

UNIVERSIDAD DE ALMERIA

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA

**ANÁLISIS DE LA VIABILIDAD DE
LA IMPLANTACIÓN MASIVA
DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO
EN EL BARRIO DE LA
CAÑADA (ALMERÍA)**



Curso 2019/2020

Alumno/a:

Jose Ángel López Sánchez

Director/es:

Francisco Javier Garrido Jiménez
Alfredo Chofre García

Trabajo Fin De Máster

**ANÁLISIS DE LA VIABILIDAD DE LA IMPLANTACIÓN MASIVA DEL
VEHÍCULO ELÉCTRICO EN EL BARRIO DE LA CAÑADA (ALMERÍA)**

UNIVERSIDAD DE ALMERÍA

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA



Autor: Jose Ángel López Sánchez

Directores:

D. Francisco Javier Garrido Jiménez

D. Alfredo Chofre García (Codirector)

Agradecimientos

Agradecer a Javier Garrido por todo su apoyo, insistencia y comprensión durante la realización de este trabajo, y, sobre todo durante la etapa como docente, en la cual me permitió conocer a un gran profesional y mejor persona. A Alfredo Chofre por darme la oportunidad de haber podido realizar este estudio de la manera más cercana a la realidad con su experiencia y aportación en el campo de la electricidad.

A mi amigo del Máster y de la antigua Ingeniería Vicente, con el cual hemos pasado muchos buenos momentos juntos y esa amistad durará por muchos años.

Y, por último, agradecer a mi compañero de trabajo Raúl, a mi familia por su apoyo e interés, a Nacho por su ayuda y esfuerzo, y, en especial a Laura que me ha acompañado como compañera en el Máster y me sigue acompañando a día de hoy haciéndolo todo mucho más sencillo.

ÍNDICE GENERAL

Resumen	12
Abstract	14
1. INTRODUCCIÓN	16
1.1. Motivación.....	16
1.2. Objetivos	17
1.3. Alcance.....	17
1.4. Estructura de la memoria	17
1.5. Fases del Trabajo Fin de Máster	19
2. ESTADO DEL ARTE	22
2.1. Movilidad eléctrica.....	22
2.1.1. Evolución y actual posicionamiento energético de la movilidad eléctrica	23
2.2. El vehículo eléctrico	25
2.2.1. Características	25
2.2.2. Partes de un vehículo eléctrico	26
2.2.2.1. Las baterías.....	27
2.2.3. Ventajas e inconvenientes del vehículo eléctrico frente al vehículo convencional	28
2.2.3.1. Economía del vehículo eléctrico.....	31
2.3. Infraestructura de carga para vehículos eléctricos	32
2.3.1. Estado tecnológico actual	32
2.3.2. Métodos de carga.....	34
2.3.2.1. Modo 1.....	35
2.3.2.2. Modo 2.....	35
2.3.2.3. Modo 3.....	36
2.3.2.4. Modo 4.....	37
2.3.3. Infraestructuras de recarga.....	38
2.3.3.1. Equipos para el hogar.....	39
2.3.3.2. Sistemas para aparcamientos públicos	39
2.3.3.3. Infraestructura en la vía pública	40
2.3.3.4. Infraestructura en edificios multifamiliares.....	41
2.3.3.5. Electrolineras.....	42
3. METODOLOGÍA	44
3.1. Caracterización del parque de vehículos.....	44
3.2. Red de distribución eléctrica en La Cañada de San Urbano.....	46

3.3.	Potencia máxima asociada a cada tipo de carga.....	47
4.	RESULTADOS	48
4.1.	Planos de la distribución de los Centros de Transformación y sus demandas de energía en La Cañada	48
4.2.	Resultados de demandas de energía con carga lenta, semirrápida y rápida para cada centro de transformación en hipótesis de demanda lineal.....	66
5.	DISCUSIÓN	72
6.	CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS	76
7.	BIBLIOGRAFÍA	78
8.	ANEXOS	82
8.1.	ANEXO 1. DEMANDA ENERGÉTICA DIARIA POR CALLES.....	82
8.2.	ANEXO 2. RED DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA LA CAÑADA	84
8.3.	ANEXO 3. POTENCIAS DE CÁLCULO SEGÚN TIPO DE CARGA.....	87

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Vehículo Eléctrico con forma de torpedo llamado “La Jamais Contente”. Fuente Wikipedia. 1	23
Figura 2.2: Exportaciones de la OPEP en dólares constantes y nominales (1972-2015). Fuente U.S. Energy Information Administration. 2.....	24
Figura 2.3: Vehículo Eléctrico repostando vía pública. Fuente FrenoMotor. 3.....	25
Figura 2.4: Partes principales de un Vehículo Eléctrico. Fuente BuboCar. 4.....	26
Figura 2.5: Baterías de Vehículos Eléctricos. Fuente TKGasoil. 5.....	27
Figura 2.6: Eficiencia del Motor Eléctrico frente a los MCI. Fuente OLEV. Driving the future Today. A strategy for ultra low emission vehicles in the UK. 6	30
Figura 2.7: Comparativa de costes totales por kilómetro entre un vehículo convencional y un Vehículo Eléctrico en 2035. Fuente On the road in 2035 (MIT) 7.....	32
Figura 2.8: Curva de Hubbert producción y descubrimiento de petróleo. Fuente Wikipedia. 8.....	33
Figura 2.9: Esquema del Vehículo Eléctrico. Fuente Aficionados a la Mecánica. 9.....	34
Figura 2.10: Elementos para la carga del VE. Fuente Efrén Fernández Palomeque. 10	34
Figura 2.11: Modo 1 de carga para Vehículos Eléctricos. Fuente Electromovilidad. 11	35
Figura 2.12: Modo 2 de carga para Vehículos Eléctricos. Fuente Electromovilidad. 12	35
Figura 2.13: Modo 3 de carga para Vehículos Eléctricos. Fuente Electromovilidad. 13	36
Figura 2.14: Modo 4 de carga para Vehículos Eléctricos. Fuente Electromovilidad. 14	37
Figura 2.15: Yazaki DC Fast Charger. Fuente InsideEVs 15.....	38
Figura 2.16: Conector Mennekes Tipo 2 IEC 62196. Fuente LugEnergy. 16.....	38
Figura 2.17: a) Cabina y postes separado b) Conjunto cabina y poste integrado 17 ..	39
Figura 2.18: Equipo de recarga para el hogar con contador digital. Fuente EIPais.18	39
Figura 2.19: Equipo de recarga con tarjeta RFID para parkings públicos. Fuente Efrén Fernández Palomeque. 19.....	40

Figura 2.20: Punto de recarga en la vía pública. Fuente ElectroMovilidad. 20	41
Figura 2.21: Punto de recarga en parking comunitario. Fuente ConduceTuCiudad. 21	41
Figura 2.22: Electrolinera de carga rápida. Fuente Iberdrola. 22	42
Figura 3.2: Vehículo Eléctrico modelo Volkswagen eGolf. Fuente Volkswagen. 24	45
Figura 3.3: Vehículo Eléctrico modelo Tesla Model 3. Fuente Tesla. 25	45
Figura 3.1: Curva de seguimiento de la demanda de energía eléctrica diaria. Fuente Red Eléctrica de España (REE). 23	47

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1: Cronograma de las fases del Trabajo Fin de Máster. Fuente propia. Tabla 1	20
Tabla 2.1: Eficiencia energética y otras características de las baterías. Fuente Santamaría, J (2009). Tabla 2	28
Tabla 2.2: Modos de recarga y sus características. Fuente ENDESA. Tabla 3.....	37
Tabla 3.1: Características de distintos modelos de Vehículos Eléctricos. Fuente Renault, Citroën, Volkswagen, Nissan y Tesla. Tabla 4.....	46
Tabla 4.1: Centro de Transformación 103385 y sus calles. Fuente Endesa Tabla 5.....	66
Tabla 4.2: Centro de Transformación 33757 y sus calles. Fuente Endesa Tabla 6.....	66
Tabla 4.3: Centro de Transformación 102743 y sus calles. Fuente Endesa Tabla 7.....	66
Tabla 4.4: Centro de Transformación 103386 y sus calles. Fuente Endesa Tabla 8.....	66
Tabla 4.5: Centro de Transformación 34312 y sus calles. Fuente Endesa Tabla 9.....	67
Tabla 4.6: Centro de Transformación 71925 y sus calles. Fuente Endesa Tabla 10.....	67
Tabla 4.7: Centro de Transformación 33766 y sus calles. Fuente Endesa Tabla 11.....	67
Tabla 4.8: Centro de Transformación 104387 y sus calles. Fuente Endesa Tabla 12...	67
Tabla 4.9: Centro de Transformación 33850 y sus calles. Fuente Endesa Tabla 13.....	68
Tabla 4.10: Centro de Transformación 82663 y sus calles. Fuente Endesa Tabla 14...	68
Tabla 4.11: Centro de Transformación 33855 y sus calles. Fuente Endesa Tabla 15...	68
Tabla 4.12: Centro de Transformación 82526 y sus calles. Fuente Endesa Tabla 16...	69
Tabla 4.13: Centro de Transformación 33765 y sus calles. Fuente Endesa Tabla 17...	69
Tabla 4.14: Centro de Transformación 64183 y sus calles. Fuente Endesa Tabla 18...	69
Tabla 4.15: Centro de Transformación 91791 y sus calles. Fuente Endesa Tabla 19...	69
Tabla 4.16: Centro de Transformación 34316 y sus calles. Fuente Endesa Tabla 20...	70
Tabla 5.1: Centros de Transformación y su porcentaje de uso con carga lenta. Fuente propia Tabla 21.....	73
Tabla 5.2: Centros de Transformación y su porcentaje de uso con carga semirrápida. Fuente propia Tabla 22	74

Tabla 5.3: Centros de Transformación y su porcentaje de uso con carga rápida. Fuente propia Tabla 23..... 75

Resumen

Actualmente existe un amplio consenso científico acerca de que el actual modelo de consumo energético, en el que cuenta con un papel muy destacado el transporte, es totalmente insostenible. De este modo y ante la dificultad para reducir la demanda global de movilidad de personas y mercancías, se ha realizado una apuesta decidida por la movilidad eléctrica y más concretamente del uso del vehículo eléctrico. Sin embargo, uno de los puntos críticos a la hora de facilitar la generalización de este tipo de vehículos es la capacidad de las actuales redes de distribución eléctrica.

El objetivo de este Trabajo Fin de Máster ha sido el del análisis de la viabilidad de la implantación masiva del vehículo eléctrico en un núcleo de población, en este caso en La Cañada de San Urbano (Almería), con una población aproximada de 9000 habitantes.

Una vez analizados los diferentes tipos de carga de este tipo de vehículos, el resultado ha sido que la actual red de distribución eléctrica sería capaz, en horario nocturno, de suministrar la energía necesaria para cargar el 100% del parque de vehículos en modo lento, mientras que los modos semirrápido y rápido harían necesaria una ampliación de la capacidad de la infraestructura eléctrica.

Abstract

Currently, there is a broad scientific consensus about that the current model of energy consumption, in which transport has a very prominent role, is unsustainable. Thus, given the difficulty to reduce the global demand for mobility of people and goods, a firm commitment has been made in favor of electric mobility and more specifically to promote the electric vehicle. However, one of the critical points to facilitate the generalization of this type of vehicles is the capacity of the electric distribution networks.

The objective of this Master's Thesis has been the analysis of the feasibility of the massive implementation of the electric vehicle in an urban settlement, in this case in La Cañada de San Urbano (Almería), with an approximate population of 9000 inhabitants.

Once analyzed the different ways to charge this type of vehicles, the result has been that the current electricity distribution network would be able to supply at night the energy needed to charge 100% of the vehicles in a slow mode, whilst the semi-fast and fast modes would need an increase of the electrical infrastructure capacity.

1. INTRODUCCIÓN

En este primer apartado del Trabajo Fin de Máster, se expone cuál ha sido la motivación para llevarlo a cabo, qué objetivos se han perseguido, la estructura del documento y las fases en que se ha llevado a cabo su realización.

1.1. Motivación

La iniciativa para realizar este TFM surge del interés en profundizar en una de las mayores problemáticas actuales, como es la de reducir la contaminación atmosférica a través del fomento de la movilidad sostenible y, más concretamente, con la implantación masiva del vehículo eléctrico.

Los efectos derivados de la contaminación atmosférica son una de las más importantes prioridades mundiales, con repercusiones que se dejan ver en aspectos como la salud humana, el cambio climático o la destrucción de la capa de ozono. Se ha estimado recientemente que las partículas derivadas de la contaminación ambiental han sido responsables del 1,8 % de las muertes a nivel mundial [1]. En este sentido, la movilidad en sus diferentes modos (terrestre, marítimo, aéreo) aporta el 27 % del total de emisiones de gases contaminantes a la atmósfera en España. De ellos, el 25 % corresponde a vehículos del transporte por carretera. En el caso de las ciudades, la polución generada por el transporte de vehículos a motor es un tercio del total de emisiones de Gases de Efecto Invernadero. [2]

En el caso concreto de Almería, Según los datos del Plan de Movilidad Urbana Sostenible, más de un 40% de los desplazamientos dentro del término municipal se realizan en vehículo privado, de los que casi el 99% se encuentran propulsados por derivados del petróleo. Las consecuencias del empleo de estos derivados son bien conocidas, desde la dependencia económica y estratégica de los países no productores hasta las medioambientales, con emisiones de CO₂ y todo tipo de partículas contaminantes a la atmósfera.

La existencia de los problemas anteriores ha fomentado el estudio y desarrollo de alternativas al petróleo, entre las que se encuentra el vehículo eléctrico, cuya principal ventaja es la eliminación de las emisiones derivadas del empleo de motores de explosión. Sin embargo, en el empleo del vehículo eléctrico no todo son ventajas, ya que actualmente existen limitaciones como son la autonomía de las baterías, así como otras externalidades tales como los materiales empleados en su fabricación o el estrés al que se ve sometida la red eléctrica, tanto en lo que supone el incremento de demanda de producción (renovable y no renovable) como a las redes de distribución.

1.2. Objetivos

Con la investigación realizada se ha tratado de analizar una de estas externalidades, tratando de responder a la pregunta de si una red de distribución eléctrica típica, en este caso la del barrio de La Cañada de San Urbano (Almería), de unos 9.000 habitantes, sería capaz de suministrar la demanda que supondría la transformación total del parque móvil de dicha localidad a una tecnología 100% eléctrica.

Los objetivos secundarios que derivan de este objetivo principal son:

- Profundizar en el concepto de movilidad eléctrica. Se analizará su significado, su papel actual, evolución en el tiempo y avances tecnológicos.
- Describir el estado del arte de los vehículos eléctricos. Se presentará el vehículo eléctrico, describiendo sus principales características y ventajas respecto al vehículo convencional, y, principalmente de las baterías.
- Análisis de los diferentes métodos de carga de los vehículos, así como su concurrencia con el resto de demandas eléctricas típicas de un núcleo de población.

1.3. Alcance

En este proyecto se ha propuesto un modelo basado en datos que hacen referencia a la barriada de La Cañada de San Urbano del Término Municipal de Almería. En principio, tanto en lo referente a nivel de motorización (datos suministrados por el Ayuntamiento de Almería), como del estado de la red eléctrica (datos suministrados por Endesa), podría decirse que se trataría de una situación media, sin que se hayan detectado valores anómalos en un sentido u otro. Por ello, los resultados pueden extrapolarse a regiones de características similares o, en caso necesario, adaptar el modelo seguido con los datos específicos de cada zona.

1.4. Estructura de la memoria

El Trabajo Fin de Máster está estructurado en una serie de capítulos citados en el índice general. Estos capítulos son los siguientes:

1. Introducción:

En este primer capítulo se abordan las principales motivaciones para llevar a cabo este trabajo, los objetivos principales y secundarios, la estructura de la memoria y las fases de realización de este TFM, indicando el tiempo que ha requerido cada una de ellas.

2. Estado del arte:

Este segundo capítulo trata los conocimientos esenciales y necesarios para abordar este estudio. Se trata de un capítulo fundamental para cualquier trabajo de investigación, donde se ha abordado el concepto de movilidad sostenible y de la evolución y actual posicionamiento energético de la movilidad eléctrica. Por otro lado, también se ha tratado el vehículo eléctrico y sus características, haciendo especial hincapié en las baterías, infraestructuras de recarga y sus distintos modos de carga.

3. Metodología:

En el tercer capítulo se explica qué metodología se ha llevado a cabo para realizar los cálculos de la demanda de energía por calles del barrio de La Cañada, así como el cálculo de la demanda energética vacante en cada uno de los centros de transformación. También se aborda la forma en que se lleva a cabo la estimación de potencia para cada uno de los métodos de carga existentes.

4. Resultados:

El cuarto capítulo muestra los resultados obtenidos, en los cuales quedan de manifiesto las posibilidades de la red de distribución eléctrica para soportar una conversión completa del parque de vehículos de La Cañada a una propulsión eléctrica.

5. Discusión:

En este quinto capítulo se profundiza y comenta los resultados obtenidos de los cálculos realizados, extrayendo las correspondientes valoraciones acerca de los resultados obtenidos.

6. Conclusiones y trabajos futuros:

En este último capítulo de la memoria se resumen las conclusiones alcanzadas tras la realización de este trabajo y se aportan distintas vías que se pueden abrir para trabajos futuros relacionados con este Trabajo Fin de Máster.

1.5. Fases del Trabajo Fin de Máster

Este Trabajo Fin de Máster se ha llevado a cabo en tres fases bien diferenciadas:

- **Fase inicial:** En esta primera fase se debatió sobre distintas ideas relacionadas con el uso del vehículo eléctrico y cuál sería el estudio más interesante para enfocarlo. Finalmente se planteó con D. Francisco Javier Garrido Jiménez la idea de la implantación masiva del vehículo eléctrico en el barrio almeriense de La Cañada de San Urbano. Una vez elegido el tema del trabajo, se concretó de qué manera estaría estructurado y como se abordaría cada uno de los capítulos del mismo. Una vez estipulados los epígrafes, se dedicó esta fase al estudio del estado del arte, basado en revisiones bibliográficas de distintos artículos y revistas internacionales, siendo la mayor parte de este trabajo, en cuanto a volumen del mismo se refiere.
- **Fase experimental:** Para abordar esta fase, en primer lugar, se hizo un censo de las calles de La Cañada con el padrón de Impuesto de Vehículos de Tracción Mecánica (IVTM) proporcionado por el Área de Hacienda del Ayto. de Almería, y se hizo el cálculo de la demanda energética de las calles de esta población. Tras esto, partiendo de los datos suministrados por Endesa, se concretó la potencia instalada en cada centro de transformación y el ámbito de acción de cada centro. Esto permitió cruzar los datos de oferta y demanda, bases de este trabajo.
- **Fase final:** Por último, en esta fase se analizaron los resultados obtenidos con los cálculos y potencias y se extrajeron las conclusiones del estudio. Finalmente se realizó el maquetado, y se formalizaron los planos e índices de la memoria de este trabajo.

