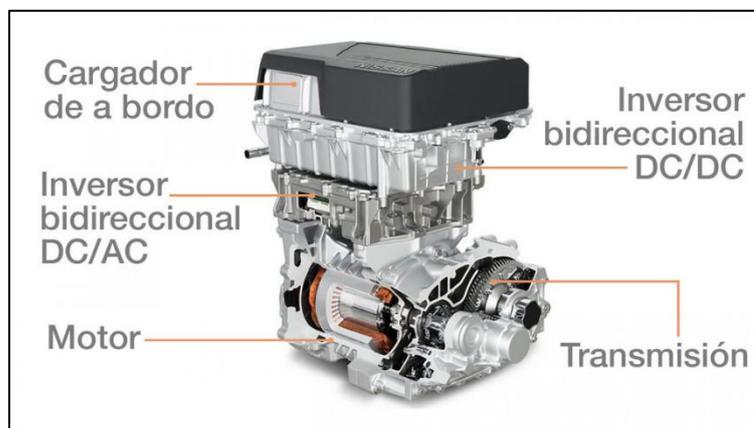


Figura 11. Motor eléctrico para un VE [38]

En cuanto a los motores de corriente alterna se encuentran los asíncronos (o de inducción) y los síncronos de imanes permanentes.

- En los **asíncronos** la velocidad del giro del rotor y la del campo magnético del estátor no corresponden. El rotor suele ser de jaula de ardilla o bobinado. Entre sus ventajas puede decirse que tiene una gran fiabilidad, los costes son bastante pequeños y unas eficiencias importantes. En cuanto a los inconvenientes su par de arranque bajo y la baja densidad de potencia.
- Los de motor **síncrono de imanes permanentes** la velocidad del giro será en todo momento constante, y a velocidad síncrona se bloquean con el campo magnético los polos de campo del rotor, para así producir par. En consecuencia, el rotor continuará girando.

En lo que respecta a los motores de corriente continua el más destacado es el motor de imanes permanentes.

- Este tipo de motores de **imanes permanentes**, al ser de corriente continua, su regulación es mucho más fácil. No tienen escobillas y como principales ventajas no requieren apenas mantenimiento y no generan apenas ruido. Aun así, todavía

se encuentra en una fase experimental por lo que requiere aún cierta etapa de desarrollo para su implementación definitiva.

4.1.3.7. Transmisión

Una de las importantes diferencias entre los coches eléctricos y los convencionales es la transmisión. La diferencia está en que muchos VE tienen una transmisión de una sola velocidad, esto es, no tienen varias velocidades como ocurre en los convencionales.

Esto ocurre porque los vehículos convencionales solo generan una potencia adecuada a un cierto rango de RPM, por lo que es importante la distribución que se utiliza para conseguir esos RPM. Los motores eléctricos generan a cualquier RPM una cantidad muy constante de par y se transmite inmediatamente, pudiendo la mayoría trabajar incluso más allá de los 10.000 RPM.

4.1.3.8. Batería auxiliar

No es un elemento exclusivo de los vehículos eléctricos, puesto que se trata de una batería convencional de 12V cuyo objetivo es entregar la energía que necesitan los diferentes sistemas auxiliares del vehículo. Estos sistemas pueden ser la iluminación del habitáculo, el cuadro de instrumentos, sistemas de navegación, sistema de radio, sistemas ADAS, ...

4.1.4. Ventajas VE

Los vehículos eléctricos tienen muchas ventajas respecto a los vehículos convencionales, sobre todo en lo que se refiere a impacto ambiental [40].

1. La primera y más importante es que los coches 100% eléctricos **no emiten gases contaminantes** a la atmósfera durante su funcionamiento. Hay que puntualizar que en la fase de construcción emite más que los de combustión, pero que con el uso este valor se compensa. Además, es importante que la procedencia de esta energía eléctrica sea verde, esto es, que no se emitan GEI para su obtención (energías renovables).

2. Al no tener ni cambio de marchas ni un motor de combustión tradicional, **se reduce** drásticamente el número de elementos en movimiento y por consiguiente **las averías**.
3. El **mantenimiento** es mucho más **simple**, puesto que se eliminan los filtros, varios líquidos, lubricantes, etc. y se limita a los diferentes elementos importantes como la batería.
4. Los coches eléctricos **no consumen combustible** lo cual supone un gran ahorro. Está claro que la batería hay que cargarla con energía eléctrica, pero el coste es inferior a los combustibles tradicionales.
5. Los coches eléctricos hoy en día tienen grandes **ventajas fiscales** que hacen más atractiva su compra y uso. Aquí se encuentran diferentes descuentos y tarifas reducidas, utilización de ciertas vías (circulación por ciudades y uso de carriles especiales Bus/VAO) y aparcamientos (en varias ciudades se bonifica el uso de los cargadores públicos), ...
6. Conducción más silenciosa y suave, lo cual supone una mejor experiencia para el conductor y contribuye en **reducir la contaminación acústica** tan presente sobre todo en grandes ciudades.
7. Este tipo de coches obtienen la **etiqueta 0 de la DGT** que permite circular en varios puntos de alta contaminación y aparcar gratis en diferentes zonas marcadas.

Por lo tanto, está claro que la electricidad es capaz de aumentar la eficiencia energética que ofrecen los diferentes vehículos de carretera, contribuyendo de ese modo en la reducción de la emisión de los gases de efecto invernadero en el sector del transporte. De este modo se mejorará tanto la calidad del aire como la contaminación acústica que hoy en día tanto se ve en las grandes ciudades con una gran densidad poblacional.

4.2. Estaciones de carga

Una de las decisiones más importantes de este proyecto va a ser la elección de los diferentes modos de recarga para los vehículos eléctricos que se va a realizar. Para ello es importante analizar el estado del arte de las diferentes tecnologías presentes en el mercado para la recarga de los vehículos eléctricos.

Las empresas españolas que se van a utilizar de cara a la implantación de los puntos de recarga y el estudio de los diferentes presupuestos van a ser **Ingeteam, Circutor o Schneider Electric**, empresas referencia en este tipo de tecnologías.

La necesidad de una fuente de energía externa para este tipo de vehículos ha provocado la estandarización de 4 diferentes modos de recarga. Cada una de ellas tiene características diferenciales y los usos que se les da también son diversos. A continuación, se van a detallar los diferentes modos de recarga [41] [42].

4.2.1. Modo 1: Schuko

Este tipo de recarga se lleva a cabo en conectores que no están exclusivamente destinados para este tipo de labor. Las tomas Schuko (*Figura 12*) son aquellas que se pueden encontrar en cualquier domicilio y que se utilizan para conectar electrodomésticos o aparatos eléctricos del día a día.



Figura 12. Modo de recarga 1 mediante conectores Schuko [41]

La carga mediante este tipo de tomas es lenta y no es la más recomendable, entre otras cosas por la falta notable de seguridad. El voltaje de estos conectores es de 230V, y pese a que es el más sencillo de todos, no se utiliza para vehículos ni siquiera para motos de una potencia superior. También hay que destacar que este modo de recarga utiliza corriente alterna.

4.2.2. Modo 2: Carga Lenta

Este tipo de modo de recarga se utiliza mayoritariamente para realizar la recarga en los garajes. En este caso será el usuario el encargado de instalar una caja, la cual tendrá un conector Schuko en la mayoría de los casos y los sistemas de protección necesarios para cada caso.

A diferencia del primer modo, en este se implementará un adaptador para realizar la conexión de una manera más segura. Además, la recarga se realizará mediante una corriente monofásica alterna de 230V de voltaje y con una potencia máxima de 3,7 kW.



Figura 13. Modo de recarga 2 mediante carga lenta [41]

Una de las desventajas de este modo de recarga es que la carga del vehículo es muy lenta, puesto que para la recarga completa se necesitan varias horas. Al tratarse de un modo que sobre todo se implementa en los garajes, tampoco debería de ser un gran problema.

En cuanto a sus usos destaca sobre todo para vehículos eléctricos de pequeñas dimensiones como pueden ser diferentes cuadríciclos. En cambio, en vehículos eléctricos más comunes como turismos no es el método más utilizado.

4.2.3. Modo 3: Carga Semi-Rápida

Este modo de carga es [43], a diferencia de otros modos, exclusivo para la recarga del vehículo eléctrico. Para poder realizar la carga se utiliza un Wallbox, el cual es un dispositivo de recarga que lleva ya incorporados todos los sistemas de seguridad necesarios (normalmente un diferencial y un magneto térmico). Puede llevar incorporados otros elementos como pueden ser los leds (para señalar el estado de las cargas), contadores telemáticos, temporizadores, ...

Como ya se ha puntualizado anteriormente en el apartado legislativo, la legislación española ITC-BT 52 dicta que para los puntos de recarga públicos es obligatorio este modo de recarga, el cual suele ser complemento de Modo 4.

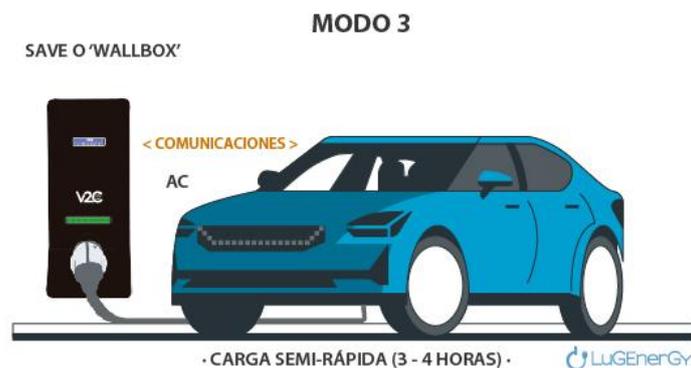


Figura 14. Modo de recarga 3 mediante Wallbox[41]

En este caso, por lo tanto, entre sus usos está el de la recarga de los vehículos eléctricos (además de los híbridos enchufables) el cual permite dos tipos de recarga, la monofásica y la trifásica. Esto da la posibilidad de realizar una recarga más rápida si el vehículo lo permite.

Una de las características diferenciales más importantes de este modo de recarga es el tipo de conector que se utiliza. A día de hoy existen grandes avances en los tipos de conectores, incluso pudiendo transmitir datos además de electricidad.

Los dos tipos de conectores más famosos dentro del modo 3 son los siguientes:

4.2.3.1. Conector Tipo 1: SAE J1772

Este tipo de conector [44] de origen americano es uno de los más comerciales y utilizados a nivel global, puesto que está muy estandarizado en varios países. Fue desarrollado por la Sociedad de Ingenieros de Automoción y posteriormente fabricado por Yazaki.



Figura 15. Conector Tipo 1 SAE J1772 [44]

Este tipo de conector utiliza las tomas de corriente fase y neutro, además de la toma de tierra, y destaca por su forma y sus diferentes conectores adicionales. La función de estos conectores es la de comunicarse con el coche y detectar la conectividad con el mismo. Su forma innovadora tiene la misión de evitar todo tipo de acceso por parte de terceros al mismo, por lo que podría definirse como otro sistema de seguridad.

4.2.3.2. Conector Tipo 2: IEC 62196

Este tipo de conector también es uno de los más utilizados a nivel mundial, es también conocido como conector Mennekes o de “camaleón” [45]. Hoy en día este tipo de conector se ha normalizado como estándar europeo, y pese a que surgió más tarde que los conectores de tipo 1, cada vez son más los fabricantes de coches que se inclinan por esta opción. Es el conector estándar para su utilización en **parkings o garajes públicos**.



Figura 16. Cargador Tipo Mennekes[45]

Este tipo de conectores permiten realizar una carga más rápida del vehículo eléctrico (a consecuencia del número de fases), y además permite una amplitud de potencia desde los 1,4 kW hasta los 22 kW.

En cuanto a los conectores pueden ser hembra o macho y como el orden de la conexión es importante, en el siguiente esquema se pueden apreciar su composición y funcionamiento:



Figura 17. Esquema conector Mennekes [45]

Como ya se ha mencionado anteriormente el conector tiene diferentes elementos que los diferencian de otros tipos. Por una parte, se puede apreciar el “**Control Pilot**” (CP), cuyo objetivo es comunicar el punto de recarga y el vehículo para transmitir información sobre la falta de energía que tiene la batería y de la máxima intensidad de corriente. El **piloto de proximidad** se encarga de enviar una señal cuando se haya conectado correctamente el conector. Por último, tendrá el **protector de tierra** (PE), el **neutro** (N) y las **tres fases** para la corriente alterna (L1, L2 y L3).

4.2.4. Modo 4: CHAdeMO

El modo 4 de recarga de vehículos eléctricos [46] es más rápido que los anteriores modos y se lleva a cabo en lugares concretos llamados “electrolineras” consiguiendo cargas gran parte de la batería en apenas 30 minutos. Este modo de recarga es utilizado en todo el mundo, de hecho, en Estados Unidos cuenta con más de 2.000 estaciones y más de 400 en Canadá. Es capaz de suministrar 500 W y 125 amperios en DC. Aun así, la recarga comienza con 110 amperios y va disminuyendo a medida que se va cargando la batería.



Figura 18. Modo de carga 4 CHAdeMO

Los conectores que se utilizan son variados pero el más estándar de todos es el japonés CHAdeMO (abreviatura de “CHArge de MOve”). Es importante puntualizar que en el lado del vehículo habrá un conector del tipo SAE J1772 o IEC Mennekes y a la vez un conector CHAdeMO. Por el otro lado (el del punto de recarga) la extensión del cable será de este tipo. En este caso las diferentes funciones de protección y de control y el cable de recarga está todo completamente integrado en los puntos de recarga.

4.2.5. Resumen diferentes modos de carga y utilización

A continuación, se exponen los diferentes modos de recarga y las diferentes velocidades que se le asocian. Cabe destacar la utilización que se le da a cada modo de recarga. La carga básica o lenta se utiliza en los tres primeros modos y sobre todo se encuentran en **garajes privados**. La carga semi rápida se usa exclusivamente con recargas del modo tres, y se encontrarán en emplazamientos como **parkings en la vía pública o de rotación**. Por último, la carga rápida que se realiza en corriente continua, se podrá encontrar en **estaciones de servicio, vía pública y flotas privadas**, y la recarga se llevará a cabo en menos de una hora.

	CARGA BÁSICA / LENTA Para garajes privados, varias horas de carga	CARGA SEMI RÁPIDA Para parkings de rotación o parkings en vía pública, pocas horas de carga	CARGA RÁPIDA Para estaciones de servicio, vía pública o flotas privadas
MODO 1 Con conector schuco en pared (corriente alterna)			
MODO 2 Con conector schuco con cable especial (corriente alterna)			
MODO 3 Con un wallbox o una estación de carga (corriente alterna)			
MODO 4 Con una estación de carga (corriente continua)			

Figura 19. Modos de recarga según la velocidad de recarga [47]

5. IMPLANTACIÓN PUNTOS DE RECARGA

5.1. Hipótesis

- La implementación de los puntos de recarga **va a ser progresiva**. Esto es, el proyecto se va a dividir en diferentes etapas en las cuales se va a dar esa transición. Esta progresión irá acorde a las diferentes previsiones cercanas y a largo plazo que hoy en día se prevén para el relevo de los coches eléctricos a los de propulsión convencional. Estas etapas para la implementación de los puntos se analizarán con más profundidad en el desarrollo del cronograma.
- En un futuro muchos de los usuarios que utilicen vehículos eléctricos los van a **cargar en el trabajo**. Esto es en Vitoria-Gasteiz aún más notorio, en dónde hay grandes empresas como Mercedes-Benz o Michelin en donde muchos vehículos podrán ser cargados mientras se trabaja. Por eso no tendría sentido no tener en cuenta esta situación, porque se sobredimensionaría toda la infraestructura sin realmente ser necesario. El proyecto solamente comprende el barrio de Zaramaga, en donde los sectores económicos más importantes son el de servicios e industria.

Actualmente, según un informe desarrollado por el Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz [48], la población activa de la ciudad es del 52,4 % para el segundo cuatrimestre del año 2022. Extrapolando este dato al barrio que cuenta con un total de 12.146 habitantes, **la población ocupada de Zaramaga es de 6.364 habitantes.**

Según sondeos realizados [49] en Vitoria-Gasteiz el **52 % de esa población ocupada** se transporta hasta el trabajo mediante un vehículo (coche, furgoneta o moto), porcentaje que se va a considerar constante. Es cierto que medios de transportes alternativos como la bicicleta o el transporte público van a ser cada vez más importantes y van a ser una de las claves para la movilidad sostenible, pero ese porcentaje se va a considerar constante. En cuanto al resto de usuarios, además de utilizar medios alternativos, muchos de ellos ya tendrán su punto de carga en su propio garaje de vecinos, por lo que las empresas tendrán en cuenta todos estos aspectos a la hora de implementar los puntos de recarga.

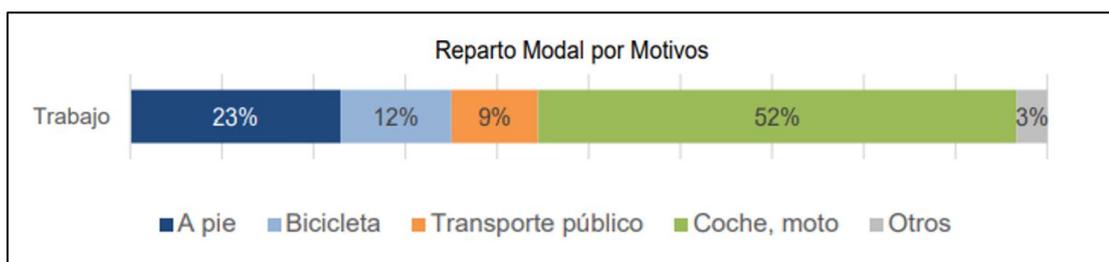


Gráfico 7. Métodos de transporte al trabajo Vitoria-Gasteiz [49]

Por otra parte, cargar el VE en el lugar de trabajo es una gran oportunidad para todos, por lo que, sobre todo los que no tengan la oportunidad de cargar el coche en casa, harán saber a la empresa que sí que se le daría uso. Así que, como para 2050 muchos de los usuarios tendrán su vehículo eléctrico, será un punto importante su implementación en las empresas (en Zaramaga no hay este tipo de empresas).

Con los datos obtenidos hasta ahora se calcula que un total de 3.310 usuarios se transportan hasta el trabajo en vehículos. Se estima que cada vehículo transporta aproximadamente 1,2 personas de media (mediante la utilización del uso compartido), por lo tanto, el número de vehículos total que va a trasladarse a los puestos de trabajo va a ser de **2.759 vehículos**.

