



**ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA
DE GIJÓN.**

**GRADO EN INGENIERÍA INFORMÁTICAS DE LAS
TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LA
COMUNICACIÓN**

**ÁREA DE CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN E
INTELIGENCIA ARTIFICIAL**

IMPACTO AMBIENTAL DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO

D. DÍAZ PIÑERA, Ignacio
TUTOR: D. SÁNCHEZ RAMOS, Luciano

FECHA: Febrero 2024

Resumen

El trabajo presentado en este documento tiene como objetivo principal mostrar a cualquier usuario una herramienta veraz y fácil de usar donde pueda comparar las diferentes emisiones originadas de cada tipo de vehículo. Un único punto donde se pueda tener en cuenta todas las fases sin ser una dificultad el reunir una cantidad enorme de información.

La página web está disponible desde este enlace:
<https://comparadoremissiones.azurewebsites.net/>

Índice de Contenidos

Resumen	3
1. Diccionario de términos:	7
2. Antecedentes.....	10
3. Hipótesis de partida	14
Extracción de la energía:	15
Fabricación del coche eléctrico (LCA).....	29
Life Cycle Assesment (LCA)	29
Extracción del material bruto y procesamiento	30
Evaluación de los materiales usados en la fabricación de los vehículos eléctricos.....	31
Fabricación del vehículo y las baterías.....	31
Factores que afectan a la etapa de producción del coche eléctrico.....	33
Evaluación ambiental de la fabricación de baterías.....	33
Emisiones indirectas durante la fabricación del vehículo.....	35
Conducción (Vida Útil)	35
Emisiones directas durante el uso del vehículo	39
Fin de la vida del vehículo.....	40
Emisiones durante la vida final del vehículo.....	41
4. Objetivo y alcance del trabajo	42

Estudio de viabilidad	42
5. Metodología del trabajo	46
6. Análisis del sistema	48
Definición del sistema	48
Determinación del alcance	48
Requisitos del sistema.....	48
Requisitos funcionales	48
Requisitos no funcionales	49
Identificación de Actores del Sistema	49
Implementación del sistema	50
Lenguajes de programación	50
7. Planificación inicial temporal del desarrollo efectuado	52
8. Presupuesto del desarrollo efectuado	56
9. Metodología de la implementación del programa	58
Fuentes y Actualización de los datos	58
Datos utilizados:	60
Clasificación de los vehículos	61
Despliegue de la página web	61
10. Complicaciones encontradas y justificación de las decisiones tomadas ..	61
Problemas encontrados	61
11. Desarrollo de las pruebas.....	68

Prueba 1: Comprobar que después de añadir un vehículo el listado tipo dropdown se actualiza mostrando el nuevo vehículo.	68
Prueba 2: Las gráficas del vehículo recién añadido son coherentes y se corresponden con los parámetros que el usuario ha añadido anteriormente.	70
Prueba 3: Las gráficas son correctas en cuanto a cálculos se refieren.....	72
Prueba 4: Al cambiar los parámetros de cualquiera de los 2 vehículos se ve reflejado en las gráficas.	73
Prueba 5: El usuario introduce un número menor que 0.	74
12. Trabajo realizado y resultados obtenidos	76
Conclusiones:.....	76
13. Anexos	84
ANEXO 1: Cálculo de los valores en las gráficas	84
Emisiones de fabricación	84
Emisiones directas	86
Emisiones indirectas	88
14. Bibliografía.....	92

1. Diccionario de términos:

Well to Tank - WTT (Pozo a Tanque de combustible): Se refiere a las emisiones de todo el proceso que abarca desde la obtención de la materia prima (Well), su refinamiento, distribución a las estaciones surtidoras y finalmente repostaje.

Tank to Wheel - TTW (Del tanque de combustible a las Ruedas): Emisiones que se generan por la utilización del combustible para generar movimiento.

Well to Wheel - WTW (Pozo a Rueda): Todo el proceso completo en el que se suman las emisiones de todo el ciclo del combustible.

Equipment Life Cycle: describe el ciclo de vida general de un activo físico, como una pieza de maquinaria o equipo.

Life Cycle Assessment - LCA: Es una metodología para evaluar los impactos medioambientales asociados con todas las etapas de vida de un producto, proceso o servicio.

Life Cycle Inventory - LCI: Es una fase dentro del LCA que incluye la recopilación de datos para cuantificar el uso de recursos y las emisiones para cada proceso en el sistema definido, el sistema definido en nuestro caso es el vehículo eléctrico.

Greenhouse gases – Gases de efecto invernadero: Conjunto de gases que ayudan a que los rayos y el calor proveniente del Sol se queden “atrapados” en la atmósfera terrestre haciendo que la temperatura de la Tierra aumente ligeramente y por las noches se mantenga. Estos gases son **necesarios para la vida**, pero un exceso provoca desde desequilibrio en los ecosistemas, así como una disminución de la calidad de la vida de las personas. Los gases más relevantes son los siguientes: Vapor de agua, dióxido de carbono, metano, óxido de nitrógeno y ozono. [1]

EV – Electric Vehicle: Abreviatura para referirse al vehículo eléctrico

Gasificación del carbón: Proceso por el cual el carbón, en vez de ser quemado como en los procesos convencionales, este se transforma en gas natural sintético. [2]

Electricity mix o “mix” : Este término se refiere al conjunto de fuentes de energía que posee un país o una región.

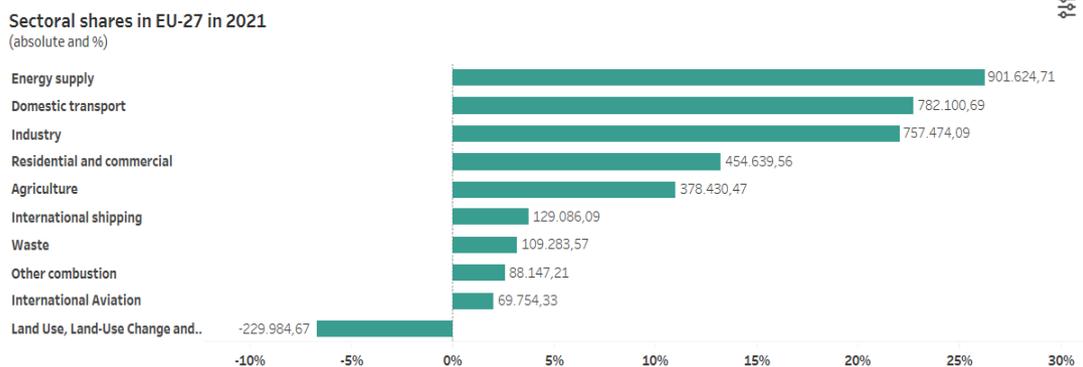
NEDC - New European Driving Cycle: Es un ciclo de conducción que fue actualizado por última vez en 1997, bastante criticado por no ser realista [3]

EPA Highway Fuel Economy Test Cycle (HWFET): Programa de conducción en dinamómetro de chasis desarrollado por la EPA estadounidense para determinar el consumo de combustible de los vehículos ligeros. El HWFET se usa para determinar la calificación de economía de combustible en carretera, mientras que la calificación de ciudad se basa en la prueba FTP-75.

DoD - Depth of Discharge (Profundidad de descarga): Es el grado de agotamiento de la batería, en otras palabras, indica el porcentaje con el que la batería es capaz de descargarse. A cuantos más ciclos de carga se someta la batería más probabilidades tendrá de degradarse y por tanto disminuir el Dod.

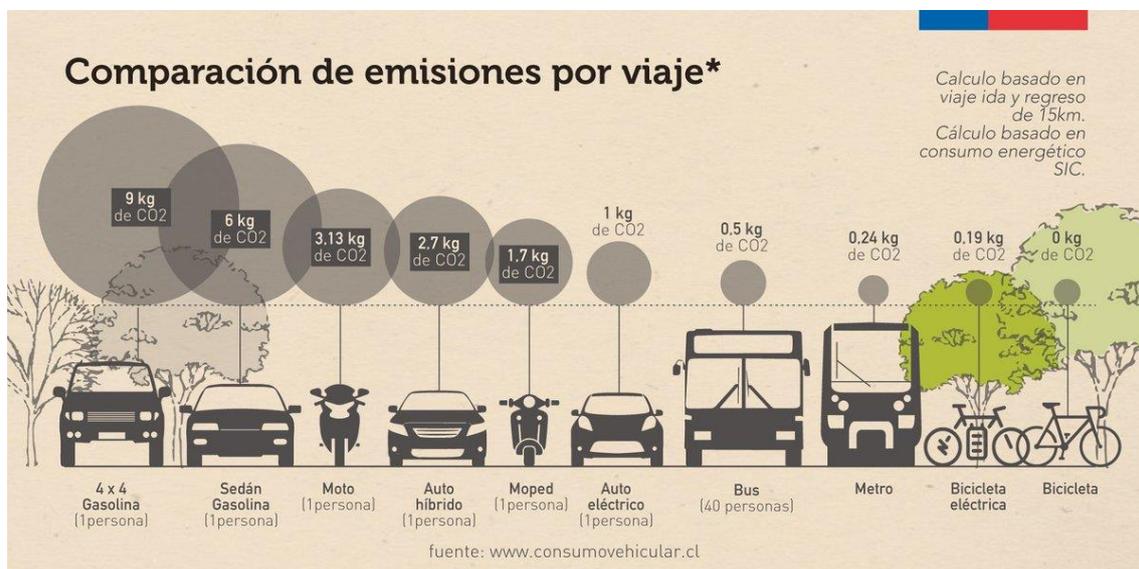
2. Antecedentes

El medio ambiente es un tema de creciente preocupación que afecta tanto indirecta como directamente a nuestra calidad de vida. El automóvil, como medio de transporte, ofrece una libertad de movilidad significativa a un costo accesible para la mayoría. No obstante, su uso conlleva un alto costo medioambiental. Aunque un solo vehículo emite una cantidad relativamente baja de contaminantes, la acumulación de millones de ellos resulta en un impacto ambiental considerable; las emisiones del sector transporte representan una fracción significativa de las emisiones globales. Según la gráfica (Sectoral shares in EU-27 in 2021) el sector del transporte doméstico contribuyó con el 22,73 % del total de emisiones de CO₂, lo que indica una oportunidad significativa para mejoras y acciones en este ámbito.



Para abordar este problema, diversos gobiernos e instituciones han implementado políticas de incentivos para fomentar la compra de vehículos eléctricos, en detrimento de los vehículos de combustión interna. Estas políticas apuntan especialmente a reducir el uso de vehículos diésel, conocidos por sus altas tasas de contaminación. Sin embargo, el reemplazo de motores diésel por motores de gasolina tiene un impacto reducido en términos de gases de efecto invernadero (no así en contaminantes como el óxido de nitrógeno o las partículas) y, de hecho, se ha observado que las emisiones de los vehículos a gasolina pueden ser incluso mayores en ciertos contextos. Por esta razón, los incentivos mencionados tienen como objetivo, en general, la transición gradual hacia un parque móvil electrificado.

La Unión Europea ha establecido el año 2035 como fecha límite para la venta de nuevos vehículos de combustibles fósiles, permitiendo a cada país gestionar su transición y solicitar prórrogas si es necesario. Se ha observado un aumento en la autonomía de los vehículos eléctricos gracias a avances tecnológicos, lo que ha contribuido a resolver algunas dudas existentes sobre esta tecnología. Aunque algunos sectores de la población pueden no estar completamente satisfechos con esta transición, el vehículo eléctrico se ha integrado en la vida cotidiana de las personas. Como se muestra en la figura 2.2, el coche eléctrico es el medio de transporte más eficiente en términos de emisiones dentro de los vehículos personales motorizados.



Sin embargo, hay factores adicionales que afectan a la consideración del vehículo eléctrico como una opción "verde" cómo, por ejemplo:

- Emisiones generadas durante la fabricación del vehículo.
- Eficiencia global de los vehículos.
- Origen de la energía utilizada para la carga.
- Reutilización y reciclaje de componentes.
- Procesos y eficiencia en la recarga del combustible.

Esto es, el impacto ambiental de un vehículo eléctrico no solamente depende de las emisiones generadas durante su uso, sino también, y en una proporción muy importante, de las emisiones causadas por su fabricación. Es decir, por una parte, es crucial que la electricidad utilizada provenga de fuentes renovables para maximizar los

beneficios medioambientales. Por otra, para minimizar el consumo energético, los vehículos eléctricos deben ser altamente eficientes en términos de peso y aerodinámica.

En todo caso, la mayoría de los estudios no toman en cuenta el impacto ambiental de la fabricación, que es significativo y puede neutralizar las ventajas de la tracción eléctrica. Algunos materiales utilizados en las baterías son contaminantes y los procesos para extraerlos tampoco son amigables con el medio ambiente. Dado que las baterías de estos vehículos tienen una vida útil limitada y su autonomía se reduce con cada ciclo de recarga, el problema podría empeorar. Por lo tanto, no es adecuado limitar las comparaciones de impacto ambiental a las emisiones por viaje, como se ha hecho en la figura anterior. El objetivo debe ser minimizar el impacto ambiental en todas las etapas de la vida del vehículo.

Este tipo de análisis está siendo objeto de discusión en la actualidad (Enero, 2024). Los siguientes enlaces se refieren a diferentes noticias donde se discute si las subvenciones al vehículo eléctrico deben basarse en sus emisiones por kilómetro o si debe contemplarse el conjunto de emisiones en la fabricación, uso y reciclaje:

1. [Alemania elimina subvenciones para coches eléctricos] (https://www.vozpopuli.com/economia_y_finanzas/alemania-elimina-suvenciones-coche-electrico-sentencia-constitucional.html)
2. [Adiós a las ayudas al coche eléctrico] (<https://motor.elpais.com/coches-electricos/adios-a-las-ayudas-al-coche-electrico/>)
3. [Francia reduce ayudas a coches eléctricos] (<https://www.motorpasion.com/industria/francia-tira-proteccionismo-deja-ayudas-a-tercio-coches-electricos-todos-eran-modelos-made-in-china>)
4. [Francia dice no a coches eléctricos fabricados en China] (<https://somoselectricos.com/francia-dice-no-coches-electricos-fabricados-china/>)

Se destaca que, a partir del 15 de diciembre de 2023, el gobierno francés ha intensificado los requisitos para la concesión de ayudas a vehículos eléctricos. Desde esta fecha, se considera la cantidad de CO₂ emitida durante la fabricación del vehículo como criterio clave. Aunque algunos medios han interpretado esta medida como una forma de

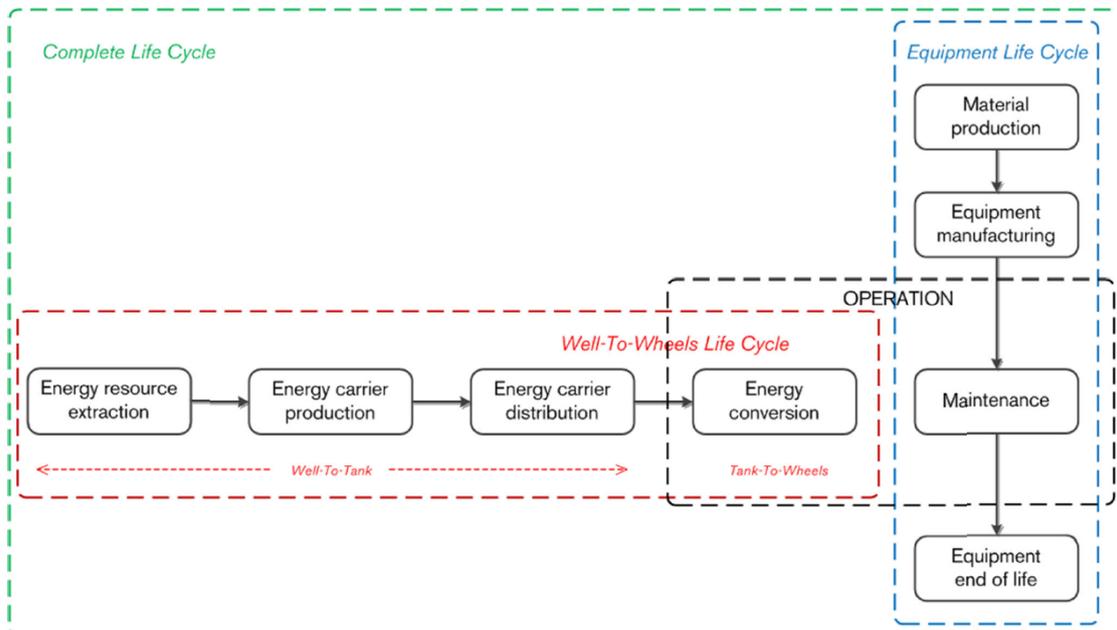
proteccionismo económico, la realidad es que desde la perspectiva de las emisiones de gases de efecto invernadero, que son un problema global, no resulta beneficioso subvencionar vehículos producidos en fábricas con escaso control medioambiental o fabricados con materiales cuya extracción tiene un gran impacto en el ciclo del agua.

En este contexto, el presente Trabajo Fin de Grado se centra en el diseño y la implementación de una herramienta informática que permita comparar distintos vehículos en términos de su impacto ambiental total. Su objetivo es facilitar investigaciones futuras, posibilitando la comparación de vehículos de un catálogo extenso, relacionándolos con la mezcla de generación eléctrica tanto en los países donde se fabrican como en aquellos donde circulan. Además, esta herramienta proporciona al consumidor consciente una información más completa y menos sesgada que la suministrada por los fabricantes, ayudando a tomar decisiones de compra más informadas y responsables con el medio ambiente.

3. Hipótesis de partida

Como se ha explicado anteriormente, en el momento que un usuario se presenta en la tesitura de comparar diferentes vehículo se enfrenta a una cantidad de información muy abundante, pero en ocasiones es contradictoria, lo que provoca un desafío para usuario con conocimientos técnicos limitados. Estos usuarios, por diversas razones, pueden que no lleguen a contrastar la información diferentes fuentes, esto convierte a los medios de comunicación en herramientas involuntarias de desinformación. Con esto no se insinúa que los medios de comunicación engañen a la población deliberadamente, sino que pueden omitir información relevante que puede influir en la percepción del vehículo eléctrico, ya sea a favor o en contra.

Este trabajo se esfuerza en ofrecer una visión completa y lo más transparente posible, proporcionando a los usuarios una fuente de información fiable. Aunque no se garantiza una predicción exacta, se busca dar una aproximación de todas las emisiones involucradas en el ciclo de vida del vehículo. [7]



De acuerdo con la imagen anterior, un estudio detallado puede proporcionar una estimación de las emisiones asociadas no solo con el vehículo eléctrico, sino con cualquier tipo de vehículo. Existen dos líneas que se corresponden con los ciclos de vida, uno se relaciona con el ciclo de vida del vehículo y el otro con el ciclo de vida del combustible, llega un punto en el que se juntan, el vehículo utiliza combustible para hacerlo circular, este proceso se denomina operación del vehículo.

En el caso de los eléctricos, si omitimos el mantenimiento, las emisiones en la operación es nula, en los de combustión sí que se emite. Es incorrecto que no se tome el resto de las etapas de los dos ciclos de vida, esto repercute **positivamente** en el vehículo eléctrico y es muy **desfavorable** para el vehículo de combustión.

A continuación, se muestra una explicación detallada de cada una de las etapas y las emisiones asociadas al vehículo eléctrico:

EXTRACCIÓN DE LA ENERGÍA:

Gracias a la electricidad los EV se mueven, por eso resulta interesante empezar hablando sobre las diferentes tecnologías existentes para la extracción y generación de energía eléctrica, ya que esto es uno de los mayores contribuidores de emisiones de gases contaminantes (GHG, NO_x y SO₂ entre otros). Para entrar en el detalle completo tenemos que estudiar el LCA de cada una de las tecnologías (carbón, gas natural, nuclear, biomasa, hidroeléctrica, solar fotovoltaica y eólica), en el que se mostrarán los rangos de emisión de distintos gases, no solo las emisiones de CO₂ sino de otros gases, es importante mencionarlos, aunque en el resultado final las emisiones de CO₂ sean las únicas que se van a tomar en cuenta en el programa. Los datos de las emisiones se han medido en tres ramas diferentes: (1) Provisión del combustible, (2) Operación de la planta y (3) Infraestructura. Las tecnologías que usan combustibles fósiles emiten más gases en el paso (2), cuando se usa biomasa el paso más contaminante es el (1) y en las nucleares la infraestructura es lo que más llega a contaminar, todo esto indica que se puede olvidar ninguno de los distintos pasos de la obtención de la energía [9].

Las fuentes de energía no renovables (carbón, gas natural, ...) son los grandes responsables de que la generación de energía sea responsable del 40% de las emisiones de CO₂, se están haciendo esfuerzos para mitigar la emisión de estos gases en el sector de la energía. [9]. El LCA (Life Cycle Assessment), la huella de carbono y otros baremos son utilizados para la toma de decisiones, en el LCA los impactos medioambientales son evaluados en base al LCI (Life Cycle Inventory) en el que se incluye datos relevantes de entrada/salida y de emisiones asociado al producto o servicio en cuestión.

Puede que la huella de carbono sea un dato más atractivo por la simplicidad que arroja, pero este dato solo incluye un indicador, lo que puede llevar a una sobre simplificación. También hay que tener en cuenta el rango de emisiones puede afectar a los resultados. [9].