Cada fase ha requerido un tiempo que se ha filtrado en semanas desde que se inició el trabajo en septiembre de 2019, quedando reflejado en el siguiente cronograma (Tabla 1.1):

Tabla 1.1: Cronograma de las fases del Trabajo Fin de Máster. Fuente propia. Tabla 1

FASES DEL TFM	ACTIVIDADES	SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE				ENERO				FEBRERO			
		Nº de semanas				Nº de semanas				Nº de semanas				Nº de semanas				Nº de semanas				Nº de semanas			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
FASE INICIAL	Elección del trabajo	■																							
	Estado del arte		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■											
	Revisión bibliográfica			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■											
FASE EXPERIMENTAL	Cálculo de potencias														■	■	■	■							
	Análisis de viabilidad														■	■	■	■	■						
FASE FINAL	Análisis de resultados																		■	■	■				
	Planos																		■	■	■	■			
	Redacción de la memoria										■	■	■	■	■	■					■	■			

2. ESTADO DEL ARTE

2.1. Movilidad eléctrica

La movilidad sostenible es un concepto que surge de la preocupación existente por los problemas medioambientales y sociales ocasionados por el uso general del vehículo particular propulsado con motor de explosión como medio de transporte. Como contrapartida, los inconvenientes de este modelo, entre los que cabe destacar los efectos sobre la salud, la contaminación del aire o el consumo excesivo de energía, han generado una preocupación creciente por encontrar alternativas que ayuden a evitar o minimizar los efectos negativos de este modelo y encontrar uno que solucione dichos problemas.

Así, se entiende por actuaciones en materia de movilidad sostenible aquellas que ayudan a reducir los efectos negativos mencionados anteriormente, ya sea mediante prácticas por parte de personas sensibilizadas con estos problemas (desplazarse a pie, en bicicleta, patinete eléctrico o en transporte público en lugar de en coche siempre que sea posible; compartir un coche entre varias personas para acudir al trabajo; etc.), como el desarrollo de tecnologías que amplíen las opciones de movilidad sostenible por parte de agentes sociales o empresas para promover dicha filosofía y sensibilizar a la población.

A lo largo de los últimos años, se ha vinculado a menudo el concepto de movilidad sostenible a las nuevas tecnologías desarrolladas en el sector de la automoción para reducir las emisiones de CO₂ a la atmósfera. Una de las políticas más destacadas de movilidad sostenible llevadas a cabo por las administraciones públicas se ha centrado en reducir tanto el consumo de combustibles fósiles contaminantes, como la congestión de las vías. [3]

Como se ha mencionado, el transporte representa la cuarta parte de las emisiones de gases de efecto invernadero y el 38% del consumo de energía en nuestro país [4], y, llegados a este punto, las políticas para potenciar una movilidad eléctrica se centran en los siguientes objetivos:

- Configurar un modelo de transporte más eficiente para mejorar la competitividad del sistema productivo.
- Mejorar la integración social de los ciudadanos, proporcionando accesibilidad a todos los ciudadanos e incrementando su calidad de vida.
- No comprometer las condiciones de salud de los ciudadanos.
- Aportar más seguridad en los desplazamientos.

2.1.1. Evolución y actual posicionamiento energético de la movilidad eléctrica

Aunque culturalmente no es un aspecto relativamente conocido, el primer “coche eléctrico” surge a lo largo del siglo XIX. Hubo vehículos de dos, tres y cuatro ruedas, y su desarrollo siempre fue precedido por la mejora en las prestaciones de las baterías eléctricas, desde que Alessandro Volta descubriese en el año 1800 la pila galvánica [5]. De hecho, el desarrollo tecnológico de los vehículos eléctricos en los últimos años del siglo XIX era superior a los vehículos provistos de la tecnología de los motores de combustión interna. Es en 1899 cuando el ingeniero belga Camille Jenatzy construyó el primer automóvil eléctrico (Figura 2.1) que alcanzó una velocidad superior a los 100 km/h. Este vehículo fue fabricado con una carrocería compuesta por una aleación ligera de aluminio que tenía como aspecto una peculiar forma de torpedo [6].



Figura 2.1: Vehículo Eléctrico con forma de torpedo llamado “La Jamais Contente”. Fuente Wikipedia. 1

Más adelante, ya en los primeros años del siglo XX, los automóviles eléctricos tuvieron un relativo éxito comercial debido a las diversas ventajas que aportaban. Entre ellas estaba que el conductor agradecía su conducción tranquila, limpia y de fácil manejo, y especialmente el hecho de no tener que hacer uso del arranque manual con manivela, que en aquella época era necesario en los automóviles de gasolina. [7]

En el año 1913 se produce la introducción del sistema arranque eléctrico por la compañía Cadillac. Este hecho sumado a las numerosas innovaciones que surgieron en el ámbito de los vehículos de combustión interna, así como la generalización del sistema de producción en cadena de montaje relativamente barato y de forma masiva desde 1908, implantado por el magnate de los coches Henry Ford, contribuyó al declive del vehículo eléctrico, condicionado siempre

por su específica limitación: la capacidad de las baterías eléctricas. Ya a finales de 1930, la industria del automóvil eléctrico había desaparecido por completo [8].

Sin embargo, las crisis del petróleo que se produjeron en los años 70 tuvieron como consecuencia un incremento del precio de esta materia prima desde 9,56 \$/barril en 1970 hasta 85,03 \$/barril en los comienzos de 1980 (a precios constantes de 2007), es decir, su precio se multiplicó casi por 9 en este periodo. Aunque este precio descendió en los años ochenta y noventa hasta llegar en 1998 a un mínimo de 10,82 \$/barril, la experiencia de la primera (1973) y la segunda crisis del petróleo (1979) tuvo enormes consecuencias en la evolución de muchos sectores económicos en las dos últimas décadas del pasado siglo y supuso el desplazamiento del petróleo en la generación de electricidad (Figura 2.2). La llegada del siglo XXI ha venido acompañada de una subida constante de los precios del petróleo, que se puede considerar en torno a 100 \$/barril como estable, a pesar de la caída del precio del mismo durante los primeros meses de 2015 [9].

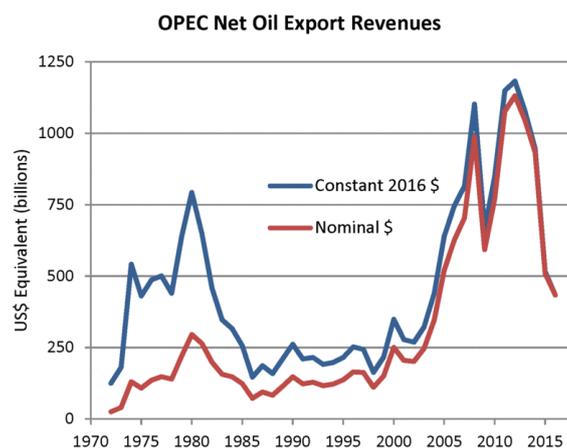


Figura 2.2: Exportaciones de la OPEP en dólares constantes y nominales (1972-2015). Fuente U.S. Energy Information Administration. 2

Algunos autores consideran que este proceso ha supuesto una “tercera crisis” del petróleo, que tendrá como consecuencia su paulatino desplazamiento del transporte por carretera en una evolución lenta de varias décadas, en la que habrá un largo periodo de coexistencia con el vehículo eléctrico [10]. La evolución en el futuro hacia la electrificación del transporte por carretera convivirá con una amplia diversificación de los combustibles empleados por los automóviles y el fomento de aquellos con mejores características medioambientales, ya sean eléctricos, híbridos, de autogás (GLP) o de pila de combustible de hidrógeno [11].

2.2. El vehículo eléctrico

2.2.1. Características

Un vehículo eléctrico funciona de manera totalmente distinta al del motor de combustión interna (MCI). Realiza su movimiento mediante un motor de tracción (eléctrica) acoplado al eje de sus ruedas o, en su defecto, a cada una de sus ruedas con motores independientes. Estos vehículos disponen de baterías cuya carga se realiza a través de una conexión a la red eléctrica.

Para comprender mejor el concepto de vehículo eléctrico (Figura 2.3) se debe tener claro que se trata de un vehículo que sólo se alimenta de una batería incorporada en él y que debe ser cargada por medio de una conexión al sistema eléctrico, el cual produce la energía necesaria para que el vehículo se ponga en marcha. Por supuesto, cuando se habla de un vehículo eléctrico, se refiere a una motocicleta, a un coche, autobús, etc.



Figura 2.3: Vehículo Eléctrico repostando vía pública. Fuente FrenoMotor. 3

De este modo, la batería es la pieza fundamental del vehículo, proporcionando la energía eléctrica para que el motor obtenga el movimiento. A diferencia de los MCI, el vehículo eléctrico aprovecha la energía cinética que se genera en las ruedas mediante el sistema de freno regenerativo para de esta manera cargar la batería y mejorar su autonomía. Dependiendo del tipo de batería que se use, es decir, del material de fabricación de ésta, se obtiene una autonomía que determina la cantidad de kilómetros que el vehículo puede recorrer una vez tenga completa su carga. [12]

Los vehículos eléctricos presentan un importante ahorro de energía primaria si se compara con un VCI. El propio sector del automóvil reconoce que el motor de explosión, tanto de gasolina como de diésel, se está quedando obsoleto y tiene unos índices de eficiencia energética realmente bajos. Menos del 30% de la energía que hay en el propio combustible llega realmente a las ruedas, mientras que las emisiones siguen siendo elevadas aunque se mejore la

tecnología del vehículo [13]. Por su parte, el VE tiene una eficiencia mucho más alta con unas emisiones globales mucho más bajas, sobre todo si se utilizan energías renovables para la generación de energía [14]. Así, la electrificación del transporte puede ser el factor determinante que necesitan las energías renovables para consolidarse y superar sus inconvenientes de mala gestión y de falta de fiabilidad de suministro. A día de hoy, la energía eólica es la que presenta el mayor potencial a corto y medio plazo, pero también la fotovoltaica puede proporcionar energía eléctrica en lugares aislados o que no estén conectados a la red, ya sea con sencillas pérgolas o colocando cubiertas fotovoltaicas en garajes [15].

2.2.2. Partes de un vehículo eléctrico

En un vehículo eléctrico se pueden distinguir tres elementos principales (Figura 2.4):

- El vehículo propiamente dicho.
- La batería.
- Los sistemas de carga de estas baterías.

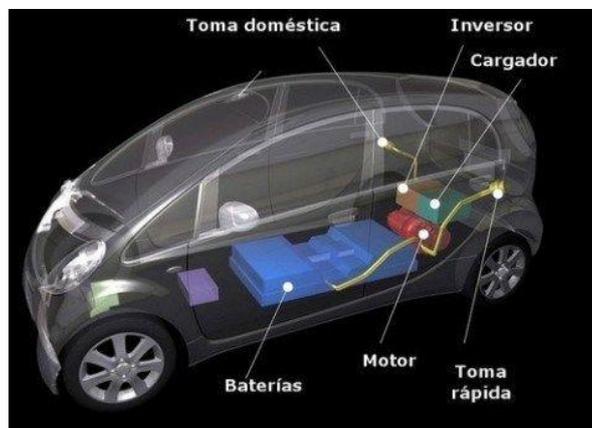


Figura 2.4: Partes principales de un Vehículo Eléctrico. Fuente BuboCar. 4

En lo que se refiere al propio vehículo, las partes más importantes son:

- **El puerto de carga**, el cual recibe la electricidad del exterior, pudiendo ser de carga lenta o rápida.
- **El transformador**, que se encarga de convertir la electricidad de una recarga rápida en valores de amperaje y tensión válidos para el sistema de recarga.

- **Controlador**, que se encarga de regular la energía que recibe o recarga el motor.
- **Cargador**, o convertidor, que absorbe la electricidad directamente de forma alterna desde la red eléctrica y la transforma en corriente continua.
- **Conversor**, que transforma la alta tensión de corriente continua en baja tensión.
- **Inversor**, transforma la corriente continua de la batería en corriente alterna. Así alimentamos el motor del coche eléctrico en corriente alterna.
- **Motor eléctrico**, que puede ser un motor de corriente alterna o de corriente continua. La diferencia está en la forma de alimentación. La mayoría de los vehículos eléctricos son de tipo síncrono [16].

2.2.2.1. Las baterías

Las baterías son el componente más importante del que se componen los vehículos eléctricos. Los procesos que conllevan la recarga de las baterías, así como sus procesos de descarga para la producción de la energía eléctrica consumida en el motor, son ejemplos de transformación de materia y energía consecuencia de las reacciones químicas en el interior de las baterías. Las baterías eléctricas (Figura 2.5) actúan como acumuladores de energía, que puede ser recibida o cedida gracias al carácter reversible de las reacciones químicas redox que se dan en las celdas galvánicas que integran la batería.



Figura 2.5: Baterías de Vehículos Eléctricos. Fuente TKGasoil. 5

Dependiendo del uso, precio, prestaciones y otras características requeridas, se emplean diversos tipos de baterías. En la siguiente tabla (Tabla 2.1), vienen reflejados los principales tipos de baterías [17]:

TIPO DE BATERÍAS RECARGABLES	DENSIDAD ENERGÉTICA (Wh/kg)	ENERGÍA/VOLUMEN (Wh/litro)	POTENCIA/PESO (W/kg)	NÚMERO DE CICLOS	EFICIENCIA ENERGÉTICA (%)
ZEBRA (NaNiCl)	125	300	150	1000	92,5
POLÍMERO DE LITIO	200	300	300	1000	90
IONES DE LITIO	80-160	170-450	1800	1000-3000	90
NÍQUEL - HIDRURO METÁLICO (NiMH)	70-80	140-300	200-1000	300-600	70
NÍQUEL - CADMIO (NiCd)	60	50-150	250	1500	72,5
PLOMO - ÁCIDO	10-35	60-75	250	400-800	82,5

Tabla 2.1: Eficiencia energética y otras características de las baterías. Fuente Santamaría, J (2009). Tabla 2

Las características de las baterías recargables siempre han sido el punto más crítico y fundamental en el desarrollo del vehículo eléctrico. El coste de un vehículo eléctrico depende de las baterías en un porcentaje muy determinante. El tipo y la capacidad de la batería condicionan la velocidad máxima, la autonomía entre recargas, el tiempo de recarga y la duración de la batería. Sin embargo, el esfuerzo de investigación dedicado a las baterías eléctricas ha sido muy pequeño en comparación con otras tecnologías. Su capacidad de almacenamiento ha requerido diez años para duplicarse, y sólo en los últimos años con el desarrollo de la telefonía móvil se han empezado a realizar inversiones importantes. En la actualidad, para el suministro de energía a los motores de los vehículos eléctricos las baterías más habituales son las de iones de litio [18].

2.2.3. Ventajas e inconvenientes del vehículo eléctrico frente al vehículo convencional

En el momento que una mayoría de la población a nivel mundial ha tenido más facilidad de acceso a los medios de transporte se ha reforzado la incidencia negativa de este sector sobre el medio ambiente, ya que la mayoría de los vehículos funcionan con combustibles fósiles y son emisores de dióxido de carbono (CO₂) y otras sustancias a la atmósfera. Es por ello, que las actuales políticas de movilidad sostenible promueven una reducción del uso de transporte y la satisfacción del mismo mediante un uso más racionalizado de los diversos medios: transporte público, ferrocarril, transporte no motorizado, etc. La demanda de movilidad se completa con otras iniciativas como el uso del coche compartido y la intermodalidad [10].

Sin embargo, la fuerte dependencia a la movilidad motorizada de manera individual hace necesaria una solución que sea viable y complementaria de las anteriores, como lo es el automóvil eléctrico conectado a la red eléctrica. Es obvio que el vehículo eléctrico responde a las actuales exigencias medioambientales en la mayoría de los aspectos, ya que al no emitir sustancias

a la atmósfera supone una mejora exponencial de la calidad del aire, sobre todo en ciudades y a bajas velocidades. Por otro lado, reduce la contaminación acústica, ya que su motor apenas hace ruido. Estudios realizados demuestran cómo hay una notable diferencia en el espectro de nivel de ruido, sobre todo cuando se arranca el motor de parado del VE con respecto al VCI, siendo este de más de 24 dBA de diferencia. En lo que se refiere a una comparativa de velocidades constantes superiores a los 30 km/h, la diferencia es mínima, no siendo esta superior a 1 dBA [19].

Otras de las grandes ventajas del vehículo eléctrico están relacionadas con la eficiencia de su motor eléctrico, que presenta desde cero revoluciones un elevado par motor. La ausencia de caja de cambios también contribuye a una mejora de respuesta en la aceleración y a un comportamiento cinemático excelente. Además, el vehículo eléctrico tiene otro gran punto fuerte como es el aprovechamiento de la energía de la frenada, que en los vehículos convencionales suponen pérdidas por causa de la fricción en forma de calor disipado [17]. Asimismo, el vehículo eléctrico presenta un coste de mantenimiento prácticamente nulo, mientras que el de combustible (recarga de la energía eléctrica, excluyendo el coste que suponen las baterías) es mucho menor que el de un vehículo convencional.

A la hora de analizar las ventajas medioambientales del vehículo eléctrico no se debe olvidar ni obviar el hecho de que, si bien es verdad que desaparecen las emisiones a la atmósfera de dióxido de carbono y de otras sustancias contaminantes consecuencia de la combustión en el vehículo, estas emisiones producidas no cesan en las centrales térmicas de carbón o de ciclo combinado de gas natural para la generación eléctrica [20].

En países donde la cuota de participación es elevada respecto a las centrales térmicas en el mix de generación eléctrica, la proliferación del vehículo eléctrico tendrá un efecto más pequeño en la reducción de emisiones de CO₂ a la atmósfera y en la dependencia de los combustibles fósiles. Sin embargo, incluso en este último caso, la inclusión del vehículo eléctrico supone siempre una mejora en la eficiencia energética y en el medio ambiente [21].