Hoy en día 1.724 vehículos tienen [30] su plaza de garaje, lo que supone que (del total de 5.310 vehículos) el 32,47 % de ellos se van a cargar en los garajes. Esto lleva a la conclusión de que a finales del año 2.050 va a haber un total de **1.864 puntos de recarga** disponibles en empresas ajenas al barrio de Zaramaga pero que alimentarán a la flota del barrio.

La implementación de puntos en el puesto de trabajo, al igual que la de la infraestructura de carga, va a ser progresiva y va a ser un dato a tener en cuenta para saber cuántos trabajadores NO necesitarán un punto de carga durante la semana. En la primera etapa se implementará el 25 % de los puntos de recarga (466 vehículos), en la segunda el 45 % (839 vehículos), en la tercera el 70 % (1.305 vehículos) y en la última el 100 % (1.864 vehículos).

- Se va a suponer que los edificios tengan **contratada la potencia necesaria** para cada una de las etapas de implantación. El objetivo de este proyecto es analizar la infraestructura necesaria, pero sin profundizar en parámetros eléctricos que en la realidad sí que habría que tener en cuenta.
- Los puntos de carga públicos de 11 kW tienen un tiempo de carga medio de 4 horas. Se va a suponer que en cada punto de recarga se van a cargar una media de 3 vehículos cada día. Por una parte, no es recomendable tener el coche cargando toda la noche, por lo que se va a suponer que en diversas horas nocturnas no van a estar en uso. Por otra parte, durante el día tampoco van a estar en constante uso, por lo que se va a suponer que los puntos de recarga de 11 kW van a tener un uso medio de **12 horas/día**.

Los puntos de 22 kW, por lo tanto, tendrán un tiempo medio de recarga de 2 horas. En este caso, va a ver más tiempo muerto entre la carga de un vehículo y el siguiente. Por lo tanto, se va a considerar que al día se van a cargar por completo 5 vehículos en cada punto de recarga de 22 kW. De este modo, este tipo de puntos van a tener un uso medio de **10 horas/día**.

- A la hora de calcular el número de puntos de recarga en la vía pública, al ser el resultado bastante preciso llevado a cabo con datos actuales, se va a aplicar a ese número un **factor de seguridad o de mayoración del 30 %**, amplificando así la red de puntos para garantizar el suministro a todos los vehículos en cuestión. En la realidad resulta imposible que los que necesitan recargar su VE se coordinen perfectamente entre ellos para dar el mayor uso posible a los puntos de recarga, por eso se va a sobredimensionar la red de recarga un 30 %.
- Se va a suponer que el **número de vehículos se va a mantener constante** durante los años. Las previsiones de futuras tendencias de nuevas matriculaciones en Euskadi y en Vitoria-Gasteiz no son claras y a consecuencia se va a suponer que este número será constante.
- Se da por supuesta la **predisposición** de usuarios, tanto como del ayuntamiento para la transición hacia este tipo de transporte más sostenible y limpio.

5.2. Planificación progresiva

Como se ha expuesto en el apartado de hipótesis, se va a llevar a cabo una implementación progresiva de los puntos de recarga. De este modo, y acorde a las diferentes previsiones y leyes vigentes, se van a definir diferentes etapas para el desarrollo de este proyecto. Hay que tener muy en cuenta que no son lo mismo las previsiones para un país como España que otros como Noruega o Países Bajos, puesto que en estos países se espera un relevo total en un plazo temporal mucho menor que el que se espera en España.

Existen varias razones para la lenta irrupción en España [50]. Por una parte, la edad media del parque móvil es de las más longevas de la UE y existe un apego importante a los vehículos de propulsión convencional. Además, los precios de los vehículos eléctricos hacen que, siendo un país que ha atravesado una importante crisis, se retrase en la inclusión de nuevos VE. Se trata también de un país montañoso y de temperaturas bastante altas que hacen que se consuma más batería, encima de que hoy en día la infraestructura de recarga es muy circunstancial.

Pero todas estas razones en vez de ser un problema se tienen que tomar como un reto, que España como país va a tener que asumir y afrontar porque la línea futura va a tener esa clara tendencia.

5.2.1. Etapa 1 (2023-2035)

Para el año 2035 la Unión Europea ha dictaminado que no se podrán vender ni coches ni furgonetas con propulsión convencional como la gasolina o el diésel. Aun así, España es un país que va con bastante retraso en cuanto al relevo de los VE, y que no está cumpliendo con las metas previstas para hoy en día.

Un nuevo estudio [51] ha analizado la evolución de los diferentes países de la Unión Europea. Para ello, ha utilizado datos provistos por la Agencia Medioambiental Europea (EAA) sobre el registro de los nuevos coches entre los años 2010 y 2020. Para los siguientes 15 años (hasta el año 2035) se ha calculado el incremento de nuevos registros de vehículos eléctricos mediante un modelo de regresión polinómica. De este

modo se ha predicho la futura toma de decisiones y diferentes estrategias de cada país, lo cual deja a España fuera de los primeros 15 países de la UE.

El resultado dicta que hay dos países que llegarán hasta casi el 100% del parque vehicular de cero emisiones, Noruega y los Países Bajos. Otros como Alemania o Portugal superarán el 50% de vehículo eléctricos, y el último de la lista ha sido Croacia con un 28,25% de irrupción.

Por lo tanto, y teniendo en cuenta las diferentes tendencias que se han analizado [52] [53], en esta primera etapa de 12 años se van a implementar el **25% de los puntos de recarga para vehículos eléctricos**. Esto supondrá un desarrollo del 2% por cada año.

5.2.2. Etapa 2 (2035-2040)

Para poder alcanzar la neutralidad climática y teniendo en cuenta el desarrollo previsto hasta 2035, la segunda etapa tiene que dar un importante impulso al proyecto hacia el transporte de cero emisiones deseado. Para ello, en estos cinco años crecerá el número de puntos de recarga en un 20%, teniendo para el año 2040 un **45% de la infraestructura total necesaria**. Esto supondrá un desarrollo del 4% por cada año.

5.2.3. Etapa 3 (2040-2045)

La tercera y penúltima etapa de transición va a suponer un mayor aumento del porcentaje respecto a la segunda etapa. Es un dato relativamente optimista, pero a la vez necesario para cumplir el objetivo que España marca en la nueva Ley de Cambio Climático y Transición Energética de neutralidad climática en el año 2050. Así, en esta tercera etapa se va a alcanzar el **70% de los puntos de recarga**. Esto supondrá un desarrollo del 5% por cada año.

5.2.4. Etapa 4 (2045-2050)

La última etapa será la que termine la implantación de todos los puntos de recarga necesarios para poder conseguir el transporte de cero emisiones que hoy en día marcan

las diferentes leyes y marcos con previsiones futuras. Entonces este proyecto tendrá su visión puesta en los próximos 27 años, con una primera previsión basada en datos reales y un aumento del ritmo con el objetivo propuesto del **100% en el año 2050**. Esto supondrá un desarrollo del 6% por cada año.

La implementación de los puntos de recarga será entonces progresiva. En el siguiente gráfico se puede apreciar que se dibuja una línea exponencial ascendente, lo cual significa que cada uno de las etapas se va a acelerar la implementación respecto a las anteriores hasta lograr el total de la infraestructura necesaria.

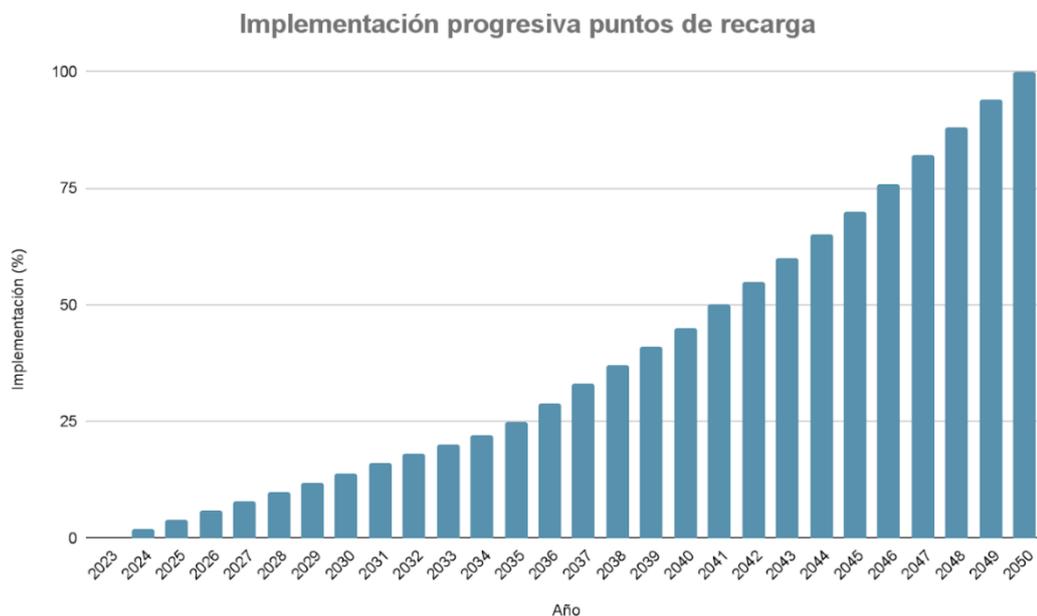


Gráfico 8. Implementación progresiva puntos de recarga

5.3. Tecnología a utilizar

Una vez conocido el estado del arte de los vehículos eléctricos y de los diferentes modos de recarga, se va a proceder a diseñar la red de puntos de recarga necesario en el barrio de Zaramaga para la implantación de toda la infraestructura. Para ello primero es imprescindible definir los diferentes casos que se van a analizar y exponer la tecnología que se va a utilizar en cada uno de los casos.

Se van a contemplar diferentes escenarios para la implementación de los puntos de recarga:

5.3.1. Viviendas unifamiliares

Zaramaga NO dispone de viviendas unifamiliares, por lo que no se analizará el tipo de infraestructura a implementar.

5.3.2. Edificio con garaje de vecinos

En este tipo de edificios, los cuales son los más comunes en el barrio de Zaramaga, es importante gestionar el uso de los diferentes espacios e infraestructuras comunes las cuales se van a utilizar con fines privados. Se va a suponer que estos edificios ya disponen de la infraestructura eléctrica necesaria para poder llevar a cabo cualquier esquema eléctrico. Por lo tanto, al hacer la suposición de utilizar un suministro existente, habría que llevar a cabo la ampliación de potencia de cada vivienda en función de las necesidades del vecindario y de los puntos de recarga.

El modo de recarga que se va a utilizar será el **modo 3** con conectores de **tipo 2** [54], lo cual va a permitir realizar una carga semi-rápida y así poder cargar el vehículo durante la noche sin ningún tipo de problema. Se utilizará una potencia de **7,4 kW** que es la más habitual para este modo de recarga.

Será importante que esta IRVE (Infraestructura de recarga de vehículos eléctricos) tenga un mínimo grado de protección contra el deterioro por mal uso, por lo que el grado mínimo será **IK08 y IP44**. El IK mide la resistencia a los impactos y la escala va de 00 a 10, refiriéndose este último a un impacto de 20 julios. El IP se trata de la medición de la resistencia o sellado de los dispositivos eléctricos frente a la intrusión de cuerpos extraños, el primer dígito se refiere a objetos sólidos y el segundo a líquidos en una escala del 0 al 6.

Dentro de un mismo garaje existe la posibilidad de implementar diferentes tipos de instalaciones de recarga en función de las necesidades de los usuarios, pero en ciertos casos no es recomendable y en este caso se va a homogeneizar todo. Como se va a utilizar un suministro eléctrico existente, se van a tener en cuenta el esquema eléctrico

de tipo 2 que define la ITC BT 52. Es de vital importancia que la instalación de la infraestructura de recarga eléctrica en los garajes de vecinos sea simple y segura, por eso mismo se va a aprovechar la instalación ya existente en cada garaje y se va a conectar un cable desde los bornes de salida del contador digital hasta la plaza de garaje. Esto se hará mediante tubos de PVC rígido por el techo del garaje, aprovechando así el espacio y evitando daños externos. En la siguiente imagen (*Figura 20*) se va a exponer el esquema eléctrico que se va a utilizar.

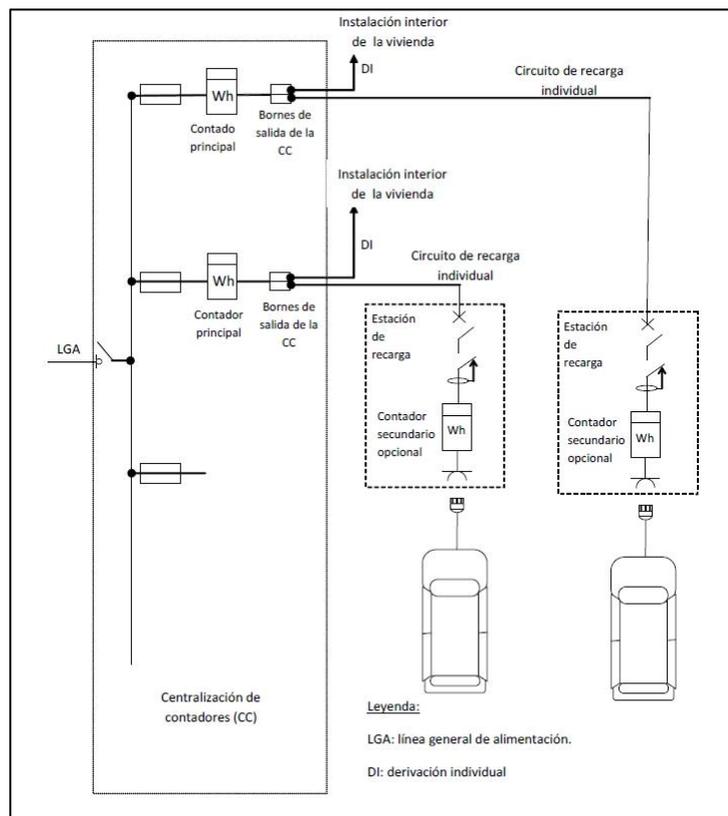


Figura 20. Esquema eléctrico tipo 2 para garaje de vecinos [34]

5.3.3. Puntos de recarga vía pública y parkings

Estos puntos de recarga se aplicarán en los aparcamientos públicos y parkings para abastecer a toda la población del barrio de Zaramaga. Para ello se va a utilizar la infraestructura necesaria para poder suplir todos los vehículos convencionales por eléctricos, y en este caso se van a utilizar cargadores del **modo 3**, y en cuanto al tipo de conector se utilizarán los del **tipo 2**. Cabe destacar que estos puntos de recarga estarán exclusivamente destinados para VE de potencias normales, puesto que, para vehículos de bajas potencias como ciclomotores, cuadriciclos y/o bicicletas utilizarían otro modo de recarga. En este caso, la potencia que se utilizará será de **11 kW** (el 70 %) y de **22 kW** (casos concretos para mayores potencias, el 30 %), lo cual dará la posibilidad de cargar de manera más rápida vehículos eléctricos de mayor gama. En el caso de las empresas privadas serán en todo caso de 11 kW, puesto que disponen de mayor tiempo para realizar esa recarga.

El tipo de conector, como ya se ha comentado anteriormente, será el **Tipo 2 IEC 62196**, el cual también es conocido como conector tipo Mennekes. Debido a sus características es el más eficiente conector para este tipo de instalaciones.

Una de las decisiones más importantes a la hora de instalar los puntos de recarga en la vía pública es el de cuántos implantar por cada x número de plazas públicas o incluso cada cuántos vehículos. Recientemente se ha aprobado el Real Decreto (29/2021) [33] el cual dicta que para el año 2023 será necesario instalar **1 punto de recarga por cada 40 plazas de edificios no residenciales**, pero esta ley no está pensada para poder abastecer a una flota exclusivamente eléctrica.

Por lo tanto, en este caso para poder conseguir el número exacto de puntos de carga necesarios se va a utilizar el método utilizado para dicho cálculo en Gran Bretaña en el artículo “*Methodology to determine the number of rapid chargers needed for electric vehicles in the UK*” [55]. Los cálculos se expondrán en el siguiente apartado.

5.3.4. Electrolineras: carga rápida

Otro de los puntos importantes sería el instalar puntos de recarga en las gasolineras existentes del barrio de Zaramaga y, como se ha analizado en anteriores apartados, en lo que respecta la superficie del barrio solamente se contempla una gasolinera.

Por lo tanto, en la gasolinera se va a implementar una electrolinera, la cual utilizará el **modo 4** de recarga y sería la más rápida de las que se ha propuesto hasta ahora utilizando corriente continua. La gasolinera seguirá en funcionamiento hasta que el proyecto llegue al año 2050, que será cuando ya no existan coches de propulsión convencional. De ese modo el usuario podrá hacer la carga de manera más rápida mientras que lleva a cabo cualquier otra gestión. La potencia de estos puntos de recarga será de **50 kW**, tal y como dicta la Ley 7/2021, de 20 de mayo [56], de cambio climático y transición energética. Esto permitirá una rápida carga para los vehículos eléctricos de media y alta gama.



Figura 21. Concepto de electrolinera [57]

Realmente, como se van a implementar puntos de recarga como para abastecer a todo el barrio, esta electrolinera será más para usuarios que realizan viajes interurbanos o que simplemente están de paso y necesitan planificar las paradas para la recarga de su VE.

5.4. Cálculo número de puntos de recarga en cada etapa

Uno de los datos más importantes a obtener es el del número de puntos de recarga que es necesario instalar para llevar a cabo el relevo a un transporte de cero emisiones frente al convencional. Para ello, primero se va a realizar el cálculo total de puntos de recarga necesarios desde el principio del proyecto hasta el año 2050, y después se va a definir la progresiva instalación de los mismos en las diferentes etapas para que se asemeje lo máximo a la realidad. Se van a diferenciar las mismas posibilidades de zonas a analizar que se han expuesto en el apartado anterior.

5.4.1. Viviendas unifamiliares: 0 puntos de recarga

Como ya se ha expuesto anteriormente, Zaramaga no cuenta con viviendas unifamiliares.

5.4.2. Edificio con garaje de vecinos: 1.724 puntos de recarga

Hoy en día el barrio de Zaramaga cuenta con 1.724 plazas de garaje en edificios con garaje de vecinos. En este caso no hay que realizar cálculos sobre el número de puntos de recarga necesarios, porque al ser garajes de vecinos y, cómo se va a suponer que todos los vecinos que disponen de un vehículo tienen su plaza, cada uno de ellos en el año 2050 tendrá que tener instalado su punto de recarga.