El total de emisiones puede dividirse en emisiones directas y en emisiones indirectas, la diferencia entre estas emisiones es que el primer tipo y el segundo es simplemente el origen de las emisiones, las directas provienen solamente de la obtención de la energía, las indirectas provienen de la construcción de la infraestructura o la obtención del combustible (petróleo, gas natural, ...) no tener en cuenta las indirectas puede ser un error a la hora de estimar las emisiones de GHG, se estima que **el 25% de las emisiones producidas por la generación de energía a partir de combustible fósil** son emisiones indirectas siendo este valor todavía mayor en las energías que provienen de recursos renovables. [9].

En esta tabla se muestra el porcentaje de la generación de cada una de las tecnologías y su predicción en el año 2035 [9]. Cabe decir que es muy importante esto de cara al impacto ambiental que tengan los coches eléctricos en el futuro y si va a tomar un mejor camino o por el contrario va a llevar otra dirección peor que la actual:

Overview of the technologies considered in the present study.

Energy source	Share of global electricity generation in 2008 [1,40] (%)	Expected share of global electricity generation in 2035 [40] (%)
Hard coal	36	32
Lignite	4.2	
Natural gas	21	21
Oil	5.5	1.4
Nuclear power	13	14
Biomass	0.8	4.2
Hydropower	16	16
Solar energy	0.1	1.8
Wind	1.1	8.1
Others	1.6	1.9
Total	100	100

A continuación, se va a realizar un despliegue de cada una de las tecnologías mostradas en la tabla:

Hard coal (Antracita)

Los resultados muestran que en esta tecnología el mayor porcentaje lo tienen las emisiones directas y que los factores clave que marcan la diferencia son el tipo de tecnología y la eficiencia del proceso. Por ejemplo, las emisiones de GHG que proviene de la combustión directa (DC) están en el rango de 750 a 1050 kg CO₂-eq/MWh con una eficiencia del 42% al 33% respectivamente, calculado relativo a la energía entrante. Por otra parte, la gasificación del carbón puede llegar a eficiencias del 52% en un rango de 660 a 800 kg CO₂-eq/MWh. En total se llegan a tener unas emisiones de en torno a 800-1200 kg CO₂-eq/MWh todo relacionado con la electricidad generada a partir de la antracita. [9]

Lignite (Lignito)

Los resultados sobre este mineral que las emisiones en el ciclo de vida varían por su bajo nivel calorífico y la eficiencia en la recuperación de la energía. Con unas emisiones en el rango de 800-1300 kg CO₂-eq/MWh en el que los valores más pequeños se corresponden con una gasificación del carbón con una alta eficiencia (en torno al 52%). Hay que fijarse en la cantidad de energía que posee el combustible, ya que cuánto más pobre es en energía más altas serán sus emisiones GHG. [9]

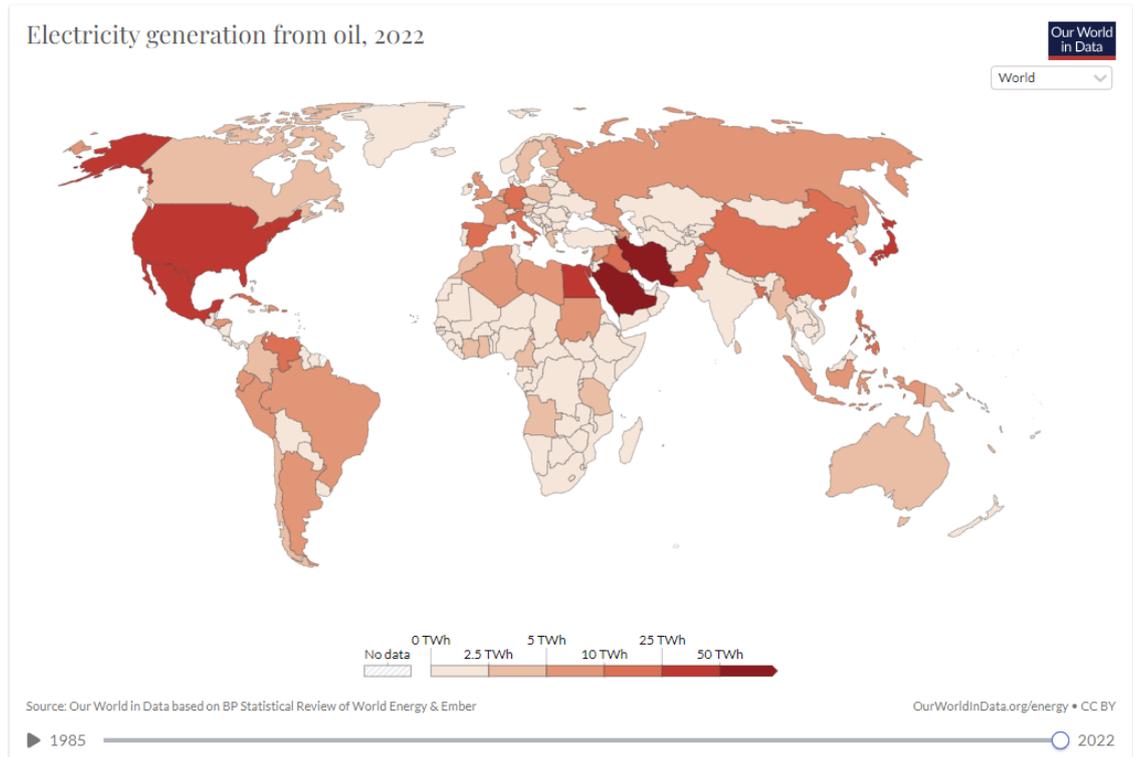
En estas 2 tecnologías tanto las emisiones de NO_x and SO₂ son muy variables en los estudios revisados [9]

Gas natural

Se van a hablar de dos tecnologías: Una turbina de un único ciclo con eficiencias de energía bajas (26-35%) y una turbina con varios ciclos con gran eficiencia (60%). Esta distinción es así porque la primera tecnología cubre los picos más grandes de demanda de energía, mientras que la segunda ofrece energía con poca demanda. Las emisiones directas de GHG de las plantas de varios ciclos pertenecen al rango de 350-410 kg CO₂-eq/MWh, no hay que dejar de lado a la provisión del combustible, la cual puede llegar a ser un 30% del total de emisiones (10–180 kg CO₂-eq/MWh). Las emisiones directas de las plantas de un solo ciclo son más variantes y altas (480-730 kg CO₂-eq/MWh) comparado con las otras plantas y por consecuencia en el ciclo de vida (610 – 850 kg CO₂-eq/MWh). Teniendo en cuenta varios estudios nos salen unas emisiones en el rango de 400-900 kg CO₂-eq/MWh que provienen del gas natural. [9]

Generación eléctrica a través del petróleo (Oil)

Los resultados sobre esta tecnología indican que las principales emisiones de GHG y de NO_x provienen de las operaciones en planta. La eficiencia de la recuperación de la energía es un parámetro clave en las emisiones GHG, en centrales eléctricas de carga base, puede haber emisiones de hasta 530 kg CO₂-eq/MWh emitidos en el ciclo de vida (58% de eficiencia), por otro lado las centrales eléctricas de carga máxima tienen menos eficiencia con unas emisiones entre 750 y 900 kg CO₂-eq/MWh. [9] [10]



Energía nuclear

Los resultados varían mucho, incluso de ordenes de magnitud (3.1–35 kg CO₂-eq/MWh). Esto se debe a las distintas tecnologías que existen y enfoques metodológicos, con IOA obtenemos unos resultados en torno a 66 kg CO₂-eq/MWh en los 3 ciclos de vida mientras que en PCA tenemos unas emisiones con un amplio rango (2 – 77 kg CO₂-eq/MWh).

En cuanto a los otros gases, las emisiones son 0.01–0.04 kg/MWh para NO_x y 0.003–0.038 kg/MWh para SO₂ que provienen de la energía consumida en la extracción del uranio. [9]

Energía hidroeléctrica

En cuanto a los GHG sus emisiones son en torno a 2-5 kg CO₂-eq/MWh para sistemas que no tienen almacenamiento de agua (por ejemplo, que solo genere energía con la corriente del río) y 11–20 kg CO₂-eq/MWh para presas en donde se almacena el agua. Hay muchos factores que dependen las emisiones como la localidad, el clima o la

altura, siendo las emisiones en regiones alpinas mucho más pequeñas que en regiones tropicales (0.35 kg CO₂-eq/MWh en regiones de alta montaña frente a 340 kg CO₂-eq/MWh en Brasil). [9]

Las emisiones de NO_x and SO₂ (0.004–0.06 kg NO_x/MWh and 0.004–0.03 kg SO₂/MWh) se relacionan con la construcción de la infraestructura y por tanto varían del tamaño de la presa. [9]

Solar fotovoltaica

Los resultados de las emisiones de GHG pertenecen a un rango muy amplio (13-130 kg CO₂-eq/MWh) esto se debe a las condiciones climatológicas locales donde se instalaron los paneles, el origen de la energía durante el proceso de fabricación y la tipología de los paneles fotovoltaicos. En el caso de los otros gases, en el que también varía dependiendo del país donde se han fabricado los paneles, se puede ver en el caso de Europa: en el sur del continente tenemos unas emisiones de 0.15–0.18 kg NO_x/MWh y 0.12–0.15 kg SO₂/MWh y para Alemania las emisiones se disparan a 0.34 kg NO_x/MWh y 0.29 kg SO₂/MWh.

Cabe destacar que no hay una diferencia muy grande entre metodologías (IOA y PCA) como pasaba con la energía nuclear. [9]

Energía Eólica

Los rangos de emisiones GHG están en el rango de 3 a 28 kg CO₂-eq/MWh en el que los estudios se limitan a las turbinas de viento. En este caso los causantes de las emisiones es la provisión de materiales y la construcción de las turbinas donde, de nuevo, el lugar de fabricación tiene un enorme impacto en los resultados.

Para el resto de los gases los resultados son 0.02–0.06 kg NO_x/MWh y 0.02–0.04 kg SO₂/MWh.

Biomasa

Los resultados de los estudios son muy amplios y se estudian 3 diferentes tecnologías: Co-combustión (CO-COMB), combustión directa (COMB) y gasificación (IBGCC). Para cada una de las anteriores las emisiones de GHG son 25–130 kg CO₂-eq/MWh (CO-COMB), 8.5–118 kg CO₂-eq/MWh (COMB) y 17–117 kg CO₂-eq/MWh (IBGCC).

En el caso de los otros gases, en NO_x el rango está en 0.08–1.7 kg NO_x/MWh con el valor más alto pertenece a COMB y los más bajos relacionados con CO-COMB. En el caso de las emisiones de SO₂ van desde 0.03 hasta 0.94 kg SO₂/MWh. [9]

A continuación, se muestra una tabla a modo de resumen [9] :

Energy source	CO ₂ -eq	NO _x	SO ₂
<i>Electricity output [kg/MWh_{out}]</i>			
Hard coal	660–1050	0.3–3.9	0.03–6.7
Lignite	800–1300	0.2–1.7	0.6–7
Natural gas	380–1000	0.2–3.8	0.01–0.32
Oil	530–900	0.5–1.5	0.85–8
Nuclear power	3–35	0.01–0.04	0.003–0.038
Biomass	8.5–130	0.08–1.7	0.03–0.94
Hydropower	2–20	0.004–0.06	0.001–0.03
Solar energy	13–190	0.15–0.40	0.12–0.29
Wind	3–41	0.02–0.11	0.02–0.09
<i>Fuel input [kg/G_{jin}]</i>			
Hard coal	46–125	0.028–0.352	0.003–0.596

El vehículo eléctrico, como se habló anteriormente, surgió de la necesidad de reducir la emisión de gases de efecto invernadero (GHG), pero estos vehículos necesitan energía eléctrica que debe de ser extraída de alguna forma, ya sea renovable o no.

Conviene hablar de la **carbon intensity** (CI) [11] o intensidad de las emisiones de carbón en Europa, cabe destacar que se realizará el análisis globalmente (los estados miembros) y de cada estado por separado. Para llegar a tener el valor de la CI lógicamente tenemos que ver la cantidad de GHG que hay en la energía producida. Por otro lado, es

muy importante ver la cantidad de energía importada: un país en el que el CI sea menor que el país al que se importa hará que baje su CI, lógicamente si ocurre al revés la CI del país al que se importa será mayor.

CI se puede definir como la cantidad de GHG emitidos por cada unidad de energía producida/usada.

$$CI = \text{Emisiones GHG} / \text{Energía}$$

Ecuación: Obtención de la CI

Puede ocurrir que, para un mismo país, el mismo año nos pueden salir CIs diferentes, la causa es que el CI se midió desde diferentes pasos de obtención de la energía. A medida que vamos avanzando en el proceso la cantidad de energía disponible va disminuyendo mientras que las emisiones de GHG se mantienen constantes.

Upstream and combustion emissions

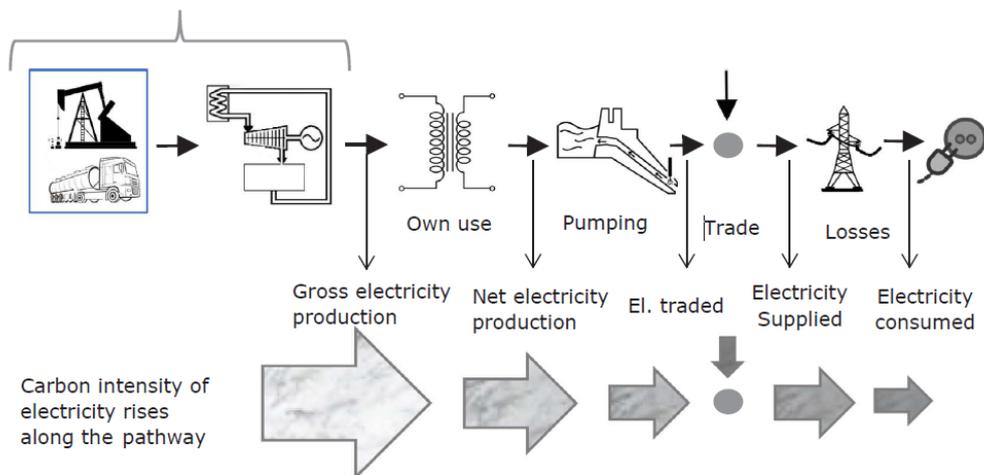


Table 1
 Upstream emission factors adopted.

Fuel	Upstream emission factor [gCO ₂ eq/MJ]
Hard coal	16.0
Brown coal	1.7
Natural gas	12.8
Petroleum products	10.7
Solid biofuels	0.7
Liquid biofuel	46.8
Biogases	14.9
Nuclear	1.4

Para hacer una mejor comparación con otras fuentes de datos vamos a dividir la ruta de la CI en varios puntos: Producción bruta, producción neta, electricidad comercializada, suministro de electricidad después del intercambio y energía consumida a alto voltaje para la transmisión, consumida a medio voltaje medio para la distribución y consumida a bajo voltaje por la mayoría de los usuarios. Este proceso donde se ve el proceso de la energía hasta que llega al usuario final es muy importante ya que los vehículos eléctricos se cargan en **bajo voltaje**.

Como hablamos anteriormente la CI depende de la cantidad de energía importada y exportada con otros países. Si queremos hacer un análisis WTW correcto debemos de tener en cuenta la energía que se intercambia entre países, sobre todo en aquellos donde se importa una gran cantidad. Hay que tener claro en qué punto la energía es comercializada, según la IEA (International Energy Agency) es después en la etapa de bombeo (pumping stage). La energía suministrada a la red nacional de un país se puede escribir de esta manera. [12]

$$\text{Electricidad suministrada(Energía)} = \text{Producción de energía neta} - \text{bombeo} + \text{Importaciones} - \text{Exportaciones}$$

Ecuación: Electricidad suministrada

Para llegar a calcular el CI de la energía suministrada, después del intercambio, podemos usar la ecuación 6.1 considerando que el denominador sea el resultado de la ecuación (2). En la parte del numerador irá el resultado de la ecuación (3)

$$\text{Total de las emisiones de GHG (Emisiones GHG)} = \text{Emisiones de la combustión} + \text{Emisiones del "upstream"} - \text{Emisiones GHG exportadas} + \text{Emisiones GHG importadas.}$$

Ecuación: Total de emisiones GHG

Sabiendo la naturaleza de estas ecuaciones podemos llegar a entender la siguiente tabla donde se muestra la CI en cada paso del proceso de la energía por país de Europa

Table 2
Carbon intensities of electricity for EU Member States.

Country	CI of gross electricity production (combustion only) [g/kWh]	CI of gross electricity production (with upstream) [g/kWh]	CI of net electricity production (with upstream emissions) [g/kWh]	CI of electricity traded (with upstream) [g/kWh]	CI of electricity supplied (with upstream) [g/kWh]	Variation of CI after trade [%]	CI of electricity consumed at HV (with upstream) [g/kWh]	CI of electricity consumed at MV (with upstream) [g/kWh]	CI of electricity consumed at LV (combustion only) [g/kWh]	CI of electricity consumed at LV (with upstream) [g/kWh]
Austria	133	151	156	170	315	85%	322	325	305	334
Belgium	188	224	233	239	257	8%	261	262	224	267
Bulgaria	507	532	585	601	589	-2%	618	628	636	669
Croatia	231	273	282	285	465	63%	487	494	463	524
Cyprus	646	737	773	773	773	0%	787	792	710	810
Czech Republic	518	545	587	596	640	7%	657	663	643	685
Denmark	316	368	386	386	356	-8%	364	367	328	377
Estonia	1020	1022	1152	1152	840	-27%	878	891	931	944
Finland	171	200	209	209	204	-2%	207	207	181	211
France	66	88	92	93	97	4%	100	101	80	105
Germany	485	534	567	574	588	2%	599	602	558	615
Greece	655	695	755	757	712	-6%	732	739	723	767
Hungary	310	340	368	368	369	0%	383	388	365	407
Ireland	459	533	555	568	570	0%	588	594	530	617
Italy	358	427	444	448	402	-10%	413	417	362	431
Latvia	134	173	185	185	1075	482%	1110	1122	1140	1168
Lithuania	204	246	262	315	358	14%	370	374	331	390
Luxembourg	236	283	283	585	505	-14%	508	509	467	513
Malta	731	831	868	868	910	5%	954	970	908	1032
Netherlands	479	559	582	582	547	-6%	555	558	494	569
Poland	770	847	929	934	911	-3%	937	946	890	980
Portugal	295	346	355	365	357	-2%	372	378	340	400
Romania	356	379	413	416	425	2%	449	457	460	492
Slovakia	173	199	211	215	407	90%	412	414	383	420
Slovenia	315	329	351	361	302	-16%	309	312	291	321
Spain	248	295	305	312	309	-1%	321	325	287	341
Sweden	16	24	25	25	44	74%	45	46	36	47
United Kingdom	469	555	584	591	576	-3%	593	599	526	623
EU 28 average	340	387	407	413	417	1%	428	432	393	447

[12]

Cabe destacar, la columna de “Variation of CI after trade” en el que se puede ver cuál es el porcentaje que hay de variación de CI y por consecuente, países en los que se ha exportado energía.

Siguiendo con lo anterior y cogiendo otra fuente de datos tenemos esta tabla:

Table 3
Electricity generation mix in each country (2014). Source: IEA (2015b), EIA (2015) and World Bank (2016).

Country	Total Net Electricity Generation (Billion kW h)	Coal (%)	Natural Gas (%)	Oil (%)	Nuclear (%)	Hydro (%)	Wind (%)	Biomass (%)	Solar (%)
China	4768	72	2	0	3	20	1	3	0
United States	4048	38	30	1	19	6	4	2	0
India	1052	72	8	1	3	12	3	0	1
Russia	1012	14	49	3	17	17	0	0	0
Japan	966	30	43	12	0	8	1	4	2
Germany	585	45	10	2	16	3	10	8	6
Korea, South	500	42	23	4	29	1	0	0	0
Iran	239	0	65	27	2	6	0	0	0
Saudi Arabia	255	0	62	38	0	0	0	0	0
Canada	616	12	10	1	16	58	2	1	0
Brazil	538	3	9	4	3	69	1	11	0
United Kingdom	336	32	30	1	19	2	8	7	1
South Africa	239	92	0	1	6	0	0	0	0
Indonesia	185	49	20	23	0	7	0	0	0
Mexico	279	11	49	19	3	14	2	1	0
Australia	235	67	20	1	0	6	4	1	1
France	533	3	3	1	76	11	3	1	1
Ukraine	187	35	10	0	51	4	0	0	0
Egypt	155	0	73	17	0	9	1	0	0
Norway	145	0	2	0	0	94	2	1	1

[12]

La siguiente tabla presenta una actualización de los datos de la anterior tabla, concretamente en el año 2021

País	Total net Electricity Generation (billion kW h)	Coal	Natural Gas	Oil	Nuclear	Hydro	Wind	Biomass	Solar
China	7600	55%	9%	19%	2%	8%	7%		
Estados Unidos	4048	38%	30%	1%	19%	6%	4%	2%	-
India	1628	44%	6%	24%	1%	2 %	1%		
Rusia	1110	17,2 %	41,8%	0,7%	20%	19,3 %	0,9%		
Japón	950	26%	21%	40%	3%	4%	6%		
Alemania	612	-	-	-	40%				
Corea del Sur	680	36%	30%	1%	26%	8%			
Iran	341	1%	81%	14%	1%	4%			
Arabia Saudi	362	-	60,7%	39.0	-	-	-	-	0,3 %
Canada	641	6%	12%	0,5%	14%	59%	8%		

Brasil	615	14%			2%	64%	14%	9%	1%
Reino Unido	300	2%	36%	1%	16%	3%	14%	15%	14%
Sudáfrica	223	89%			3%	8%			
Indonesia	275	62%	18%	2%	-	8%	3%	4%	3%
México	337	24%	48%	2%	3%	10%	13%		
Australia	243	54%	20%	2%	-	6%	8%	1%	9%
France	517	-	-	-	76%	-	-	-	-
Ucrania	149	37%		7%	51%	4%	-		
Egipto	183	91%			-	9%	-		
Noruega	154	-	2%	-	-	92%	2%	2%	2%

Tabla: Datos actualizados del mix de los 20 países más importantes

Se han elegido estos 20 países por ser los más representativos, se puede observar las fuentes de energía de otros países, siendo **China** el país que más energía produce, pero la mitad de esta energía proviene del carbón. Por lógica en países donde la tecnología que se usa para conseguir energía sea no renovable y emita gases contaminantes lo va a tener más difícil para llegar a los números de países donde la gran parte de su origen de la energía es renovable como en el caso de **Noruega**.