A continuación, en la siguiente Figura 2.6 se muestra un análisis orientativo de la eficiencia energética obtenida a través de un combustible primario (suponiendo un combustible fósil) para lograr el desplazamiento de un vehículo de gasolina, diesel o eléctrico (suponiendo el caso de una central de generación eléctrica de ciclo combinado de gas natural) [22].

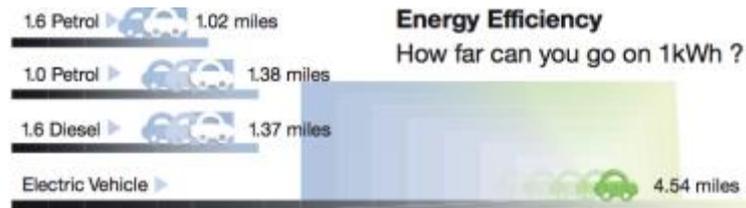


Figura 2.6: Eficiencia del Motor Eléctrico frente a los MCI. Fuente OLEV. *Driving the future Today. A strategy for ultra low emission vehicles in the UK. 6*

Como podemos observar, la diferencia es más que considerable en lo relativo a la distancia que un vehículo puede llegar a recorrer con una energía de 1 kWh tanto cuando es eléctrico como cuando no lo es (gasolina o diésel). La diferencia es de más de 4,8 km (3 millas) y, por lo tanto, queda patente la mayor eficiencia energética del vehículo eléctrico. Esto se debe, como se ha indicado, a que los vehículos con motor diésel o de gasolina son bastante ineficaces en lo que a eficiencia energética se refiere, debido fundamentalmente a la gran cantidad de calor que generan (disipado posteriormente en los gases de escape), y a las pérdidas que se producen por el rozamiento entre los distintos elementos mecánicos, como por ejemplo el de los pistones dentro de los cilindros [23].

Evidentemente, no todo son ventajas, ya que una parte importante de la energía eléctrica se obtiene en centrales térmicas que consumen combustibles fósiles. Sin embargo, las emisiones de partículas de combustión se encuentran localizadas en la planta, por lo que estas se pueden tratar de forma específica. Por otro lado, como se ha indicado, es posible obtener una parte de la energía eléctrica a partir de las energías renovables para la recarga de los vehículos eléctricos, ya sea a partir de la energía fotovoltaica, termosolar, geotérmica, y, especialmente de la energía eólica. Actualmente en España los parques eólicos presentan una notable infrutilización de su capacidad para generar energía eléctrica en periodos nocturnos. Si los vehículos eléctricos se implantaran con carácter masivo, se produciría la entrada de un gran consumidor de energía en horario nocturno, que complementaría la caída general del consumo eléctrico en estos periodos. Este añadido complementario del horario principal de recarga del vehículo eléctrico con el incremento en la utilización de la capacidad instalada en los parques eólicos tendría un efecto sinérgico que podría combinar la mejora medioambiental con la reducción de los costes y la eficacia industrial. De esta manera, la relación entre la utilización del sistema de generación eléctrica y la cantidad de vehículos eléctricos recargados sería muy favorable [17].

En referencia a este aspecto, un estudio del Instituto Universitario de Investigación del Automóvil de la Universidad Politécnica de Madrid estableció que un millón de vehículos eléctricos demandaría solo el 1% de la producción eléctrica en España, y que si la recarga de estos automóviles se realizara en las

horas valle (franja horaria con el precio de luz más barato) se podrían recargar millones de ellos sin comprometer el suministro eléctrico para otros usos y sin tener que incrementar la capacidad instalada [11].

En este contexto, diversos informes prevén un importante crecimiento de la producción de automóviles eléctricos en los años venideros. Entre algunas de las fuentes consultadas, la consultora PwC considera que el 95% de los coches nuevos que se matriculen en 2030 serán eléctricos [24]. Otra fuente, como es la consultora Deloitte, indica en sus estudios y publicaciones que para cumplir con los objetivos de reducción de emisiones de CO₂ establecidos por la Unión Europea (UE) es necesario que en España haya dentro de un año 300.000 coches eléctricos. Una cifra que debería seguir aumentando en los próximos años de modo que en 2025 haya entre 1,6 y 2 millones hasta que se alcancen los seis millones en 2030. Sin embargo, el camino por recorrer es largo ya que en 2015 en España circulaban 6.500 coches eléctricos, con una cuota de ventas del 0,2%, muy por debajo de países como Noruega (23%) o Países Bajos (10%) [25].

2.2.3.1. *Economía del vehículo eléctrico*

Actualmente, la diferencia de precios que se puede encontrar en el mercado para la compra entre dos vehículos, presumiblemente parecidos en prestaciones, uno con tecnología “convencional” y otro eléctrico puro es de aproximadamente 10.000 euros. Este mayor coste deriva de la amortización, estimada en unos 200 euros aproximadamente por kWh para el Vehículo Eléctrico. De esta forma, una reducción de coste de las baterías por debajo de esta estimación contribuiría de forma importante a reforzar la competitividad del eléctrico frente al “convencional” [26].

El consumo de energía del vehículo convencional (6 litros por cada 100 km) implica un coste aproximado de unos 9€/100 km a precios del mercado actual), muy superior al del Vehículo Eléctrico (15 kWh por cada 100 km a 0,12€/kWh), lo que supone un coste de alrededor de 1,80€/100 km que podría verse reducido en caso de realizar la carga en horario valle. Considerando unos costes de mantenimiento según el informe de McKinsey [27], se puede observar en la siguiente (Figura 2.7) que el coste total por kilómetro es muy superior en los vehículos convencionales que en los Vehículos Eléctricos.

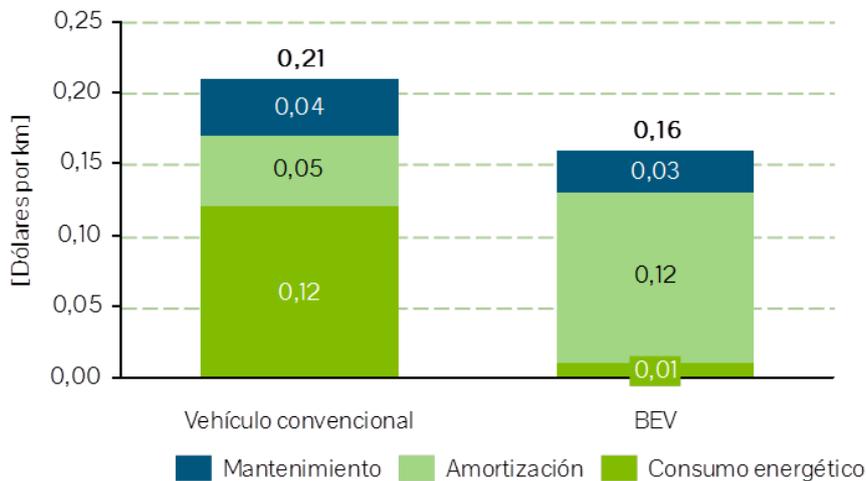


Figura 2.7: Comparativa de costes totales por kilómetro entre un vehículo convencional y un Vehículo Eléctrico en 2035. Fuente *On the road in 2035 (MIT)* 7

De este breve análisis se desprende una primera conclusión importante y es que, considerando todos los costes de producción y de operación y con las hipótesis utilizadas, el vehículo eléctrico será siempre más económico que el “convencional”. De este modo, aunque el Vehículo Eléctrico seguirá teniendo un coste inicial superior, a medida que se vaya haciendo uso del mismo, se irá compensando dicho factor.

2.3. Infraestructura de carga para vehículos eléctricos

2.3.1. Estado tecnológico actual

Como ya se ha mencionado, el vehículo eléctrico no es en realidad un invento nuevo, ya que incluso convivió con otros automóviles impulsados por máquinas de vapor y por motores de combustión interna de gasolina y diésel a finales del siglo XIX. Otro factor a tener en cuenta es el del agotamiento del petróleo, caracterizado a través de la curva de Hubbert (Figura 2.8). Esta curva indica que el consumo de petróleo llegará a su pico máximo y después caerá tan rápidamente como creció, resaltando que el factor limitador de su extracción será el gasto energético requerido y no su coste económico [28].

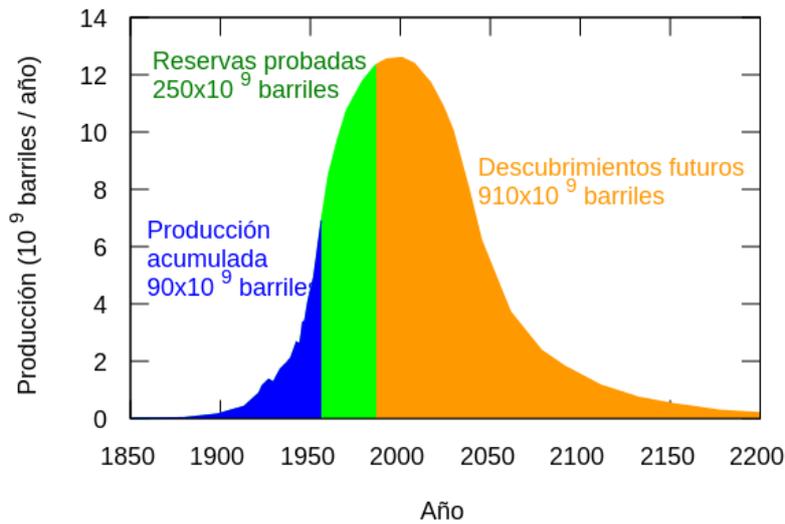


Figura 2.8: Curva de Hubbert producción y descubrimiento de petróleo. Fuente Wikipedia. 8

Como se ha ido mencionando a lo largo del trabajo, el vehículo eléctrico (Figura 2.9) se presenta como una de las mejores alternativas de la movilidad sostenible, ya que contribuye con la disminución de emisiones contaminantes. En momentos determinados, el motor eléctrico se convierte en generador eléctrico, permitiendo la carga de batería, cuya acción es conocida como frenado regenerativo. [29]

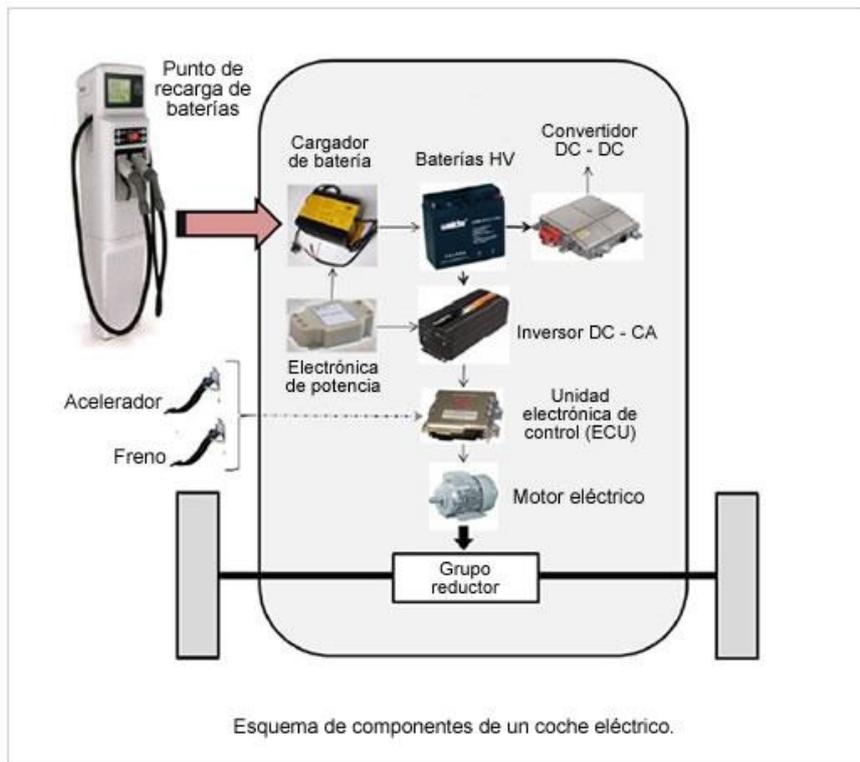


Figura 2.9: Esquema del Vehículo Eléctrico. Fuente *Aficionados a la Mecánica*. 9

2.3.2. Métodos de carga

En la recarga de los vehículos eléctricos se ven involucrados una serie de elementos externos (Figura 2.10). Los diferentes métodos y estándares se encuentran en mejora continua, al igual que las normativas que hacen referencia a conectores, clavijas y bases [30]. Sólo hay una manera de recargar el vehículo eléctrico y es enchufándolo a una red eléctrica. Esta recarga eléctrica puede hacerse tanto en el garaje de casa con una toma convencional o con otra de más potencia, o, en una plaza de aparcamiento en garajes comunitarios, electrolinerías, etc.

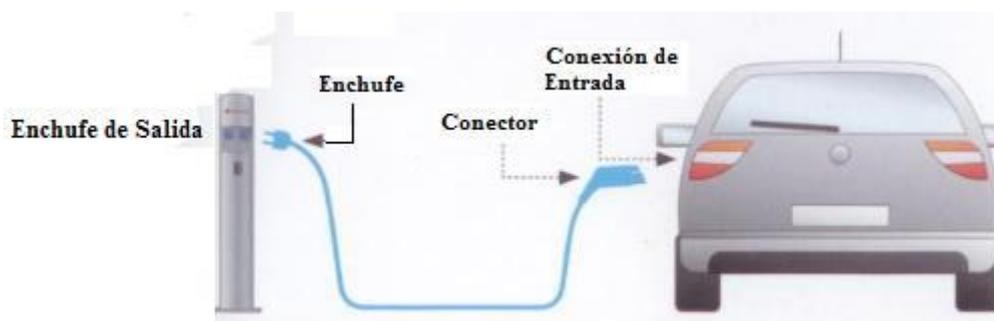


Figura 2.10: Elementos para la carga del VE. Fuente *Efrén Fernández Palomeque*. 10

Según el tipo de conector, la potencia que proporciona el sistema del vehículo y velocidad de carga, se puede diferenciar cuatro tipos de recarga que se describen brevemente a continuación [31]:

2.3.2.1. Modo 1

Este tipo de recarga es lenta. En ella el vehículo se conecta directamente a la red de Corriente Alterna (AC) con una carga monofásica de 250V y trifásica de 480 V con su protección a tierra, usando un conector estándar de 16 A de uso no exclusivo [32]. Su uso suele ser para vehículos pequeños como motocicletas, patinetes o bicicletas eléctricas. (Figura 2.11).



Figura 2.11: Modo 1 de carga para Vehículos Eléctricos. Fuente Electromovilidad. 11

2.3.2.2. Modo 2

Este tipo de recarga actúa de igual manera que la anterior, conectando el EV a la red principal de AC en un conector no exclusivo, todo ello sin exceder los 32 A con una carga monofásica hasta 250V y trifásica de 480V con su respectiva protección a tierra. Se diferencia de la anterior (Modo 1) por la introducción de un complemento que proporciona el fabricante del vehículo, el cual está constituido por una caja de control externa que realiza la función de control piloto, cuya función es indicar que la conexión y la protección a tierra del vehículo son correctas [32]. Cabe indicar que este tipo de recarga también se considera lenta y su uso está pensado para la recarga doméstica (Figura 2.12).



Figura 2.12: Modo 2 de carga para Vehículos Eléctricos. Fuente Electromovilidad. 12

2.3.2.3. Modo 3

En este modo sí se utiliza un sistema de alimentación específica y una toma (conector) exclusiva. Permite conectar a la red principal de AC con una carga monofásica de hasta 250 V y trifásica de 480 V a un amperaje de 32 A. Lo que el sistema hace es identificar el tipo de VE y sus respectivas características de carga gracias a la ayuda de un oscilador que envía un sistema de pulsos modulados en corriente continua, todo ello con el propósito de determinar la secuencia de recarga y la seguridad de conexión, los requisitos del sistema de ventilación y la puesta a tierra [32]. Con este modo de carga es posible efectuar un control de la potencia que resulta interesante para la implementación de estrategias de recargas inteligentes. Se considera un tipo de recarga semi-rápida. Según la legislación española (ITC-BT 52) este Modo de recarga es obligatorio para los puntos de recarga de uso público (usualmente es complemento de Modo 4). (Figura 2.13)



Figura 2.13: Modo 3 de carga para Vehículos Eléctricos. Fuente *Electromovilidad*. 13

2.3.2.4. Modo 4

Este tipo de recarga se denomina rápida porque los tiempos de recarga se sitúan entre los 10 y 30 minutos con un nivel de carga de baterías del 20 al 80%. El cargador, el cable y el conector están ubicados de manera externa al vehículo, accediéndose al mismo por un convertidor DC/AC con altas potencias, corrientes y tensiones, con rangos de 50 kW, 125 A y 500 V [32]. Este tipo de recarga no es aconsejable para carga diaria, puesto que puede dañar la batería si hacemos un uso habitual. Está especialmente pensado para las estaciones de uso público exteriores que supongan un punto de recarga para trayectos largos o situaciones concretas en las que dispongamos de poco tiempo para recargar nuestro vehículo. (Figura 2.14)



Figura 2.14: Modo 4 de carga para Vehículos Eléctricos. Fuente Electromovilidad. 14

A continuación, se muestra una tabla resumen de los distintos modos de carga con valores orientativos de los EV: (Tabla 2.2)

MODOS DE NIVELES DE CARGA	TIPO DE RECARGA	TENSIÓN	CORRIENTE	TIEMPO DE CARGA
MODO 1	LENTA	Monofásica 250 V	Toma estándar de 16 A	5 - 8 horas
		Trifásica 480 V		
MODO 2	LENTA	Monofásica 250 V	Toma estándar de hasta 32 A	5 - 8 horas
		Trifásica 480 V		
MODO 3	SEMI-RÁPIDA	Monofásica 250 V	Sin exceder los 32 A	1,5 - 3 horas
		Trifásica 480 V		
MODO 4	RÁPIDA	500 V (50 kW)	125 A	10 - 30 minutos

Tabla 2.2: Modos de recarga y sus características. Fuente ENDESA. Tabla 3

2.3.3. Infraestructuras de recarga

Antes de hablar de los distintos tipos de infraestructuras de recarga, se han de mencionar dos piezas clave para que se entiendan mejor los diferentes sistemas físicos de recarga como son los conectores y las cabinas.