Tabla 10. Instalación progresiva PR garaje de vecinos

Etapa 1 (25 %)	Etapa 2 (45 %)	Etapa 3 (70 %)	Etapa 4 (100 %)
431	776	1.207	1.724

5.4.3. Puntos de recarga vía pública

Uno de los retos a la hora de planificar en la realidad una red de puntos de recarga es el decidir cuántos instalar en aparcamientos públicos. Esto depende de varios factores y es evidentemente que no se pueden instalar en todos los aparcamientos por varias razones. Económicamente sería inviable, la infraestructura eléctrica no aguantaría tal demanda, no se utilizarían la mayoría de ellos porque los VE tienen ya una cierta autonomía, ... En definitiva, no sería ni eficiente ni eficaz.

Por ello, se va a proceder a calcular el número de puntos de recarga necesarios mediante una fórmula utilizada en diferentes proyectos como para calcular la cantidad de puntos en Reino Unido. La fórmula es la siguiente:

(1)

$$H = \frac{A \cdot B \cdot C \cdot D}{E \cdot F \cdot G}$$

Dónde,

A = % de vehículos que son eléctricos

B = número de vehículos

C = kilometraje medio diario

D = % usuarios necesidad vía pública

E = km por kWh

F = entrega de potencia (kW)

G = número de horas en uso de los cargadores

Cantidad de coches eléctricos (A·B) se multiplica por el kilometraje medio diario (C) y se divide con los kilómetros medios por kWh (E). De ese modo se calcula la energía media necesaria el abastecimiento de toda la flota durante un día en kWh. De toda esta energía, se va a calcular cuántos necesitan recarga en la vía pública, esto es, los que no recargan su vehículo ni en parking de vecino ni en el trabajo (D). De ese modo se consigue la energía real necesaria para los puntos de carga públicos, y teniendo en cuenta la entrega media de potencia de

cada punto de recarga cada hora (F) para las horas correspondientes de funcionamiento (G) se consigue la energía a entregar. Teniendo el dato de la energía necesaria en la vía pública y la que va a entregar de media un punto de carga, se dividen los dos parámetros para lograr el número de puntos de carga necesarios. En este caso se va a realizar este proceso para los puntos de carga de 11 kW y también para los de 22 kW.

Entonces se va a calcular el **número de puntos de recarga públicos total** necesarios al final del proyecto, esto es, de cara al año 2050 para conseguir la neutralidad climática.

El parámetro A se refiere al porcentaje de vehículos eléctricos que hay en cada etapa, este valor irá variando según en qué punto esté el proyecto y dependiendo de qué potencia de carga (11 kW o 22 kW) se está calculando. El B determinará el número de vehículos del barrio, dato que realmente según las previsiones no variará mucho, por lo que se utilizará el dato del Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz para todas las etapas. Para el kilometraje medio diario (C) se va a extraer el dato del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico [58] y también se mantendrá constante. En cuanto al % de usuarios que necesitan cargadores en la vía pública (D), se tendrá en cuenta cuántos usuarios totales hay, y de aquellos cuántos no utilizan garajes de vecinos ni cargan el coche en el lugar de trabajo. Como se ha explicado en las hipótesis, el % de vehículos que se cargan en el puesto de trabajo va a variar en cada etapa. Por lo tanto, para el cálculo de dicho parámetro:

$$D1 = \frac{1.328 - 431 - 466}{1.328} \cdot 100 = 32,45 \%$$

431 vehículos eléctricos necesitarán puntos de carga públicos

$$D2 = \frac{2.390 - 776 - 839}{2.390} \cdot 100 = 32,43 \%$$

775 vehículos eléctricos necesitarán puntos de carga públicos

$$D3 = \frac{3.717 - 1.207 - 1.305}{3.717} \cdot 100 = 32,42 \%$$

1.205 vehículos eléctricos necesitarán puntos de carga públicos

$$D4 = \frac{5.310 - 1.724 - 1.864}{5.310} \cdot 100 = 32,43 \%$$

1.722 vehículos eléctricos necesitarán puntos de carga públicos

En cuanto al número de kilómetros por kWh (E) se va a obtener el dato de las fichas técnicas de los vehículos eléctricos más vendidos del estado, cuyos datos como referencia son válidos. En la siguiente tabla se detallan los consumos de los vehículos más vendidos en España en lo que va de 2022:

Tabla 11. Consumo medio de los coches eléctricos más vendidos España

Modelo	Consumo medio
Tesla Model 3 [59]	14,7 kWh/100 km
Kia e-Niro [60]	12 kWh/100 km
Citroën e-c4 [61]	<u>16 kWh/100 km</u>
Fiat 500 eléctrico [62]	14 kWh/100 km
Kia EV6 [63]	15,55 kWh/100 km
Mayor consumo medio	16 kWh/100 km

Se va a utilizar el dato de mayor consumo, porque en caso contrario podría ocurrir que el dimensionamiento no sea el mínimo necesario para ciertos modelos de vehículos. En este caso el consumo medio máximo es de 16 kWh para cada 100 kilómetros, por lo que para el cálculo del parámetro E:

$$E = \frac{100 \text{ km}}{16 \text{ kWh}} = 6,25 \text{ km/kWh}$$

Otro de los parámetros más importantes es el de la entrega media de potencia dependiendo del tiempo de recarga (F). Para ello se ha determinado un valor diferente para los cargadores de diferente potencia (11 kW o 22 kW), por lo que se obtendrá el número exacto necesario para cada uno de tipo de cargador. Para ello, como ya se ha comentado anteriormente, se va a suponer que los puntos de carga de 11 kW van a abastecer al 70 % de los vehículos mientras que los de 22 kW abastecerán al 30 %. Para el cálculo del parámetro F se va a utilizar la referencia experimental de la metodología utilizada en el artículo previamente mencionado.

Por último, y como se ha especificado en el apartado de las hipótesis, el tiempo de uso de los cargadores se va a suponer de 12 horas para los de 11 kW y de 10 horas para los de 22 kW, permitiendo así una recarga de tres y cinco vehículos diarios respectivamente.

5.4.3.1. Cálculo puntos de recarga etapa 1 (2023-2035)

Para comenzar, se va a calcular el número de puntos de carga que van a ser necesarios en los aparcamientos públicos de 11 kWh en la etapa 1. Cabe recordar que, como ya se ha puntualizado anteriormente, en esta etapa se va a implementar el 25 % de los puntos de recarga.

Tabla 12. Parámetros de cálculo primera etapa 11 kWh

Parámetros cálculo de PR 11 kW		Fuente
A	$25 \% \cdot 70 \% = 17,5 \%$	Proyecto
B	5.310 vehículos	Ayunt. Vitoria-Gasteiz
C	41,6 km	Miteco
D	32,45 %	Ayunt. Vitoria-Gasteiz
E	6,25 km/kWh	Citroën ë -C4
F	11 kWh	Proyecto
G	12 h	Proyecto

$$H_{11} = \frac{A \cdot B \cdot C \cdot D}{E \cdot F \cdot G} = \frac{0,175 \cdot 5.310 \cdot 41,6 \cdot 0,324}{6,25 \cdot 11 \cdot 12} = \frac{12.524,8}{825} = 16$$

Aplicando el factor de seguridad o de mayoración (30 %)

2023-2035 → 21 puntos de carga 11 kWh

Se va a proceder a calcular el número de puntos de carga de 22 kWh para esta primera etapa.

Tabla 13. Parámetros de cálculo primera etapa 22 kWh

Parámetros cálculo de PR 22 kW		Fuente
A	25 % · 30 % = 7,5 %	Proyecto
B	5.310 vehículos	Ayunt. Vitoria-Gasteiz
C	41,6 km	Miteco
D	32,45 %	Ayunt. Vitoria-Gasteiz
E	6,25 km/kWh	Citroën ë -C4
F	22 kWh	Proyecto
G	10 h	Proyecto

$$H_{12} = \frac{A \cdot B \cdot C \cdot D}{E \cdot F \cdot G} = \frac{0,075 \cdot 5.310 \cdot 41,6 \cdot 0,324}{6,25 \cdot 22 \cdot 10} = \frac{5.367,77}{1.375} = 4$$

Aplicando el factor de seguridad o de mayoración (30 %)

2023-2035 → 6 puntos de carga 22 kWh

Por lo tanto, entre aparcamientos públicos y el parking subterráneo del edificio Deba se van a instalar en los primeros 12 años un total de 27 puntos de recarga para abastecer las necesidades de los primeros años.

5.4.3.2. Cálculo puntos de recarga etapa 2 (2035-2040)

En esta segunda etapa se va a acelerar la instalación de puntos de recarga, puesto que las directrices son claras y para el año 2050 el transporte va a tener que ser climáticamente neutro. En esta etapa se llegará al 45 % de la infraestructura total necesaria.

Se va a proceder a calcular el número de puntos de carga de 11 kWh necesarios en esta etapa.

Tabla 14. Parámetros de cálculo segunda etapa 11 kWh

Parámetros cálculo de PR 11 kW		Fuente
A	45 % · 70 % = 31,5 %	Proyecto
B	5.310 vehículos	Ayunt. Vitoria-Gasteiz
C	41,6 km	Miteco
D	32,43 %	Ayunt. Vitoria-Gasteiz
E	6,25 km/kWh	Citroën ë -C4
F	11 kWh	Proyecto
G	12 h	Proyecto

$$H_{21} = \frac{A \cdot B \cdot C \cdot D}{E \cdot F \cdot G} = \frac{0,315 \cdot 5.310 \cdot 41,6 \cdot 0,324}{6,25 \cdot 11 \cdot 12} = \frac{22.544,65}{825} = 28$$

Aplicando el factor de seguridad o de mayoración (30 %)

2023-2040 → 37 puntos de carga 11 kWh

En este caso se va a proceder a calcular el número de puntos de carga de 22 kWh para esta segunda etapa.

Tabla 15. Parámetros de cálculo segunda etapa 22 kWh

Parámetros cálculo de PR 22 kW		Fuente
A	45 % · 30 % = 13,5 %	Proyecto
B	5.310 vehículos	Ayunt. Vitoria-Gasteiz
C	41,6 km	Miteco
D	32,43 %	Ayunt. Vitoria-Gasteiz
E	6,25 km/kWh	Citroën ë -C4
F	22 kWh	Proyecto
G	10 h	Proyecto

$$H_{22} = \frac{A \cdot B \cdot C \cdot D}{E \cdot F \cdot G} = \frac{0,135 \cdot 5.310 \cdot 41,6 \cdot 0,324}{6,25 \cdot 22 \cdot 10} = \frac{9.661,99}{1.375} = 8$$

Aplicando el factor de seguridad o de mayoración (30 %)

2023-2040 → 11 puntos de carga 22 kWh

Por lo tanto, para el año 2040 ya habrá instalado un total de 48 puntos de recarga en el barrio de Vitoria-Gasteiz en los aparcamientos públicos y parkings privados.

5.4.3.3. Cálculo puntos de recarga etapa 3 (2040-2045)

La tercera y penúltima etapa se acelerará incluso más que la anterior, ya que las directrices y decretos cada vez serán más estrictos y el año de la neutralidad climática cada vez está más cerca. En este caso cada año se va a instalar el 5 % de los puntos de recarga necesarios, lo que va a suponer llegar hasta al 70 % de la infraestructura necesaria para el año 2045.

Al igual que en los anteriores casos, se va a proceder a calcular el número de puntos de carga de 11 kWh.

Tabla 16. Parámetros de cálculo tercera etapa 11 kWh

Parámetros cálculo de PR 11 kW		Fuente
A	70 % · 70 % = 49 %	Proyecto
B	5.310 vehículos	Ayunt. Vitoria-Gasteiz
C	41,6 km	Miteco
D	32,42 %	Ayunt. Vitoria-Gasteiz
E	6,25 km/kWh	Citroën ë -C4
F	11 kWh	Proyecto
G	12 h	Proyecto

$$H_{31} = \frac{A \cdot B \cdot C \cdot D}{E \cdot F \cdot G} = \frac{0,49 \cdot 5.310 \cdot 41,6 \cdot 0,324}{6,25 \cdot 11 \cdot 12} = \frac{35.069,45}{825} = 43$$

Aplicando el factor de seguridad o de mayoración (30 %)

2023-2045 → 56 puntos de carga 11 kWh

En este caso se va a proceder a calcular el número de puntos de carga de 22 kWh para esta tercera etapa.

Tabla 17. Parámetros de cálculo tercera etapa 22 kWh

Parámetros cálculo de PR 22 kW		Fuente
A	70 % · 30 % = 21 %	Proyecto
B	5.310 vehículos	Ayunt. Vitoria-Gasteiz
C	41,6 km	Miteco
D	32,42 %	Ayunt. Vitoria-Gasteiz
E	6,25 km/kWh	Citroën ë -C4
F	22 kWh	Proyecto
G	10 h	Proyecto

$$H_{32} = \frac{A \cdot B \cdot C \cdot D}{E \cdot F \cdot G} = \frac{0,21 \cdot 5.310 \cdot 41,6 \cdot 0,324}{6,25 \cdot 22 \cdot 10} = \frac{15.029,76}{1.375} = 11$$

Aplicando el factor de seguridad o de mayoración (30 %)

2023-2040 → 15 puntos de carga 22 kWh

Esto significa que para el año 2045, los aparcamientos públicos en Zaramaga y el parking del edificio Deba en total contarán con 71 puntos de recarga de 11 kW y 22 kW para vehículos eléctricos.

5.4.3.4. Cálculo puntos de recarga etapa 4 (2045-2050)

La última etapa de instalación de puntos de recarga va a ser la que más ritmo de implantación va a tener. Para el año 2050 toda la infraestructura necesaria ha de estar implantada, para ello los últimos 5 años van a tener un ritmo de implementar el 6 % de la infraestructura total necesaria hasta alcanzar el 100 % de los puntos de recarga totales.

Se va a proceder a calcular los puntos de recarga de 11 kWh.

Tabla 18. Parámetros de cálculo cuarta etapa 11 kWh

Parámetros cálculo de PR 11 kW		Fuente
A	100 % · 70 % = 70 %	Proyecto
B	5.310 vehículos	Ayunt. Vitoria-Gasteiz
C	41,6 km	Miteco
D	32,43 %	Ayunt. Vitoria-Gasteiz
E	6,25 km/kWh	Citroën ë -C4
F	11 kWh	Proyecto
G	12 h	Proyecto

$$H_{41} = \frac{A \cdot B \cdot C \cdot D}{E \cdot F \cdot G} = \frac{0,7 \cdot 5.310 \cdot 41,6 \cdot 0,324}{6,25 \cdot 11 \cdot 12} = \frac{50.099,21}{825} = 61$$

Aplicando el factor de seguridad o de mayoración (30 %)

2023-2050 → 80 puntos de carga 11 kWh

Para finalizar, se calcularán los puntos de carga de 22 kW necesarios en total.

Tabla 19. Parámetros de cálculo cuarta etapa 22 kWh

Parámetros cálculo de PR 22 kW		Fuente
A	100 % · 30 % = 30 %	Proyecto
B	5.310 vehículos	Ayunt. Vitoria-Gasteiz
C	41,6 km	Miteco
D	32,43 %	Ayunt. Vitoria-Gasteiz
E	6,25 km/kWh	Citroën ë -C4
F	22 kWh	Proyecto
G	10 h	Proyecto

$$H_{42} = \frac{A \cdot B \cdot C \cdot D}{E \cdot F \cdot G} = \frac{0,3 \cdot 5.310 \cdot 41,6 \cdot 0,324}{6,25 \cdot 22 \cdot 10} = \frac{21.471,09}{1.375} = 16$$

Aplicando el factor de seguridad o de mayoración (30 %)

2023-2050 → 21 puntos de carga 22 kWh

Por lo tanto, el número total de puntos de recarga públicos en aparcamientos y parkings (solamente el del edificio Deba) será de **101 puntos de recarga** repartidos equitativamente por las vías públicas del barrio de Zaramaga.

5.4.4. Punto de recarga electrolineras

Como ya se ha definido anteriormente, solamente existe una gasolinera en el barrio de Zaramaga. Cerca del límite del mismo sí que existe más de uno, pero en lo que respecta al barrio de Zaramaga solamente hay una "Estación de servicio CEPSA ESASA".

En las gasolineras se ha decidido instalar puntos de carga rápida para los usuarios genéricos que necesiten una carga urgente. Por lo general lo lógico es que no se trate de usuarios del barrio, puesto que cada uno ya tendrá su punto de recarga o bien en aparcamientos públicos, o en el trabajo, o en su propio garaje de vecinos.

Por lo tanto, simplemente se van a instalar **cuatro puntos de carga rápida de 50 kW**, como marca la Ley 7/2021, de 20 de mayo, de cambio climático y transición energética de manera progresiva. Estos cuatro puntos de recarga se van a instalar en la primera etapa, esto es, la etapa que comprende los años entre 2023 y 2035.

En resumen, en la siguiente tabla se puede apreciar el número de puntos de recarga que se van a instalar para cada tipo de infraestructura y para cada una de las etapas.

Tabla 20. Número de puntos de recarga por etapas

Etapas	Etapas 1	Etapas 2	Etapas 3	Etapas 4
Garaje de vecinos (7,4 kW)	431	776	1.207	1.724
Vía pública (11-22 kW)	21 + 6	37 + 11	56 + 15	80 + 21
Electrolinera (50 kW)	4	4	4	4
Total	462	828	1.282	1.829

5.5. Emplazamiento puntos de recarga

Tras completar la primera parte del cálculo de puntos de carga necesarios, se va a proceder a diseñar la red de puntos de recarga en aparcamientos públicos, incluidos el parking del edificio Deba y la electrolinera de carga rápida. Se va a diseñar en función de las plazas de parking existentes en cada lugar, por lo que se repartirán los puntos de manera homogénea y teniendo una mayor densidad de puntos en sitios de interés público. Por lo tanto, se repartirán en cada etapa cargadores de 11 y 22 kW en aparcamientos públicos y de 50 kW en la electrolinera (se instalarán todos en la primera etapa para reducción de costes).

5.5.1. Criterios emplazamiento

Para elegir el emplazamiento de los puntos de recarga de cada tipo y etapa se han seguido diferentes criterios:

- Mayor densidad de puntos de recarga en los aparcamientos públicos con mayor número de plazas disponibles.
- Mayor densidad de puntos de recarga en aparcamientos cercanos a puntos de interés. Estos puntos de interés pueden ser centros de salud, centros deportivos, residencias, centros lectivos, ...
- Reparto homogéneo de los puntos de recarga en función de población de cada área. Se va a priorizar dar facilidades para la recarga a criterios económicos. Esto es, en ciertos casos se van a repartir los puntos independientemente en vez de instalar grupos de puntos de recarga.
- Solamente se van a instalar puntos de carga de 11 y 22 kW en plazas de aparcamiento públicos, incluidos los que se encuentran en la calzada y los que no. Se excluyen los garajes de vecinos y las empresas privadas, aunque realmente en el barrio no se da este último caso.
- Los puntos de carga rápidos de 50 kW se van a instalar donde está ubicada la única gasolinera del barrio.