Aunque en este apartado no se entra en detalle sobre el impacto ambiental de los coches de combustión (diésel y gasolina) conviene mostrar los datos de sus emisiones GHG en todo en todo el proceso WTW. [12]

Well-to-wheel GHG emissions (g CO_{2eq}/kW h) of ICEVs.

Vehicle category	Fuel type	Well-to-tank	Tank-to-wheel	Well-to-wheel
Subcompact	Gasoline	84.5	16.9	101.4
	Diesel	74.2	15.6	89.8
Compact	Gasoline	99.7	20.0	119.7
	Diesel	79.4	16.7	96.1
Full-size luxury	Gasoline	156.2	31.3	187.5
	Diesel	118.2	24.9	143.1
SUV	Gasoline	175.0	35.1	210.1
	Diesel	135.9	28.7	164.6

Note: For each vehicle category, the average value is presented if multiple models are considered.

Como observamos en esta tabla se agrupa por segmentos y en cada uno de estos se hace una media de los modelos de vehículos, se puede ver que, aunque la gasolina emita menos GHG que el diésel por la misma cantidad de combustible, el resultado es que el diésel emite menos gases por su mayor eficiencia frente a la gasolina. Esto ocurre

ya que los vehículos de diésel consumen menos combustible que sus equivalentes en gasolina

En cuanto a las emisiones de las fuentes de energía de las que el vehículo eléctrico tiene que suministrarse puede ser una única fuente o un mix dependiendo de cada país.

Conviene calcular primero las emisiones de los vehículos eléctricos con una sola fuente para compararlo con las emisiones de los vehículos de combustión, para ello seguimos la tabla que está explicada anteriormente en este documento [9].

GHG emissions (g CO_{2eq}/km) of BEVs driven with electricity generated solely with each power source.

	Coal	Natural Gas	Oil	Nuclear	Hydro	Wind	Biomass	Solar
Subcompact car	<u>142.0</u>	72.5	<u>115.2</u>	1.1	0.7	1.8	5.8	7.8
Compact car	<u>123.0</u>	62.8	<u>99.8</u>	0.9	0.6	1.5	5.0	6.8
Full-size luxury car	<u>180.8</u>	92.3	<u>146.7</u>	1.4	0.9	2.3	7.3	10.0
SUV	<u>206.8</u>	105.5	<u>167.8</u>	1.6	1.1	2.6	8.4	11.4

Note: GHG emissions of BEVs in bold is higher than corresponding ICEV using diesel. GHG emissions of BEVs in underline is higher than corresponding ICEV using gasoline.

[12]

Los números que están en negrita indican que las emisiones son mayores que en su equivalente en **diésel** y los que están subrayados indican que las emisiones son mayores a su equivalente en gasolina. Esto quiere decir que si el origen de la energía proviene de cualquiera de los otros tipos de fuentes el impacto ambiental es mucho menor y el vehículo eléctrico encuentra su sentido para paliar las emisiones de los vehículos de combustión.

Se puede concluir que los vehículos eléctricos contaminan menos que los vehículos de combustión, en grandes rasgos, excepto cuando la fuente de la electricidad proviene de una fuente que no es renovable (carbón y petróleo) en el resto de los casos la contaminación es muy pequeña.

Se va a partir de la siguiente tabla (Table 6 – GHG emissions of BEVs) para poder sacar nuevas conclusiones. Sabiendo el porcentaje de fuentes energéticas que tiene un país, se puede obtener las emisiones totales y si eso se junta con el consumo de cada tipo de vehículo eléctrico da como resultado la siguiente tabla:

Table 6
GHG emissions (g CO_{2eq}/km) of BEVs considering generation mix.

Region	Country	Subcompact	Compact	Full-size luxury	SUV
Global average (70 countries)		78.1 ^a (54.9 ^b , 121.3^c)	67.6 (47.5, 105.0)	99.3 (69.8, 154.3)	113.6 (79.9, 176.5)
Asia & Pacific	China	102.7 (70.6, 148.3)	88.9 (61.1, 128.4)	130.7 (89.8, 188.2)	149.5 (102.7, 215.8)
	India	108.1 (74.7, 158.1)	93.6 (64.7, 136.9)	137.5 (95.1, 201.1)	157.3 (108.8, 230.1)
	Japan	88.1 (63.0, 141.9)	76.3 (54.5, 122.9)	112.1 (80.2, 180.5)	128.2 (91.7, 206.5)
	South Korea	82.7 (58.2, 128.0)	71.6 (50.4, 110.8)	105.2 (74.1, 162.9)	120.4 (84.7, 186.3)
	Indonesia	110.7 (77.2, 159.5)	95.8 (66.8, 138.0)	140.8 (98.2, 202.9)	161.1 (112.3, 232.1)
	Australia	111.1 (77.5, 167.2)	96.2 (67.1, 145.2)	141.3 (98.7, 213.3)	161.7 (112.9, 244.0)
	Asia & Pacific average (17 countries)		98.7 (68.5, 146.3)	85.4 (59.3, 126.6)	125.5 (87.2, 186.1)
North America	United States	77.3 (54.9, 124.6)	67.0 (47.5, 107.8)	98.4 (69.8, 158.5)	112.6 (79.9, 181.3)
	Canada	26.1 (18.4, 43.3)	22.6 (15.9, 37.5)	33.3 (23.4, 55.1)	38.0 (26.8, 63.0)
North America average (2 countries)		70.6 (50.1, 113.8)	61.1 (43.4, 98.5)	89.8 (63.7, 144.8)	102.7 (73.9, 165.7)
Europe	Germany	74.8 (51.5, 113.4)	64.8 (44.6, 98.2)	95.2 (65.5, 144.3)	108.9 (74.9, 165.1)
	United Kingdom	69.2 (49.1, 113.8)	59.9 (42.5, 98.5)	88.1 (62.4, 144.7)	100.7 (71.4, 165.6)
	France	8.7 (5.8, 16.8)	7.5 (5.1, 14.6)	11.1 (7.4, 21.4)	12.7 (8.5, 24.5)
	Norway	2.3 (1.4, 6.3)	2.0 (1.3, 5.5)	2.9 (1.8, 8.1)	3.4 (2.1, 9.2)
Europe average (22 countries)		51.0 (35.7, 82.0)	44.1 (30.9, 71.0)	64.8 (45.4, 104.3)	74.2 (51.9, 119.3)
Eurasia	Russia	59.2 (43.7, 106.2)	51.2 (37.8, 92.0)	75.3 (55.6, 135.2)	86.1 (63.6, 154.6)
	Ukraine	57.6 (40.1, 88.5)	49.8 (34.7, 76.6)	73.2 (51.0, 112.6)	83.8 (58.3, 128.8)
Eurasia average (6 countries)		63.2 (46.1, 109.9)	54.7 (39.9, 95.1)	80.4 (58.7, 139.8)	91.9 (67.1, 159.9)
Middle East	Iran	78.3 (57.8, 132.0)	67.8 (50.0, 114.3)	99.7 (73.5, 168.0)	114.0 (84.1, 192.2)
	Saudi Arabia	88.8 (64.7, 141.8)	76.9 (56.0, 122.8)	112.9 (82.3, 180.4)	129.2 (94.1, 206.4)
Middle East average (9 countries)		83.9 (61.8, 141.3)	72.6 (53.5, 122.3)	106.7 (78.6, 179.8)	122.1 (89.9, 205.7)
Central & South America	Brazil	16.6 (11.4, 29.0)	14.4 (9.8, 25.1)	21.1 (14.5, 37.0)	24.1 (16.5, 42.3)
	Mexico	74.0 (53.8, 122.2)	64.1 (46.6, 105.8)	94.2 (68.5, 155.5)	107.7 (78.4, 177.9)
Central & South America average (8 countries)		39.1 (28.1, 65.6)	33.9 (24.3, 56.8)	49.8 (35.7, 83.5)	56.9 (40.9, 95.5)
Africa	South Africa	133.4 (91.7, 190.2)	115.5 (79.4, 164.2)	169.7 (116.6, 242.0)	194.1 (133.4, 276.8)
	Egypt	72.6 (54.4, 130.8)	62.9 (47.1, 113.2)	92.4 (69.2, 166.4)	105.7 (79.2, 190.3)
Africa average (6 countries)		102.4 (72.7, 159.2)	88.6 (62.9, 138.2)	130.2 (92.5, 203.1)	149.0 (105.8, 232.4)
Gasoline ICEV		101.4	119.7	187.5	210.1
Diesel ICEV		89.8	96.1	143.1	164.6

[12]

Estos datos son siguiendo el **electricity mix de 2014**, pero sí que sirve para seguir con la explicación, en la herramienta propuesta se utilizan datos más actualizados.

Las emisiones de los vehículos eléctricos están muy relacionadas con el origen de las fuentes de energía de cada país. Aquellos cuyo origen es no renovable, por ejemplo, Sudáfrica, que el 89% de su energía proviene de este tipo de energía, las emisiones de los cuatro tipos de vehículos eléctricos suelen ser mayores que su equivalente de combustión. Otros países que siguen este ejemplo pueden ser China, India, Indonesia y Australia.

Rusia cuyo origen es de origen fósil, pero mayormente es gas natural, las emisiones no son tan altas ya que las emisiones asociadas a la utilización de este no son tan elevadas como los otros dos.

Por otra parte, países cuyo mix de electricidad tiene un porcentaje mayor en energías renovables no tienen problema en ofrecer a sus vehículos eléctricos una energía limpia, cuyas emisiones son bastante reducidas. Un buen ejemplo es Noruega, que con un 92% del total del mix proveniente de energía hidráulica, otro ejemplo puede ser Francia con tres cuartos de su mix es de origen nuclear. En estos países la opción de adquirir un vehículo eléctrico puede ser una opción rentable ambientalmente hablando.

Se puede deducir de cada región el mix de electricidad que posee haciendo un estudio de las características de su terreno, por ejemplo, en América Central y del Sur tienen grandes reservas de gas natural y su costa es favorable para aprovechar la energía hidroeléctrica (a pesar de que en los últimos años el porcentaje de este recurso ha bajado). Esta región es muy favorable para adquirir un vehículo eléctrico. Por otro lado, regiones como el continente africano carecen de estas ventajas y la mayor parte de su energía proviene de recursos no renovables. [13].

FABRICACIÓN DEL COCHE ELÉCTRICO (LCA)

Life Cycle Assessment (LCA)

Antes de comenzar con este apartado conviene explicar las divergencias entre los numerosos LCAs existentes: (1) variaciones en los límites de los sistemas, (2) diferencias entre los distintos mixes de diferentes países, (3) la diferencia entre usar un ciclo tipo WLTP o hacer un monitoreo real de las emisiones que se emite en el tubo de escape, (4) no tener una cifra fija de cuantos kilómetros se hacen en un vehículo durante su vida útil y, (5) al ser la batería, el componente que más impacto ambiental supone a las emisiones totales, su vida útil así como la composición de la batería son realmente importantes. [14]

Estas “divergencias” vienen en relación en lo que se explica en los Objetivos de este trabajo. Los estudios no son incorrectos, sino que no toman en cuenta todos los parámetros o los usan a favor o en detrimento.

Por otro lado, varios estudios señalan que a medida que aumenta el grado de electrificación de los vehículos el impacto medioambiental tiende a ser más grande en la etapa de producción del vehículo, esto pasa ya que **la batería tiene la mayor influencia en este aspecto**. Se puede deducir que vehículos con baterías de mayor tamaño pueden tener un mayor impacto medioambiental, los vehículos 100% eléctricos requieren de una batería más grande que, por ejemplo, los vehículos híbridos y, a su vez que los vehículos de combustión (la batería de estos últimos es muy pequeña comparada con las de los otros tipos de vehículos) pero la realidad es que el vehículo híbrido es el más intensivo en este aspecto, al tener las 2 tecnologías, tanto motor de combustión como batería hace que la producción esté un poco por encima del vehículo 100% eléctrico. Se quiere explicar con esto porque es importante recalcar que el impacto ambiental por kilómetro de los coches eléctricos en la etapa de producción es mucho mayor que los vehículos de combustión. Los vehículos híbridos tienen un proceso un poco más exhaustivo, por lo general emiten más emisiones en su fabricación, esto sabiendo que en su vida útil se van a recorrer los mismos kilómetros, se tiene aclarar que en este apartado se habla solo en cuanto a producción, no a las emisiones que se generan durante la conducción.

Dentro del coche eléctrico y como se ha dicho, varios estudios difieren en la vida útil de los vehículos, por ejemplo, cuando la vida útil es de unos **150.000 kilómetros las emisiones de GHG son, de media, entre 70 y 81 g CO₂/km** dependiendo de la fuente de la energía usada en la fabricación. **Si se considera una vida útil de unos 250.000 kilómetros el rango anterior baja hasta 28 y 49 g CO₂/km**. Por lo tanto, para lograr mejores números en cuanto a eficiencia los vehículos tienen que poder expresarse al máximo.

Extracción del material bruto y procesamiento

Para los vehículos de combustión interna, los mayores efectos al medio ambiente relacionados con la extracción de materiales y su procesamiento se concentran en la fase de uso (se hablará más adelante) o mejor dicho en la etapa de conversión de energía, en cambio, para el vehículo eléctrico los efectos al medio ambiente relacionados con esta fase son mayores en la extracción de la energía (explicado más detalladamente en páginas anteriores) y en la extracción y posterior procesamiento de los minerales utilizados para

fabricar la batería. La mayoría de los vehículos eléctricos utilizan una batería de litio como almacenamiento de energía.

Hace falta explicar que los dos tipos de vehículos tienen un proceso de producción muy complejo que tiene gran cantidad de subprocesos y cada uno de estos tiene diferentes piezas, materiales, ... pero se van a incidir especialmente en las piezas que diferencian a cada tipo de vehículo (por ejemplo: batería – motor de combustión o motor eléctrico – motor de combustión) y aquellos que sean más relevantes medioambiental y energéticamente hablando.

También se menciona que cada coche requiere de unos materiales diferentes, dependiendo del motor, tamaño, peso, etc. Entre vehículos eléctricos y de combustión la mayor diferencia en cuanto a materiales viene de batería y el motor eléctrico por parte del primer tipo y entre el motor, transmisión y otros elementos de la transmisión para el otro tipo. Los materiales usados en la fabricación del coche eléctrico incluyen **cobre, hierro, níquel y materiales “críticos”**, estos últimos son aluminio, cobalto, grafito, litio y manganeso. Los materiales usados en la fabricación del coche de combustión contienen cobre, hierro y como materiales críticos aluminio entre otros materiales en un porcentaje muy pequeño [15].

El aluminio se utiliza para bajar el peso total de cualquier vehículo, la bajada de peso es especialmente importante en los coches eléctricos porque las baterías que se usan son muy pesadas por lo que los esfuerzos para rebajar el precio son todavía mayores en este tipo de vehículos. El proceso para el refinamiento del aluminio requiere mucha energía por lo que puede llegar a ser una fuente importante en emisiones de GHG.

Evaluación de los materiales usados en la fabricación de los vehículos eléctricos

Fabricación del vehículo y las baterías.

Entre vehículos de combustión y eléctricos puede no haber tantas diferencias en términos generales, por ejemplo, puede ser difícil distinguir a simple vista entre un vehículo de combustión y otro eléctrico, pero a nivel interno tienen una serie de

diferencias en el almacenamiento de la energía, propulsión y frenada. Los fabricantes de automóviles pueden tomar ventaja de modelos existentes en su línea de montaje, pero no suele ocurrir este caso ya que se requiere de modelos que tengan materiales de poco peso, como aluminio, para contrarrestar el peso de las baterías. La producción de las baterías junto con el uso de diferentes materiales hace que los efectos en el medio ambiente sean diferentes que la fabricación de los vehículos de combustión. [15]

Figure 2. Components of a Battery Electric Vehicle

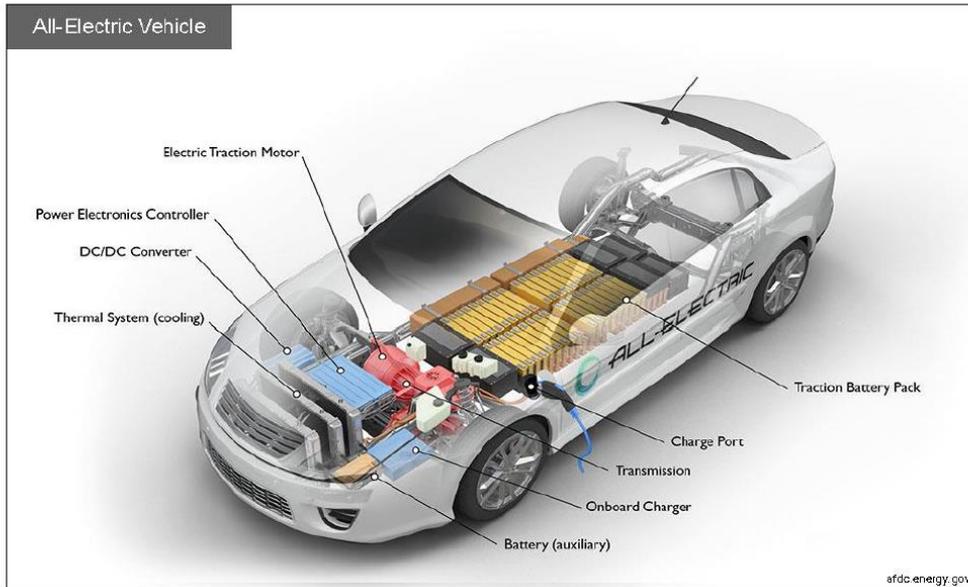
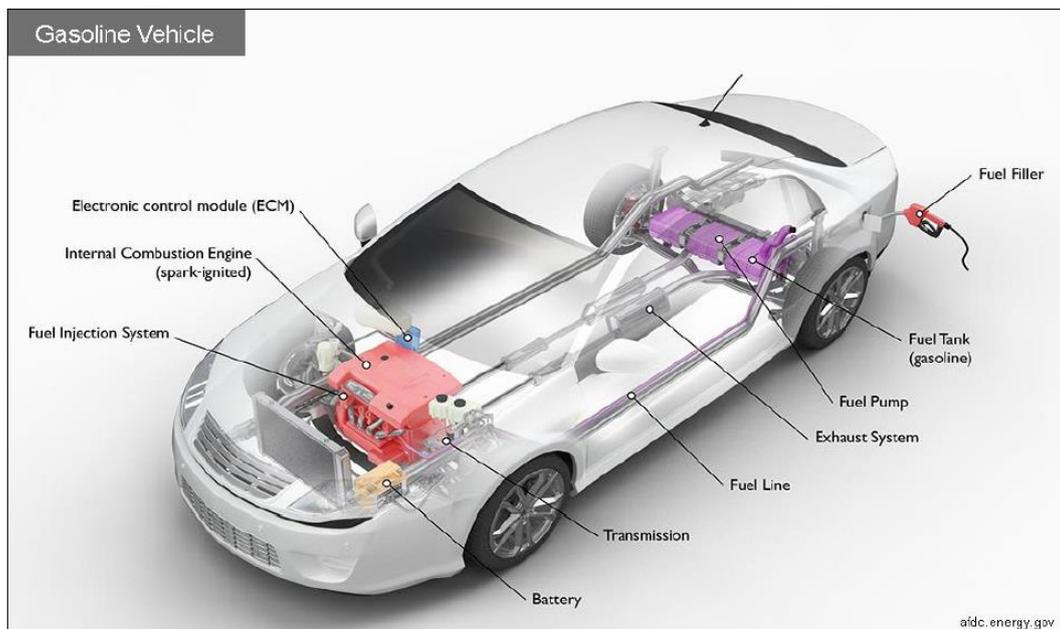


Figure 3. Components of an Internal Combustion Engine Vehicle



Factores que afectan a la etapa de producción del coche eléctrico

Además de la electricidad que se usa durante la producción hay una serie de factores que pueden hacer variar a los resultados del LCA (Life Cycle Assessment), entre ellos está el peso, transmisión, la composición material, el consumo de combustible y los kilómetros recorridos en su vida útil. Por normal general, a cuanto más grande es el vehículo, más materiales se necesitan y, por consecuente, más energía se requiere en el proceso. Por otro lado, cuantos más kilómetros recorra el vehículo en su vida útil mejores números se obtendrán en el porcentaje kilómetros/GHG emitidos.