El conector es un dispositivo que permite enlazar circuitos eléctricos y que se caracteriza por su construcción en forma de pines, resistencia al contacto y vibración, tamaño, fiabilidad, facilidad de conexión desconexión [33]. Estos dispositivos se pueden configurar para evitar malas conexiones con sistemas de bloqueo para asegurar el dispositivo y que brinden protección durante la recarga. Aunque actualmente no existe ningún conector que cumpla con todas las propiedades descritas anteriormente, se tiende a un objetivo común para favorecer la estandarización de estos dispositivos [31]. Se estima que los conectores YAZAKI DC FAST CHARGER (Figura 2.15) podrían soportar hasta 10.000 ciclos de carga y descarga y tener un uso de hasta 27 años. Sin embargo, desde 2013 la Unión Europea establece a los conectores MENNEKES (Figura 2.16) como el estándar principal para la recarga de EV, considerando que la mayor parte de infraestructura de los países miembros estaba desarrollada con este tipo de conector. [34]

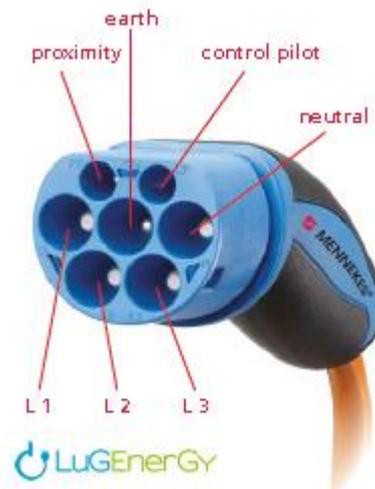


Figura 2.15: Yazaki DC Fast Charger. Fuente InsideEVs 15

Figura 2.16: Conector Mennekes Tipo 2 IEC 62196. Fuente LugEnergy. 16

Por otro lado, las cabinas se clasifican en dos tipos, en las que está separada la cabina del poste de recarga y las que lo llevan integrado [35]. Una de las ventajas de utilizar la cabina separada del poste es que se pueden

conectar varios vehículos a la vez formando una estación de recarga (Figura 2.17).



Figura 2.17: a) Cabina y postes separado b) Conjunto cabina y poste integrado 17

Fuente: *DiarioMotor*,

2.3.3.1. Equipos para el hogar

La recarga doméstica precisa del desarrollo de equipos económicos y sencillos para que cualquier toma se adapte al de infraestructura que le es propia, la cual cuenta con un contador digital (Figura 2.18) que señala el consumo que se añade al consumo mensual del hogar [36]. En el futuro, la tendencia de estos equipos es a disponer de un temporizador para que puedan ajustarse más adecuadamente a los periodos tarifarios de la energía y, además permitir una mayor facilidad para la facturación por un sistema de telegestión.



Figura 2.18: Equipo de recarga para el hogar con contador digital. Fuente *EIPais*. 18

2.3.3.2. Sistemas para aparcamientos públicos

El desarrollo en las instalaciones con puntos de recarga para los Vehículos Eléctricos en parkings públicos está en constante crecimiento, con espacio reservado de entre el 3% y el 5% del total de plazas del aparcamiento [36]. Entre los equipos que se han implementado para este tipo de espacios, uno

de ellos utiliza una tarjeta de control de accesos con RFID (Figura 2.19) para realizar la conexión y la desconexión, con lo que se identifica al usuario y permite observar el consumo de energía [37]. En cuanto al aumento del número de puntos de carga, se van implementando sistemas más modernos conformados por un control central con equipos multipuntos que permiten realizar instalaciones de diversos puntos a la vez, más sencillos de instalar, económicos y óptimos haciendo uso del sistema SCADA que es mucho más fácil e intuitivo para el usuario.



Figura 2.19: Equipo de recarga con tarjeta RFID para parkings públicos. Fuente Efrén Fernández Palomeque. 19

2.3.3.3. *Infraestructura en la vía pública*

Este tipo de equipos son los que mayor demanda tienen, ya que la red de puntos de carga en la vía pública tiene una función muy importante al permitir extender el radio de uso de los Vehículos Eléctricos. Además, estos puntos de recarga están integrados en el sistema GPS para su fácil localización (Figura 2.20). Además, deben cumplir en cuanto a nivel de protección eléctrica y climatológica y, en segundo lugar, deben ser equipos muy robustos para que tengan un ciclo de vida alto [36]. La mayoría de estos equipos están integrados con dispositivos que pueden activarse mediante telecontrol con sistemas SCADA para mejorar la eficiencia energética desde estaciones de monitoreo [38].



Figura 2.20: Punto de recarga en la vía pública. Fuente ElectroMovilidad. 20

2.3.3.4. Infraestructura en edificios multifamiliares

Para la recarga en el interior de aparcamientos comunitarios existen varios equipos y técnicas de recarga que ya se han implementado. La primera consiste en la utilización de tarjetas prepago para el acceso y control a la carga. La segunda consiste en puntos enlazados por un protocolo de comunicación y conectados a un gestor central con conexión a internet que permite analizar el consumo eléctrico y obtener una factura periódica de la plaza del aparcamiento. La tercera consiste en la conexión eléctrica entre varios puntos de carga, la cual está gobernada por un contador PLC que se enlaza al contador general del hogar para emitir una factura general (Figura 2.21).

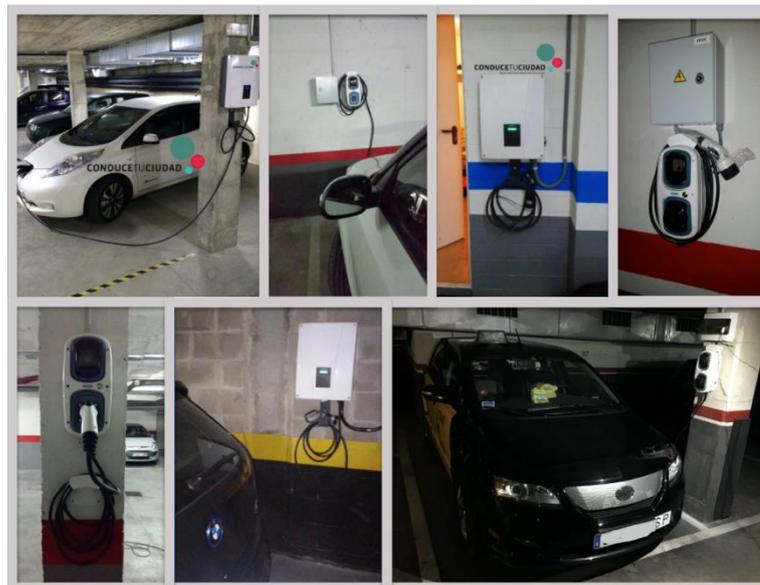


Figura 2.21: Punto de recarga en parking comunitario. Fuente ConduceTuCiudad. 21

2.3.3.5. *Electrolíneas*

Estas infraestructuras están catalogadas como equipos de recarga rápida (Modo 4). Los rangos de potencia están en torno a los 50kW con tensiones e intensidades elevadas de hasta 125 A [32], por lo que la seguridad es primordial. Estos dispositivos no se pueden instalar en cualquier lugar, ya que el equipo debe cumplir con todas las normas de protección, control, inversor y conector. Actualmente, estos equipos están concebidos como estaciones de servicio y varios fabricantes están ayudando al desarrollo de esta infraestructura de carga rápida (Figura 2.22).



Figura 2.22: *Electrolínea de carga rápida. Fuente Iberdrola. 22*

3. METODOLOGÍA

A continuación, se van a establecer las bases metodológicas empleadas para llevar a cabo el estudio, las cuales servirán de base para la obtención de unos resultados homologables desde el punto de vista científico y académico. Los pasos a seguir han sido los siguientes:

1º.- Partiendo del patrón de vehículos del Ayuntamiento de Almería en el barrio de La Cañada de San Urbano (disponible a efectos del padrón del Impuesto de Vehículos de Tracción Mecánica) se ha estimado la demanda energética diaria para cada calle. A cada intervalo fiscal se ha asociado un modelo de vehículo eléctrico, suponiendo un reparto lineal de la demanda eléctrica para todos los días de la semana

2º.- Endesa Distribución Eléctrica ha facilitado los datos correspondientes a su red de distribución en La Cañada de San Urbano. Concretamente, ha facilitado la ubicación y potencia instalada de cada centro de distribución, así como el rango de acción de las líneas de baja tensión que parten de cada centro.

3º.- A cada centro de transformación se han asociado la demanda energética correspondiente, transformada a potencia en función de los diferentes métodos de carga.

4º.- Se han comparado los valores de potencia disponible y demanda para analizar la viabilidad de la transformación del parque de vehículos a una configuración 100% eléctrica en cada situación de carga analizada.

5º.- Se ha realizado el análisis de los resultados obtenidos.

3.1. Caracterización del parque de vehículos

El Ayuntamiento de Almería ha facilitado los datos correspondientes al padrón de vehículos para el cobro del Impuesto de Vehículos de Tracción Mecánica (IVTM), lo cual ha permitido conocer el número de vehículos existentes en cada calle de La Cañada de San Urbano, así como sus correspondientes potencias fiscales. Para calcular la demanda energética en cada una de esas calles, a cada intervalo de potencia fiscal Almería (Ordenanza Fiscal nº4) se ha asociado un modelo de vehículo eléctrico de prestaciones equivalentes.

Para ello se deberá hacer una conversión de la potencia fiscal a caballos de vapor aplicando el Anexo V del Reglamento General de Vehículos aprobado por R.D. 2822/1998 de 23 de diciembre. El RD define el método de cálculo de la potencia fiscal de los motores de vehículos, expresado en caballos de vapor fiscales (CVF), y que se puede obtener también de la siguiente expresión para los motores eléctricos:

$$CVF = Pe / 5,152$$

La potencia efectiva Pe que se utiliza en la fórmula anterior, expresada en kilovatios (kW), será la que determine el Laboratorio Oficial que el Ministerio de Industria y Energía designe aplicando los métodos de ensayo que dicho Ministerio establezca.

Conocidas las potencias equivalentes en caballos, los modelos de vehículo eléctrico asociados se han escogido entre los más vendidos en España, siendo los siguientes (de menor a mayor caballaje): el Renault Twizy (5 CV) con una autonomía de 100 km, el Citroën C-Zero (67 CV) con 150 km de autonomía, el Nissan LEAF (109 CV) de 200 km de autonomía, el Volkswagen eGolf (136 CV), el cual ha sido uno de los más vendidos en España en 2019 con una autonomía de 300 km (Figura 3.2) y el más vendido de 2019 en España que ha sido el Tesla Model 3 (515 CV) con una autonomía de 530 km (Figuras 3.2 y 3.3).



Figura 3.2: Vehículo Eléctrico modelo Volkswagen eGolf. Fuente Volkswagen. 23



Figura 3.3: Vehículo Eléctrico modelo Tesla Model 3. Fuente Tesla. 24

Todos los datos respecto a la potencia y autonomía de cada uno de los vehículos han sido obtenidos de cada una de las fábricas de motor (Nissan, Volkswagen, Tesla, etc). Los datos de autonomía están basados en la norma WLTP (World Harmonized Light-duty Vehicle Test Procedure), que se trata de un ciclo mundial unificado para medición de consumos de combustible y de emisiones de CO₂ para la homologación legal de los automóviles. Esta norma es ya obligatoria desde septiembre de 2019 en Europa y sustituye a la antigua norma NEDC.

En la Tabla 3.1 se muestran las equivalencias entre los intervalos fiscales y los vehículos eléctricos asociados en cada caso:

MODELO DE VEHÍCULO ELÉCTRICO	POTENCIA VE	POTENCIA EN CVF	RANGOS DE POTENCIA	BATERÍA	AUTONOMÍA (según norma WLTP)	COEFICIENTE DE POTENCIA DIARIA
Renault Twizy	5 CV (4 kW)	0,78	<8 CVF	6,1 kWh	100 km	0,41
Citroën C-Zero	67 CV (49 kW)	9,51	8-11,99 CVF	15,2 kWh	150 km	0,27
Nissan LEAF	109 CV (80 kW)	15,53	12-15,99 CVF	24 kWh	200 km	0,21
Volkswagen eGolf	136 CV (100 kW)	19,41	16-19,99 CVF	35,8 kWh	300 km	0,14
Tesla Model 3	515 CV (379 kW)	73,56	>20 CVF	80,5 kWh	530 km	0,08

Tabla 3.1: Características de distintos modelos de Vehículos Eléctricos. Fuente Renault, Citroën, Volkswagen, Nissan y Tesla. Tabla 4

Como se ha indicado, del cálculo anterior se obtendrá una demanda energética para cada calle de La Cañada, teniendo en cuenta que el padrón municipal de vehículos no permite un mayor desglose. Los resultados para cada calle se reflejan en el Anexo I.

3.2. Red de distribución eléctrica en La Cañada de San Urbano

Endesa Distribución Eléctrica ha facilitado los datos correspondientes a la potencia instalada en sus centros de transformación, así como el ámbito de suministros en baja tensión asociado a cada centro. Dicha red se describe, para el conjunto del núcleo de población de La Cañada de San Urbano, en el Anexo 2. Teniendo en cuenta que la recarga de los vehículos se realizará esencialmente en periodo nocturno (hipótesis razonable, ya que se supone que el vehículo debe estar fuera del periodo de uso normal), se ha realizado un análisis de la potencia vacante en cada centro en horario nocturno. Para ello se ha empleado la curva del uso medio diario de la Red Eléctrica de España (REE) (Figura 3.1), observándose que el horario nocturno coincide con la menor demanda energética global (aspecto positivo para la implantación del vehículo eléctrico). Así, del análisis de la curva de consumo, se obtiene que la demanda nocturna es aproximadamente un 31% inferior a la diurna (de modo simplificado), pudiendo suponerse, a efectos de este trabajo, que en cada centro habrá al menos un 31% de oferta disponible. Esto supone una hipótesis conservadora, ya que se partiría del supuesto de que los centros se encuentran solicitados al 100% en horas punta.

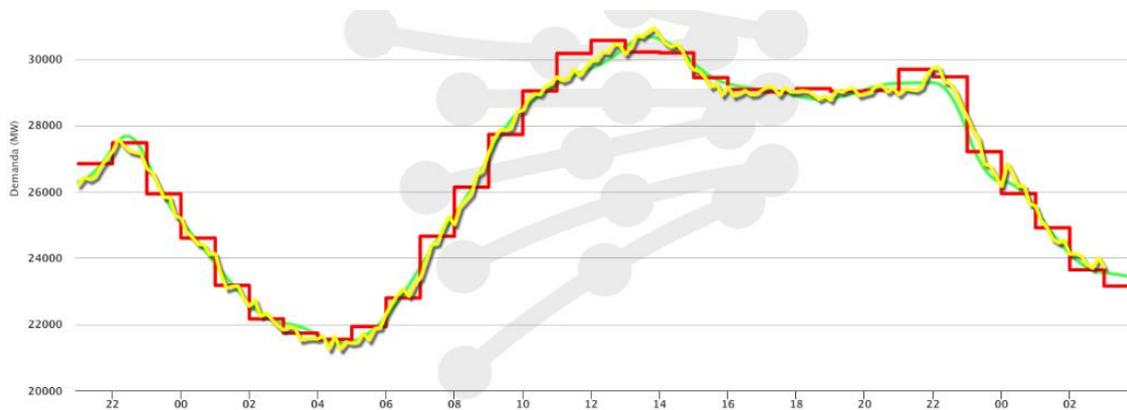


Figura 3.1: Curva de seguimiento de la demanda de energía eléctrica diaria. Fuente Red Eléctrica de España (REE). 25

Los datos de potencia instalada en cada centro de transformación proporcionados por Endesa vienen expresados en kVA, por lo que para su conversión a kW se aplicará la interpretación de la ITC-BT-10 aprobada por la Orden de 14 de octubre de 2004 por la Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa.

3.3. Potencia máxima asociada a cada tipo de carga

Para calcular la potencia máxima asociada a cada tipo de carga es necesario, con carácter previo, establecer la demanda energética diaria de cada vehículo. Partiendo del análisis bibliográfico efectuado [39], se ha establecido una media de uso diario del vehículo privado de unos 41 km. A partir de ahí, para cada vehículo se calculará una demanda energética diaria, que se transformará en potencia en función del tiempo de recarga que se emplee en cada caso. Inicialmente se supondrá que la demanda total de energía se repartirá linealmente los 7 días de la semana.

Los datos obtenidos para cada tipo de carga se reflejarán en el Anexo 3.

4. RESULTADOS

En este capítulo se exponen los resultados obtenidos de cruzar la potencia disponible en cada centro de transformación con la demanda que, para cada situación de carga, se produce en el tramo horario nocturno. La obtención de los datos de partida se llevará a cabo tal y como se ha descrito en el capítulo de Metodología, quedando recogidos en los Anexos I, II y III.

Con los datos incluidos en los Anexos podría haberse realizado un análisis global para todo el barrio, pero por resultar un valor promedio, podría haber resultado insuficiente o haber escondido resultados muy dispares. Por ello, se ha preferido realizar un análisis individualizado para cada centro de transformación, mucho más representativo de la realidad existente.