5.5.2. Etapa 1 (2023-2035)

Como ya se ha comentado anteriormente, en los primeros doce años se instalarán 21 puntos de carga de 11 kW (🟡) y 6 puntos de carga de 22 kW (🟠). En la electrolinera se instalarán los 4 puntos de carga rápida de 50 kW (🟣). La mayor densidad de puntos se da en el parking del edificio Deba.

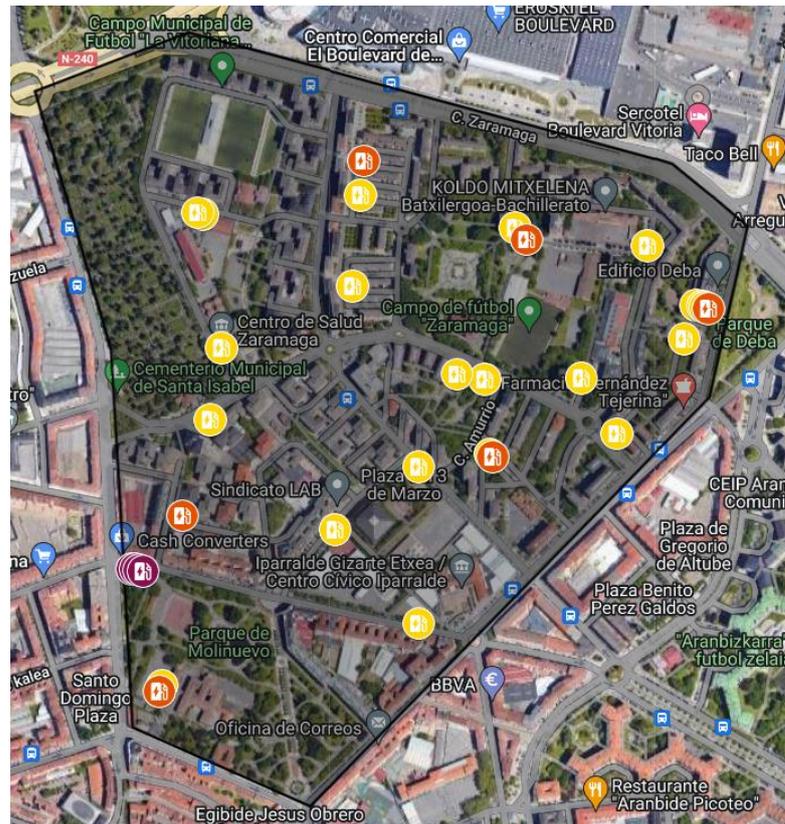


Figura 22. Reparto puntos de recarga Zaramaga 2035. My Maps

5.5.3. Etapa 2 (2035-3040)

La segunda etapa va a tener un ritmo mayor de instalación que la primera etapa, pero al ser solamente una etapa de 5 años el número de puntos de recarga implantados va a ser menor. Al final de esta etapa, estarán ya instalados 37 y 11 puntos de recarga de 11 kW y 22 kW respectivamente.

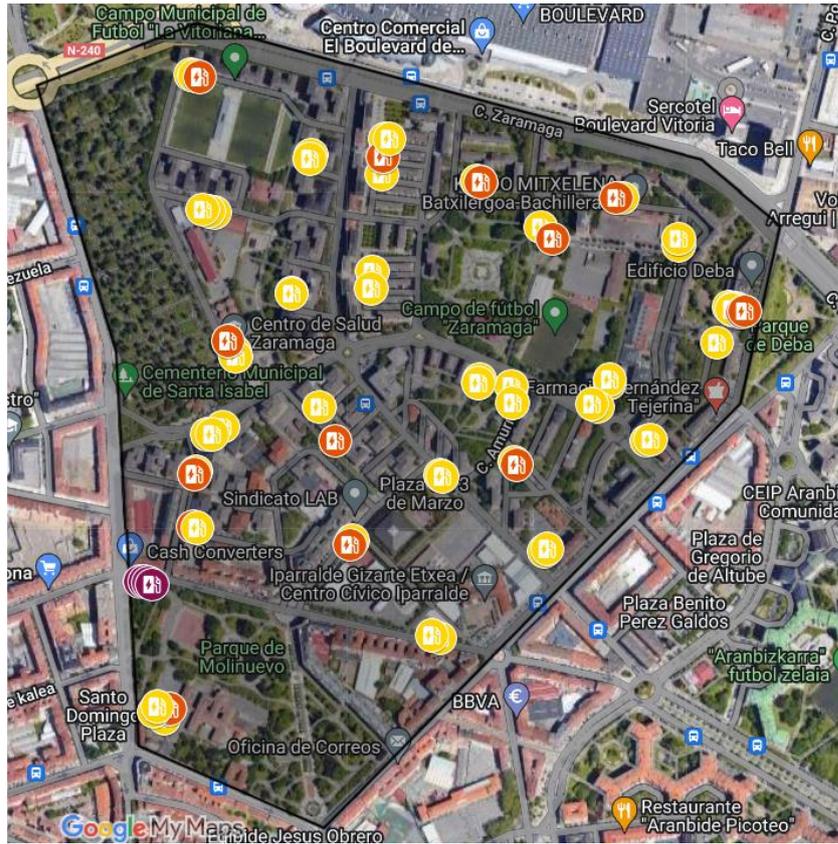


Figura 24. Reparto puntos de recarga Zaramaga 2045. My Maps

5.5.5. Etapa 4 (2045-2050)

La última etapa será la de finalizar la implantación de todos los puntos de recarga en el barrio de Zaramaga. Un total de 101 puntos de recarga (80 de 11 kW y 21 de 22 kW) formarán la red de puntos de recarga públicos para abastecer al barrio.

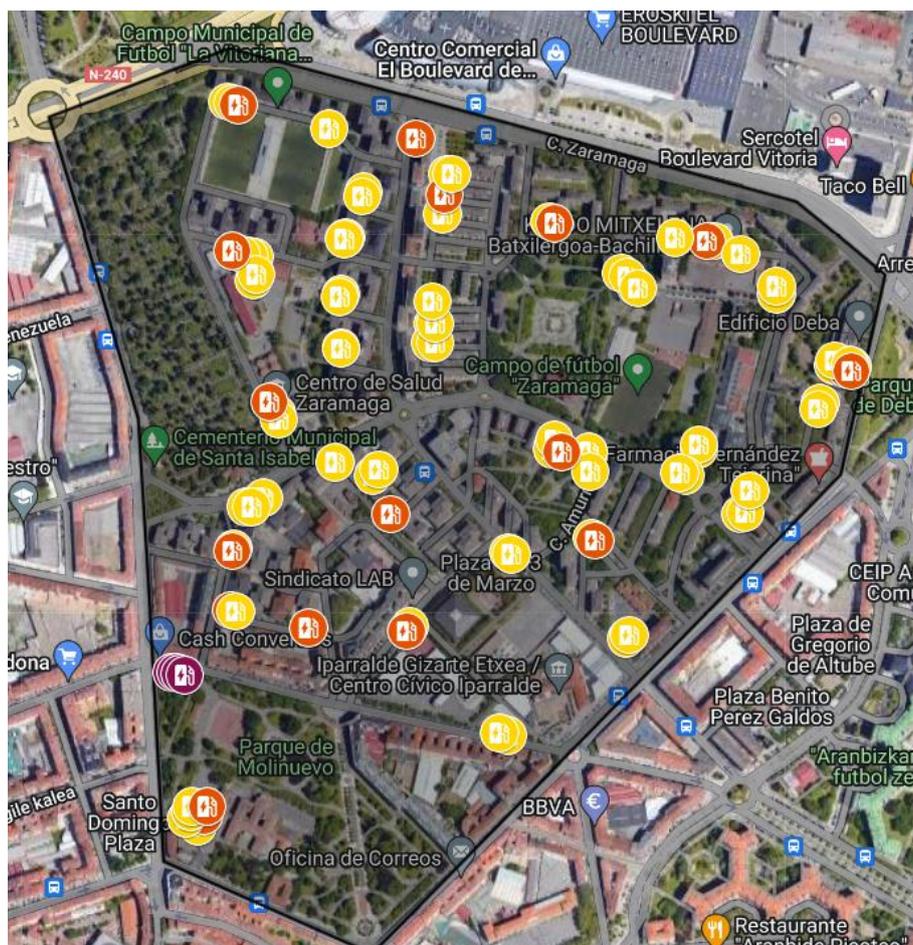


Figura 25. Reparto puntos de recarga Zaramaga 2050. My Maps

La zona con más concentración de puntos de recarga será el edificio Deba, el cual tiene un parking total de 325 plazas de las cuales 108 están reservado o pertenecen a residentes. Por lo tanto, para abastecer los que utilicen el parking público restante se instalarán 11 puntos de carga de 11 kW y 4 para vehículos de mayores necesidades o para una carga más rápida.



Figura 26. Reparto de puntos de recarga del edificio Deba

Se puede decir que la instalación de los puntos de recarga necesarios para satisfacer las necesidades de quienes no disponen de plaza de garaje ni punto de recarga en el trabajo se ha llevado a cabo de manera eficiente. En el siguiente gráfico se puede apreciar la evolución de la implantación de los puntos de recarga distribuidos homogéneamente desde el año 2023 hasta el 2049, porque cabe recordar que el objetivo es lograr la neutralidad climática para el año 2050.

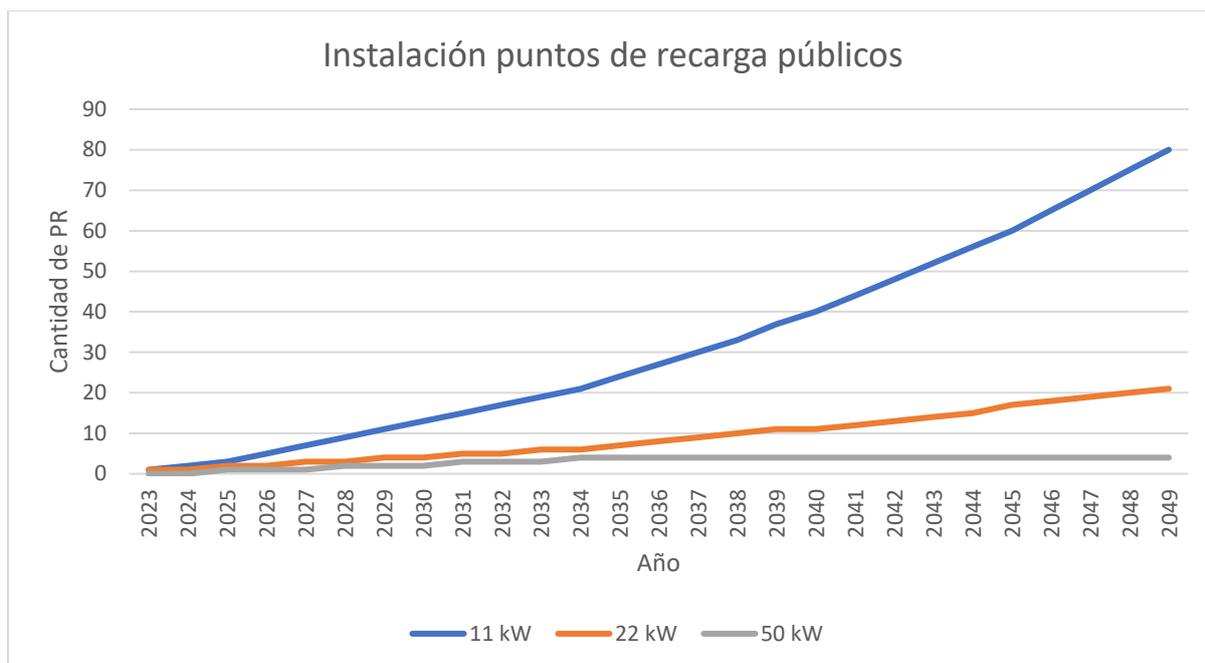


Gráfico 9. Evolución puntos de recarga públicos

Por lo tanto, se han instalado de manera bastante homogénea aumentando el ritmo de implantación de manera bastante ligera en los últimos años. De este modo, se han repartido los gastos y los recursos necesarios, haciendo así más viable y realista el proyecto.

5.6. Presupuesto

Una vez planificado la instalación de toda la infraestructura de recarga eléctrica, es importante analizar el coste que supondría tanto a nivel estructural como la mano de obra de este proyecto. Al implementarse progresivamente los costes también se van a repartir, por lo que va a resultar más factible que el resultado sea viable en este ámbito. Los costes utilizados van a ser una estimación, puesto que en la realidad cada instalación tiene sus particularidades por lo que se van a utilizar datos medios. También es importante destacar que NO se va a aplicar la inflación debido a su variabilidad en plazos de tiempo tan amplios.

5.6.1. Inversión en garajes de vecinos o privados

En los **garajes de vecinos** o **privados** se necesitan los siguientes elementos [64] para llevar a cabo la instalación de los puntos de recarga:

- Conexión a la red eléctrica o acometida

En este caso se va a suponer que es el contador personal de cada vivienda o la acometida comunitaria del garaje o del aparcamiento privado. Por lo tanto, se va a suponer que la conexión a red está ya disponible donde es necesario por lo que el coste será de **0 €**.

- Cableado y sus canalizaciones

Mediante las canalizaciones para el cableado se va a establecer la conexión desde la acometida hasta el punto de recarga.

- Base para la recarga

El elemento totalmente imprescindible para la instalación es la base para la recarga, que como dicta la ley tendrá que estar dentro de la plaza individual marcada por las líneas de pintura.

Para el cálculo del presupuesto de los garajes de vecinos se va a estimar un **coste de 2.500 € / punto de recarga**, incluido todo el cableado, las canalizaciones y el propio punto de recarga. Este dato se ha obtenido analizando diferentes fuentes de información [65] [66] [67] [68] [69] [70], contrastándolos con las empresas comentadas en el apartado teórico de puntos de recarga y consiguiendo un valor medio que se corresponda a la realidad. Es importante recalcar que en el caso de los garajes de vecinos las tareas de operación y mantenimiento irá a cargo de la figura del **gestor de carga**, el cual se va a suponer que en la cuota que se va a utilizar ya estará incluido ese gasto extra que sí se va a reflejar en el caso de los puntos de recarga de 11, 22 y 50 kW. Por lo tanto, en lo que a los puntos de recarga que respecta a los garajes de vecinos:

$$2.500 \frac{\text{€}}{PR} \cdot 1.724 PR = 4.310.000 \text{ €}$$

Coste puntos de recarga de garajes de vecinos = 4.310.000 €

5.6.2. Inversión aparcamientos vía pública

En la vía pública se han instalado puntos de recarga de 11 y 22 kW de manera homogénea e integrando una mayor densidad de puntos en plazas cercanas a lugares de interés.

En este caso también las características de cada punto son muy variables y esto puede conllevar que las tarifas a aplicar en la realidad sean diferentes con puntos de la misma potencia. En este caso, como se va a hacer una estimación de los costes, estas van a ser las cuotas a aplicar para la instalación y el propio equipo de los puntos de recarga de la vía pública, basada también en las diferentes fuentes de información disponibles [71] [72] [73]:

Potencia de 11 kW → 7.500 € / PR; Potencia de 22 kW → 10.000 € / PR

$$7.500 \frac{\text{€}}{\text{PR11}} \cdot 80 \text{ PR11} = 600.000 \text{ €}$$

$$10.000 \frac{\text{€}}{\text{PR22}} \cdot 21 \text{ PR22} = 210.000 \text{ €}$$

Además, al igual que ocurrirá después con los puntos de recarga rápida, va ser necesario la instalación de un centro de transformación en el caso de parking del edificio Deba, puesto que es inviable recibir esa potencia directamente en baja tensión. Para ello habría que realizar esa instalación que supondría un coste añadido, que en este caso se va a estimar en 6.000 € utilizando un transformador monobloque prefabricado [74].

Tan importante es realizar la instalación como las **tareas de operación y mantenimiento**, que suponen una gran parte del coste total de una instalación de estas características. En este caso, para predecir el balance económico del Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz se va a calcular el coste que va a suponer hasta el año 2050, y después se va a estimar cuánto va a costar año tras año. Por lo tanto, la inversión inicial y los costes anuales de operación y mantenimiento van a ser costos independientes.

Se van a suponer unas tarifas de 600 y 900 € anuales [71] para cada punto de recarga de 11 y 22 kW respectivamente, y se va a tener en cuenta la instalación progresiva de los puntos de recarga. La siguiente tabla detalla los costes de operación y mantenimiento de los puntos de recarga de cada tipo hasta el año 2050.

Tabla 21. Gastos de operación y mantenimiento

	11 kW	22 kW	TOTAL
2023-2035	73,800.00 €	37,800.00 €	111,600.00 €
2035-2040	90,600.00 €	40,500.00 €	131,100.00 €
2040-2045	144,000.00 €	58,500.00 €	202,500.00 €
2045-2050	210,000.00 €	85,500.00 €	295,500.00 €
Total	518,400.00 €	222,300.00 €	740,700.00 €

A partir del año 2050 y teniendo en cuenta los puntos de recarga de cada tipo instalados, se van a invertir en O&M 48.000 y 18.900 €.

Inversión inicial puntos de recarga públicos → 276.000 €

Costes de O&M hasta 2050 → 740.700 €

Costes de O&M (a partir de 2050) → 66.900 €/año

5.6.3. Inversión puntos de carga rápida electroliner

Solamente se han implementado puntos de carga rápida en la única gasolinera que entra en la superficie del barrio, en la cual se ha decidido instalar cuatro puntos de 50 kW. Esto implicaría un total de 200 kW de potencia instalados, y esto es un dato importante porque implica la necesidad de instalar también un centro de transformación. Mediante el centro de transformación se reducirá la tensión para poder darle uso en los puntos de recarga, y pese a que va a suponer un coste extra, es totalmente necesario para la instalación.

El precio de estas estaciones de carga es notablemente más elevado que los de menores potencias, además de que el cable necesita una sección más gruesa lo que supone más

coste. Teniendo en cuenta el centro de transformación, el punto de recarga [75] y demás elementos y la mano de obra, se estima un **coste de 35.000 € / punto de recarga**.

$$35.000 \frac{\text{€}}{PR} \cdot 4 PR = 140.000 \text{ €}$$

En este caso también será vital analizar los costes de operación y mantenimiento de estos puntos, puesto que al ser los más complejos estos gastos por cada uno de ellos será más elevado. En este caso, el gasto que se va a tener en cuenta va a ser de 3.500 € anuales por cada punto de recarga y que estos se van a instalar durante los primeros 12 años de manera repartida.