Por parte de los vehículos eléctricos hay otros factores que también hay que tener en cuenta como el tamaño, configuración y la composición de la batería, algunas de estas tienen un proceso de fabricación que requiere más energía que otras. [15]

Evaluación ambiental de la fabricación de baterías

El vehículo eléctrico requiere de un almacén de la energía de donde el motor eléctrico tomará la energía para hacer su función, sin esta batería el vehículo deberá tener otro suministro. Esta batería suele estar formada por hidruro metálico de níquel o de iones de litio para vehículos híbridos y baterías de litio para vehículos 100% eléctricos, este documento se va a centrar en la producción de los vehículos que sean completamente eléctricos y cuáles son sus emisiones asociadas. [16] Para producir una tonelada de litio, que es el mayor componente de las baterías, se puede optar por dos opciones principales: el primero requiere 250 toneladas de espodumena (es un aluminosilicato) mientras que el segundo requiere 750 toneladas provenientes de la sal. Por consecuente, el procesamiento de tales cantidades de materia prima lleva consigo un impacto ambiental enorme. La producción de la sal conlleva crear un pozo muy profundo y sacar ese material a la superficie, este proceso necesita mucha agua siendo necesarias **1900 toneladas de agua** para obtener una tonelada de litio. [16]

Varios LCA sobre vehículos eléctricos han demostrado que la producción de las baterías es responsable del mayor porcentaje de energía usada y por tanto el mayor porcentaje de emisiones que se emiten. Se estima que entre el 25% de la energía de fabricación y entre el 20% - 40% de las emisiones totales de fabricación, dependiendo de

la fuente de la energía, (renovable, energía térmica o gas natural entre otras) forma parte solo de la producción de la batería.

Otras partes del vehículo eléctrico, como el motor, emiten entre un 7%-8% del total de emisiones, en el que se incluye desde la extracción de materiales hasta su fabricación, esto es debido a su alto contenido en cobre y aluminio. Otro componente, la transmisión, emite entre el 16% y el 18% de las emisiones totales a causa del alto contenido en aluminio. [15].

El tipo de batería tiene un rol muy importante, hay varios tipos de batería (LFP, LTO, LCO, LMO, NCM, NCA, ...) y el impacto ambiental de producir un tipo de batería u otro oscila entre 40 y 350 kg CO₂/kWh_{battery capacity} en el que la media se sitúa en torno a los **110 CO₂/kWh_{battery capacity}** . En la siguiente tabla se muestran las características de cada una de estas tecnologías: [8]

	LFP	LFP-LTO	LCO	LMO	NCM	NCA
Profundidad de descarga (80% (DoD))	2757	7917	967	1006	1659	2832
Eficiencia (%)	92,4	93	91	93	93,8	91,6
Densidad de energía	0,105	0,07	0,172	0,118	0,135	0,103
Emisiones (kgCO ₂ /kWh)	0,161	0,185	0,056	0,055	0,16	0,116

Tabla: Características de cada tipo de baterías

La mayoría de los estudios del LCA de las baterías se centran en el cambio climático, pero hay que tener en cuenta otros factores, como la toxicidad humana. En las ciudades donde se concentra gran cantidad de estas emisiones los vehículos eléctricos

Emisiones indirectas durante la fabricación del vehículo

La fabricación de un vehículo eléctrico es similar a la de un vehículo convencional en términos generales, incluyendo la extracción de materias primas, la fabricación del motor y el ensamblaje del vehículo. Sin embargo, es importante tener en cuenta que los vehículos eléctricos tienen diferencias significativas, especialmente en el tipo de motor y el tamaño de las baterías. Durante el proceso de fabricación se emiten gases de efecto invernadero y otros gases contaminantes, como el óxido de nitrógeno y partículas de aerosol. Estos componentes son responsables de la mayor parte de la huella ambiental de la fabricación de vehículos eléctricos. Además, los minerales utilizados en la fabricación de baterías a menudo presentan desafíos en términos de extracción debido a su escasez o a la ubicación de las minas en zonas conflictivas. Aunque no se le pregunta directamente al usuario, es importante tener en cuenta dónde se fabrica el vehículo, ya que esto afecta al impacto ambiental de su producción.

También es relevante considerar la degradación de los componentes del vehículo, especialmente la batería. Con el tiempo, la capacidad y el rendimiento de la batería disminuyen. Esto plantea preguntas como si es mejor reemplazar la batería por una nueva o adquirir un vehículo eléctrico nuevo y reutilizar la batería en otros usos.

CONDUCCIÓN (VIDA ÚTIL)

Uno de los puntos más críticos a la hora de estudiar todas las emisiones que genera el vehículo eléctrico es el mix de generación de energía, es decir, de donde proviene esa energía y que emisiones acarrea [17]. Pero la energía consumida también depende que uso se le va a hacer al vehículo, es decir, hacer 5.000 o 10.000 kilómetros al año no tiene la misma repercusión, así como la forma de conducir (más agresividad o ser más suave en el acelerado) y las vías por las que se va a circular (urbano o extraurbano). Las emisiones relacionadas con la carga del vehículo eléctrico dependen de dos factores multiplicativos:

$$CF_{BEV} \text{ (kgCO}_2\text{eq)} = CP_{BEV} \text{ (kWh)} \times EF_{MIX} \text{ (kgCO}_2\text{eq/kWh)}$$

Ecuación 4.3: Emisiones por la carga de un vehículo eléctrico

Siendo:

CP_{BEV} : el consumo de energía del vehículo eléctrico privado cuando se conduce. Está condicionado por factores eléctricos, mecánicos y humanos.

EF_{mix} : que es el término que representa el mix de recursos energéticos usados por una región para abastecer a su infraestructura eléctrica en el que se incluyen todo tipo de fuentes explicadas anteriormente. Es de clara importancia saber de dónde proviene la energía, dónde se carga la batería de los coches eléctricos y cuáles son sus emisiones. [17]

No es una tarea fácil predecir el futuro de este tipo de vehículo, pero podemos hacer predicciones, para ello vamos a utilizar esta ecuación:

$$CP_{BEV} = M \cdot v \cdot a + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot C_D \cdot A \cdot v^3 + M \cdot g \cdot h + \tau \cdot M \cdot g \cdot v \quad (1)$$

Ecuación 4.4: Consumo de un vehículo

Siendo:

- M: La masa del vehículo
- v: Velocidad
- a: aceleración
- ρ: Densidad del aire
- C_D: Coeficiente de resistencia del aire
- A: Área proyectada
- g: Fuerzas g
- h: Diferencias de la elevación
- τ: La resistencia de rodadura

Si se observa la ecuación 4.4 se ve que tanto la velocidad como la aceleración son las variables más influyentes en el resultado y dependen del factor humano. Las preguntas que se tienen que hacer para saber las emisiones que hay asociadas al vehículo eléctrico tienen que ser las siguientes:

- ¿Cómo ha sido conducido el vehículo?
- ¿Por cuánto tiempo se ha conducido el vehículo?
- ¿Dónde ha sido el vehículo conducido y cargado?
- ¿Cómo ha sido el vehículo cargado?
- ¿Cuándo ha sido el vehículo cargado? [17]

Las dos primeras preguntas se formulan para poder tener un valor real de las emisiones y son respondidas haciendo un gráfico del tipo velocidad-tiempo o midiendo el consumo de combustible. El siguiente grupo de preguntas está relacionado con la generación de energía, como ya se dijo en este documento, es variable, ya que depende de los recursos y el precio del mercado de la región donde se utiliza, no solo hay que tener en cuenta el lugar sino hay que profundizar en el momento del día en el que se utiliza esa energía. La carga de los vehículos eléctricos tiene un patrón muy parecido a cuando cargamos un teléfono móvil, suele ser en las primeras horas del horario laboral y por la noche. [17].

La mayoría de las personas cargan su vehículo en sus hogares, seguidos de su lugar de trabajo y, por último, en estaciones de carga eléctrica.

Para asentar las emisiones del vehículo eléctrico en la fase de “uso” hay dos enfoques:

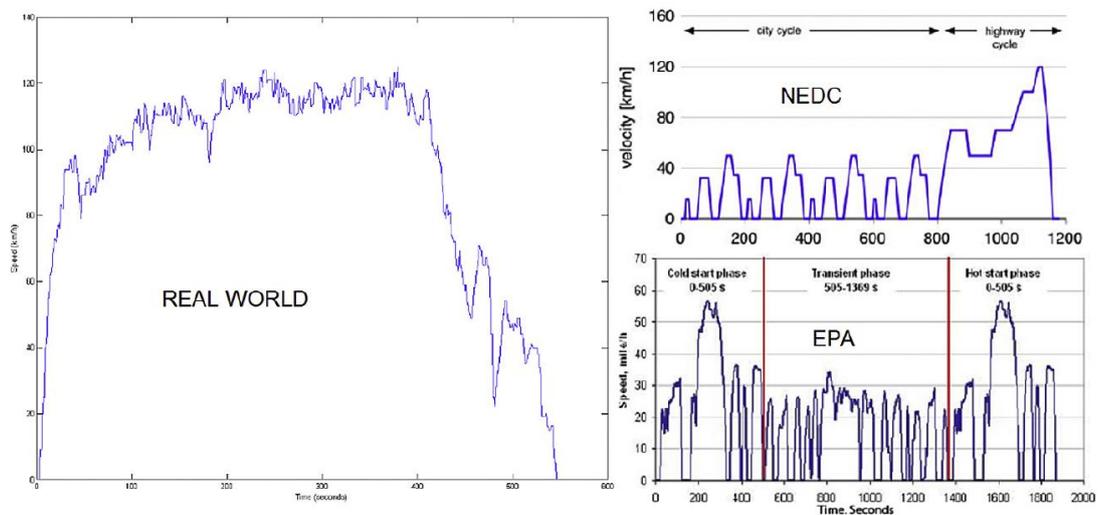
- **El enfoque de cero emisiones:** Es un enfoque simplista porque solo se basa en las emisiones que emite el vehículo eléctrico por el tubo de escape, por lógica, sabemos que este tipo de vehículo emite cero gases cuando está circulando. Este enfoque se usa para fines comerciales como, por ejemplo, distintos incentivos que dan los gobiernos de cada país para vehículos de bajas emisiones.
- **Enfoque basado en vehículos de combustión:** Las emisiones de los coches de combustión son probados en base a una homologación estandarizada. El consumo de combustible es medido con estos procedimientos para que puedan pasar los objetivos de emisiones y para el caso de los vehículos eléctricos se aplican las mismas técnicas para evaluar las emisiones de estos. Es más realista que el anterior enfoque, pero es criticado, porque los coches son probados a través de

procedimientos que simulan una serie de situaciones de conducción. Hay muchos procedimientos distintos que se prueban en distintos países que no se entra en detalle porque no entra en el tema de este trabajo.

El primer enfoque es erróneo mientras que el segundo tiene un inconveniente y es que está enfocado en el comportamiento del vehículo y del conductor intentando resumir, la cantidad enorme de factores que afectan al consumo de combustible y a la emisión de GHG. Este enfoque falla al ser aplicado a cualquier tipo de vehículo, sea eléctrico o no. [17]

En la etapa de la conducción, porque [18] las emisiones que se emiten durante esta fase pueden compensar a las emisiones emitidas en la producción del vehículo. También está estudiado que la mitad de las emisiones de los vehículos eléctricos están asociadas a su producción. Una tarea difícil es determinar la validez de los estudios sobre el ciclo de vida de los coches eléctricos, esto se debe porque el tren motriz de los eléctricos no está totalmente desarrollado.

A pesar de que haya pruebas y test que simulan el comportamiento del vehículo durante la conducción la verdad que las pruebas que se realizan para estos no son totalmente correctas lo que conlleva a que las emisiones y consumos proporcionados por estos test no son capaces de predecir los números reales [17].



Las gráficas de la derecha muestran dos pruebas distintas (NEDC y EPA) y la gráfica de la izquierda muestra la velocidad medida desde un vehículo. Las diferencias son muy claras y ninguna de las gráficas de las pruebas se acerca a la vida real. La gráfica real recoge los cambios en cualquiera de los parámetros (humanos, mecánicos, ...) que ocurren en el trayecto, por ejemplo, un accidente que nos obligue a aminorar la velocidad. También hay que tener en cuenta que lo seres humanos no podemos llevar un vehículo a una velocidad constante, siempre va a haber variaciones, aunque sean pequeñas.

Actualmente se usa el ciclo WLTP que es mucho más real que los anteriores ciclos mencionados, pero siempre y cuando las condiciones que se dan son muy favorables, por ejemplo, una temperatura de 23° es la idónea o que sea una carretera recta sin subidas ni la utilización del aire acondicionado. De cara al estudio se usará este ciclo para los vehículos eléctricos.

Emisiones directas durante el uso del vehículo

Durante la conducción del vehículo eléctrico, es difícil predecir con total precisión el consumo eléctrico individual debido a la variabilidad en el comportamiento de cada usuario. Sin embargo, existen modelos que pueden estimar el consumo de energía en diferentes tipos de vías, como autopistas o zonas urbanas. Aunque no se puede determinar exactamente la ruta de cada conductor, es posible recopilar información sobre la distancia recorrida anualmente. Se supone, además, que el vehículo retorna siempre al punto de origen, por lo que se equilibra el consumo energético en subidas (mayor consumo) y bajadas (menor consumo y recuperación de energía en la batería). Este balance se considera neutro y se toma en cuenta también la regeneración parcial de la batería durante las frenadas, lo que se denomina frenada regenerativa.

Por otra parte, conviene mencionar, aunque no se incluya en la aplicación web, las emisiones provenientes del desgaste de frenos y neumáticos. Son partículas altamente contaminantes y perjudiciales para el ser humano, a pesar de que la cantidad emitida sea mucho menor.

FIN DE LA VIDA DEL VEHÍCULO

En esta etapa se pueden incluir las acciones de reusar y de reutilizar aparte de desechar todas partes del vehículo. El vehículo es desmantelado, pero hay que tener cuidado con componentes peligrosos tales como las baterías y gases refrigerantes son recogidos, así como materiales reciclables y aquellos que se les puede dar un segundo uso, como motores y neumáticos. La carrocería es puesta en trituradoras para que más tarde se separen los elementos que no son metálicos, como la pintura.

En cuanto a las baterías existe una mejor opción y es reciclar las baterías usadas, se llama también producción secundaria. En este caso se requieren “solamente” 28 toneladas de baterías o lo que es lo mismo 256 baterías de coches eléctricos. El impacto neto de extracción de este mineral puede verse muy rebajado si más materiales se reciclasen al final de su vida útil, sin embargo, el rápido aumento en la demanda de materiales a causa del crecimiento del mercado de coches eléctricos hace que solo el reciclaje no sea capaz de suplir todas estas necesidades. [16]

Las baterías de litio se esperan que duren entre 15 y 20 años dependiendo del tiempo que pasa desde la fabricación (ya que las baterías se deterioran, aunque no se usen). Las preocupaciones a la hora de fabricar baterías de litio empezaron con la poca cantidad que puede haber de este mineral, pero a largo plazo parece no ser un problema. [16]. Una preocupación que abarca al corto plazo son las reservas de cobalto que se concentran en la inestable región de la República Democrática del Congo. Por lo que aparte de tener un objetivo ambiental, hay uno ético en el que todo el mundo tiene que concienciarse.

La reutilización de las baterías es preferible a reciclarlas, debe de haber una “cascada” de aplicaciones en la que cada fase aproveche al máximo la utilidad de la batería. Se usa el término: Energía usada sobre energía invertida (ESOI) que quiere decir la relación entre la energía que tiene que ser invertida en hacer la batería y la energía que almacenará en su vida útil. El ESOI aumentará en gran medida si se le da un segundo uso a la batería. En un tiempo se prevé que el suministro de baterías usadas supere a la demanda del mercado de segunda mano, teniendo un excedente de baterías que ya han sido utilizadas, también se recuerda que el reciclaje de baterías debe de ser la última

opción, incluso si tienen uno o dos usos. Este stock gigante de baterías usadas es un peligro para el medio ambiente e incluso peligroso para los humanos (se pueden provocar incendios), si la batería no se puede reutilizar debe de ser reparado o reciclada en último caso. Este proceso de reutilización de las baterías al final de su vida útil puede ser un punto a favor en términos económicos, ya que se está suprimiendo la etapa de extracción del material. [16]

En un proceso de *re-fabricación* de la batería, se tiene que llevar un desmontaje muy exhaustivo el cual tiene sus consecuencias de cara a los operarios que realizan esta acción.

Emisiones durante la vida final del vehículo

En cuanto a la vida final del vehículo, es fundamental destacar el papel de las baterías, que representan el factor más determinante en este aspecto. Aunque el usuario no puede decidir directamente qué hacer con la batería al final de su vida útil, existe la posibilidad de reutilizar productos que contengan baterías de vehículos eléctricos previamente utilizadas, lo que permite minimizar las emisiones y el consumo de energía asociados con la fabricación de una batería nueva.

Además, es importante estudiar el vehículo actual del usuario, ya que, aunque un vehículo de combustión interna continúe emitiendo gases contaminantes durante su uso, las emisiones y el consumo de energía asociados con la fabricación de un vehículo eléctrico son considerablemente mayores que, por ejemplo, los emitidos durante 3 o 4 años de uso de un vehículo de combustión interna [8]. Por lo tanto, se debe realizar un estudio del vehículo actual del usuario para tener una aproximación de cuáles son sus emisiones.

La integración de los 2 primeros temas en la herramienta propuesta la convierte en una propuesta sumamente interesante debido a la cantidad de parámetros que se tienen en cuenta, lo que permite obtener una aproximación fiable de las emisiones del vehículo eléctrico. El último punto, aunque se mencione, no se toma en cuenta en el estudio y no está incluido dentro de la herramienta.

4. Objetivo y alcance del trabajo

Con el fin de encontrar nuevas maneras de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero se están implementando distintas soluciones. En particular, en el sector automovilístico, se ha optado por el vehículo eléctrico, aunque también se apostó a otras tecnologías como la híbrida, pila de hidrógeno o la utilización de biocombustibles.

A pesar de que los vehículos eléctricos pueden parecer una opción esperanzadora, hay que considerar que, como cualquier otro vehículo, requiere una energía tanto para fabricarlos como para que pueda circular. Esto plantea cuestiones sobre los materiales necesarios para su construcción, las emisiones asociadas con la extracción de estos materiales, las emisiones generadas durante la fabricación y las diferencias en el proceso de fabricación en comparación con los vehículos convencionales. Para determinar si esta tecnología puede ser una alternativa verde conviene estudiar el ciclo de vida del vehículo y del combustible que en este caso es la electricidad.

El propósito de este estudio es proporcionar a los futuros compradores de vehículo eléctrico, así como personas interesadas en la divulgación científica herramientas que le aporten información muy valiosa para la toma de decisiones. Se mantendrá el foco en las emisiones, dejando de lado las desventajas de este vehículo en el día a día, por ejemplo, el tiempo de recarga de las baterías puede ser excesivamente elevado comparado con un repostaje de un vehículo de combustión, o como el calor puede afectar negativamente a la autonomía de estos. Este trabajo se centrará en comparar vehículos eléctricos frente a los vehículos de combustión convencionales, diésel y gasolina. En los vehículos de combustión existen los híbridos que combinan las dos tecnologías, se ha decidido no incluir en la comparación los vehículos híbridos ya que las emisiones durante la conducción y la fabricación son muy parecidas a las de uno convencional, por lo que de cara a los resultados no se aprecian diferencias significativas.

ESTUDIO DE VIABILIDAD

Se pueden encontrar varios tipos de páginas que predicen emisiones de una manera similar, pero sin llegar al nivel de profundidad que se llega en este trabajo.

Se va a exponer una lista de páginas web las cuales las cuales pueden tener cierto parecido con la hecha en este proyecto:

1. [Calcula y compensa tus emisiones de CO2] <https://www.ceroco2.org/calculadoras/>
2. [Simula los costes de carga de tu coche] <https://www.volkswagen.es/es/electricos-hibridos/electricos/simulador-coste-carga.html>
3. [How clean are electric cars?] https://www.transportenvironment.org/discover/how-clean-are-electric-cars/?gclid=CjwKCAjwvrOpBhBdEiwAR58-3Ct0dw3LwH1d_hXqWFjgafdPCwv2wpBUeU-ZFFy8H5AqEsfvqcE3qxoCFOIQAvD_BwE
4. [https://calculadora-co2.climatehero.org] <https://calculadora-co2.climatehero.org>
5. [E-CO2 Calculadora] <http://www.ecorresponsabilidad.es/calculadora/index.htm>

	Funcionalidad	Diferencias
1	Mide las emisiones del consumo de energía de varios tipos de consumos (desplazamiento aéreo/terrestre, calefacción, etc.)	No se centra en el EV, ni pone esa opción. Es una buena web para comprobar todo tipo de emisiones, pero no del EV
2	Calcula del coste y las emisiones emitidas por un vehículo eléctrico de la marca Volkswagen y los compara con los de los vehículos de combustión. Se pueden introducir parámetros como el porcentaje de tipo de conducción, así como el precio del kWh en las diferentes estaciones donde se carga	Es falso que un EV emite 0 t CO ₂ , sí que emite, aunque no directamente. Faltaría incluir las emisiones de fabricación. Se trata de un software que intenta incentivar la compra de EVs destacando sus puntos positivos.
3	Compara las emisiones entre un vehículo de combustión y uno eléctrico, indicando las emisiones por kilómetro y asumiendo las emisiones de fabricación.	Es un software el cual tiene una funcionalidad muy parecida al propuesto en este trabajo, pero es muy general dejando solo elegir países de la UE o tipo de vehículo.
4	Es un software el cual hace muchas preguntas acerca del consumo general, no solo del	Le falta tener más foco en el ámbito de los vehículos. Son preguntas en el contexto de

	transporte privado, sino en general, consumo doméstico, viajes en avión, ...	reducir emisiones (por ejemplo, carsharing) que de medir las emisiones totales.
5	Es una calculadora con muchos apartados, se suman todos y te da un resultado en total.	En el caso del vehículo privado es una operación muy sencilla, solo se tiene que introducir un parámetro: Litros consumidos y te devuelve los kilogramos de CO2 emitidos.