4.1. Planos de la distribución de los Centros de Transformación y sus demandas de energía en La Cañada

A continuación, se acompañan planos en los que se señala el radio de acción de cada uno de los Centros de Transformación de La Cañada de San Urbano, indicando la potencia disponible (31% capacidad instalada) y la demanda de energía diaria de cada una de las calles:



ANÁLISIS DE LA VIABILIDAD DE LA IMPLANTACIÓN MASIVA DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO EN EL BARRIO DE LA CAÑADA (ALMERÍA)

AUTOR DEL TRABAJO:
JOSE ÁNGEL LÓPEZ SÁNCHEZ

DESIGNACIÓN
CT-33757
4.1 - PLANOS DE LA DISTRIBUCIÓN DE LOS CT Y SUS DEMANDAS DE ENERGÍA EN LA CAÑADA

ESCALA
1/1.000
FECHA
FEBRERO 2020



ANÁLISIS DE LA VIABILIDAD DE LA IMPLANTACIÓN MASIVA DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO EN EL BARRIO DE LA CAÑADA (ALMERÍA)

AUTOR DEL TRABAJO:
JOSE ÁNGEL LÓPEZ SÁNCHEZ

DESIGNACIÓN
CT-33765
4.1 - PLANOS DE LA DISTRIBUCIÓN DE LOS CT Y SUS DEMANDAS DE ENERGÍA EN LA CAÑADA

ESCALA
1/1.500
FECHA
FEBRERO 2020

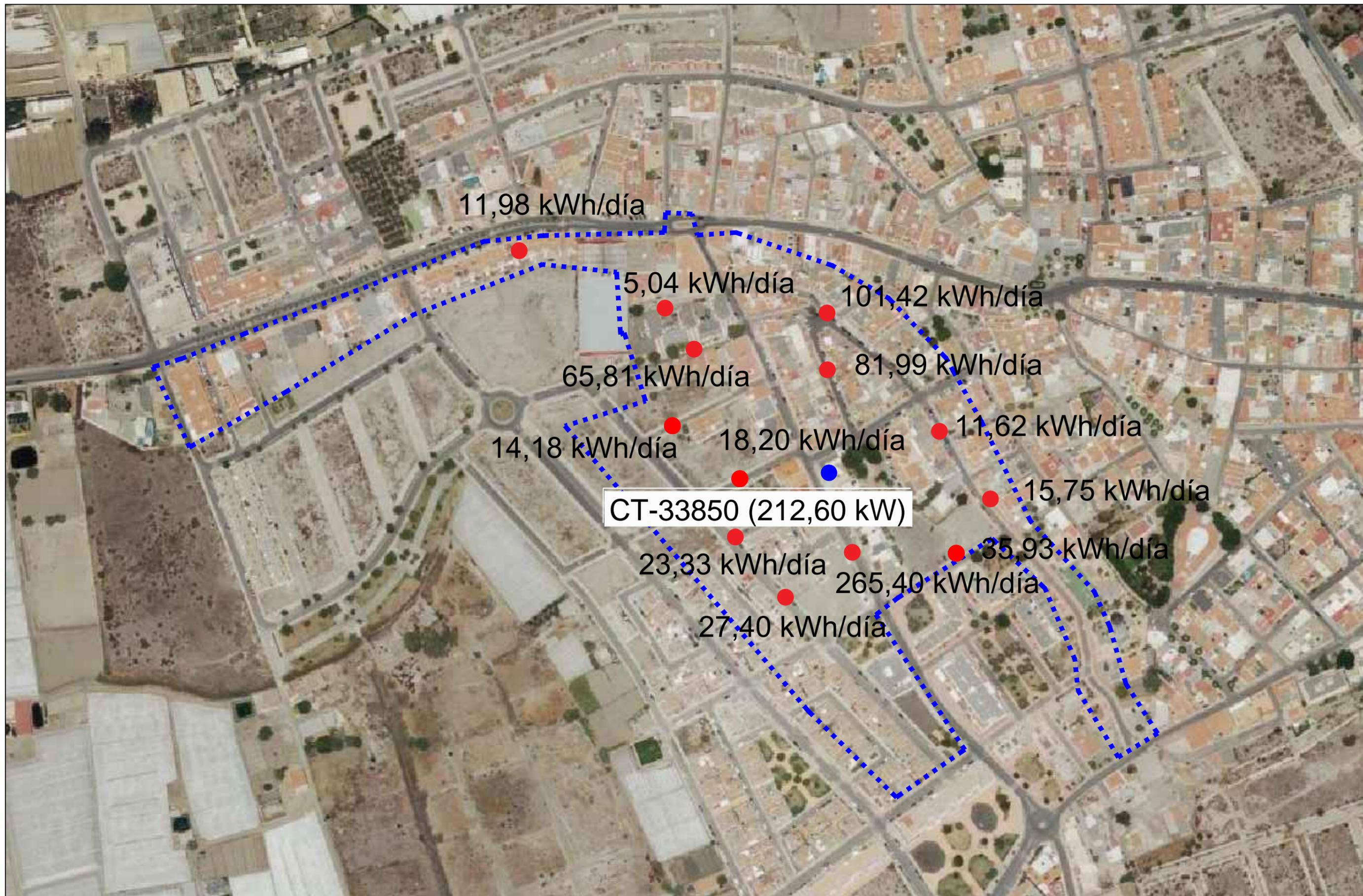


ANÁLISIS DE LA VIABILIDAD DE LA IMPLANTACIÓN MASIVA DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO EN EL BARRIO DE LA CAÑADA (ALMERÍA)

AUTOR DEL TRABAJO:
JOSE ÁNGEL LÓPEZ SÁNCHEZ

DESIGNACIÓN
CT-33766
4.1 - PLANOS DE LA DISTRIBUCIÓN DE LOS CT Y SUS DEMANDAS DE ENERGÍA EN LA CAÑADA

ESCALA
1/1.500
FECHA
FEBRERO 2020



ANÁLISIS DE LA VIABILIDAD DE LA IMPLANTACIÓN MASIVA DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO EN EL BARRIO DE LA CAÑADA (ALMERÍA)

AUTOR DEL TRABAJO:
JOSE ÁNGEL LÓPEZ SÁNCHEZ

DESIGNACIÓN
CT-33850
4.1 - PLANOS DE LA DISTRIBUCIÓN DE LOS CT Y SUS DEMANDAS DE ENERGÍA EN LA CAÑADA

ESCALA
1/2.500
FECHA
FEBRERO 2020



ANÁLISIS DE LA VIABILIDAD DE LA IMPLANTACIÓN MASIVA DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO EN EL BARRIO DE LA CAÑADA (ALMERÍA)

AUTOR DEL TRABAJO:
JOSE ÁNGEL LÓPEZ SÁNCHEZ

DESIGNACIÓN
CT-33855
4.1 - PLANOS DE LA DISTRIBUCIÓN DE LOS CT Y SUS DEMANDAS DE ENERGÍA EN LA CAÑADA

ESCALA
1/1.500
FECHA
FEBRERO 2020

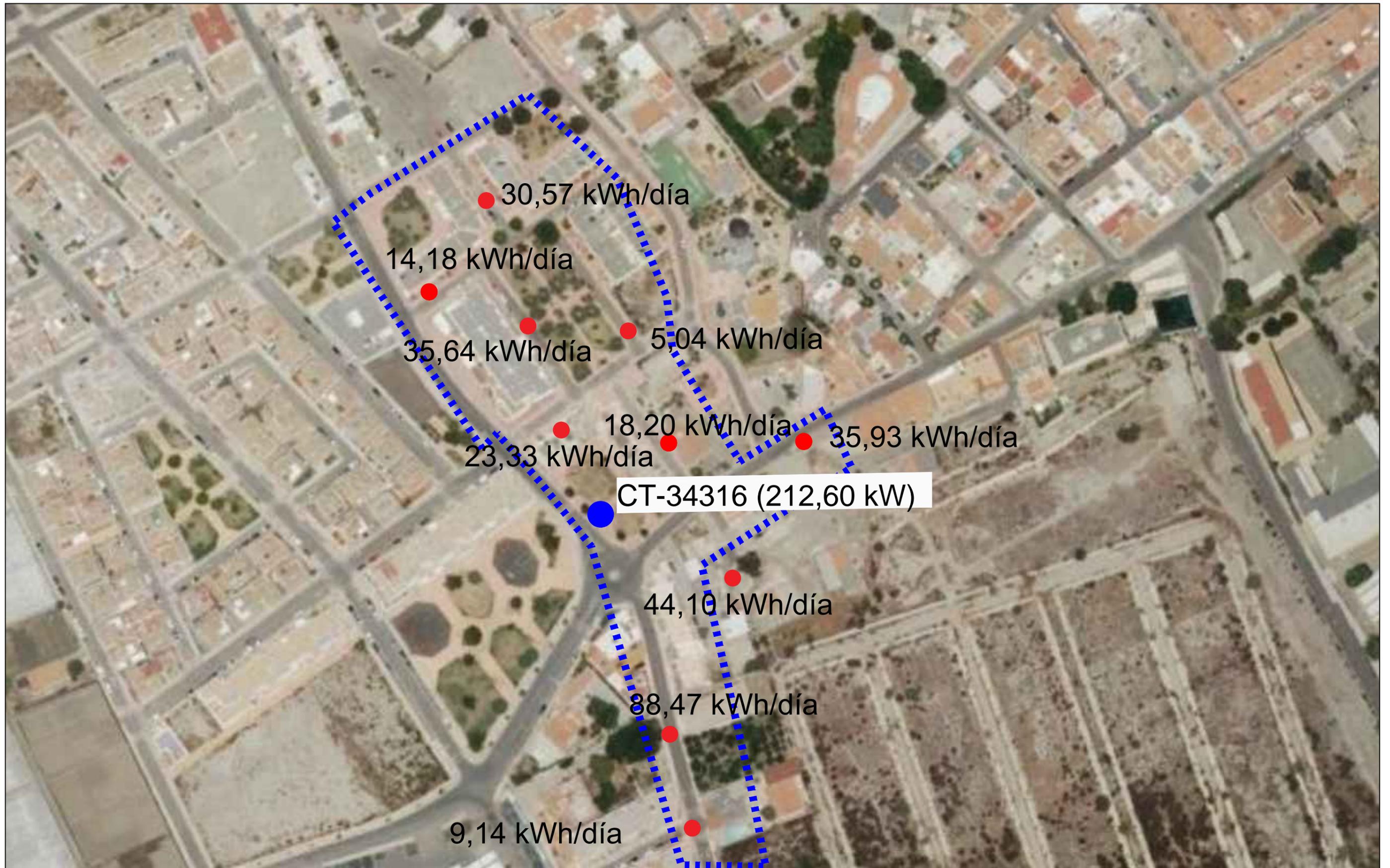


ANÁLISIS DE LA VIABILIDAD DE LA IMPLANTACIÓN MASIVA DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO EN EL BARRIO DE LA CAÑADA (ALMERÍA)

AUTOR DEL TRABAJO:
JOSE ÁNGEL LÓPEZ SÁNCHEZ

DESIGNACIÓN
CT-34312
4.1 - PLANOS DE LA DISTRIBUCIÓN DE LOS CT Y SUS DEMANDAS DE ENERGÍA EN LA CAÑADA

ESCALA
1/1.000
FECHA
FEBRERO 2020



ANÁLISIS DE LA VIABILIDAD DE LA IMPLANTACIÓN MASIVA DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO EN EL BARRIO DE LA CAÑADA (ALMERÍA)

AUTOR DEL TRABAJO:
JOSE ÁNGEL LÓPEZ SÁNCHEZ

DESIGNACIÓN
CT-34316
4.1 - PLANOS DE LA DISTRIBUCIÓN DE LOS CT Y SUS DEMANDAS DE ENERGÍA EN LA CAÑADA

ESCALA
1/1.500
FECHA
FEBRERO 2020



CT-64183 (212,60 kW)

ANÁLISIS DE LA VIABILIDAD DE LA IMPLATACIÓN MASIVA DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO EN EL BARRIO DE LA CAÑADA (ALMERÍA)

AUTOR DEL TRABAJO:
JOSE ÁNGEL LÓPEZ SÁNCHEZ

DESIGNACIÓN
CT-64183
4.1 - PLANOS DE LA DISTRIBUCIÓN DE LOS CT Y SUS DEMANDAS DE ENERGÍA EN LA CAÑADA

ESCALA
1/1.000
FECHA
FEBRERO 2020



ANÁLISIS DE LA VIABILIDAD DE LA IMPLANTACIÓN MASIVA DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO EN EL BARRIO DE LA CAÑADA (ALMERÍA)

AUTOR DEL TRABAJO:
JOSE ÁNGEL LÓPEZ SÁNCHEZ

DESIGNACIÓN
CT-71925
4.1 - PLANOS DE LA DISTRIBUCIÓN DE LOS CT Y SUS DEMANDAS DE ENERGÍA EN LA CAÑADA

ESCALA
1/1.000
FECHA
FEBRERO 2020



ANÁLISIS DE LA VIABILIDAD DE LA IMPLANTACIÓN MASIVA DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO EN EL BARRIO DE LA CAÑADA (ALMERÍA)

AUTOR DEL TRABAJO:	DESIGNACIÓN	ESCALA
JOSE ÁNGEL LÓPEZ SÁNCHEZ	CT-82526	1/1.500
	4.1 - PLANOS DE LA DISTRIBUCIÓN DE LOS CT Y SUS DEMANDAS DE ENERGÍA EN LA CAÑADA	FECHA
		FEBRERO 2020



CT-82663 (425,21 kW)

14,18 kWh/día

9,14 kWh/día

18,20 kWh/día

35,93 kWh/día

ANÁLISIS DE LA VIABILIDAD DE LA IMPLANTACIÓN MASIVA DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO EN EL BARRIO DE LA CAÑADA (ALMERÍA)

AUTOR DEL TRABAJO:
JOSE ÁNGEL LÓPEZ SÁNCHEZ

DESIGNACIÓN
CT-82663
4.1 - PLANOS DE LA DISTRIBUCIÓN DE LOS CT Y SUS DEMANDAS DE ENERGÍA EN LA CAÑADA

ESCALA
1/1.000
FECHA
FEBRERO 2020



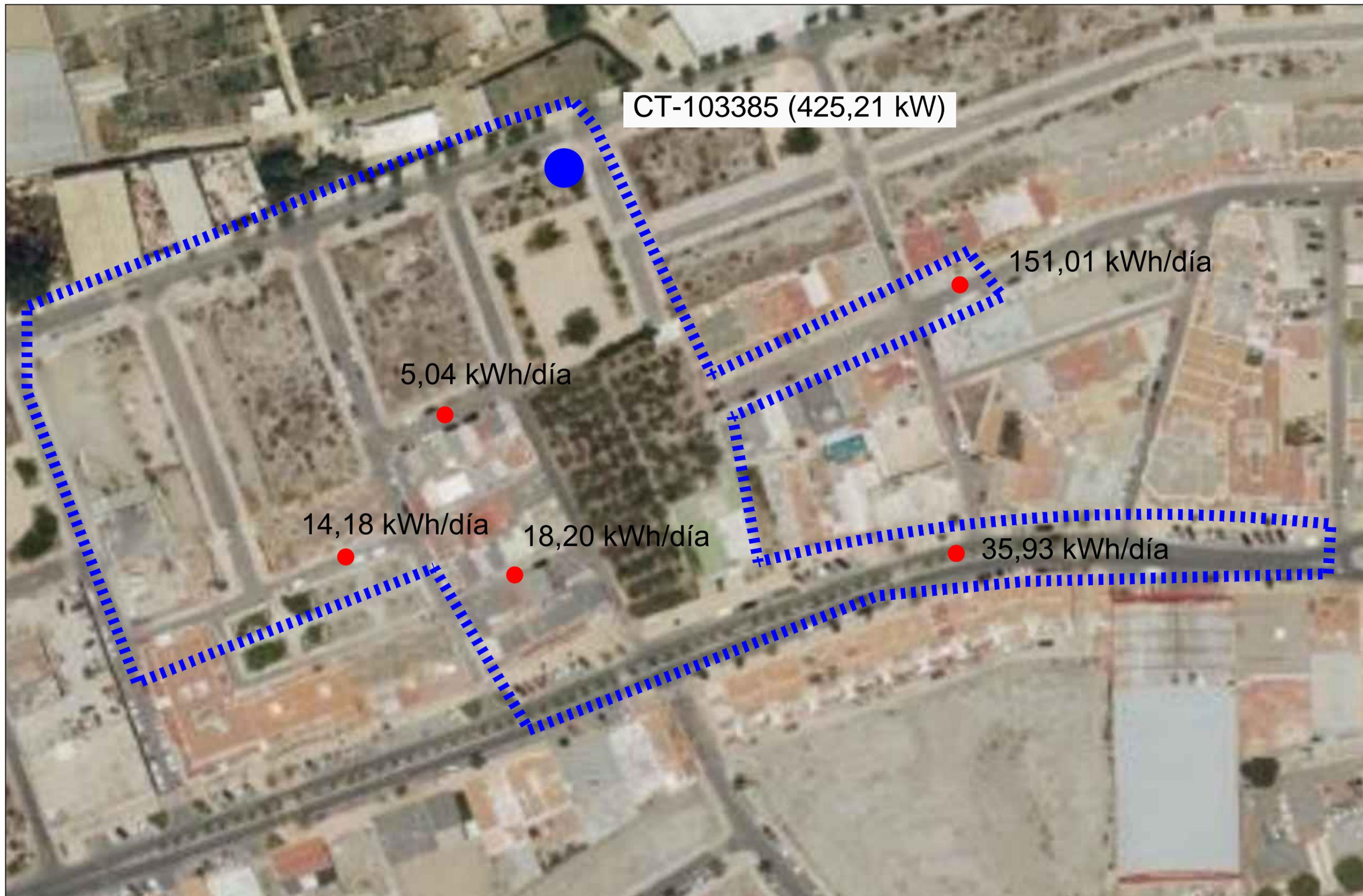


ANÁLISIS DE LA VIABILIDAD DE LA IMPLANTACIÓN MASIVA DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO EN EL BARRIO DE LA CAÑADA (ALMERÍA)

AUTOR DEL TRABAJO:
JOSE ÁNGEL LÓPEZ SÁNCHEZ

DESIGNACIÓN
CT-102743
4.1 - PLANOS DE LA DISTRIBUCIÓN DE LOS CT Y SUS DEMANDAS DE ENERGÍA EN LA CAÑADA

ESCALA
1/1.000
FECHA
FEBRERO 2020



CT-103385 (425,21 kW)