Inversión inicial puntos de carga rápidos → 140.000 €

Costes de O&M hasta 2050 → 287.000 €

Costes de O&M (a partir de 2050) → 14.000 €/año

Por lo tanto, hasta el año 2050 será importante hacer importantes inversiones para la instalación y mantenimiento de la infraestructura. En el siguiente gráfico se puede observar como la inversión anual (11/22/50 kW) tiene una tendencia ascendente, eso se debe por una parte a que cada año se instalarán más puntos de recarga, y por la otra, a que lógicamente los costes de O&M son cada vez mayores. Además, se pueden apreciar diferentes repuntes en la primera etapa, que se deben a la instalación de los puntos de carga rápida de 50 kW.

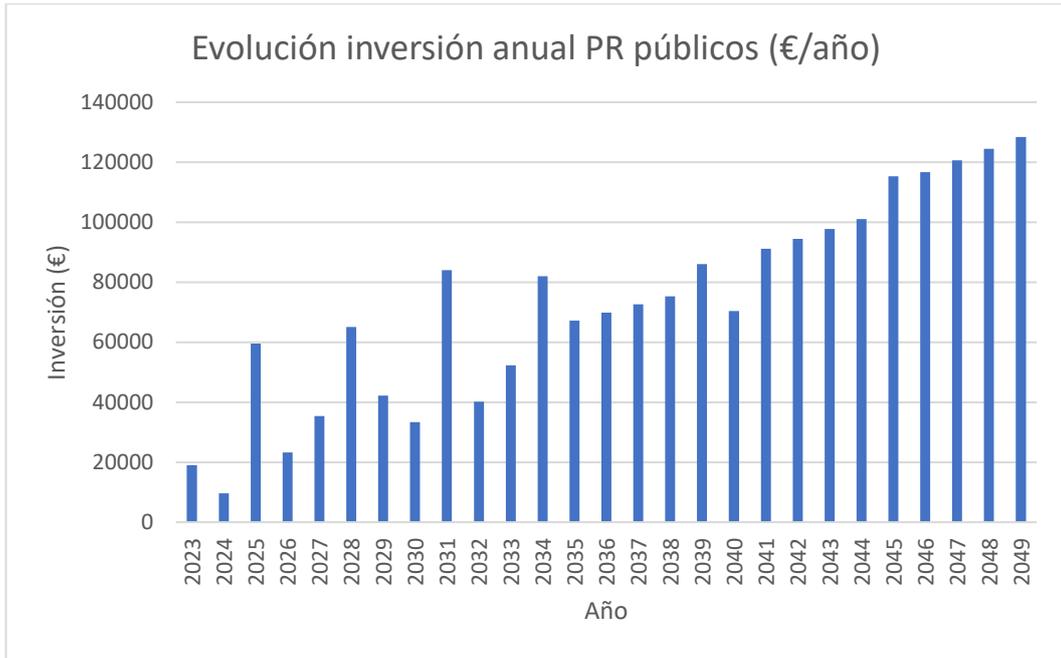


Gráfico 10. Evolución inversión anual PR públicos

6. IMPACTO Y BENEFICIOS NUEVO SISTEMA DE TRANSPORTE

6.1. Impacto ambiental

Una vez planificado el proyecto es importante analizar el impacto [76] que tendrá, tanto negativo como positivo, en los diferentes ámbitos. Es importante recalcar que en el **medio biótico** no tendrá ningún tipo de impacto, puesto que no alterará ni la fauna ni la flora del barrio, por lo que no se analizará. Tampoco se va a ver afectado ningún **valor patrimonial**, puesto que no va a verse modificado ningún patrimonio cultural/histórico ni ningún espacio natural protegido.

6.1.1. Impacto negativo

Está claro que un proyecto de estas magnitudes, pese a que el balance global sea positivo, también tiene sus partes negativas.

En cuanto al **impacto visual** será moderado, porque lo cierto es que los puntos de recarga van a ser visibles prácticamente por todo el barrio. Se intentará que el tamaño de las infraestructuras a utilizar sea el mínimo posible, y no utilizar colores que resalten en exceso. Es cierto que el punto tiene que ser visible, pero con una marca o un LED distintivo puede ser más que suficiente. En los garajes de vecinos y privados el impacto será menor, porque al no estar en la vía pública no van a estar visibles para la mayoría de la población, por lo que se considera que el impacto visual de esos puntos será bajo.

La implantación del vehículo eléctrico también implica en la construcción de los mismos el **uso de recursos finitos** sobre todo a la hora de generar las baterías. El litio no es un recurso infinito, por lo que ya se está estudiando el uso de diferentes elementos más abundantes en la naturaleza como el sodio o el manganeso. Si se consiguen alternativas eficientes esto dejaría de ser un problema, hasta entonces es importante aplicar economía circular en las baterías dándole a ese litio una segunda vida.

El **medio físico**, al contrario que el biótico, sí que se va a ver alterado, puesto que el suelo se va a ver afectado por las obras y diferentes excavaciones. Esto seguramente que vaya a crear excedentes de las obras que emitan partículas al aire y además generen ruido temporal en la zona.

6.1.2. Impacto positivo

Aunque todo proyecto tiene sus desventajas, los impactos positivos son más importantes que los negativos.

Para comenzar, el punto de partida es el **impacto atmosférico positivo** que tiene la sustitución del transporte con propulsión convencional al eléctrico. Para ello se va a suponer que para cuando el proyecto esté finalizado la energía eléctrica provendrá de fuentes renovables, y tampoco se va a tener en cuenta lo que va a emitir cada coche eléctrico en la fase de construcción, solamente se tendrá en cuenta la fase de circulación. Los niveles de PM_{2,5} y PM₁₀ se verán reducidos, así como los niveles de SO₂ o de NO₂. También los principales GEI que emiten los vehículos convencionales como lo son el CO₂ o el N₂O se verán notablemente reducidos a lo largo del proyecto. Esto se desarrollará más a fondo en el siguiente punto.

Un punto importante es la eliminación de la **contaminación acústica** que provocan hoy en día los vehículos convencionales sobre todo en ciudades con gran densidad poblacional. En este caso, dentro de las diferentes contaminaciones acústicas la que se refiere al tráfico viario es el ruido ambiental. Tal y como se puede apreciar en el “Mapa Estratégico del Ruido” de Vitoria-Gasteiz, uno de los barrios más afectados por el ruido del tráfico viario es el barrio de Zaramaga. Sobre todo, en las carreteras más transitadas por el tráfico viario, los niveles de ruido superan los 70 dB, incluso en zonas no tan transcurridas se puede apreciar niveles de ruido a tener en cuenta. Por lo tanto, mediante el vehículo eléctrico esta contaminación acústica viaria se va a ver eliminada.

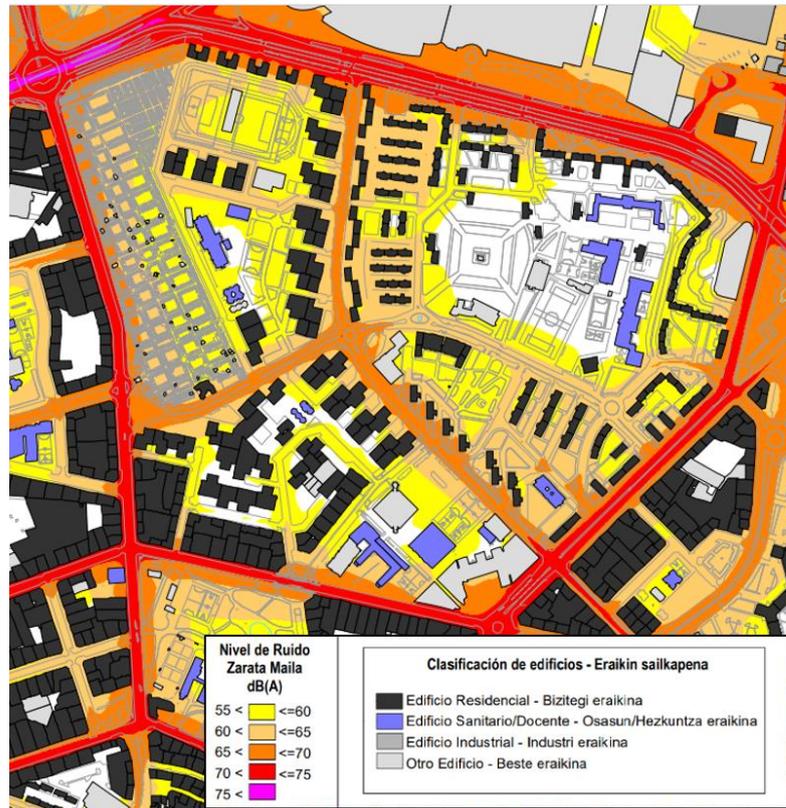


Figura 27. Mapa Estratégico del Ruido Zaramaga [77]

Otra ventaja de la electrificación es el **impacto económico** que tiene. Por una parte, toda la realización y desarrollo del proyecto va a crear nuevos puestos de trabajo y actividad socioeconómica tanto en la instalación como en el mantenimiento de las infraestructuras. Por otra parte, pese a que los ciudadanos tendrán que hacer una inversión para un VE, en su uso cotidiano va a ser más barato que los convencionales, puesto que el método de propulsión eléctrico es notablemente más barato que el diésel o la gasolina. Además, el mantenimiento de los vehículos eléctricos es más rápido y sencillo, por lo que es otro aspecto a tener en cuenta.

Se eliminará en su uso la **dependencia a recursos finitos** como es por ejemplo el petróleo, dando por hecho que la energía eléctrica será proveniente desde fuentes de energía renovables como la eólica, hidráulica, ... Según diferentes predicciones, al nivel de producción actual y teniendo en cuenta las diferentes tendencias, solamente quedan alrededor de 40 años de petróleo, por lo que esta transición es totalmente necesaria.

Además, y no menos importante, se desarrolla una **conciencia medioambiental** entre la población, lo cual es algo esencial para hacer frente al cambio climático y las trágicas consecuencias que acarrea. Este está siendo el objetivo de muchas empresas mediante diferentes campañas y métodos de concienciación que será básico para poder llevar a cabo este proyecto de neutralidad climática. En esta conciencia también es importante recalcar que el uso del transporte público electrificado y diferentes medios alternativos (caminando, a bicicleta o a patinete) será clave para conseguir la neutralidad climática. Esto es, no todo el mundo usará de manera continua en el año 2050 su vehículo eléctrico, sino que el abanico de medios tiene que ser amplio, pero siempre de cero emisiones.

6.2. Impacto emisión de gases

Una vez diseñada la infraestructura de puntos de recarga para los vehículos eléctricos en el año 2050, es importante analizar cómo ha afectado esta transición a la calidad del aire. Se va a suponer que la electricidad se ha obtenido mediante fuentes renovables, que es lo que realmente depara el futuro, por lo que se va a calcular lo que va a suponer el eliminar esas emisiones del tráfico rodado por zonas urbanas.

En la siguiente tabla se puede apreciar la afección del tráfico rodado de la ciudad para la emisión de cada una de las partículas que se van a analizar. La afección de lo que no son gases de escape se refiere a las emisiones de partículas generadas mediante el desgaste de los frenos, los neumáticos, de la superficie de la carretera y el polvo de carretera nuevamente suspendido.

Tabla 22. Afección de emisión gases transporte [78]

Partícula emitida	Afección gases de escape (%)	Afección no gases de escape (%)
CO₂	25	0
PM_{2,5}	5,39	4,5
PM₁₀	2,88	4,81
NO₂	75	0
SO₂	0,1	0

Por una parte, podemos apreciar que los niveles de **SO₂** apenas cambian con la transición hacia el VE, esto es porque apenas tiene influencia en estos niveles y encima en el barrio de Zaramaga y también en los demás, la influencia del **SO₂** es mínima, y no es generada por el tráfico rodado.

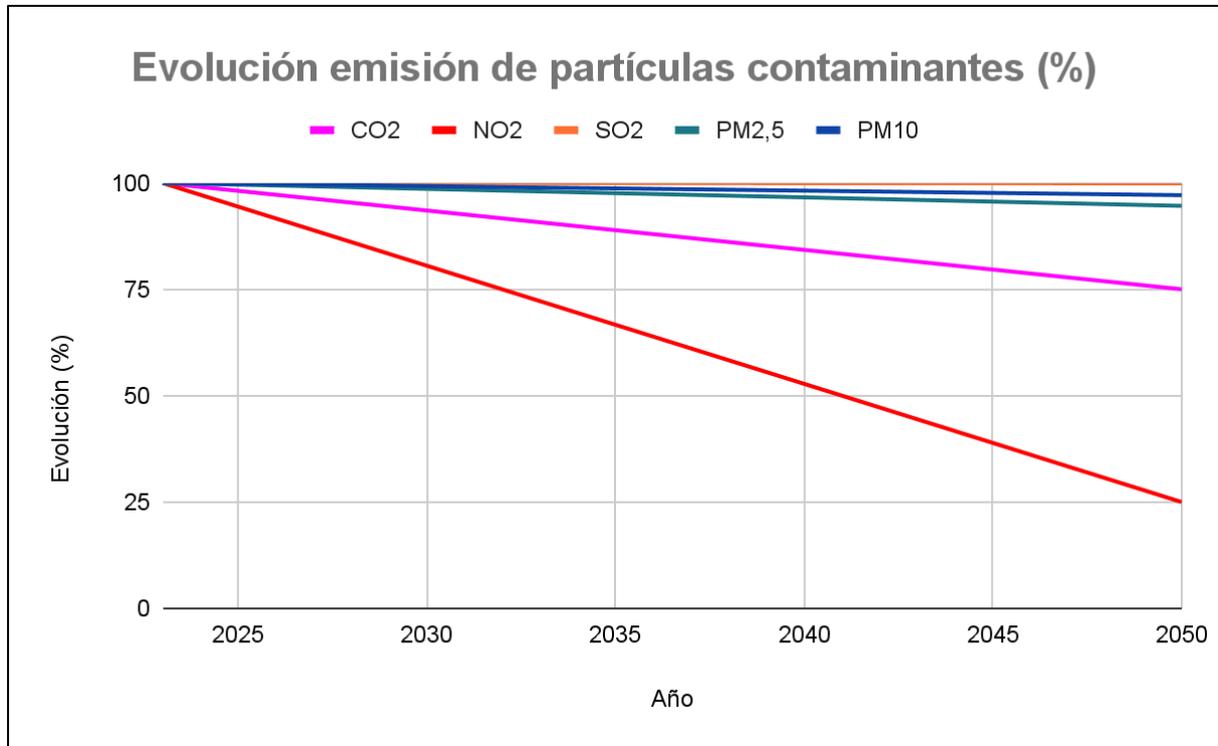


Gráfico 11. Evolución emisión de partículas contaminantes

El número de partículas **PM_{2,5}** y **PM₁₀**, a lo largo de las últimas décadas ha bajado bastante y esta transición hará que siga disminuyendo estos niveles, aunque la bajada no sea tan diferencial. Este tipo de partículas, las que tienen un diámetro entre 2,5 y 10 μm , sobre todo se desprenden mediante los diferentes rozamientos y desgastes que se dan a la hora de rodar por la carretera. Este tipo de partículas sobre todo proceden de partículas suspendidas y pueden provocar efectos nocivos en el aparato respiratorio. Entonces el reducir este tipo de partículas también es importante.

La bajada más importante se da en la emisión de **NO₂**, el cual se reduciría en el entorno urbano de Zaramaga aproximadamente en un 75 %, valores que se quedarían muy por debajo del límite de nitrógeno dióxido permitido, y sería un dato realmente importante en la reducción general de emisiones **NO_x**. Esto se va a deber sobre todo a la eliminación de los vehículos diésel, que son los que más **NO₂** emiten en comparación a las diferentes fuentes de energía. En Madrid,

por ejemplo, ha superado los valores máximos de NO₂ durante varios días, cosa que en Vitoria-Gasteiz no va a ocurrir con este proyecto.

6.2.1. Gases más importantes de efecto invernadero

Dos de los gases de efecto invernadero (GEI) que existen son el N₂O y el CO₂, los cuales el sector del transporte emite mediante los gases de escape. Los vehículos eléctricos emiten gases nocivos en su proceso de combustión y en su uso habitual mediante el rozamiento de diferentes elementos que provocan partículas en suspensión. Pero estos dos gases previamente mencionados no se emiten con el uso de los VE, por lo que se va a calcular lo que se va a dejar de emitir en cada una de las etapas teniendo en cuenta cuántos vehículos diésel y gasolina hay hoy en día en circulación en el barrio de Zaramaga. También se va a tener en cuenta el dato proveniente de “Miteco” sobre los desplazamientos medios de cada habitante en el estado (41,6 km). Para realizar el cálculo en vez de realizar el cálculo anualmente se va a tener en cuenta cada etapa en su totalidad, puesto que esto sirve como una aproximación válida.

6.2.1.1. Cálculo de ahorro de N₂O

El N₂O es uno de los gases que más afectan al efecto invernadero [90], y su reducción es uno de los retos más importantes a la hora de hacer la transición hacia un transporte más sostenible.

Tal y como se ha definido en la *Tabla 5*, en Zaramaga hoy en día existen 2.477 vehículos de gasolina y 2.800 diésel, sin hacer diferencia entre los diferentes tipos de vehículos porque la diferencia sería despreciable.

En la siguiente figura se aprecian los gramos de N₂O emitido por cada tipo de vehículo en función de la propulsión y dependiendo de si tiene catalizador o no (se va a suponer que todos tienen catalizador).

Tabla 23. Emisión N₂O en función de la propulsión [79]

Type of vehicle	g N ₂ O/km
Petrol car with no catalytic converter	0.005
Petrol car with catalytic converter	0.05
Diesel car	0.01

Por lo tanto, conociendo el dato que cada uno de esos vehículos recorre una distancia media de 41,6 km diarios, se va a proceder a calcular la masa de N₂O que se va a ahorrar en cada etapa mediante esta transición.