De estos Softwares que se pueden encontrar en la web solo hay uno que puede dar las emisiones reales y se trata de la tercera URL. El resto de los softwares son muy generales, lo que hace esta página web más diferencial que el resto de las páginas.

5. Metodología del trabajo

Este proyecto se organiza en cuatro etapas:

- Estudios sobre el vehículo eléctrico: Fabricación, conducción y posterior reciclaje de las baterías
- Estudios sobre la obtención de energía y como es de diferente en cada país.
- Estudio de las emisiones de los vehículos de combustión
- Estudio de lenguajes de programación y despliegue de la página web.

En este proyecto se ha elegido una metodología ágil (tipo SCRUM), al ser un solo integrante en el proyecto, no es necesario distribuir las tareas. El proceso de implementación del software se realiza de la siguiente manera:

- Establecimiento de los requisitos iniciales, necesarios para definir que se necesita del programa,
- Asignación de prioridades a los requisitos.
- Implementación de los requisitos.
- Revisión del programa y tratamiento de los errores mediante los siguientes pasos:
 - a. Identifica el error y se le da una prioridad
 - b. Causa del problema
 - c. Escribir posibles soluciones
 - d. Implementar las soluciones
 - e. Revisión de las soluciones implementadas

En líneas generales el flujo de tareas que se ha seguido de cara a la implementación del software es el siguiente:

- Recopilación de datos: Búsqueda y posterior tratamiento de los archivos CSV necesarios para llevar a cabo la aplicación, por ejemplo, lista de vehículos y lista de emisiones de CO2 por país.

- Limpieza de datos: Creación de nuevos archivos CSV los cuales se basan en los anteriores, pero con la información relevante, sin columnas innecesarias.
- Segmentación de datos: Desarrollo del script en el que se hace la clasificación de los vehículos con K-means, se genera otro CSV con una columna que indica el segmento al que pertenece tal vehículo.
- Diseño e implementación de la interfaz: Implementación del front de la página web.
- Modelado de datos: Creación de las funciones para realizar los cálculos de emisiones.
- Visualización de datos: Visualización de gráficas relacionadas con los datos procesados.

6. Análisis del sistema

DEFINICIÓN DEL SISTEMA

Determinación del alcance

El proyecto tiene como alcance los vehículos de combustión y los eléctricos (**estudiar si se pueden añadir otro tipo de vehículos**) y mostrar el siguiente listado de parámetros:

- Precio
- Emisiones en la fabricación
- Emisiones indirectas del combustible.
- Emisiones directas del combustible.
- Emisiones totales.
- ... (Añadir más dependiendo de lo que pensemos)

Los usuarios que vayan a usar este software son de dos tipos: aquellos que desean cambiar de vehículo y adquirir uno nuevo y no tienen claro de que combustible debe de ser. Por el otro lado usuarios que realicen estudios científicos puedan usar esta herramienta para poder ayudar y apoyar en sus investigaciones y predicciones.

Estos usuarios necesitan una respuesta clara, gracias a la cual la decisión de elegir el vehículo sea lo más ameno posible, que todo el estudio lo haga el software en vez del usuario.

REQUISITOS DEL SISTEMA

Requisitos funcionales

- Mostrar los diferentes tipos de combustibles disponibles.
- Permitir al usuario introducir parámetros del vehículo personalizado.
- Realizar los cálculos necesarios para mostrar el total de cada origen de emisiones.

- Tener en cuenta las emisiones que se producen durante la fabricación del vehículo.
- Tener en cuenta las emisiones que se emiten durante la conducción.
- Tener en cuentas las emisiones que se producen por la obtención, refinamiento y transporte al cliente final del combustible.
- Diferenciar el proceso de la gasolina y el diésel.
- Tener en cuenta los gramos de CO2 emitidos por KWH en cada país.
- Tener en cuenta el desgaste de componentes como frenos o neumáticos que desprenden partículas dependiendo del peso del vehículo.
- Tener en cuenta el mantenimiento y desgaste de los elementos claves en cada tipo de vehículos.
 - o Para los EV: la batería, tamaño y potencia. Degradación
 - o Para los ICEV: Motor de combustión, vida útil.
- Mostrar el conjunto de gráficas de cada uno de los procesos anteriormente mencionados en una ventana modal. Si
- Se debe de llevar un control de los parámetros introducidos por el usuario.
 - o Como es una página web hacemos uso del local storage.
- Se debe de mostrar un conjuntos de vehículos de ejemplo.
 - o Se importarán las listas de diversos ficheros, por ejemplo, CSV.

Requisitos no funcionales

- Diferenciar los dos vehículos que se van a comparar (a través de 2 columnas)
- Ser agradable y fácil de usar.
- Ser intuitivo.
- Ser claro mostrando los diferentes tipos de vehículos.
- Permitir introducir los parámetros de un vehículo personalizado o elegir entre los vehículos que se ofrecen en la lista

Identificación de Actores del Sistema

- Usuario: Se trata de una persona que interactúa con todas las funcionalidades que aporta el programa.

IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

Lenguajes de programación

Python

- Versión: 3.10.7
- Librerías utilizadas:
 - Dash
 - Versión: 2.8.1
 - Paquetes:
 - Html
 - Dcc
 - callback, Input, Output, State
 - Plotly
 - Versión: 5.13.1
 - Paquetes:
 - graph_objs
 - express
 - dash_bootstrap_components
 - Versión: 1.5.0
 - dash_mantine_components
 - Versión: 0.12.1
 - Csv
 - Numpy
 - Versión: 1.24.2
 - Pandas
 - Versión: 1.5.3

Se puede llegar a pensar que el lenguaje de diseño que se use para hacer la página web es HTML y para que esta funcione correctamente se use JavaScript. La realidad es

que gracias a los módulos que ofrece Dash podemos escribir todo desde Python, lo que facilita enormemente el desarrollo.

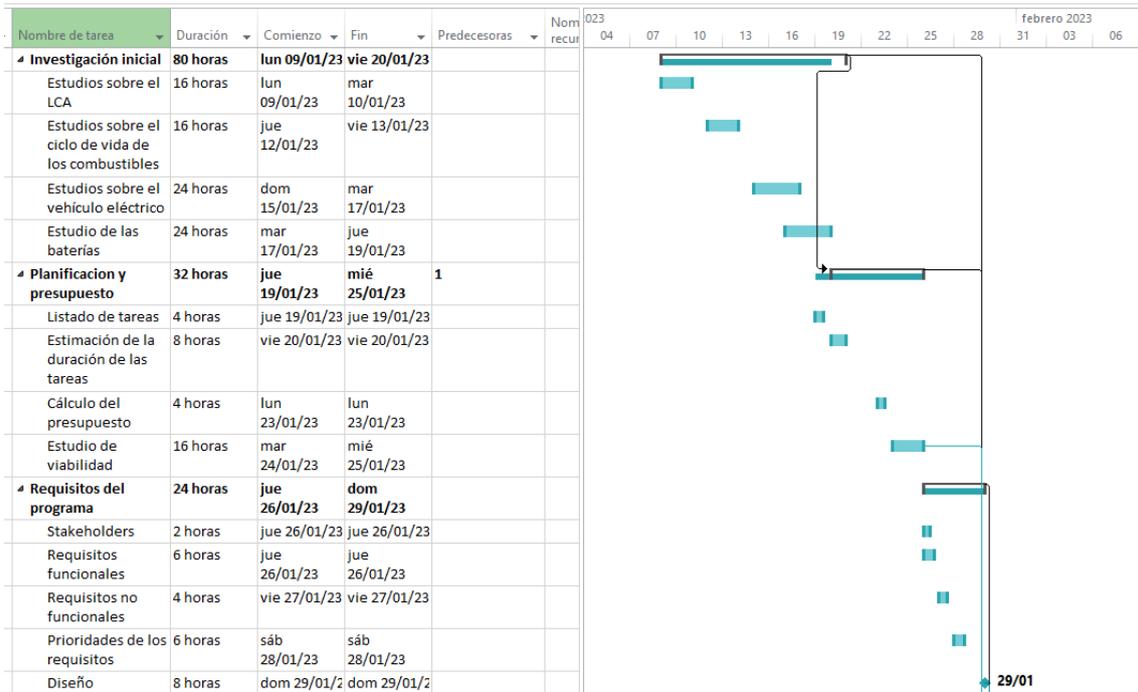
Fuera de este desarrollo no se han usado herramientas auxiliares ya que no son necesarias. Solo se menciona a que se necesita cualquier navegador web actual, como por ejemplo Google Chrome donde podemos ver el resultado de nuestro código.

7. Planificación inicial temporal del desarrollo efectuado

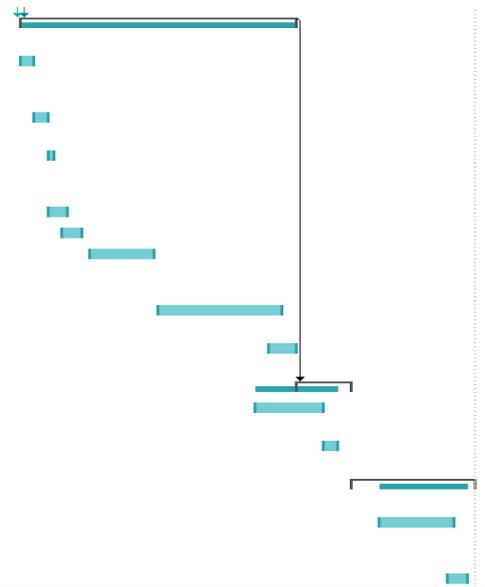
El proyecto tiene una duración total de x horas. La fecha de comienzo es el 9 de enero y la fecha de final es el 3 de marzo y se divide en estas etapas:

Etapa	Duración	Fecha de comienzo	Fecha de fin
Investigación inicial	80 horas	09/01/2023	20/01/23
Planificación y presupuesto	32 horas	19/01/23	25/01/23
Requisitos del programa	24 horas	26/01/23	29/01/23
Implementación y despliegue	128 horas	30/01/23	18/02/23
Pruebas	32 horas	19/02/23	22/02/23
Documentación de la memoria	56 horas	23/02/23	03/03/23

Para llevar a cabo esta planificación se ha empleado la herramienta de Microsoft Planner. Se muestra una imagen de la misma junto con sus tareas y subtareas:



Implementación y despliegue	128 horas	lun 30/01/23	sáb 18/02/23	1;6;10;11;16	
Comparación de los diferentes lenguajes a elegir	8 horas	lun 30/01/23	lun 30/01/23		
Estudio de la librería de Dash	8 horas	mar 31/01/23	mar 31/01/23		
Instalación de las diferentes librerías	2 horas	mié 01/02/23	mié 01/02/23		
Front	10 horas	mié 01/02/23	jue 02/02/23		
Back	10 horas	jue 02/02/23	vie 03/02/23		
Funciones que calculen las emisiones	30 horas	sáb 04/02/23	mié 08/02/23		
Depuración del código	56 horas	jue 09/02/23	vie 17/02/23		
Despliegue en Azure	16 horas	vie 17/02/23	sáb 18/02/23		
Pruebas	32 horas	dom 19/02/23	mié 22/02/23	17	
Implementación de las pruebas	24 horas	jue 16/02/23	lun 20/02/23		
Documentación de las pruebas	8 horas	mar 21/02/23	mar 21/02/23		
Documentación de la memoria	56 horas	jue 23/02/23	vie 03/03/23		
Escritura de los diferentes apartados	35 horas	sáb 25/02/23	jue 02/03/23		
Revisión	10 horas	jue 02/03/23	vie 03/03/23		



Desglose por tipo de tarea, con su duración y fechas de comienzo y fin:

Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin
Investigación inicial	80 horas	lun 09/01/23	vie 20/01/23
Estudios sobre el LCA	16 horas	lun 09/01/23	mar 10/01/23
Estudios sobre el ciclo de vida de los combustibles	16 horas	jue 12/01/23	vie 13/01/23
Estudios sobre el vehículo eléctrico	24 horas	dom 15/01/23	mar 17/01/23
Estudio de las baterías	24 horas	mar 17/01/23	jue 19/01/23

Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin
Planificación y presupuesto	32 horas	jue 19/01/23	mié 25/01/23
Listado de tareas	4 horas	jue 19/01/23	jue 19/01/23
Estimación de la duración de las tareas	8 horas	vie 20/01/23	vie 20/01/23
Cálculo del presupuesto	4 horas	lun 23/01/23	lun 23/01/23
Estudio de viabilidad	16 horas	mar 24/01/23	mié 25/01/23

Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin
Requisitos del programa	24 horas	jue 26/01/23	dom 29/01/23
Stakeholders	2 horas	jue 26/01/23	jue 26/01/23
Requisitos funcionales	6 horas	jue 26/01/23	jue 26/01/23
Requisitos no funcionales	4 horas	vie 27/01/23	vie 27/01/23
Prioridades de los requisitos	6 horas	sáb 28/01/23	sáb 28/01/23
Diseño	8 horas	dom 29/01/23	dom 29/01/23

Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin
Implementación y despliegue	128 horas	lun 30/01/23	sáb 18/02/23
Comparación de los diferentes lenguajes a elegir	8 horas	lun 30/01/23	lun 30/01/23
Estudio de la librería de Dash	8 horas	mar 31/01/23	mar 31/01/23
Instalación de las diferentes librerías	2 horas	mié 01/02/23	mié 01/02/23
Front	10 horas	mié 01/02/23	jue 02/02/23
Back	10 horas	jue 02/02/23	vie 03/02/23
Funciones que calculen las emisiones	30 horas	sáb 04/02/23	mié 08/02/23
Depuración del código	56 horas	jue 09/02/23	vie 17/02/23
Despliegue en Azure	16 horas	vie 17/02/23	sáb 18/02/23

Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin
Pruebas	32 horas	dom 19/02/23	mié 22/02/23
Implementación de las pruebas	24 horas	jue 16/02/23	lun 20/02/23
Documentación de las pruebas	8 horas	mar 21/02/23	mar 21/02/23

Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin
Documentación de la memoria	56 horas	jue 23/02/23	vie 03/03/23
Escritura de los diferentes apartados	35 horas	sáb 25/02/23	jue 02/03/23
Revisión	10 horas	jue 02/03/23	vie 03/03/23

8. Presupuesto del desarrollo efectuado

Se muestra a continuación un presupuesto de los costes, basado en la planificación anterior:

Presupuesto de ejecución material		
Número	Partida	Total
1	Investigación inicial	2.800,00 €
2	Requisitos del programa	1.120,00€
3	Implementación y despliegue	4.480,00€
4	Documentación	1.575,00€
5	Otros costes	1.120,00€
Coste total		11.095,00€

Coste total del presupuesto		
Concepto	Importe	Total
Presupuesto de ejecución material	PEM	11.095,00€
Gastos generales	12% PEM	1.331,4€
Beneficio industrial	6% PEM	665,7€
Total		13.092,1€
Impuestos	IVA(21%)	2.749,34€
Total del presupuesto		15.841,44€

El total del presupuesto asciende a la cantidad de QUINCE MIL OCHOCIENTOS CUARENTA Y UNO euros con CUARENTA Y CUATRO céntimos.

9. Metodología de la implementación del programa

FUENTES Y ACTUALIZACIÓN DE LOS DATOS

Cada año salen en el mercado automovilístico nuevos vehículos eléctricos y se recogen nuevos datos sobre las emisiones de cada país, por lo que la fuente de datos tiene que ser una la cual se pueda actualizar para que la herramienta no llegue a ser obsoleta al cabo de cierto tiempo.

En este trabajo, se actualizan la lista de vehículos eléctricos y las emisiones de cada país. Esta actualización se hace de forma manual por un sencillo motivo, tanto como por parte de las emisiones de los países como por parte de los vehículos eléctricos requieren configurar un **endpoint custom**, el cual hace una llamada a la API de ese cliente, la respuesta que se recibe es un JSON con los datos disponibles hasta la fecha.

La actualización es menos importante en el archivo de los países, su actualización debe de ser anual, y no son muy diferentes del año pasado, en cambio, en el caso de los vehículos la actualización tiene que ser por lo menos de una vez por día, en el peor de los casos una vez por semana. Este archivo es mucho más dinámico, cada día se pueden añadir nuevos vehículos y lo que es más importante, se pueden modificar los parámetros de un número considerable de vehículos. Estas opciones que se ofrecen son de pago, se ha considerado que con el actual objetivo del trabajo no conviene empezar un proceso de compra de alguno de estos servicios.

Otra opción que se le ofrece al usuario es poder añadir su propio vehículo (combustión o eléctrico) simplemente le sirve con introducir los parámetros que se le indican en la página correspondiente.

NUEVO VEHÍCULO ×

Introduce los datos del vehículo que quieres introducir en el programa

Nombre del vehículo

Tipo de combustible

Precio

Consumo medio del vehículo

Rango medio

Peso del vehículo

Batería

Longitud del vehículo (mm)

Anchura del vehículo (mm)

Altura del vehículo (mm)

Potencia (kWh)

Potencia del vehículo (PS)

NUEVO VEHÍCULO
×

Introduce los datos del vehiculo que quieres introducir en el programa

Nombre del vehiculo

YYYY Marca Modelo

Tipo de combustible

Gasolina
⇅

**Consumo del vehículo en
autopista (l/100km)**

Consumo del vehículo
⇅

**Consumo del vehículo en
ciudad (l/100km)**

Consumo del vehículo
⇅

Guardar vehiculo

Cerrar

Datos utilizados:

Para que la aplicación tenga datos tanto de países como de vehículos se ha optado por incluir en el programa distintos archivos de tipo csv.

- El primer CSV (ListCountries.csv) contiene los datos de diferentes países, nombre, código ISO-3 y continente al que pertenecen. [20]
- El segundo CSV (carbon-intensity-electricity.csv) contiene las emisiones de CO2 por kWh de cada país, nombrado por su código ISO. [21]
- El tercer CSV (cars.csv) contiene diversa información de una gran cantidad vehículos de combustión del mercado estadounidense (gasolina y diésel) [22]
- El cuarto CSV (CSV_EV.csv) contiene diversa información de vehículos eléctricos.
- El quinto CSV (CSV_EV_KMeans.csv) es idéntico al anterior

CLASIFICACIÓN DE LOS VEHÍCULOS DESPLIEGUE DE LA PÁGINA WEB

10. Complicaciones encontradas y justificación de las decisiones tomadas

Problemas encontrados

Problema: Como llevar el control de los parámetros que ha introducido el usuario

Explicación del problema

Se necesita saber que valores ha introducido el usuario ya que el programa, más adelante, tendrá que hacer uso de estos datos y mostrar las gráficas.

Solución

Se ha pensado en 2 maneras diferentes: recoger todos los datos cuando el usuario de ‘click’ en el botón de ‘realizar cálculos’ o que cada vez que el usuario modifique cualquiera de los campos una “capa de datos” se actualice. Se ha optado por la segunda opción explicada anteriormente, ya que con esto nos aseguramos de que los datos introducidos están disponibles antes de realizar los cálculos, es una manera de evitar problemas a posteriori. La librería de Dash proporciona un tipo de funciones que se llaman callback, en el que puede tener tres argumentos: Output, input y state. El primero indica donde se hacen los cambios; el segundo, que elemento tiene que escuchar (“se identifica con el id”) y en el último se tiene que introducir la variable de control, que se puede modificar y leer para tener la salida deseada.

```
##Callback que nos muestra en el modal los datos de lo  
@callback(  
    Output("textoModal", "children"),  
    Input("modal-demo-button", "n_clicks"),  
    [State("session", "data")]  
)  
def cambiaTextModal(n_clicks, data):
```

Cabe comentar que puede haber varios inputs sin que haya ningún state, por ejemplo:

```
#Funcion callback para guardar los datos en el session storage del vehicul  
@callback(  
    Output("session", "data"),  
    Input("Countrydropdown1", "value"),  
    Input("RadioItemsTipoCombustible", "value"),  
    Input("input_number_potencia", "value"),  
    Input("input_number_peso", "value"),  
    Input("input_number_precio", "value"),  
    Input("input_number_kilometros", "value"),  
    Input("RadioItemsTipoConduccion", "value"),  
    Input("input_number_consumo", "value"),  
    Input("BrandCardropdown1", "value"),  
)
```

Después de declarar los argumentos se tiene que definir la función y lo que debe de realizar:

```
def save_datos_1(pais, tipoCombustible, potencia, peso, precio, kilometros, tipoConduccion, consumo, nombreCoche):  
  
    if csvEmisiones[pais] is not None:  
        emisiones = csvEmisiones[pais].replace(',','.')  
    else:  
        emisiones = "Desconocido"  
  
    #if(tipoCombustible == 'Gasoline' or tipoCombustible == 'Diesel fuel'):  
    #    if(tipoConduccion == 'urbano'):  
    #        csvCoches[nombreCoche][2]  
    #    else:  
    #        csvCoches[nombreCoche][1]  
  
    return pais, float(emisiones), tipoCombustible, float(potencia), float(peso), float(precio), float(kilometros), tipoConduccion, consumo, nombreCoche
```

Lo que hace esta función es “escuchar” cada uno de los inputs que se le pasen como argumento e introducirlos en la estructura de datos.