151,01 kWh/día

5,04 kWh/día

14,18 kWh/día

18,20 kWh/día

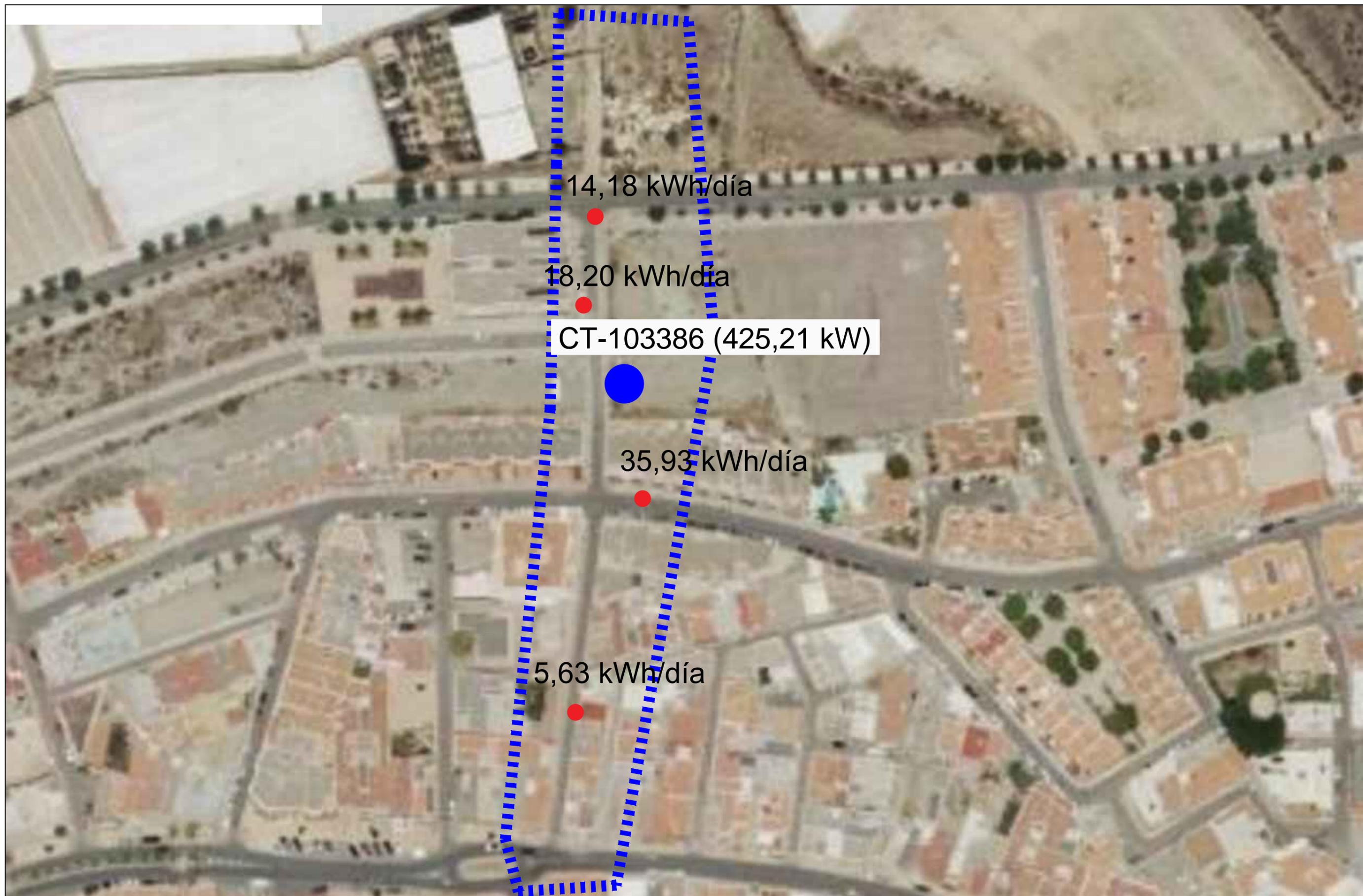
35,93 kWh/día

ANÁLISIS DE LA VIABILIDAD DE LA IMPLANTACIÓN MASIVA DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO EN EL BARRIO DE LA CAÑADA (ALMERÍA)

AUTOR DEL TRABAJO:
JOSE ÁNGEL LÓPEZ SÁNCHEZ

DESIGNACIÓN
CT-103385
4.1 - PLANOS DE LA DISTRIBUCIÓN DE LOS CT Y SUS DEMANDAS DE ENERGÍA EN LA CAÑADA

ESCALA
1/1.000
FECHA
FEBRERO 2020



ANÁLISIS DE LA VIABILIDAD DE LA IMPLANTACIÓN MASIVA DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO EN EL BARRIO DE LA CAÑADA (ALMERÍA)

AUTOR DEL TRABAJO:

JOSE ÁNGEL LÓPEZ SÁNCHEZ

DESIGNACIÓN

CT-103386

4.1 - PLANOS DE LA DISTRIBUCIÓN DE LOS CT Y SUS DEMANDAS DE ENERGÍA EN LA CAÑADA

ESCALA

1/1.000

FECHA

FEBRERO 2020



ANÁLISIS DE LA VIABILIDAD DE LA IMPLANTACIÓN MASIVA DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO EN EL BARRIO DE LA CAÑADA (ALMERÍA)

AUTOR DEL TRABAJO:

JOSE ÁNGEL LÓPEZ SÁNCHEZ

DESIGNACIÓN

CT-104387

4.1 - PLANOS DE LA DISTRIBUCIÓN DE LOS CT Y SUS DEMANDAS DE ENERGÍA EN LA CAÑADA

ESCALA

1/1.500

FECHA

FEBRERO 2020

4.2. Resultados de demandas de energía con carga lenta, semirrápida y rápida para cada centro de transformación en hipótesis de demanda lineal

CENTRO DE TRANSFORMACIÓN [kW]	CALLES	POTENCIA CON CARGA LENTA [kW/día]	POTENCIA CON CARGA SEMIRRÁPIDA [kW/día]	POTENCIA CON CARGA RÁPIDA [kW/día]
CT 103385 (C/ CARLOS V)	NORTE DE LA CAÑADA (DEL)	0,78	2,24	15,27
	CRONICA MERIDIONAL (75%)	23,23	67,12	457,62
	HERALDO DE ALMERÍA (75%)	2,80	8,09	55,15
	NIJAR LA CAÑADA (9%)	5,53	15,97	108,88
	DEFENSOR ALMERÍA	2,18	6,30	42,98
425,21	TOTAL	34,52	99,72	679,90

Tabla 4.1: Centro de Transformación 103385 y sus calles. Fuente Endesa Tabla 5

Como se puede observar, en la hipótesis de curva de demanda lineal, el CT 103385 puede soportar tanto la carga lenta como la semirrápida, siendo la potencia con carga rápida inviable.

CENTRO DE TRANSFORMACIÓN [kW]	CALLES	POTENCIA CON CARGA LENTA [kW/día]	POTENCIA CON CARGA SEMIRRÁPIDA [kW/día]	POTENCIA CON CARGA RÁPIDA [kW/día]
CT 33757 (CAMINO DE LOS SIFONES)	HERALDO DE ALMERÍA (25%)	0,93	2,70	18,38
	NIJAR LA CAÑADA (14%)	8,60	24,84	169,36
	TOTAL	9,53	27,54	187,74
269,97				

Tabla 4.2: Centro de Transformación 33757 y sus calles. Fuente Endesa Tabla 6

El CT 33757 puede soportar la carga lenta, semirrápida y rápida, ya que es escasa la demanda de potencia en calles que asume.

CENTRO DE TRANSFORMACIÓN [kW]	CALLES	POTENCIA CON CARGA LENTA [kW/día]	POTENCIA CON CARGA SEMIRRÁPIDA [kW/día]	POTENCIA CON CARGA RÁPIDA [kW/día]
CT 102743 (C/ AJEDREZ)	CRONICA MERIDIONAL (25%)	7,74	22,37	152,54
425,21	TOTAL	7,74	22,37	152,54

Tabla 4.3: Centro de Transformación 102743 y sus calles. Fuente Endesa Tabla 7

Se puede observar que el CT 102743 puede soportar la carga lenta, semirrápida y rápida, ya que es poca la potencia demandada en las calles que asume.

CENTRO DE TRANSFORMACIÓN [kW]	CALLES	POTENCIA CON CARGA LENTA [kW/día]	POTENCIA CON CARGA SEMIRRÁPIDA [kW/día]	POTENCIA CON CARGA RÁPIDA [kW/día]
CT 103386 (C/ ERMITA)	ERMITA (15%)	0,87	2,50	17,05
425,21	TOTAL	0,87	2,50	17,05

Tabla 4.4: Centro de Transformación 103386 y sus calles. Fuente Endesa Tabla 8

El CT 103386 puede soportar la carga lenta, semirrápida y rápida, ya que es poca la demanda de potencia en las calles que abarca.

CENTRO DE TRANSFORMACIÓN [kW]	CALLES	POTENCIA CON CARGA LENTA [kW/día]	POTENCIA CON CARGA SEMIRRÁPIDA [kW/día]	POTENCIA CON CARGA RÁPIDA [kW/día]
CT 34312 (C/ FRAY JUAN DE BAENA)	ERMITA (85%)	4,91	14,17	96,62
	DAVID DE LA CAÑADA	2,18	6,30	42,98
	PIO VII	23,84	68,86	469,51
	NÍJAR LA CAÑADA (14%)	8,60	24,84	169,36
	FRAY DIEGO FERNANDEZ DE VILLALAN	0,78	2,24	15,27
	VIÑICAS (48%)	4,05	11,70	79,80
	LUIS ABAD CARRETERO (11%)	0,98	2,82	19,24
	ANTONIO TORRES	11,44	33,06	225,40
	ANDALUCÍA DE LA CAÑADA (48%)	1,96	5,65	38,54
	BARRO (DEL)	0,78	2,24	15,27
	BAÑOS	0,63	1,82	12,44
	FUENTE DE LA CAÑADA	0,63	1,82	12,44
	FRAY JUAN DE BAENA	0,78	2,24	15,27
	OVERA	5,20	15,01	102,33
425,21	TOTAL	66,73	192,79	1314,48

Tabla 4.5: Centro de Transformación 34312 y sus calles. Fuente Endesa Tabla 9

El CT 34312 puede soportar tanto la carga lenta como la semirrápida, siendo la demanda con carga rápida inviable de asumir.

CENTRO DE TRANSFORMACIÓN [kW]	CALLES	POTENCIA CON CARGA LENTA [kW/día]	POTENCIA CON CARGA SEMIRRÁPIDA [kW/día]	POTENCIA CON CARGA RÁPIDA [kW/día]
CT 71925 (C/ PERIODISTA MARTIMAR)	CARDONA	0,78	2,24	15,27
	PERIODISTA MARTIMAR	9,06	26,17	178,44
	JOSE JESUS GARCÍA	1,89	5,47	37,31
	HERMANOS SIRET	0,78	2,24	15,27
	ROGELIO PEREZ BURGOS	9,29	26,83	182,93
	VIÑICAS (52%)	4,39	12,68	86,45
	LUIS ABAD CARRETERO (89%)	7,90	22,83	155,68
	425,21	TOTAL	34,08	98,47

Tabla 4.6: Centro de Transformación 71925 y sus calles. Fuente Endesa Tabla 10

Se observa que el CT 71925 puede soportar tanto la carga lenta como semirrápida, siendo la potencia con carga rápida inviable de asumir.

CENTRO DE TRANSFORMACIÓN [kW]	CALLES	POTENCIA CON CARGA LENTA [kW/día]	POTENCIA CON CARGA SEMIRRÁPIDA [kW/día]	POTENCIA CON CARGA RÁPIDA [kW/día]
CT 33766 (CTRA NÍJAR DE LA CAÑADA)	JOSE ESCAMEZ	9,69	28,01	190,96
	ALAMEDA	4,85	14,02	95,56
	FCO RAMÓN MAYORAL	0,78	2,24	15,27
	NÍJAR LA CAÑADA (16%)	9,83	28,39	193,56
	REAL DE LA CAÑADA (2%)	0,57	1,64	11,17
	SAN URBANO	10,09	29,14	198,71
	ANDALUCÍA DE LA CAÑADA (52%)	2,12	6,12	41,75
	425,21	TOTAL	37,92	109,56

Tabla 4.7: Centro de Transformación 33766 y sus calles. Fuente Endesa Tabla 11

Se puede observar que el CT 33766 puede asumir tanto la carga lenta como la semirrápida, siendo la demanda de potencia con carga rápida excesiva.

CENTRO DE TRANSFORMACIÓN [kW]	CALLES	POTENCIA CON CARGA LENTA [kW/día]	POTENCIA CON CARGA SEMIRRÁPIDA [kW/día]	POTENCIA CON CARGA RÁPIDA [kW/día]
CT 104387 (CAMINO DE LOS SIFONES)	ARCADIA (5%)	0,53	1,54	10,50
425,21	TOTAL	0,53	1,54	10,50

Tabla 4.8: Centro de Transformación 104387 y sus calles. Fuente Endesa Tabla 12

El CT 104387 puede soportar la carga lenta, semirrápida y rápida, ya que actualmente casi no tiene carga asociada.

CENTRO DE TRANSFORMACIÓN [kW]	CALLES	POTENCIA CON CARGA LENTA [kW/día]	POTENCIA CON CARGA SEMIRRÁPIDA [kW/día]	POTENCIA CON CARGA RÁPIDA [kW/día]
CT 33850 (CTRA CRISTOBAL URREA COSTA)	ARCADIA (95%)	10,12	29,25	199,41
	VERDE (PLAZA)	0,78	2,24	15,27
	DR MANUEL MARTINEZ RUIZ MORON	1,79	5,16	35,20
	NIJAR LA CAÑADA (3%)	1,84	5,32	36,29
	GALLARDOS (LOS)	12,61	36,44	248,45
	ARGADILLO	4,22	12,18	83,04
	BRASERA	3,59	10,37	70,69
	SACRAMENTO (60%)	40,83	117,95	804,24
	PALMERAL (EL)	2,42	7,00	47,72
	HUERTA OLIVER (75%)	15,60	45,07	307,33
	TOTAL		93,80	270,99
212,60				

Tabla 4.9: Centro de Transformación 33850 y sus calles. Fuente Endesa Tabla 13

El CT 33850 solo puede soportar la carga lenta, siendo la semirrápida y rápida inviabilizadas por la alta demanda de energía que soporta este centro.

CENTRO DE TRANSFORMACIÓN [kW]	CALLES	POTENCIA CON CARGA LENTA [kW/día]	POTENCIA CON CARGA SEMIRRÁPIDA [kW/día]	POTENCIA CON CARGA RÁPIDA [kW/día]
CT 82663 (C/ CHOCILLAS)	ALCALDE RAMON BARROETA	1,41	4,06	27,71
425,21	TOTAL	1,41	4,06	27,71

Tabla 4.10: Centro de Transformación 82663 y sus calles. Fuente Endesa Tabla 14

El CT 82663 puede soportar la carga lenta, semirrápida y rápida, ya que es poca la potencia demandada en calles que asume.

CENTRO DE TRANSFORMACIÓN [kW]	CALLES	POTENCIA CON CARGA LENTA [kW/día]	POTENCIA CON CARGA SEMIRRÁPIDA [kW/día]	POTENCIA CON CARGA RÁPIDA [kW/día]	
CT 33855 (C/ ROCIO DE LA CAÑADA)	28 DE FEBRERO	0,63	1,82	12,44	
	OPINIÓN (LA)	1,41	4,06	27,71	
	MAESTRO JUAN CASTILLO (60%)	2,76	7,97	54,37	
	NIJAR LA CAÑADA (44%)	27,02	78,07	532,28	
	REAL DE LA CAÑADA (53%)	15,02	43,40	295,92	
	INFORMACIÓN (LA)	6,40	18,50	126,11	
	GAVIOTAS DE LA CAÑADA	4,46	12,89	87,87	
	CRUZ DE MARTOS (25%)	16,96	49,00	334,10	
	PLAYA DE LA CAÑADA	12,80	36,97	252,05	
	ESPARRAGUERA	7,83	22,61	154,13	
	ALGAIDA	8,58	24,80	169,09	
	SACRAMENTO (14%)	9,53	27,52	187,66	
	CHOCILLAS	9,45	27,31	186,18	
	HUERTA OLIVER (25%)	5,20	15,02	102,44	
	REGIONAL (EL)	1,41	4,06	27,71	
	CRUZ ROJA	0,78	2,24	15,27	
	425,21	TOTAL	130,24	376,25	2565,34

Tabla 4.11: Centro de Transformación 33855 y sus calles. Fuente Endesa Tabla 15

Se puede observar que el CT 33855 puede soportar tanto la carga lenta como semirrápida, con carga rápida inviable de asumir.

CENTRO DE TRANSFORMACIÓN [kW]	CALLES	POTENCIA CON CARGA LENTA [kW/día]	POTENCIA CON CARGA SEMIRRÁPIDA [kW/día]	POTENCIA CON CARGA RÁPIDA [kW/día]
CT 82526 (C/ SAN JUAN DE DIOS)	UNICEF	18,00	51,99	354,46
	PEREZ ESQUIVEL	14,16	40,91	278,91
	MAESTRO JUAN CASTILLO (40%)	1,84	5,32	36,25
	GADOR	9,70	28,03	191,13
	REAL DE LA CAÑADA (32%)	9,07	26,20	178,67
	SIERRA DE LAS ESTANCIAS (52%)	3,05	8,81	60,06
	HUECUIJA (13%)	2,62	7,55	51,51
	CRUZ DE MARTOS (65%)	44,10	127,40	868,67
	RIGOBERTA MENCHU	26,51	76,59	522,23
	PINTOR GOMEZ ABAD	23,13	66,82	455,58
	MANOS UNIDAS	10,95	31,63	215,66
	UNIVERSIDAD DE ALMERÍA	0,77	2,23	15,19
	BENAHADUX	5,48	15,84	108,00
	MISIONEROS	19,06	55,06	375,41
ENIX	0,63	1,82	12,44	
425,21	TOTAL	189,07	546,21	3724,16

Tabla 4.12: Centro de Transformación 82526 y sus calles. Fuente Endesa Tabla 16

Se puede observar que el CT 82526 solo puede soportar la carga lenta, siendo la semirrápida y rápida inviables por el actual grado de ocupación del centro.

CENTRO DE TRANSFORMACIÓN [kW]	CALLES	POTENCIA CON CARGA LENTA [kW/día]	POTENCIA CON CARGA SEMIRRÁPIDA [kW/día]	POTENCIA CON CARGA RÁPIDA [kW/día]
CT 33765 (C/ PARTALOA)	DIA (EL)	3,44	9,95	67,85
	PARTALOA	4,08	11,78	80,29
	CASTULO	0,78	2,24	15,27
	PEDROSA	26,02	75,17	512,52
	REAL DE LA CAÑADA (13%)	3,69	10,65	72,58
	TURRE	9,45	27,29	186,10
	HUECUIJA (87%)	17,50	50,56	344,73
	REGION	2,42	7,00	47,72
134,99	TOTAL	67,37	194,64	1327,07

Tabla 4.13: Centro de Transformación 33765 y sus calles. Fuente Endesa Tabla 17

El CT 33765 solo puede soportar la carga lenta, siendo la semirrápida y rápida inviables por el nivel de demanda del centro.