- **Ahorro etapa 1 (2023-2035)**

En esta etapa se habrá sustituido el 25 % de los vehículos diésel y gasolina a partes iguales. El ahorro será el siguiente:

$$\text{Diésel} = 0,25 \cdot 2.800 \text{ veh} \cdot 41,6 \frac{\text{km}}{\text{día}} \cdot 4.380 \text{ días} \cdot 0,01 \text{ g} \frac{\text{N}_2\text{O}}{\text{km}} = 1.275,46 \text{ kg}$$

$$\text{Gasolina} = 0,25 \cdot 2.477 \text{ veh} \cdot 41,6 \frac{\text{km}}{\text{día}} \cdot 4.380 \text{ días} \cdot 0,05 \text{ g} \frac{\text{N}_2\text{O}}{\text{km}} = 5.641,61 \text{ kg}$$

Total → **Ahorro de 6.917,07 kg N₂O**

- **Ahorro etapa 2 (2035-2040)**

En la segunda etapa se habrá sustituido el 45 % de los vehículos diésel y gasolina a partes iguales. El ahorro será el siguiente:

$$\text{Diésel} = 0,45 \cdot 2.800 \text{ veh} \cdot 41,6 \frac{\text{km}}{\text{día}} \cdot 1.825 \text{ días} \cdot 0,01 \text{ g} \frac{\text{N}_2\text{O}}{\text{km}} = 956,59 \text{ kg}$$

$$\text{Gasolina} = 0,45 \cdot 2.477 \text{ veh} \cdot 41,6 \frac{\text{km}}{\text{día}} \cdot 1.825 \text{ días} \cdot 0,05 \text{ g} \frac{\text{N}_2\text{O}}{\text{km}} = 4.231,21 \text{ kg}$$

Total → **Ahorro de 5.187,8 kg N₂O**

- **Ahorro etapa 3 (2040-2045)**

En cuanto a la penúltima etapa se habrá sustituido el 70 % de los vehículos diésel y gasolina a partes iguales. El ahorro será el siguiente:

$$\text{Diésel} = 0,70 \cdot 2.800 \text{ veh} \cdot 41,6 \frac{\text{km}}{\text{día}} \cdot 1.825 \text{ días} \cdot 0,01 \text{ g} \frac{\text{N}_2\text{O}}{\text{km}} = 1.488,03 \text{ kg}$$

$$\text{Gasolina} = 0,70 \cdot 2.477 \text{ veh} \cdot 41,6 \frac{\text{km}}{\text{día}} \cdot 1.825 \text{ días} \cdot 0,05 \text{ g} \frac{\text{N}_2\text{O}}{\text{km}} = 6.581,88 \text{ kg}$$

Total → **Ahorro de 8.069,91 kg N₂O**

- **Ahorro etapa 4 (2045-2050)**

La etapa se habrá sustituido el 100 % de los vehículos diésel y gasolina a partes iguales y será la etapa con más ahorro de N₂O. El ahorro será el siguiente:

$$\text{Diésel} = 1 \cdot 2.800 \text{ veh} \cdot 41,6 \frac{\text{km}}{\text{día}} \cdot 1.825 \text{ días} \cdot 0,01 \text{ g} \frac{\text{N}_2\text{O}}{\text{km}} = 2.125,76 \text{ kg}$$

$$\text{Gasolina} = 1 \cdot 2.477 \text{ veh} \cdot 41,6 \frac{\text{km}}{\text{día}} \cdot 1.825 \text{ días} \cdot 0,05 \text{ g} \frac{\text{N}_2\text{O}}{\text{km}} = 9.402,69 \text{ kg}$$

Total → **Ahorro de 11.528,45 kg N₂O**

Por lo tanto, el ahorro total hasta el año 2050 va a ser el siguiente:

$$\text{Ahorro N}_2\text{O} = 6.917,07 + 5.187,8 + 8.069,91 + 11.528,45 = \underline{\underline{\mathbf{31.703,23 \text{ kg N}_2\text{O}}}}$$

El óxido nitroso es uno de los gases más contaminantes de cara al efecto invernadero. Es cierto que en su mayoría procede de la gestión agrícola del suelo, pero el transporte representa según informes de EEUU [80] un 5 % de la emisión de este gas contaminante. Es cierto que en comparación con el carbono su afección es menos importante, pero es igual de nocivo por lo que procede calcular su ahorro. Como se puede apreciar, con esta transición a un modelo de transporte limpio se van a ahorrar más de 40 toneladas de óxido nitroso, un dato realmente importante.

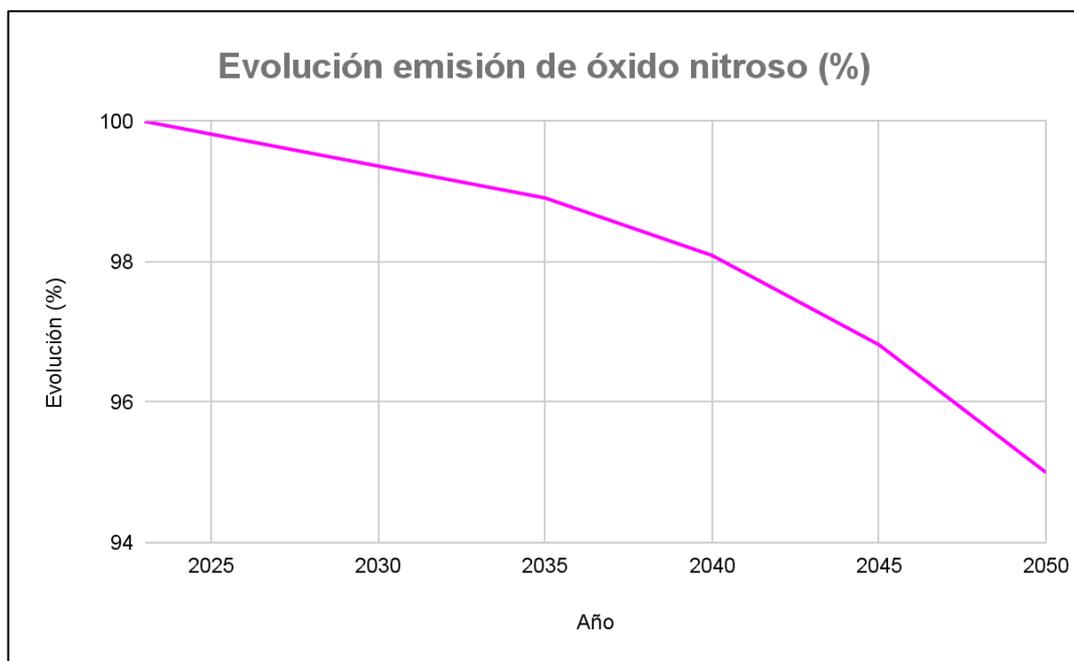


Gráfico 12. Evolución emisión de óxido nitroso

6.2.1.2. Cálculo de ahorro de CO₂

La información sobre la emisión de gramos de CO₂ es bastante dispersa desde diferentes fuentes de información. Depende de varios factores, por lo que la metodología que se va a utilizar va a ser la de analizar los cinco modelos de coche más vendidos en el año 2021 diésel y gasolina. Con los datos de sus emisiones se va a sacar una media de emisiones para cada fuente de energía y se va a proceder a calcular los ahorros de CO₂ correspondientes.

Tabla 24. Emisiones CO2 diésel más vendidos España

Modelo diésel vendido	Emisiones CO₂
Dacia Duster [81]	127 g CO ₂ /km
Peugeot 2008 [82]	113 g CO ₂ /km
Peugeot 3008 [83]	135 g CO ₂ /km
Kia Sportage [84]	138 g CO ₂ /km
Seat León [85]	120 g CO ₂ /km
Media	126,6 g CO ₂ /km

Tabla 25. Emisiones CO2 vehículos gasolina más vendidos España

Modelo gasolina vendido	Emisiones CO₂
Seat Arona [86]	115 g CO ₂ /km
Hyundai Tucson [87]	173 g CO ₂ /km
Fiat 500 [88]	111 g CO ₂ /km
Toyota Corolla [89]	171 g CO ₂ /km
Seat León [86]	105 g CO ₂ /km
Media	135 g CO ₂ /km

Una vez conocidos estos datos se va a realizar el mismo procedimiento que en el anterior caso para calcular el ahorro de CO₂ producido.

- **Ahorro etapa 1 (2023-2035)**

En esta primera etapa se habrá sustituido el 25 % de los vehículos diésel y gasolina a partes iguales. El ahorro de CO₂ será el siguiente:

$$\text{Diésel} = 0,25 \cdot 2.800 \text{ veh} \cdot 41,6 \frac{\text{km}}{\text{día}} \cdot 4.380 \text{ días} \cdot 126,6 \text{ g} \frac{\text{CO}_2}{\text{km}} = 16.147,27 \text{ Tm}$$

$$\text{Gasolina} = 0,25 \cdot 2.477 \text{ veh} \cdot 41,6 \frac{\text{km}}{\text{día}} \cdot 4.380 \text{ días} \cdot 135 \text{ g} \frac{\text{CO}_2}{\text{km}} = 15.232,36 \text{ Tm}$$

Total → **Ahorro de 31.379,63 Tm CO₂**

- **Ahorro etapa 2 (2035-2040)**

En esta etapa se habrá sustituido el 45 % de los vehículos diésel y gasolina. El ahorro será el siguiente:

$$\text{Diésel} = 0,45 \cdot 2.800 \text{ veh} \cdot 41,6 \frac{\text{km}}{\text{día}} \cdot 1.825 \text{ días} \cdot 126,6 \text{ g} \frac{\text{CO}_2}{\text{km}} = 12.110,45 \text{ Tm}$$

$$\text{Gasolina} = 0,45 \cdot 2.477 \text{ veh} \cdot 41,6 \frac{\text{km}}{\text{día}} \cdot 1.825 \text{ días} \cdot 135 \text{ g} \frac{\text{CO}_2}{\text{km}} = 11.424,27 \text{ Tm}$$

Total → **Ahorro de 23.534,72 Tm CO₂**

- **Ahorro etapa 3 (2040-2045)**

En este caso se habrá sustituido el 70 % de los vehículos diésel y gasolina a partes iguales. El ahorro será el siguiente:

$$\text{Diésel} = 0,70 \cdot 2.800 \text{ veh} \cdot 41,6 \frac{\text{km}}{\text{día}} \cdot 1.825 \text{ días} \cdot 126,6 \text{ g} \frac{\text{CO}_2}{\text{km}} = 18.838,48 \text{ Tm}$$

$$\text{Gasolina} = 0,70 \cdot 2.477 \text{ veh} \cdot 41,6 \frac{\text{km}}{\text{día}} \cdot 1.825 \text{ días} \cdot 135 \text{ g} \frac{\text{CO}_2}{\text{km}} = 17.771,09 \text{ Tm}$$

Total → **Ahorro de 36.609,57 Tm CO₂**

- **Ahorro etapa 4 (2045-2050)**

En la última fase se habrá sustituido la totalidad de los vehículos diésel y gasolina. El ahorro será el siguiente:

$$\text{Diésel} = 1 \cdot 2.800 \text{ veh} \cdot 41,6 \frac{\text{km}}{\text{día}} \cdot 1.825 \text{ días} \cdot 126,6 \text{ g} \frac{\text{CO}_2}{\text{km}} = 26.912,12 \text{ Tm}$$

$$\text{Gasolina} = 1 \cdot 2.477 \text{ veh} \cdot 41,6 \frac{\text{km}}{\text{día}} \cdot 1.825 \text{ días} \cdot 135 \text{ g} \frac{\text{CO}_2}{\text{km}} = 25.387,27 \text{ Tm}$$

Total → **Ahorro de 52.299,39 Tm CO₂**

En conclusión, el ahorro total de carbono dióxido hasta el año 2050 va a ser el siguiente:

$$\text{Ahorro CO}_2 = 31.379,63 + 23.534,72 + 36.609,57 + 52.299,39 = \underline{\underline{143.823,31 \text{ Tm CO}_2}}$$

El CO₂ es uno de los gases de efecto invernadero que más afectan de cara al cambio climático y, en consecuencia, al calentamiento global del planeta. Estas emisiones, más allá de la pandemia, no se han reducido en los últimos años y es un problema que de

seguir así puede desencadenar en grandes desastres como desapariciones de ecosistemas y especies, aumento del nivel del mar y desastres naturales, migraciones masivas, ... Por ello es importante reducir la huella de carbono y en España el sector con mayor impacto es el del transporte con un 27 %. Al llevar a cabo este proyecto, de cara al año 2050, se habrá eliminado por completo esta fuente de emisión, suponiendo siempre que la energía eléctrica utilizada va a proceder de fuentes renovables por completo. Por lo tanto, así va a evolucionar la emisión de CO₂ en cuanto al sector del transporte.

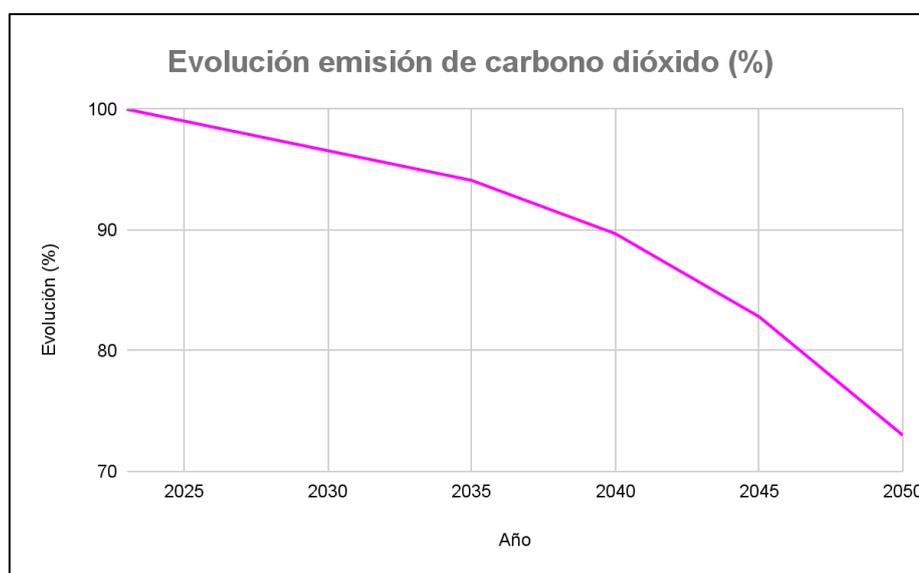


Gráfico 13. Evolución emisión de carbono dióxido

De este modo, los niveles de CO₂ y de N₂O [90], que son los gases que emiten los vehículos que más aportan al efecto invernadero y al calentamiento global, se reducirían considerablemente al eliminar una fuente importante como es el del transporte terrestre.

6.3. Análisis de viabilidad

Un análisis de viabilidad [91] analiza la probabilidad de poder llevar a cabo un proyecto concreto. En este caso, se va a analizar la viabilidad de implantar todos los puntos de recarga necesarios en el plazo concretado (hasta el año 2050). Mediante este análisis, aparte de aprobar

o desechar el proyecto, ayuda al empresario o al órgano ejecutor a determinar diferentes frentes como el análisis de costes, viabilidad estructural, social, ...

6.3.1. Viabilidad técnica

La viabilidad técnica analiza si se tienen los recursos técnicos necesarios para llevar a cabo el proyecto. En este caso, la tecnología actual ya cuenta con el hardware y software necesarios, así como la experiencia y conocimientos para llevar a cabo la infraestructura. Hoy en día la implantación de los puntos de recarga no es una tecnología nueva, por lo que técnicamente el proyecto es viable.

6.3.2. Viabilidad económica

Esta es la parte que analiza los costes y beneficios de un determinado proyecto. El coste total del proyecto, sobre todo en los puntos de carga instalados en la vía pública, es relativamente importante, pero, al ser una etapa de obligada transición es una inversión que es totalmente necesaria pese al costo. Aun así, son muchas las ayudas económicas que se reciben para instalar los puntos de recarga. En cuanto al costo de los puntos en garajes de vecinos, cada uno tiene un coste de 2.500 € por instalación, pero en este caso también hay ayudas importantes que en un futuro dejarán de existir, por lo que ahora puede ser buen momento para llevar a cabo la instalación. Además, los costes están repartidos a lo largo de varios años hasta 2050, esto hace que sea más viable que el reparto de costos sea asumible para el órgano ejecutor. Por lo tanto, económicamente también se va a catalogar como un proyecto viable.

6.3.3. Viabilidad de mercado

La viabilidad de mercado de un proyecto determina la posibilidad de que haya una oportunidad de mercado para el producto que se vende. En este caso, la demanda de implementar los coches eléctricos va a ser evidente. Más allá de la conciencia que pueda tener o no la población, las diferentes leyes y normativas medioambientales van a

empujar esa transición y la demanda del producto (infraestructura eléctrica) va a ser más que notable. Por lo tanto, en cuanto al mercado es un proyecto totalmente viable y que seguramente se dé a cabo con el paso de los años.

6.3.4. Viabilidad legal

Otra de las importantes variables es la de la viabilidad legal del proyecto, el cual determina si entra en controversia con alguna ley, decreto o norma o si, por lo contrario, cumple todos los requisitos necesarios. En este caso, precisamente la implantación de toda la infraestructura responde a la nueva Ley de Cambio Climático y Transición Energética de neutralidad climática de cara al año 2050. Por otra parte, no se han tenido en cuenta las diferentes normativas relativas a la parte más técnica sobre todo en cuanto a la infraestructura eléctrica, por lo que habría que hacer ese análisis más a fondo a la hora de instalar cada punto de recarga en su debida ubicación. Por lo que este proyecto responde a las normativas actuales, pero habría que revisar si cumple la normativa técnica en cuanto a la infraestructura eléctrica.

6.3.5. Viabilidad de programación

En este caso se analizará si la planificación en el lapso temporal previsto es viable. En este caso, se ha definido para que se lleve a cabo desde el año 2023 hasta el 2050 repartido en diferentes etapas con diferentes ritmos de instalación. Esta planificación permite un reparto bastante equitativo de los recursos, tanto materiales como económicos, por lo que la planificación no va a suponer un problema. El lapso temporal es bastante amplio, coincidiendo con las previsiones y las diferentes normativas, por lo que la programación es totalmente viable.

6.3.6. Viabilidad operativa

Este apartado estudia si la operatividad del proyecto es válida o no, de algún modo engloba los anteriores apartados. Teniendo en cuenta que la viabilidad en los diferentes

ámbitos ha sido totalmente aceptable, se determina que es un proyecto con altas posibilidades de ser operativo y viable en este aspecto.

7. CONCLUSIONES

7.1. Tabla y gráficos resumen

En este apartado se van a exponer una tabla resumen de las conclusiones más importantes de este proyecto. Los datos se van a mostrar en forma acumulativa, de manera que se va a poder apreciar la evolución tanto de la infraestructura de recarga, los costes y los ahorros de gases de efecto invernadero.