Problema: Que estructura de datos es la más correcta

Explicación del problema

Se requiere de una estructura de datos para guardar los parámetros del vehículo.

Solución

A pesar de tener una gran variedad de estructuras de datos que pueden servir para almacenar este tipo de dato se ha optado por una estructura tipo diccionario en el que el primer valor es el número y el segundo es el valor del parámetro. Por problemas con el código no se ha usado un valor de string en el key, cosa que hubiese simplificado enormemente el desarrollo.

Se quiere también que sea lo más parecido a un formato de dato tipo JSON.

Problema: Donde guardar los datos

Explicación del problema

Se necesita una estructura de datos donde almacenar los parámetros de cada vehículo, ahora ya se tiene un control de cuándo se va a rellenar, pero falta saber en dónde.

Solución

Se ha optado por utilizar el Local Storage del navegador, ya que se es una especie de capa de datos, que aparte de estar a un nivel por encima del programa no se borra si el

usuario sale de la página, sino que se mantiene durante más tiempo lo que ayuda a que si el usuario quiere continuar su búsqueda no tenga que introducir de nuevo los parámetros.

```
▼ ["ESP", 217.37299, "Gasoline", 140, 1650, 30000, 20000, "urbano", null, null]
  0: "ESP"
  1: 217.37299
  2: "Gasoline"
  3: 140
  4: 1650
  5: 30000
  6: 20000
  7: "urbano"
  8: null
  9: null
```

Problema: Control de los datos

Explicación del problema

El usuario puede introducir valores que sean incorrectos o nulos

Solución

Para controlar una correcta ejecución del programa se puede de dos maneras diferentes:

- Se obliga a introducir números en los parámetros que tienen que ser números, por ejemplo, el consumo sin la posibilidad de que se introduzcan otro tipo de caracteres
- No puede haber parámetros nulos, es decir, que todos los inputs tienen que estar con datos
- No se pueden introducir datos que sean negativos, con ello las gráficas no tendrían sentido.

Problema: Que apariencia es la más correcta para el usuario

Explicación del problema

Ya que esta aplicación se quiere que sea desplegada en la web y la use cualquier usuario debe tener una apariencia agradable a la vista.

Solución

La librería de `dash_bootstrap_components` contiene unos temas definidos que ahorran mucho tiempo, en este caso se usa el tema de 'YETI' y se indica en esta línea de código:

```
app = Dash(__name__,  
            external_stylesheets=[dbc.themes.YETI]  
            ) #initialising dash app
```

Problema: Como introducir una columna en el CSV que indique el segmento al que pertenece el vehículo.

Explicación del problema

Se tiene un CSV con los datos de los vehículos eléctricos, cuando se ejecuta el script (en el que se hace la clasificación por medio del algoritmo de K-Means) tenemos otro dato, el segmento al que pertenece, de alguna manera se tiene que relacionar con los datos que existen.

Solución

Crear otro CSV que se base en el primero y que contenga otra columna más y tenga la información del segmento al que pertenece. Así el programa tendrá 2 maneras de leer la información, dependiendo de en qué momento de la ejecución se necesite.

Problema: Como mostrar el listado de datos desde el CSV a la página web y por tanto al usuario.

Explicación del problema

Hay que mostrar en un listado (tipo dropdown) que contenga los nombres de países y vehículos.

Solución

Esa información se obtiene de los archivos CSV, hay que hacer uso de las funciones callback que se proporciona:

```
0 @callback(  
1     Output('BrandCardropdownComb', 'options'),  
2     Input('RadioItemsTipoCombustible2', 'value'),  
3 )  
4 def modifica_dropdown(tipo_combustible):  
5  
6     if(tipo_combustible == 'Gasolina'):  
7         options = modificaCSV.LeerCSVDropDown('cars_mod_ult.csv', 'Gasolina')  
8     if(tipo_combustible == 'Diesel'):  
9         options = modificaCSV.LeerCSVDropDown('cars_mod_ult.csv', 'Diesel')  
10  
11     return [{'label': x, 'value' : x} for x in options]
```

Nótese la forma que los dropdowns en este caso deben tener la información, de la forma clave valor (que en este caso se toman el mismo valor).

La función LeerCSVDropDown devuelva una lista con todas las filas del CSV que se le pasa como primer parámetro que cumplen la condición del combustible que contiene el segundo parámetro.

Problema: Implementación de la página web con Azure a través de una imagen Docker.

Explicación del problema

Existe un gran abanico de posibilidades a la hora de implementar un aplicación web en Azure, en un primer momento se intentó hacer con una imagen Docker, tras una serie de complicaciones por la cual no se sabe el error

Solución

Intentar otro tipo de implementaciones, la primera opción en la lista es la implementación a través de Github y de CI/CD, ya explicado en este documento.

11. Desarrollo de las pruebas

En este caso se va a explicar las pruebas que se han estudiado, se van a mostrar en una tabla:

PRUEBA 1: COMPROBAR QUE DESPUÉS DE AÑADIR UN VEHÍCULO EL LISTADO TIPO DROPDOWN SE ACTUALIZA MOSTRANDO EL NUEVO VEHÍCULO.

Desarrollo de la prueba: Se va a añadir un vehículo con los parámetros correctos, dentro de la ventana modal donde se introducen todos los parámetros necesarios. Luego se va a mostrar todo el listado y deberá de aparecer al final de la lista. Se muestra a continuación una vista de la ventana con los parámetros que se van a introducir.

Introduce los datos del vehículo que quieres introducir en el programa

Nombre del vehículo

Tipo de combustible

Precio

Consumo medio del vehículo

(Wh/km)

Rango medio (Km)

Peso del vehículo (Kgs)

Tamaño batería (kWh)

Longitud del vehículo (mm)

Anchura del vehículo (mm)

Altura del vehículo (mm)

Potencia (kWh)

Potencia del vehículo (PS)

Guardar vehículo

Cerrar

Salida esperada: Se espera que el vehículo esté dentro del conjunto de los vehículos, por lo que tendrá que aparecer dentro del dropdown.

Salida obtenida: El vehículo con nombre ‘VehículoPrueba1’ aparece en la lista y se puede escoger, por lo que la prueba es satisfactoria

The image shows a screenshot of a web application interface for entering vehicle data. It is divided into two main sections:

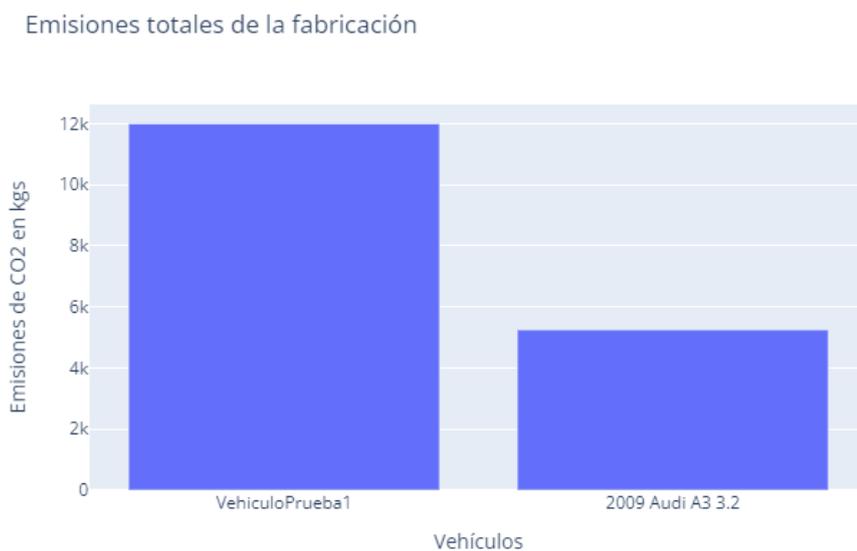
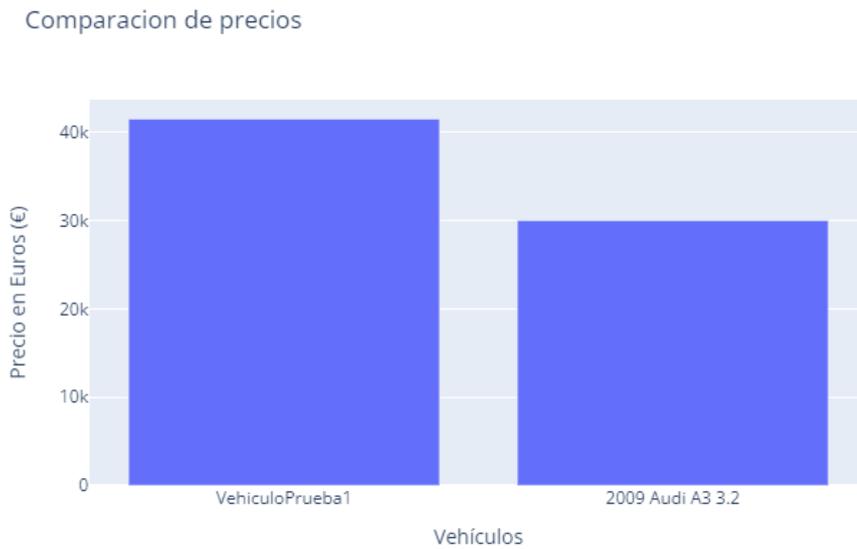
- Datos del vehículo eléctrico:**
 - Elige el país del vehículo 1: A dropdown menu with 'Afganistán' selected.
 - Elige el modelo del vehículo: A dropdown menu with a list of models including 'VehículoPrueba1', 'Zeekr 001 Performance AWD', 'Zeekr 001 Privilege AWD', 'Zeekr X Long Range RWD', 'Zeekr X Privilege AWD', and 'e.Go e.wave X'. 'VehículoPrueba1' is highlighted.
 - Price field: A text input containing '20000'.
- Datos del vehículo de combustión:**
 - Combustión type: Radio buttons for 'Combustión - Gasolina' (selected) and 'Combustión - Diesel'.
 - Elige el modelo del vehículo 2: A dropdown menu with '2009 Audi A3 3.2' selected.
 - Tipo de conducción mayoritario: Radio buttons for 'Urbano' (selected) and 'Extraurbano'.
 - ¿Cuál es el precio del vehículo de combustión?: A text input containing '30000'.
 - Kilometros anuales: A text input containing '20000'.

PRUEBA 2: LAS GRÁFICAS DEL VEHÍCULO RECIÉN AÑADIDO SON COHERENTES Y SE CORRESPONDEN CON LOS PARÁMETROS QUE EL USUARIO HA AÑADIDO ANTERIORMENTE.

Desarrollo de la prueba: Se va a seguir el mismo flujo que en la prueba anterior, eligiendo el vehículo con nombre ‘VehículoPrueba1’ se va a dar click en el botón de ‘Realizar Cálculos’ y se muestran las gráficas.

Salida esperada: Las gráficas tiene que coincidir con los parámetros introducidos. Una de las gráficas, por ejemplo, la comparación del precio deberá de tener el valor introducido el cual es de 41490,00 €.





Salida obtenida: Como se pueden observar las gráficas son correctas y los cálculos de estas también.

PRUEBA 3: LAS GRÁFICAS SON CORRECTAS EN CUANTO A CÁLCULOS SE REFIEREN.

Desarrollo de la prueba: Se comprueba en el gráfico donde se cruzan las dos líneas

Salida esperada: Se espera cada una de las líneas por cada 50.000 kilómetros tengan estas correspondencias

Eléctrico:

[9600.0, 10612.05, 11624.1, 12636.14, 13648.19]

Combustión:

[5250.0, 19623.78, 33997.55, 48371.32, 62745.1]

Salida obtenida:



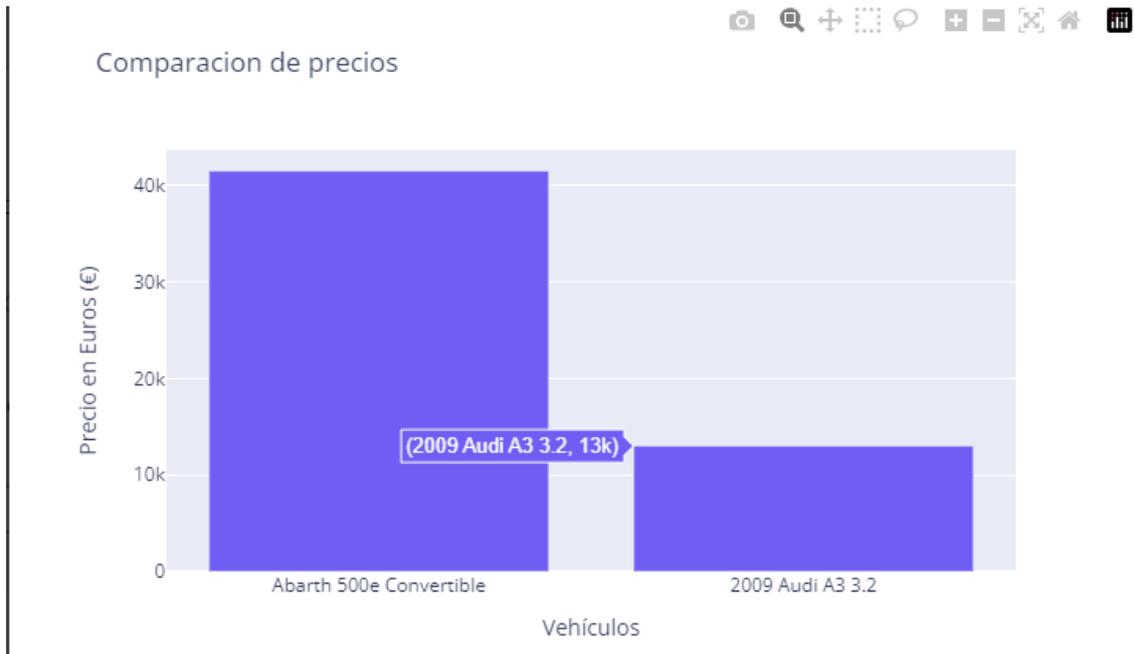
Aunque en la captura puede que no se llegue a apreciar, sí que los valores coinciden con los valores calculados anteriormente.

PRUEBA 4: AL CAMBIAR LOS PARÁMETROS DE CUALQUIERA DE LOS 2 VEHÍCULOS SE VE REFLEJADO EN LAS GRÁFICAS.

Desarrollo de la prueba: Se hace un cambio en la variable de precio y se debe de reflejar ese cambio en las gráficas.

Salida esperada: La gráfica con el valor cambiado.

Salida obtenida:



Sin salir del programa y cambiando el precio:

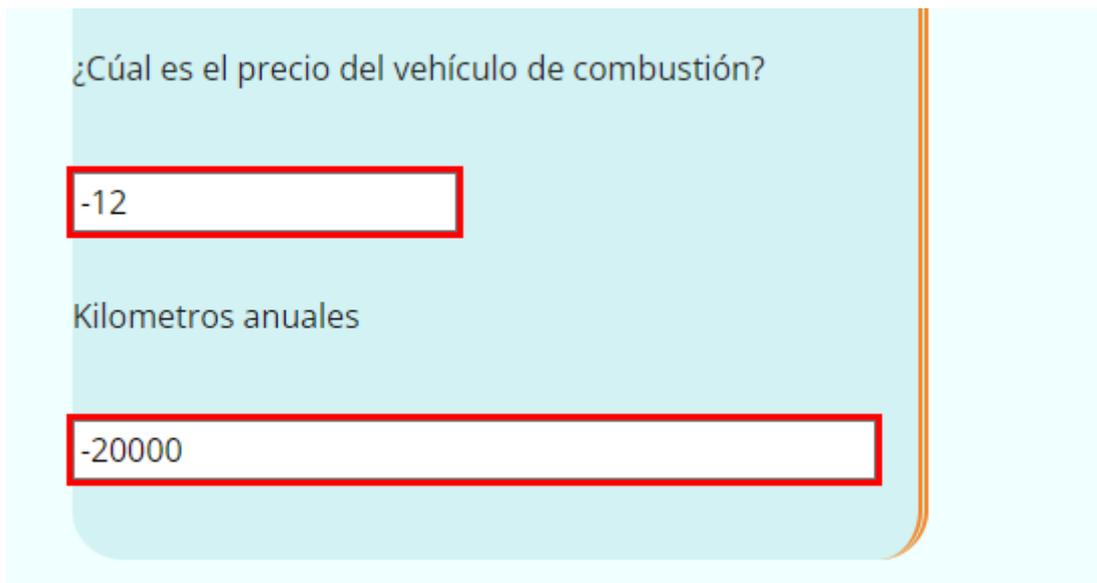


PRUEBA 5: EL USUARIO INTRODUCES UN NÚMERO MENOR QUE 0.

Desarrollo de la prueba: Se introducirá un número menor que 0 en cualquiera de los outputs disponibles para el usuario.

Salida esperada: Se debe de indicar al usuario que es un número inválido o que no es posible realizar esas operaciones.

Salida obtenida: Se muestra un cuadrado rojo que rodea al input



¿Cuál es el precio del vehículo de combustión?

Kilometros anuales

Si se intenta dar al botón de 'Realizar cálculos' se muestran las gráficas, pero con el anterior valor correcto. Por lo que no se pueden realizar cálculos con operaciones negativas.

12. Trabajo realizado y resultados obtenidos

Con el fin de demostrar los resultados de esta página web se van a exponer varios casos con diferentes modelos.

Para cada vehículo que está dentro de la comparación se van a mostrar una serie de gráficas comparativas en las que se va a ver las diferencias en cuanto a kilogramos de CO₂ anuales (por eso uno de los parámetros es la cantidad de kilómetros que se hacen al año) teniendo en cuenta todos los parámetros puestos anteriormente. Se mostrarán 4 tipos de gráfica.

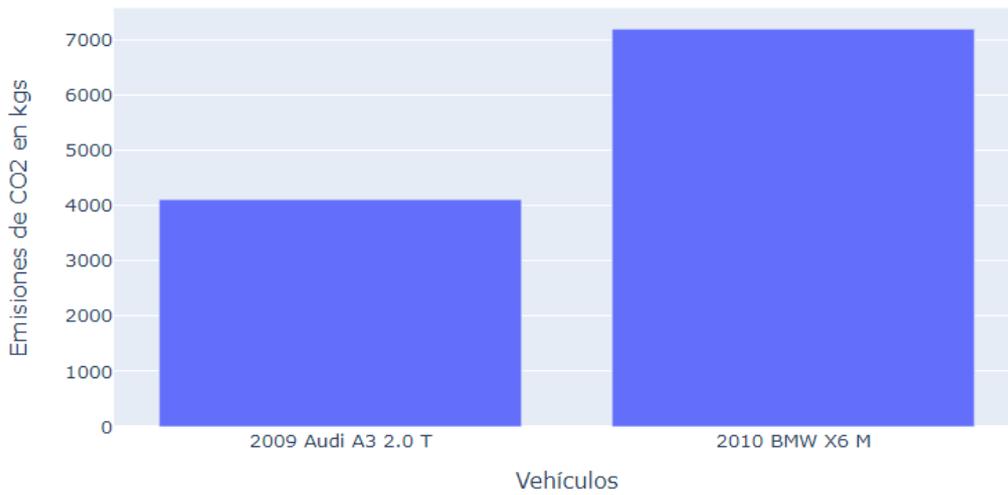
CONCLUSIONES:

Para concluir con el trabajo se van a mostrar diferentes capturas de las gráficas obtenidas de la aplicación seguidas de una breve explicación:

- **Las emisiones totales de dos vehículos de combustión de gasolina con diferentes consumos** (11,2 l/100km para el Audi y 19,6 l/100km para el BMW) indican que a cuantos más litros se consuman más gramos de CO₂ se emiten. Es una conclusión trivial.



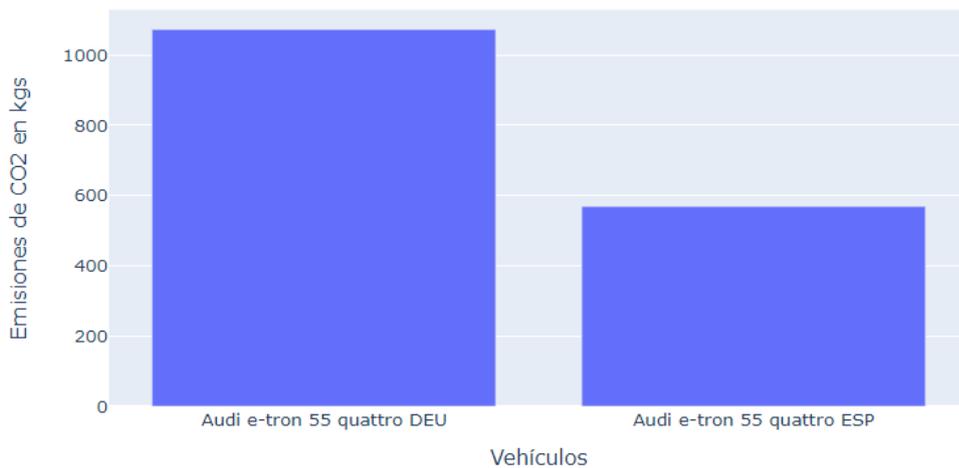
Emisiones totales del uso del vehículo sin contar la fabricación



- **Las emisiones por conducir un vehículo eléctrico cambian mucho dependiendo del país en el que se circule.** Se pone de ejemplo a dos países europeos, España y Alemania con una CI diferentes, el vehículo que se usa va a ser el mismo (Audi e-tron 50 quattro)



Emisiones totales del uso del vehículo sin contar la fabricación



Como se puede observar entre Alemania (385.46744 gCO2/kWh) y España (217.37299 gCO2/kWh) la diferencia es casi del doble, sería una opción de compra mucho más razonable medioambientalmente hablando en el segundo país.