CENTRO DE TRANSFORMACIÓN [kW]	CALLES	POTENCIA CON CARGA LENTA [kW/día]	POTENCIA CON CARGA SEMIRRÁPIDA [kW/día]	POTENCIA CON CARGA RÁPIDA [kW/día]
CT 64183 (C/ INOCENCIO ARIAS)	INOCENCIO ARIAS	8,01	23,14	157,75
	ANTONIO QUIROS	10,15	29,31	199,86
	JOSE MIGUEL FERNANDEZ	16,38	47,33	322,71
	COLEGIO UNIVERSITARIO	12,47	36,02	245,62
	ENCARNA SANCHEZ	1,41	4,06	27,71
	SIERRA DE LAS ESTANCIAS (48%)	2,81	8,13	55,44
	212,60	TOTAL	51,23	148,00

Tabla 4.14: Centro de Transformación 64183 y sus calles. Fuente Endesa Tabla 18

El CT 64183 puede soportar tanto la carga lenta como semirrápida, siendo la potencia con carga rápida inviable de asumir.

CENTRO DE TRANSFORMACIÓN [kW]	CALLES	POTENCIA CON CARGA LENTA [kW/día]	POTENCIA CON CARGA SEMIRRÁPIDA [kW/día]	POTENCIA CON CARGA RÁPIDA [kW/día]
CT 91791 (C/ ALCAPARRA)	ALCAPARRA	0,63	1,82	12,44
	CARAMILLO	5,91	17,06	116,34
	BARRILLA	3,59	10,37	70,69
	ANNA PAULOVA	5,48	15,84	108,00
	SACRAMENTO (6%)	4,08	11,80	80,42
	425,21	TOTAL	19,69	56,89

Tabla 4.15: Centro de Transformación 91791 y sus calles. Fuente Endesa Tabla 19

El CT 91791 puede soportar la carga lenta, semirrápida y rápida, ya que actualmente es poca la potencia distribuida en calles que asume.

CENTRO DE TRANSFORMACIÓN [kW]	CALLES	POTENCIA CON CARGA LENTA [kW/día]	POTENCIA CON CARGA SEMIRRÁPIDA [kW/día]	POTENCIA CON CARGA RÁPIDA [kW/día]
CT 34316 (C/ CRUZ DE MARTOS)	PERIODISTA M SORIANO MARTIN	1,41	4,06	27,71
	JOSE MARIA PEMAN	5,48	15,84	108,00
	CRUZ DE MARTOS (10%)	6,78	19,60	133,64
	JUAN BENET	3,59	10,37	70,69
	ANGEL GANIVET	0,78	2,24	15,27
	GABRIELA MISTRAL	4,70	13,59	92,64
	SACRAMENTO (20%)	13,61	39,32	268,08
	212,60	TOTAL	36,35	105,02

Tabla 4.16: Centro de Transformación 34316 y sus calles. Fuente Endesa Tabla 20

Se observa que el CT 34316 puede soportar tanto la carga lenta como semirrápida, siendo la potencia con carga rápida inviable de asumir.

5. DISCUSIÓN

Como se ha indicado, el principal objetivo que se ha perseguido en este trabajo ha sido el de analizar la viabilidad de la implantación masiva del vehículo eléctrico en el núcleo de La Cañada de San Urbano (Almería), teniendo en cuenta tanto el actual parque de vehículos como la infraestructura urbana disponible.

Teniendo en cuenta las limitaciones de un trabajo de carácter académico, así como la problemática de modelizar el tipo de uso que los ciudadanos hacen del parque de vehículos (demanda de movilidad), los datos disponibles han permitido obtener resultados que se pueden ajustar suficientemente a la realidad.

En primer lugar, los resultados muestran una viabilidad total de poder cargar el vehículo eléctrico con el modo de recarga lento, ya que los 16 centros de transformación distribuidos por La Cañada son capaces de asumir la demanda de energía diaria de todos los vehículos existentes en el barrio, suponiendo esto el 100% del posible uso en todas las zonas de la población. Por otro lado, aunque se ha supuesto una distribución lineal de la demanda energética a lo largo de la semana, se puede observar que, en general, en cada uno de los centros, este tipo de recarga apenas supone una media del 10% de uso de la capacidad disponible, siendo el CT-33765, el caso más desfavorable, y, de mayor uso, siendo del 50% el uso de su capacidad disponible. Es decir, aunque la recarga se produjese de forma masiva en uno o dos días a la semana, la red sería capaz de soportarlo. A continuación, se puede observar en la tabla 5.1 el porcentaje de uso de la capacidad disponible de cada uno de los centros con el modo de carga lenta:

CENTROS DE TRANSFORMACIÓN	USO DE CAPACIDAD DISPONIBLE CON CARGA LENTA
CT-103385	8%
CT-33757	3,53%
CT-102743	1,82%
CT-103386	0,20%
CT-34312	15,70%
CT-71925	8%
CT-33766	8,90%
CT-104387	0,12%
CT-33850	44%
CT-82663	0,33%
CT-33855	30,60%
CT-82526	44,46%
CT-33765	50%
CT-64183	24%
CT-91791	4,63%
CT-34316	17%

Tabla 5.1: Centros de Transformación y su porcentaje de uso con carga lenta. Fuente propia
Tabla 21

Los resultados para la carga semirrápida no son tan optimistas como los anteriores, ya que aun en el caso de reparto lineal de la demanda, un 18% de los centros de transformación no tendrían capacidad suficiente. En los centros donde sí podría haber potencia vacante, la demanda lineal supone una media del 40% de uso de la capacidad disponible, siendo los centros CT-33855 y CT-64183, los casos más desfavorables con el 88,5% y 69% respectivamente del uso de su capacidad disponible. Así, un coeficiente de punta de 2,5 aproximadamente sobre la demanda media (las recargas se producirían entre 2 y 3 días) haría necesario un incremento de la potencia instalada en el núcleo de población. En la tabla 5.2 el porcentaje de uso de la capacidad disponible de cada uno de los centros con el modo de carga semirrápida:

CENTROS DE TRANSFORMACIÓN	USO DE CAPACIDAD DISPONIBLE CON CARGA SEMIRRÁPIDA
CT-103385	23%
CT-33757	10,20%
CT-102743	5,50%
CT-103386	0,58%
CT-34312	45,00%
CT-71925	23%
CT-33766	25,77%
CT-104387	0,36%
CT-33850	x
CT-82663	0,95%
CT-33855	88,50%
CT-82526	x
CT-33765	x
CT-64183	69%
CT-91791	13,38%
CT-34316	49%

Tabla 5.2: Centros de Transformación y su porcentaje de uso con carga semirrápida. Fuente propia Tabla 22

Por último, para la carga rápida la viabilidad no llega ni al 50% de los centros (38%), lo cual supone que solo seis centros de transformación distribuidos por La Cañada son capaces de asumir la demanda de energía diaria de todos los vehículos existentes en el barrio aun en el supuesto de demanda constante. Se observa que incluso en los centros que si tienen capacidad de alimentar dicha demanda, como es lógico el resultado es mucho más restrictivo que los casos anteriores, siendo los centros CT-33757 y CT-91791 los casos más desfavorables, ocupando el 70% y 91% respectivamente del uso de su capacidad disponible.

Por lo tanto, en los días de uso punta de recarga de vehículos por parte del ciudadano la demanda no sería asumible por la infraestructura eléctrica. La tabla 5.3 refleja el porcentaje de uso de la capacidad disponible de cada uno de los centros con el modo de carga rápida:

CENTROS DE TRANSFORMACIÓN	USO DE CAPACIDAD DISPONIBLE CON CARGA RÁPIDA
CT-103385	x
CT-33757	70,00%
CT-102743	36,00%
CT-103386	4,00%
CT-34312	x
CT-71925	x
CT-33766	x
CT-104387	2,47%
CT-33850	x
CT-82663	6,50%
CT-33855	x
CT-82526	x
CT-33765	x
CT-64183	x
CT-91791	91,00%
CT-34316	x

Tabla 5.3: Centros de Transformación y su porcentaje de uso con carga rápida. Fuente propia
Tabla 23

6. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

Del desarrollo del presente trabajo se han extraído las siguientes conclusiones:

- Ha quedado patente que es totalmente viable la implantación masiva del vehículo eléctrico en La Cañada de San Urbano con el uso de recarga lenta. Se observa que la capacidad de la red eléctrica en este núcleo puede asumir sin ningún problema la demanda de energía diaria tanto distribuida a lo largo de los siete días de la semana como aplicando coeficientes de punta en días puntuales.
- Por otro lado, se puede observar que la capacidad de la red eléctrica de La Cañada para las recargas de turismos con el método de recarga semirrápida sería asumible en más de $\frac{3}{4}$ de la zona estudiada tanto de manera distribuida por días de la semana como aplicando coeficientes de mayoración en días eventuales. Posiblemente esta hipótesis, más ajustada, requeriría un análisis más detallado, incluyendo la capacidad de la propia red de baja tensión.
- En cuanto a la capacidad de viabilidad de la recarga del vehículo eléctrico con el método de recarga rápida, se aprecia que actualmente sería inviable en base a la capacidad de la red eléctrica del núcleo de La Cañada de San Urbano.

A partir de las conclusiones obtenidas en este estudio, se proponen los siguientes trabajos futuros:

- Realizar un estudio de mejora de la red eléctrica de baja tensión en La Cañada de San Urbano, incluyendo el análisis de la red de baja tensión.
- Realizar un estudio que aborde acerca la instalación que se requeriría para implantar las infraestructuras de recarga del vehículo eléctrico.
- Abordar un estudio acerca de los costes que supondría tanto llevar a cabo una mejora de la red eléctrica como de las infraestructuras de puntos de carga.
- En general, cualquier mejora y ampliación de este estudio en base a datos más exactos, como por ejemplo con un estudio más extenso de la demanda de movilidad en el barrio



7. BIBLIOGRAFÍA

[1] COHEN AJ, ANDERSON HR, OSTRO B, PANDEY KD, KRYZANOWSKY M, KUENZLY N et al. 2015. Mortality impacts of Urban Air Pollution. Comparative Quantification of Health Risks: Global and Regional Burden of Disease Attributable to Selected Major Risk Factors.

[2] "MITECO" Ministerio para la Transición Ecológica. Gobierno de España. Consultado el 25 de noviembre de 2019.

<https://www.miteco.gob.es/es/prensa/ultimas-noticias/las-emisiones-de-co2-disminuyen-en-espa%C3%B1a-un-22-en-2018-con-respecto-al-a%C3%B1o-anterior/tcm:30-497589>

[3] DOMÍNGUEZ FERNÁNDEZ JL. 2013. Análisis de la viabilidad del vehículo eléctrico en una empresa de reparto de comida a domicilio. Universitat de Barcelona.

[4] "IDAE" Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía. Consultado el 4 de noviembre de 2019.

<http://sieeweb.idae.es/consumofinal/bal.asp?txt=Transporte&tipbal=s&rep=1>

[5] CECCHINI R, PELOSI G. 1992. Alessandro Volta and his battery. IEEE Antennas and Propagation Magazine, 34, 30-37. doi:10.1109/74.134307

[6] CHAU KT, WONG YS. 2002. Overview of power management in hybrid electric vehicles. Energy Conversion and Management, 43, 1953-1968.

[https://doi.org/10.1016/S0196-8904\(01\)00148-0](https://doi.org/10.1016/S0196-8904(01)00148-0)

[7] LARMINIE J, LOWRY J. 2012. Electric Vehicle Technology Explained.

[8] RAE JB. 1955. The Electric Vehicle Company: A Monopoly that Missed. Cambridge University Press, 29, 298-311.

<https://doi.org/10.2307/3111861>

[9] GADEA MD. 2013. El petróleo y la economía en el siglo XXI. Cuadernos de Información económica. Universidad de Zaragoza, 232, 75-85.

[10] SANTAMARTA J. 2009. El futuro del automóvil es eléctrico. Técnica Industrial, 281, 26-35.

[11] APARICIO IZQUIERDO F, LÓPEZ MARTÍNEZ JM et al. 2010. Vehículos híbridos y eléctricos, Asociación Española de Profesionales de Automoción. ISBN 978-84-937576-0-1.



[12] KROEZE RC, KREIN PT. 2008. Electrical Battery Model for Use in Dynamic Electric Vehicle Simulations. University of Illinois.

[13] “Automóviles eléctricos” Web sobre vehículos eléctricos. Consultado el 6 de noviembre de 2019.

[14] VÉLEZ SÁNCHEZ J. 2017. Análisis y Estimación de la Demanda Eléctrica con la Implementación de Vehículos Eléctricos conectados a una Red de Distribución en Cuenca y El Ecuador. Universidad de Cuenca.

[16] GALINDO MARTÍN N. 2010. Impacto de la incorporación del vehículo eléctrico en la integración de energías renovables en el sistema eléctrico. Universidad Carlos III de Madrid.

[17] HERNÁNDEZ JM, IGLESIAS GONZÁLEZ N. 2015. Las infraestructuras de recarga y el despegue del vehículo eléctrico. Observatorio Medioambiental, 18 57-85.

https://doi.org/10.5209/rev_OBMD.2015.v18.51285

[18] LU L, HAN X, LI J, HUA J, OUYANG M. 2013. A review on the key issues for lithium-ion battery management in electric vehicles. Journal of power sources, 226, 272-288.

<https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2012.10.060>

[19] BARTI R. 2016. El vehículo eléctrico y la reducción del ruido ambiente en ciudades. EuroRegio 2016.

http://www.sea-acustica.es/fileadmin/publicaciones/132_01.pdf

[20] CASALS LC, MARTINEZ-LASERNA E, GARCIA BA, NIETO N. 2016. Sustainability analysis of the electric vehicle use in Europe for CO2 emissions reduction. Journal of Cleaner Production, 127, 425-437.

<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.03.120>

[21] FOLEY A, TYTHER B, CALNAN P, GALLACHÓIR BÓ. 2013. Impacts of Electric Vehicle charging under electricity market operations. Applied Energy, 101, 93-102.

<https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2012.06.052>

[22] BURGESS M, HARRIS M, WALSH C et al. 2013. Driving the future Today. A strategy for ultra low emission vehicles in the UK, “OLEV” Office for Low Emission Vehicles. doi:10.1049/cp.2013.1907



[23] MUNEEER T, MILLIGAN R, SMITH I et al. 2015. Energetic, environmental and economic performance of electric vehicles: Experimental evaluation. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 35, 40-61.

<https://doi.org/10.1016/j.trd.2014.11.015>

[24] “PwC” PriceWaterhouseCoopers. Consultado el 14 de noviembre de 2019.

<https://www.pwc.es/es/automocion/cinco-tendencias-transformacion-mercado-automovil.html>

[25] “Deloitte” Deloitte Touche Tohmatsu Limited. Consultado el 14 de noviembre de 2019.

<https://www2.deloitte.com/es/es/pages/strategy/articles/Cuantos-coches-electricos-necesita-Espana.html>

[26] Energía y Sociedad. Las claves del sector energético. Consultado el 6 de enero de 2020.

[27] QUARTERLY MCK, HENSLEY R, KNUPFER S, PINNER D. 2009. Electrifying cars: How three industries will evolve.

[28] KENNETH S, DEFFEYES, AUTHOR AND MARK P, SILVERMAN, REVIEWER. 2004. Hubbert’s Peak: The Impending World Oil Shortage. *American Journal of Physics*, 72, 126-127.

<https://doi.org/10.1119/1.1636165>

[29] EMADI A, LEE YJ, RAJASHEKARA K. 2008. Power electronics and motor drives in electric, hybrid electric, and plug-in hybrid electric vehicles. *IEEE. Trans. Ind. Electron*, 55, 2237–2245. doi:10.1109/TIE.2008.922768

[30] FOLEY AM, WINNING IJ, GALLACHOIR BPO. 2010. State-of-the-art in electric vehicle charging infrastructure. *Vehicle Power and Propulsion Conference (VPPC)*, 1-6. doi: 10.1109/VPPC.2010.5729014

[31] FERNANDEZ PALOMEQUE E, COELLO SALCEDO M. 2016. El Vehículo Eléctrico Análisis de su Infraestructura de Carga y su Integración a una Smart Grid. Universidad del Azuay, Centro de Investigación y desarrollo ERGON.

[32] Sociedad de Técnicos de Automoción (STA). 2011. El vehículo Eléctrico, Desafíos Tecnológicos infraestructuras y oportunidades de negocio, ISBN 978-84-938910-0-8

[33] BOHN T, CHAUDHRY H. 2012. Overview of SAE standards for plug-in electric vehicle. *Innovative Smart Grid Technologies (ISGT) IEEE*, 1-7. doi:10.1109/ISGT.2012.6175597



[34] FALVO MC, SBORDONE D, BAYRAM IS, DEVETSIKIOTIS M. 2014. EV charging stations and modes: International standards. Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion (SPEEDAM), 1134-1139.

doi:10.1109/SPEEDAM.2014.6872107

[35] FIORI C, AHN K, RAKHA HA. 2016. Power-based electric vehicle energy consumption model: Model development and validation. Applied Energy, 168, 257-268.

<https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.01.097>

[36] SERRA J. 2012. Eficiencia en el Uso de la Energía Eléctrica. ISBN-13: 978-84-612-0421-2

[37] OLIVARES EL. 2011. Estacionamiento Automatizado con Tecnología RFID. Conciencia Tecnológica, 42, 71-73.

[38] EROL-KANTARCI M, MOUFTAH HT. 2017. Energy-Efficient Information and Communication Infrastructures in the Smart Grid: A Survey on Interactions and Open Issues. Communications Surveys & Tutorials, IEEE, 17, 179-197. doi:10.1109/COMST.2014.2341600

[39] "ARVAL" Arval Mobility Observatory. Consultado el 23 de enero de 2020.