Tabla 26. Tabla resumen conclusiones importantes proyecto

	2023	2035	2040	2045	2050
% vehículos convencionales	100	75	55	30	0
Cantidad vehículos convencionales	5.310	3.982	2.920	1.593	0
% vehículos eléctricos	0 *	25	45	70	100
Cantidad vehículos eléctricos	0 *	1.328	2.390	3.717	5.310
Cantidad VE carga garajes vecinos	0	431	776	1.207	1.724
Cantidad VE carga trabajo	0	466	839	1.305	1.864
Cantidad VE carga vía pública	0	431	775	1.205	1.722
Cantidad PR puesto trabajo (ext.)	0	466	839	1.305	1.864
Cantidad PR vecinos 7,4 kW	0	431	776	1.207	1.724
Cantidad PR públicos 11 kW	0	21	37	56	80
Cantidad PR públicos 22 kW	0	6	11	15	21
Cantidad PR públicos 50 kW	0	4	4	4	4
Presupuesto total vecinos (€ x10³)	0	1.077,5	1.939,5	3.017	4.310
Inversión Ayuntamiento (€)	0	546.100	917.200	1.372.200	1.977.700
Ahorro N₂O (kg)	0	6.917	12.104	20.173	31.703
Ahorro CO₂ (Tm)	0	31.380	54.915	91.525	143.823

* Se considera cero porque actualmente no existe en el barrio ninguna infraestructura de recarga

En el siguiente gráfico se puede apreciar la estimación de cómo será el reparto de zonas de recarga en un futuro en Zaramaga. Se puede concluir un equilibrio bastante importante entre la población que va a recargar su VE en el puesto de trabajo, la que lo va a hacer en su garaje comunitario y los que lo harán en la vía pública. Este último caso será el menos utilizado si las previsiones se cumplen, pese a que las diferencias son mínimas y las tendencias tanto demográficas como socioeconómicas son y van a ser bastante volátiles.

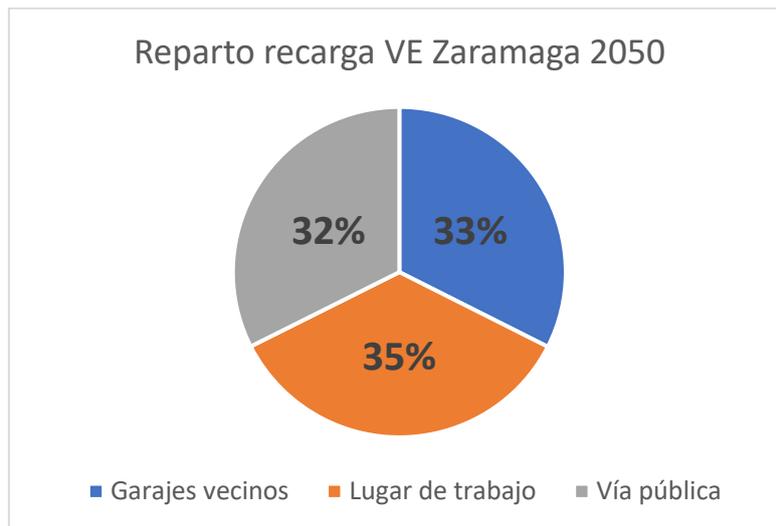


Gráfico 14. Reparto recarga VE Zaramaga 2050

Por una parte, el 33 % correspondiente a los garajes de vecinos va a utilizar un cargador de 7,4 kW por cada plaza. Por otra parte, el 32 % va a hacer su recarga en la vía pública, por lo general en puntos cercanos a su residencia o sino en los puntos de carga rápida.

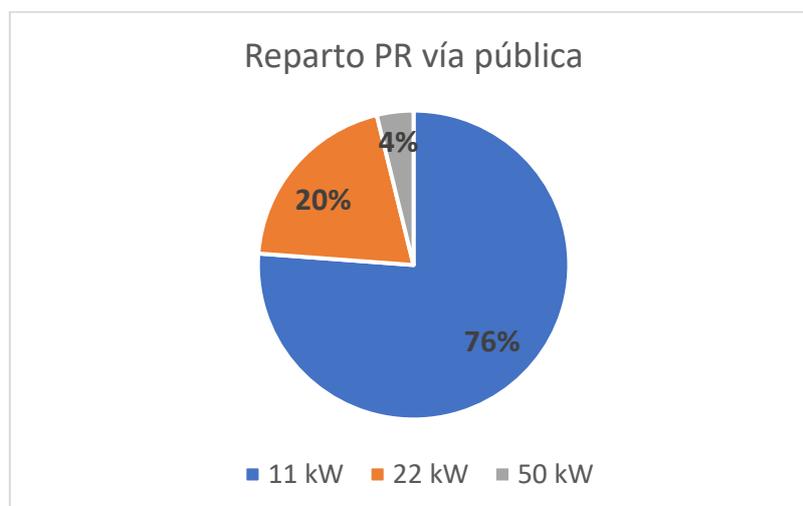


Gráfico 15. Reparto PR vía pública

7.2. Conclusiones generales

Tras haber contextualizado el proyecto, se ha diseñado la red de puntos de recarga de vehículos eléctricos de manera progresiva hasta el año 2050. De este modo se ha posibilitado que la transición de los vehículos de propulsión convencional (coches, furgonetas e incluso motocicletas) sean sustituidos por una alternativa eléctrica de cero emisiones durante su uso. Se ha llevado a cabo un reparto homogéneo de los puntos de recarga públicos, cuya cantidad se ha calculado a partir de una metodología utilizada en el Reino Unido. Mediante esos cálculos se ha decidido instalar 80 puntos de recarga con potencia de 11 kW y 21 puntos de 22 kW para vehículos con mayores necesidades, tal y como se puede apreciar en la tabla anterior. Además, se ha decidido implementar 4 puntos de carga rápida de 50 kW donde actualmente se encuentra la única gasolinera del barrio.

Estos estarán dirigidos a los vehículos que vayan de paso y necesiten una carga instantánea o incluso para furgonetas con baterías más potentes. De todos modos, con la planificación que se ha llevado a cabo tendría que ser necesario para abastecer a todos los vehículos del barrio teniendo en cuenta el actual parque de vehículos del barrio. Por último, también se van a implementar puntos de carga en los garajes de vecinos y privados, en los cuales cada plaza de garaje constará con su punto de recarga de 7,4 kW, potencia suficiente para poder cargar el coche durante la noche.

Prácticamente el tercio de los vehículos eléctricos se van a cargar en los lugares de trabajo externos al barrio, otro tercio en los garajes de vecinos y todos los demás cargarán en la vía pública.

Así se ha conseguido reducir varios parámetros que afectan al nivel de calidad del aire como pueden ser las $PM_{2,5}$ o PM_{10} , así como el SO_2 o el NO_2 . Además de ello, se ha visto una importante reducción de dos de los gases que más influyen en el cambio climático como lo son el N_2O y, sobre todo, el CO_2 . En el caso del primero, los vehículos lo emiten en menor medida que el carbono dióxido, lo que supone un ahorro de 31.703,23 kg de N_2O a lo largo de las cuatro etapas. En el caso del CO_2 sí que se aprecia un importantísimo ahorro para un barrio como Zaramaga, y es que se van a dejar de emitir 143.823,31 toneladas de este gas. Para ello se ha supuesto que la energía eléctrica que se va a obtener provendrá de fuentes de energía renovables (que es otro de los retos a los que se enfrenta el estado) y solamente se ha tenido en cuenta la fase operativa del vehículo, esto es, las emisiones generadas en la construcción de

cada VE no se han tenido en cuenta. Aun así, está claro que con el uso las emisiones de CO₂ se reducen frente a los vehículos de gasolina y diésel, por lo que la reducción de GEI va a ser muy significativa.

En cuanto al presupuesto se tiene que dividir en dos partes. Por una parte, el mayor gasto del barrio está en todos los puntos de carga que se van a implementar en los garajes de vecinos, que serán respaldados por los diferentes planes de ayuda y para cada usuario no va a suponer un gasto inasumible. En cuanto al Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz, contemplará un gasto anual importante pero factible para sus presupuestos. El motivo es que casi el 66 % de la carga correrá a cargo de particulares o de empresas, por lo que la flota a alimentar en la vía pública no es excesiva.

Como ya se ha analizado anteriormente, con las suposiciones que se han realizado es un proyecto viable, el cual puede servir como previsión para lo que ocurrirá en las siguientes décadas con el objetivo de conseguir la neutralidad climática para el año 2050. Por lo tanto, podría catalogarse como una simulación de lo que debería de ser la transición hacia un modelo de movilidad sostenible. Lo que es cierto es que las diferentes alternativas de transporte van a tener que adquirir más importancia, porque aparte del VE es importante el uso de recursos como el transporte público (electrificado como el BEi), la bicicleta, patinete e incluso el más básico, el ir caminando. Todo esto tiene que ir de la mano de la conciencia medioambiental que tiene que adquirir la población, porque el aportar para mejorar la situación es algo que está en mano de todos y la situación es crítica. El momento de actuar es ahora y este cambio tiene que venir tanto desde cada uno como desde las autoridades. Por lo que esta transición hacia un modelo de movilidad sostenible es imprescindible y en muchos países ya se está dando.

7.2. Claves para la futura movilidad sostenible

La movilidad sostenible es un reto a nivel mundial que es necesario abarcar desde las ciudades más pequeñas hasta las más pobladas. Es una necesidad que cada vez corre más prisa y a la cual hay que dar una respuesta inmediata en un corto plazo de tiempo. Hay diferentes claves para lograr esa neutralidad climática en ese ámbito mirando de cara al futuro:

- **La electrificación del transporte**, eje de este proyecto, va a ser una de las claves más importantes para conseguir la movilidad sostenible. Esta transición va a ser progresiva,

al igual que la implantación de la infraestructura y red de puntos de carga en las diferentes ciudades para conseguir los diferentes objetivos marcados para 2050.

- **La consolidación de energías renovables** es otra de las claves, puesto que de nada sirve utilizar un vehículo de cero emisiones si para lograr su combustible se han generado GEI desde las diferentes centrales convencionales. Por lo tanto, potenciar ese uso de las energías renovables es sin duda clave para conseguir la neutralidad climática.
- **La construcción sostenible de los VE** es realmente importante, puesto que hoy en día se genera más gases contaminantes en el proceso de construcción de un vehículo eléctrico que en un convencional. Además, hay diferentes materiales como el litio que no son infinitos, eso quiere decir que las reservas se van a ir acabando y, al subir la demanda y bajar la oferta, los precios subirían. Por lo tanto, alternativas que ya se están estudiando como el sodio o el manganeso pueden ser clave en este aspecto.
- **El fomento del transporte público y medios alternativos** va a ser vital sobre todo para reducir las emisiones en las ciudades. Además, en el caso de Vitoria-Gasteiz el transporte público comienza a ser eléctrico mediante el BEi, lo cual hace aún más interesante el uso del autobús. Alternativas como la bicicleta, el patinete VMP o el caminar siempre serán las mejores opciones medioambientalmente, por lo que adaptar la ciudad para facilitar su uso es también indispensable. En este aspecto la ciudad alavesa es un ejemplo para muchas otras por la transición que viene haciendo en las últimas décadas y que le ha llevado a ser Green Capital Europea, pero ese proceso tiene que continuar.
- **La utilización de vehículos compartidos** para realizar viajes diarios como ir a trabajar, ir al lugar de estudio, ... es una acción que reduce en una medida importante las emisiones y la energía utilizada. Además, es una medida que se puede empezar a aplicar desde ya, puesto que no es necesario ni infraestructuras ni nuevas tecnologías, es algo que tiene que salir de cada uno y que además es para el beneficio de todos.
- **La implementación de Zonas de Bajas Emisiones** puede ser clave para realizar la transición en diferentes ciudades. Por ejemplo, hoy en día en Madrid ya existen varias

restricciones para circular con ciertos vehículos en diferentes zonas. Ese tipo de medidas pueden ser las que hagan que la movilidad eléctrica coja más impulso.

- **La conciencia medioambiental** es muy importante para poder llevar a cabo esta transición. Sin la concienciación de la población es imposible llegar a un modelo de cero emisiones, porque varios de los puntos importantes tienen que salir de cada uno, y sin la implicación de la sociedad es imposible llegar a ese modelo. Hoy en día se realizan diferentes proyectos y campañas de concienciación y poco a poco la población se va dando cuenta de la gravedad del asunto para tomar ciertas medidas.
- **Un sistema conectado e inteligente** permite recopilar una gran cantidad de datos y adaptar cada situación al contexto ideal para ser lo más eficientes posible. Aquí coge mucha importancia el Big Data y para eso es imprescindible que el sistema esté conectado. Para ello es muy importante el desarrollo tecnológico que se va a dar los próximos años, puesto que sin este desarrollo la transición no sería posible.

Por lo tanto, asumiendo y llevando a cabo todos estos diferentes factores es posible lograr el objetivo propuesto de cara al año 2050 en cuanto al sistema de transporte. El objetivo de este proyecto era simular esa etapa transitoria y analizar su viabilidad, presupuesto e impacto que tendría y se puede concluir que es viable y además imprescindible de cara al futuro no tan lejano.

8. BIBLIOGRAFIA

- [1] González Del Hoyo, I. (2021–2022). *Seminario en transporte*.
https://egela.ehu.es/pluginfile.php/5914466/mod_resource/content/1/Master%20Sost%202021-2022%20SEMINARIO%20TRANSPORTE.pdf
- [2] Gobierno Vasco. (2018). *PLAN DIRECTOR DE TRANSPORTE SOSTENIBLE DE EUSKADI 2030*.
https://www.euskadi.eus/contenidos/informacion/garraioak_iraunkorrearen_gida/es_def/adjuntos/PDTS_Euskadi_2030_ES.pdf
- [3] *Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2021–2030*. (2020). Miteco.
<https://www.miteco.gob.es/es/prensa/pniec.aspx>
- [4] Statista. (2022, 13 abril). *Número anual de vehículos eléctricos matriculados en España 2013–2021*. <https://es.statista.com/estadisticas/729638/numero-anual-de-vehiculos-electricos-matriculados-espana/>
- [5] Gobierno Vasco. (2022). *PROYECTO DE LEY DE MOVILIDAD SOSTENIBLE DE EUSKADI*. https://bideoak2.euskadi.eus/2022/03/29/news_76211/PL_Movilidad.pdf
- [6] Gobierno Vasco. (2016). *ESTUDIO DE LA MOVILIDAD DE LA COMUNIDAD AUTÓNOMA VASCA*.
https://www.euskadi.eus/contenidos/documentacion/em2016/es_def/adjuntos/Estudio_Movilidad_CAPV2016.pdf
- [7] *Qué es el cambio climático*. (2017). Miteco. <https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/cumbre-cambio-climatico-cop21/el-cambio-climatico/>
- [8] *Global Greenhouse Gas Emissions Data*. (2022, 25 febrero). US EPA.
<https://www.epa.gov/ghgemissions/global-greenhouse-gas-emissions-data>
- [9] Naturgy. (2020). *La generación eléctrica en España*. Naturgy.com.
https://www.naturgy.com/la_generacion_electrica_en_espana_ha_reducido_a_la_mitad_sus_emisiones_desde_la_aplicacion_del_mercado_de_derechos_de_co2
- [10] EITB. (2022, 3 enero). *Vitoria-Gasteiz empieza el año con 254.445 habitantes*.
<https://www.eitb.eus/es/radio/radio-vitoria/programas/radio-vitoria-gaur->

[actualidad/detalle/8557881/vitoriagasteiz-empieza-ano-con-254445-habitantes-444-mas-que-en-2021/](https://www.elpais.com/actualidad/detalle/8557881/vitoriagasteiz-empieza-ano-con-254445-habitantes-444-mas-que-en-2021/)

[11] Colaboradores de Wikipedia. (2022, 26 agosto). *Vitoria*. Wikipedia, la enciclopedia libre. <https://es.wikipedia.org/wiki/Vitoria>

[12] *Sitio web del Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz - Ciudad verde - Turismo en Vitoria-Gasteiz*. (2020). Vitoria-Gasteiz.org. https://www.vitoria-gasteiz.org/wb021/was/contenidoAction.do?idioma=es&uid=u_381301f_12c0b0a6541__7fdf

[13] Verdasco, Á. D. (2022, 4 enero). *Zabalgana y Lakua-Arriaga son los barrios más poblados de Vitoria*. Gasteiz Hoy. <https://www.gasteizhoy.com/poblacion-barrios-vitoria-2022/>

[14] Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz. (2021). Consulta indicadores por barrio. Public Tableau. <https://public.tableau.com/app/profile/gasteizko.udala/ayuntamiento.de.vitoria/viz/Consultaindicadoresporbarrio/Historia>

[15] Gasteiz Hoy (2022, 22 agosto). *Los barrios de Vitoria-Gasteiz: ¿cómo se divide la ciudad?* Gasteiz Hoy. <https://www.gasteizhoy.com/los-barrios-de-vitoria-gasteiz/>

[16] *Google Maps*. (2022). Google Maps. <https://www.google.es/maps>

[17] Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz. (2018). *El parque de vehículos en Vitoria-Gasteiz*. Vitoria-Gasteiz.org. <https://www.vitoria-gasteiz.org/docs/wb021/contenidosEstaticos/adjuntos/es/45/58/84558.pdf>

[18] Pareja, R. (2022, 4 abril). *Realmente, ¿cuántos coches eléctricos hay en España?* Car and Driver. <https://www.caranddriver.com/es/coches/planeta-motor/a58556/coche-electrico-en-espana-cuantos-hay/>

[19] Colaboradores de Wikipedia. (2022a, agosto 21). *BEI de Vitoria*. Wikipedia, la enciclopedia libre. https://es.wikipedia.org/wiki/BEI_de_Vitoria

[20] Informativa, V. (2021, 7 noviembre). *BEI en Vitoria-Gasteiz: «Más seguro, accesible, sostenible e innovador»*. Gasteiz Hoy. <https://www.gasteizhoy.com/bei-vitoria-gasteiz/>

- [21] *ESTRATEGIA ESPAÑOLA DE MOVILIDAD SOSTENIBLE*. (2020). Miteco. https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/participacion-publica/290409_eems_definitiva_tcm30-184109.pdf
- [22] *The World Air Quality Index project*. (2022). Contaminación del aire de España: Mapa de la calidad del aire en tiempo real. aqicn.org. <https://aqicn.org/map/spain/es/>
- [23] Gobierno Vasco-. (2022). *Uda. Basque Administration Web Portal*. <https://www.euskadi.eus/aa17aMovilidadWar/estaciones/detalle/75?R01HNoPortal=true>
- [24] Seur (2020, 21 enero). *La importancia de la medición de la calidad del aire*. SEUR. <https://blog.seur.com/medicion-calidad-del-aire/>
- [25] *Emisiones contaminantes de los diferentes modelos de vehículos*. (2021, 19 septiembre). On The Road Trends – Together we move the world. <https://www.ontheroadtrends.com/tipos-emisiones-coches-contaminantes/>
- [26] *Motor vehicle pollution*. (2017). tnr.qld.gov.au. <https://www.tnr.qld.gov.au/Community-and-environment/Environmental-management/How-you-can-make-a-difference/Motor-vehicle-pollution>
- [27] *Greenhouse Gas Emissions from a Typical Passenger Vehicle*. (2022, 30 junio). US EPA. <https://www.epa.gov/greenvehicles/greenhouse-gas-emissions-typical-passenger-vehicle>
- [28] *Map of charging stations and charging points for EV - Electromaps*. (2022). Electromaps. <https://www.electromaps.com/es-ES>
- [29] *Número de plazas de garaje por cada barrio de Vitoria*. (2018). peralesdigital. <https://www.peralesdigital.com/blog/plazas-de-garaje-en-vitoria/>
- [30] Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz. (2021b). *PLAN DE MOVILIDAD SOSTENIBLE Y ESPACIO PÚBLICO DE VITORIA-GASTEIZ (2021–2025)*. <https://www.vitoria-gasteiz.org/docs/wb021/contenidosEstaticos/adjuntos/es/45/92/94592.pdf>
- [31] Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz. (2019). *Vehículos y movilidad*. public.tableau. <https://public.tableau.com/app/profile/gasteizko.udala/ayuntamiento.de.vitoria/viz/Vehiculosy-movilidad/Vehiculosymovilidad>