- **La fabricación de un vehículo eléctrico es mucho más intensiva que un vehículo de combustión**, como se ha indicado en el trabajo anteriormente. No se tiene en cuenta las características de los vehículos, solamente el tipo de combustible. Las emisiones de fabricación de un coche eléctrico pueden variar dependiendo de su tamaño y, sobre todo, del tamaño de su batería y la tecnología que se utiliza.



Las emisiones, en términos generales, llegan a ser el doble. Todo esto, está calculado sobre los 150.000 kilómetros de vida útil en los tipos diferentes, el problema de los eléctricos viene cuando el rendimiento de sus baterías baja un porcentaje importante. Algunas marcas ofrecen garantías a vehículos eléctricos desde los 100.000 a los 150.000 kilómetros dependiendo de la marca donde lo que pase en ese tiempo hasta que se acabe el cupo corre a cargo de la casa, se incluye las baterías que no deben de tener mermada su capacidad por debajo del 70%. [51]

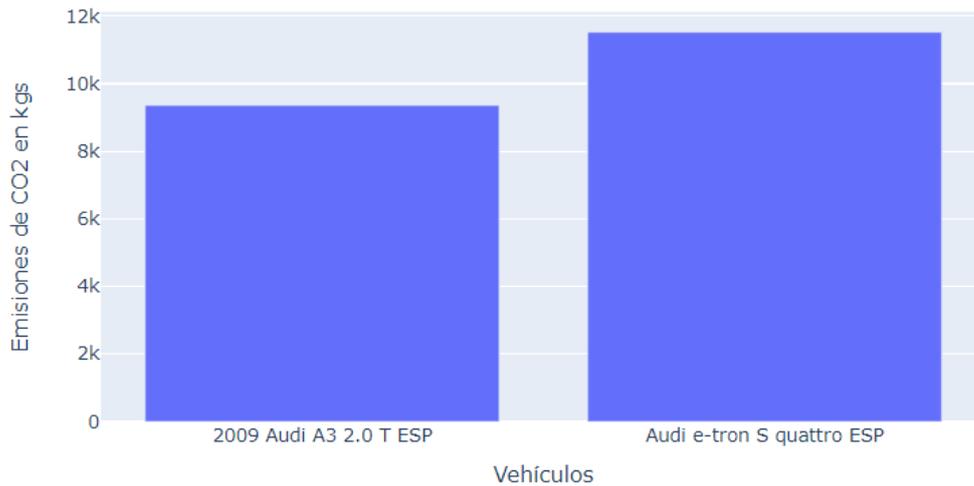
Con esto se puede deducir que en algunos casos se deben de cambiar componentes o, peor aún, reemplazar la batería entera. Además, que la batería se puede degradar más por factores externos como el calor o ciclos de carga y descarga fuera de los porcentajes recomendados (circular menos del 20% o cargar la batería por encima del 80%) [51]. En comparación con los vehículos convencionales, este problema no pasa y, en la mayoría

de los casos, con un correcto mantenimiento se puede llegar a **una vida útil mucho mayor que un vehículo eléctrico sin cambiar la batería.**

- **Un vehículo eléctrico necesita circular para equiparar las emisiones con su equivalente de combustión.** Ya que un vehículo de combustión emite directa e indirectamente y el eléctrico solo indirectamente.

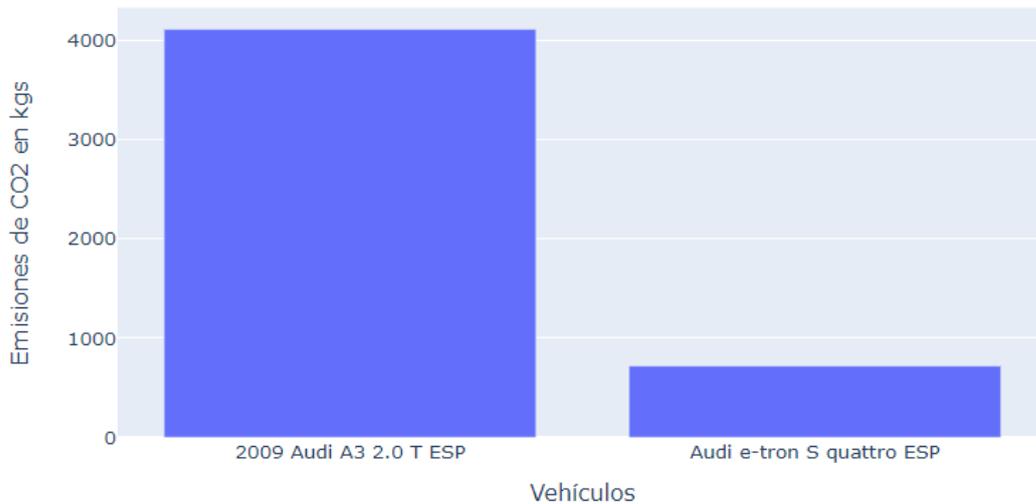
Se puede crear una función para observar el punto donde se juntan las emisiones de cada tipo.

Emisiones totales del uso y fabricación



En el siguiente año las emisiones serían las siguientes:

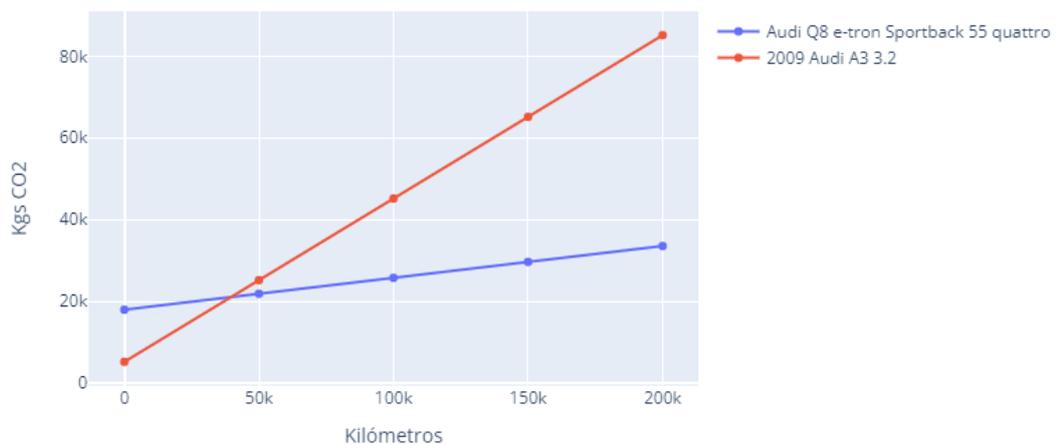
Emisiones totales del uso del vehículo sin contar la fabricación



Por lo tanto, tomando este caso el vehículo eléctrico es capaz de superar al de combustión en menos de 2 años. Sabiendo que los datos de fabricación son generales y dependen mucho de cada tipo de vehículo es muy probable que el tiempo que el eléctrico alcance al de combustión varíe.

- **Kilómetros que requiere un vehículo de combustión en rebasar a un vehículo eléctrico en cuanto a emisiones**, siguiendo con la gráfica anterior en la que se mide las emisiones de un año después de adquirir el vehículo.

Kilogramos de CO2 emitidos en la vida útil



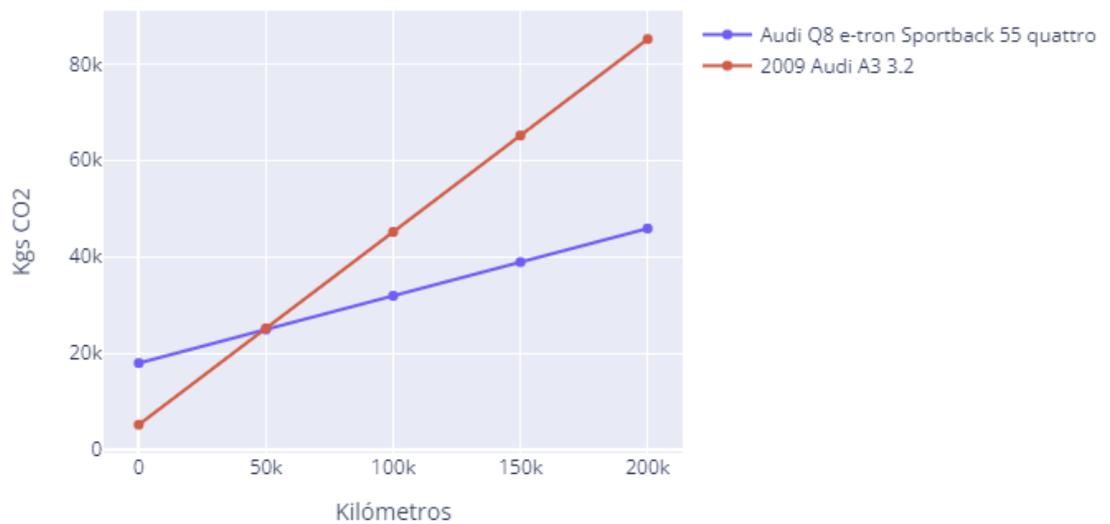
Las dos líneas se cortan en un punto en el que coinciden con las emisiones de los 2 vehículos. Se puede observar que, para estos dos vehículos el punto de corte es

sobre los **40.000 kilómetros**, cabe decir que el mix de electricidad es Alemania, uno de los más altos de la UE.

Si se supone que al año el conductor medio hace entre 15.000 y 22.000 kilómetros, se estaría hablando de que se tardarían unos dos años y medio en llegar a rentabilizar un vehículo eléctrico.

Con el mismo tipo de vehículos se va a coger China, que tiene las emisiones más altas de todo el mundo:

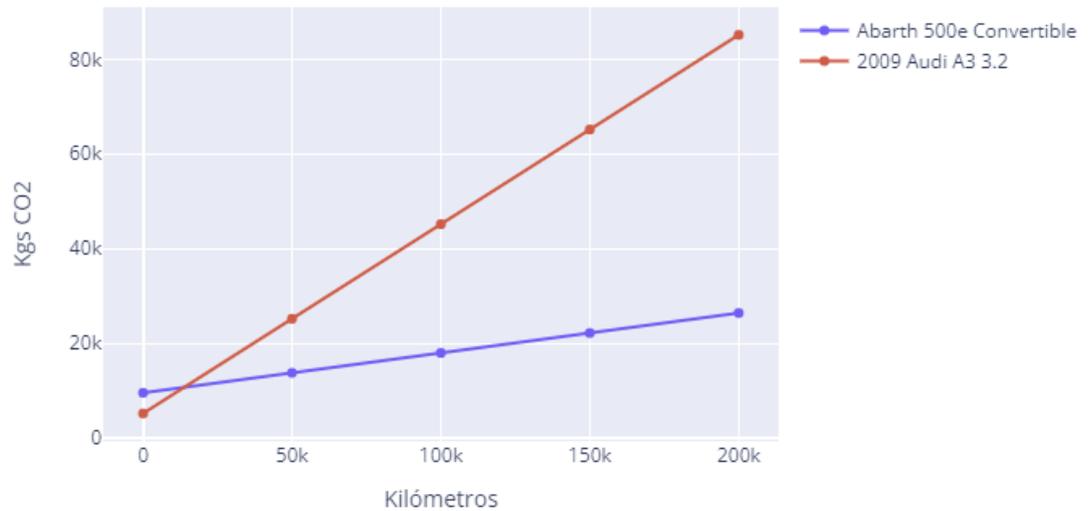
Kilogramos de CO2 emitidos en la vida útil



El punto de corte ya es superior a los 50.000 kilómetros.

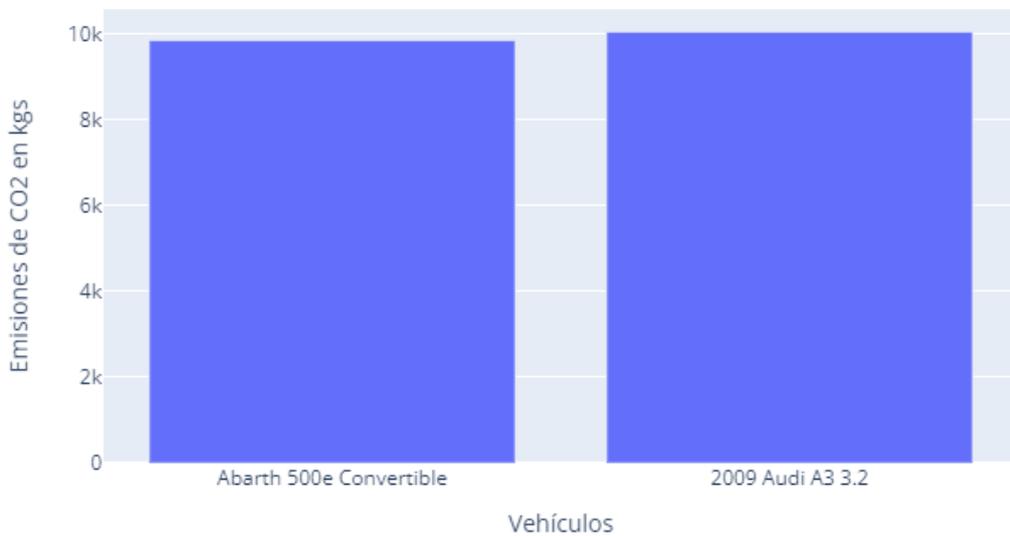
Con otro tipo de vehículos que sean más pequeños y por tanto con unas baterías más pequeñas y un proceso de fabricación menos exhaustivo, en un país como Alemania:

Kilogramos de CO2 emitidos en la vida útil



En este caso el punto de corte es mucho menor que en la gráfica anterior, sobre unos 10.000- 15.000 kilómetros lo que se traduce que el vehículo es ‘rentable’ al año de comprarlo.

Emisiones totales anuales del uso y fabricación

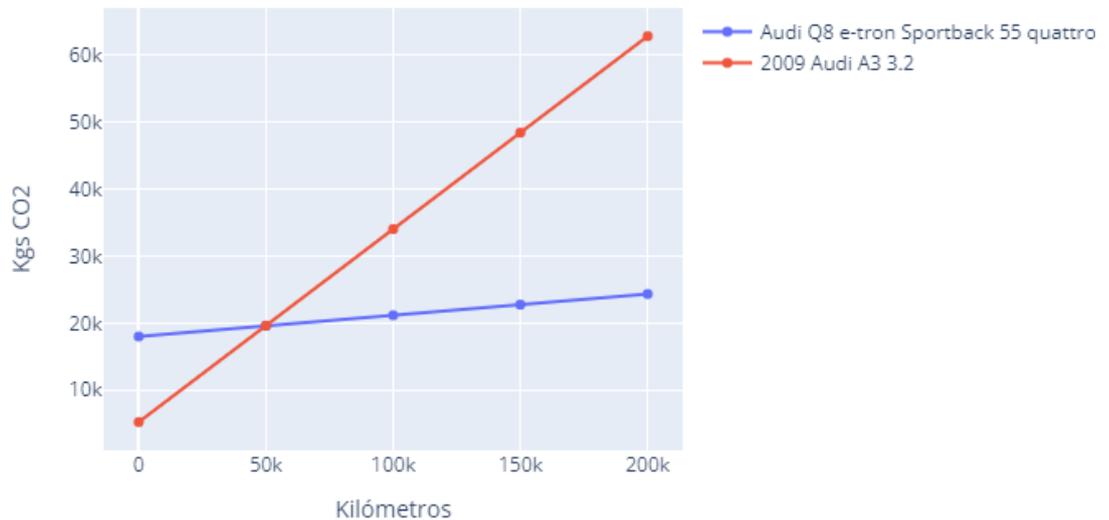


Con unos 12.000 kilómetros anuales las 2 barras están casi a la par.

- **La circulación en autopista no beneficia al vehículo eléctrico**, tal y como se explicó en los anteriores secciones, la circulación extraurbana es un punto a favor de los vehículos de combustión. En este caso se logra el efecto contrario, menos consumo del vehículo de combustión y más consumo del vehículo eléctrico.

Siguiendo uno de los ejemplos anteriores, en este caso con el tipo de conducción extraurbano en los dos tipos de vehículos:

Kilogramos de CO2 emitidos en la vida útil



El punto de corte ya es justo 50.000 kilómetros, por lo que se tardaría algo más de 3 años en rentabilizar ese coste del vehículo eléctrico.

Este es un punto a destacar, además de las dificultades que el vehículo eléctrico tiene de cara a recorrer grandes distancias (tiempo de carga, dificultad de encontrar cargadores, bajas temperaturas, entre otras), las cuales se obvian porque no entran dentro del alcance de este proyecto.

La conclusión a la que se llega con este proyecto es que para que el vehículo eléctrico sea rentable, ecológicamente hablando, se tiene que hacer una cierta cantidad de kilómetros que no son pocos si tomamos los kilómetros anuales que realiza una persona promedio. Por otra parte, las baterías cuya eficiencia se ve degrada con el tiempo requiere que se tengan en cuenta las recomendaciones del fabricante para que su vida útil sea la máxima y evitar el peor de los casos, reemplazar la batería, que, aunque se vuelva a tener las prestaciones iniciales, las emisiones por fabricar una nueva son muy altas (como ya se comentó en el trabajo en torno al 50% de las emisiones totales del vehículo) por lo que nos estaríamos acercando a las emisiones del vehículo de combustión y el objetivo de reducirlas puede incluso a ser el contrario.

13. Anexos

ANEXO 1: CÁLCULO DE LOS VALORES EN LAS GRÁFICAS

Emisiones de fabricación

Para el cálculo del valor en este tipo de gráficas se tienen en cuenta todas las emisiones que ocurren durante la fabricación del vehículo. Estas emisiones solo se emiten una vez en la vida útil del vehículo además que no tienen en cuenta los kilómetros realizados durante el año. Para cada tipo de vehículo es diferente. Se explica a continuación:

- Vehículos de gasolina y diésel: Para este tipo de vehículos la fabricación es un punto que no es muy intenso energéticamente hablando, además está muy optimizado, porque a lo largo de los años los procesos de fabricación se han ido mejorando para que sean mucho más eficiente.
- Vehículos eléctricos: Uno de los problemas que tiene este tipo de vehículos es la gran cantidad de energía que requiere la fabricación de sus baterías, como se explicó en este documento anteriormente el litio, que es el mayor componente de las baterías de los vehículos 100% eléctricos es muy difícil de conseguir, además de estar su mayoría concentrado en una zona geográfica conflictiva. Se tiene que de las emisiones totales el 54% proviene del chasis y carrocería (vehículo base), el 26% proviene de la batería suponiendo que sea de litio y el 20% restante proviene del motor eléctrico y transmisión. [7]

Se puede deducir entonces que el proceso de fabricación de las baterías de los vehículos eléctricos es como mínimo, el doble de costoso, energéticamente hablando, pero sumando también todo el resto de las componentes, puede incluso, que la energía necesaria para crear un vehículo híbrido sea mayor que la creación de un vehículo eléctrico.

La energía total necesaria para crear un vehículo del segmento medio como un *Volkswagen Golf* es de unos **96 GJ**, su relativo eléctrico (tamaño y prestaciones) es de unos **120 GJ**. [7]

Para cada tipo de vehículo, si se toma un valor de vida útil del vehículo de unos **150.000 kilómetros** obtenemos que los vehículos de

combustión emiten unos **35 g CO₂ / km**, los eléctricos **72 g CO₂ / km**. Si la vida útil suponemos que es de **250.000 kilómetros** las emisiones por kilómetro, por regla de tres sencilla, son menores. [7]

Table 4 Sensitivity of equipment life cycle GHG emissions to the lifetime driven distance, when presented per kilometer. For detailed information, see [Electronic Supplementary Material](#)

Original study	150,000 km	250,000 km
Notter et al. (2010a)	46 g CO ₂ -eq./km	28 g CO ₂ -eq./km
Samaras and Meisterling (2008a)	62–73 g CO ₂ -eq./km	37–44 g CO ₂ -eq./km
Hawkins et al. (2013b)	72–81 g CO ₂ -eq./km	43–49 g CO ₂ -eq./km

A pesar de los diferentes números que existen se va ha optado por el último estudio por ser el más reciente, además de ser más exhaustivo en cuanto a profundidad (tiene en cuenta muchos más procesos en la fabricación de las baterías) [7]

Es importante tener en cuenta que cada vehículo está fabricado en uno o varios países, en cada uno de estos, como ya se ha comentado, tienen un electricity mix diferente. Se generaliza y se coje el mix de Estados Unidos, esto requiere de un estudio mucho más profundo, ya que cada pieza puede estar creada en varios países, por lo que el estudio se complica en exceso.

Por otro lado, se va a tomar una vida útil de **150.000 kilómetros** ya que, aunque el fabricante indique que esta puede ser mayor, la batería se expone a diversos factores que hace que su eficiencia se vea degradada hasta el punto de que su autonomía sea tan baja que el vehículo sea inconducible. Existe la opción de hacer un reemplazo de batería, pero esto supondría hacer una estimación y añadir un 50% más de emisiones, la batería se supone que, por norma general, emite la mitad de las emisiones de un vehículo eléctrico. Para hacer un análisis más sencillo se omite este cambio de baterías y se toman los kilómetros explicados anteriormente.