8. ANEXOS

8.1. ANEXO 1. DEMANDA ENERGÉTICA DIARIA POR CALLES

CALLES (LA CAÑADA DE SAN URBANO)	ENERGÍA TOTAL [kWh]	POTENCIA DIARIA POR CALLE [kWh/día]
28 FEBRERO (CALLE)	15,20	4,10
ALAMEDA	132,80	31,54
ALCALDE RAMON BARROETA	39,20	9,14
ALCAPARRA	15,20	4,10
ALGAIDA	244,00	55,80
ANDALUCIA DE LA CAÑADA	108,80	26,50
ANGEL GANIVET	24,00	5,04
ANNA PAULOVA	148,00	35,64
ANTONIO QUIROS	354,80	65,95
ANTONIO TORRES	302,40	74,38
ARCADIA	316,30	69,27
ARGADILLO	129,40	27,40
BAÑOS	15,20	4,10
BARRILLA	102,40	23,33
BARRO (DEL)	24,00	5,04
BENAHADUX	148,00	35,64
BRASERA	102,40	23,33
CARAMILLO	198,00	38,39
CARDONA (PARAJE)	24,00	5,04
CASTULO	24,00	5,04
CHOCILLAS	268,30	61,44
COLEGIO UNIVERSITARIO	323,70	81,05
CRONICA MERIDIONAL (LA)	906,30	201,35
CRUZ DE MARTOS	2034,40	441,02
CRUZ ROJA	24,00	5,04
DAVID DE LA CAÑADA	63,20	14,18
DEFENSOR ALMERIA	63,20	14,18
DIA (EL)	93,60	22,39
DOCTOR MANUEL MARTINEZ RUIZ - MORON	57,10	11,62
ENCARNA SANCHEZ	39,20	9,14
ENIX	15,20	4,10
ERMITA	165,60	37,51
ESPARRAGUERA	287,70	50,86
FRANCISCO RAMON MAYORAL	24,00	5,04
FRAY DIEGO FERNANDEZ DE VILLALAN	24,00	5,04
FRAY JUAN DE BAENA	24,00	5,04
FUENTE DE LA CAÑADA	15,20	4,10
GABRIELA MISTRAL	135,80	30,57
GADOR	265,60	63,07

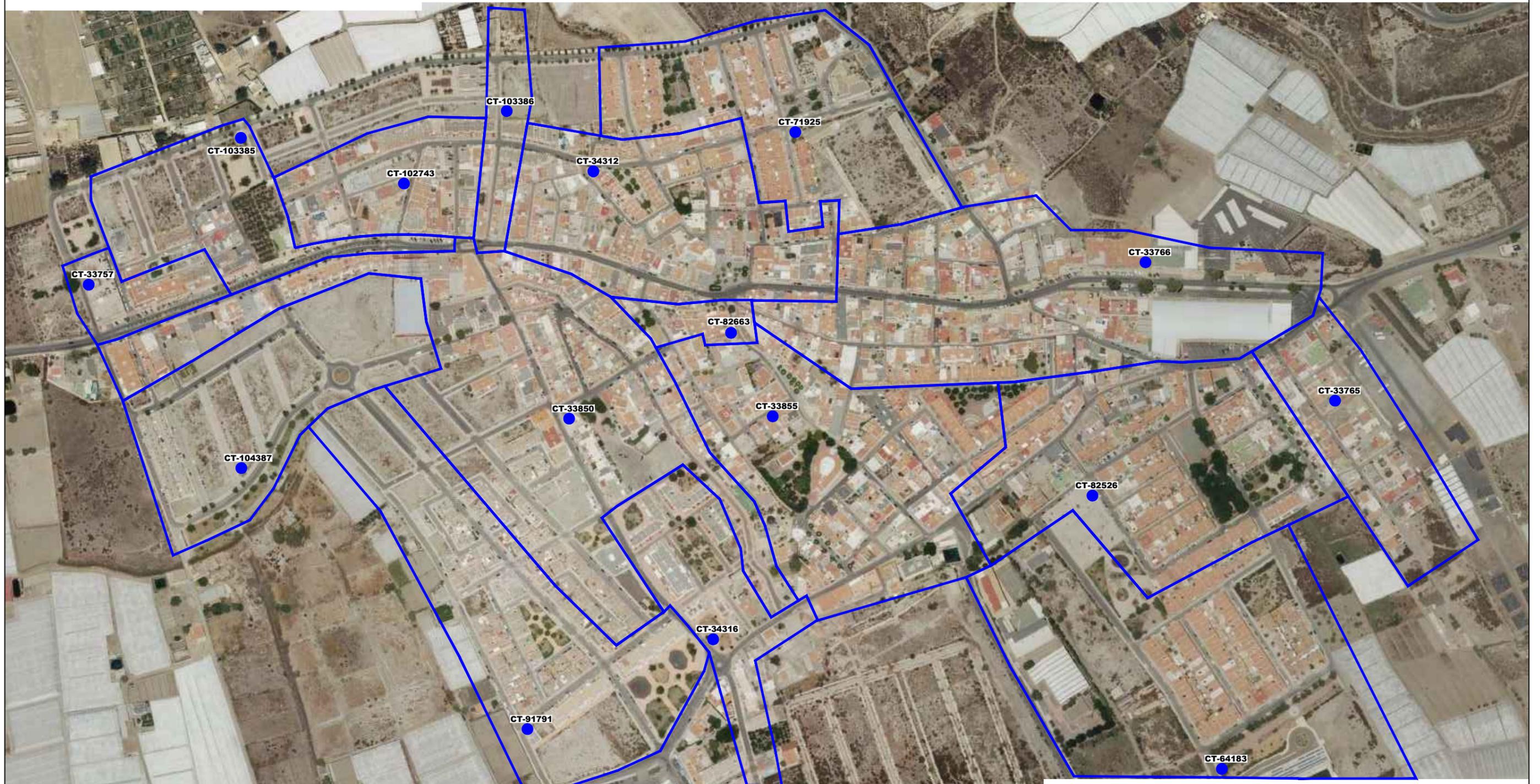


TRABAJO FIN DE MASTER: ANÁLISIS DE LA VIABILIDAD DE LA IMPLANTACIÓN MASIVA DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO EN EL BARRIO DE LA CAÑADA (ALMERÍA)

CALLES (LA CAÑADA DE SAN URBANO)	ENERGÍA TOTAL [kWh]	POTENCIA DIARIA POR CALLE [kWh/día]
GALLARDOS (LOS)	332,50	81,99
GAVIOTAS DE LA CAÑADA	114,90	29,00
HERALDO DE ALMERIA (EL)	111,20	24,26
HERMANOS SIRET	24,00	5,04
HUECIJA	575,20	130,76
HUERTA OLIVER	680,60	135,22
INFORMACION (LA)	180,80	41,62
INOCENCIO ARIAS	208,80	52,06
JOSE ESCAMEZ	289,20	63,02
JOSE JESUS GARCIA	45,60	12,31
JOSE MARIA PEMAN	148,00	35,64
JOSE MIGUEL FERNANDEZ	464,00	106,49
JUAN BENET	102,40	23,33
LUIS ABAD CARRETERO	221,30	57,73
MAESTRO JUAN CASTILLO	135,50	29,91
MANOS UNIDAS	343,20	71,17
MISIONEROS	545,40	123,88
NIJAR LA CAÑADA	1515,50	399,21
NORTE DE LA CAÑADA (DEL)	24,00	5,04
OPINION (LA)	39,20	9,14
OVERA	130,40	33,77
PALMERAL (EL)	60,50	15,75
PARTALOA	108,80	26,50
PEDROSA	808,60	169,13
PEREZ ESQUIVEL	392,30	92,04
PERIODISTA MANUEL SORIANO	39,20	9,14
PERIODISTA MARTIMAR	285,80	58,88
PINTOR GOMEZ ABAD	642,40	150,34
PIO VII	693,50	154,94
PLAYA DE LA CAÑADA	385,20	83,18
REAL DE LA CAÑADA	880,60	184,25
REGION (LA)	60,50	15,75
REGIONAL (EL)	39,20	9,14
RIGOBERTA MENCHU	744,20	172,34
ROGELIO PEREZ BURGOS	306,90	60,37
SACRAMENTO	2016,10	442,33
SAN URBANO	271,70	65,57
SIERRA DE LAS ESTANCIAS	165,90	38,11
TURRE	280,10	61,41
UNICEF	503,80	116,97
UNIVERSIDAD DE ALMERIA	35,80	5,01
VERDE	24,00	5,04
VIÑICAS	235,20	54,86



8.2. ANEXO 2. RED DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA LA CAÑADA



ANÁLISIS DE LA VIABILIDAD DE LA IMPLANTACIÓN MASIVA DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO EN EL BARRIO DE LA CAÑADA (ALMERÍA)

AUTOR DEL TRABAJO:

JOSE ÁNGEL LÓPEZ SÁNCHEZ

DESIGNACIÓN

ANEXO 2
RED DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA LA CAÑADA

ESCALA

1/4.000

FECHA

FEBRERO 2020



TRABAJO FIN DE MASTER: ANÁLISIS DE LA VIABILIDAD DE LA IMPLANTACIÓN MASIVA DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO EN EL BARRIO DE LA CAÑADA (ALMERÍA)

8.3. ANEXO 3. POTENCIAS DE CÁLCULO SEGÚN TIPO DE CARGA

CALLES (LA CAÑADA DE SAN URBANO)	ENERGÍA TOTAL [kWh]	POTENCIA DIARIA POR CALLE [kWh/día]	POTENCIA CON CARGA LENTA [kW/día]	POTENCIA CON CARGA SEMIRRÁPIDA [kW/día]	POTENCIA CON CARGA RÁPIDA [kW/día]
28 FEBRERO (CALLE)	15,20	4,10	0,63	1,82	12,44
ALAMEDA	132,80	31,54	4,85	14,02	95,56
ALCALDE RAMON BARROETA	39,20	9,14	1,41	4,06	27,71
ALCAPARRA	15,20	4,10	0,63	1,82	12,44
ALGAIDA	244,00	55,80	8,58	24,80	169,09
ANDALUCIA DE LA CAÑADA	108,80	26,50	4,08	11,78	80,29
ANGEL GANIVET	24,00	5,04	0,78	2,24	15,27
ANNA PAULOVA	148,00	35,64	5,48	15,84	108,00
ANTONIO QUIROS	354,80	65,95	10,15	29,31	199,86
ANTONIO TORRES	302,40	74,38	11,44	33,06	225,40
ARCADIA	316,30	69,27	10,66	30,79	209,91
ARGADILLO	129,40	27,40	4,22	12,18	83,04
BAÑOS	15,20	4,10	0,63	1,82	12,44
BARRILLA	102,40	23,33	3,59	10,37	70,69
BARRO (DEL)	24,00	5,04	0,78	2,24	15,27
BENAHADUX	148,00	35,64	5,48	15,84	108,00
BRASERA	102,40	23,33	3,59	10,37	70,69
CARAMILLO	198,00	38,39	5,91	17,06	116,34
CARDONA (PARAJE)	24,00	5,04	0,78	2,24	15,27
CASTULO	24,00	5,04	0,78	2,24	15,27
CHOCILLAS	268,30	61,44	9,45	27,31	186,18
COLEGIO UNIVERSITARIO	323,70	81,05	12,47	36,02	245,62
CRONICA MERIDIONAL (LA)	906,30	201,35	30,98	89,49	610,16
CRUZ DE MARTOS	2034,40	441,02	67,85	196,01	1336,42
CRUZ ROJA	24,00	5,04	0,78	2,24	15,27
DAVID DE LA CAÑADA	63,20	14,18	2,18	6,30	42,98
DEFENSOR ALMERIA	63,20	14,18	2,18	6,30	42,98
DIA (EL)	93,60	22,39	3,44	9,95	67,85
DOCTOR MANUEL MARTINEZ RUIZ - MORON	57,10	11,62	1,79	5,16	35,20
ENCARNA SANCHEZ	39,20	9,14	1,41	4,06	27,71
ENIX	15,20	4,10	0,63	1,82	12,44
ERMITA	165,60	37,51	5,77	16,67	113,67
ESPARRAGUERA	287,70	50,86	7,83	22,61	154,13
FRANCISCO RAMON MAYORAL	24,00	5,04	0,78	2,24	15,27
FRAY DIEGO FERNANDEZ DE VILLALAN	24,00	5,04	0,78	2,24	15,27
FRAY JUAN DE BAENA	24,00	5,04	0,78	2,24	15,27



TRABAJO FIN DE MASTER: ANÁLISIS DE LA VIABILIDAD DE LA IMPLANTACIÓN MASIVA DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO EN EL BARRIO DE LA CAÑADA (ALMERÍA)

CALLES (LA CAÑADA DE SAN URBANO)	ENERGÍA TOTAL [kWh]	POTENCIA DIARIA POR CALLE [kWh/día]	POTENCIA CON CARGA LENTA [kW/día]	POTENCIA CON CARGA SEMIRRÁPIDA [kW/día]	POTENCIA CON CARGA RÁPIDA [kW/día]
FUENTE DE LA CAÑADA	15,20	4,10	0,63	1,82	12,44
GABRIELA MISTRAL	135,80	30,57	4,70	13,59	92,64
GADOR	265,60	63,07	9,70	28,03	191,13
GALLARDOS (LOS)	332,50	81,99	12,61	36,44	248,45
GAVIOTAS DE LA CAÑADA	114,90	29,00	4,46	12,89	87,87
HERALDO DE ALMERIA (EL)	111,20	24,26	3,73	10,78	73,53
HERMANOS SIRET	24,00	5,04	0,78	2,24	15,27
HUECIJA	575,20	130,76	20,12	58,11	396,24
HUERTA OLIVER	680,60	135,22	20,80	60,10	409,77
INFORMACION (LA)	180,80	41,62	6,40	18,50	126,11
INOCENCIO ARIAS	208,80	52,06	8,01	23,14	157,75
JOSE ESCAMEZ	289,20	63,02	9,69	28,01	190,96
JOSE JESUS GARCIA	45,60	12,31	1,89	5,47	37,31
JOSE MARIA PEMAN	148,00	35,64	5,48	15,84	108,00
JOSE MIGUEL FERNANDEZ	464,00	106,49	16,38	47,33	322,71
JUAN BENET	102,40	23,33	3,59	10,37	70,69
LUIS ABAD CARRETERO	221,30	57,73	8,88	25,66	174,92
MAESTRO JUAN CASTILLO	135,50	29,91	4,60	13,29	90,62
MANOS UNIDAS	343,20	71,17	10,95	31,63	215,66
MISIONEROS	545,40	123,88	19,06	55,06	375,41
NIJAR LA CAÑADA	1515,50	399,21	61,42	177,43	1209,73
NORTE DE LA CAÑADA (DEL)	24,00	5,04	0,78	2,24	15,27
OPINION (LA)	39,20	9,14	1,41	4,06	27,71
OVERA	130,40	33,77	5,20	15,01	102,33
PALMERAL (EL)	60,50	15,75	2,42	7,00	47,72



TRABAJO FIN DE MASTER: ANÁLISIS DE LA VIABILIDAD DE LA IMPLANTACIÓN MASIVA DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO EN EL BARRIO DE LA CAÑADA (ALMERÍA)

CALLES (LA CAÑADA DE SAN URBANO)	ENERGÍA TOTAL [kWh]	POTENCIA DIARIA POR CALLE [kWh/día]	POTENCIA CON CARGA LENTA [kW/día]	POTENCIA CON CARGA SEMIRRÁPIDA [kW/día]	POTENCIA CON CARGA RÁPIDA [kW/día]
PARTALOA	108,80	26,50	4,08	11,78	80,29
PEDROSA	808,60	169,13	26,02	75,17	512,52
PEREZ ESQUIVEL	392,30	92,04	14,16	40,91	278,91
PERIODISTA MANUEL SORIANO	39,20	9,14	1,41	4,06	27,71
PERIODISTA MARTIMAR	285,80	58,88	9,06	26,17	178,44
PINTOR GOMEZ ABAD	642,40	150,34	23,13	66,82	455,58
PIO VII	693,50	154,94	23,84	68,86	469,51
PLAYA DE LA CAÑADA	385,20	83,18	12,80	36,97	252,05
REAL DE LA CAÑADA	880,60	184,25	28,35	81,89	558,34
REGION (LA)	60,50	15,75	2,42	7,00	47,72
REGIONAL (EL)	39,20	9,14	1,41	4,06	27,71
RIGOBERTA MENCHU	744,20	172,34	26,51	76,59	522,23
ROGELIO PEREZ BURGOS	306,90	60,37	9,29	26,83	182,93
SACRAMENTO	2016,10	442,33	68,05	196,59	1340,40
SAN URBANO	271,70	65,57	10,09	29,14	198,71
SIERRA DE LAS ESTANCIAS	165,90	38,11	5,86	16,94	115,49
TURRE	280,10	61,41	9,45	27,29	186,10
UNICEF	503,80	116,97	18,00	51,99	354,46
UNIVERSIDAD DE ALMERIA	35,80	5,01	0,77	2,23	15,19
VERDE	24,00	5,04	0,78	2,24	15,27
VIÑICAS	235,20	54,86	8,44	24,38	166,25

Actualmente existe un amplio consenso científico acerca de que el actual modelo de consumo energético, en el que cuenta con un papel muy destacado el transporte, es totalmente insostenible. De este modo y ante la dificultad para reducir la demanda global de movilidad de personas y mercancías, se ha realizado una apuesta decidida por la movilidad eléctrica y más concretamente del uso del vehículo eléctrico. Sin embargo, uno de los puntos críticos a la hora de facilitar la generalización de este tipo de vehículos es la capacidad de las actuales redes de distribución eléctrica.

El objetivo de este Trabajo Fin de Máster ha sido el del análisis de la viabilidad de la implantación masiva del vehículo eléctrico en un núcleo de población, en este caso en La Cañada de San Urbano (Almería), con una población aproximada de 9000 habitantes.

Una vez analizados los diferentes tipos de carga de este tipo de vehículos, el resultado ha sido que la actual red de distribución eléctrica sería capaz, en horario nocturno, de suministrar la energía necesaria para cargar el 100% del parque de vehículos en modo lento, mientras que los modos semirrápido y rápido harían necesaria una ampliación de la capacidad de la infraestructura eléctrica.

Currently, there is a broad scientific consensus about that the current model of energy consumption, in which transport has a very prominent role, is unsustainable. Thus, given the difficulty to reduce the global demand for mobility of people and goods, a firm commitment has been made in favor of electric mobility and more specifically to promote the electric vehicle. However, one of the critical points to facilitate the generalization of this type of vehicles is the capacity of the electric distribution networks.

The objective of this Master's Thesis has been the analysis of the feasibility of the massive implementation of the electric vehicle in an urban settlement, in this case in La Cañada de San Urbano (Almería), with an approximate population of 9000 inhabitants.

Once analyzed the different ways to charge this type of vehicles, the result has been that the current electricity distribution network would be able to supply at night the energy needed to charge 100% of the vehicles in a slow mode, whilst the semi-fast and fast modes would need an increase of the electrical infrastructure capacity.