- [32] Jefatura del Estado. (2013). *Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico*. (N.o 310). boe.es. <https://www.boe.es/buscar/pdf/2013/BOE-A-2013-13645-consolidado.pdf>
- [33] Jefatura del estado. (2021). *I. DISPOSICIONES GENERALES*. <https://www.boe.es/boe/dias/2021/12/22/pdfs/BOE-A-2021-21096.pdf>
- [34] Ministerio de Industria, Energía y Turismo. (2022). *ITC BT 52*. <https://www.boe.es/buscar/pdf/2014/BOE-A-2014-13681-consolidado.pdf>
- [35] BBVA. (2022, 4 abril). *¿Qué es el automóvil eléctrico? BBVA NOTICIAS*. <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-es-el-automovil-electrico/>
- [36] Hita, M. Á. (2021, 12 noviembre). *Estos son los seis tipos de coches eléctricos y electrificados, por si estás buscando uno de segunda mano*. Motorpasión. <https://www.motorpasion.com/compra-coches/conoce-que-tipos-coches-electricos-hay-sus-caracteristicas-estas-buscando-uno-segunda-mano>
- [37] Plaza, D. (2022, 17 febrero). *Conoce todas las partes de un coche eléctrico*. Motor.es. <https://www.motor.es/coches-electricos/partes-coche-electrico-202284585.html>
- [38] Murias, D. (2020, 5 abril). *Anatomía de un coche eléctrico: su sencilla mecánica, al desnudo*. Motorpasión. <https://www.motorpasion.com/coches-electricos/anatomia-coche-electrico-su-sencilla-mecanica-al-desnudo>
- [39] *El vehículo eléctrico: elementos principales y funcionamiento*. (2019). simonelectric. <https://www.simonelectric.com/blog/el-vehiculo-electrico-elementos-principales-y-funcionamiento>
- [40] *10 ventajas del coche eléctrico frente al de combustión*. (2016). quadis.es. <https://www.quadis.es/articulos/10-ventajas-del-coche-electrico-frente-al-de-combustion/106942>
- [41] Lugenergy (2022, 26 abril). *Modos de recarga de vehículos eléctricos. Lugenergy | Soluciones para la recarga coches eléctricos*. <https://www.lugenergy.com/modos-de-recarga-vehiculos-electricos/>
- [42] González, C. (2020, 11 agosto). *Tipos de cargadores para coches eléctricos y velocidad de carga*. Motor.es. <https://www.motor.es/noticias/tipos-cargadores-coches-electricos-202069908.html>

- [43] V. (2013, 2 enero). *Modo de Carga 3 Vehículos Eléctricos*. Recarga Coches Electricos. <https://www.recargacocheselectricos.com/modo-de-carga-3-vehiculos-electricos/>
- [44] Lugenergy (2022a, abril 20). *Conector SAE J1772 Tipo 1 para Coche Eléctrico*. Lugenergy | Soluciones para la recarga coches eléctricos. <https://www.lugenergy.com/sae-j1772/>
- [45] L. (2022a, abril 20). *Conector Mennekes Tipo 2 Coche Eléctrico*. Lugenergy | Soluciones para la recarga coches eléctricos. <https://www.lugenergy.com/mennekes-coche-electrico/>
- [46] claritata. (2022, 5 junio). *Adaptador CHAdeMO a CCS / 2022*. paratesla.com. <https://paratesla.com/adaptador-chademo-a-ccs/>
- [47] *TIPOS Y MODOS DE RECARGA* – Bilbao Movilidad Eléctrica. (2020). electromovilidad.bilbao. <https://electromovilidad.bilbao.eus/conceptos-basicos/tipos-y-modos-de-recarga/>
- [48] *Informe de indicadores socioeconomicos*. (2022). public.tableau. <https://public.tableau.com/app/profile/gasteizko.udala/ayuntamiento.de.vitoria/viz/Informedeindicadoresocioeconomicos/Indicadoresocioeconomicos>
- [49] *ENCUESTA DE MOVILIDAD EN VITORIA-GASTEIZ*. (2019). <https://www.vitoria-gasteiz.org/docs/wb021/contenidosEstaticos/adjuntos/es/96/70/89670.pdf>
- [50] B car. (2020). *Why is Spain not ready for electric cars?* bcarpatrs. <https://bcarparts.com/en/spain-electric-cars/>
- [51] Doll, S. (2022, 25 enero). *New study predicts which European countries will have the highest percentage of new EVs by 2035*. Electrek. <https://electrek.co/2022/01/24/new-study-predicts-which-european-countries-will-have-the-highest-percentage-of-new-evs-by-2035/>
- [52] *Spain's electric vehicle infrastructure challenge: How many chargers will be required in 2030?* (2021). <https://theicct.org/sites/default/files/publications/Spain-EV-charging%20infra-jan2021.pdf>
- [53] *The future of transport in Spain*. (2019). Endesa. <https://www.endesa.com/en/the-e-face/Sustainable-mobility/objectives-mobility-2030-2040-2050>

- [54] Murias, D. (2021, 12 julio). *Todo lo que hay que saber antes de comprar un cargador para coche eléctrico: tipos de enchufes, potencias*. Motorpasión.
<https://www.motorpasion.com/futuro-movimiento/todo-que-hay-que-saber-antes-comprar-cargador-para-coche-electrico-tipos-enchufes-potencias-proteccion-ip-ik>
- [55] *Methodology to determine the number of rapid chargers needed for electric vehicles in the UK*. (2017). <https://zerocarbonfutures.co.uk/wp-content/uploads/2017/12/Methodology-for-calculating-required-number-of-rapid-chargers-for-a-given-EV-population.pdf>
- [56] Jefatura del estado. (2021b). *Ley 7/2021, de 20 de mayo, de cambio climático y transición energética*. <https://www.boe.es/boe/dias/2021/05/21/pdfs/BOE-A-2021-8447.pdf>
- [57] Marketing. (2022, 16 junio). *¿Qué es una electrolinera? Cargar*.
<https://cargar.com/noticias/que-es-electrolinera>
- [58] *¿Cómo nos movemos?* (2014). Miteco. <https://www.miteco.gob.es/es/ceneam/carpeta-informativa-del-ceneam/novedades/como-nos-movemos.aspx>
- [59] Gutiérrez, D. (2021, 10 abril). *El Tesla Model 3 2021 es el coche eléctrico más eficiente del mundo según la EPA*. Híbridos y Eléctricos.
<https://www.hibridosyelectricos.com/articulo/actualidad/tesla-model-3-2021-es-coche-electrico-mas-eficiente-mundo/20210326200754043730.html>
- [60] Luis M. Vitoria. Fotos: Mikael Helsing. (2020, 23 enero). *Kia e-Niro 2020, a fondo: ¿el mejor coche eléctrico del momento?* Autopista. https://www.autopista.es/pruebas-de-coches/kia-e-niro-2020-a-fondo-el-mejor-coche-electrico-del-momento_157271_102.html
- [61] Somos Eléctricos. (2022, 20 julio). *Citroën ë-C4, detalles técnicos, prestaciones y precio. Somos Eléctricos - Web sobre movilidad y coches eléctricos*.
<https://somoselectricos.com/marcas-vehiculos-electricos/citroen/e-c4/>
- [62] Gisbert, L. (2021, 14 noviembre). *Prueba Fiat 500e: Revolución eléctrica y urbana al más puro estilo italiano*. Sensaciones al volante. <https://www.sensacionesalvolante.es/prueba-fiat-500e/>
- [63] González, A. (2021, 22 diciembre). *El KIA EV6 eléctrico ya tiene autonomía en base a la EPA: acariciando los 500 kilómetros*. Híbridos y Eléctricos.
<https://www.hibridosyelectricos.com/articulo/actualidad/kia-ev6-electrico-ciclo-epa-tiene-500-kilometros-autonomia/20211222132451052636.html>

- [64] TotalEnergies. (2022, 5 abril). *Cuánto cuesta instalar un punto de recarga en mi casa o garaje comunitario*. <https://www.totalenergies.es/es/hogares/blog/movilidad-sostenible>
- [65] *Calculadora precio instalación punto de recarga eléctrico* | Repsol. (2022, 22 julio). REPSOL. <https://www.repsol.es/particulares/vehiculos/movilidad-electrica/calculadora-precio-instalacion/>
- [66] *Punto De Recarga Ingerev Fusion Wall* - Ingeteam. (2022). suministrosdelsol. <https://suministrosdelsol.com/es/cargadores-coches-electricos/915-1923-punto-de-recarga-ingerev-fusion-wall-ingeteam.html>
- [67] Schneider Electric España. (2022). EVLink / *Cargador para el Vehículo Eléctrico*. <https://www.se.com/es/es/work/products/product-launch/evlink/cargadores-vehiculo-electrico.jsp>
- [68] Baranova, M. (2022, 31 julio). *¿Cómo y cuánto cuesta instalar un punto de recarga de coche eléctrico en casa?* neomotor. <https://neomotor.sport.es/conduccion/cuanto-cuesta-instalar-un-punto-de-recarga-de-coche-electrico-en-casa.html>
- [69] Carrillo, V. M. (2022, 23 agosto). *Cuánto cuesta instalar un punto de carga en parking comunitario*. Puntos de carga para coches eléctricos. <https://www.charging-box.com/cuanto-cuesta-instalar-un-punto-de-carga-en-parking-comunitario/>
- [70] Forococheeléctricos. (2022, 2 febrero). *Cuánto cuesta un punto de recarga para un coche eléctrico*. <https://forococheelectricos.com/practicos/coste-punto-de-recarga-coche-electrico>
- [71] S. (2022d, enero 23). *Tarifas aplicables a la recarga de vehículos eléctricos*. Smart Wallboxes. <https://www.smartwallboxes.com/tarifas-aplicables-recarga-de-vehiculos-electricos/>
- [72] *EVF2S22P44R Schneider Electric*. (2022). Wiautomation. https://es.wiautomation.com/schneider-electric/productos-generales/EVF2S22P44R?utm_source=shopping_free&utm_medium=organic&utm_content=ES174124&gclid=CjwKCAjwsMGYBhAEEiwAGUXJaQ3p_zhJpXxR30Uf29fh5HP54c80EbhfO78iIzrx1jFJV1r0VhgMmRoCIfEQAvD_BwE
- [73] Mennekes E-Mobility | *1311511SI* | *Estación de carga Basic S 22 plateada - Cargador de batería universal 1311511SI* | Estación carga vehículo eléctrico. (2022). eibabo.es.

<https://www.eibabo.es/mennekes-e-mobility/estacion-de-carga-basic-s-22-plateada-cargador-de-bateria-universal-1311511si->

[eb12701704?utm_source=Portals&utm_medium=CPC&utm_campaign=eibabo-](https://www.eibabo.es/mennekes-e-mobility/estacion-de-carga-basic-s-22-plateada-cargador-de-bateria-universal-1311511si-eb12701704?utm_source=Portals&utm_medium=CPC&utm_campaign=eibabo-)

[ES_GoogleShopping_ES&gclid=CjwKCAjwsMGYBhAEEiwAGUXJadmY-](https://www.eibabo.es/mennekes-e-mobility/estacion-de-carga-basic-s-22-plateada-cargador-de-bateria-universal-1311511si-ES_GoogleShopping_ES&gclid=CjwKCAjwsMGYBhAEEiwAGUXJadmY-)

[Z7WiuxrgLiFYLuiWOJBBJ8-Zbuh8qYtweEm5GNAKdhrRUMKgBoChNEQAvD_BwE](https://www.eibabo.es/mennekes-e-mobility/estacion-de-carga-basic-s-22-plateada-cargador-de-bateria-universal-1311511si-Z7WiuxrgLiFYLuiWOJBBJ8-Zbuh8qYtweEm5GNAKdhrRUMKgBoChNEQAvD_BwE)

[74] *Precio en España de Ud de Centro de transformación prefabricado*. Generador de

precios de la construcción. CYPE Ingenieros, S.A. (2022). [generadordeprecios](https://www.generadordeprecios.info/espacios_urbanos/Instalaciones/Urbanas/Centros_de_transformacion/Centro_de_transformacion_prefabricado.html#gsc.tab=0).

http://www.generadordeprecios.info/espacios_urbanos/Instalaciones/Urbanas/Centros_de_transformacion/Centro_de_transformacion_prefabricado.html#gsc.tab=0

[75] *Poste De Recarga Rápida Ingerev RAPID 50 - Ingeteam*. (2022). [suministrosdelsol](https://suministrosdelsol.com/es/cargadores-coches-electricos/459-1920-poste-de-recarga-rapida-ingeteam-ingerev-rapid50.html?gclid=CjwKCAjwsMGYBhAEEiwAGUXJaU3kSxRvu7Ru5VCURfPWjTouEe8tt3thr7C5CX1DPClnGWR17xxPaRoCja0QAvD_BwE).

[https://suministrosdelsol.com/es/cargadores-coches-electricos/459-1920-poste-de-recarga-rapida-ingeteam-ingerev-](https://suministrosdelsol.com/es/cargadores-coches-electricos/459-1920-poste-de-recarga-rapida-ingeteam-ingerev-rapid50.html?gclid=CjwKCAjwsMGYBhAEEiwAGUXJaU3kSxRvu7Ru5VCURfPWjTouEe8tt3thr7C5CX1DPClnGWR17xxPaRoCja0QAvD_BwE)

[rapid50.html?gclid=CjwKCAjwsMGYBhAEEiwAGUXJaU3kSxRvu7Ru5VCURfPWjTouEe8tt3thr7C5CX1DPClnGWR17xxPaRoCja0QAvD_BwE](https://suministrosdelsol.com/es/cargadores-coches-electricos/459-1920-poste-de-recarga-rapida-ingeteam-ingerev-rapid50.html?gclid=CjwKCAjwsMGYBhAEEiwAGUXJaU3kSxRvu7Ru5VCURfPWjTouEe8tt3thr7C5CX1DPClnGWR17xxPaRoCja0QAvD_BwE)

[e8tt3thr7C5CX1DPClnGWR17xxPaRoCja0QAvD_BwE](https://suministrosdelsol.com/es/cargadores-coches-electricos/459-1920-poste-de-recarga-rapida-ingeteam-ingerev-rapid50.html?gclid=CjwKCAjwsMGYBhAEEiwAGUXJaU3kSxRvu7Ru5VCURfPWjTouEe8tt3thr7C5CX1DPClnGWR17xxPaRoCja0QAvD_BwE)

[76] Folch, R., Palau, J. M., & Moresso, A. (2020). *El transporte eléctrico y su impacto ambiental*.

https://www.ree.es/sites/default/files/downloadable/el_transporte_electrico_y_su_impacto_ambiental.pdf

[77] *MAPAS ESTRATÉGICOS DE RUIDO DE VITORIA-GASTEIZ*. (2017).

<https://www.vitoria-gasteiz.org/docs/wb021/contenidosEstaticos/adjuntos/es/75/16/77516.pdf>

[78] *Contribution of the transport sector to total emissions of the main air pollutants*. (2022).

eea.europa. <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/transport-emissions-of-air-pollutants-8/transport-emissions-of-air-pollutants-8>

[transport-emissions-of-air-pollutants-8](https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/transport-emissions-of-air-pollutants-8/transport-emissions-of-air-pollutants-8)

[79] *Options to Reduce Nitrous Oxide Emissions*. (1998).

https://ec.europa.eu/environment/enveco/climate_change/pdf/nitrous_oxide_emissions.pdf

[80] *Emisiones de óxido nitroso*. (2022, 14 junio). US EPA. [https://espanol.epa.gov/la-](https://espanol.epa.gov/la-energia-y-el-medioambiente/emisiones-de-oxido-nitroso)

[energia-y-el-medioambiente/emisiones-de-oxido-nitroso](https://espanol.epa.gov/la-energia-y-el-medioambiente/emisiones-de-oxido-nitroso)

[81] *Dacia Duster review*. (2022, 28 julio). Auto Express.

<https://www.autoexpress.co.uk/dacia/duster/mpg>

- [82] *Peugeot 2008 review - MPG, CO2 and running costs.* (2022, 24 junio). Auto Express. <https://www.autoexpress.co.uk/peugeot/2008/mpg>
- [83] *Peugeot 3008 review.* (2022, 29 marzo). Auto Express. <https://www.autoexpress.co.uk/peugeot/3008/mpg>
- [84] *Dacia Sandero Stepway.* (2017). Ultimatespecs. <https://www.ultimatespecs.com/car-specs/Dacia/11518/Dacia-Sandero-Stepway-15-dCi-70HP.html>
- [85] *SEAT Leon review.* (2020, 7 abril). Auto Express. <https://www.autoexpress.co.uk/seat/leon/61663/hatchback/engines>
- [86] *SEAT cars engines and fuels: Diesel, petrol and CNG hybrid | SEAT.* (2022). seat. <https://www.seat.com.mt/seat-cars/engines.html>
- [87] *Hyundai Tucson review.* (2020, 6 agosto). Auto Express. <https://www.autoexpress.co.uk/hyundai/tucson/92160/suv/mpg>
- [88] Lane, B. (2022). *FIAT 500 1.2 Lounge 69HP - UsedPetrol - CO2 111 g/km.* Nextgreencar. <https://www.nextgreencar.com/view-car/35935/500/>
- [89] Long, C. (2018, 13 julio). *Fact check: Does a Toyota Corolla emit less than a Tesla?* ABC News. <https://www.abc.net.au/news/2018-03-07/fact-check-does-corolla-emit-less-than-tesla/9461096>
- [90] *Nitrous Oxide Emissions from Vehicles.* (2012). Tanfonline. <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/10473289.1992.10466971>
- [91] Quintana, C. (2022, 26 abril). *Estudio de viabilidad de un proyecto: definición e importancia.* oberlo. <https://www.oberlo.es/blog/viabilidad-de-un-proyecto>