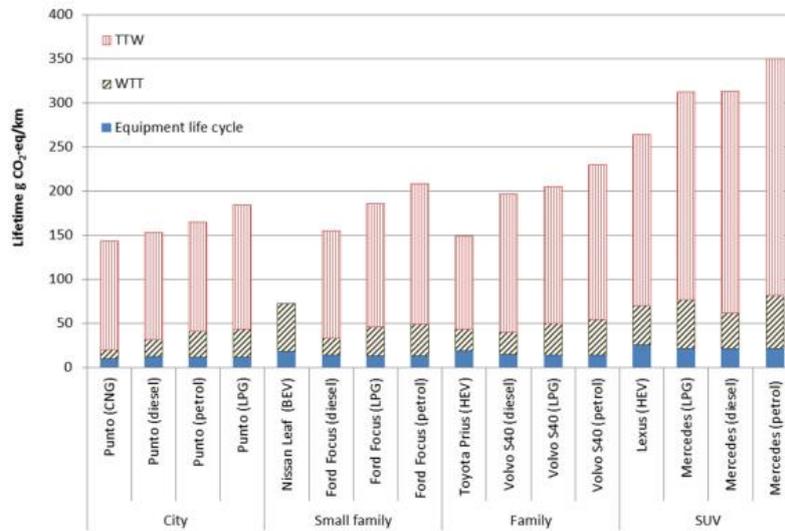


Fig. 4 Passenger cars divided into typical segments (Belgian Ecoscore classification) showing the general trend in CO₂-emissions for the complete life cycle divided into WTT, TTW, and equipment life cycle based on the CLEVER study (Van Mierlo et al. 2009). An average vehicle lifetime of 230,500 km corresponding to 13.7 years has been used, based on statistical data from the Belgian vehicle registration database. Fuel consumption is based on NEDC data. The Nissan Leaf BEV has been assumed to be charged with EU-mix electricity. For detailed information, see Electronic Supplementary Material

Emisiones directas

Estas emisiones se relacionan con las emisiones que ocurren cuando el vehículo circula, se tienen en cuenta las emisiones que se emiten para hacer mover el vehículo (Tank to Wheel) y, aunque no son emisiones, se tienen en cuenta las partículas que se desprenden por el uso del vehículo. Los neumáticos y frenos emiten partículas de media de 5,8 gramos por kilómetro. [29].

Estas partículas si son contaminantes y, actualmente, no hay ninguna organización o proceso que controle esto (como el ciclo WLTP), al contrario que las emisiones del tubo de escape las cuáles están altamente controladas.

Las partículas que se desprenden de estos componentes son altamente contaminantes y nada saludables para el ser humano y sobre todo en la ciudad es donde más se pueden llegar a notar, estas partículas pueden llegar a ser incluso más perjudiciales que los gases emitidos del tubo de escape.

Como se ha dicho anteriormente, es un tema actual y que sólo en la norma EURO 7 se tiene en cuenta, pero las partículas emitidas por los frenos mecánicos.

Al contrario que los gases del tubo de escape que se miden en gramos de CO₂ las partículas se dividen en 2 tipos de partículas: Polvo fino (PM_{2.5}) y polvo grueso (PM₁₀). [30]

No se va a mostrar en ninguna gráfica ya que

Se explicará a continuación las emisiones directamente asociadas al uso de cada tipo de vehículo:

- Vehículos de gasolina y diésel: En este caso, y es bien sabido, este tipo de vehículos emiten emisiones por el tubo de escape que son contaminantes, no solo gases de efecto invernadero, el CO₂, sino otra serie de gases, como monóxido de carbono (CO), óxido de nitrógeno (NO_x), etc que no solo pueden llegar a ser perjudiciales para el medio ambiente sino directamente al ser humano. No se tienen en cuenta en las gráficas que se muestran en el software, pero sí que tiene importancia mencionarlo. Cada combustible puede llegar a emitir unos gases en mayor cantidad que el otro combustible, por ejemplo, los benzopirenos que son hidrocarburos potencialmente cancerígenos están relacionados con combustibles menos refinados como el diésel.

Esta primera versión del software va a comparar solamente gases de efecto invernadero, en este tipo de vehículo se tiene en cuenta el consumo medio, además también se pregunta sobre el tipo de conducción que se va a realizar, ya sea urbana o interurbana, como se ha explicado anteriormente, los vehículos de combustión consumen menos cuando su conducción es lineal, sin acelerar ni frenar en exceso.

Ya que se tiene el consumo de cada vehículo, con obtener los gramos de CO₂ por cada litro de combustible quemado se pueden obtener el total de CO₂ emitidos.

Por cada litro quemado de gasolina se obtienen **2,35 kilogramos de CO₂** y 1 kilogramo agua, por cada litro quemado de diésel se obtiene **2,64 kilogramos de CO₂** y 1,15 kilogramos de agua [31]. [32]

- Vehículos eléctricos: Ya que este tipo de vehículos no emite ninguna emisión aparte de las partículas provenientes del desgaste de frenos y neumáticos, en este apartado las emisiones totales quedan a 0.

Emisiones indirectas

Este punto es igual de importante que el anterior, no solo importa las emisiones que ocurren durante la conducción, sino que cada combustible requiere de un proceso de obtención, . Se explicará las emisiones asociadas a cada uno de los tipos de combustibles que se estudian en este trabajo.

- Gasolina (Vehículos de combustión): Para obtener la gasolina que se usa en este tipo de vehículos el proceso es bastante complicado y requiere de una cantidad de energía, tecnología y personas para llevarlo a cabo.

Se empieza con la extracción del crudo, también llamado petróleo, este está formado una mezcla de residuos orgánicos insolubles en agua [36]. Se produce de manera natural por el sedimento de materia orgánica (fósiles) e incluso se concentran en yacimientos naturales cuyo tamaño puede ser verdaderamente grande, si se detecta uno de esto que compense la inversión se puede empezar con la extracción tanto en mar como en tierra.



Ilustración: Plataforma petrolífera en el mar



Ilustración: Bomba de varilla

En este trabajo no se cuentan las emisiones que conlleva toda la fabricación de estas plataformas, pero sí se incluyen en el general de las emisiones totales aquellas relacionadas con el funcionamiento de estas.

El siguiente paso se trata de transportar el crudo a la refinería, este paso también se incluye dentro de las emisiones totales, hay dos tipos de medios de transporte: oleoductos y buques tanque, los primeros se tratan de tuberías que transportan el crudo a grandes distancias, cruzando países enteros, las emisiones de estos solamente vienen de la fabricación y posterior instalación, [37] no se toma en cuenta para el estudio. El otro tipo son los buques tanques, barcos especializados en el transporte de crudo en grandes cantidades, durante el transporte emiten emisiones que están incluidas en el total. [37]

Este crudo tiene como objetivo llegar a las refinerías en el que se inicia el proceso de calentamiento del petróleo, todo esto se lleva a

cabo en la torre de destilación donde el vapor asciende y se condensa dependiendo de sus propiedades, después de eso cada combustible se refina y se añaden distintos aditivos dependiendo de la empresa responsable. [38]

Por último, queda comentar el transporte hasta el usuario final, que se realiza a través de camiones cisterna y se depositará en los depósitos subterráneos para una mayor seguridad, cabe decir que también se pueden utilizar oleoductos para transportar el combustible [39]

Las emisiones indirectas siempre dependen de la demanda y del combustible quemado, sino se llega a utilizar el combustible entonces no hace falta todo este proceso. Se estima que las emisiones de CO₂ relacionadas con este proceso son el 30% de las emisiones que el vehículo consume [40], por lo que las emisiones reales son un 130%. [41]

- Diésel (Vehículos de combustión): El proceso es muy parecido al anterior, pero se destila de una manera diferente a la gasolina (diferentes temperaturas). Las emisiones son en torno al 24% de las emisiones que se emiten durante la conducción. [40] [41]

unos datos más reales se estudia, por país, las emisiones de CO₂ por kilovatio hora (kWh). La operación para sacar los kilogramos de CO₂ emitidos es la siguiente:

$$\frac{\text{Emisiones de CO}_2}{\text{año}} = \frac{\text{Kilómetros}}{\text{año}} * \text{Consumo (kWh)} * \frac{\text{Emisiones CO}_2 \text{ país}}{\text{kWh consumido}}$$

Ecuación: Cálculo de las emisiones anuales por la conducción de un vehículo eléctrico.

14. Bibliografía

Wikipedia, «Greenhouse Gas,» [En línea]. Available:
 1] https://en.wikipedia.org/wiki/Greenhouse_gas.

R. Anderson, «Gasificación del carbón: ¿la energía limpia del futuro?,» 15
 2] 04 2014. [En línea]. Available:
https://www.google.com/search?q=consumo+toyota+mirai&rlz=1C1ONGR_esES1031ES1031&oq=consumo+toyota+mirai&gs_lcrp=EgZjaHJvbWUyBggAEEUYOTIMCAEQABgKGA8YFhge0gEINjQwMWoxajeoAgCwAgA&sourceid=chrome&ie=UTF-8.

Wikipedia, «New European Driving Cycle,» [En línea]. Available:
 3] [https://en.wikipedia.org/wiki/New_European_Driving_Cycle#:~:text=The%20New%20European%20Driving%20Cycle,\(Motor%20Vehicle%20Emissions%20Group\)..](https://en.wikipedia.org/wiki/New_European_Driving_Cycle#:~:text=The%20New%20European%20Driving%20Cycle,(Motor%20Vehicle%20Emissions%20Group)..)

E. E. Agency, «EEA greenhouse gases — data viewer,» [En línea].
4] Available: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/data-viewers/greenhouse-gases-viewer>.

D. Plaza, «La Unión Europea pone fecha límite a los coches de combustión: 2035,» 28 11 2022. [En línea]. Available: <https://www.motor.es/noticias/union-europea-fecha-limite-coches-combustion-2035-202291497.html>.

apuntorentacar, «COMPARATIVA DE EMISIONES DE CO₂ POR VIAJE EN FUNCIÓN DEL VEHÍCULO,» 20 05 2019. [En línea]. Available: <https://apuntorentacar.es/comparativa-emisiones-de-co2/>.

M. M. A.-M. T. M. L. S. J. V. M. Anders Nordelöf, «Environmental impacts of hybrid, plug-in hybrid, and battery electric vehicles—what can we learn from life cycle assessment?,» 2014.

A. P. S. R. R. M.-B. V. E. Amin Mahmoudzadeh Andwari, «A review of Battery Electric Vehicle technology and readiness levels,» 2015.

A. B. T. A. Roberto Turconi, Life cycle assessment (LCA) of electricity generation technologies: Overview, comparability and limitations, ELSEVIER, 2013.

O. W. i. Data, «Electricity generation from oil, 2022,» Our World in Data, 10] [En línea]. Available: <https://ourworldindata.org/grapher/electricity-oil?time=2022>.

L. L. Alberto Moro, «Electricity carbon intensity in European Member
11] States: Impacts on,» 2017.

J. Woo, «Well-to-wheel analysis of greenhouse gas emissions for electric
12] vehicles base on electricity generation mix: A global perspective,» 2017.

«The World Bank,» 2023. [En línea]. Available:
13] <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators>.

V. U. B. r. g. M. Dr. Maarten Messagie, Life Cycle Analysis of the Analysis
14] of the Climate Impact of Electric Vehicles, 2019.

C. E. C. Richard K. Lattanzio, Environmental Effects of Battery Electric and
15] Internal Combustion Engine Vehicles, 2020.

R. S. E. K. L. D. P. S. R. S. A. W. P. C. O. H. Gavin Harper, Recycling
16] lithium-ion batteries from electric, 2019.

R. Á. Fernández, A more realistic approach to electric vehicle contribution
17] to, 2017.

T. R. Hawkings, Comparative Environmental Life Cycle Assessment of
18] Conventional and Electric Vehicles, 2013.

Plotly. [En línea]. Available: [https://plotly.com/python-api-](https://plotly.com/python-api-reference/index.html)
19] [reference/index.html](https://plotly.com/python-api-reference/index.html).

ludwringa, «CSV de países, con nombre en castellano, inglés, código ISO y
20] prefijo telefónico del país,» 04 03 2019. [En línea]. Available:
<https://snippets.cacher.io/snippet/a34bef070e2c9d8d0551>.

ourworldindata, «Carbon intensity of electricity, 2022,» [En línea].
21] Available: <https://ourworldindata.org/grapher/carbon-intensity-electricity>.

A. C. Bart, «Cars CSV File,» 11 03 2015. [En línea]. Available:
22] <https://corgis-edu.github.io/corgis/csv/cars/>.

OSkrk, «Electric-vehicles-EV-Database,» 2020. [En línea]. Available:
23] [https://github.com/OSkrk/Electric-vehicles-EV-
Database/blob/main/Data/EVs_data_base.csv](https://github.com/OSkrk/Electric-vehicles-EV-Database/blob/main/Data/EVs_data_base.csv).

papajohn, 2017. [En línea]. Available: [https://github.com/data-8/materials-
24\] fa17/blob/master/lec/hybrid.csv](https://github.com/data-8/materials-fa17/blob/master/lec/hybrid.csv).

A. NOGUEROL, «Qué tipos de batería existen para los coches eléctricos e
25] híbridos,» 18 06 2020. [En línea]. Available:
[https://www.abc.es/motor/consejos/abci-tipos-bateria-existen-para-coches-
electricos-hibridos-
202006160140_noticia.html?ref=https%3A%2F%2Fwww.abc.es%2Fmotor%2Fco
nsejos%2Fabci-tipos-bateria-existen-para-coches-electricos-hibridos-
202006160140_noticia.html](https://www.abc.es/motor/consejos/abci-tipos-bateria-existen-para-coches-electricos-hibridos-202006160140_noticia.html?ref=https%3A%2F%2Fwww.abc.es%2Fmotor%2Fconsejos%2Fabci-tipos-bateria-existen-para-coches-electricos-hibridos-202006160140_noticia.html).

AutoBild, «Comparativa: coches de gasolina vs coches de gas natural,» 24 26] 12 2017. [En línea]. Available: <https://www.autobild.es/comparativas/comparativa-coches-gasolina-vs-coches-gas-natural-181714>.

Race, «¿Cómo convertir mi coche en GLP?,» 31 08 2022. [En línea]. 27] Available: <https://www.race.es/adaptar-coche-glp>.

A. L. L. Nils Arnold, «Así funcionan los coches de hidrógeno,» [En línea]. 28] Available: <https://www.bmw.com/es/innovation/coches-de-hidrogeno-asi-funcionan.html>.

E. LAUSIN, «Lo que más contamina no es tu motor, sino tus neumáticos y 29] frenos,» 24 03 2020. [En línea]. Available: <https://www.clicacoches.com/lo-que-mas-contamina-no-es-motor-sino-neumaticos-frenos/#:~:text=Ah%C3%AD%20van%3A%20las%20emisiones%20de%20part%C3%ADculas%20del%20motor,sistemas%20de%20frenado%20y%20contacto%20con%20el%20suelo..>

A. Fernández, «Las partículas tóxicas emitidas por los frenos se tendrán en 30] cuenta en la norma Euro 7,» 24 05 2022. [En línea]. Available: <https://www.motor.es/noticias/euro-7-particulas-frenos-202287209.html>.

Christophe, «CO2 emisiones por litro de combustible: gasolina, diesel o 31] GLP,» 7 3 2008. [En línea]. Available: <https://www.econologia.net/Las-emisiones-de-co2-litros-de-combustible-de-gasolina-o-diesel-GPL/>.

IDAE, «Consumo y emisiones de CO₂,» [En línea]. Available:
32] <https://coches.idae.es/consumo-de-carburante-y-emisiones#:~:text=Por%20cada%20litro%20de%20gasolina,64%20kg%20de%20CO2..>

BardahlIndustria, «¿Cómo Funcionan los Motores de Gas?,» [En línea].
33] Available: <https://www.bardahlindustria.com/funcionamiento-motores-gas/#:~:text=Un%20veh%C3%ADculo%20con%20motor%20a%20gas%20funciona%2C%20al,1%C3%ADquido%20como%20son%20la%20gasolina%20o%20el%20di%C3%A9sel..>

M. Andreu, «Coche de gas licuado (GLP): qué son y cuándo son la mejor
34] opción de compra,» 02 10 2020. [En línea]. Available:
<https://www.lavanguardia.com/motor/movilidad/20201002/33465/coche-gas-glp-que-es-cuando-mejor-opcion-diesel-gasolina.html>.

G. d. Mula, «Qué son los biocombustibles: el bioetanol y el biodiesel,» 17
35] 09 2014. [En línea]. Available: <http://www.laenergiadelcambio.com/que-son-los-biocombustibles-el-bioetanol-y-el-biodiesel/>.

Repsol, «¿Cómo se obtiene la gasolina?,» [En línea]. Available:
36] <https://www.repsol.es/autonomos-y-empresas/faqs/carburantes/como-se-obtiene-la-gasolina/>.

J. González, «Medios de transporte del Petróleo,» 11 03 2014. [En línea].
37] Available: <https://www.venologia.com/archivos/9668/>.

A. Gasoil, «EL PROCESO DE OBTENCIÓN DE LA GASOLINA Y EL
38] GASOIL,» 24 09 2020. [En línea]. Available:
<https://www.agrupaciongasoil.es/blog/proceso-de-obtencion-de-gasolina-y-gasoil/>.

Reparbar, «¿Cómo llega el combustible a la gasolinera?» [En línea].
39] Available: <https://www.reparbar.com/noticias/como-llega-el-combustible-a-la-gasolinera/>.

IDAE. [En línea]. Available: <https://www.idae.es/en>.
40]

A. Callejo, «¿Cuánto contamina extraer petróleo y convertirlo en gasolina o
41] diésel?,» 17 02 2020. [En línea]. Available:
<https://forococheselectricos.com/2020/02/cuanto-contamina-extraer-petroleo-y-convertirlo-en-gasolina-o-diesel.html>.

Nedgia, «¿Cómo se obtiene el gas natural?,» 29 03 2019. [En línea].
42] Available: [https://www.nedgia.es/blog-gas-natural/como-se-obtiene-gas-natural/#:~:text=La%20extracci%C3%B3n%20del%20gas%20natural,GNL\)%20o%20a%20trav%C3%A9s%20de%20gasoductos..](https://www.nedgia.es/blog-gas-natural/como-se-obtiene-gas-natural/#:~:text=La%20extracci%C3%B3n%20del%20gas%20natural,GNL)%20o%20a%20trav%C3%A9s%20de%20gasoductos..)

A. N.-T. Stock, «"Es catastrófico para el clima": las fugas de gas en el Nord
43] Stream suponen la mayor explosión de metano jamás registrada,» 29 09 2022. [En
línea]. Available: <https://www.businessinsider.es/fugas-gas-nord-stream-mayor-explosion-metano-historia-1132365>.

J. L. Soto, «¿Cómo se obtiene el hidrógeno? El futuro del coche de pila, a 44] examen,» 22 12 14. [En línea]. Available: <https://www.economista.es/ecomotor/motor/noticias/6345560/12/14/Como-se-obtiene-el-hidrogeno-El-futuro-del-coche-de-pila-a-examen.html>.

F. T. G., «Claves del Hidrógeno Verde,» [En línea]. Available: 45] <https://www.induambiente.com/informe-tecnico/calderas/claves-del-hidrogeno-verde#:~:text=Para%20producir%201%20kg%20de%20hidr%C3%B3geno%20por%20electr%C3%B3lisis%20se%20necesitan,eficiencia%20del%20equipo%20a%20utilizar..>

Repsol, «¿Qué es el hidrógeno renovable?,» [En línea]. Available: 46] https://www.repsol.com/es/tecnologia-digitalizacion/technology-lab/reduccion-emisiones/hidrogeno-renovable/index.cshtml?gclid=CjwKCAjw5MOIBhBTEiwAAJ8e1pY--O8bc5301yHXH-wUqaBSX_xv1vzDL0TgCp-LurscKvtQ2B9V4hoC7uAQAvD_BwE.

GoodYear, «Biocombustibles: qué son, cómo se obtienen, ventajas,» [En 47] línea]. Available: <https://kilometrosquecuentan.goodyear.eu/biocombustibles/>.

M. Gros, «En busca de la coherencia: deforestación y biocombustibles,» 01 48] 12 2021. [En línea]. Available: <https://www.climatica.lamarea.com/deforestacion-y-biocombustibles/>.

G. PALLARÈS, «Europa baraja eliminar el biodiésel de soja y palma para 49] frenar la deforestación tropical,» 11 07 2022. [En línea]. Available:

<https://elpais.com/planeta-futuro/2022-07-11/europa-baraja-eliminar-el-biodiesel-de-soja-y-palma-para-frenar-la-deforestacion-tropical.html>.

fedebiocombustibles, «Sector de biocombustibles aporta para reducir el
50] calentamiento global,» [En línea]. Available:
<https://fedebiocombustibles.com/2022/01/03/sector-de-biocombustibles-aporta-para-reducir-el-calentamiento-global/#:~:text=Los%20biocombustibles%20han%20permitido%20al,de%20gases%20de%20efecto%20invernadero..>

M. P. MARCAS, «La autonomía de un coche eléctrico no es eterna: cuánto
51] se degradan sus baterías y de qué depende,» 19 01 2023. [En línea]. Available:
<https://www.motorpasion.com/espaciotoyota/autonomia-coche-electrico-no-eterna-cuanto-se-degradan-sus-baterias-que-depnde>.

«EIA - Energy Information Administration,» 2021. [En línea]. Available:
52] <https://www.eia.gov>.